

## **คู่มือสารชีวมวลเอเชีย**

**แนวทางสำหรับการผลิตและการใช้สารชีวมวล**

**โครงการสนับสนุนการสร้างเอเชียพันธมิตร เพื่อการเกษตรไร้ใจถึงแวดล้อม  
รับมอบหมายจาก กระทรวงเกษตร, ป่าไม้และประมง**

**The Japan Institute of Energy**

คู่มือเล่มนี้จัดทำขึ้นในฐานะที่เป็นส่วนหนึ่งของโครงการที่ได้รับมอบหมายจากกระทรวงเกษตร, ป่าไม้ และ ประมง ของประเทศญี่ปุ่น ด้วยความช่วยเหลือของสมาคมสารชีวมวลเอเชีย

## คำนำ

การที่ได้มีส่วนร่วมกับหนังสือคู่มือสารชีวมวลเล่มนี้เป็นเกียรติสำหรับผม ในปี 2002 เราได้ตีพิมพ์คู่มือสารชีวมวลฉบับภาษาญี่ปุ่นด้วยความช่วยเหลือจากผู้เชี่ยวชาญในสาขาความรู้ี้มากกว่า 60 คน ในเวลานี้ฉบับภาษาอังกฤษได้ออกตีพิมพ์ โดยความร่วมมือของบรรดานักวิทยาศาสตร์และวิศวกรของประเทศต่างๆ ในเอเชีย นอกจากนี้ยังได้รับความร่วมมือจากผู้เชี่ยวชาญในประเทศญี่ปุ่น

จากที่เราทราบกันดีว่า ผลกระทบจากภาวะโลกร้อนนั้นแสดงออกให้เห็นอย่างชัดเจน คาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยมากจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ได้สะสมในบรรยากาศนานเท่าที่เราได้ใช้ถ่านหิน, น้ำมันปิโตรเลียม และก๊าซธรรมชาติ ในอีกด้านหนึ่ง ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงจากซากดึกดำบรรพ์มีอย่างจำกัด ยกตัวอย่างเช่น ระยะเวลาที่ยังสามารถใช้เชื้อเพลิงจากซากดึกดำบรรพ์ได้อีก หากจากอัตราส่วนของปริมาณสำรองต่อการผลิตของน้ำมันปิโตรเลียม, ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ อยู่ที่ประมาณ 41, 160, 65 ปี ตามลำดับ ผมเชื่อว่าเรากำลังมุ่งไปสู่ยุคใหม่ที่ไม่ขึ้นกับน้ำมันเชื้อเพลิงจากซากดึกดำบรรพ์ และสารชีวมวลเป็นกุญแจสำคัญที่จะเปิดไปสู่แนวคิดใหม่ในอนาคต

สารชีวมวล มีความหมายโดยทั่วไปว่า แหล่งทรัพยากรต้นกำเนิดทางชีวภาพจำนวนมหาศาลที่สามารถถูกใช้ในรูปของพลังงานและวัตถุดิบ โดยที่ไม้, หญ้าทะเล, สาหร่ายขนาดจุลภาค, ของเสียจากการเกษตร, ของเสียจากการป่าไม้ และขยะมูลฝอยจัดอยู่ในหมวดของสารชีวมวล พืชพลังงานเป็นหนึ่งในสารชีวมวลที่มีแนวโน้มจะผลิตแหล่งพลังงานที่เป็นไปได้ขนาดใหญ่ ถึงแม้ว่าจะยังไม่ได้เป็นในเชิงธุรกิจในปัจจุบัน

พลังงานหมุนเวียน เป็นหนึ่งในวิธีการแก้ปัญหาการลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ พลังงานหมุนเวียน หมายถึงพลังงานสารชีวมวล, พลังงานจากแสงอาทิตย์, พลังงานใต้พิภพ, พลังงานลม, พลังงานน้ำ, พลังงานน้ำขึ้นน้ำลง และพลังงานคลื่น สารชีวมวลแตกต่างจากพลังงานหมุนเวียนอื่นอย่างไร

สารชีวมวลเกิดจากการสังเคราะห์แสง ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศยังคงไม่เปลี่ยนแปลงเท่าที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ของสารชีวมวลหลังจากการใช้พลังงาน นำมาทดแทนอีกครั้ง ยกตัวอย่างเช่น โครงการปลูกป่า เป็นการเรียกว่า ความเป็นกลางคาร์บอนของสารชีวมวล พลังงานที่เข้ามาแทนที่น้ำมันได้รับมาจากวัฏจักรนั้น คือการเผาไหม้ของสารชีวมวล, การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ และการทดแทนคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถลดลงได้โดยสารชีวมวลเข้ามาแทนที่การใช้น้ำมัน

สารชีวมวลเป็นสารอินทรีย์ หรือ คาร์บอนเนเชียส ในกลุ่มพลังงานทดแทน ในอีกด้านหนึ่ง เอทานอล, เมทานอล, ไคเมทิลอีเทอร์ และไฮโดรคาร์บอน สามารถผลิตได้จากสารชีวมวลในกลุ่มพลังงานทดแทนเท่านั้น สารชีวมวลสามารถขนและเก็บในรูปของวัตถุ พลังงานลม, พลังงานแสงอาทิตย์, พลังงานน้ำขึ้นน้ำลง, พลังงานคลื่น และพลังงานใต้พิภพ สามารถผลิตความร้อนและไฟฟ้าได้แต่ไม่ใช่สารเคมีและน้ำมัน แต่อย่างไรก็ตามการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้สารชีวมวลจะถูกสะสมในบรรยากาศที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับการใช้เชื้อเพลิงจากซากดึกดำบรรพ์ เว้นแต่การปลูกป่า การจัดการปลูกป่าไม้อย่างยั่งยืนเป็นสิ่งจำเป็นต่อการใช้พลังงานทางชีวภาพที่ยาวนานและมีเสถียรภาพ

คู่มือสารชีวมวลเล่มนี้มีเนื้อหาครอบคลุมในลักษณะของสารชีวมวลและทรัพยากรของสารชีวมวล, ค่าการเปลี่ยนแปลงของสารชีวมวลในเชิงกระบวนการเคมีความร้อนสูงและชีวเคมี และการพัฒนาระบบความยั่งยืน อย่างไรก็ตามแง่มุมที่สำคัญที่สุดคือความช่วยเหลือของผู้เชี่ยวชาญจากหลายประเทศในเอเชีย นั่นคือ บรูไน, กัมพูชา, สาธารณรัฐประชาชนจีน, อินเดีย, อินโดนีเซีย, เกาหลีใต้, มาเลเซีย, พม่า, ฟิลิปปินส์, สิงคโปร์, ไทย, ไทย และเวียดนาม ข้าพเจ้าขอขอบคุณทุก

ท่านที่ช่วยเหลือคู่มือเล่มนี้ และขอขอบคุณกระทรวงเกษตร, ป่าไม้และประมง ที่ให้ความสนับสนุนในเรื่องของการเงิน ทำให้  
ออกคู่มือเล่มนี้ขึ้นมาได้

มกราคม 2008

หัวหน้าบรรณาธิการ

Shinya Yokoyama

## บรรณาธิการ

Yokoyama, Shinya      The University of Tokyo, Japan  
Matsumura, Yukihiko      Hiroshima University, Japan

## ผู้ช่วยบรรณาธิการ

Ando, Shotaro      National Agriculture and Food Research Organization, National Institute of  
Livestock and Grassland Science, Japan  
Sakanishi, Kinya      National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan  
Sano, Hiroshi      Lab. of Global-Energy-System, Japan  
Minowa, Tomoaki      National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan  
Yamamoto, Hiromi      Central Research Institute of Electric Power Industry, Japan  
Yoshioka, Takuyuki      Nihon University, Japan

## คณะกรรมการที่ปรึกษา

Kitani, Osamu      Nihon University, Japan  
Saka, Shiro      Kyoto University, Japan  
Shirai, Yoshihito      Kyushu Institute of Technology, Japan  
Yamaji Kenji      The University of Tokyo, Japan

## ผู้ให้ข้อมูล

Abe, Toshimi      The Chugoku Electric Power Co. Inc., Japan  
Amano, Masahiro      Waseda University, Japan  
Ando, Shotaro      National Agriculture and Food Research Organization, National Institute of  
Livestock and Grassland Science, Japan  
Arai, Yoshiaki      Meidensya Corporation, Japan  
Cai, Yimin      National Agriculture and Food Research Organization, National Institute of  
Livestock and Grassland Science, Japan  
Chollacoop, Nuwaong      National Metal and Materials Technology Center, NSTDA, Thailand  
Elauria, Jessie      Cansanay University of the Philippines Los Banos, Philippines  
Fukui, Hisatomo      Kajima Corporation, Japan  
Fujii, Shigeo      Takuma Co., Ltd, Japan  
Fujino, Junichi      National Institute for Environmental Studies, Japan  
Hada, Kenichiro      Mizuho Information & Research Institute, Inc., Japan  
Hirata, Satoshi      Kawasaki Heavy Industries, Ltd, Japan  
Hoki, Makoto      Mie University Japan  
Kamide, Mitsushi      Hokkaido Industrial Research Institute, Japan  
Kawamoto, Sumire      Forestry and Forest Products Research Institute, Japan

Kitani, Osamu	Nihon University, Japan
Lee, Jin-Suk	Korea Institute of Energy Research, Korea
Liang, David Tee	Nanyang Technological University Innovation Center, Singapore
Liu, Dehua	Tsinghua University, China
Malaykham, Bouathep	Ministry of Energy and Mines, Laos
Man, Tran Dinh	Institute of Biotechnology, VAST, Vietnam
Matsuto, Toshihiko	Hokkaido University, Japan
Matsumura, Yukihiko	Hiroshima University, Japan
Miura, Masakatsu	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan
Minowa, Tomoaki	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan
Mohamad, Ali	Hassan University Putra, Malaysia
Nakagawa, Hitoshi	National Institute of Agrobiological Science, Japan
Nakamata, Keiichi	Hokuestu Paper Mills, Ltd, Japan
Nivitchanyong, Siriluck	National Metal and Materials Technology Center, NSTDA, Thailand
Ogi, Tomoko	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan
Osada, Takashi	National Agriculture and Food Research Organization, National Agricultural Research Center for Hokkaido Region, Japan
Panaka. Petrus	PT Gikoko Kogyo, Indonesia
Saiki, Takashi	Japan Alcohol Association, Japan
Saka, Shiro	Kyoto University, Japan
Sakai, Masayasu	Nagasaki Institute of Applied Science, Japan
Smai,Jai-in	National Metal and Materials Technology Center, NSTDA, Thailand
Sano, Hiroshi	Lab. ofico de Global-Energi-Sistemo, Japan
Sawayama, Shigeki	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan
Shiau, Tzay-An	National Taiwan Ocean University, Taipei Chinese
Shirai, Yoshihito	Kyushu Institute of Technology, Japan
Sovanna, Toch	Ministry of Industry Mines and Energy, Cambodia
Suzuki, Tsutomu	Kitami Institute of Technology, Japan
Sekiguchi, Shizuo	Lion Corporation, Japan
Takahashi, Masayuki	Kochi University, Japan
Tonosaki, Mario	Forestry and Forest Products Research Institute, Japan
Tomari, Miyuki	Biomass Industrial Society Network (BIN), NPO, Japan
Topaiboul, Subongkoj	National Metal and Materials Technology Center, NSTDA, Thailand
Yagishita, Tatsuo	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan
Yagita, Hiroshi	Nippon Institute of Technology, Japan
Yamamoto, Hiromi	Central Research Institute of Electric Power Industry, Japan

Yamamoto, Kazutaka	National Agriculture and Food Research Organization, National Food Research Institute, Japan
Yamamoto, Susumu	Okayama University, Japan
Yokoyama, Shinya	The University of Tokyo, Japan
Yoshioka, Takuyuki	Nihon University, Japan

## สารบัญ

1. ประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้สารชีวมวล .....	1
1.1 ข้อดีของสารชีวมวล.....	1
1.1.1 สารชีวมวลคืออะไร.....	1
1.2 คุณสมบัติพิเศษของสารชีวมวล.....	2
1.2.1 ขอบข่ายทั่วไป.....	2
1.2.2 หมุนเวียนไม่มีวันหมด.....	3
1.2.3 สภาวะคาร์บอนสมดุล.....	3
1.2.4 การเกษตรที่ยั่งยืน.....	3
1.3 การใช้สารชีวมวล.....	5
1.3.1 ขอบข่ายทั่วไป.....	5
1.3.2 การเปลี่ยนและการใช้ประโยชน์.....	6
1.4 ประโยชน์ของการใช้สารชีวมวล.....	7
1.4.1 ขอบข่ายทั่วไป.....	7
1.4.2 การลดลงของปริมาณน้ำมัน.....	7
1.4.3 ภาวะโลกร้อน.....	8
1.4.4 ยกระดับของคุณภาพชีวิต.....	8
1.4.5 เพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร.....	8
1.4.6 ความมั่นคงทางพลังงาน.....	9
1.4.7 สกูลเงินต่างชาติ.....	9
2. ทรัพยากรชีวมวล.....	10
2.1 การจัดแบ่งประเภทสารชีวมวล.....	10
2.1.1 คำนิยามของสารชีวมวล.....	10
2.1.2 คำนิยามของสารชีวมวล (พลังงาน) ในเชิงกฎหมาย.....	10
2.1.3 ลักษณะพิเศษของพลังงานจากสารชีวมวล.....	11
2.1.4 ประเภทของสารชีวมวล.....	11
2.1.5 ตัวอย่างในการจัดแบ่งสารชีวมวลในเชิงของการใช้.....	11
2.2 ความพร้อมใช้ของสารชีวมวล.....	13
2.2.1 การประมาณศักยภาพของของเสียชีวมวล.....	13
2.3 องค์ประกอบของสารชีวมวล.....	17
2.3.1 ภาพรวมขององค์ประกอบของสารชีวมวล.....	17
2.3.2 องค์ประกอบทั่วไปของสารชีวมวล.....	17
2.3.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวอย่างชนิดของสารชีวมวล.....	18
2.4 ปริมาณความจุพลังงานชีวมวล.....	20
2.4.1 ตัวบ่งชี้ปริมาณความจุพลังงานชีวมวล.....	20
2.4.2 ค่าความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของสารชีวมวลชนิดต่างๆ.....	20



2.4.3 การประมาณค่าความร้อนจากการเผาไหม้โดยการคำนวณ.....	22
2.5 วัฏจักรคาร์บอน.....	23
2.5.1 ปริมาณของคาร์บอนสำรองทั่วโลก.....	23
2.5.2 วัฏจักรคาร์บอนในระบบนิเวศน์ในป่า.....	24
2.5.3 โมเดลของวัฏจักรคาร์บอน.....	24
2.6 ไม้ชีวมวล.....	26
2.6.1 ชนิดของไม้ชีวมวลและคุณลักษณะ.....	26
2.6.2 อัตราการเจริญเติบโต.....	26
2.6.3 แหล่งไม้ชีวมวล.....	27
2.7 เซอร์บาเซียชีวมวล (Herbaceous biomass).....	28
2.7.1 ความหมายของเซอร์บาชีวมวล.....	28
2.7.2 พืช C <sub>3</sub> และ C <sub>4</sub> .....	28
2.7.3 การผลิตขั้นปฐมภูมิและปริมาณของเซอร์บาเซียชีวมวลที่มีอยู่.....	30
2.7.4 หญ้าสวิตซ์.....	31
2.8 กลุ่มน้ำตาลและแป้ง.....	33
2.8.1 ขอบข่ายทั่วไปของกลุ่มน้ำตาลและแป้ง.....	33
2.8.2 มันสำปะหลัง.....	35
2.8.3 อ้อย.....	37
2.9 สารชีวมวลที่สามารถผลิตน้ำมัน.....	39
2.9.1 สารชีวมวลที่สามารถผลิตน้ำมันคืออะไร.....	39
2.9.2 วิธีการผลิตไขมันและน้ำมัน.....	39
2.9.3 ปริมาตรของการผลิตน้ำมันด้วยสารชีวมวล.....	40
2.9.4 เชื้อเพลิงไบโอดีเซล.....	40
2.9.5 น้ำมันปาล์ม.....	40
2.9.6 มะพร้าว.....	41
2.9.7 สบู่ดำ.....	44
2.10 พืชน้ำชีวมวล.....	45
2.10.1 พืชน้ำชีวมวลคืออะไร.....	45
2.10.2 ผลผลิตภาพ.....	46
2.10.3 การใช้ประโยชน์จากแหล่งที่มาในปัจจุบัน.....	46
2.10.4 ปริมาณทรัพยากรชีวมวลที่มีอยู่ในปัจจุบัน.....	48
2.11 เศษเหลือใช้ทางเกษตรกรรม.....	48
2.11.1 ชนิดและลักษณะของเศษเหลือใช้ทางเกษตรกรรม.....	49
2.11.2 ปริมาตรของการผลิต.....	49
2.11.3 ศักยภาพของการผลิตพลังชีวมวลของโลก.....	50
2.12 เศษ ไม้เหลือใช้.....	51
2.12.1 คุณลักษณะและความสำคัญทางสิ่งแวดล้อม.....	51

2.12.2 เศษไม้เหลือใช้จากอุตสาหกรรมผลิตไม้.....	51
2.12.3 ไม้เหลือใช้จากการนำไม้ไปใช้ประโยชน์.....	53
2.12.4 เทคโนโลยีในการใช้พลังงาน.....	53
2.13 ของเสียจากสัตว์.....	54
2.13.1 ของเสียจากสัตว์คืออะไร.....	54
2.13.2 คุณลักษณะของเสียจากสัตว์.....	54
2.13.3 การผลิตของเสียจากสัตว์.....	55
2.13.4 การดูแลและการใช้ทั่วไปของของเสียจากสัตว์.....	56
2.13.5 คุณค่าของของเสียจากสัตว์และปริมาณทั้งหมดในโลก.....	57
2.14 กากตะกอนจากน้ำเสีย (Sewage Sludge).....	57
2.14.1 กากตะกอนจากน้ำเสีย คืออะไร.....	57
2.14.2 ชนิดและคุณลักษณะของกากตะกอนจากน้ำเสีย.....	58
2.14.3 การใช้ประโยชน์กากตะกอนน้ำเสีย.....	59
2.15 ขยะมูลฝอย.....	60
2.15.1 การดึงมีเทนออกจากพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอย.....	60
2.15.2 ไบโอดีกรีซิฟิเคชัน (การหมักมีเทน).....	60
2.15.3 การเผาโดยที่มีการกู้คืนพลังงาน.....	61
2.15.4 การผลิตขยะเชื้อเพลิงและการนำขยะเชื้อเพลิงไปผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า.....	61
2.15.5 ไพโรไลซิส.....	62
2.16 น้ำยางดำ.....	63
2.16.1 น้ำยางดำ.....	63
2.16.2 กระบวนการการผลิตของน้ำยางดำ.....	63
2.16.3 คุณลักษณะความสำคัญของน้ำยางดำ.....	65
2.17 ของเสียจากการแปรรูปอาหาร.....	66
2.17.1 ศักยภาพของของเสียจากการแปรรูปอาหาร.....	66
2.17.2 ขานอ้อย.....	67
2.17.3 ชังข้าวโพด.....	69
2.17.4 กากน้ำตาล.....	70
3. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของสารชีวมวล.....	72
3.1 ฟืน.....	72
3.1.1 ขอบข่ายทั่วไป.....	72
3.1.2 อุปทานฟืน (ปริมาณฟืนที่มีอยู่).....	73
3.1.3 การใช้ประโยชน์ของฟืน.....	74
3.2 การอัดไม้เป็นก้อนเล็กๆ (Palletizing).....	75
3.2.1 ไม้อัดเป็นก้อนเล็กๆและการอัดเป็นก้อนเล็กๆคืออะไร.....	75
3.2.2 คุณลักษณะของพาเลทและ CCB.....	78
3.2.3 การทดสอบพื้นฐานสำหรับการทำถ่านก้อน.....	78

3.2.4 ประสิทธิภาพพลังงาน.....	80
3.3 การผลิตพาร์ติเคิลบอร์ค.....	81
3.3.1 พาร์ติเคิลบอร์ค.....	81
3.3.2 การผลิตและการใช้พาร์ติเคิลบอร์ค.....	81
3.3.3 กระบวนการผลิตพาร์ติเคิลบอร์ค.....	81
3.3.4 การใช้พาร์ติเคิลบอร์คสำหรับการรีไซเคิลวัสดุ.....	82
3.3.5 สถิติของไม้ชีวมวลรวมถึงปานลไม้.....	83
3.3.6 การประยุกต์ใช้ในภูมิภาคเอเชีย.....	83
4. การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและความร้อนของสารชีวมวล.....	84
4.1 การเผาไหม้.....	84
4.1.1 ขอบข่ายทั่วไป.....	84
4.1.2 CHP.....	86
4.1.3 การใช้สารชีวมวลและถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงร่วมกัน (Co-firing).....	87
4.2 แก๊สซิฟิเคชัน.....	90
4.2.1 คำจำกัดความ.....	90
4.2.2 การจัดประเภทของวิธีแก๊สซิฟิเคชัน.....	90
4.2.3. การตรวจสอบคุณสมบัติของสารชีวมวล.....	90
4.2.4 สารที่ทำให้เกิดแก๊สซิฟิเคชัน.....	91
4.2.5 ปรากฏการณ์พื้นฐานของแก๊สซิฟิเคชันของสารชีวมวล.....	91
4.2.6 คุณสมบัติของก๊าซผลิตภัณฑ์ของแก๊สซิฟิเคชัน.....	92
4.2.7 อุปกรณ์แก๊สซิฟิเคชันและตัวอย่างในการใช้งาน.....	92
4.3 ไพโรไลซิส.....	94
4.3.1 ไพโรไลซิสคืออะไร.....	94
4.3.2 คุณลักษณะของไพโรไลซิส.....	94
4.3.3 เครื่องปฏิกรณ์ในห้องทดลอง.....	95
4.3.4 เครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ใน R&D (Research & Development).....	95
4.3.5 ผลิตภัณฑ์.....	95
4.3.6 สถานภาพของเทคโนโลยี.....	96
4.4 คาร์บอนไนเซชัน.....	97
4.4.1 คาร์บอนไนเซชันคืออะไร.....	97
4.4.2 คุณลักษณะของคาร์บอนไนเซชัน.....	97
4.4.3 ปฏิริยาของคาร์บอนไนเซชัน.....	97
4.4.4 ประสิทธิภาพพลังงานของคาร์บอนไนเซชัน.....	98
4.4.5 ผลิตภัณฑ์ของคาร์บอนไนเซชัน.....	99
4.4.6 เทคโนโลยีในรูปแบบปัจจุบัน.....	100
4.5 ไฮโดรเทอร์มัลแก๊สซิฟิเคชัน (Hydrothermal gasification).....	100
4.5.1 ไฮโดรเทอร์มัลแก๊สซิฟิเคชันคืออะไร.....	100

4.5.2 คุณสมบัติของไฮโดรเทอร์มัลแก๊สซิฟิเคชัน.....	101
4.5.3 เครื่องปฏิกรณ์ของไฮโดรเทอร์มัลแก๊สซิฟิเคชัน.....	101
4.5.4 ประสิทธิภาพพลังงานของไฮโดรเทอร์มัลแก๊สซิฟิเคชัน.....	102
4.5.5 ผลกระทบจากไฮโดรเทอร์มัลแก๊สซิฟิเคชัน.....	102
4.5.6 เทคโนโลยีในรูปการณปัจจุบัน.....	102
4.6 ไฮโดรเทอร์มัลลิกวิแฟคชัน.....	103
4.6.1 ไฮโดรเทอร์มัลลิกวิแฟคชันคืออะไร.....	103
4.6.2 คุณสมบัติของไฮโดรเทอร์มัลลิกวิแฟคชัน.....	103
4.6.3 แผนผังของปฏิกริยาไฮโดรเทอร์มัลลิกวิแฟคชัน.....	104
4.6.4 น้ำมันผลิตภัณฑ์จากไฮโดรเทอร์มัลลิกวิแฟคชัน.....	104
4.6.5 ประสิทธิภาพของพลังงานจากไฮโดรเทอร์มัลลิกวิแฟคชัน.....	105
4.6.6 เทคโนโลยีในรูปการณปัจจุบัน.....	105
4.7 การผลิตไบโอดีเซล.....	106
4.7.1 ไบโอดีเซลคืออะไร.....	106
4.7.2 คุณสมบัติของการผลิตไบโอดีเซล.....	106
4.7.3 เครื่องปฏิกรณ์ในการผลิตไบโอดีเซล.....	106
4.7.4 ประสิทธิภาพของพลังงานจากการผลิตไบโอดีเซล.....	108
4.7.5 เทคโนโลยีในรูปการณปัจจุบัน.....	108
5. การแปลงสภาพทางไบโอเคมีคอลของมวลชีวภาพ.....	109
5.1 กระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพ.....	109
5.1.1 กระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพคืออะไร.....	109
5.1.2 ลักษณะกระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพ.....	109
5.1.3 กลไกของกระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพ.....	109
5.1.4 สถานการณปัจจุบัน.....	110
5.2. การหมักเมทานอล.....	111
5.2.1 ขอบเขต.....	111
5.2.2 กระบวนการหมักเมทานอลของแซคคาไรด์.....	112
5.2.3 การหมักเมทานอลของแป้ง.....	113
5.2.4 การหมักเมทานอลของลิกโนเซลลูโลซิก.....	115
5.3 การหมักอะซิโตน-บิวทานอล.....	117
5.3.1 การหมักอะซิโตน-บิวทานอล คืออะไร.....	117
5.3.2 ลักษณะของการหมักอะซิโตน-บิวทานอล.....	117
5.3.3 ปฏิกริยาของการหมักอะซิโตน-บิวทานอล.....	117
5.3.4 ประสิทธิภาพพลังงานของการหมักอะซิโตน-บิวทานอล.....	118
5.3.5 ผลกระทบของการหมักอะซิโตน-บิวทานอล.....	118
5.4 การหมักไฮโดรเจน.....	119
5.4.1 การหมักไฮโดรเจนคืออะไร.....	119

5.4.2 ลักษณะของการหมักไฮโดรเจน.....	120
5.4.3 ปฏิกริยาการหมักไฮโดรเจน.....	120
5.4.4 ประสิทธิภาพพลังงานของการหมักไฮโดรเจน.....	121
5.4.5 ผลกระทบของการหมักไฮโดรเจน.....	121
5.5 การหมักกรดแลคติก.....	122
5.5.1 การหมักกรดแลคติกคืออะไร.....	122
5.5.2 แบคทีเรียแลคติก.....	122
5.5.3 แหล่งทรัพยากรของสารชีวมวลสำหรับการหมักกรดแลคติก.....	123
5.5.4 การใช้ประโยชน์ของสารชีวมวลจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม.....	123
5.5.5 การหมักกรดแลคติกจากขยะในครัวเรือน.....	124
5.5.6 การทำกรดแลคติกให้บริสุทธิ์.....	124
5.6 ญู้าหมัก.....	125
5.6.1 ญู้าหมัก คืออะไร.....	125
5.6.2 การทำญู้าหมัก.....	125
5.6.3 การหมักญู้าหมัก.....	126
5.6.4 ญู้าหมักแบบมัดม้วน.....	126
5.6.5 เทคโนโลยีในปัจจุบัน.....	127
5.7 การทำปุ๋ยหมัก.....	127
5.7.1 การทำปุ๋ยหมักคืออะไร.....	127
5.7.2 หลักการเบื้องต้นของการทำปุ๋ยหมัก.....	127
5.7.3 องค์ประกอบเบื้องต้นของการทำปุ๋ยหมัก.....	128
5.7.4 เทคโนโลยีการทำปุ๋ยหมักในปัจจุบัน.....	129
6. การพัฒนาระบบที่ยั่งยืน.....	131
6.1 หลักพื้นฐานของ LCA.....	131
6.1.1 ภาพรวมของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์.....	131
6.1.2 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต.....	131
6.1.3 การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Lifecycle inventory analysis : LCI).....	132
6.1.4 การประเมินผลกระทบ (Lifecycle impact assessment : LCIA).....	133
6.1.5 การแปลผล (Interpretation).....	134
6.2 ประสิทธิภาพพลังงาน.....	135
6.2.1 การใช้พลังงานสำหรับการเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยวของสารชีวมวล.....	135
6.2.2 การใช้พลังงานของการบำบัดก่อนหน้าสำหรับค่าการเปลี่ยนพลังงานของสารชีวมวล.....	137
6.2.3 ประสิทธิภาพพลังงานเปรียบเทียบระหว่างพลังงานชีวมวลและเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์.....	137
6.3 การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม.....	139
6.3.1 การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของสารชีวมวล.....	139
6.3.2 การเปรียบเทียบระหว่างการผลิตไฟฟ้าจากสารชีวมวลและอื่นๆ.....	140
6.3.3 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของสารชีวมวล.....	142

6.4 การประเมินในเชิงเศรษฐศาสตร์ของพลังงานชีวภาพ.....	143
6.4.1 ต้นทุนของพลังงานชีวภาพ.....	143
6.4.2 ต้นทุนแหล่งทรัพยากรพลังงานชีวภาพ.....	143
6.4.3 ต้นทุนเทคโนโลยีการเปลี่ยนแปลงของสารชีวมวล.....	144
6.4.4 ต้นทุนพลังงานทุติยภูมิ.....	145
6.5 การประเมินอื่นๆ.....	146
6.5.1 มาตรฐานความเป็นอยู่.....	146
6.5.2 รายได้ของเกษตรกร.....	146
6.5.3 เสถียรภาพพลังงานและเงินตราต่างประเทศ.....	147
6.6 ปัญหาที่ต้องนำมาพิจารณา.....	148
6.6.1 ความหลากหลายทางชีวภาพ (ตัวอย่าง การผลิตน้ำมันปาล์ม).....	148
6.6.2 การแข่งขันการใช้ที่ดิน.....	149
6.7 แบบจำลองพลังงาน.....	151
6.7.1 แบบจำลองพลังงานโดยสังเขป.....	151
6.7.2 แบบจำลองพลังงานทั่วไป.....	151
6.7.3 แบบจำลอง DNE21.....	151
6.7.4 แบบจำลอง GLUE.....	152
6.7.5 การแข่งขันการใช้พื้นที่ในแบบจำลอง GLUE.....	152
7. สถานการณ์ของสารชีวมวลในประเทศแถบเอเชีย.....	153
7.1 สาธารณรัฐประชาชนจีน.....	153
7.2 เกาหลี.....	155
7.3 พม่า.....	157
7.4 ลาว.....	159
7.5 บรูไน.....	160
7.6 อินโดนีเซีย.....	162
7.7 กัมพูชา.....	166
7.8 มาเลเซีย.....	168
7.9 ฟิลิปปินส์.....	172
7.10 สิงคโปร์.....	174
7.11 ไทย.....	175
7.12 เวียดนาม.....	177
7.13 ญี่ปุ่น.....	178
7.14 ไทเป (จีน).....	180
8. ตัวอย่างสำหรับการใช้ประโยชน์ของสารชีวมวล.....	182
8.1 การผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดเล็ก.....	182
8.1.1 ก๊าซมีเทนทางชีวภาพและการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพคืออะไร.....	182
8.1.2 สถานการณ์ของก๊าซมีเทนทางชีวภาพในสาธารณรัฐประชาชนจีน.....	182

8.1.3 ลักษณะของการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดเล็ก.....	183
8.1.4 กระบวนการของการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดเล็ก.....	183
8.1.5 อุปทานของพลังงานของการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดเล็ก.....	183
8.2 การผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดใหญ่.....	184
8.2.1 การผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดใหญ่.....	184
8.2.2 ระบบการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดใหญ่.....	184
8.2.3 ตัวอย่างของระบบการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดใหญ่.....	186
8.3 การปลูกสับค้ำ.....	187
8.3.1 การเก็บเกี่ยวสับค้ำ.....	188
8.3.2 วิธีการแปรพันธุ์.....	188
8.3.3 ไบโอดีเซลจากสับค้ำ.....	189
8.4 การผลิตไฟฟ้าจากแกลบ.....	190
8.4.1 การส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย.....	190
8.4.2 โรงผลิตไฟฟ้าจากสารชีวมวลในประเทศไทย.....	191
8.4.3 เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันสำหรับแกลบ.....	191
8.5 การผลิตเอทานอล.....	193
8.5.1 อะไรคือแหล่งทรัพยากรที่ดีของการผลิตเอทานอล.....	193
8.5.2 สารชีวมวลลิกโนเซลลูโลส สารป้อนเข้าสำหรับเอทานอลในประเทศไทย.....	193
8.5.3 การดำเนินงานสำรวจการวิจัยและพัฒนา.....	194
ภาคผนวก.....	196
A1 ประกาศโตเกียวว่าด้วยสารชีวมวลของเอเชีย.....	197
A2 พิธีสารเกียวโต.....	206
A3 สถิติในประเทศเอเชีย.....	246
A4 การเปลี่ยนหน่วย.....	247
A5 น้ำหนักอะตอม.....	259
A6 คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์.....	263
A7 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงฟอสซิลและช่วงชีวิต.....	265
A8 แผนงาน APEC.....	265
A9 เป้าหมายของแต่ละประเทศ.....	266
A10 ประวัติที่เกี่ยวข้อง.....	268
A11 ภาษาของแต่ละประเทศ.....	269
A12 หนังสือที่เกี่ยวข้อง.....	270

# บทที่ 1 ประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้สารชีวมวล

## 1.1 ข้อดีของสารชีวมวล

### 1.1.1 สารชีวมวลคืออะไร

โดยทั่วไปสารชีวมวลคือสารที่ได้มาจากพืชทั้งทางตรงและทางอ้อมซึ่งถูกทำไปใช้เป็นพลังงานหรือสารที่ถูกนำไปใช้อื่นๆในปริมาณมาก โดยทางอ้อมนั้นหมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากการเพาะปลูกและอุตสาหกรรมอาหาร สารชีวมวลถูกเรียกว่าไฟโตแมส (phytomass) และยังสามารถเปลี่ยนแหล่งที่มาชีวภาพได้ โดยแหล่งที่มาชีวภาพนั้นอาจมาจากพืชหลายสายพันธุ์ทั้งที่อาศัยบนบกและในน้ำ วิธีการเพาะปลูกที่หลากหลาย ป่าไม้ สิ่งปฏิภนและของเสียจากสัตว์ ตลอดจนของเสียจากระบบทางผลิตทางอุตสาหกรรม พืชพลังงานเป็นหนึ่งในสารชีวมวลทางเลือกใหม่เนื่องจากสามารถขยายพื้นที่เพาะปลูกได้กว้างขวาง แม้ว่าในปัจจุบันยังไม่ได้ผลิตเชิงธุรกิจก็ตาม สารชีวมวลได้แก่ ไม้ หญ้าเนเปียร์ ผักกาดก้านขาว ผักตบชวา สาหร่ายไจแอนต์ เคลป์ สาหร่ายคลอเรลล่า จีเลื้อย เศษไม้ ฟางข้าว เปลือกข้าว ขยะมูลฝอยครัวเรือน กากไม้ มูลสัตว์ เป็นต้น รวมถึง ยูคาลิปตัส ไฮบริดป๊อบลาร์ ปาล์มน้ำมัน อ้อย หล้าสวีตซ์

จากพจนานุกรมภาษาอังกฤษของอ็อกฟอร์ด ปีคริสต์ศักราช 1934 คำว่า สารชีวมวล ปรากฏเป็นครั้งแรกในสิ่งตีพิมพ์ ในวารสารสมาพันธ์ชีวภาพทางทะเล นักวิทยาศาสตร์ชาวรัสเซีย Bogorov ใช้คำว่า สารชีวมวล ในการตั้งชื่อ เขาได้ขังน้ำหนักรวมของปลา (Calanus finmarchicus) หลังจากทำให้แห้งซึ่งเขาใช้เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของปลาตามฤดูกาล เขาเรียกปลาแห้งนี้ว่าเป็นสารชีวมวล

สารชีวมวลนั้นมีหลากหลายชนิดซึ่งจะถูกแบ่งประเภทในหัวข้อ 2. (1). สารชีวมวลนั้นมักจะหมายถึงของเสียจากการเกษตร เช่น ฟางข้าวและเปลือกข้าว ของเสียจากป่าไม้ เช่น จีเลื้อยและฝืนจากโรงไม้และโรงสี ของเสียจากร่างกาย มูลสัตว์ สิ่งปฏิภน เป็นต้น สารชีวมวลในประเภทการเพาะปลูก ได้แก่ ไม้ เช่น ยูคาลิปตัส ไฮบริดป๊อบลาร์ ปาล์มน้ำมัน อ้อย หล้าสวีตซ์ สาหร่ายเคลป์ เป็นต้น

สารชีวมวล เป็นแหล่งกำเนิดที่มีการหมุนเวียนไม่มีวันหมด ดังนั้นพลังงานที่ได้จากสารชีวมวล จึงเป็นพลังงานทดแทนที่ไม่มีวันหมด อย่างไรก็ตาม ในประเทศญี่ปุ่นสารชีวมวลถูกกำหนดให้เป็นพลังงานชนิดใหม่อย่างถูกกฎหมาย โดยกฎหมายส่งเสริมการใช้พลังงานชนิดใหม่ในปีคริสต์ศักราช 1997 แม้ว่าสารชีวมวลนั้นยังไม่ได้รับการยอมรับในฐานะพลังงานทางเลือกใหม่ในปัจจุบัน แต่ว่า สารชีวมวลนั้นได้รับการยอมรับอย่างถูกกฎหมายเมื่อมีการแก้ไขกฎหมายในเดือนมกราคม ปีคริสต์ศักราช 2002

ตามกฎหมาย การผลิตกระแสไฟฟ้าโดยโฟโตโวลตาอิก พลังงานลม เซลล์เชื้อเพลิง ของเสีย และ สารชีวมวล ถูกกำหนดให้พลังงานทางเลือกใหม่ โดยทางกฎหมาย พลังงานทางเลือกใหม่ถูกกำหนดโดยกฎหมายอ้างอิงถึงสิ่งที่ควรผลิตและใช้น้ำมันปิโตรเลียม สิ่งที่ถูกจำกัดโดยเศรษฐกิจ และสิ่งที่ถูกกำหนดเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานทางเลือกใหม่ตามกฎหมายกำหนด ในประเทศอื่นๆ สารชีวมวลถูกจัดเป็นหนึ่งในพลังงานทดแทนหมุนเวียน

จากหลายงานศึกษาแนะนำว่า พลังงานที่ได้จากสารชีวมวลนั้นจะเพิ่มการแบ่งปันพลังงานของปริมาณพลังงานทั้งหมดในขณะที่ราคาของเชื้อเพลิงฟอสซิลเพิ่มสูงในอีกหลายทศวรรษ การนำสารชีวมวลนั้นมาผลิตเป็นพลังงานนั้น น่าสนใจเป็นอย่างมาก เพราะสารชีวมวลนั้นทำให้เกิดสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิเท่ากับศูนย์ ดังนั้นจะไม่ก่อให้เกิดการเพิ่มปริมาณก๊าซเรือนกระจก เป็นสภาวะคาร์บอนสมดุลซึ่งจะถูกอธิบายในหัวข้อ 1. (2). การเผาไหม้ของสารชีวมวลนั้นจะ



ก่อให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ที่จริง แต่ทว่า ปริมาณคาร์บอนเกือบทั้งหมดในเชื้อเพลิงจะถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับปริมาณที่เชื้อเพลิงนั้นได้รับ ข้อพิสูจน์ว่าสถานะคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับศูนย์นั้น อาศัยสมมติฐานว่า พืชนั้นๆจะถูกปลูกขึ้นอีกครั้งหนึ่ง โดยคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมานั้นจะถูกพืชนำไปใช้แทน หลักการนี้ใช้ได้กับระบบการปลูกต้นไม้ทดแทนที่เหมาะสม แต่อาจไม่เหมาะสมกับประเทศที่พัฒนาแล้ว เนื่องจากป่าไม้ที่ผลิตสารชีวมวลนั้นไม่ได้รับการปลูกทดแทนเท่ากับปริมาณที่ถูกใช้ไป

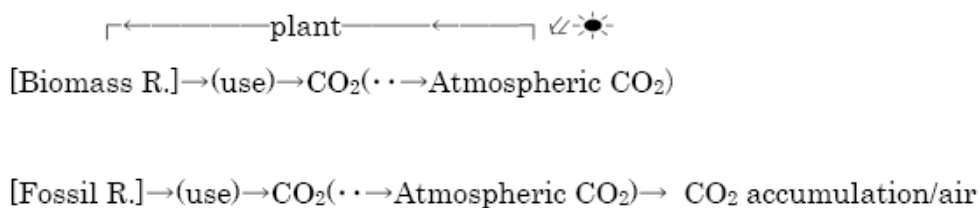
การใช้พลังงานชีวมวลอย่างแพร่หลายอาจต้องคำนึงถึงปริมาณที่ดินซึ่งอาจจะถูกใช้ในการผลิตอาหาร การใช้ทางธุรกิจ ตลอดจนการผลิตไม้ซุง ไม่นานมานี้มีรายงาน พบว่า ปริมาณการใช้พลังงานชีวมวลในอนาคตได้เพิ่มจากปัจจุบันประมาณ 42 เอกซะจูลล์ ไปจนถึง 350 เอกซะจูลล์ ซึ่งเท่ากับการผลิตพลังงานทั้งหมดในปี 2100 ดังนั้นความต้องการพลังงานชีวมวลจึงต้องถูกจำกัดอย่างชาญฉลาดเพื่อรองรับกับการผลิตอาหารและสาร ตลอดจนเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

สารชีวมวลนั้นมีคุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ ความชื้น และคุณสมบัติอื่นๆที่แตกต่างกัน ซึ่งจะทำให้การเปลี่ยนแปลงสารชีวมวลไปเป็นพลังงานนั้น ต้องใช้วิธีที่แตกต่างกัน นักวิจัยจึงพัฒนาเทคโนโลยีที่ลดต้นทุนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงพลังงาน ทั้งนี้ยังลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ตลอดจนกระตุ้นเศรษฐกิจทางการเกษตรอีกด้วย

## 1.2 คุณสมบัติพิเศษของสารชีวมวล

### 1.2.1 ขอบข่ายทั่วไป

แหล่งกำเนิดของสารชีวมวลสามารถใช้ได้ไม่มีวันหมด ตามพื้นฐานการคำนวณการหมุนเวียนของคาร์บอนโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ในทางกลับกัน แหล่งกำเนิดของฟอสซิลนั้นมีอย่างจำกัดและไม่ยั่งยืน นอกจากนี้ การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลยังปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศของโลก (รูป 1.2.1)  $R =$  แหล่งกำเนิด



รูป 1.2.1 เปรียบเทียบวัฏจักรคาร์บอนระหว่างสารชีวมวลและฟอสซิล

แต่คำว่า หมุนเวียนไม่มีวันหมด กับ ยั่งยืน นั้นไม่มีความหมายเหมือนกันเสมอไป ระบบรีไซเคิลของพลังงานของพืชนั้นละเอียดอ่อนต่อระบบนิเวศ

เงื่อนไขของระบบชีวมวลคือ การรักษาสมดุลของการเก็บเกี่ยวเกี่ยวกับความเร็วในการเจริญเติบโตและ ระบบรักษาสิ่งแวดล้อมของพื้นที่เพาะปลูก ถ้าไม่สมดุล ความยั่งยืนของระบบสารชีวมวลนั้นจะหายไป

### 1.2.2 หมุนเวียนไม่มีวันหมด

พลังงานมีแหล่งกำเนิด 2 ชนิด ได้แก่ แหล่งกำเนิดที่เกิดจากการเก็บสะสม และแหล่งกำเนิดที่หมุนเวียนไม่มีวันหมด เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ และสารชีวมวล แม้ว่าพลังงานที่เก็บสะสมจะมีปริมาณมากแต่จะถูกกำหนดด้วยระยะเวลา การใช้งานอย่างมากเกินความจำเป็น เช่น การตัดไม้ทำลายป่านั้นไม่สามารถรักษาแหล่งกำเนิดที่หมุนเวียนไม่มีวันหมดได้ สารชีวมวลนั้นมีแหล่งกำเนิดทั้งสองชนิด

(ก) สารชีวมวลประเภทหมุนเวียน ผลผลิตสุทธิขึ้นต้น 170 กิกะตันต่อปี (ประมาณเจ็ดเท่าของความต้องการพลังงานของโลก)

(ข) สารชีวมวลประเภทสะสม ส่วนใหญ่อยู่ในป่า 1800 กิกะตัน (ประมาณ 80 เท่าของความต้องการพลังงานของโลกต่อปี)

(ค) ปริมาณการใช้สารชีวมวล มีการเปลี่ยนแปลง 2 ประเภท ได้แก่ การนำสลาย และการถูกนำไปใช้ประโยชน์ ในป่าไม้ธรรมชาติ อัตราการเจริญเติบโตนั้นเท่ากับอัตราการนำสลาย ดังนั้นสมดุลคือ (ก)=(ค)

(ก) สารชีวมวลประเภทหมุนเวียน → (ข) สารชีวมวลประเภทสะสม → (ค) ปริมาณการใช้สารชีวมวล

170 กิกะตันต่อปี

1800 กิกะตัน

ไม่คงที่

อย่างไรก็ตาม เราอาจจะไม่ได้ตระหนักว่า (ค)>(ก) โดยการใช้สารชีวมวลอย่างแพร่หลายใน(ค)โดยเทคโนโลยีและนโยบาย

### 1.2.3 สภาวะคาร์บอนสมดุล

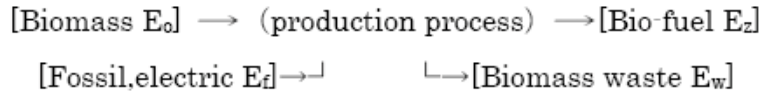
การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวลก่อให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ได้รับการชดเชยในกรณีสารชีวมวลเนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์เหล่านั้นจะถูกใช้การเจริญเติบโตของพืชและสัตว์

ดังนั้น ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมา เท่ากับ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกใช้ในการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตาม ถ่านหินมีประวัติเกี่ยวกับการกำเนิดของไบโอแมส คาร์บอนที่หมุนเวียนเป็นเวลานานหลายร้อยปี ถ้าพิจารณา คาร์บอนไดออกไซด์ที่จ่ายคืน ดังนั้นต้องหาค่าภูมิทัศน์ของคาร์บอนไดออกไซด์

หลังจากการเผาไหม้ของสารชีวมวล ไม่มีการจ่ายคืนคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้น ประมาณได้ว่า อุณหภูมิของป่า (ระยะเวลาในการฟื้นฟู 25ปี) อัตราภูมิทัศน์ของคาร์บอนไดออกไซด์ =1 ป่าไม้ทั่วโลก ระยะเวลาในการฟื้นฟู 100 ปี อัตราภูมิทัศน์ = 25/100 =0.25 ในกรณีของโลกนี้ กำเนิดก่อน 25ล้านปี อัตราภูมิทัศน์ 1 ppm ดังนั้นเชื้อเพลิงฟอสซิลไม่มีหวังที่จะได้รับชดเชยคาร์บอนไดออกไซด์

### 1.2.4 การเกษตรที่ยั่งยืน

เชื้อเพลิงจากแหล่งกำเนิดสารชีวมวล พลังงานที่ได้รับ ( $E_p$ ) จากภายนอกนั้นจำเป็นในกระบวนการผลิต นอกจากนั้นบางส่วนของสารชีวมวลกลายเป็นของเสียชีวมวล ( $E_w$ ) (รูป1.2.3) สำหรับระบบผลิตพลังงาน ( $E_z, E_p, E_w$ ) ควรมีค่ามากกว่าศูนย์ พลังงานที่ได้รับจากเชื้อเพลิงชีวมวล ( $E_z$ )



รูป 1.2.3 สมดุลพลังงานชีวมวล

ผลลัพธ์ของพลังงานรวมทั้งหมดในระบบเท่ากับ  $E_z/[E_0+E_f]$  ถ้าค่านี้ต่ำกว่า 0.5 สารชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงช่วยเหลือเท่านั้น แต่แม้สารชีวมวลมีปริมาณน้อยแต่ก็ยังมีส่วนช่วยเหลือในระบบพลังงาน ถ้าอัตราส่วนของสมดุลพลังงาน ปริมาณผลิตภัณฑ์ต่อปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใ้มากกว่า 1 ในกรณีของการเผาไหม้อ่างหินร่วมกับสารชีวมวล เมื่อของเสียชีวมวลสามารถแทนที่เชื้อเพลิงในระบบ ดังนั้น  $E_f$  จะลดลง อัตราส่วนของสมดุลพลังงานจะดีขึ้น เช่น ในอุตสาหกรรมอ้อย ซึ่งใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิล ระบบการผลิตสารชีวมวลที่มีอัตราส่วนของสมดุลพลังงานน้อยมักจะสูญเสียสถานะคาร์บอนสมมูลที่ยั่งยืน ในเกษตรกรรมการผลิตธัญพืชและมันฝรั่ง อัตราส่วนของสมดุลพลังงานประมาณ 1.5-5 โดยไม่คิดกำลังคนงาน ในขณะที่น้อยกว่า 0.5 ในพืชผัก ดังนั้นไม่ป่าจึงมีประสิทธิภาพดีกว่าพืชทางการเกษตรเนื่องจากมีพลังงานน้อยกว่า

(ก) การลงทุนในแรงงานคน การเพิ่มแรงงานจะลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและพลังงานไฟฟ้า ทำให้้อตราส่วนของสมดุลพลังงานมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามแรงงานกับเชื้อเพลิงฟอสซิลนั้นมีความสัมพันธ์กันในเชิงแลกเปลี่ยน ดังนั้นแรงงานไม่ได้ช่วยในการประหยัดพลังงาน โดยยูนิตพลังงานสำหรับแรงงานเท่ากับประมาณ 0.073 โทต่อปีต่อคนหรือประมาณ 1 โทต่อปี

(ข) ระบบหมุนเวียนของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแคลเซียม เป็นส่วนประกอบสำคัญในปุ๋ยซึ่งมักจะหายไปหลังจากที่ที่ดินถูกใช้ประโยชน์ ดังนั้นระบบรีไซเคิลธาตุเหล่านั้นจึงมีความสำคัญ ในการผลิตพลังงานจากการเผาไหม้จึงมีการนำขี้เถ้ากลับมาใช้ใหม่เนื่องจากมฟอสฟอรัสและแคลเซียมสะสมอยู่ แต่สำหรับไนโตรเจนนั้นไม่สามารถสะสมในขี้เถ้าได้จึงต้องหารวิธีเพื่อหมุนเวียนไนโตรเจนกลับมาในระบบ ในขณะที่ป่าไม้ไม่ต้องการปุ๋ยเพราะได้รับไนเตรตจากฝน แต่ป่าพลังงานในอนาคตนั้นต้องปุ๋ยไนโตรเจนเพราะไนโตรเจนนั้นไม่สมดุล

(ค) การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ ความหลากหลายทางชีวภาพนั้นสามารถกระทบได้จากการเพิ่มการผลิตสารชีวมวล จากกระบวนการผลิตที่เร่งรัดและฟาร์มขนาดใหญ่ เช่น การปลูกไร่ร่นาสวนผสมนั้นช่วยในการรักษาสภาพดิน

**ข้อมูลเพิ่มเติม**

Sano,H.in "Biomass Handbook", Japan Institute of Energy Ed., Ohm-sha, 2002, pp.311-323. (in Japanese)  
 UN Energy "Sustainable Bioenergy" AFramework for Decision Maker", 2007.

## 1.3 การใช้สารชีวมวล

### 1.3.1 ขอบข่ายทั่วไป

สำหรับการใช้สารชีวมวล วัตถุประสงค์ทางชีวมวลจะถูกเลือกจากจุดประสงค์ในการใช้งาน ความต้องการและการหาได้ง่าย หลังจากนั้นวัตถุประสงค์ดังกล่าวจะถูกเปลี่ยนสารชนิดใหม่หรือพลังงาน

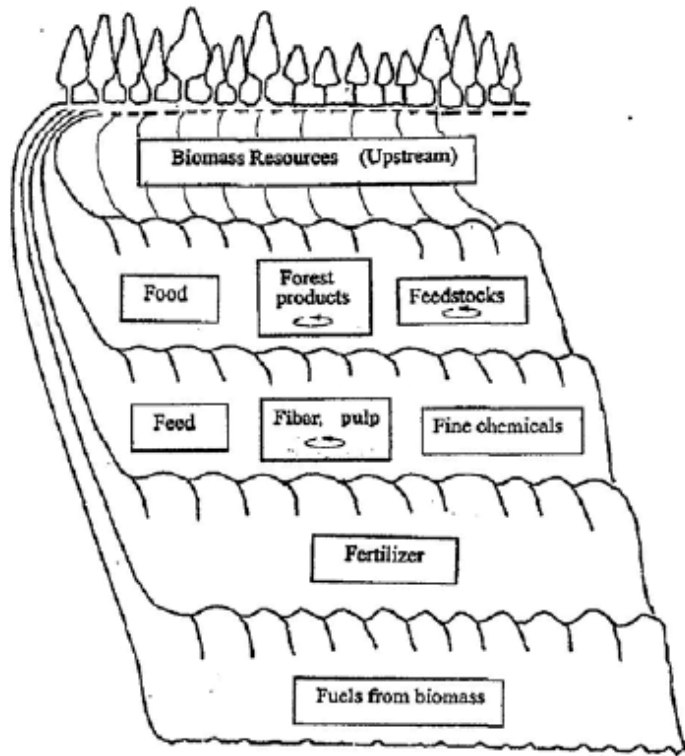
สารชีวมวลส่วนใหญ่มาจากพืชและซากพืช ตลอดจนสัตว์และสารอินทรีย์ของจุลชีพ พืชหลายชนิดนั้นถูกใช้เพื่อเป็นสารชีวมวล สารชีวมวลที่มาจากพื้นดินส่วนใหญ่ประกอบด้วยพืชผลทางการเกษตรและและไม้จากป่า ซึ่งถูกปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ สารชีวมวลที่มาจากพื้นน้ำสามารถเพาะปลูกได้เช่นสาหร่ายเคลป์ สารชีวมวลที่มากจากการเพาะปลูกและป่าไม้เรียกว่าสารชีวมวลบริสุทธิ์ ในขณะที่วัตถุประสงค์ของเสียทางชีวภาพเรียกว่าของเสียชีวมวล เช่น ฆาอ้อยซึ่งได้ของเสียจากกระบวนการผลิตน้ำตาลจากอ้อยเพื่อผลิตเป็นเอทานอลต่อไป การใช้ของเสียชีวมวลนั้นมีความสำคัญเนื่องจากจะลดการขัดแย้งระหว่างการผลิตพลังงานชีวมวลและอาหาร ฆาอ้อยถือเป็นวัตถุประสงค์ที่สำคัญสำหรับ การผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลลำดับที่สอง

การขนส่งและการเก็บสารชีวมวลนั้นไม่ง่ายเนื่องจากความจุและการเสื่อมสลายของสารดังกล่าว ดังนั้นจึงควรใช้สารชีวมวลในพื้นที่ที่ผลิตสารชีวมวลนั้นๆ เมื่อสารชีวมวลนั้นถูกเปลี่ยนให้เป็นเชื้อเพลิงเหลวหรือถูกอัดให้เป็นก้อน จึงจะสามารถใช้งานในที่ต่างๆได้

สารชีวมวลนั้นสามารถเปลี่ยนให้เป็นวัตถุดิบหรือพลังงานได้ สารชีวมวลถูกใช้อย่างหลากหลายเช่น อาหาร เส้นใย ผลผลิตจากป่า วัตถุประสงค์ ปุ๋ย และสารเคมี การใช้เป็นพลังงานในรูปแบบเชื้อเพลิงชีวมวลนั้นเกิดขึ้นที่ขั้นตอนสุดท้ายและสารชีวมวลกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทนในอากาศ วิธีการใช้ที่หลากหลายของสารชีวมวลเรียกว่า 8F Use

สารชีวมวลสามารถถูกใช้ประโยชน์ได้ที่ละชั้นเหมือนน้ำตกและคุณสมบัติจะลดลงด้วย รูป 1.3.1. อธิบายตัวอย่างของชั้นน้ำตกจากอาหารไปเป็นปุ๋ย

ของเสียจากอาหารสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ อาหารสัตว์ถูกเปลี่ยนมูลสัตว์ซึ่งสามารถนำไปหมักเป็นปุ๋ย กากอาหารที่ถูกย่อยสามารถใช้เป็นปุ๋ยได้ ไม้จากการรื้อบ้านสามารถใช้เป็นพาคีเลบอร์คและเยื่อกระดาษ และนั่นสุดท้ายถูกใช้เป็นพลังงานจากการเผาไหม้ การรีไซเคิลผลิตจากกระดาษ เส้นใย วัตถุประสงค์เหลือใช้ และไม้ ตามที่ปรากฏในรูป 1.3.1 สารชีวมวลสามารถใช้เป็นวัตถุดิบอื่นโดยที่ไม่ผลิตก๊าซเรือนกระจกซึ่งส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิของโลก



รูป 1.3.1 การใช้ประโยชน์ที่เพิ่มขึ้นและการรีไซเคิลของสารชีวมวล

### 1.3.2 การเปลี่ยนและการใช้ประโยชน์

ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีมากมายในการเปลี่ยนคุณสมบัติของสารชีวมวลเพื่อรองรับกับจุดประสงค์การใช้งาน ทั้งทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ รูป 1.3.2. อธิบายรูปเทคโนโลยีในการเปลี่ยนสารชีวมวล

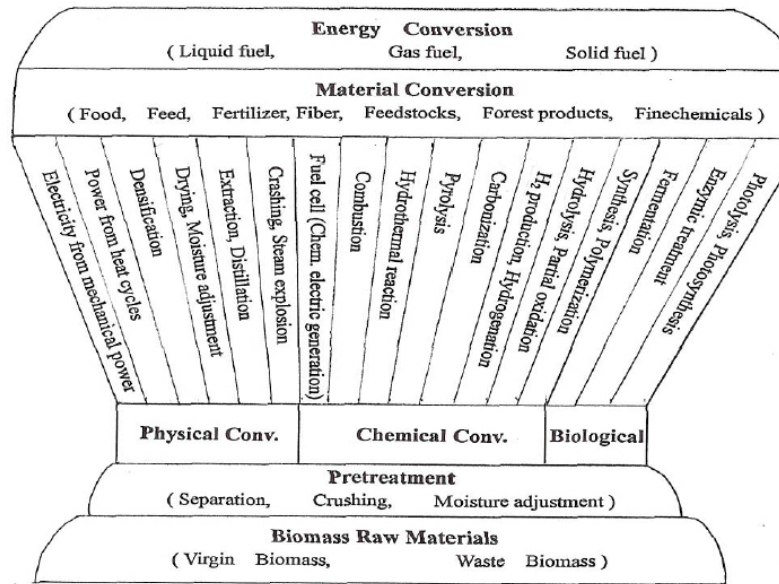
การเปลี่ยนทางกายภาพ ได้แก่การบดสีกและการใช้ไอน้ำเพื่อสลายโครงสร้างของสารชีวมวล ทำให้มีพื้นที่ผิวเพิ่มมากขึ้น เพื่อเร่งกระบวนการทางเคมี ความร้อนและชีวภาพ ตลอดจนการแยกสกัด การกลั่นเป็นต้นเพื่อสกัดส่วนผสมที่สำคัญ ตลอดจนการเพิ่มความหนาแน่น การอบแห้งและการควบคุมความชื้น เพื่อเพิ่มความสะดวกในการขนย้ายและการเก็บ การเปลี่ยนทางกายภาพมักใช้ก่อนทำปฏิกิริยาเพื่อเร่งกระบวนการหลักเรียกว่าการบำบัดก่อน

การเปลี่ยนทางเคมี หมายถึงการไฮโดรไลซิส การออกซิเดชันบางส่วน การเผาไหม้ คาร์บอนนิเซชัน ไพโรไลซิส และปฏิกิริยาไฮโดรเทอร์มัลเพื่อสลายสารชีวมวล รวมถึงการสังเคราะห์ โพลีเมอร์ไรเซชัน ไฮโดรจีเนชัน เพื่อสร้างโมเลกุลใหม่หรือปรับปรุงสารชีวมวล การสร้างอิเล็กทรอนิกส์ในกระบวนการออกซิเดชันของสารชีวมวลนั้นสามารถใช้สำหรับเซลล์เชื้อเพลิงเพื่อสร้างกระแสไฟฟ้าได้

การเปลี่ยนทางชีวภาพ ส่วนใหญ่หมายถึงกระบวนการหมัก เช่น เอทานอล มีเทน อะซิโตนบิวทานอล ไฮโดรเจน เป็นต้น กระบวนการใช้เอนไซม์จะมีบทบาทสำคัญในการผลิตสารลำดับที่สองของไบโอเอทานอล โดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและโฟโตไลซิสจะมีความสำคัญในการพัฒนาระบบสารชีวมวล

ความร้อนจากการเผาไหม้จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานกลโดยวัฏจักรความร้อน เช่น วัฏจักรออตโตสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน และวัฏจักรดีเซลสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล วัฏจักรแรงคินสำหรับเครื่องยนต์ไอน้ำ วัฏจักรเบรย์ตันสำหรับแก๊สเทอร์โบ และอื่นๆ เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าที่มีสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะเปลี่ยนการพลังงานกลเป็นกระแสไฟฟ้า

การบำบัดก่อนเช่น การแยก การสกัด การบด การสี การควบคุมความชื้น เป็นต้น จะทำก่อนกระบวนการเปลี่ยนหลัก รูป 1.3.2 อธิบาย สิ่งที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการที่ใส่สารชีวมวลเข้าไปด้านล่าง สารชีวมวลเหล่านั้นจะถูกเปลี่ยนโดยวิธีหลากหลายเพื่อสนองกับจุดประสงค์ของการใช้งาน



รูป 1.3.2. ความหลากหลายของเทคโนโลยีการเปลี่ยนและการบำบัดก่อน

การประเมินผลของกระบวนการเปลี่ยนสามารถทำได้โดยเงื่อนไขของคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ ประสิทธิภาพของพลังงาน ผลผลิต และความคุ้มค่าในการลงทุนของระบบ

การวางแผนระบบการเปลี่ยนและการใช้ควรพิจารณาจาก ปริมาณสารชีวมวล วิธีและค่าใช้จ่ายของการขนส่งและเก็บรักษา การบริหารจัดการองค์กร และกฎระเบียบที่สัมพันธ์กับข้อบังคับ ตลอดจนความคุ้มค่าของระบบ

## 1.4 ประโยชน์ของการใช้สารชีวมวล

### 1.4.1 ขอบข่ายทั่วไป

แม้ว่าพลังงานจากสารชีวมวลนั้นไม่ได้มีราคาถูกเท่ากับเชื้อเพลิงฟอสซิลในภายใต้เทคโนโลยีในปัจจุบันและเงื่อนไขของการตลาดในหลายประเทศที่พัฒนาแล้ว การผลิตสารชีวมวลเพื่อเป็นวัตถุดิบอื่น ๆ และพลังงานมีข้อดีหลายประการ เช่น การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิล สร้างงานและรายได้จากการพัฒนาอุตสาหกรรมชนิดใหม่ และใช้วัตถุดิบในท้องถิ่น เพิ่มความมั่นคงในพลังงานโดยลดการนำเข้า แต่ประโยชน์เหล่านั้นก็เทียบไม่ได้กับราคาของการผลิตสารชีวมวล การประเมินประโยชน์จึงทำให้เราเข้าใจภาพรวมของการแข่งขันของการผลิตสารชีวมวลและพลังงานชีวมวล เพื่อการปรับปรุงนโยบายของการพัฒนาการผลิตสารชีวมวล

### 1.4.2 การลดลงของปริมาณน้ำมัน

ทรัพยากรป่าไม้และถ่านหินเคยอุดมสมบูรณ์และพอเพียงต่อความต้องการพลังงาน อย่างไรก็ตามมนุษย์ได้ใช้เกินกว่าที่จำเป็นเพื่อผลิตพลังงานและเทคโนโลยี

ปริมาณน้ำมันสำรองของโลกมีค่าประมาณ 2000 พันล้านบาร์เรล ความต้องการบริโภคน้ำมันของโลกต่อวันเท่ากับ 71.7 ล้านบาร์เรล ซึ่งประมาณได้ว่า 1000 ล้านบาร์เรลนั้นกำลังถูกใช้ไปและ 1000 ล้านบาร์เรลที่เหลือ (Asifa and Muneer , 2007) เมื่อราคาของปิโตรเลียมได้ทะยานสูงขึ้นอาจจะทำให้เศรษฐกิจทรุดลงถ้าผู้ที่ไม่เปลี่ยนไปใช้พลังงานอื่นแทน การใช้สารชีวมวลจะทำให้ยืดอายุของปริมาณน้ำมันสำรอง ตัวอย่างเช่น Carpentieri et al. (2005) แสดงให้เห็นข้อได้เปรียบที่สำคัญของการใช้สารชีวมวลในเชิงของการลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งวิธีการประเมินผลกระทบสะท้อนให้เห็นประโยชน์ของการใช้สารชีวมวลได้อย่างเด่นชัด

#### 1.4.3 ภาวะโลกร้อน

เมื่อทั่วโลกมีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น คาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่ออันตรายของสภาพอากาศของโลก จากการประมาณในปี 2000 มีการคาดการณ์ว่าในทุกๆปีจะมีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศมากกว่า 20 ล้านเมตริกตัน (Saxena et al., inpress) ถ้าแนวโน้มเป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ อาจเกิดภัยธรรมชาติอันร้ายแรง เช่น ปริมาณน้ำฝนมากผิดปกติ ซึ่งทำให้เกิดน้ำท่วม และความแห้งแล้งผิดปกติทั่วไป สารชีวมวลนั้นเป็นทรัพยากรที่มีสถานะคาร์บอนสมดุลในวัฏจักรของมันและในการผลิตก๊าซเรือนกระจก สารชีวมวลเป็นทรัพยากรในการผลิตพลังงานที่มีปริมาณเป็นอันดับที่สี่ของโลกรองจากถ่านหิน ปิโตรเลียม และก๊าซธรรมชาติซึ่งสามารถให้พลังงานเท่ากับ 14% ของการต้องการพลังงานขั้นต้นของโลก (Saxena et al., in press) ดังนั้นสารชีวมวลจึงถือเป็นแหล่งทรัพยากรพลังงานที่สำคัญของโลก

เพื่อที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงาน นโยบายต่างๆได้ถูกนำออกมาใช้เช่นภาษีการปล่อยก๊าซ ใบอนุญาตในการปล่อยก๊าซเป็นต้น นโยบายบรรเทาเหล่านี้ส่งเสริมข้อได้เปรียบของการใช้พลังงานชีวมวลแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล แต่อย่างไรก็ตามการที่จะเปลี่ยนสารชีวมวลเป็นพลังงานต้องอาศัยพลังงานในการเปลี่ยน ซึ่งส่วนใหญ่มาจากรูปแบบต่างๆของเชื้อเพลิงฟอสซิล วัฏจักรสมดุลพลังงานของสารชีวมวลนั้นเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงฟอสซิลควรเป็นบวก ซึ่งขึ้นกับกระบวนการที่เลือกใช้ โดยใช้ LCA หรือไลฟ์ไซเคิลเบสิก

#### 1.4.4 ยกระดับของคุณภาพชีวิต

เมื่อการเกษตรมีบทบาทสำคัญในระบบเศรษฐกิจ ดังนั้นการเกษตรที่ยั่งยืนจึงจำเป็นต้องการยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรและรายได้ การศึกษาเป็นเรื่องสำคัญ เมื่อความรู้ของผู้คนในชนบทนั้นไม่สูงมาก จึงจำเป็นต้องให้ข้อมูลที่เหมาะสมและเทคโนโลยีแก่เกษตรกร เพื่อให้เข้าใจในการใช้สารชีวมวลที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพให้เกิดประสิทธิผล

#### 1.4.5 เพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร

สองประการหลักที่จะช่วยเกษตรกร (The Japan Institute of Energy, 2007) หนึ่งคือช่วยเหลือทางการเงิน เพื่อที่จะได้เข้าถึงเชื้อเพลิงที่เป็นประโยชน์ ในประเทศไทย มีการผลิตไบโอมีเทนเพื่อใช้ในครัวเรือนของเกษตรกรแทนที่จะต้องซื้อโพรเพน นับว่าเป็นการเกษตรที่ยั่งยืนเนื่องจากลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล สองคือช่วยเหลือทางการเงิน เมื่อเกษตรกรปลูกพืชเพื่อผลิตเป็นเอทานอลแบบขายในราคาที่สูงขึ้น ดังนั้นเกษตรกรจะนำเงินที่ได้ไปจ่ายค่าไฟฟ้า และในขณะที่เดียวกันคนที่ซื้อทานอลนั้นซึ่งรวยกว่าเกษตรกร ระบบนี้ถือเป็นการกระจายรายได้แก่ชุมชน

#### 1.4.6 ความมั่นคงทางพลังงาน

ในระบบเศรษฐกิจของทุกประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่พัฒนาแล้วบางประเทศขึ้นกับปริมาณความมั่นคงของพลังงาน ความมั่นคงทางพลังงานหมายถึงความสอดคล้องกันของเพียงพอพลังงานที่มีอยู่ในรูปแบบต่างที่สามารถซื้อได้ ซึ่งเงื่อนไขเหล่านี้ต้องทนทานในระยะยาว เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน การให้ความสนใจในความมั่นคงของพลังงานนั้นเป็นเรื่องสำคัญเพราะโลกต้องพึ่งพาทรัพยากรน้ำมันซึ่งกระจายตัวในจุดต่างๆไม่เท่ากัน แหล่งพลังงานของโลกกำลังอยู่ในความเสี่ยงเนื่องจากความต้องการน้ำมันเพิ่มมากขึ้น สารชีวมวลเป็นสารที่หาได้ง่ายในประเทศซึ่งไม่มีราคาโลกผันผวนหรือปริมาณที่หมดไปเหมือนน้ำมันที่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ

#### 1.4.7 สตูลเงินต่างชาติ

นับเป็นโอกาสที่ดีในการพัฒนาประเทศเพื่อส่งออกพลังงานชีวมวล ในกรณีของการผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยนั้นอัตราการผลิตเพื่อเป็นอาหารและเอทานอลนั้นสมดุลกันในเวลานี้ แต่ในอนาคตปริมาณการผลิตมันสำปะหลังนี้อาจมีปริมาณมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการผลิตพลังงานชีวมวลมักจะขัดแย้งกับการผลิตเพื่อเป็นอาหาร เช่น ความต้องการเอทานอลของโลกอาจถูกคุกคามโดยความมั่นคงของปริมาณอาหารภายในประเทศ

#### ข้อมูลเพิ่มเติม

Asifa, M.; Muneer, T. Energy supply, its demand and security issue for developed and emerging economies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11, 1388-1413 (2007)

Carpentieri, M.; Corti, A.; Lombardi, L. Life cycle assessment (LCA) of an integrated biomass gasification combined cycle (IBGCC) with CO<sub>2</sub> removal, *Energy Conservation and Management*, 46, 1790-1808 (2005)

Saxena, R.C.; Adhikaria, D.K.; Goyal, H.B. Biomass-based energy fuel through biochemical routes: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (in press)

The Japan Institute of Energy. "Report on the Investigation and Technological Exchange Projects Concerning Sustainable Agriculture and Related Environmental Issues," Entrusted by the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan (Fiscal year 2006) (2007)



## บทที่ 2 ทรัพยากรชีวมวล

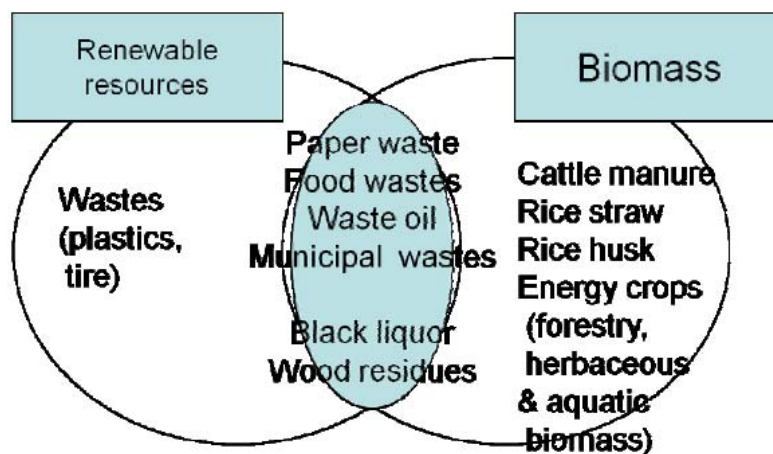
### 2.1 การจัดแบ่งประเภทสารชีวมวล

#### 2.1.1 คำนิยามของสารชีวมวล

ตามที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 1.1 สารชีวมวลคืออะไร คำว่าชีวมวล มาจากคำว่า ชีว + มวล และในเชิงนิเวศวิทยา หมายถึงจำนวนของพืชและสัตว์ หลังจากเกิดวิกฤตการณ์น้ำมัน คำจำกัดความได้กว้างกว่าเชิงนิเวศวิทยา หมายถึง ทรัพยากรทางชีวมวลที่ถูกใช้แหล่งพลังงาน หลังจากที่ถูกตั้งให้เป็นแหล่งพลังงานทางเลือกใหม่ก็ยังไม่มีการจำกัดความของสารชีวมวล และความหมายในแต่ละแขนงก็แตกต่างกันออกไป จากทัศนคติของทรัพยากรพลังงาน หมายถึง คำบัญญัติสำหรับทรัพยากรสัตว์และพืชและของเสียที่เกิดจากสัตว์และพืชซึ่งสะสมอยู่ในปริมาณหนึ่ง ไม่รวมทรัพยากรฟอสซิล สารชีวมวลนั้นหมายถึงหลายอย่างทั้งพืชทางการเกษตร ไม้ป่า พืชน้ำ ทรัพยากรทางการเกษตร ป่าไม้ ประมง เชื้อกระดาษ กากไม้ น้ำยางคำของเสียจากอุตสาหกรรม ขยะมูลฝอยได้แก่ ของเสียครัวเรือน กระดาษเหลือใช้ สิ่งปลูกปลูก บางประเทศนั้นไม่รวมขยะมูลฝอยเป็นสารชีวมวล

#### 2.1.2 คำนิยามของสารชีวมวล (พลังงาน) ในเชิงกฎหมาย

ตัวอย่างในกรณีของประเทศญี่ปุ่น เช่น วันที่ 25 มกราคม คริสต์ศักราช 2002 กฎหมายสนับสนุนการใช้แหล่งพลังงานใหม่ได้ถูกแก้ไขและ สารชีวมวลได้ถูกยกให้เป็นแหล่งพลังงานชนิดใหม่ครั้งแรกในประเทศญี่ปุ่น รูป 2.1.1 แสดงบทบาทของสารชีวมวลในฐานะแหล่งพลังงานชนิดใหม่ ก่อนหน้านั้น สารชีวมวลถูกจัดให้เป็นทรัพยากรหมุนเวียนเท่านั้น แต่หลังจากการแก้ไขกฎหมายถูกจัดให้เป็นแหล่งพลังงานใหม่ แต่อย่างไรก็ตาม ของเสียบางชนิด เช่น กระดาษเหลือใช้ เศษอาหาร เศษซากจากการรื้อถอน น้ำยางคำ ถูกจัดให้เป็นทรัพยากรรีไซเคิลเท่านั้น



รูป 2.1.1 คำนิยามของสารชีวมวลในประเทศญี่ปุ่น

### 2.1.3 ลักษณะพิเศษของพลังงานจากสารชีวมวล

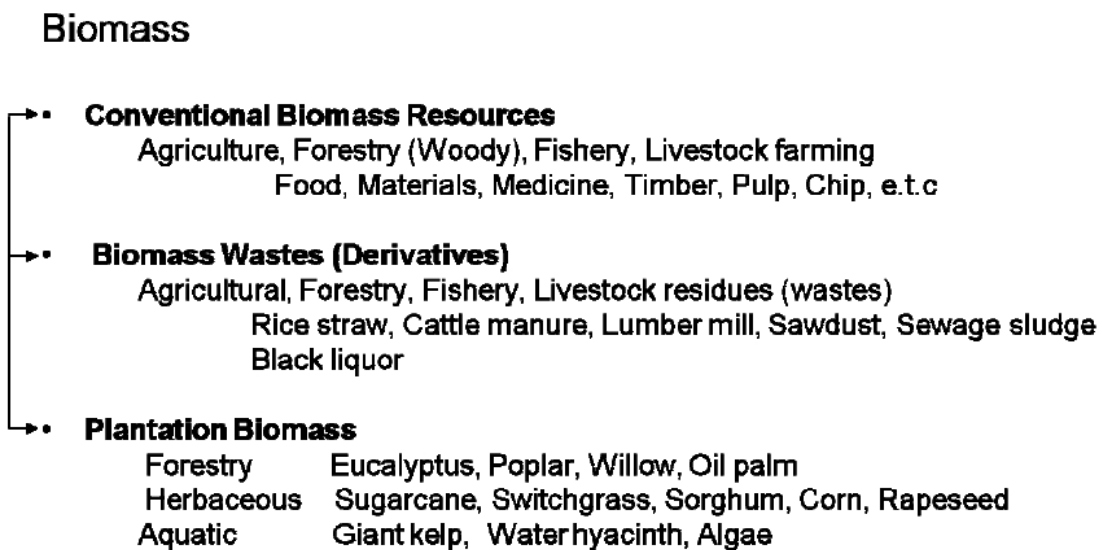
ก่อนหน้ารวมถึงศตวรรษที่ 19 สารชีวมวลในรูปของฟืนและถ่านถูกใช้เป็นแหล่งพลังงานหลัก จนกระทั่งศตวรรษที่ 20 ได้ถูกแทนที่ด้วยถ่านหินและน้ำมัน ในศตวรรษที่ 21 สารชีวมวลนั้นถูกฟื้นฟูเพื่อนำกลับมาใช้ เนื่องจากลักษณะพิเศษดังต่อไปนี้ หมุนเวียนไม่มีวันหมด สามารถเก็บได้ สามารถใช้แทนได้ มีอยู่มากมาย และมีสภาวะคาร์บอนสมดุล

### 2.1.4 ประเภทของสารชีวมวล

ยังไม่มีระบบการจัดประเภทของสารชีวมวลอย่างเป็นทางการ เนื่องจากแตกต่างกันไปในแต่ละแขนง ประเภทนั้นขึ้นอยู่กับจุดประสงค์การใช้งาน โดยทั่วไปมีวิธีการแบ่งประเภทสารชีวมวลสองแบบ อย่างแรกคือ แบ่งประเภทตามชีววิทยา โดยอ้างอิงจากก็มีตัวตนในธรรมชาติ เช่นตามระบบนิเวศวิทยาหรือชนิดของพืช อย่างที่สองแบ่งตามการใช้งานในเชิงของการใช้พลังงานอย่างเกิดประสิทธิผล

### 2.1.5 ตัวอย่างในการจัดแบ่งสารชีวมวลในเชิงของการใช้

ตัวอย่างประเภทของสารชีวมวลปรากฏดังรูป 2.1.2 ในหมวดหมู่นี้ สารชีวมวลนั้นหมายถึงของเสียและผลผลิตจากการเกษตร ป่าไม้และการประมง รวมถึง พื้นที่การเพาะปลูกสารชีวมวลอีกด้วย การจัดประเภทตามแหล่งกำเนิดนั้นเป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบระบบการใช้งานสารชีวมวล



รูป 2.1.2 ประเภทของสารชีวมวลในเชิงการประยุกต์ใช้งาน

ปริมาณความชื้นเป็นปัจจัยหลักในการพิจารณาเลือกใช้สารชีวมวล โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อผลิตพลังงาน เนื่องจากปริมาณความชื้นนั้นมีนิยามแตกต่างตามแต่ละแขนง ดังนั้นจึงมีความสำคัญอย่างมากในการหาค่าความชื้น ในด้านพลังงานความชื้นได้ถูกจำกัดนิยามดังต่อไปนี้

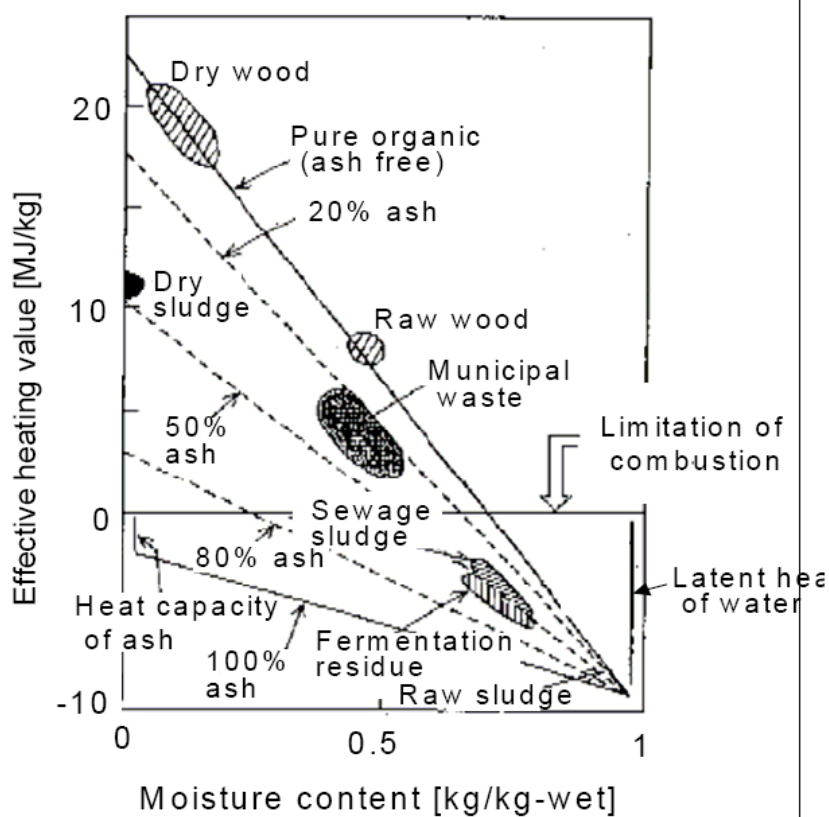
$$(\text{ปริมาณความชื้น}) = (\text{น้ำหนักของความชื้น}) / (\text{น้ำหนักทั้งหมดของสาร}) \times 100 [\%] \quad (2.1.1)$$

$$(\text{น้ำหนักทั้งหมดของสาร}) = (\text{น้ำหนักแห้งของสารชีวมวล}) + (\text{น้ำหนักของความชื้น}) \quad (2.1.2)$$

ตามนิยามนี้ ปริมาณความชื้นนั้นจะมีค่าไม่เกิน 100% ในเชิงวิทยาศาสตร์และนิเวศวิทยา ความชื้นมีนิยามดังต่อไปนี้

$$(\text{ปริมาณความชื้น}) = (\text{น้ำหนักของความชื้น}) / (\text{น้ำหนักแห้งของสารชีวมวล}) \times 100 [\%] \quad (2.1.3)$$

ตามตำราเล่มนี้ใช้สมการ (2.1.1) เพื่อหาปริมาณความชื้น สารชีวมวลนั้นประกอบได้ด้วยโมเลกุลขนาดใหญ่ทางธรรมชาติ เช่น เซลลูโลส ลิกนิน และโปรตีน สารชีวมวลหลายชนิดมีปริมาณความชื้นสูงเนื่องจากแหล่งกำเนิดของสารชีวมวลคือสิ่งมีชีวิต รูป 2.1.3 แสดงค่าปริมาณความชื้นของสารชีวมวลชนิดต่างๆ ซึ่งมีตั้งแต่สารชีวมวลเช่น ไม้แห้ง กระดาษเหลือใช้ซึ่งมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 20% ไปจนถึงสาหร่าย ของเหลือจากการหมัก และกากของเสีย ซึ่งมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 95% การที่จะนำสารชีวมวลไปผลิตเป็นพลังงานต้องเลือกกระบวนการที่เหมาะสมต่อปริมาณความชื้นของสารนั้นๆ



รูป 2.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับค่าปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้

### ข้อมูลเพิ่มเติม

Ogi, T. in "Biomass Handbook", Japan Institute of Energy Ed., Ohm-sha, 2002, pp.2-6 (in Japanese)

## 2.2 ความพร้อมใช้ของสารชีวมวล

โลกมีคลังเก็บสารชีวมวลจำนวนมากมหาศาลซึ่งครอบคลุมในหลายพื้นที่ทั้งในป่าและมหาสมุทร โดยจำนวนสารชีวมวลทั้งหมดในโลก บนพื้นดินเท่ากับ 1800 พันล้านตันและในน้ำ 4 พันล้านตัน โดยจำนวนสารชีวมวลบนพื้นดินนั้น เทียบได้กับพลังงาน 33000 เอกซะจูลซึ่งเท่ากับ 80เท่าหรือมากกว่าจำนวนการใช้พลังงานต่อปี

อย่างไรก็ตามสารชีวมวลบางอย่างถูกใช้ป็นอาหารโดยสิ่งมีชีวิตรวมถึงมนุษย์และอาจใช้เป็นมากกว่าอาหารเพื่อในการดำรงชีวิต ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องประเมินการใช้พลังงานจากสารชีวมวลเพื่อรองรับกับปริมาณที่มีอยู่

### 2.2.1 การประมาณศักยภาพของของเสียชีวมวล

ของเสียชีวมวลนั้นรวมถึงของเสียและของเหลือใช้จากการดำรงชีวิต การผลิตสิ่งเหล่านี้หมายถึง การผลิตของเสียชีวมวล ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้หลายอย่าง เช่นผลิตเป็นพลังงานและเป็นอาหารสัตว์ตลอดจนปุ๋ย ในทางตรงกันข้ามสารชีวมวลนั้นที่ยังไม่ถูกใช้แต่ถูกเปลี่ยนให้เป็นพลังงานนั้นเกี่ยวกับศักยภาพพลังงานของสารชีวมวล

ในส่วนนี้ จะแสดงวิธีการเพื่อประมาณปริมาณของทรัพยากร ซึ่งอ้างถึงของเสียชีวมวลที่เกิดขึ้นจากการเกษตร ป่าไม้และการปศุสัตว์

#### (ก) ปริมาณการผลิตของเสียชีวมวล

เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องทราบถึงการผลิตของเสียชีวมวลเพื่อประมาณค่าของเสียชีวมวลที่มีอยู่ในคลัง แต่ยากที่จะทราบได้ถึงปริมาณการผลิตของเสียชีวมวลในและประเทศและในแต่ละภูมิภาคของโลก ดังนั้นการประมาณปริมาณการผลิตของของเสียชีวมวลนั้นทำได้จากการตั้งสมมติฐานอัตราส่วนระหว่างการผลิตของเสียต่อการผลิตทรัพยากรชีวมวล ตัวอย่างของพารามิเตอร์ของการประมาณการผลิตของของเสียชีวมวลนั้นแสดงในตาราง 2.2.1 ซึ่งพารามิเตอร์เหล่านี้มาจากการอ้างอิงทั่วโลก และควรปรับพารามิเตอร์นี้ให้เข้ากับแต่ละภูมิภาคในการศึกษาในระดับภูมิภาค

รูป 2.2.1 แสดงปริมาณของเสียชีวมวลที่ถูกเก็บสำรองไว้ในปัจจุบันประมาณค่าโดยพารามิเตอร์ดังกล่าวตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

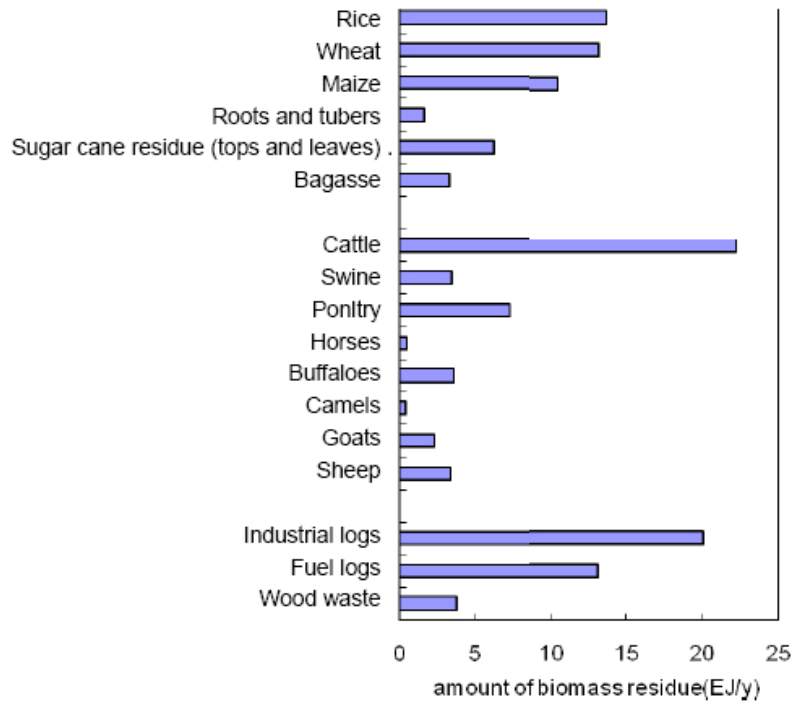
- ปริมาณของการผลิตของเสียทางการเกษตรและป่าไม้ประมาณโดย การผลิตปรับเปลี่ยนเกษตรกรรม (2000) และป่าไม้ (1999) โดยใช้สถิติของ FAO คูณด้วยอัตราส่วนของการผลิตของเสีย
- ปริมาณของการผลิตของเสียจากปศุสัตว์ประมาณโดยพิจารณาจำนวนสัตว์ (2000)และใช้ปริมาณค่ามูลสัตว์ต่อตัว
- ปริมาณสารชีวมวลในปัจจุบันประมาณ โดยอ้างอิงจากการผลิตของเสียชีวมวลคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการอนุรักษ์พลังงาน

การเก็บสำรองของเสียชีวมวลในปัจจุบันมีประมาณ 43 เอกซะจูลของสารชีวมวลจากปศุสัตว์ ประมาณ 48เอกซะจูลของสารชีวมวลจากการเกษตร และประมาณ 37 เอกซะจูลของสารชีวมวลจากป่าไม้ รวมทั้งหมดประมาณ 128 เอกซะจูล โดยประมาณ 22 เอกซะจูลเป็นมูลของ โคกระบือซึ่งเป็นแหล่งที่มามีขนาดใหญ่ รองลงมาประมาณ 20 เอกซะจูลของเศษไม้จากการตัดไม้และการทำซุง

ตาราง 2.2.1 พารามิเตอร์ที่ใช้เพื่อประมาณการผลิตของเสียชีวมวลและปริมาณของแหล่งที่มา

ชนิดสารชีวมวล	อัตราการผลิตของเสีย (ตันต่อตัน)	สัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนพลังงาน (กิกะจูลต่อตัน)
ข้าว	1.4	16.3
ข้าวสาลี	1.3	17.5
ข้าวโพด	1	17.7
รากและหัวใต้ดิน	0.4	6.0
เศษอ้อย (ยอดและใบ)	0.28	17.3
มูลโค	1.10(ตันต่อปีต่อตัว)	15.0
มูลสุกร	0.22(ตันต่อปีต่อตัว)	17.0
มูลไก่	0.037(ตันต่อปีต่อตัว)	13.5
มูลม้า	0.55(ตันต่อปีต่อตัว)	14.9
มูลกระบือและอูฐ	1.46(ตันต่อปีต่อตัว)	14.9
มูลแกะและแพะ	0.18(ตันต่อปีต่อตัว)	17.8
เศษไม้จาก อุตสาหกรรม	1.17	16.0
เศษไม้จากเชื้อเพลิง	0.67	16.0
ไม้เหลือใช้	0.784	16.0

\*อัตราการผลิตมูลสัตว์, อ้างอิงจากน้ำหนักต้นแห้ง



รูป 2.2.1 ปริมาณสารชีวมวลเหลือใช้ในโล

(ข) ศักยภาพพลังงานของของเสียชีวมวล

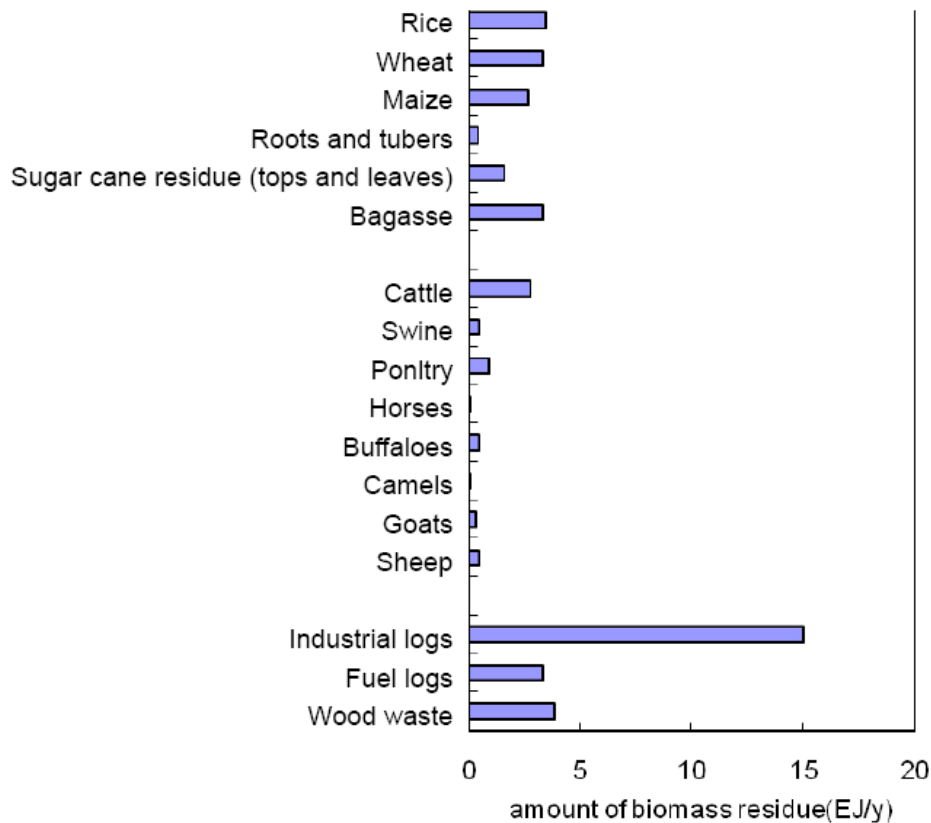
บางส่วนของสารชีวมวลที่ถูกเก็บสำรองได้ถูกใช้ประโยชน์อื่นๆแล้ว ดังนั้นการที่จะฟื้นฟูมวลกลับมานั้นอย่างสมบูรณ์และการที่จะนำกลับมาใช้เป็นแหล่งพลังงานใหม่หรือการสำรองสิ่งที่ยังไม่ได้ใช้อาจทำได้ยาก ตัวอย่างเช่น ในปัจจุบันฟางข้าวถูกใช้เป็นอาหารในปศุสัตว์ ดังนั้นอาจเป็นไปได้ยากที่เก็บมูลของโคกระบือในทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ เมื่อไหร่ที่ปริมาณการเก็บสำรองสารชีวมวลนั้นถูกประมาณค่า จำเป็นที่ต้องพิจารณาความพร้อมใช้ ศักยภาพพลังงานของของเสียชีวมวลนั้นบางส่วนของปริมาณที่ถูกเก็บทั้งหมดเท่านั้นที่พร้อมที่จะใช้เป็นแหล่งพลังงาน อัตราส่วนของความพร้อมใช้คิดค้นโดย Hall et al. ดังที่แสดงในตาราง 2.2.2

ตาราง 2.2.2 ชนิดของสารชีวมวลและอัตราส่วนความพร้อมใช้ของพลังงาน

	ชนิดสารชีวมวล	อัตราส่วนพลังงานพร้อมใช้ (%)
ของเสียทางการเกษตร	ข้าว ข้าวสาลี ข้าวโพด รากและหัวใต้ดิน เศษอ้อย	25
ของเสียปศุสัตว์	โค แกะและแพะ สุกร ม้า กระบือและอูฐ ไก่	12.5
ของเสียป่าไม้	เศษไม้จากอุตสาหกรรม	75
	เศษไม้จากเชื้อเพลิง	25
	ไม้เหลือใช้	100

[Hall et al., 1993]

ศักยภาพพลังงานของของเสียชีวมวลประมาณ ได้จากการใช้อัตราส่วนความพร้อมใช้ที่แสดงในตาราง 2.2.2 ส่วนที่ใหญ่ที่สุดของศักยภาพพลังงานของของเสียชีวมวลซึ่งเป็นค่าต่อปีนั้นมาจากของเสียชีวมวลจากป่าไม้ ซึ่งประมาณ 22 เอกชะจุลของโลก โดยเฉพาะเศษไม้จากการตัดไม้และทำซุงมีค่าประมาณ 15 เอกชะจุล ซึ่งมีค่าประมาณสองในสามของของเสียชีวมวลจากป่าไม้ และมีค่ามากถึง 36% ของแหล่งกำเนิดสารชีวมวลทั้งหมด ของเสียชีวมวลจากการเกษตรนั้นมีค่าประมาณ 15 เอกชะจุลของโลก แต่ละสารชีวมวลมีค่าประมาณ 1.5-3.5 เอกชะจุลโดยเฉลี่ย ในทางกลับกัน สารชีวมวลปศุสัตว์มีค่าประมาณ 5.4 เอกชะจุลของโลก ซึ่งมูลโคกระบือมีปริมาณมากที่สุดถึง 2.8 เอกชะจุล



รูป 2.2.2 ความพร้อมใช้ของสารชีวมวลเหลือใช้ใน โลก

### ข้อมูลเพิ่มเติม

FAO (The Food and Agriculture Organization of the United Nations), FAO Statistical Database, (<http://www.fao.org/>)

Hall, D. O. et al. (1993), "Biomass for Energy: Supply Prospects", In: Renewable Energy, Johansson, T.B. eds., pp.594, Washington, Island Press.

## 2.3 องค์ประกอบของสารชีวมวล

### 2.3.1 ภาพรวมขององค์ประกอบของสารชีวมวล

สารชีวมวลนั้นมีหลากหลายชนิดซึ่งมีองค์ประกอบต่างกัน องค์ประกอบขึ้นต้นได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน แป้ง และโปรตีน ต้นไม้มีองค์ประกอบหลักได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน รวมถึงพืชสมุนไพรเพียงแต่ ปริมาณขององค์ประกอบที่จะแตกต่างกัน สารชีวมวลต่างชนิดกัน ย่อมมีองค์ประกอบต่างกัน เช่น ธัญพืชมีแป้งมาก ในขณะที่ของเสียจากปศุสัตว์มีโปรตีนมาก เนื่องจากมีโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน จากทัศนคติของการใช้พลังงานสารชีวมวลที่ ประกอบด้วย ลิกโนเซลลูโลส จะประกอบไปด้วยเซลลูโลสและลิกนินจำนวนมากเช่น ต้นไม้ ซึ่งมีจำนวนมากและมี ศักยภาพมาก

### 2.3.2 องค์ประกอบทั่วไปของสารชีวมวล

#### (ก) เซลลูโลส

โพลีแซคคาไรด์ที่ดิกกลูโคสถูกเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเบต้ากลูโคซิดิกซึ่งมีสูตรโมเลกุลเป็น  $(C_6H_{12}O_6)_n$   $n$  คือคีกรีของโพลิเมอร์ไรเซชันซึ่งมีความกว้างตั้งแต่หลายพันจนถึงหลายหมื่น จำนวนผลลัพธ์ของการไฮโดรไลซิสเซลลูโลสคือ ดิกกลูโคส (โมโนแซคคาไรด์) แต่บางส่วนให้ผลลัพธ์เป็นไดแซคคาไรด์ (เซลลูไบโอส) และโพลีแซคคาไรด์ซึ่งมีลำดับ  $n = 3$  ถึง 10 เซลลูโลสมีโครงสร้างเป็นผลึกและต้านทานต่อการกรดและด่าง รูป 2.3.1-a แสดงโครงสร้างสูตรของเซลลูโลส

#### (ข) เฮมิเซลลูโลส

โพลีแซคคาไรด์ซึ่งมีจำนวนยูนิตคาร์บอนเท่ากับ 5 โมโนแซคคาไรด์รวมถึง ดีไซโลสและดีอะราไบโนส และคาร์บอนเท่ากับ 6 โมโนแซคคาไรด์รวมถึง ดีแมนโนส ดีกาแลคโตสและดิกกลูโคส โมโนแซคคาไรด์ที่มีคาร์บอนเท่ากับ 5 มีจำนวนมากกว่า โมโนแซคคาไรด์ที่มีคาร์บอนเท่ากับ 6 สูตรโมเลกุลโดยเฉลี่ยคือ  $(C_5H_8O_4)_n$  เนื่องจากคีกรีโพลิเมอร์ไรเซชันของเฮมิเซลลูโลสเท่ากับ 50-200 โดยมีขนาดเล็กกว่าเซลลูโลส จึงสามารถละลายพันธะได้ง่ายกว่าเซลลูโลส และ เฮมิเซลลูโลสเป็นจำนวนมากสามารถละลายได้ในสารละลายเบส เฮมิเซลลูโลสทั่วไปคือไซแลน ซึ่งประกอบด้วยไซโลสด้วยพันธะ 1,4 รูป 2.3.1-c แสดงสูตรโครงสร้างของไซแลน เฮมิเซลลูโลสอื่นๆได้แก่กลูโคแมนแนน อย่างไรก็ตามเซลลูโลสทั้งหมดขึ้นกับชนิดและส่วนของพืช

#### (ค) ลิกนิน

สารประกอบที่ประกอบด้วย ยูนิตฟีนิลโพรเพนและอนุพันธ์ ซึ่งเชื่อมกันเป็นสามมิติ โครงสร้างนั้นซับซ้อนและยังไม่มีกรเข้าใจอย่างแท้จริง รูป 2.3.1-d แสดงยูนิตที่ประกอบกันเป็นลิกนิน โครงสร้างสามมิตินั้นยากที่จะสลายโดยจุลชีพและสารเคมี นอกจากนั้นยังมีความแข็งแรงทางกลและการป้องกันร่วมกับ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนินถูกพบอย่างสาถกในสารชีวมวลชนิดต่างๆ และแหล่งคาร์บอนธรรมชาติจำนวนมากมายบนโลก

#### (ง) แป้ง

คล้ายเซลลูโลส แป้งเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่ประกอบด้วยยูนิตของดิกกลูโคส แต่ถูกเชื่อมกันโดยพันธะแอลฟาไกลโคซิดิก เนื่องจากความต่างของโครงสร้างพันธะ เซลลูโลสละลายน้ำ แต่บางส่วนของแป้ง ในรูป 2.3.1-b จะละลายในน้ำร้อน (อะไมโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 10,000 จนถึง 50,000 ประมาณ 10%-20%ของแป้ง) และบางส่วนที่ไม่ละลาย (อะไมโล



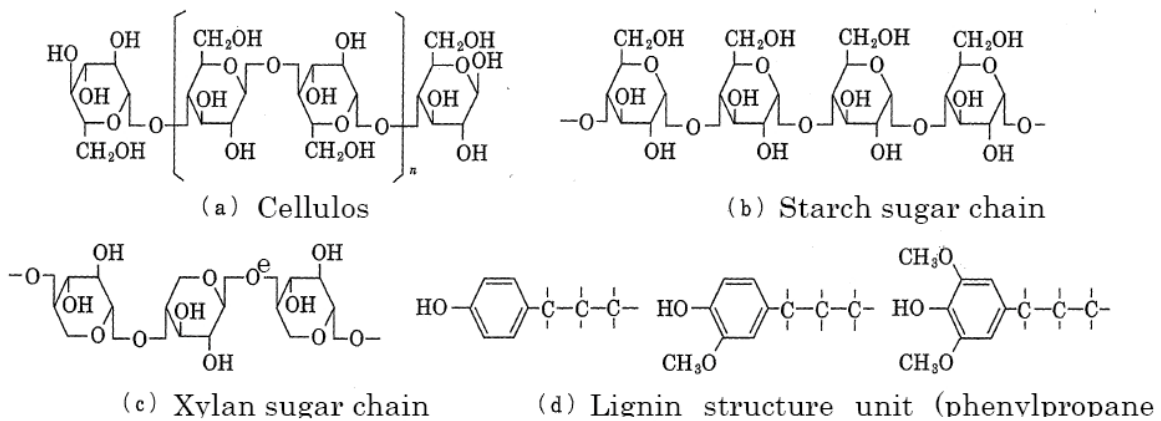
เพกซิน ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 50,000 ถึง 100,000 ประมาณ 80%-90% ของแป้ง) แป้งถูกพบในเมล็ด ราก และลำต้น ซึ่งถือเป็นอาหาร

**(จ) โปรตีน**

เป็นสารประกอบโมเลกุลขนาดใหญ่ซึ่งกรดอะมิโนหลายตัวถูกโพลิเมอร์ไรซ์เข้าด้วยกัน คุณสมบัติต่างกันขึ้นกับชนิดของกรดอะมิโนและอัตราส่วนขององค์ประกอบของกรดอะมิโนและลำดับของโพลิเมอร์ไรเซชัน โปรตีนไม่ใช่สารประกอบพื้นฐานของสารชีวมวลและมีสัดส่วนน้อยกว่าสามสารข้างต้นที่กล่าวมา

**(ฉ) สารอื่นๆ (อินทรีย์และอนินทรีย์)**

ปริมาณของสารประกอบอินทรีย์อื่นๆมีได้หลากหลายขึ้นกับชนิด สารอินทรีย์ที่มีจำนวนมากได้แก่ กลีเซอรอล (ตัวอย่าง เช่น น้ำมันผักกาดก้านขาว น้ำมันปาล์ม และน้ำมันจากพืชชนิดต่างๆ) และซูโครสในอ้อยและต้นบีท ตัวอย่างอื่นๆ เช่น อัลคาลอยด์ รงควัตถุ เทอร์ปีน และจีฟังก์ ถึงแม้ว่าจะพบสารเหล่านี้ได้น้อยแต่คุณค่ามากเนื่องจากใช้เป็นส่วนผสมของยา สารชีวมวลนั้นประกอบไปด้วยสารประกอบอินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่ แต่ยังคงประกอบด้วยสารอนินทรีย์เช่นซีลีเนียมในจำนวนน้อย ธาตุโลหะพื้นฐานได้แก่ แคลเซียม โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม ซิลิกอน อลูมิเนียม เหล็กและโซเดียม สารและปริมาณขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบตั้งต้น



รูป 2.3.1 โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบหลักของสารชีวมวล

**2.3.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวอย่างชนิดของสารชีวมวล**

ตาราง 2.3.1 แสดงตัวอย่างสารประกอบของชนิดสารชีวมวลหลัก องค์ประกอบหลักของสารชีวมวลของโลกเรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และโปรตีน สารชีวมวลที่ได้จากในน้ำมีองค์ประกอบที่แตกต่างออกไป ตาราง 2.3.1 แสดงสารชีวมวลจากพืช ตาราง 2.3.2 แสดงองค์ประกอบของกากของเสียและของเสียชีวมวลชนิดต่างๆที่มีความชื้นสูง ตาราง 2.3.1 และ 2.3.2 ใช้การจัดกลุ่มองค์ประกอบที่แตกต่างกัน เซลลูโลสและลิกนินในตาราง 2.3.1 คือเส้นใยในตาราง 2.3.2 ในขณะที่ เฮมิเซลลูโลสในตาราง 2.3.1 คือ คาร์โบไฮเดรต ในตาราง 2.3.2

ตาราง 2.3.1 การวิเคราะห์ทางเคมีทั่วไปของตัวอย่างสารชีวมวล (ส่วนที่ 1) (wt%)

ประเภทสารชีวมวล	น้ำทะเล	น้ำจืด	เฮอร์บาเซียส	ไม้	ของเสีย
	สาหร่ายเซลล์สีเขียว น้ำตาล	ผักตบชวา	หญ้าเบอร์มิวด้า	ต้นไฮบริดป๊อป ลาร์	เชื้อเพลิงขยะ (RDF)
เซลลูโลส	4.8	16.2	31.7	41.3	65.6
เฮมิเซลลูโลส	-	55.5	40.2	32.9	11.2
ลิกนิน	-	6.1	4.1	25.6	3.1
แมนนิทอล	18.7	-	-	-	-
อัลจินิน	14.2	-	-	-	-
โปรตีนดิบ	15.9	12.3	12.3	2.1	3.5
เถ้า	45.8	22.4	5.0	1.0	16.7
อื่นๆ	-	112.5	93.3	102.9	100.1

\* ผลรวมทั้งหมดนั้น ไม่จำเป็นต้องเท่ากับ 100 เนื่องจากแต่ละองค์ประกอบถูกวัดจากวิธีที่แตกต่างกัน

ตาราง 2.3.2 การวิเคราะห์ทางเคมีทั่วไปของตัวอย่างสารชีวมวล (ส่วนที่สอง ของเสียชีวมวลที่มีปริมาณความชื้นสูง) (wt %)

วัตถุดิบตั้งต้นชีว มวล	น้ำกากสำ จากการผลิต แอลกอฮอล์ (ข้าว)	น้ำกากสำจาก การผลิต แอลกอฮอล์ (มันเทศ)	กากแป้ง	ไมโครแอล จี (Dunaliella)	พีชน้ำ (ผักตบชวา)	กากสิ่ง ปฏิกูล
ปริมาณความชื้น สะสม	76.7	88.6	82.2	78.4	85.2	76.7
เถ้า a)	1.3	4.4	23	23.6	19.6	16.4
b)						
ไขมัน	8.3	1.8	0.7	20.5	2.5	12.9
โปรตีน	56.5	28.5	59.6	63.6	24.4	42.3
เส้นใยดิบ	2.1	11.9	5.4	1.2	20.6	18.1
คาร์โบไฮเดรต	33	57.8	34.3	14.7	52.5	26.7
b)						
C	47.9	47.3	44.6	53.3	47.6	51.4
H	6.7	7	7.2	5.2	6.1	7.9
N	7.5	4.2	9	9.8	3.7	6.5
O	37.9	41.5	48.2	31.7	42.1	40.7

a) อ้างอิงจากน้ำหนักแห้ง      b) อ้างอิงจากปริมาณสารอินทรีย์

## ข้อมูลเพิ่มเติม

Ogi, T. in “Biomass Handbook” Japan Institute of Ed., Ohm-sha, 2002, PP.12-15 (in Japanese)

## 2.4 ปริมาณความจุพลังงานชีวมวล

### 2.4.1 ตัวบ่งชี้ปริมาณความจุพลังงานชีวมวล

เพื่อที่จะจัดตั้งระบบพลังงานชีวมวล ต้องหาปริมาณพลังงานของสารชีวมวลที่ถูกใช้เป็นตัวถุดิบตั้งต้นอันดับแรก ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เป็นตัวบ่งชี้ของพลังงานที่สารชีวมวลมีอยู่ ค่าความร้อนจากการเผาไหม้คือปริมาณความร้อนที่เกิดจากเมื่อสารชีวมวลถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์หรือเรียกว่าความร้อนของการเผาไหม้ ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้นั้นสามารถหาค่าได้จากอัตราส่วนขององค์ประกอบและอัตราส่วนของธาตุ เช่น ปริมาณคาร์บอนในสารชีวมวล

#### (ก) ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้สูง-ต่ำ

สารชีวมวลประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน เมื่อถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ จะให้น้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและไอน้ำที่ได้จากการเผาไหม้จะมีปริมาณความร้อนแฝงมากและความร้อนจะถูกปล่อยออกเมื่อเกิดการควบแน่น ค่าความร้อนจากการเผาไหม้ที่รวมค่าความร้อนแฝงคือ ค่าความร้อนจากการเผาไหม้ขั้นสูง ค่าความร้อนจากการเผาไหม้ที่หักค่าความร้อนแฝงออกคือ ค่าความร้อนจากการเผาไหม้ขั้นต่ำ

#### (ข) ความร้อนพร้อมใช้

ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้  $Q_0$  คือปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นหลังจากการเผาไหม้สมบูรณ์ต่อหน่วยตสารภายใต้สภาวะมาตรฐาน ความจริงแล้วสารชีวมวลนั้นประกอบไปด้วยความชื้นและเชื้อเพลิงจำนวนมากซึ่งถูกนำมาพิจารณาเมื่อใช้ผลิตพลังงาน การประมาณค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ต่ำสุดนั้นไม่พอสำหรับใช้เป็นตัวบ่งชี้ว่าสารชีวมวลในสภาวะธรรมชาติจะเป็นเช่นนั้นในการเผาไหม้ พลังงานที่เพิ่มอุณหภูมิแก่อากาศที่อยู่แวดล้อมเพื่อรักษาการเกิดเปลวไฟและพลังงานดูดความร้อนในชี๊ไถ่นั้นถูกนำมาคิดด้วย ดังนั้น ความร้อนพร้อมใช้ถูกแสดงโดยสมการดังต่อไปนี้

$$\text{ความร้อนพร้อมใช้ } Q = Q_0(1-w) - 1000W - [\text{ความร้อนที่ถูกดูดในอากาศ}] - [\text{ความร้อนที่ถูกดูดในชี๊ไถ่}]$$

(w: ปริมาณความชื้น)

รูป 2.1.3 ใช้ค่าการคำนวณความร้อนพร้อมใช้ (Q) ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ค่าบวกสำหรับความร้อนพร้อมใช้ที่เกิดการเผาไหม้

### 2.4.2 ค่าความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของสารชีวมวลชนิดต่างๆ

ตาราง 2.4.1 แสดงข้อมูลสำหรับปริมาณความชื้น ปริมาณสารอินทรีย์ ปริมาณเชื้อเพลิง และค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของชนิดตัวอย่างของสารชีวมวล

ตาราง 2.4.1 การวิเคราะห์ทั่วไปและค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของสารชีวมวลชนิดตัวอย่าง ถ่านหิน และพีท

ประเภท	สารชีวมวล	ความชื้น [wt%]	สารอินทรีย์ (น้ำหนักแห้ง wt%)	เถ้า ** [wt%]	ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ (เมกกะจูลต่อกิโลกรัม-น้ำหนักแห้ง)
ของเสี้ยว	มูลโค	20-70	76.5	23.5	13.4
	activated biosolid	90-97	76.5	23.5	18.3
	เชื้อเพลิงขยะ RDF	15-30	86.1	13.9	12.7
	ขี้เลื่อย	15-60	99.0	1.0	20.5
พีชเชอร์บาเซียส	ข้าวฟ่างหวาน	20-70	91.0	9.0	17.6
	หญ้าสวิตซ์	30-70	89.9	10.1	18.0
พีชน้ำ	สาหร่ายเคลป์ยักษ์ลีน้ำตาล	85-97	54.2	45.8	10.3
	ผักตบชวา	85-97	77.3	22.7	16.0
พีชไม้	ยูคาลิปตัส	30-60	97.6	2.4	18.7
	ไฮบริดป๊อปลาร์	30-60	99.0	1.0	19.5
	ไซคามอร์ (Sycamore)	30-60	99.8	0.2	21.0
อนุพันธ์	กระดาษ	3-13	94.0	6.0	17.6
	เปลือกสน	5-30	97.1	2.9	20.1
	ฟางข้าว	5-15	80.8	19.2	15.2
ถ่านหิน	อิลลินอยส์ บิทูมินัส (Illinois bituminous)	5-10	91.3	8.7	28.3
พีท	reed sedge	70-90	92.3	7.7	20.8

\* ปริมาณความชื้นสะสมหาได้จากน้ำหนักที่หายไปหลังจากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสภายใต้ความดันบรรยากาศ

\*\* ปริมาณเถ้าที่หาได้จากน้ำหนักของสารที่เหลืออยู่ (โลหะออกไซด์) หลังจากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 800 องศาเซลเซียส

ปริมาณความชื้นแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดโดยขึ้นกับชนิดของสารชีวมวล ตัวอย่างเช่น 3% ในกระดาษ และ 98% ในกากของเสี้ยว สารชีวมวลแทบจะทุกชนิดประกอบด้วยน้ำมากกว่า 2 ใน 3 ทำให้ความร้อนพร้อมใช้มีค่าลดลง ดังนั้นแม้ว่าสารชีวมวลนั้นจะมีค่าความร้อนจากการเผาไหม้สูง แต่ถ้าหากมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่จำนวนมาก ไม่เหมาะสมในการนำมาเผาไหม้ ตัวอย่างเช่น ผักตบชวา และสิ่งปฏิกูล มีค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้สูงเมื่อถูกอบแห้ง แต่มีปริมาณความชื้นประมาณ 95% จากการสุ่มตัวอย่าง ดังนั้นจึงไม่เหมาะต่อการเผาไหม้

สารอินทรีย์ทั้งหมดที่เหลือจากการนำขี้เถ้าออกจากจากสารอบแห้งทั้งหมด เนื่องจากค่าพลังงานของขี้เถ้าเท่ากับศูนย์ สารอินทรีย์จำนวนมากหมายถึงค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้จำนวนมากเช่นกัน สารอินทรีย์นั้นมีความร้อนที่ได้

จากการเผาไหม้ต่างกันขึ้นกับชนิดและอัตราส่วนของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ (2.3 องค์ประกอบของสารชีวมวล) ตาราง 2.4.2 แสดงความผลของการวิเคราะห์ธาตุและค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของชนิดของสารชีวมวลและเชื้อเพลิงอินทรีย์อื่นๆ เพราะสารชีวมวลมีออกซิเจนมากและมีคาร์บอนและไฮโดรเจนน้อยกว่าถ่านหินและปิโตรเลียม สารชีวมวลนั้นมีค่าความร้อนจากการเผาไหม้ต่อยูนิตน้ำหนักน้อยกว่า สารชีวมวลประเภทต้นไม้และพืชนั้นมีปริมาณคาร์บอนเท่ากับ 45%-50% และปริมาณไฮโดรเจนเท่ากับ 5%-6% มีอัตราส่วนโมลาร์ของ H:C ประมาณ 2 เป็นผลมาจากสารประกอบหลักซึ่งได้แก่ เซลลูโลสและลิกนิน

ตาราง 2.4.2 องค์ประกอบของธาตุและค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของตัวอย่างชนิดของสารชีวมวล ถ่านและฟืน

แหล่งพลังงาน	เซลลูโลส	สน	สำหรับเคลือบยักซ์	ผักตบชวา	ของเสียบคัสต์	RDF	กาก	ฟืน	บิฑูมินัส
คาร์บอน [wt%]	44.44	51.8	27.65	41.1	35.1	41.2	43.7	52.8	69.0
ไฮโดรเจน [wt%]	6.22	6.3	3.73	5.29	5.3	5.29	6.24	5.45	5.4
ออกซิเจน [wt%]	49.34	41.3	28.16	28.84	33.2	28.8	19.3	31.2	14.3
ไนโตรเจน [wt%]	-	0.1	1.22	1.96	2.5	1.96	3.16	2.54	1.6
ซัลเฟอร์ [wt%]	-	0	0.34	0.41	0.4	0.41	0.97	0.23	1.0
เถ้า [wt%]	-	0.5	38.9	22.4	23.5	22.4	26.5	7.74	8.7
ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ (เมกกะจูลต่อกิโลกรัม-น้ำหนักแห้ง)	17.51	21.2	10.01	16.0	13.37	16.0	19.8	20.7	28.28

ปริมาณความชื้นสะสมและคุณสมบัติอื่นๆ ผลจากการวิเคราะห์ธาตุนั้นมาจากสถานะแห้ง

#### 2.4.3 การประมาณค่าความร้อนจากการเผาไหม้โดยการคำนวณ

ค่าความร้อนจากการเผาไหม้ของชนิดสารชีวมวลที่แสดงในตาราง 2.4.1 และ 2.4.2 ความพยายามในการประมาณค่าโดยการคำนวณจากข้อมูล เช่น ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์สาร มีหลายสมการที่ถูกเสนอและหนึ่งในนั้นคือ

ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้สูงสุด(High heating value:HHV) [เมกกะจูลต่อกิโลกรัมแห้ง] = 0.4571 (% คาร์บอนแห้งพื้นฐาน)- 2.70

ตาราง 2.4.3 เปรียบเทียบค่าความร้อนที่ได้จากเผาไหม้ที่ได้จากการคำนวณตามสมการและได้จากการวัดค่า ยกเว้นกากของเสียบ ของแข็งชีวมวล ผลนั้นใกล้เคียงกัน

ตาราง 2.4.3 การเปรียบเทียบระหว่างค่าความร้อนจากการเผาไหม้ที่ได้จากการวัดและการคำนวณของสารชีวมวล

วัตถุดิบชีวมวล	ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้สูงสุดจากการวัด	ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้จากการคำนวณ	ความผิดพลาด [%]
เซลลูโลส	17.51	17.61	+0.59
สน	21.24	20.98	-1.23
สาหร่ายเคลป์ยักษ์ สีน้ำตาล	10.01	9.94	-0.70
ผักตบชวา	16.00	16.09	+0.54
มูลโค	13.37	13.34	-0.19
biosolid	19.86	17.3	-12.9
บิทูเมน	28.28	28.84	+1.98

### ข้อมูลเพิ่มเติม

Ogi, T. in “Biomass Handbook”, Japan Institute of Ed., Ohm-sha,2002, PP.16-19 (in Japanese)

## 2.5 วัฏจักรคาร์บอน

### 2.5.1 ปริมาณของคาร์บอนสำรองทั่วโลก

คาร์บอนบนโลกนั้นถูกกักเก็บในบรรยากาศ มหาสมุทร ชีวมณฑล และเปลือกโลก สารประกอบคาร์บอนเกิดการแลกเปลี่ยนในรูปของแก๊ส เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ และสารอินทรีย์ ตลอดจนสารอนินทรีย์ จาก รายงานการประเมินค่าของ IPCC ครั้งที่ 4 ในปี 2007 การปล่อยเชื้อเพลิงฟอสซิลของโลกออกมารวมถึงการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ มีปริมาณเท่ากับ 6.4 กิกะตันคาร์บอนต่อปี ในยุค 1990 และการปล่อยคาร์บอนออกมาโดยการใช้บนภาคพื้นดินเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 1.6 กิกะตันคาร์บอนต่อปี ในทางตรงกันข้าม ความแม่นยำที่ได้ถูกประเมินจากการใช้คาร์บอนทั้งภาคพื้นดินและมหาสมุทรสุทธิ เท่ากับ 2.6 กิกะตันต่อปีและ 2.2 กิกะตันต่อปี ตามลำดับ สมดุลคาร์บอนสุทธิในบรรยากาศในยุค 1990 เท่ากับ 3.2 กิกะตันคาร์บอนต่อปี (=8.0-2.6-2.2) ตามที่แสดงในตาราง ค่านี้ประมาณมาจากการตรวจสอบผลที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรคาร์บอน การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากเชื้อเพลิงฟอสซิลทั่วโลกและสมดุลคาร์บอนสุทธิในบรรยากาศได้ถูกแสดงให้เห็น ค่าอื่นๆในตาราง 2.5.1 นั้นมีความแม่นยำน้อยกว่า วัฏจักรคาร์บอนนั้นมีทั้งในน้ำและบนพื้นดิน ซึ่งสมดุลคาร์บอนสุทธินั้นขึ้นกับกิจกรรมเหล่านี้ สถานภาพของวัฏจักรคาร์บอนในแต่ละแหล่งกักเก็บนั้นถูกควบคุมโดยการจัดการป่าไม้และการเปลี่ยนแปลงของอากาศ ในสนธิสัญญาเกียวโต ซึ่งมีใจความเกี่ยวกับการลดปริมาณของการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการบวกรวมการแยกคาร์บอนออกในป่าไม้ผ่านทางวิธีการจัดการทางป่าไม้ซึ่งมีผลในเดือนกุมภาพันธ์ ปี 2005 กฎเกณฑ์สำหรับการบริหารที่มีประสิทธิภาพได้มุ่งเน้นในบทบาทชีวมณฑลของโลกในขอบข่ายของวัฏจักรคาร์บอนทั่วโลก ดังนั้นข้อมูลที่มีความแม่นยำจะต้องอาศัยแหล่งและปริมาณการกักเก็บและวัฏจักรของคาร์บอน

ในระบบนิเวศทั่วโลก อย่างไรก็ตามยังมีความไม่แน่นอนเกี่ยวกับปริมาณสำรองคาร์บอนจากการจัดการป่าไม้และผลกระทบของระบบนิเวศจากการแลกเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์จากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลก

ตาราง 2.5.1 ปริมาณคาร์บอนสำรองทั่วโลกภายใต้สนธิสัญญา คาร์บอนไดออกไซด์ไหลจากบรรยากาศที่ถูกกักเก็บไว้ (ตัวอย่าง คาร์บอนไดออกไซด์ซิงค์) มีเครื่องหมายเป็นลบ ตัวเลขในวงเล็บเป็นค่าช่วง หน่วย กิกะตันคาร์บอนต่อปี ไม่มีข้อมูลเพียงพอที่จะวินิจฉัยได้

	1980s	1990s	2000-2005
Atmospheric increase	3.3±0.1	3.2±0.1	4.1±0.1
Emissions (fossil fuel + cement)	5.4±0.3	6.4±0.3	7.0±0.3
Ocean-atmosphere flux	-1.8±0.8	2.2±0.4	-2.2±0.4
Land use change flux	1.3 (0.3 to 2.8)	1.6 (0.5 to 2.8)	NA
Residual land sink	-1.6 (-4.0 to 0.3)	-2.6 (-4.3 to -1.0)	NA

### 2.5.2 วัฏจักรคาร์บอนในระบบนิเวศป่า

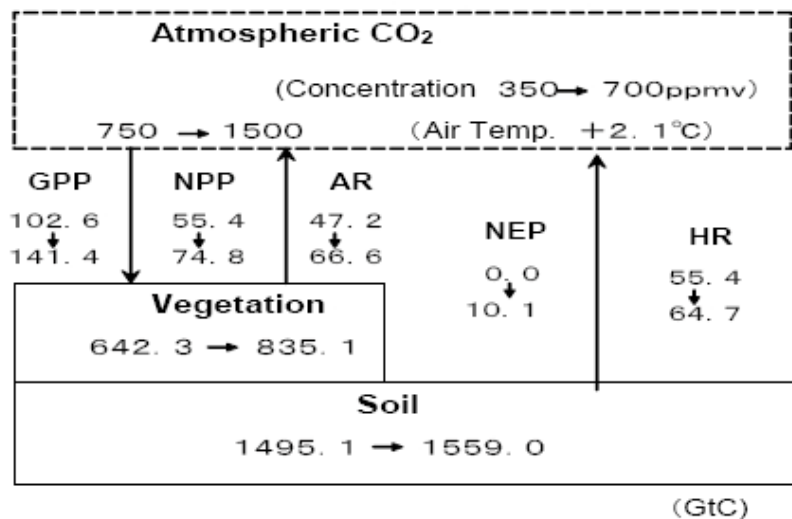
ปริมาณของคาร์บอนในระบบนิเวศป่าทั่วโลกเท่ากับ 330 กิกะตันคาร์บอน ในสารชีวมวลป่าไม้ และ 780 กิกะตันคาร์บอนในดิน Dixon et al., 1994 นอกจากนี้ปริมาณการใช้สุทธิในระบบนิเวศป่าถูกกำหนดโดยการสังเคราะห์ด้วยแสงและการหายใจซึ่งถูกควบคุมโดยลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาและการทำงานของอวัยวะของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศป่าไม้ป่าและต้นไม้เล็กๆที่อาศัยอยู่เป็นชั้นของพืชได้คาโนปีของต้นไม้ใหญ่ เช่น ไคเลน มอส สมุนไพร หญ้า ต้นไม้พุ่ม ปริมาณของคาร์บอนที่ถูกกักเก็บสะสมในระบบนิเวศป่า เช่น พืชที่อยู่บนดิน ใต้ดิน ซากไม้ และสารอินทรีย์ในดิน ป่าไม้และดินนั้นเต็มไปด้วยแหล่งกักเก็บสารอินทรีย์ขนาดใหญ่ของโลก และสารอินทรีย์ในดินนั้นมีอนุภาพในการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์โดยการเพิ่มการหายใจของดิน และการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศให้สูงขึ้นในอนาคต ลำต้นของพืชนั้นมีประโยชน์สำหรับทำซุงและเป็นฟืนกักเก็บไว้เป็นระยะเวลาที่ยาวนาน การเจริญเติบโตของพืชนั้นถูกกระตุ้นจากการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ และการทับถมของธาตุอาหาร (ผลจากกระบวนการหมัก) อย่างไรก็ตามในขอบเขตของการศึกษา ผลของกระบวนการหมักนั้นยังไม่ชัดเจนนักสำหรับระบบนิเวศของป่าไม้

### 2.5.3 โมเดลของวัฏจักรคาร์บอน

สำหรับการจัดการที่เหมาะสมของปริมาณสำรองคาร์บอนในอนาคต โมเดลของระบบนิเวศภาคพื้นดินนั้นจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการดูแลระบบนิเวศและการประเมินปริมาณคาร์บอนสำรอง เพื่อที่จะทำนายผลโดยอ้างอิงจากข้อมูลการสังเกตการณ์ภาคพื้นดินในส่วนของพิกัดตำแหน่งของโลก การที่ได้มาซึ่งข้อมูลการศึกษาเป็นจำนวนมากจำเป็นที่จะต้องพัฒนาดาวเทียมที่มีระบบตรวจจับสิ่งต่างๆและเก็บเป็นข้อมูลทางสถิติได้จากระบบทางไกล การใช้โมเดลภาคพื้นดินและโมเดลวัฏจักรคาร์บอนในระบบนิเวศภาคพื้นดิน เราสามารถทำนายความผันผวนในสมดุลคาร์บอนที่เกิดจากกิจกรรมของ

มนุษย์ เช่น การจัดการคาร์บอนทั่วโลก และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต นอกจากนี้เรายังสามารถประเมินศักยภาพของการจัดการคาร์บอนได้อีกด้วย

จาก โออิกาวาและอิโตะ โมเดลของวัฏจักรคาร์บอนที่ถูกใช้ หรือวัฏจักร Sim ได้ถูกพัฒนาให้สมบูรณ์จากข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ในหลายพื้นที่ การเปลี่ยนแปลงสมดุลของคาร์บอนและปริมาณที่ถูกกักเก็บจากปัจจุบันจนถึงอนาคต (หลังจาก 70 ปีที่ผ่านมา ที่ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ และอุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นประมาณ 1 ถึง 2 องศาเซลเซียสเป็นปรากฏการณ์สองครั้ง) ได้ถูกประเมินโดยใช้โมเดลวัฏจักร SIM ดังที่แสดงในรูป 2.5.1 (T. oikawa, 2002) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินและในพืชของระบบนิเวศภาคพื้นดินเพิ่มขึ้นจาก 642.3 1495.1 กิกะตันคาร์บอน ในปัจจุบันเป็น 835.1, 1559.0 กิกะตันคาร์บอนในอนาคตตามลำดับ



รูป 2.5.1 การเปลี่ยนแปลงสมดุลของคาร์บอนและปริมาณคาร์บอนที่ถูกกักเก็บจากปัจจุบันจนถึงอนาคต (หลังจาก 70 ปีที่ผ่านมา ที่ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ และอุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นประมาณ 1 ถึง 2 องศาเซลเซียสเป็นปรากฏการณ์สองครั้ง)

### ข้อมูลเพิ่มเติม

Dixon, Rk, Brown, s.A., Trexler, M.C and Wisniewski, J., Carbon pools and flux of global forest ecosystems. Science 263, 185-190 (1994)

IPCC Fourth Assessment Report, 2007: A report of the Intergovernment Panel on Climate change.

Oikawa, T. Land ecosystem response to global warming (in Japanese), Suuri-Kagaku, 2002, No. 40, 78-83.



## 2.6 ไม้ชีวมวล

### 2.6.1 ชนิดของไม้ชีวมวลและคุณลักษณะ

อุตสาหกรรมป่าไม้นั้นผลิตไม้ชีวมวลทางอ้อม เช่น ผลพลอยได้เช่น เศษซุงและผลิตภัณฑ์หลักจากต้นไม้และป่าที่ถูกปลูกนั้นโดยปกติต้องถูกตัดเพื่อจำกัดพื้นที่ป่า ไม้ที่ถูกตัดนั้นสามารถนำไปทำเป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานชีวมวลได้ เนื่องจากไม่มีคุณค่าทางธุรกิจและถูกทิ้งไว้ รอบในการตัดในอาณาเขตบริเวณซีกโลกรื้อนกับแบบทั่วโลก ประมาณ 50 ถึง 100 ปี และเศษไม้ขนาด 0.36 ตารางเมตร แบนลันซ์ และ 0.22 ตารางเมตร ต่อไม้ที่ถูกทิ้งไว้หลังจากการผลิตซุงขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร เศษไม้เหล่านี้ถูกใช้เป็นแหล่งพลังงานชีวมวลในหลายประเทศ

เชื้อเพลิงไม้มีประมาณ 53 % ของไม้ทั้งหมดที่ถูกผลิตในโลก แต่อย่างไรก็ตาม มีไม่กี่เปอร์เซ็นต์เท่านั้นในประเทศอุตสาหกรรมในปัจจุบัน และในประเทศอุตสาหกรรมหนักใช้จนกระทั่งปี 1960 ในประเทศญี่ปุ่น ป่าไม้แข็งตั้งอยู่ในเขตชุมชนชนบทใช้เพื่อเป็นแหล่งที่มาสำคัญของเชื้อเพลิงไม้และถ่านไม้ ปัจจุบันป่าไม้แข็งยังไม่ถูกใช้เป็นแหล่งผลิตไม้ เนื่องจากไม้ซุงแข็งนั้นมีราคาสูงกว่าไม้อ่อน แม้ว่าป่าไม้แข็งยังไม่มีความสำคัญทางอุตสาหกรรมในปัจจุบัน แต่ว่ามีศักยภาพสูงในการเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนเพื่อลดสภาวะโลกร้อน นอกจากนี้ สายพันธุ์ที่เติบโตเร็วเช่น วิลโลว์(ซาลิก) ป๊อปลาร์ (ป๊อปปูลัส) และเบิร์ช (เรทูล่า) ถูกปลูกเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานชีวมวล

### 2.6.2 อัตราการเจริญเติบโต

เพื่อที่จะลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งไม่ได้เป็นทรัพยากรหมุนเวียนได้มีการหันมาใช้ไม้ชีวมวลเพื่อผลิตเป็นพลังงาน แม้ว่าไม้ชีวมวลจะปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศเมื่อถูกเผาไหม้เพื่อผลิตพลังงาน แต่ต้นไม้ที่ปลูกทดแทนจะดูดซับคาร์บอนเหล่านั้นในปริมาณเดียวกับที่ปล่อยออกมาจากการเผาไหม้ในระบบเวศป่าโดยการสังเคราะห์ด้วยแสงซึ่งเป็นส่วนสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตของชนิดของต้นไม้ อัตราการเจริญเติบโตนั้นขึ้นกับสายพันธุ์เช่น ยูคาลิปตัส ป๊อปลาร์และกระถินเทพา (*Acacia mangium*) ในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จะดูดตั้งแต่ 5 -15 ตันคาร์บอนต่อเฮกเตอร์ต่อปี สนญี่ปุ่น (*Cryptomeria japonica*) หนึ่งในตัวแทนของสายพันธุ์พืชในญี่ปุ่น จะดูดตั้งแต่ 2-3.5 ตันคาร์บอนต่อเฮกเตอร์ต่อปี

อัตราการเจริญเติบโตของป่าชีวมวลนั้นมีอัตราสูงในระยะแรกและตกลงเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ ตาราง 2.6.1 แสดงจำนวนที่เพิ่มขึ้นต่อปีของป่าไม้เหล่านี้ ซึ่งถ้าสังเกตปริมาณโดยไม่สนใจคุณภาพ จะเห็นได้ว่าการเลือกการตัดหมุนเวียนในช่วงที่มีจำนวนการเพิ่มสูงที่สุดจะมีอายุน้อยกว่าต้นไม้ปกติที่ตัดไปทำซุงในช่วงเก็บเกี่ยวหมุนเวียนนั้นสมควรกว่า

ตาราง 2.6.1 คาร์บอนชีวมวลที่ถูกสะสมป่าที่ถูกปลูกโดยมนุษย์

อายุ	น้ำหนักชีวมวล (ตันต่อเฮกเตอร์)
10	13.5
20	59.2
30	105.8
40	145.9
50	172.0
60	189.5
70	198.0
80	203.0
90	206.5
100	208.6

ตาราง 2.6.2 คาร์บอนชีวมวลที่สะสมในป่าไม้แข็ง

อายุ	น้ำหนักชีวมวล (ตันต่อเฮกเตอร์)	จำนวนที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย (ตันต่อเฮกเตอร์)
10	18.3	1.8
20	41.6	2.1
30	59.9	2.0
40	74.0	1.9
50	85.2	1.7
60	93.7	1.6
70	100.0	1.4
80	104.9	1.3
90	109.2	1.2
100	112.0	1.2

### 2.6.3 แหล่งไม้ชีวมวล

จากสถิติของ FAO จำนวนพื้นที่ป่าไม้เท่ากับ 4 พันล้านเฮกเตอร์ โดยเฉลี่ย 0.62 เฮกเตอร์ต่อคาพิตา พื้นที่ป่าไม้ซึ่งคิดเป็นหนึ่งในสามของที่ดินทั่วโลก แต่อย่างไรก็ตามการตัดไม้ทำลายป่าเป็นปัญหาสำคัญ และทุกๆปี 13 ล้านเฮกเตอร์ของป่าได้ถูกทำลาย ในทางตรงกันข้าม จีนและอินเดียมีการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นทุกปี โดยพื้นที่ป่าที่สูญเสีย ในช่วงปี 2000-2005 ประมาณ 7.3 ล้านเฮกเตอร์ต่อปี หนึ่งป่าไม้ที่เสื่อมสภาพมีประมาณ 1.6 พันล้านเฮกเตอร์ ดังนั้นการฟื้นฟูสภาพป่านั้น

สำคัญอย่างมากต่อสภาพสิ่งแวดล้อมของโลกและเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน ถ้าไม้ชีวมวลถูกจำกัดแค่เสถียรชีวมวล 350 ล้านตันของสารชีวมวลแห่งในระบบนิเวศในป่าของโลก หนึ่งในสามของไม้แห่งนั้นอยู่ในแอฟริกาใต้

พื้นที่ปลูกป่ามีประมาณ 140 ล้านเฮกเตอร์และถูกขยายทุกปีประมาณ 2.8 ล้านเฮกเตอร์ในช่วงปี 2000-2005 พื้นที่ปลูกป่านั้นประกอบไปด้วยสายพันธุ์ดังต่อไปนี้ ยูคาลิปตัส แกรนดิสซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโต เท่ากับ 15-50 ตารางเมตรต่อปี อคาเซีย เมินซี 14-25 ตารางเมตรต่อปี ไพนัส ราเคียต 12-35 ตารางเมตรต่อปี และ ไพนัสคาร์เรีย 20-50 ตารางเมตรต่อปี อัตราการเจริญเติบโตนี้เป็นสามเท่าของอัตราการเจริญเติบโตของพืชสายพันธุ์ในญี่ปุ่นที่ใช้ในการปลูกป่า พื้นที่ปลูกป่าในเขตร้อนนั้นมีศักยภาพอย่างมากที่จะผลิตไม้ชีวมวลในต้นทุนต่ำและมีช่วงหมุนเวียนสั้น แม้ว่าพื้นที่ปลูกป่าขนาดใหญ่จะได้รับ การวิพากษ์วิจารณ์ เนื่องจากมีความหลากหลายทางชีวภาพต่ำ พื้นที่ปลูกป่านั้นสามารถใช้ผลิตขงควบคู่ไปกับการใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ ถ้ามีการบริหารจัดการภายใต้แนวคิดของการบริหารจัดการป่าที่ยั่งยืน ต้องอาศัยผู้มีอำนาจในการจัดการ เพื่อดูแลไม้ใหม่แก่พื้นที่ปลูกป่าแต่ยังต้องดูแลป่าธรรมชาติที่มีสายพันธุ์ที่เกิดจากธรรมชาติอีกด้วย

### ข้อมูลเพิ่มเติม

FAO Global Forest Resources Assessment 2005, FAO, 2006

FAO, Forest Resources Assessment 1990, 7, FAO, 1995

## 2.7 เฮอร์บาเซียชีวมวล (Herbaceous biomass)

### 2.7.1 ความหมายของเฮอร์บาชีวมวล

เฮอร์บาเซียชีวมวลได้แก่ หญ้า และพืชตระกูลถั่วที่เจริญเติบโตในทุ่งหญ้า รวมถึงพืชสายพันธุ์ที่ถูกใช้เป็นอาหารสัตว์คุณภาพสูง พืชอาหาร เช่น ข้าว ข้าวสาลี ข้าวโพด และอ้อย เป็นแหล่งผลิตเฮอร์บาชีวมวลผลพลอยได้และส่วนที่เหลือ เช่น ฟางข้าว ถูกจัดเป็นเฮอร์บาเซียชีวมวล อย่างไรก็ตาม ประโยชน์ของเฮอร์บาเซียชีวมวลขึ้นกับคุณภาพ ไม้ (Phyllostachys spp.) และไม้ไผ่ (Sasa spp.) ถูกจัดเป็นสายพันธุ์ชีวมวลประเภทไม้ค้ำหลัก หญ้าเขตร้อนโตเร็วกว่า ต้นไม้และให้ผลผลิตชีวมวลในระยะเวลาอันสั้น หญ้า ธัญพืช ต้น ไม้ยืนต้น พืชที่ใช้เลี้ยงสัตว์ถูกจัดเป็นสายพันธุ์แอนวล คือ เกิดมา เติบโต สืบพันธุ์และก็จะตายไปภายในปี พืชตระกูลถั่ว ประกอบด้วย พืชคล้ายถั่ว และพืชเดี่ยวถูกจัดเป็นเฮอร์บาเซียชีวมวล สิ่งสำคัญของพืชตระกูลถั่ว คือความสามารถในการตรึงไนโตรเจนเพื่อการเอื้อประโยชน์ซึ่งกันกับแบคทีเรียไรโซเดียมที่อาศัยในปมราก ดังนั้นจึงเป็นความจำเป็นในเชิงเศรษฐกิจที่ตลาดการป้อนเคมีในโตรเจนที่จะเป็นองค์ประกอบในกระบวนการผลิตสารชีวมวล การปลูกพืชหมุนเวียนในสายพันธุ์ผสมระหว่างพืชอาหารสัตว์และพืชตระกูลถั่วในพื้นที่เพาะปลูกที่ผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ จะช่วยลดการใช้ปุ๋ยในโตรเจน ในการผลิตสารชีวมวล โดยพืชตระกูลถั่วสำหรับ แอลแฟลฟา (Medicago sativa) ประมาณ 8-17 ตันต่อเฮกเตอร์ต่อปี ในจังหวัดไอชิ และพืชตระกูลถั่วเขตร้อนในเกาะอิชิกากิซึ่งเป็นระดับการผลิตที่ต่ำกว่าหญ้าเขตร้อน

### 2.7.2 พืช $C_3$ และ $C_4$

อัตราการเจริญเติบโตของพืชนี้ถูกกำหนดโดยความสามารถในการสังเคราะห์แสงและปัจจัยสิ่งแวดล้อม หญ้า นั้นถูกจัดเข้าในหมวดพืช  $C_3$  และ  $C_4$  ซึ่งพิจารณาจากเส้นทางกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องสังเกตความ

แตกต่างระหว่างโครงสร้างใบและบันเดิลชีท (Bundle Sheath) ระหว่างหญ้า C<sub>3</sub> และ C<sub>4</sub> โดยทั่วไปความเข้มข้นของแสงนั้นสำหรับ พืช C<sub>4</sub> เท่ากับ 50,000-60,000 ลักซ์ และเป็น 2 เท่าของพืช C<sub>3</sub> (15,000-30,000) ประสิทธิภาพสูงสุดของการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C<sub>4</sub> โดยทั่วไปจะเกิดที่อุณหภูมิสูงและความเข้มข้นแสงสูงซึ่งเป็นคุณลักษณะของเขตร้อน อย่างไรก็ตามพืช C<sub>4</sub> ไม่สามารถรักษาประสิทธิภาพของการสังเคราะห์ด้วยแสงภายใต้ความเข้มข้นแสงต่ำและอุณหภูมิต่ำ ตาราง 2.7.1 แสดงสถิติของหญ้าเนเปียร์มีผลผลิตเท่ากับ 85 ตันต่อเฮกเตอร์ต่อปี และอ้อยมีผลผลิตเท่ากับ 64 ตันต่อเฮกเตอร์ต่อปี ซึ่งเท่ากับ 232 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ต่อปี และ 176 ตันต่อเฮกเตอร์ต่อปี ตามลำดับ อ้อยมีผลผลิตและหญ้ากุญเญีใกล้เคียงเขตร้อนเท่ากับ 50 ตันต่อเฮกเตอร์ (140 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ต่อวัน) และหญ้าเขตร้อนมีผลผลิตเท่ากับ 25-30 ตันต่อเฮกเตอร์ (50-80 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ต่อวัน) โดยทั่วไปหญ้าเลี้ยงสัตว์มีอัตราเจริญเติบโตสูงหลังจากถูกเกี่ยวและใช้สำหรับปริมาณการป้อนเข้าที่ต่ำและการผลิตสารชีวมวลที่ยั่งยืน ตัวอย่างเช่น นัตสียูทอะหญ้ากุญเญีมีผลผลิต 40 ตันต่อเฮกเตอร์ (ซึ่งทั้งหมดเป็นน้ำหนักแห้งจากรายงาน) ภายในระยะเวลาเจ็ดปีโดยเฉลี่ยบนเกาะอิซิกากิใกล้เขตร้อนในโอกินาวา อาณาเขตรหว่างซีกโลกร้อนกับขั้วโลก หญ้าเขตร้อนที่สามารถทนต่อความหนาวได้ เช่น หญ้าเบอร์มิวด้าและหญ้าบาเบียมีผลผลิตเท่ากับ 20-30 ตันต่อเฮกเตอร์ต่อปี (50-80 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ต่อปี)แต่มีการหยุดการเจริญเติบโตในหน้าหนาว ในทางกลับกัน หญ้าในอาณาเขตรหว่างซีกโลกร้อนกับขั้วโลก มีผลผลิตเท่ากับ 15-26 ตันต่อเฮกเตอร์ต่อปี (40-70 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ต่อปี) แต่หยุดการเจริญเติบโตในหน้าร้อน ข้อดีจากการใช้หญ้า C<sub>3</sub> และ C<sub>4</sub> ในการผลิตสารชีวมวลอายุยืนคือ อาศัยการบำรุงรักษาน้อยและมีความทนทานในการผลิตสารชีวมวลเป็นระยะเวลา 5-10 ปีโดยให้ปริมาณผลผลิตคงที่

ตาราง 2.7.1 สารชีวมวลจากหญ้าเลี้ยงสัตว์อายุยืน

สายพันธุ์	ผลิตผลน้ำหนักแห้ง (ตันต่อเฮกเตอร์ต่อปี)	น้ำหนักแห้งต่อวัน (กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์)	บริเวณ
<b>C4</b>			
หญ้า napier	84.7	232.1	เปอร์โตริโก
หญ้า guinea	51.1	140.0	อิซิกากิ ญี่ปุ่น
อ้อย	49.5	135.6	โอกินาวา ญี่ปุ่น
<b>C3</b>			
หญ้า perennail			
rye	26.6	72.8	นิวซีแลนด์
หญ้า orchard	22.0	60.3	นิวซีแลนด์
หญ้า tall fescue	15.0	41.1	กุมมาโมโต ญี่ปุ่น
หญ้า timothy	15.0	41.1	ฮอกไกโด ญี่ปุ่น

ตาราง 2.7.2 สารชีวมวลจากพืชประเภทหญ้าที่มีชีวิตภายในหนึ่งปี

สายพันธุ์	ผลิตผล	จำนวนวัน		บริเวณ
	น้ำหนักแห้ง (ตันต่อเฮกเตอร์)	ทั้งหมด	น้ำหนักแห้งต่อวัน (กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์)	
<b>C4</b>				
ข้าวฟ่าง	46.6	210	221.9	แคลิฟอร์เนีย
ข้าวฟ่าง (green A)	28.8	190	151.6	นากาโน ญี่ปุ่น
ข้าวโพด	34.0	140	245.7	อิตาลี
ข้าวโพด	27.2	104	261.5	โอฮิตะ ญี่ปุ่น
<b>C3</b>				
ข้าว (Akihikari)	19.2	134	221.9	อิวาเตะ ญี่ปุ่น
ข้าวสาลี	14.3	219	65.3	อิบารากิ ญี่ปุ่น
ข้าวโอ๊ต	16.4	193	85.0	เซียวโกะ ญี่ปุ่น
ข้าวไรย์	15.6	195	85.0	โทจิกิ ญี่ปุ่น
หญ้า annual rye	14.8	230	4.3	ชูโกกุ ญี่ปุ่น

พืช C<sub>4</sub> ที่มีชีวิตภายในหนึ่งปีเช่น ข้าวโพด มีความแข็งแรงของดินอ่อนที่เหนือกว่าโดยการงอกในช่วงตั้งแต่ 13-349 ตันต่อเฮกเตอร์ไปจนถึง 132-260กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ต่อวัน ในระยะเวลาห้าเดือน ค่าผลผลิตนี้เปรียบเทียบกับได้กับการปลูกหญ้าเนเปียร์อายุยืน ข้อมูลเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าผลผลิตที่สูงในเขตร้อนนั้นเกิดในช่วงหน้าร้อนของอาณาเขตระหว่างซีกโลกร่อนกับขั้วโลกโดยใช้พืช C<sub>4</sub> แม้ว่า ข้าวโพดจะถูกจัดเป็นพืช C<sub>3</sub> ซึ่งมีอนุภาพในการแข่งขันกับพืช C<sub>4</sub> และผลิตปริมาณสารชีวมวลจำนวนมากในอาณาเขตระหว่างซีกโลกร่อนกับขั้วโลก แต่อย่างไรก็ตามในฤดูหนาว รัญพืช เช่น ข้าวสาลี พืชอาหารสัตว์ที่อายุปีเดียวจะมีอัตราผลผลิตต่อวันต่ำ แต่สามารถเก็บเกี่ยวได้ในช่วงฤดูหนาว

### 2.7.3 การผลิตขั้นปฐมภูมิและปริมาณของเฮอบาร์เซียสชีวมวลที่มีอยู่

สารชีวมวลที่มีอยู่ในเขตสะวันนามีปริมาณน้อยกว่าป่าฝนเขตร้อน การผลิตขั้นปฐมภูมิของเขตสะวันนาซึ่งเต็มไปด้วยไรโซสเฟียร์มาก และหญ้าที่โตอย่างรวดเร็วสำหรับใช้เลี้ยงสัตว์ นั้นคล้ายกับป่าฝนเขตร้อน ซึ่งมีไรโซสเฟียร์ที่หนาและคุณภาพต่ำ สะวันนานั้นช่วยในการลดคาร์บอนไดออกไซด์อย่างมากเมื่อเทียบกับป่าฝนเขตร้อน<sup>1</sup> การพัฒนาเทคนิคของการหมักและแก๊สซิฟิเคชันโดยใช้เฮอบาร์เซียสชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพนั้นน่าสนใจมาก การผลิตผลพลอยได้ต่อปีของเฮอบาร์เซียสชีวมวลนั้นมีปริมาณ 18.95 ล้านตัน จากฟางข้าวและแกลบ 1.90 ล้านตันจากบาร์เลย์และข้าวสาลี และ 0.5 ล้านตันจากถั่ว ยิ่งไปกว่านั้น การประมาณการผลิตอาหารสัตว์ในอัตรา 40 ตันต่อเฮกเตอร์ในทุ่งที่ถูกละทิ้งซึ่งมีอาณาเขตถึง 560,000 เฮกเตอร์ อัตราการผลิต 40 ตันต่อเฮกเตอร์ในนาข้าวมีอาณาเขตถึง 79,000 เฮกเตอร์ อัตราการผลิต 5-20 ตันต่อเฮกเตอร์ในที่ดินว่างเปล่ามีปริมาณถึง 32.08 ล้านตัน ดังนั้นเฮอบาร์เซียสชีวมวลทั้งหมดที่พร้อมใช้มีปริมาณอย่างน้อยเท่ากับ 53.43 ล้านตันต่อปีในประเทศญี่ปุ่น แต่บางส่วนของมันได้ถูกใช้สำหรับเป็นอาหารของโคกระบือในปัจจุบัน

## 2.7.4 หญ้าสวิตช์

### (ก) หญ้าสวิตช์คืออะไร

หญ้าสวิตช์ (*Panicum Virgatum L.*) หญ้าอายุยืนในเขตร้อนที่กำเนิดในอะเมริกาเหนือ ชาวพื้นเมืองเห็นและเรียกทุ่งหญ้าสวิตช์ว่า มหาสมุทรหญ้า หญ้าสวิตช์สูงประมาณ 90-150 เซนติเมตร ใบเรียวยาว 15-45 เซนติเมตร กว้าง 0.6-1.3 เซนติเมตร และมีรากสั้น หญ้าสวิตช์ปรับตัวเข้ากับดินเปียกที่อุดมสมบูรณ์และยังทนต่อความแห้งแล้งและน้ำท่วมขัง สารแห้งให้ผลผลิตต่อปีประมาณ 15 ตันต่อเฮกเตอร์ (บางข้อมูล เกือบ 30 ตันต่อเฮกเตอร์) และเหมือนกับพืชใช้เลี้ยงสัตว์ สารอาหารจะลดลงหลังจากออกดอก ผลผลิตของเมล็ดประมาณ 230 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ที่มีการหว่านเมล็ดกระจาย และประมาณ 690 ตันต่อเฮกเตอร์ จากการเรียงแถวหว่านเมล็ด โดย 1,000 เมล็ดมีน้ำหนักอยู่ในช่วงประมาณ 1.07-1.22 กรัม

### (ข) ประโยชน์ของการใช้หญ้าสวิตช์เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ

ในประเทศสหรัฐอเมริกา หญ้าสวิตช์นั้นถูกใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอเอทานอลผ่านการหมักเซลล์ลิกูโลซิก สารแห้งมีผลผลิตคล้ายคลึงหรือต่ำกว่าพืชเลี้ยงสัตว์ในเขตร้อน ดังนั้นจึงไม่นำหญ้าสวิตช์มาใช้ผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพในประเทศญี่ปุ่น ตัวอย่าง หญ้าแห้ง ประมาณ 16 ตันต่อเฮกเตอร์ถูกเก็บเกี่ยวและ 1 ตันของหญ้าแห้งสามารถผลิตเป็น เอทานอลประมาณ 300 ลิตร โดยอ้างอิงจากราคาวัตถุดิบ ต้นทุนในการผลิตเอทานอล 1 แกลลอน จากหญ้าสวิตช์ประมาณ 0.51-0.89 ดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งถูกกว่า 0.7-1.21 ดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งผลิตจากข้าวโพด จากรายงานนี้ พบว่าศักยภาพในการเปลี่ยนแปลงจาก 33 ล้านเฮกเตอร์ของทุ่งหญ้าซึ่งประกอบด้วยดินคือคุณภาพและใช้ผลิตหญ้าแห้งสำหรับเป็นอาหารของม้า เป็นข้าวโพดที่ทำให้ดินถูกกัดกร่อนอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามถ้าหญ้าสวิตช์ถูกหว่านเมล็ดในบริเวณนี้ จะผลิตหญ้าแห้งได้ 520 ล้านตัน และลดการกัดกร่อนของดินซึ่งเกิดจากข้าวโพด ซึ่งสำคัญมากในสหรัฐอเมริกา ซึ่งจะช่วยรักษาทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ที่มีขนาดใหญ่และจัดตั้งระบบการเพาะปลูกของหญ้าเลี้ยงสัตว์เช่น หญ้าสวิตช์ เพื่อใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ เมื่อทุ่งหญ้าสวิตช์ถูกก่อตั้ง ปริมาณสารนำเข้าน้อย ระบบการเพาะปลูกที่ยั่งยืนสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจะเกิดขึ้นได้ ซึ่งระบบนี้คล้ายคลึงกับระบบในญี่ปุ่นซึ่งใช้ มิสแคนทัส (*Miscanthus*) ในจุดประสงค์ที่คล้ายคลึงกัน หนึ่งในข้อเสียของสายพันธุ์นี้คือ การหยุดเจริญเติบโตชั่วคราวของเมล็ด ต้นอ่อนจะแตกหน่อและใช้เวลามากกว่า 1 ปี ที่จะเจริญเติบโตเต็มที่

### (ค) หญ้าสวิตช์ที่เกิดจากมนุษย์นำมาเพาะ

หญ้าสวิตช์ที่ถูกพัฒนาในสหรัฐอเมริกา ชนิดดังต่อไปนี้

#### (1) อลามโม่ (*Alamo*)

หน่วยงานรักษาคุณภาพของดิน (SCS) และ สถาบันทดลองการเกษตรเท็กซัส (AES) ได้พัฒนาสายพันธุ์นี้จากคอลเลกชันในเท็กซัสและได้ปล่อยสู่ชุมชนในปี 1978 เป็น ชนิดที่คืนค่า ออกดอก 1-2 หลังจาก แบล็คเวล และสูงกว่าและใบกว้างกว่า และทนน้ำเกลือได้ปานกลางและมีผลผลิตสูง นั้นเจริญเติบโตได้ดีในดินขนาด 63 มิลลิเมตร ในพื้นที่จากไอโอวาถึงฟลอริดา

(2) แบล็กเวล (Blackwell)

หน่วยงานรักษาคุณภาพของดิน (SCS) ในแคนซัสได้พัฒนาสายพันธุ์นี้จากพืชเดี่ยวที่เก็บในแบล็กเวล โอเค และได้ถูกปล่อยสู่ชุมชนในปี 1944 เป็น ชนิดที่ดินสูง มีความสูงปานกลาง มีลำต้นใหญ่ ต้นกล้าแข็งแรง ผลผลิตเป็นอาหารสัตว์สูง และโตในดินขนาด 500มิลลิเมตรในแคนซัส โอกาโฮมา ตอนใต้ของเนบรัสกา และตอนเหนือของเท็กซัส

(3) เคาฟอินเดอะร็อก (Cave in the rock)

หน่วยงานรักษาคุณภาพของดิน (SCS) และ สถาบันทดลองการเกษตร (AES) ของมิสซิสซิปปี ได้พัฒนาสายพันธุ์นี้จากคอลเลกชันเคฟอินเดอะร็อก ไฮส์ และถูกปล่อยออกสู่ชุมชนในปี 1973 เป็นชนิดที่ดินต่ำ ซึ่งมีต้นอ่อนแข็งแรง ต้านทานโรค ทนต่อความแห้งแล้งและน้ำท่วมขัง เจริญเติบโตได้ดีในโอโอว่า แคนซัส และมิสซิสซิปปี

(4) ดาโกต้า (Dakota)

หน่วยงานรักษาคุณภาพของดิน (SCS) และ สถาบันทดลองวิจัยนอร์ธเทิร์นเกรตเพลน ได้เลือกพืช 10 ชนิดจากคอลเลกชันตอนเหนือของดาโกต้า และปล่อยสู่ชุมชนในปี 1989 ออกดอกเร็วกว่า ฟอเรสเบิร์ก 27 วัน และเร็วกว่าแบล็กเวล และพาธไฟนเดอร์ 45 วัน มีความสูงต่ำกว่าและทนต่อสภาวะแล้งสูง เจริญเติบโตได้ดีในตอนเหนือของดาโกต้า มินนาโซต้า และมอนทานา

(5) ฟอเรสเบิร์ก (Forestberg)

หน่วยงานรักษาคุณภาพของดิน (SCS) และ สถาบันทดลองวิจัยนอร์ธเทิร์นเกรตเพลน ได้พัฒนาสายพันธุ์นี้จากคอลเลกชันที่ได้จาก ฟอเรสเบิร์ก เอนดี และถูกปล่อยออกสู่ชุมชนในปี 1987 ซึ่งเหนือกว่าในการทนต่อความหนาว ความสามารถในการผลิตเมล็ด และเจริญเติบโตเต็มที่เร็วกว่าสายพันธุ์อื่น การผลิตเป็นอาหารสัตว์ในละติจูดทางเหนือมากกว่า ดาโกต้า และ เนบรัสกา 28 เจริญเติบโตได้ดีในมอนทานา ดาโกต้าตอนเหนือและใต้ และมินนาโซต้า

(6) คันโลว์ (Kanlow)

สถาบันทดลองการเกษตร (AES) ของคันโลว์พัฒนาสายพันธุ์นี้จากคอลเลกชันในโอกาโฮมาและถูกปล่อยออกสู่ชุมชนในปี 1963 เป็นชนิดที่ดินต่ำ สูงและอุดมสมบูรณ์ โดยเฉพาะปรับให้เข้ากับดินต่ำที่เกิดปัญหาน้ำท่วมขัง และยังมีเจริญเติบโตได้ดีในที่ดินสูงซึ่งมีที่ดินบางหรือแห้งน้ก

(7) พาธไฟนเดอร์ (Pathfinder)

สถาบันทดลองการเกษตร (AES) ของเนบรัสกาปล่อยสายพันธุ์นี้ในฐานะ ชนิด F จากโพลีครอสและดอกผลของการทดลองจากคอลเลกชันและถูกปล่อยสู่ชุมชนในปี 1967 เป็นชนิดที่ดินสูง มีดอกช้า ทนต่อความหนาวเย็น แข็งแรง มีใบมาก และทนต่อโรคใบสนิมและความแห้งแล้ง เจริญเติบโตได้ดีในเนบรัสกาและพื้นที่ใกล้เคียง

(8) เชลเตอร์ (Shelter)

หน่วยงานรักษาคุณภาพของดิน (SCS) ในนิวเจอร์ซีย์ได้พัฒนาสายพันธุ์นี้จากคอลเลกชันในเวสต์ เวอร์จิเนีย และถูกปล่อยออกสู่ชุมชนในปี 1986 ลำต้นหนา ปลายมีใบน้อยกว่าสายพันธุ์อื่นๆกเว้นแคนโลว์ สูงกว่าและออกดอกเร็วกว่าแบล็ก

กวด แต่ ต้นกล้ามีความแข็งแรงน้อยกว่าในปีแรกของการปลูก เจริญเติบโตได้ดีในอาณาเขตกว้างขวางตั้งแต่ฮิสโทซตั้งจนถึง อาร์คันซัส ในอเมริกากลาง

(9) ไทรเอล เบร์เซอร์ (Trail Blazer)

สถาบันทดลองการเกษตร (AES) ของเนบรัสกาพัฒนาสายพันธุ์นี้จากคอลเลกชันของเนบรัสกาและแคนซัส ถูกปล่อยออกสู่ชุมชนในปี 1984 เป็นชนิดที่ดินสูง มีค่าพืชผลผลิตอาหารสัตว์สูง ดอกออกพร้อม แบล็กเคิล เจริญเติบโตได้ดีในเกรตเพลนกลางและฝั่งตะวันออก

สายพันธุ์อื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึง ได้แก่ ซันเบิร์สต์ Sunburst แกดโด Caddo ซัมเมอร์ Summer และอื่นๆอีกมากมาย

**ข้อมูลเพิ่มเติม**

Long, S.P. et al. (eds.): Primary productivity of grass ecosystems of biosphere, 1-267, Chapman & Hall (1992)

Nakagawa H. and Momonoki T.: Yield and persistence of guineagrass and rhodesgrass cultivars on subtropical Ishigaki Island, Grassland Science, Vol.46, pp.234-241 (2000)

Sakai, M., and Nakagawa H.: A new biofuel towards 21<sup>st</sup> century, The Chemical Daily Co. Ltd., (in Japanese), pp. 1-197

Burnhart, S. Management guide for the production of switchgrass for biomass fuel in Southern Iowa, <http://www.extension.iastate.edu/Publications/PM1710.pdf>,(2003)

Nakagawa, H., Forage crops in tropics, Association for International Cooperation of Agriculture and Forestry, Tokyo (in Japanese)(1998)

United States Department of Agriculture, Grass varieties in the United States, CRC Press, Boca Raton. (1995)

Vogel, P.K., Energy production from forages (or American Agriculture – back to the future), Journal of Soil and Water Conservation, Vol. 51, No.2, 137-139. (1996)

## 2.8 กลุ่มน้ำตาลและแป้ง

### 2.8.1 ขอบข่ายทั่วไปของกลุ่มน้ำตาลและแป้ง

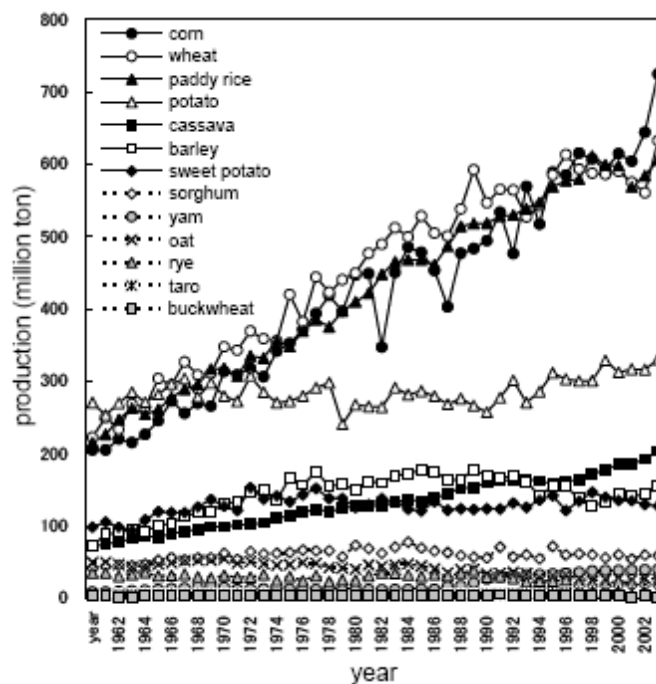
แป้งและน้ำตาลสามารถหมักเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ เช่นเอทานอล แต่แซคคาไรด์ประเภทเส้นใย เช่น เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสในของเสียเหลือทิ้งนั้นถูกไฮโดรไลซ์เพื่อนำไปหมักเป็นคาร์โบไฮเดรต เช่น กลูโคสได้ยาก

พืชประเภทแป้งชั้นปฐมภูมิ ได้แก่ ข้าว (Oryza sativa และ Oryza glaberrima) มันฝรั่ง (Solanum tuberosum L.) มันเทศ (Ipomoea batatas (L.) Lam.) ข้าวโพด (Maize, Zea mays L.) ข้าวสาลี (Triticum L.) บาร์เลย์ (Hordeum spontaneum C. Koch( บาร์เลย์ป่าชนิดสองฝัก); H. vulgare L. ( บาร์เลย์ป่าชนิดหกฝัก) H. distichum L. ( บาร์เลย์ชนิดสองฝัก) มันสำปะหลัง (มันสำปะหลังชนิดขม มันสำปะหลัง มานิสอท สวิทโปเตไต้ทรี ทาปีโอคา ทาปีโอคาแพลนท์ ยูคา; Manihot

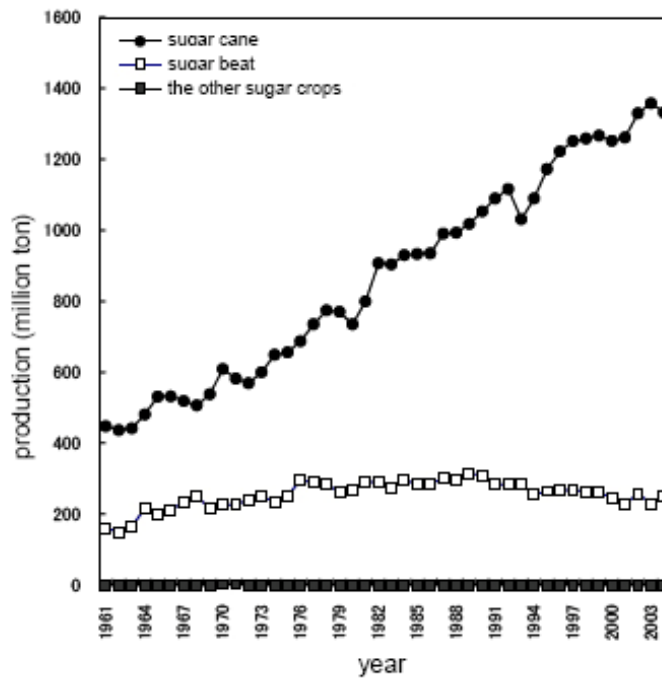


esculenta Crantz ) และสาเก (Metroxylon sagu Rottb.) พืชประเภทน้ำตาลชั้นปฐมภูมิ ได้แก่ อ้อย (Saccharum officinarum L.) และต้นบีท (Beta vulgaris var. altissima) เป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวาง

ผลผลิตของสามธัญพืชปฐมภูมิ (ข้าวโพด ข้าวสาลีและข้าว) นั้นเพิ่มถึง 725, 6.33 และ 6.06 ล้านตันตามลำดับ โดยมีทั้งหมดเท่ากับ 1693 ล้านตัน ซึ่งคิดเป็น 86% ของการผลิตธัญพืชทั้งหมดซึ่งเท่ากับ 22.74 ล้านตัน (2004) นั้นทำให้เป็นจริงได้โดยสายพันธุ์ใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะสายพันธุ์ใหม่ (รูป 2.8.1) อย่างไรก็ตามเนื่องจากข้อจำกัดของรูปแบบเทคโนโลยี การขยายพื้นที่การเพาะพันธุ์ต้องอาศัยเทคโนโลยีอันแปลกใหม่เช่น การตัดต่อทางพันธุกรรมเพื่อให้สายพันธุ์เหล่านั้นทนต่อความหนาวเย็น แห้งแล้งและแสงแดด การผลิตอ้อยนั้นสูงขึ้นถึง 1,332 ล้านตัน (2004) ในขณะที่การผลิตต้นบีทนั้นประมาณ 200 ล้านตัน (รูป 2.8.2) การผลิตพืชประเภทแป้งและน้ำตาลรวมทั้งหมดเท่ากับ 4,572 ล้านตัน (2004) ซึ่งมีโภชนาการที่บริโภคได้ 2,808 กิโลแคลอรีต่อคาปีตาต่อวัน (2003) สำหรับ ประชากรโลกจำนวน 6,307 ล้านคน อย่างไรก็ตามประมาณ 800 ล้านคนในเขตประชากรหนาแน่นเช่นเอเชียแอฟริกันนั้นยังมีผู้คนที่ยังมีสุขภาพที่ย่ำแย่ ดังนั้นจึงมีการวิพากษ์วิจารณ์ทางศีลธรรมหากนำพืชเหล่านี้ไปใช้ผลิตเป็นพลังงาน ดังนั้นเราจึงต้องเพิ่มปริมาณการผลิตอาหาร โดยเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกและเพิ่มผลผลิตด้วยเทคโนโลยีที่แปลกใหม่เช่น การตัดต่อทางพันธุกรรม พร้อมกับสนับสนุนการเพาะพืชพลังงานและพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ที่จะเปลี่ยนของเสียของพืชเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ



รูป 2.8.1 การผลิตพืชประเภทแป้งทั่วโลก

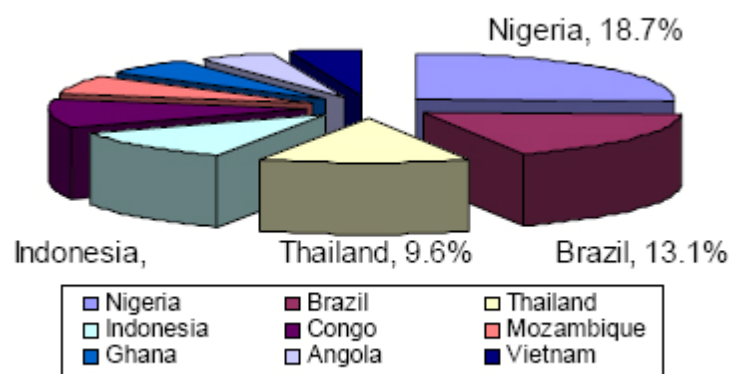


รูป 2.8.2 การผลิตพืชประเภทน้ำตาลทั่วโลก

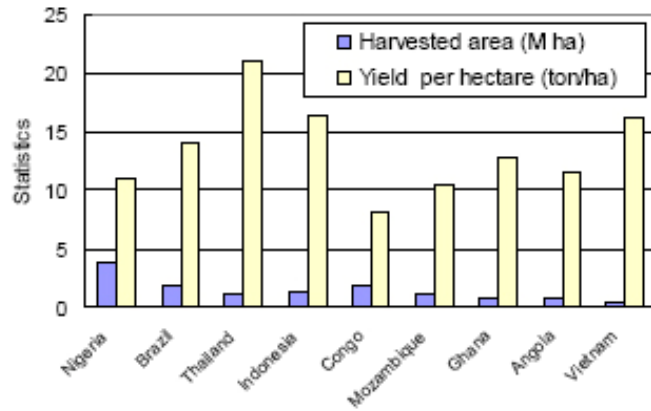
(ที่มา: FAO STAT: <http://www.faostat.fao.org/default.aspx>)

### 2.8.2 มันสำปะหลัง

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta*) เป็นไม้เตี้ยและถูกปลูกอย่างแพร่หลายในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน ในปี 2006 ผลผลิตรวมของโลกเท่ากับ 226 ล้านตันใน 18.6 เฮกเตอร์ของพื้นที่เก็บเกี่ยว ผู้ผลิตรายใหญ่ที่สุด คือ ไนจีเรีย รองลงมา บราซิล ไทย และอินโดนีเซีย (รูป 2.8.3) ค่าผลผลิตของการผลิตมันสำปะหลังในไทยสูงที่สุดประมาณ 21 ตันต่อเฮกเตอร์ เฉลี่ยพื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 1.1 ล้านเฮกเตอร์ (รูป 2.8.4)



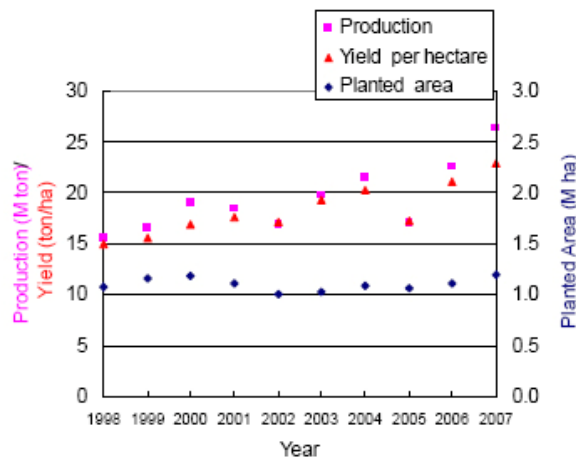
รูป 2.8.3 ประเทศผู้นำของโลกในการผลิตมันสำปะหลัง



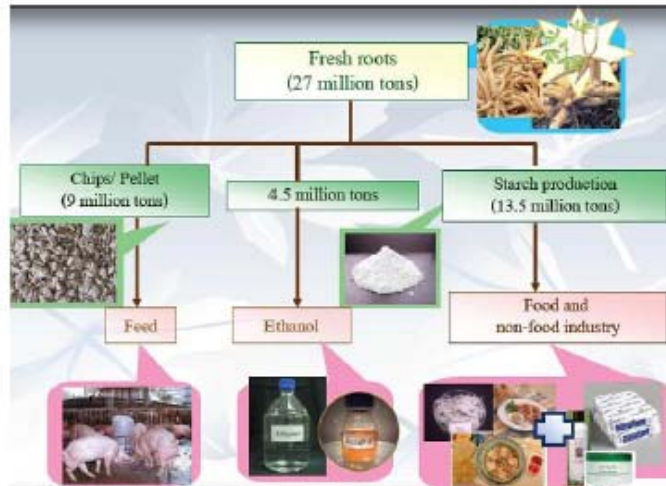
รูป 2.8.4 พื้นที่เก็บเกี่ยวและค่าผลผลิตของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังแพร่พันธุ์โดยการตัดลำต้นซึ่งถูกปลูกในดินในแนวตั้งและแนวเอียง สามารถเจริญเติบโตได้ในดินที่ไม่อุดมสมบูรณ์และทนต่อความแห้งแล้ง แป้งนั้นอนุอยู่ในหัวใต้ดินถูกเกี่ยวเก็บได้โดยมือหลังจากการปลูกเป็นเวลา 12 เดือน แต่สามารถเกี่ยวเกี่ยวได้เร็วสุดหลังจาก 8 เดือนหรือช้าสุดหลังจาก 24 เดือน แป้งนั้นสะสมในรากหรือหัวใต้ดินในไทยประมาณ 25% ในไทยค่าผลผลิตนั้นเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเนื่องจากการพัฒนาหลายๆด้าน (รูป 2.8.5) ในปัจจุบัน ระยะเวลาของ 9 ค่าผลผลิตสูงถึง 30ตันต่อเฮกเตอร์ตั้งแต่มีการเพิ่มขึ้นสูงในปี2006

รากหัวใต้ดินนั้นมีไซยาไนด์สะสมอยู่และควรถูกกำจัดโดยแช่แป้งมันสำปะหลัง มันสำปะหลังถูกใช้เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักของการบริโภคของมนุษย์ในหลายประเทศในเขตร้อน เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ และเป็นแหล่งที่มาของแป้ง การผลิตไบโอเอทานอลได้ถูกพัฒนาขึ้น การผลิตมันสำปะหลังในไทยในปี 2007 นั้นเท่ากับ 27 ล้านตันและแผนผังแสดงขั้นตอนการทำงาน (รูป 2.8.6) แสดงให้เห็นการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์มันสำปะหลังเพื่อผลิตเป็นอาหาร อาหารสัตว์และเชื้อเพลิง



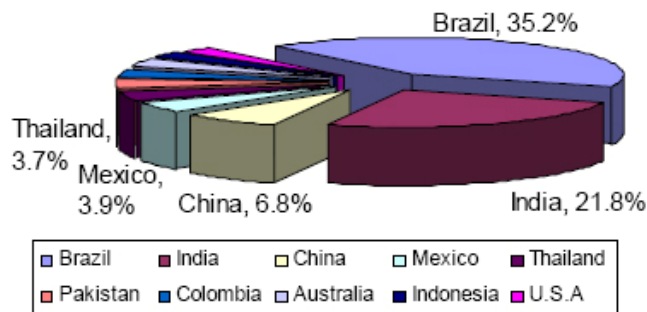
รูป 2.8.5 สถิติที่ผ่านมาในการผลิตมันสำปะหลังในไทย



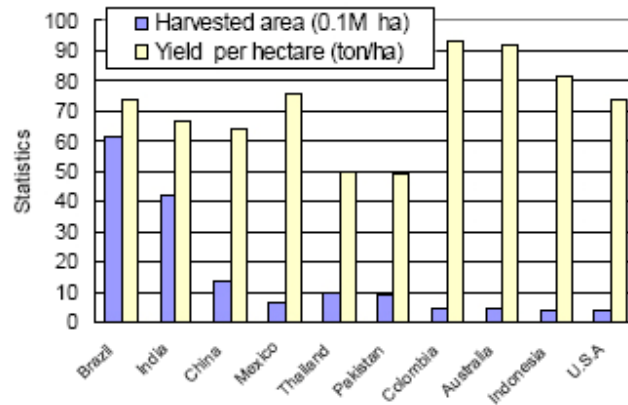
รูป 2.8.6 การใช้ประโยชน์มันสำปะหลังในไทย

### 2.8.3 อ้อย

อ้อยเป็นหญ้าที่สูงและถูกปลูกอย่างแพร่หลายในเขตร้อนและใกล้เขตร้อนเพื่อผลิตน้ำตาล อ้อยอยู่ในจีนัส Saccharum และเป็นลูกผสมของ S. officinarum. ในปี 2006 ปริมาณการผลิตอ้อยทั้งหมดเท่ากับ 1,392 ล้านตันใน 20.4 ล้านเฮกเตอร์ของพื้นที่เก็บเกี่ยว ผู้ผลิตอ้อยรายใหญ่ที่สุด คือ บราซิล รองลงมา คือ อินเดีย เม็กซิโก และไทย (รูป 2.8.7) ค่าผลผลิตของการผลิตอ้อยในไทยเท่ากับ 49.4 ตันต่อเฮกเตอร์โดยเฉลี่ยบนพื้นที่เก็บเกี่ยว 0.97 ล้านเฮกเตอร์ (รูป 2.8.8)

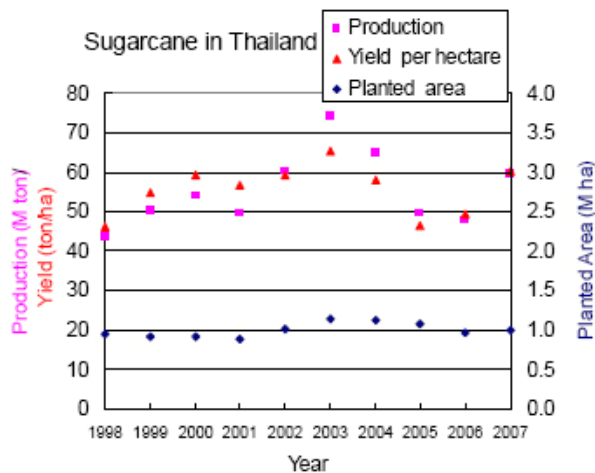


รูป 2.8.7 ผู้นำในการผลิตอ้อยของโลก



รูป 2.8.8 พื้นที่การเก็บเกี่ยวและค่าผลผลิตของอ้อย

ลำต้นที่มีต้นอ่อนนั้นจะถูกตัดไปใช้สำหรับการขยายพันธุ์ อ้อยเป็นพืช  $C_4$  ที่มีความสามารถในการสังเคราะห์ด้วยแสงสูง อุณหภูมิที่พอเหมาะในการปลูกอ้อยอยู่ระหว่าง 20 ถึง 35 องศาเซลเซียส และปริมาณน้ำฝนต่ำสุดเท่ากับ 1,200 มิลลิเมตรต่อปี ลำต้นของอ้อยถูกเก็บเกี่ยวหลังจากปลูกเป็นระยะเวลา 9-14 เดือนด้วยมือหรือด้วยเครื่องเก็บเกี่ยว เมื่ออ้อยถูกปลูกหนึ่งครั้ง สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้หลายครั้ง เนื่องจากลำต้นใหม่ซึ่งเรียกว่ารากุนจะออกมาจากโคนที่เหลือหลังการเก็บเกี่ยว ยอดของอ้อยถูกนำไปเป็นอาหารสัตว์ในบางพื้นที่ 10 ปีที่ผ่านมาการปลูกอ้อยนั้นมีผลผลิตที่ไม่แน่นอนโดยขึ้นกับสภาพอากาศของแต่ละปี (รูป 2.8.9)



รูป 2.8.9 สถิติที่ผ่านมาในการผลิตอ้อยในไทย

ผลพลอยได้จากการผลิตน้ำตาลคือ ขานอ้อย ขี้หม้อกรอง (filter cake) (น้ำอ้อยที่เหลือ) และกากน้ำตาล ประมาณ 1 ตัน ของอ้อยให้น้ำตาล 105 กิโลกรัม น้ำ 500 กิโลกรัม ขานอ้อย 280 กิโลกรัม ขี้หม้อกรอง 30 กิโลกรัม และกากน้ำตาล 55 กิโลกรัม ขานอ้อยคือเส้นใยที่เหลือจากการบีบและมักถูกป้อนเข้าสู่บอยเลอร์เพื่อผลิตไอน้ำในการผลิตน้ำตาล ทำให้การผลิตน้ำตาลนั้นมีวัถุดิบในการผลิตพลังงานที่ได้จากกระบวนการโดยตรง ขี้หม้อกรองนั้นถูกนำไปใช้เป็นปุ๋ย และผลพลอยได้ที่มีความมากที่สุด คือ กากน้ำตาลซึ่งสามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตเอทานอลหรือโมโนโวลีเทียมกลูตามาตต่อไป ครึ่งของการผลิตอ้อยในบราซิลนั้นถูกใช้เพื่อผลิตเป็นเอทานอล เอทานอลไม่ผลิตได้จากแต่กากน้ำตาลแต่ยังผลิตได้จากน้ำอ้อยอีก

ด้วย เอทานอลถูกนำไปผสมในแก๊สโซลีนเป็นแก๊สโซฮอล์เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงของยานพาหนะ ในอ้อยเป็นพืชที่คุ้มทุนและ  
ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมในการผลิตไบโอเอทานอลในปัจจุบัน

## 2.9 สารชีวมวลที่สามารถผลิตน้ำมัน

### 2.9.1 สารชีวมวลที่สามารถผลิตน้ำมันคืออะไร

สารชีวมวลที่สามารถผลิตน้ำมันคือเมล็ดและเนื้อผลที่มีไขมันและน้ำมันสะสมอยู่ องค์ประกอบหลักในไขมันและ  
น้ำมันคือไตรเอสเทอร์ของกรดไขมันและกลีเซอริน ไขมันและน้ำมันถูกใช้เป็นอาหาร วัตถุดิบทางอุตสาหกรรมและการ  
ผลิตไบโอดีเซล

ตัวอย่างของสารชีวมวลที่สามารถผลิตน้ำมัน ได้แก่

#### (ก) ถั่วเหลือง (*Glycine max* Merrill)

ผู้ผลิตรายสำคัญของโลก ได้แก่ สหรัฐอเมริกา บราซิล อาร์เจนตินา และจีน น้ำมันถั่วเหลืองนั้นประกอบด้วยกรด  
โอเลอิก (20-35%) กรดลิโนเลอิก (59-57%) และกรดลิโนเลนิก (3-8%) ถูกใช้เป็นน้ำมันที่บริโภคได้และถูกใช้เป็นวัตถุดิบ  
ในการวาดภาพสีน้ำมันและการขัดเงา

#### (ข) ผักกาดก้านขาว (*Brassica campestris* L)

ผักกาดก้านขาวถูกปลูกตั้งแต่เอเชียจนถึงยุโรป เพราะสามารถโตได้ในเขตอากาศหนาว ผู้ผลิตรายสำคัญของโลก ได้แก่ จีน  
แคนาดา อินเดีย เยอรมัน และฝรั่งเศส น้ำมันเมล็ดผักกาดก้านขาวนั้นประกอบไปด้วย กรดโอเลอิก (55-59%) กรดลิโนเลอิก  
(21-32%) และ กรดลิโนเลนิก (9-15%) ถูกใช้เป็นอาหารเช่นน้ำมันทอดและน้ำมันสลัด

#### (ค) ต้นปาล์ม (*Elaeis guineensis* Jacq)

ผู้ผลิตรายใหญ่ในโลก ได้แก่ มาเลเซียและอินโดนีเซีย ต้นปาล์มมีปริมาณน้ำมันที่สูงมากในการผลิตน้ำมันจากสาร  
ชีวมวล เนื่องจากผลปาล์มสามารถถูกเก็บเกี่ยวได้หลายครั้งในหนึ่งปี น้ำมันปาล์มได้มาจากผลปาล์มประกอบด้วยกรด  
ไขมันเช่น กรดปาล์มติก (35-38%) และกรดสเตียริก (3-7%) ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตผงซักฟอก

### 2.9.2 วิธีการผลิตไขมันและน้ำมัน

สำหรับการแยกไขมันและน้ำมันออกจากเมล็ดและผล โดยใช้กระบวนการสกัดโดยใช้ความดันหรือใช้การสกัด  
โดยใช้สารละลาย

#### (ก) กระบวนการสกัดโดยใช้ความดัน

สำหรับเมล็ดที่มีปริมาณน้ำมันสะสมสูง เช่น เมล็ดผักกาดก้านขาวโดยการบดด้วยใช้โรลล์มิล ทำให้เมล็ดแตกออก  
และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75-85 องศาเซลเซียส และถูกสกัดโดยตัวขับเคลื่อน

#### (ข) กระบวนการสกัดโดยใช้สารละลาย

สำหรับเมล็ดที่มีน้ำมันสะสมอยู่น้อย เช่น ถั่วเหลืองโดยการสกัดด้วยเฮกเซน

### 2.9.3 ปริมาณของการผลิตน้ำมันด้วยสารชีวมวล

การผลิตไขมันและน้ำมันและเมล็ดน้ำมันของโลก (2005/06) ถูกสรุปไว้ในตารางด้านล่าง ปริมาณการผลิตน้ำมันจากผลปาล์มถูกคำนวณจากการประมาณการการผลิตน้ำมันปาล์มและปริมาณน้ำมันที่สะสมอยู่ในผลปาล์ม

ตาราง 2.9.1 การผลิตไขมันและน้ำมันและเมล็ดน้ำมันของโลก (2005/06, ล้านตัน)

	ถั่วเหลือง	เมล็ด ฝักกาด ก้านขาว	เมล็ด ทานตะวัน	มะพร้าว	ปาล์ม เคอร์ เนล	ปาล์ม	อื่นๆ	รวม ทั้งหมด
การผลิตเมล็ด น้ำมัน	220	43	30	5.3 (เนื้อ มะพร้าว แห้ง)	9.4	180 (ผล)	78.3	566
การผลิตน้ำมัน และไขมัน	34.8	17.7	10.5	3.3	4.1	35.2	16.3	121.9

### 2.9.4 เชื้อเพลิงไบโอดีเซล

กรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ผลิตโดยการทรานเอสเตอริฟิเคชันของไขมันและน้ำมันกับเมทานอลซึ่งมีโครงสร้างกายภาพคล้ายกับน้ำมันดีเซลธรรมชาติในเชิงค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ ความหนืด เลขซีเทน และอื่นๆ ถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงไบโอดีเซลแทนน้ำมันดีเซล

เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตไบโอดีเซล น้ำมันฝักกาดก้านขาวในยุโรป น้ำมันถั่วเหลืองในสหรัฐอเมริกา และน้ำมันปาล์มในเอเชียถูกใช้ ในประเทศกลุ่มอียู ไบโอดีเซลถูกใช้อย่างกว้างขวางตั้งแต่ปี 2002 และมีการบริโภคสูงถึง 4 ล้านตันในปี 2005

### 2.9.5 น้ำมันปาล์ม

ต้นปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis*) มีต้นกำเนิดจากแอฟริกาตะวันตก ถูกนำเข้ามาครั้งแรกในมาเลเซียเพื่อใช้เป็นไม้ดอกไม้ประดับ ในปี 1917 มีการปลูกเชิงพาณิชย์ใน เทนนาบารัน เอสเตด ในศรีลังกา ก่อตั้งรากฐานของพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันและอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันในมาเลเซีย ต่อมาในยุค 1960 รัฐบาลได้แนะนำแผนการก่อตั้งที่ดินเพื่อใช้ปลูกปาล์มน้ำมันเพื่อกำจัดความยากจนของเกษตรกรที่ไร้ที่นาและเจ้าของกิจการเล็กๆ ในปัจจุบันพื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันในมาเลเซียที่ใหญ่โตซึ่งเป็นผลมาจากระบบบริหารจัดการที่ดิน ปัจจุบัน มากกว่า 4 ล้านเฮกเตอร์ในมาเลเซียที่ใช้ปลูกปาล์มน้ำมันและผลิตปาล์มน้ำมันถึง 16 ล้านตันในปี 2006

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีทั้งดอกตัวเมียและดอกตัวผู้ในต้นเดียวกัน แต่ละต้นนั้นผลิต 12-20 เครือต่อปี (หมายถึงเครือของผลไม้, FFB) มีน้ำหนักราว 10-20 กิโลกรัม ซึ่งมีผลมากกว่า 1000ผลต่อเครือ ผลนั้นเป็นทรงกลมหรือรียาวออกไปปกติมีสีม่วงเข้มเกือบดำและเมื่อสุกจะเปลี่ยนเป็นสีแดงส้ม ในแต่ละประกอบด้วยเคอร์เนลที่แข็ง (เมล็ด) ในเชลล์ (แอนโดคาร์ป) ซึ่งล้อมรอบไปด้วยมิโซคาร์ป ปาล์มน้ำมันผลิตน้ำมันสองชนิดคือ น้ำมันดิบจากมิโซคาร์ปและน้ำมันปาล์มเคอร์เนล

จากเคอร์เนลหรือเมล็ด ลำต้นอ่อนและโตเต็มทีมนั้นจะถูกห่อหุ้มด้วยใบไม้ที่แยกออกเป็นส่วนเล็กๆหลายส่วน ซึ่งทำให้มีลักษณะภายนอกเห็นเป็นผิวขรุขระ ต้นแก่นั้นจะมีลำต้นที่เรียกว่าต่างจากที่มีผลจากใบไม้ที่แยกออกเป็นส่วนเล็กๆหลายส่วนซึ่งเหี่ยวแห้งและร่วงไป

ต้นปาล์มนั้นให้ผลหลังจากผ่านไปสามปี อายุในการคุ้มทุนนั้นเท่ากับ 5-15 ปี แม้ว่าต้นปาล์มจะให้ผลต่อไปจนกว่าจะถึงอายุ 25-30 ปีหลังจากนั้นจะสูงมากถึง 20 เมตร โดยทั่วไปจะล้มลงเพื่อปลูกต้นใหม่ ในมาเลเซียต้นปาล์มที่ถูกปลูกเป็นชนิดที่เรนาซึ่งเป็นลูกผสมระหว่างคูราและฟิลิเฟนา พันธุ์ที่เรนาทำให้ผลผลิตถึง 4-5 ตันของน้ำมันดิบ (CPO) ต่อเฮกเตอร์ต่อปีประมาณ 1 ตันของปาล์มเคอเนล น้ำมันปาล์มนั้นมีประสิทธิภาพมาก ต้นปาล์มน้ำมันที่มีพื้นที่ในการปลูก 0.25 เฮกเตอร์จะเทียบเท่ากับถั่วเหลืองและทานตะวันและเมล็ดฝักกาดก้านขาว 2.15 1.50 และ 0.75 เฮกเตอร์ตามลำดับ

## 2.9.6 มะพร้าว

### (ก) การจัดแบ่งประเภทของพืช

ปาล์มมะพร้าว (*Cocos nucifera*) อยู่ในอาณาจักรของพืช หมวดแมกโนลิโอไฟตา คลาส ลิลิออพิตา ลำดับ เอรคาเลส ตระกูล เอรคาซีเออี และ จีนัส โคโคส

### (ข) ต้นกำเนิด

มีมุมมองที่แตกต่างกันสองมุมมองที่อธิบายต้นกำเนิดของมะพร้าว อันแรกคือกำเนิดในอเมริกาในหลายพันธุ์ภายใต้จีนัสโคโคสและพบได้ในอเมริกาเท่านั้น มีเหตุการณ์การเกิดมะพร้าวในอเมริกาลงวันที่ก่อนวันจริงในประวัติศาสตร์ในทางตรงกันข้าม อันที่สอง อ้างอิงว่ามะพร้าวมีต้นกำเนิดในเอเชียจากการพบถั่วในสายพันธุ์โคโคสใน เฟลไอโอซิน ซึ่งตั้งอยู่ในทางตอนเหนือของออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และมีจำนวนสายพันธุ์มะพร้าวในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มากกว่าอเมริกาและเหตุผลอื่นๆ (Banzon, 1982)

### (ค) คำอธิบาย

นักสำรวจชาวสเปนในยุคแรกเรียกว่ามะพร้าวว่า โคโคซึ่งมีความหมายว่าน้ำลิง เนื่องจากสามารถอบ (ตา) บนขนบนเปลือกแข็งมีลักษณะคล้ายหัวและหน้าของลิง นูซิเฟรา หมายถึง นัทเบรริง มะพร้าวถือว่าเป็นพืชอายุยืน มะพร้าวมีลำต้นยาวและมีหลายสเต็มใบจากยอด มีใบสีเขียว มีดอกสีขาวซึ่งไม่สะดุดตา และผลสีน้ำตาล ออกดอกบานมากที่สุดไม่แน่นอนการผลิตเมล็ดและผลนั้นเริ่มและหยุดในปี ใบคงอยู่ในปีต่อไป มีช่วงอายุก่อนข้างปานกลางเมื่อเทียบกับพืชอื่นๆและมีอัตราการเจริญเติบโตปานกลาง เมื่อโตเต็มที่โดยทั่วไปจะสูงถึง 20 เมตร

### (ง) ระบบนิเวศ

มะพร้าวชอบแสงแดดและต้องการแสงแดดที่พอเหมาะในการสังเคราะห์ด้วยแสงและเพิ่มอุณหภูมิของอากาศ เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิประมาณ 27 องศาเซลเซียส มีความไวต่ออุณหภูมิต่ำ เจริญเติบโตดีที่ปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 1,300-2,300 มิลลิเมตรต่อปีหรือมากถึง 3,800 มิลลิเมตรต่อปี ถ้าดินระบายน้ำได้ดี ชอบความชื้น ดินที่เหมาะสมในการปลูกมะพร้าวคือ ดินร่วนลึก เช่น ดินทรายหรือดินร่วนขนาดเล็กที่อุดมสมบูรณ์



## (จ) การออกผล

ต่างสายพันธุ์ออกผลที่ระยะเวลาต่างกัน พันธุ์แรกจะออกผลหลังจากปลูกไป 3-4 ปี ในขณะที่พันธุ์สูง จะเริ่มออกผลหลังจาก 5-7 ปี แสงแดด น้ำฝนและอุณหภูมิล้วนแล้วแต่เป็นปัจจัยในการออกผล ผลจากการศึกษา พบว่า ปริมาณผลผลิตมากที่สุดในเดือนมีนาคมถึงมิถุนายน

## (ฉ) ผลมะพร้าว

ผลมะพร้าวนั้นเป็นผลไม้เมล็ดแข็งที่มีเมล็ดเดี่ยว เปลือกนอกเรียกว่า แกลบ ตอนแรกนั้นจะเป็นสีเขียวแต่หลังจากถูกหลุดออกจากต้นและแห้งจะมีสีน้ำตาล ข้างในเปลือกมะพร้าวประกอบด้วยมิโซคาร์ปซึ่งเต็มไปด้วยมัดท่อลำเลียงเส้นใย มะพร้าวซึ่งเรียกว่าคอร์นนั้นถูกใช้ทำเชือกและเส้น มะพร้าวที่เราซื้อจากร้านนั้นคือผลไม้เมล็ดแข็งที่ประกอบด้วยกะลามะพร้าว เอนโดคาร์ปและเมล็ด กะลานั้นเปรียบเสมือนภาชนะบรรจุและถูกช่างฝีมือนำไปใช้ทำเครื่องประดับตกแต่ง เปลือกบางๆที่ข้างในมีเนื้อสีขาวคือเนื้อมะพร้าวแห้งและกะทิซึ่งทั้งคู่คือเอนโดสเปิร์ม มะพร้าวเป็นผลไม้ที่แปลกเนื่องจากเต็มไปด้วยเอนโดสเปิร์มที่เป็นของเหลวซึ่งล้อมรอบเอมบริโออ่อน ในช่วงแรกกะทิจะหวานและเนื้อมะพร้าวจะบาง แต่เมื่อเมล็ดเจริญเติบโตเต็มที่เอนโดสเปิร์มของเหลวจะเปลี่ยนเป็นของแข็งซึ่งมีน้ำมันสะสมอยู่มาก (ไตรกลีเซอไรด์) เมื่อของแข็งเอนโดสเปิร์มและเนื้อถูกเก็บเกี่ยวและอบแห้งและนำไปบีบอัดจะได้ออกมาเป็นน้ำมัน ซึ่งใช้เป็นส่วนผสมสำคัญของแชมพูและสบู่

## (ช) รูปแบบของผลิตภัณฑ์จากมะพร้าว

มะพร้าวถูกขนานนามว่าต้นไม้แห่งชีวิต เนื่องจากประโยชน์หลากหลายของมัน ผลผลิตปฐมภูมิได้แก่ น้ำมันมะพร้าว มะพร้าวตากแห้ง มะพร้าวสด และเนื้อมะพร้าวแห้ง (เนื้อมะพร้าวแห้งที่เจริญเติบโตเต็มที่) ผลผลิตหลักของการผลิตมะพร้าวในฟิลิปปินส์ ได้แก่ เนื้อมะพร้าวแห้ง เศษมะพร้าวที่เหลือจากการคั้นน้ำมันจากเนื้อมะพร้าวแห้ง น้ำมันมะพร้าว มะพร้าวตากแห้ง มะพร้าวอ่อนสด และกามมะพร้าว โดยเนื้อมะพร้าวตากแห้ง บุกะหรือเนื้อมะพร้าวสด และน้ำมันมะพร้าวเป็นที่ต้องการในท้องตลาดมากที่สุด

ประมาณ 14 ล้านของการผลิตมะพร้าวในประเทศต่อแอนนัมในปี 2001-2005 ประมาณ 90%ของกระบวนการผลิตถูกผลิตเป็นเนื้อมะพร้าวแข็ง การผลิตเนื้อมะพร้าวแข็งต่อปีมีประมาณ 2 ล้านเมตริกตัน ส่วนที่เหลืออีก 10%ของการผลิตมะพร้าวทั้งหมดเป็นการผลิตมะพร้าวตากแห้งและผลิตภัณฑ์อื่น เช่น กะทิ บุกะ และสำหรับจุดประสงค์ต่างๆในบ้านเรือน จากปริมาณการผลิตเนื้อมะพร้าวแข็งทั้งหมด ประมาณ 62% ถูกใช้ผลิตน้ำมันมะพร้าวดิบ ซึ่งส่งออก 60% และใช้ในประเทศ 40% เศษเนื้อมะพร้าวแข็งนั้นเป็นผลพลอยได้จากการผลิตเนื้อมะพร้าวแข็งมีประมาณ 34%

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ของมะพร้าวนั้นผลิตผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่นผงซักฟอก สบู่ แชมพู เครื่องสำอาง มาการิน น้ำมันทำอาหาร ลูกกวาด น้ำส้มสายชู และวุ้นมะพร้าว มะพร้าวนั้นประกอบไปด้วยสารเคมีโอเลโอ เช่น กรดไขมัน และแอลกอฮอล์ไขมัน

ในปัจจุบันน้ำมันมะพร้าวดิบถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของโคโคเมทิลเอสเทอร์ที่รู้จักกันนามของ โคโคโบโอดีเซล จากกระบวนการเปลี่ยนนี้เกิดผลพลอยได้สองชนิดคือ กลิเซอรินและกามมะพร้าวเนื้อแห้ง

### (ข) ผลพลอยได้จากมะพร้าว

กะลามะพร้าว แกลบมะพร้าว ใบมะพร้าว กะลามะพร้าวสามารถเปลี่ยนเป็นแอกติเวดคาร์บอน ในขณะที่แกลบมะพร้าวถูกเปลี่ยนเป็นถ่านจากแกลบมะพร้าว กาบมะพร้าวและขุยมะพร้าว

สิ่งที่จะพิจารณาคือการรวมกันของผลพลอยได้ที่สำคัญทั้งสาม ได้แก่ แกลบมะพร้าว กะลามะพร้าวและใบมะพร้าว

ปริมาณของเศษเหลือใช้ที่เกิดภายในประเทศในแต่ละปีเท่ากับผลผลิตของค่าอัตราส่วนระหว่างของเหลือใช้และผลผลิต (RPR) สำหรับเศษเหลือใช้ใดๆและปริมาณผลผลิตต่อปี ค่า RPR ของพืชที่สำคัญมีค่าดังตาราง 2.9.1

ตาราง 2.9.1 อัตราส่วนระหว่างเศษเหลือใช้ต่อผลิตภัณฑ์ (RPR)

เศษจากการเกษตร	RPR
เปลือกมะพร้าว	0.15
แกลบมะพร้าว	0.33
ใบมะพร้าว	0.33

ตาราง 2.9.2 แสดงค่าพลังงานที่ได้จากการเผาไหม้ของเศษมะพร้าวในอุตสาหกรรม

ชนิดของเศษมะพร้าว	ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ (กิโลแคลอรีกิโลกรัม)
เปลือกมะพร้าว	4.436 (I. Cruz)
ถ่านจากเปลือกมะพร้าว	6.540 (Lozada)
ถ่านจากแกลบมะพร้าว	6.320 (Lozada)

### (ค) ประโยชน์ของเศษมะพร้าว

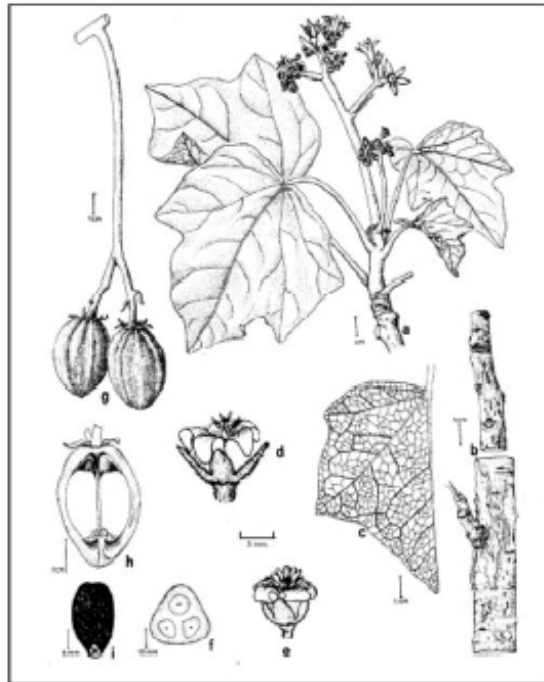
กะลามะพร้าวนั้นถูกใช้ในเชิงพาณิชย์เพื่อผลิตเป็นพลังงานเนื่องมีค่าพลังงานที่ได้จากการเผาไหม้สูงซึ่งถูกใช้ในร้านอาหารและกระบวนการผลิตอาหาร นอกจากนี้ยังใช้ในการอบแห้งของเฟือมะพร้าวแข็งและยาง และในอุตสาหกรรมเซรามิกและการเพิ่มอุณหภูมิอีกด้วย

แกลบมะพร้าวนั้นถูกใช้ในการอบแห้งของเฟือมะพร้าวแข็ง เรียกว่าวิธีนี้ว่า ทาพาสัน นอกจากนี้ยังใช้เป็นเชื้อเพลิงในเบเกอร์ การผลิตปลาอบแห้ง เครื่องปั้นดินเผา เซรามิก การผลิตอิฐและการเตรียมอาหารในเชิงพาณิชย์

กาบมะพร้าวถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงในการอบแห้งของเฟือมะพร้าวแข็งและในร้านอาหารเบเกอร์ การผลิตปลาอบแห้งและอื่นๆ

### 2.9.7 สบู่ดำ

ชื่อจีนัส *Jatropha* มาจากภาษากรีก *iatrós* (หมอ) และ *trophé* (อาหาร) ซึ่งมีความนัยหมายถึงประโยชน์ทางยา *Jatropha curcas* L. อยู่ในตระกูลของ Euphorbiaceae หรือ spurge เคอร์คัส *Cyrcus purgans* Medic ชื่อภาษาอังกฤษ physic nut หรือ purging nut ภาษาไทย สบู่ดำ ภาษาอินโดนีเซีย jarak pagar ภาษาจีน yu-lu-tzu ภาษาฟิลิปปินส์ túbang-bàkod ภาษาบราซิล mundubi-assu ภาษาแทนซาเนีย makaen เป็นพืชอายุยืนที่มีขนาดเล็กตั้งซึ่งมีความสูงได้มากถึง 6 เมตร กำเนิดในอเมริกากลาง ส่วนใหญ่เจริญเติบโตในเอเชียและแอฟริกาซึ่งเรียกว่า เพอเกียร์ ถูกปลูกในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อนหลายรัฐที่มีชีวิต เมล็ดนั้นเป็นพืชต่อมนุษย์ และมีความทนทานต่อความแห้งแล้งสูงและไม่เป็นคู่แข่งกับพืชอาหาร เจริญเติบโตโดยไม่ต้องมีการป้องกันใช้ประโยชน์คล้ายรั้วล้อมรอบและบ้านและทุ่งไร่ เมล็ดสบู่ดำมีน้ำมันสะสมอยู่ถึง 37% เมื่อนำเมล็ดไปบด น้ำมันสบู่ดำจะออกมาซึ่งสามารถนำไปผ่านกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงไบโอดีเซลที่มีคุณภาพสูงได้ (ประมาณ 30-35% ของผลผลิตน้ำมันผลิตจากเมล็ดหนึ่งกิโลกรัม) โดยที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการกลั่นสามารถใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลมาตรฐานได้ ผลพลอยได้คือเศษเหลือใช้จากการบดถูกนำไปเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพโดยมีน้ำมันสะสมซึ่งใช้เป็น ยาฆ่าแมลงได้ กลิเซอรินเป็นผลพลอยได้อีกอย่างจากการผลิตไบโอดีเซลโดยเพิ่มรายได้ของโรงกลั่น



รูป 2.9.1 ส่วนประกอบสำคัญของสบู่ดำ a-กิ่งออกดอก b-เปลือก c-เส้นใบ d-ดอกเกสรตัวเมีย e-ดอกเกสรตัวผู้ f- เมล็ดอ่อนผ่าตามขวาง g-ผล h-เมล็ดผ่าตามยาว

ที่มา: Physic nut, Joachim Heller, IPGRI. p.11

ประโยชน์อื่นๆ

ใบ – ใบอ่อนนั้นนำมารับประทานได้โดยต้มหรือตุ๋นกับเนื้อแพะซึ่งเสริมกันด้านกลื่น

ดอก – เหมือนพืชที่ให้น้ำผึ้ง

ผล - นำไปย่างแล้วมารับประทานเป็นยาระบาย เฝ้ามืดเหมือนแคนเดิลนัทเมื่อถูกผูกกับหญ้า ใช้เป็นยาคุมกำเนิดในชูดาน

เมล็ด - น้ำมันถูกใช้ให้แสงสว่าง สนุ่ เทียน สิ่งเจือปนในน้ำมันมะกอก และทำน้ำมันแดงของครุฑ เรียกว่า ชัลโฟเนตหรือ ชัลเฟตแคสทอร์ออยล์ ซึ่งเป็นน้ำมันที่มีการกระจายตัวในน้ำอย่างสมบูรณ์ ทำได้โดยเติมกรดซัลฟิวริกในน้ำมันสนุ่ค่า บริสุทธิ ถูกสังเคราะห์ให้เป็นผงซักฟอกหลังจากสนุ่ธรรมดา ซึ่งทำให้การผลิตผลิตภัณฑ์อาบน้ำที่มีส่วนผสมของน้ำมันง่ายขึ้น และยังใช้กำหนดสูตรสารหล่อลื่น สารทำให้นุ่ม และสารช่วยข้อม เมล็ดนั้นนิยมใช้เป็นอาหารคดขนำไปต้มหรือย่าง เนื่องจากสายพันธุ์ในเม็กซิโกและอเมริกากลางไม่มีสารพิษหรือเมล็ดถูกกำจัดสารพิษผ่านการทำอาหาร นอกจากนี้ยังมี รายงานว่า เมล็ดสามารถกินได้หลังจากที่เอาออบริโอออก หรืออาจมาจากสายพันธุ์ที่ไม่มีพิษ

ราก- जिँถ้าจากรากสามารถใช้แทนเกลือและยังสามารถใช้ฆ่าสัตว์จำพวกหอยและปลาหมึกและยังถูกจัดเป็นยาพิษต่อคนปลา และหนูอีกด้วย

เปลือก- ใช้เป็นยาฆ่าปลา

ยางสีขาวคล้ายน้ำมันจากพืช- ทำให้เป็นคราบลิกนิน บางครั้งใช้ทำเครื่องหมาย

ไม้พุ่ม- ชาวเม็กซิกันใช้เป็นที่อยู่อาศัยของครั้งซึ่งใช้เป็นยารักษาตับและขาดความอ่อน นอกนั้นใช้ควบคุมการกัดกร่อน

### ข้อมูลเพิ่มเติม

Banzon, J. A.; Vejasco, J. R. Coconut: production and utilization. (1982)

## 2.10 พืชน้ำชีวมวล

### 2.10.1 พืชน้ำชีวมวลคืออะไร

พืชน้ำชีวมวลนั้นถูกผลิตในน้ำจืดและน้ำเค็มและเป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ ในปัจจุบันพืชน้ำชีวมวลรวมถึงพืชเมล็ด สาหร่ายทะเลและไมโครแอลจีส่วนใหญ่ถูกปลูกในธรรมชาติและบางส่วนถูกมนุษย์นำมาเพาะ

พืชเมล็ดชีวภาพในน้ำจืดคือ วอเตอร์เพลน (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms) และจอกแค้น E.crassipes พื้นเมืองของบราซิลเจริญเติบโตได้ดี 18-32 องศาเซลเซียสแต่เจริญเติบโตได้ดีสูงกว่า 34 องศาเซลเซียสและต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส 60 สายพันธุ์เป็น 13 จินระของ 3 ตระกูล (Hydrocharitaceae, Zosteraceae และ Cymodoceaceae) เป็นพืชเมล็ดทางทะเล (หญ้าทะเล) ของโลก สันตะวาใบข้าว (Zostera marina L.) รวมถึงสายพันธุ์ในแถบกลางและละติจูดสูงน่าสนใจที่จะนำมาใช้เป็นสารชีวมวล (Hartog, 1970)

สาหร่ายรวมถึงมัลดิเซลลูลาร์ แมคโครแอลจี (สาหร่ายทะเล) และยูนิเซลลูลาร์ ไมโครแอลจี (ไฟโตแพลงตอน) สาหร่ายทะเลอาศัยในน้ำทะเล และจำนวนพืชน้ำชีวมวลที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์นั้นมาจาก 220 สายพันธุ์ของสาหร่ายสีแดง 88 สายพันธุ์ของสาหร่ายสีน้ำตาล และ 27 สายพันธุ์ของสาหร่ายสีเขียวในโลก (Indergaard, 1982)

ไมโครแอลจีมีอยู่ทั้งในน้ำจืดและน้ำทะเลซึ่งมีสายพันธุ์แตกต่างกันไป สายพันธุ์ที่น่าสนใจได้แก่ คลอเรลล่า ซินเดสมุสและคูนาลิลาในสายพันธุ์ของสาหร่ายเขียว สปริลูน่าในสายพันธุ์น้ำจืดของสาหร่ายน้ำเงินแกมเขียว ซึ่งทั้งหมด

เหล่านี้สามารถเพาะได้โดยมนุษย์เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ด้านสารชีวมวล สำหรับพันธุ์น้ำจืดนั้นสามารถปลูกในน้ำทะเลได้ หลังจากผ่านการการปรับตัวให้ชินกับสภาพแวดล้อมใหม่

### 2.10.2 ผลผลิตภาพ

ความสามารถในการผลิตของ ผักตบชวา เท่ากับ 11-23 กิโลกรัมน้ำหนักสดต่อตารางเมตรต่อปี (0.5-1.2 กิโลกรัม น้ำหนักแห้งต่อตารางเมตรต่อปี) ในระหว่างฤดูการเจริญเติบโตในญี่ปุ่น และถึง 21.1 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตรต่อปีภายใต้แสงและสารอาหารที่เพียงพอ ความสามารถในการผลิตของสันตะวาใบข้าวเท่ากับ 0.3-0.8 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตรต่อปี (120-320กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตรต่อปี) และ สายพันธุ์ชาลส์เซี่ยสูงถึง 0.3-0.8 กิโลกรัมแห้งต่อตารางเมตรต่อวันในช่วงแปดเดือนในฟลอริดา สหรัฐอเมริกา สำหรับแดง ไฮป์เนี่ยมีความสามารถในการผลิตเท่ากับ 12-17 กิโลกรัมแห้งต่อตารางเมตรในอังกฤษ (Slesser and Lewis, 1973) ไมโครแอลจีมีความสามารถในการผลิตเท่ากับ 2-10 กรัม น้ำหนักแห้งต่อตารางเมตรต่อวันในอังกฤษอังกฤษโดยเฉลี่ย และเพิ่มถึง 500 กรัม น้ำหนักแห้งต่อตารางเมตรต่อวัน ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม

### 2.10.3 การใช้ประโยชน์จากแหล่งที่มาในปัจจุบัน

ผักตบชวาที่เต็มไปด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นใช้เป็นอาหารสัตว์สำหรับหมูและไก่ สำหรับการเลี้ยงงาน 373 ลูกบาศก์เมตรต่อตันน้ำหนักสด แก้วชีวมวลประกอบด้วยมีเทนประมาณ 60-80% โดยประมาณ ปริมาณแคลอรีที่ถูกเผาผลาญ 5,300 กิโลแคลอรีต่อลูกบาศก์เมตรซึ่งได้จากการหมักแบบอนาโรบิกโดย ผักตบชวา เนื่องจาก ผักตบชวา มีไนโตรเจนสะสมอยู่ 3.2% ฟอสฟอรัส 0.7% และโพแทสเซียม 2.8% ในน้ำหนักแห้งทั้งหมด ในปัจจุบันอยู่ในช่วงพิจารณาที่จะนำมาใช้เป็นปุ๋ย และสารปรับปรุงคุณภาพที่ดิน

สันตะวาใบข้าว ถูกใช้เป็นอาหารของหมีทะเลและมานาตี (สัตว์ตระกูล Trichechidae ในแถบอเมริกาใต้และแอฟริกาตะวันตก) เทคโนโลยีในการเพาะสันตะวาใบข้าวนี้ยังไม่มี

สาหร่ายชีวมวลถูกใช้อย่างกว้างขวางในโลกในโลกล (ตาราง 2.10.1) ผลผลิตจากการเก็บเกี่ยวสาหร่ายต่อปีประมาณ 1.3 ล้านตันน้ำหนักสดสำหรับสาหร่ายสีน้ำตาลและ 0.81 ล้านตันน้ำหนักสดสำหรับสาหร่ายสีแดง ซึ่งได้มาจากธรรมชาติ ส่วนใหญ่และมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นถูกมนุษย์เพาะขึ้น สาหร่ายถูกใช้เป็นอาหารสัตว์แห้ง อาหารสำหรับคน ปุ๋ยสารปรับปรุงคุณภาพดินและอื่นๆ สารที่เป็นประโยชน์ซึ่งถูกสะสมในสาหร่ายได้แก่ โพลีแซคคาไรด์ ไอโอดีนซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดสารสำคัญต่างๆ (Indergaard, 1982) เคลป์มีสารประเภทกรดแอลจินิกประมาณ 13-45% ของน้ำหนักแห้งซึ่งใช้ในการผลิตอาหาร ยา เครื่องสำอาง สีย้อมผ้า สีวาดรูป อุตสาหกรรมกระดาษ สารขัด สารหล่อลื่นและอื่นๆ สาหร่ายสีแดงบางชนิดมีออการ์และคาร์ราจีแนนที่เหมือนออการ์

ตาราง 2.10.1 ผลผลิตต่อปีของการผลิตสาหร่ายทะเลและศักยภาพความสามารถในการผลิตของโลก ( $\times 10^3$  ตันน้ำหนักสด, Michanek 1975อ้างอิงจาก Indergaard 1982)

พื้นที่	สาหร่ายสีแดง		สาหร่ายสีน้ำตาล	
	1971-73		1971-73	
	ผลิตผลต่อปี	ศักยภาพในการผลิต	ผลิตผลต่อปี	ศักยภาพในการผลิต
18 ทะเลอาร์กติก	-	-	-	-
21 แอตแลนติกตะวันตกเฉียงเหนือ	35	100	6	500
27 แอตแลนติกตะวันออกเฉียงเหนือ	72	150	208	2,000
31 แอตแลนติกกลางตะวันตก	-	(10)	1	1,000
34 แอตแลนติกกลางตะวันออก	10	50	1	150
37 เมดิเตอร์เรเนียน ทะเลดำ	50	1000	1	50
41 แอตแลนติกตะวันตกเฉียงใต้	23	100	75	2,000
47 แอตแลนติกตะวันออกเฉียงใต้	7	100	13	100
51 อินเดียตะวันตก	4	120	5	150
57 อินเดียตะวันออก	3	100	10	500
61 แปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือ	545	650	825	1,500
67 แปซิฟิกตะวันออกเฉียงเหนือ	-	10	-	1,500
71 แปซิฟิกกลางตะวันตก	20	50	1	50
77 แปซิฟิกกลางตะวันออก	7	50	153	3,500
81 แปซิฟิกตะวันตกเฉียงใต้	1	20	1	100
87 แปซิฟิกตะวันออกเฉียงใต้	30	100	1	1,500
รวมทั้งหมด	807	2,610	1,301	14,600

ตัวเลขของพื้นที่แสดงการจัดประเภทของอาณาเขตมหาสมุทรของโลก

ไมโครแอลจีมีปริมาณโปรตีนสูงถึง 50-70% ของน้ำหนักแห้ง มีประโยชน์หลายด้านเช่นด้านสุขภาพ เป็นวัตถุดิบในการสกัดกรดไขมัน คาร์ทีนอยด์และไฟโคบิลินส์ และวิตามิน และอาหารสัตว์ในน้ำ เนื่องจากมีขนาดใหญ่ทำให้ไมโครและมีความเข้มข้นสารชีวมวลน้อยในธรรมชาติ ดังนั้นจึงถูกเพาะโดยมนุษย์ในถัง สระหรือที่อบบนพื้นดินโดยใช้เวลาประมาณปีในการเก็บเกี่ยว มีโมเดลเชิงพาณิชย์ที่ถูกเสนอเพื่อเพาะไมโครแอลจีเพื่อใช้เป็นอาหารของหอยทะเลเนื่องจากมีโภชนาการสูงในน้ำลึก (Roels et al., 1979)

#### 2.10.4 ปริมาณทรัพยากรชีวมวลที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ปริมาณผักตบชวาและจอกแหนที่มีอยู่ในปัจจุบันนั้นยังไม่มีการประมาณจำนวน เนื่องการผักตบชวามีการขยายพันธุ์ตลอดเวลาเนื่องจากปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีหรือปรากฏการณ์ขี้ปลาในทะเลซึ่งเกิดจากอาหารพีชีละลายอยู่มากจนทำให้พีชีที่ใช้ออกซิเจนของกวมมากผิดปกติเช่นในแอฟริกา ดังนั้นจึงสมควรนำมาใช้ประโยชน์ด้านสารชีวมวล

ปริมาณแปลงหญ้าทะเลธรรมชาติในปัจจุบันเท่ากับ 0.1-0.5 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตรโดยเฉลี่ยและอาจสูงถึง 2 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตรในพื้นที่ที่หนาแน่น จำนวนแปลงหญ้าทะเลนั้นลดลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติและการบุกเบิกที่ดินของโลก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพัฒนาเทคนิคในการดูแลรักษาและฟื้นฟู สมมุติว่า 0.3 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตรซึ่งเป็นความหนาแน่นเฉลี่ยและ 90% ของน้ำที่มีอยู่ในสันตะวาไบซาว ดังนั้นคาดว่าสันตะวาไบซาวมีมากกว่า 10 เมตริกตันของโลก

จากการประมาณอ้างอิงจากแหล่งสาหร่ายทะเลธรรมชาติโดยเจนเซน (1978, ตอนหลัง Indergaard, 1982)

ความต้องการกรดแอลจินิกเท่ากับ 50,000 ตันต่อปีซึ่งอาศัย 1.30 เมตริกตันของน้ำหนักสดของสาหร่ายทะเล ความต้องการต่อปีของคาร์โบไฮเดรต โนริ วากาเมะ และเคลป์ เท่ากับ 30,000 20,000 35,000 30,000 250,000 ตันตามลำดับ และต้องอาศัยสาหร่ายเพื่อความต้องการเหล่านั้นเท่ากับ 0.40 0.50 0.40 0.20 2.00 เมตริกตัน ถือเป็น 1.1-3.0 เท่าเมื่อเทียบกับความต้องการในยุค 1970 นอกจากนี้มีมากกว่าหลายเมตริกตันของน้ำหนักสดจนถึงหลายสิบ เมตริกตันของสาหร่ายทะเลที่ต้องการสำหรับอาหาร อุตสาหกรรมเคมี พลังงาน และอุตสาหกรรมเคมีที่ต้องใช้ความบริสุทธิ์สูงตามลำดับ เพื่อที่รองรับกับความต้องการเหล่านั้นจึงต้องอาศัยการผลิตสาหร่ายทะเลจำนวนมากบนปีเวชายฝั่งตลอดจนบนท้องทะเลในอนาคต

#### ข้อมูลเพิ่มเติม

Hartog, C. den. Seagrasses of the world. North Holland, Amsterdam. Pp.275(1970)

Indergaard, M. The aquatic resource. In biomass utilization (ed. W. A. cote) Plenum Press, New York, pp. 137-168 (1982)

Maan, K. H. Ecology of coastal waters: a system approach. Univ. Calif. Press, pp.322 (1982)

Roel, O.A.; Laurence, S.; Farmer, M. W.;Hemelryck, L. Van. The utilization of cold, nutrient-rich deep ocean water for energy and mariculture. Ocean Management, 5,199-210 (1979)

Slessor, M. and C. Lewis. Biological energy resources. E.& F.N. Spon Ltd., London (1979)

#### 2.11 เศษเหลือใช้ทางเกษตรกรรม

เศษเหลือใช้ทางเกษตรกรรมหมายถึง เศษเหลือใช้ที่เกิดจากฟาร์มและไร่ทุ่งในระหว่างการเก็บเกี่ยวและกิจกรรมอื่นๆ เศษเหลือใช้ของธัญพืชและอ้อยถูกใช้ผลิตเป็นพลังงาน นอกจากนี้ยังมีปริมาณเศษพืชมากมายมหาศาลและหลากหลายที่ไม่สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานได้เนื่องจากยากที่จะเก็บอย่างมีประสิทธิภาพจากปริมาณมาก

### 2.11.1 ชนิดและลักษณะของเศษเหลือใช้ทางเกษตรกรรม

#### (ก) ข้าวและข้าวสาลี

เศษเหลือจากข้าวและข้าวสาลียกตัวอย่างเช่น แกลบและฟาง แกลบนั้นมาจากข้าว เนื่องจากแกลบของข้าวสาลีไม่เหมาะสำหรับการเก็บเกี่ยวและสามารถนำไปผ่านกระบวนการโดยไม่ต้องกำจัดออก แกลบข้าวมีขนาดเท่ากันและรูปร่างเหมือนกันและเหมาะสมในการใช้ในกระบวนการและการขนส่ง แกลบข้าวมีโครงสร้างที่แข็งและไม่เหมาะสมในการการหมัก เนื่องจากมีลิกนินและซิลิกา(SiO<sub>2</sub>) อยู่เป็นจำนวนมาก แกลบข้าวนี้ถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเผาไหม้ ซิลิกาที่อยู่ในแกลบข้าวซึ่งมีปริมาณถึง 10-20 wt% อาจสร้างความเสียหายให้แก่เตาเผาในระหว่างการเผา ในทางตรงกันข้ามฟางนั้นมีลิกนินและซิลิกาเหมือนกันแต่เหมาะสมกับการหมักมากกว่าแกลบ ดังนั้นจึงถูกใช้ผลิตพลังโดยการเผาและการหมัก

#### (ข) ข้าวโพดและพืชไร่โซมิก

เศษข้าวโพดนั้นได้จากการเก็บเกี่ยวในไร่ เช่น ใบ ลำต้นและอื่นๆ แต่ยังสามารถได้จาก ชังข้าวโพดหลังจากนำไปผ่านกระบวนการ เนื้อของข้าวโพดนั้นเต็มไปด้วยแป้งและสามารถนำไปใช้ในการผลิตเอทานอลผ่านการหมักในสหรัฐอเมริกา

#### (ค) อ้อย

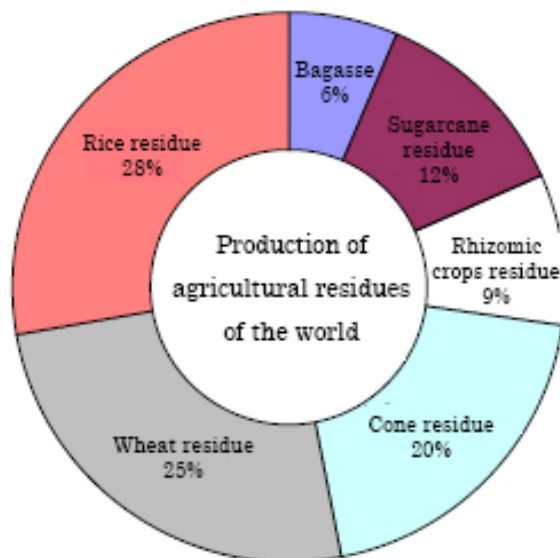
ทุกส่วนของอ้อยนอกจากลำต้น เช่น ยอดที่มีน้ำตาลอยู่น้อย ใบและรากที่ถูกกำจัดออกเพื่อส่งลำต้นไปผลิตน้ำตาล ถูกทิ้งเป็นเศษอ้อยในไร่

### 2.11.2 ปริมาณของการผลิต

แม้ว่าปริมาณและวิธีการในการผลิตของเศษเหลือใช้ทางการเกษตรจะแตกต่างกันโดยพื้นที่เพาะปลูก อัตราในการผลิตเศษเหลือซึ่งมีความสัมพันธ์กับผลผลิตของพืชซึ่งถูกรายงานดังนี้ 140% สำหรับข้าว 130% สำหรับข้าวสาลี 100% สำหรับข้าวโพด และ 40% สำหรับพืชไร่โซมิก (Hall et al., 1993) ในเอกสารนี้ อัตราการผลิตเศษอ้อยซึ่งได้มาจากลำต้น ใบ และยอดที่เกิดจากการเก็บเกี่ยว ถูกรายงานว่าเป็น 28%ของผลผลิตของพืช

การผลิตเศษเหลือใช้ทางการเกษตรต่อปีถูกประมาณค่าโดยการพิจารณาการของพืชแต่ละชนิดซึ่งอ้างอิงจากสถิติของ FAO (200) และใช้อัตราการผลิตเศษเหลือใช้ทางการเกษตรดังรูป 2.11.1 ประมาณ 3 พันล้านตันของเศษเหลือใช้ทางการเกษตรของทั้งหมดที่ผลิตในโลกนั้น เศษข้าวเป็นการผลิตที่มีจำนวนมากสุดเท่ากับ 836 ล้านตัน มีปริมาณเศษพืชไร่โซมิกเท่ากับ 272 ล้านตัน เศษข้าวสาลีและเศษข้าวโพด ซึ่งมีไม่มากในญี่ปุ่นประมาณ 754 และ 594 ล้านตันตามลำดับ





รูป 2.11. การผลิตเศษพืชและชานอ้อย

### 2.11.3 ศักยภาพของการผลิตพลังงานชีวมวลของโลก

ศักยภาพของการผลิตพลังงานชีวมวลของโลกในปี 2000 ตามที่แสดงในตาราง 2.11.1 ค่าเหล่านี้ถูกประมาณโดยอ้างอิงจากการผลิตเศษเหลือใช้ร่วมกับแฟกเตอร์ในการเปลี่ยนพลังงาน และแฟกเตอร์ความพร้อมใช้และอื่นๆ (Hall et, al., 1993)

เศษข้าวมีปริมาณพลังงานมากที่สุดเท่ากับ 3.4เอกชะจูล ตามด้วยเศษข้าวสาลี มีพลังงานมากถึง 3.3 เอกชะจูล ตามลำดับ

ตาราง 2.11.1 ศักยภาพในการผลิตพลังงานชีวมวลจากเศษเหลือใช้ทางการเกษตร

	ศักยภาพของพลังงานชีวภาพ (เพตะจูลต่อปี)
เศษข้าว	3,407
เศษข้าวสาลี	3,299
เศษข้าวโพด	2,614
เศษพืชไรโซมิก	407
เศษอ้อย	1,550
รวมทั้งหมด	11,277

### ข้อมูลเพิ่มเติม

Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Statistical Database, FAO Statistical Database, (<http://www.fao.org/>)

Hall, D. O.; Rosillo-Calle, F.; Williams, R. H.; Woods, J. "Biomass for energy: Supply Prospects", In: Renewable energy, Johansson, T. B. eds., (1993) pp.594, Washington, Island Press.

## 2.12 เศษไม้เหลือใช้

### 2.12.1 คุณลักษณะและความสำคัญทางสิ่งแวดล้อม

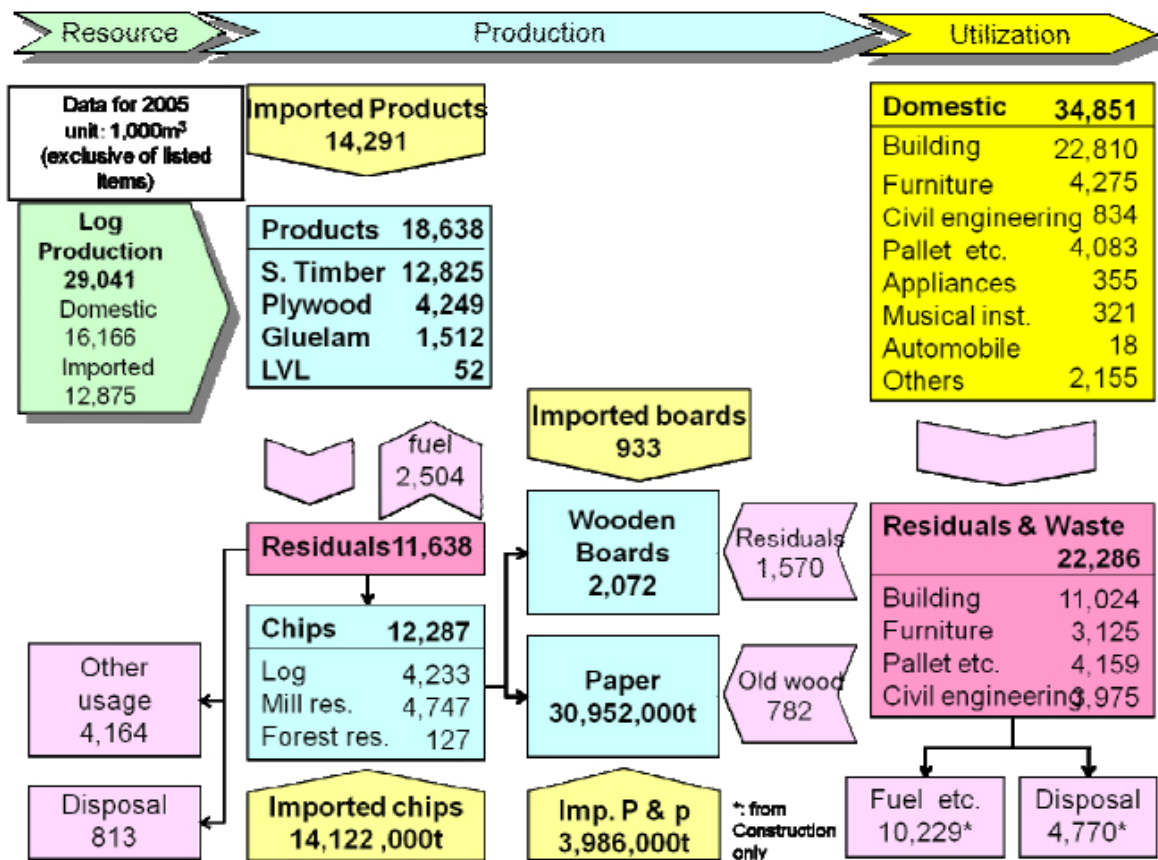
ไม่มีธาตุหลักคือคาร์บอนซึ่งได้จากป่าไม้ที่ยั่งยืนในปริมาณการเก็บเกี่ยวที่น้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนที่ปลูกและหมุนเวียนอยู่ในป่า ชุมชนมนุษย์และบรรยากาศ ไม้ที่ได้จากป่าที่ยั่งยืนนั้นเป็นสารที่มีสภาวะคาร์บอนเท่ากับศูนย์ซึ่งจะไม่เพิ่มปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับการปลูกป่านั้นมีปริมาณน้อยกว่าการประมงและเกษตรกรรมและใช้พลังงานในการผลิตผลิตภัณฑ์จากไม้ เช่น การแปรรูปซุง การผลิตอาคาร ไม้เนื้ออ่อนกว่าการผลิตผลิตภัณฑ์จากเหล็ก การสนับสนุนการใช้ไม้ทำประโยชน์นั้นจะช่วยลดคาร์บอนไดออกไซด์ได้ อย่างไรก็ตาม 30% ของคาร์บอนในไม้ชีวมวลนั้นจะถูกเก็บไว้ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายเช่นอาคาร ไม้ ดังนั้นจึงมีความสำคัญที่จะสร้างสมดุลระหว่างการประหยัทรัพยากรโดยการนำวัสดุรีไซเคิลกับการประหยัเชื้อเพลิงฟอสซิลโดยใช้เศษไม้เพื่อผลิตพลังงานแทน

ความหนาแน่นของไม้และวัสดุผสมไม้นั้นอยู่ในช่วง 0.2-1.0 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และน้ำหนักของไม้ที่มีความหนาแน่นต่ำนั้นอยู่ในช่วงถึง 3-fold ขึ้นกับปริมาณความชื้นสะสม ส่วนใหญ่ในสถิติต่างๆ ไม้จะใช้หน่วย เป็นปริมาตร ไม้ที่ผ่านการอบในเตาอบจะมีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 0.42 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีปริมาณคาร์บอนสะสมเท่ากับ 0.5 อย่างไรก็ตามวัสดุที่มีส่วนผสมของไม้ มีปริมาณคาร์บอนสะสมเท่ากับ 0.45 เช่น พาดิเคลือบอร์คหรือไฟเบอร์บอร์ดที่มีความหนาแน่นปานกลางซึ่งมีส่วนสารเชื่อมต่อยู่ในอัตราส่วน 10 %wt

### 2.12.2 เศษไม้เหลือใช้จากอุตสาหกรรมผลิตไม้

ชนิดของไม้และปริมาณความชื้นที่สะสมในเศษไม้จากกระบวนการผลิตไม้ เช่น โรงเลื่อย โรงผลิตไม้อัดไม้ได้หลากหลาย ไม้เหลือใช้ขนาดใหญ่คือ เศษไม้และถูกใช้ในการผลิตเชื้อกระดาษและวัสดุที่มีส่วนผสมของไม้เช่น ท่อนไม้จากโรงเลื่อยและแกนไม้จากโรงทำไม้อัด ไม้เหลือใช้ขนาดเล็ก เช่น เปลือกไม้ ขี้เลื่อย เศษไม้ที่ได้จากการไสไม้ เศษไม้อัดถูกใช้ เป็นทำคอกปศุสัตว์ เชื้อเพลิงในบอยเลอร์และปุ๋ยผสม เพียง 7% เท่านั้นจาก 12 ล้านลูกบาศก์เมตรของเศษไม้ที่ถูกผลิตในปี 2005 ที่ใช้เผาไม้ได้และใช้งาน ไม้ได้

ในโรงเลื่อยขนาดใหญ่แม้ว่าการปล่อยสารในอากาศเป็นศูนย์จะเป็นไปได้โดยการรีไซเคิลเศษเหลือใช้สำหรับผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าหรือน้ำในการอบไม้ แต่สำหรับโรงเลื่อยไม้ขนาดเล็กต้องสร้างระบบการเก็บสะสม ในปัจจุบันการผลิตไม้เป็นก้อนกลมๆจากเปลือกไม้และขี้เลื่อยมีปริมาณมากขึ้นเนื่องจากใช้งานง่ายและความหนาแน่นของพลังงานมาก



รูป 2.12.1 แผนผังไม้ในญี่ปุ่น

ตาราง 2.12.1 การขนส่งผลิตภัณฑ์ไม้ขั้นปฐมภูมิเพื่อใช้งานในด้านต่างๆ (1000 ลูกบาศก์เมตร) (2005)

	Building	Furniture & Fittings	Civil eng.	Pallets & Packaging	Home appliances	Musical Instr.	Automobile	Other	Total
Sawn timber	15,208	817	800	3,922				650	21,197
Plywood	4,393	2,000	33	134	192	318		1,297	8,367
Particle board	565	926			45	3		6	1,544
Laminated timber	1,581	145						110	1,836
LVL	390	114							504
Fiber board	Hard board	23	6	27	0		18	4	78
	MDF	561	224		118			26	929
	Insulation b.	90	245					81	396
<b>Total</b>	<b>22,810</b>	<b>4,275</b>	<b>834</b>	<b>4,083</b>	<b>355</b>	<b>321</b>	<b>18</b>	<b>2,155</b>	<b>34,851</b>

### 2.12.3 ไม้เหลือใช้จากการนำไม้ไปใช้ประโยชน์

ในปี 2005 มีการประมาณว่า 22 ล้านลูกบาศก์เมตรของเศษไม้ที่เกิดจากสิ่งก่อสร้าง เฟอร์นิเจอร์ การขนส่งและใน ส่วนของวิศวกรรมโยธา ไม้เหลือใช้จากวิศวกรรมโยธารวมถึงต้นที่ถูกตัดระหว่างการก่อสร้างด้วย

เพียง 10%ของเศษเหลือใช้จะถูกรีไซเคิลเป็นวัสดุ เช่น 1.6 ล้านลูกบาศก์เมตรจะถูกใช้ทำพาดิเคิลบอร์ด และ 0.8 ล้านลูกบาศก์เมตรจะถูกใช้ทำเยื่อกระดาษ กฏรีไซเคิลของสิ่งก่อสร้างมีใจความว่า ไม้ที่เหลือจากการก่อสร้างและส่วนของ วิศวกรรมโยธาจะต้องแยกออกและนำกลับมาใช้ใหม่ ในปี 2005 ประมาณ 62.8% ของ 15 ล้านลูกบาศก์เมตรของไม้เหลือ ใช้จะถูกรีไซเคิลส่วนใหญ่ถูกนำไปผลิตเป็นพลังงาน ยกเว้นการลดปริมาณโดยการเผา

ในข้อตกลงร่วมกันในระยะแรกของพิธีสารเกียวโต เมื่อปีโตรเลียมมีราคาสูงขึ้นทำให้หลายอุตสาหกรรมการผลิต เช่น โรงไฟฟ้า โรงเหล็ก โรงปูนซีเมนต์ และโรงกระดาษนั้นกระตุ้นให้หันมาใช้ไม้เหลือใช้ในการผลิตพลังงานแทน ซึ่งทำให้บริษัทรีไซเคิลได้รับผลประโยชน์ไปด้วยเนื่องจากได้รับค่าเศษไม้ที่ถูกซื้อไปใช้ผลิตพลังงาน ดังนั้นจุดประสงค์ของกฏรีไซเคิลของสิ่งก่อสร้างบรรลุเป้าหมายและอาจมีการขาดแคลนของเศษไม้เหลือใช้

การรีไซเคิลวัสดุเพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรนั้นควรมีความสำคัญเป็นอันดับแรก อย่างไรก็ตาม เศษไม้เหลือใช้ที่มีกาว หรือสีนั้นไม่สามารถใช้ในการผลิตเยื่อกระดาษ และไม่มีแผ่นไม้เหลือใช้ที่นำไปรีไซเคิล เศษไม้เล็กๆและวัสดุที่มีไม้เป็นส่วนผสมนั้นจะมีค่าใช้จ่ายในการนำมารีไซเคิลสูงมากดังนั้นจึงควรทำให้แตกเป็นชิ้นเล็กและนำไปเป็นเศษไม้เชื้อเพลิง มากกว่าครึ่งหนึ่งของไม้เหลือใช้ถูกนำมาใช้เป็นสารรีไซเคิลผลิตพลังงานซึ่งจะช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลมากกว่า 1 ล้านตันคาร์บอน

### 2.12.4 เทคโนโลยีในการใช้พลังงาน

ยกเว้นต้นที่โค่นตัดจากการโปรเจกของวิศวกรรมโยธา ปริมาณความชื้นสะสมในเศษไม้เหลือใช้นั้นเท่ากับ 15% ของน้ำหนักแห้ง ประสิทธิภาพในการเผาให้เป็นพลังงานสูง นอกจากนั้นอาจใช้ในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันสำหรับ โรงไฟฟ้าและสำหรับผลิตเชื้อเพลิงแก๊สหรือของเหลว ในทางกลับกัน การพิจารณาในการนำไม้เหลือใช้จากอุตสาหกรรมไม้ไป ผลิตเป็นพลังงานนั้นมีความสำคัญและจำเป็นเนื่องจากความชื้นที่สะสมในไม้นั้นอาจถึง 100%(dry base) นอกจากนั้นยังมี เศษไม้หลายชนิด ซึ่เล็ดยและเปลือกไม้ สามารถนำไปอัดเป็นก้อนกลมๆเล็กๆแล้วนำไปผลิตเป็นพลังงานได้

รัฐบาลญี่ปุ่นมีเป้าหมายในการผลิตไบโอเอทานอล 2ล้านกิโลลิตรจากเศษไม้เหลือใช้ในปี 2002 ลิกนินนั้น ล้อมรอบเซลล์โลสในผนังเซลล์ของไม้ ดังนั้นการแยกคาร์โบไฮเดรตและการหมักนั้นจะทำได้ยากหากไม่มีการแยกหรือทลาย โครงสร้างของลิกนินก่อน และยังมีบางความเห็นอ้างว่าพลังงานของยานพาหนะนั้นควรมาจากพลังไฟฟ้าดีกว่าเชื้อเพลิง ของเหลวในอนาคต

### ข้อมูลเพิ่มเติม

Ministry of Land, Instructure and Transport Japan: Investigation of construction byproducts 2005(2006) (in Japanese)

Mayu Tagaki, Hachiro Takeda, Takeshi Okano: Trends in the carbon transferred from forests to the populated area of

Japan – Estimates from timber supply and demand statistics, *Woof Industry*, 62(8), 354-357(2007) (in Japanese)

## 2.13 ของเสียจากสัตว์

### 2.13.1 ของเสียจากสัตว์คืออะไร

มูลปศุสัตว์และปัสสาวะเป็นผลิตภัณฑ์หลักของเสียและปริมาณของมูลปศุสัตว์และยูรีนเป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์ภายในญี่ปุ่น มูลและปัสสาวะเต็มไปด้วยสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่ายและไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ปริมาณและคุณภาพของมูลและปัสสาวะนั้นแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของปศุสัตว์ น้ำหนัก อาหาร ปริมาณน้ำที่กิน ระบบของการผสมพันธุ์สัตว์เพื่อขยายพันธุ์ ฤดูกาล และเงื่อนไขของปศุสัตว์ วิธีการใช้และการเก็บรักษามูลและปัสสาวะนั้นขึ้นกับคุณลักษณะของเสียของสัตว์นั้นรวมถึงของเสียจากโรงฆ่าสัตว์และผลพลอยได้อื่นๆจากการผลิตเนื้อสัตว์

### 2.13.2 คุณลักษณะของเสียจากสัตว์

ตาราง 2.13.1 แสดงปริมาณของเสียที่ร่างกายขับถ่ายออกมาพื้นฐานของชนิดของปศุสัตว์หลัก ปริมาณของมูลและปัสสาวะจากชนิดสายพันธุ์ต่างๆของปศุสัตว์ถูกคำนวณจากเงื่อนไขของเงื่อนไขพื้นฐานของอาหารสัตว์จากชนิดของสัตว์และน้ำหนักของสัตว์ โดยทั่วไป มูลโคมีปริมาณคาร์บอน (อัตราส่วน C/N ) แต่มีปริมาณสารอินทรีย์มากซึ่งทำให้ย่อยสลายยาก และมูลสัตว์ปีกมีความเข้มข้นของธาตุอาหารสูง เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม และประกอบสารอินทรีย์หลายชนิดซึ่งทำให้ย่อยสลายง่าย ประเภทของของเสียในโรงฆ่าสัตว์รวมถึงสารที่ไม่เป็นอาหาร เช่น อวัยวะภายใน กระดูก ไขมัน เลือด หนัง และขน

ตาราง 2.13.1 ปริมาณของของเสียที่ออกมาจากร่างกายพื้นฐานของปลุสสัตว์ชนิดหลัก

ชนิดปลุสสัตว์		น้ำหนักทั้งหมด (กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน)			ไนโตรเจน (กรัมไนโตรเจนต่อตัวต่อวัน)			ฟอสฟอรัส (กรัมฟอสฟอรัสต่อตัวต่อวัน)		
		ปีศาจ		ทั้งหมด	ปีศาจ		ทั้งหมด	ปีศาจ		ทั้งหมด
		มูล	ะ	ค	มูล	ะ	ค	มูล	ะ	ทั้งหมด
					152.					
โคนม	โคหลังน้ำนม	45.5	13.4	58.9	8	152.7	305.5	42.9	1.3	44.2
	โคไม่หลังน้ำนม	29.7	6.1	35.8	38.5	57.8	96.3	16	3.8	19.8
	โคสาว	17.9	6.7	24.6	85.3	73.3	158.6	14.7	1.4	16.1
โคเนื้อ	โคออกลูก (ภายใต้อายุ 2 ปี)	17.8	6.5	24.3	67.8	62	129.8	14.3	0.7	15
	โคออกลูก (มากกว่าอายุ 2 ปี)	20	6.7	26.7	62.7	83.3	146	15.8	0.7	16.5
	วัวพันธุ์นม	18	7.2	25.2	64.7	76.4	141.1	13.5	0.7	14.2
สุกร	สุกรขุน	2.1	3.8	5.9	8.3	25.9	34.2	6.5	2.2	8.7
	สุกรตัวเมีย	3.3	7	10.3	11	40	51	9.9	5.7	15.6
		0.05								
ไก่ไข่	ลูกไก่	9	-	0.059	1.54	-	1.54	0.21	-	0.21
		0.13								
	ตัวเต็มวัย	6	-	0.136	3.28	-	3.28	0.58	-	0.58
ไก่เนื้อ	ตัวเต็มวัย	0.13	-	0.13	2.62	-	2.62	0.29	-	0.29

### 2.13.3 การผลิตของเสียจากสัตว์

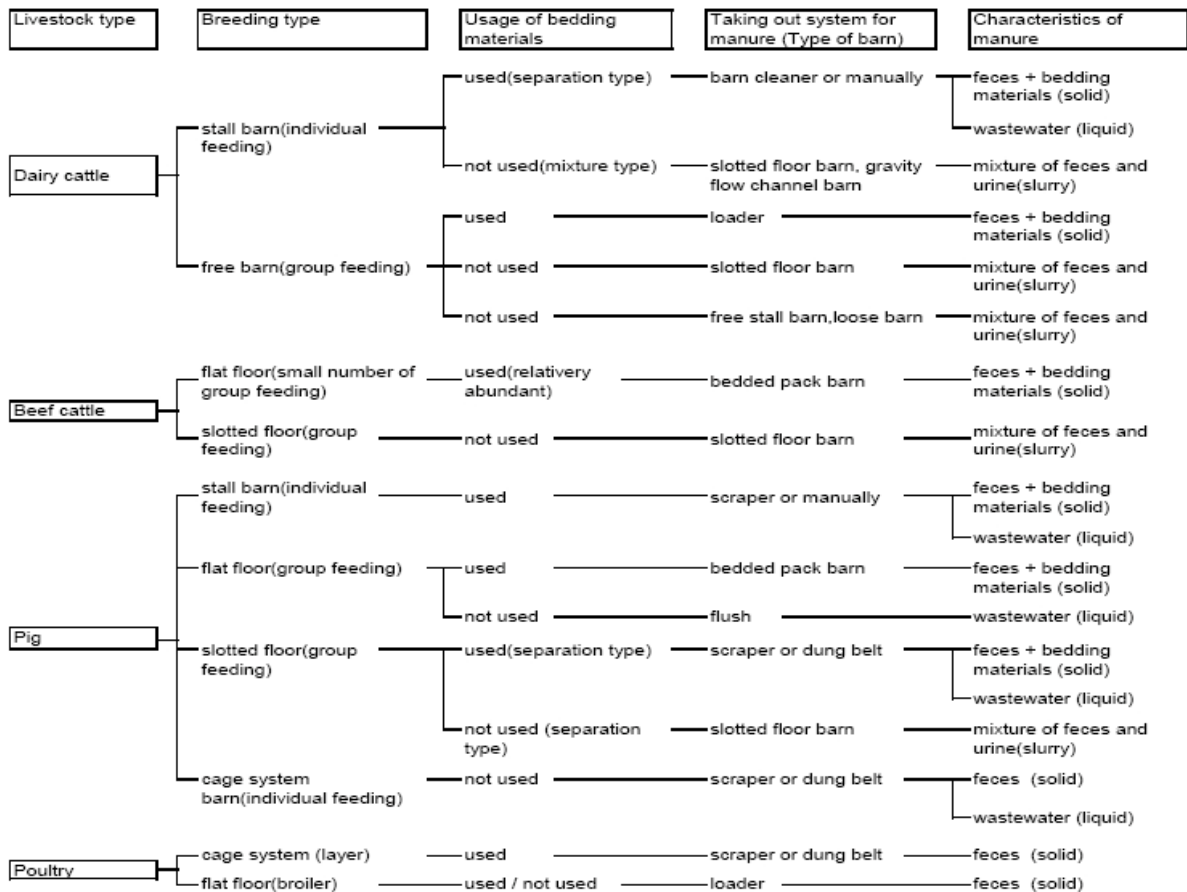
อ้างอิงจากข้อมูลที่แสดงในตาราง 2.13.1 ปริมาณการผลิตของเสียจากปลุสสัตว์ในญี่ปุ่นเท่ากับ 60.7 ล้านตันของมูล และ 27.7 ล้านตันของปีศาจ (ตาราง 2.13.2) ของเสียจากปลุสสัตว์ในญี่ปุ่นมีปริมาณไนโตรเจนสะสมทั้งหมดเท่ากับ 670 พันตันและฟอสฟอรัสเท่ากับ 108 ล้านตันซึ่งเป็นจำนวนมากเมื่อเทียบกับปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปุ๋ยในญี่ปุ่นเท่ากับ 480 พันตันและ 250 พันตันตามลำดับ สถิติสำหรับจำนวนของเสียทั้งหมดจากโรงฆ่าสัตว์นั้นไม่สามารถทราบได้ แต่ปริมาณ (ประมาณ 1.5 ล้านตัน) น้อยกว่า 2% ของจำนวนของเสียจากสัตว์ทั้งหมด

ตาราง 2.13.2 ปริมาณการผลิตต่อปีของของเสียจากปศุสัตว์ในญี่ปุ่น

ชนิด	จำนวน (พัน)	สารอินทรีย์ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ในของเสีย (พันตัน)					
		ของเสียปศุสัตว์ (พันตัน)			สารอินทรีย์	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส
		มูล	ปัสสาวะ	รวมทั้งหมด			
โคนม	1,683	21,206	6,261	27,467	3,424.20	134.9	18.8
โคเนื้อ	2,805	18,990	6,872	25,862	3,452.50	130.9	15.9
สุกร	9,724	7,857	14,586	22,443	1,644.30	151.5	32.3
ไก่ไข่	174,550	7,698		7,698	1,154.60	154.0	29.3
ไก่เนื้อ	104,950	4,975		4,975	746.20	99.5	11.4
รวมทั้งหมด		60,725	27,719	88,444	10,421.90	670.8	107.6

#### 2.13.4 การดูแลและการใช้ทั่วไปของของเสียจากสัตว์

ดร. ฮะกะ (National Agriculture and Food Research Organization) ได้สรุปเกี่ยวกับระบบที่ใช้ในการดูแลของเสียของสัตว์ที่สำคัญในญี่ปุ่น (รูป 2.13.1) จากผลที่ได้จากการวิจัยโดยสำนักงานการผลิตทางการเกษตรของอุตสาหกรรมปศุสัตว์ ส่วนที่เป็นของแข็งนั้นให้กองรวมกันหรือห้อนมาผสมกันโดยกระบวนการที่ไม่ซับซ้อน ส่วนที่เป็นของเหลวให้เก็บและใช้ในไร่ของตนเป็นปุ๋ยในอุตสาหกรรมโคกระบือ ในฟาร์มสุกรการผสมโดยใช้ระบบ forced- aeration (ให้อากาศ) เป็นวิธีหลักของกระบวนการสำหรับส่วนที่เป็นของแข็งและระบบทำน้ำเสียให้บริสุทธิ์ซึ่งถูกใช้ในฟาร์มสำหรับการทำของเหลวให้เปลี่ยนสู่สภาพที่ดีขึ้น นอกจากนี้ หลังจากการทำให้แห้ง เตาอบปุ๋ยนั้นถูกขายและนำไปใช้ต่อในฟาร์มอื่นๆ โดยทั่วไปเกษตรกรที่เลี้ยงโคกระบือมีที่ดินเป็นของตัวเองเพื่อการเพาะปลูก แต่เกษตรกรที่เลี้ยงสุกรและสัตว์ปีกนั้นไม่มีที่ดินเพื่อการเพาะปลูก ดังนั้นจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ระบบการจัดการของเสียจากปศุสัตว์แตกต่างกัน ของเสียโรงฆ่าสัตว์และผลพลอยได้ของกระบวนการผลิตเนื้อนั้นถูกนำไปผ่านกระบวนการเรนเดอร์ริงค์ และส่วนใหญ่ถูกใช้เปลี่ยนเป็นน้ำมันและไขมันที่กินได้ อาหารสัตว์ และแหล่งวัตถุดิบของกระบวนการทางอุตสาหกรรม



รูป 2.13.1 ชนิดของของการขยายพันธุ์สัตว์ในฟาร์มและคุณลักษณะของมูลสัตว์ชนิดต่างๆ

### 2.13.5 คุณค่าของของเสียจากสัตว์และปริมาณทั้งหมดในโลก

ในการคำนวณค่าของทรัพยากรของเสียจากปศุสัตว์ ดังนั้นควรคำนึงถึง 1) ปริมาณแหล่งธาตุอาหารในพืช (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และอื่นๆ) 2) ปริมาณแหล่งสารอินทรีย์ที่ช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ดี 3) แหล่งพลังงาน เนื่องจาเงื่อนไขของการผสมพันธุ์สัตว์เพื่อขยายพันธุ์ที่แตกต่างกัน ทำให้ยากที่จะคำนวณปริมาณของธาตุอาหารเช่นไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในมูลสัตว์จากปศุสัตว์ทั้งหมดในโลกอย่างถูกต้อง จากสถิติของ FAO ปริมาณธาตุอาหารในมูลสัตว์จากปศุสัตว์ทั้งหมดในโลกมีค่ามากกว่า 140-150 เท่าของในญี่ปุ่น

## 2.14 กากตะกอนจากน้ำเสีย (Sewage Sludge)

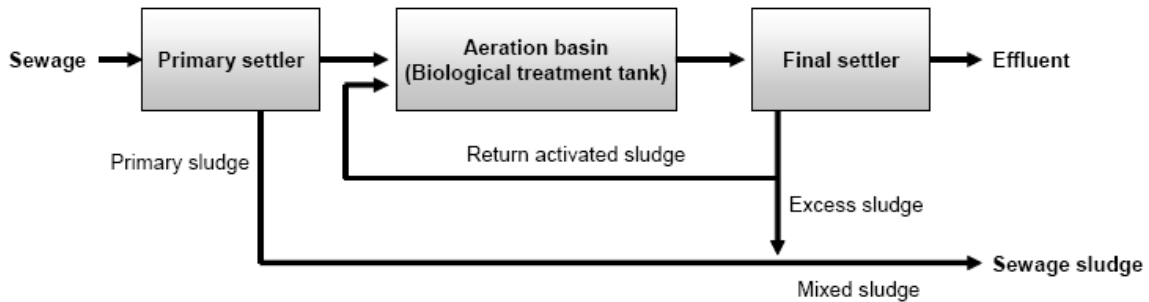
### 2.14.1 กากตะกอนจากน้ำเสีย คืออะไร

กากตะกอนจากน้ำเสีย ในหนังสือเล่มนี้ หมายถึง สารของแข็งที่ถูกปล่อยออกมาจากแอกทิเวเต็ดสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียโดยมีการเติมอากาศ กากตะกอนจากน้ำเสีย ซึ่งเป็นของผสมสารตกตะกอนได้กับจุลินทรีย์ที่สามารถแพร่พันธุ์ได้นั้นมีปริมาณสารอินทรีย์สูงถูกจัดเป็นสารชีวมวลที่นำมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้ง



## 2.14.2 ชนิดและคุณลักษณะของกากตะกอนจากน้ำเสีย

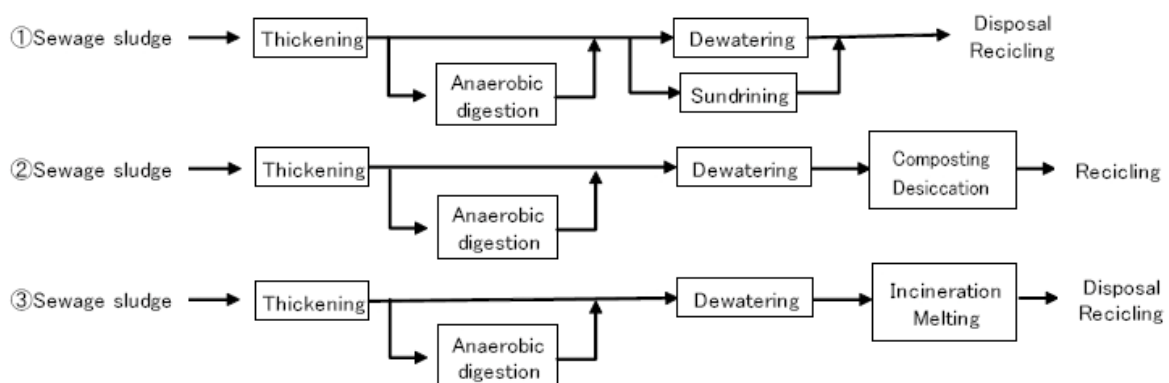
กระบวนการของแอกทิเวเต็ดสลัดจ์พื้นฐานถูกบรรยายโดยรูป 2.14.1 ซึ่งเป็นกระบวนการการบำบัดน้ำเสียโดยใช้อากาศแบบทั่วไป



รูป 2.14.1 กระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบพื้นฐาน

กระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ สารตกตะกอนนั้นสะสมอยู่ในน้ำเสียซึ่งจะถูกกำจัดออกในถังตกตะกอนปฐมภูมิ และถูกนำออกมาเป็นตะกอนดิบ จากนั้นน้ำเสียถูกส่งต่อไปยังอ่างเติมอากาศและมีการกวนร่วมด้วยซึ่งน้ำเสียจะถูกผสมกับแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ที่ถูกป้อนกลับเข้ามา น้ำเสียที่ถูกผสมกับแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ที่ถูกป้อนกลับเข้ามาในอ่างที่ให้อากาศนั้น เรียกว่า สารละลายผสม สารมลพิษอินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกกำจัดออกจากเฟสของเหลวโดยการดูดซับทางชีวภาพและในที่สุดจะถูกย่อยสลายโดยการดูดซึมและการย่อยของจุลินทรีย์ในแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ บางส่วนของแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ที่ถูกป้อนกลับเข้ามานั้นมาจากตะกอนที่มาจากโรงงานปล่อยออกมาเนื่องจากมีมากเกินไปและปริมาณของตะกอนนั้นประมาณเท่ากับปริมาณจุลินทรีย์ที่ถูกขยายพันธุ์ในอ่างที่ให้อากาศ กากตะกอนจากน้ำเสียนั้นอาจเป็นของผสมระหว่างตะกอนดิบกับตะกอนที่มีมากเกินไปหรืออาจเป็นตะกอนต่างๆที่ถูกปล่อยจากโรงงานโดยแยกชนิดกัน

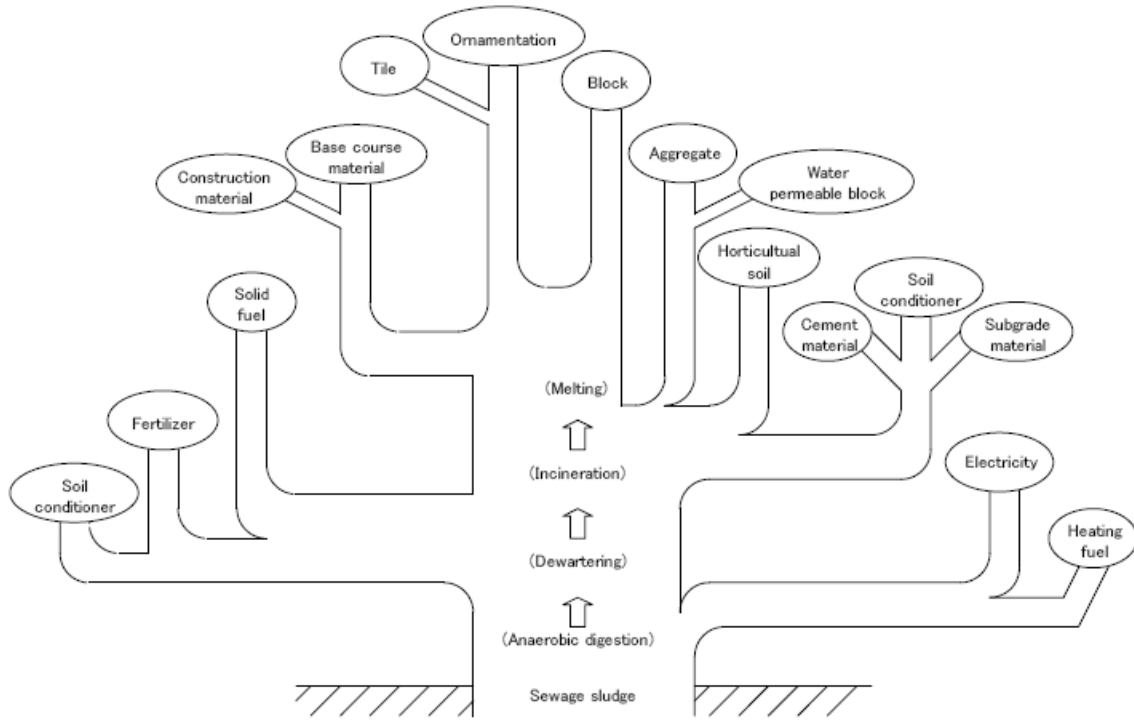
กากตะกอนจากน้ำเสียที่ถูกปล่อยออกมาจะถูกดึงน้ำออกทำให้มีความเข้มข้นมากขึ้น และจะถูกส่งไปฝังกลบหรือรีไซเคิลหลังจากการมีพื้นที่ฟูสภาพชั้นปานกลาง เช่น การเผา หรือแก๊สซิฟิเคชันแบบหลอมเหลว กระบวนการทั่วไปในการฟื้นฟูสภาพและการกำจัดกากตะกอนจากน้ำเสียเป็นดังที่ปรากฏในรูป 2.14.2



รูป 2.14.2 กระบวนการทั่วไปในการฟื้นฟูสภาพของกากตะกอนจากน้ำเสีย

### 2.14.3 การใช้ประโยชน์จากตะกอนน้ำเสีย

โดยหลากหลายวิธีและระดับของการฟื้นฟูสภาพเช่น การย่อยโดยจุลินทรีย์ที่อาศัยออกซิเจน การคังน้ำออก กาบทำ ให้แห้ง การเผา การหลอมเหลว ทำให้กากตะกอนจากน้ำเสียถูกนำไปรีไซเคิลและใช้ประโยชน์ดังที่ปรากฏดังรูป 2.14.3



รูป 2.14.3 ตัวอย่างของการรีไซเคิลของกากตะกอนจากน้ำเสีย

โดยการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ สารอินทรีย์ในกากตะกอนจากน้ำเสียจะถูกแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนย่อยและ เปลี่ยนเป็นแก๊สชีวภาพ และแก๊สชีวภาพเหล่านั้นระกอบไปด้วยมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งสามารถใช้ผลิตเป็น พลังงานสำหรับเครื่องยนต์แก๊ส และบอยเลอร์แก๊สเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และไอน้ำและน้ำร้อนสามารถเป็นประโยชน์ต่อ ระบบบำบัดน้ำเสีย

ผลพลอยได้จากการคังน้ำออก การเผา หรือการหลอมของกากตะกอนจากน้ำเสียนำไปใช้เป็นปุ๋ยและสาร ปรับปรุงคุณภาพดินทางการเกษตรได้ หรือใช้เป็นวัสดุก่อสร้างเช่น ส่วนผสมของคอนกรีต กระเบื้อง และอิฐที่น้ำผ่านเข้า ออกได้ ทางวิศวกรรมโยธา ในอนาคตคาดว่าจะมีการขยายตัวอย่างรวดเร็วของการรีไซเคิลและการใช้ประโยชน์ของกาก ตะกอนน้ำเสีย

#### ข้อมูลเพิ่มเติม

Japan Sewage Works Association: Sewage facilities planning, policy and explanation (second part) 2001, pp. 15-47, Japan (2001) (in Japanese)

Japan Sewage Works Association: Sewage facilities planning, policy and explanation (second part) 2001, pp. 335, Japan (2001) (in Japanese)

Japan Sewage Works Association: Japan Sewage Works 2005, pp.141, Aikosha (2005)(in Japanese)

The Japan Institute of Energy: Biomass Handbook, Ohmsha, pp. 70-72, Ohmsha (2002) (in Japanese)

## 2.15 ขยะมูลฝอย

สารชีวมวลในขยะมูลฝอยสารใหญ่ ได้แก่ เศษอาหาร เศษกระดาษ กระบวนการทางชีววิทยา (2.15.1 และ 2) หรือทางความร้อน (2.15.3 และ 5) ถูกนำมาใช้เพื่อดึงเอาพลังงานออกมาจากสารชีวมวล

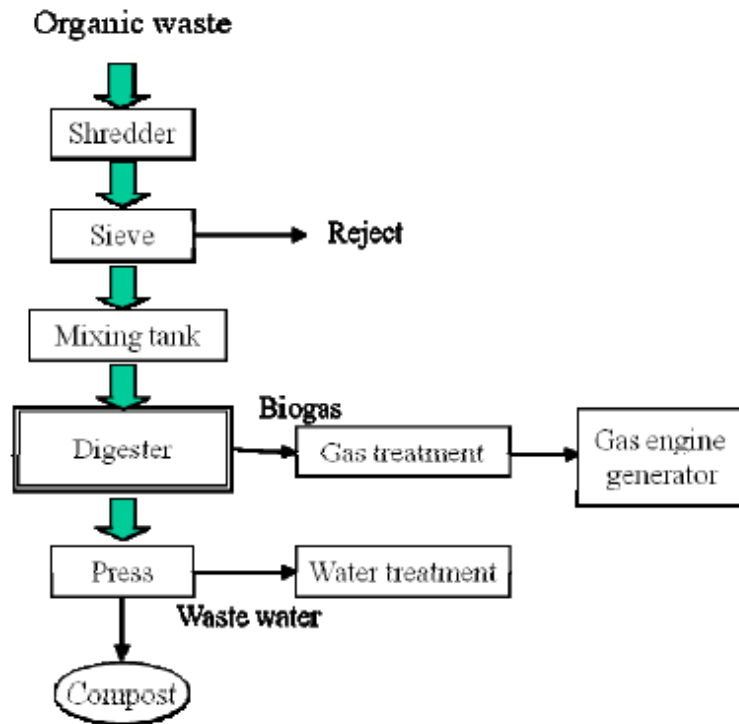
### 2.15.1 การดึงมีเทนออกจากพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอย

ในพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอยที่เต็มไปด้วยของเสียอินทรีย์ การย่อยสลายสารชีวมวลโดยใช้อากาศนั้นทำให้เกิดก๊าซมีเทนเนื่องจากออกซิเจนที่อยู่ในบรรยากาศจะถูกใช้ในบริเวณใกล้ผิวของพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอย ก๊าซในพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอยนั้นสามารถทำอันตรายต่อพืชที่เจริญเติบโตอยู่ใกล้ๆและอาจทำให้อาคารที่อยู่ใกล้ระเบิดได้ ดังนั้นมาตรการการควบคุมก๊าซรวมถึงการเกิดประกายไฟนั้นถูกนำมาใช้ตั้งแต่ยุค 1960 เป็นต้นมา ในพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอยที่มีขนาดใหญ่ ปล่องในแนวตั้งถูกติดตั้งเพื่อใช้สูบก๊าซออกซึ่งจัดตั้งขึ้นในสถานที่ขายก๊าซนั้นเป็นพลังงานหรือในโรงไฟฟ้า อัตราเฉลี่ยในการดึงก๊าซอยู่ในช่วง 120 – 150 ลูกบาศก์เมตรต่อตันของขยะมูลฝอยแห้งซึ่งมีค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เท่ากับ 2500 เมกกะจูลต่อตัน (ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนในพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอยเท่ากับ 55%) ตั้งแต่ช่วงปลายยุค 1990 งานวิจัยของอเมริกาหลายงานวิจัยได้ศึกษาเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพที่ใช้ในการฝังกลบขยะมูลฝอย ซึ่งปริมาณความชื้นถูกควบคุมเพื่อให้เกิดการย่อยสลายทางชีวภาพสูงสุด เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพนั้นยังช่วยในการเพิ่มอัตราการเกิดก๊าซและอัตราการดึงพลังงานออกมา

ในทางกลับกันก๊าซที่เกิดในพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอยไม่ถูกดึงกลับมาใช้ในญี่ปุ่น เนื่องจากสาเหตุ 2 ประการ พื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอยมีปริมาณสารอินทรีย์อยู่เพียงเล็กน้อยเนื่องจากการเผาและในพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอยที่มีการเติมอากาศผ่านการใช้โครงสร้างของพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอยที่เป็นกึ่งระบบใช้อากาศในการย่อยซึ่งการนำความร้อนตามธรรมชาติเกิดขึ้นในบริเวณที่ใช้อากาศที่มีท่อของน้ำชะละลายขยะมูลฝอยได้บริเวณฝังกลบของขยะมูลฝอย บริเวณที่ฝังกลบซูโอะโอะ ทะเฮอิในอ่าวโตเกียวมีการดึงก๊าซมีเทน แต่มีการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อปี (เฉลี่ย 20 ปีที่ผ่านมา) เท่ากับ 3000 เมกกะวัตต์ ชั่วโมงซึ่งเท่ากับพลังงานที่ใช้ใน 850 หลังคาเรือน

### 2.15.2 ไบโอแก๊สซิฟิเคชัน (การหมักมีเทน)

ไบโอแก๊สซิฟิเคชันเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ดึงก๊าซมีเทนออกจากสารอินทรีย์ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ไม่มีอากาศเติมออกซิเจน ซึ่งหมายถึงการย่อยโดยไม่ใช้ออกซิเจน กระบวนการนี้ถูกพัฒนาในยุค 1980 เพื่อบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ในปี 1997 โรงงาน 90 แห่งทั่วโลกได้ดำเนินการตามกระบวนการนี้ (ปริมาณงานที่ทำในช่วงเวลาหนึ่งเท่ากับ 3.5 ล้านตันต่อปี) ในญี่ปุ่น โรงงาน 12 แห่งเพื่อบำบัดของเสียจากมนุษย์และเศษอาหาร โดยโรงงาน 3 แห่งที่บำบัดแค่เศษอาหาร รูป 2.5.1 อธิบายกระบวนการหลักของไบโอแก๊สซิฟิเคชัน สารที่มีความเข้มข้นของแข็งต่ำ (6-10%) จะถูกบำบัดในระบบเปียก ในขณะที่ สารที่มีความเข้มข้นของของแข็งสูง (25-40%) จะถูกบำบัดในระบบแห้ง ระบบการบำบัดนั้นถูกแบ่งโดยชนิดจุลินทรีย์หลัก เมโทรฟิลิกใช้ที่อุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียสและ เทอร์โมฟิลิกใช้ที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส



รูป 2.15.1 แผนผังกระบวนการไปโอแก๊สซิฟิเคชั่น

### 2.15.3 การเผาโดยที่มีการกู้คืนพลังงาน

ขยะมูลฝอยนั้นมีค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ประมาณหนึ่งในสามของค่าความร้อนของถ่านหินและเผาไหม้ได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 1000 องศาเซลเซียส เมื่อก๊าซที่ได้จากการเผาถูกลดอุณหภูมิลงในช่วง 200-300 องศาเซลเซียสโดยเครื่องควบคุมหีตว พลังงานจะถูกดึงกลับมาโดยระบบบอยเลอร์ ระบบการเผาไหม้ขนาดเล็กจะใช้ความร้อนเหล่านี้ในการเพิ่มความร้อนและทำน้ำร้อนเพื่อเก็บไว้ใช้ในกระบวนการ และระบบการเผาไหม้ขนาดใหญ่จะถูกใช้เป็นไอน้ำความดันสูงสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า ในปี 2005 มากกว่า 60% ของการเผาขยะมูลฝอยถูกใช้ทำน้ำร้อนและอีก 20% ถูกใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า

อย่างไรก็ตาม โดยเฉลี่ย การผลิตกระแสไฟฟ้าจากการเผาไหม้ของขยะมูลฝอยมีประสิทธิภาพแค่เพียง 10 % ซึ่งน้อยกว่าโรงไฟฟ้าถ่านหิน เนื่องจากอุณหภูมิของไอน้ำต้องต่ำเพื่อป้องกันการกัดกร่อนที่อุณหภูมิเท่ากับหรือมากกว่า 320 องศาเซลเซียส ดังนั้นความคุ้มทุนจึงต่ำเนื่องจากราคาของกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่ำกว่าต้นทุนที่เกี่ยวข้องในการผลิตกระแสไฟฟ้า

เตาเผาขยะขนาด 600 ตันต่อปีนั้นให้บริการความร้อนแก่บ้านเรือนที่อยู่ใกล้เคียงได้จำนวน 1000-1500 ครัวเรือน แต่เป็นไปได้ยากเนื่องจากโดยทั่วไปเตาเผาขยะนั้นจะถูกตั้งไกลออกไปจากบริเวณที่อยู่อาศัย เพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของพลังงาน ดังนั้นการวางแผนเมืองต้องรวมระบบการจัดการขยะมูลฝอยไว้ด้วย

### 2.15.4 การผลิตขยะเชื้อเพลิงและการนำขยะเชื้อเพลิงไปผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า

ขยะเชื้อเพลิง (Refuse-derived fuel, RDF) เป็นเชื้อเพลิงที่ได้มาจากขยะ เชื้อเพลิงนั้นมีความหมายกว้างรวมถึงน้ำมันและก๊าซ แต่โดยทั่วไปหมายถึงขยะที่ถูกตัดหรือฉีกเป็นชิ้นๆหลังจากที่แยกสารที่เผาไหม้ไม่ได้ ออก ในญี่ปุ่น ขยะ

เชื้อเพลิงถูกผลิตครั้งแรกจากของเสียที่มีขนาดสม่ำเสมอที่ถูกใช้ในเชิงพาณิชย์ เช่น พลาสติกและกระดาษ ต่อมาในปลายยุค 1980 การผลิตขยะเชื้อเพลิงเริ่มนำขยะจากบ้านเรือนมาใช้ในการผลิต ขยะเชื้อเพลิงนั้นผ่านกระบวนการหลายอย่าง ได้แก่ การแยกสารเผาไหม้ไม่ได้ ออก การอบแห้ง การตัดหรือฉีกเป็นชิ้นๆ และการทำให้เป็นลูกกลมๆ เพื่อเคลื่อนย้าย ขยะเชื้อเพลิงนั้นสะดวกในการขนส่งและเก็บรักษา และถูกเลือกเป็นวิธีทางเลือกหนึ่งของการเผาไหม้ในเมืองที่มีขนาดเล็กและปานกลาง แต่หลังจากปัญหาเกี่ยวกับไดออกซิน ดังนั้นขยะเชื้อเพลิงจึงถูกจำกัดให้ใช้เป็นเชื้อเพลิงในบอยเลอร์ขนาดเล็ก การผลิตกระแสไฟฟ้าจากขยะเชื้อเพลิงในภูมิภาค (ซึ่งขยะเชื้อเพลิงถูกผลิตจากขยะมูลฝอยถูกใช้ในโรงไฟฟ้ากลาง) กลายเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจในขณะที่การกระจายพลังงานศูนย์กลางอุตสาหกรรมเผาขนาดเล็กนั้นเกิดขึ้นไม่ได้

เมื่อเปรียบเทียบขยะที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการ ขยะเชื้อเพลิงนั้นมีค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้และมีส่วนผสมเท่ากันซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า โรงไฟฟ้าจากขยะเชื้อเพลิง 5 แห่งที่ดำเนินการผลิตในญี่ปุ่น ตั้งแต่ปี 2001 ซึ่งถูกคาดว่าขยะเชื้อเพลิงปริมาณ 160-310 ตันต่อวัน มีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า 20-30% และได้ผลผลิตเท่ากับ 3000-20000 กิโลวัตต์ อย่างไรก็ตามในปี 2003 ถึงเก็บขยะเชื้อเพลิงได้เกิดการระเบิดในโรงงานแห่งหนึ่ง และผลการสำรวจอย่างกว้างขวางพบว่าอุบัติเหตุคล้ายคลึงกันนี้ไม่เป็นเรื่องที่น่าประหลาดใจ ซึ่งขยะเชื้อเพลิงนั้นถูกส่งไปฝังกลบในปัจจุบัน ปี 2003 มีโรงงานผลิตขยะเชื้อเพลิง 43 แห่งที่ดำเนินการผลิต แต่เทคโนโลยีนี้เป็นที่ไม่น่าเชื่อถือในญี่ปุ่น เนื่องจากสถิติความปลอดภัยต่ำ ในปัจจุบันสหรัฐอเมริกามีเตาเผาขยะเชื้อเพลิงขนาดใหญ่ 15 เตา แต่ขยะเชื้อเพลิงในสหรัฐอเมริกามีแค่ขยะเผาไหม้ได้เท่านั้น (fluff RDF, coarse RDF)

### 2.15.5 ไพโรไลซิส

ในปลายยุค 1990 ปัญหาเกี่ยวกับไดออกซินนั้นทำให้ผู้ผลิตเตาเผาต้องพัฒนาระบบไพโรไลซิส (แก๊สซิฟิเคชัน) นอกเหนือจากระบบหลอมเหลว ขยะของแข็งถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียสในสภาวะไร้ออกซิเจนหรือมีออกซิเจนต่ำ ก๊าซที่เผาได้และของแข็งที่เหลือจะถูกเผาที่อุณหภูมิ 1200-1500 องศาเซลเซียสเพื่อหลอมละลายขี้เถ้า ผลประโยชน์จากระบบการนี้ เช่น การปล่อยไดออกซินปริมาณต่ำ ประสิทธิภาพของการผลิตกระแสไฟฟ้าสูง และการรีไซเคิลของกากที่หลอมเหลว และโรงงาน 77 แห่งที่ดำเนินการผลิตในปี 2005 อย่างไรก็ตามการศึกษาในปัจจุบัน พบว่าโรงงานเหล่านี้ต้องการปริมาณของเชื้อเพลิงเสริมและกระแสไฟฟ้าสูงและผลิตกากหลอมเหลวที่ไร้ซิลิกาต่ำ เพื่อที่จะลดข้อเสีย ในส่วนแรกของระบบไพโรไลซิสและหลอมเหลวต้องใช้เป็นกระบวนการคาร์บอนในเซชัน ผลิตภัณฑ์ ชาร์นั้นถูกใช้เป็นถ่านทางเลือก สารปรับปรุงสภาพดิน และผงถ่านสำหรับเตาหลอมเหล็ก ในทางตรงกันข้าม ในสหภาพยุโรป ไพโรไลซิสถูกใช้เป็นเทคโนโลยีทางเลือกเพื่อผลิตพลังงานจากของเสีย แต่มีเป้าหมายคือ ก๊าซไพโรไลซิส

#### ข้อมูลเพิ่มเติม

R.Stegmann, "Landfill gas utilization: An overview" in Landfilling of waste: Biogas (ed.T.H.Christensen R.Cossu, R.Stegmann), E&FN SPON (1996)

Tadashi Abe, "Beikoku ni-okeru Gomi-hatsuden no Hatten", Waste Management Research7(4) 305-315(1996) (in Japanese)

Hideaki Fujiyoshi, "Toshi-gomi no Tanka-nenryo-ka Shisetsu", ENERGY, 57-59 (2001-4) (in Japanese)

Shigeo Shikura, Hideki Harada, "Toshi-haikibutsu no Kenkisei-shoka", Waste Management Research 10(3) 241-250(1999) (in Japanese)

Website of Tokyo-to, <http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/tyubou/> (in Japanese)

Toru Furuichi, Norio Nishi (ed), "Biocycle", Kankyo-Shinbunsha (2006) (in Japanese)

Tsukasa Kagiya, "RDF Hokanji no Hatsunetsu to Kongo-no Taio", Kankyo-Shisetsu 94, 48-55 (2003) (in Japanese)

"RDF Hatsuden-shisetsu o Kaku to-suru Gomi-shori Koiki-ka ni Kadai", Kankyo-Shisetsu 94 (2003) (in Japanese)

Hideaki Fujiyoshi, "Gasu-ka Yoyu-ro no Unten Kanri to Kaizen Jirei", Kankyo-Gijutsu-Kaishi 129, 86-99(2007) (in Japanese)

## 2.16 น้ำยางค้ำ

### 2.16.1 น้ำยางค้ำ

น้ำยางค้ำเป็นสารประกอบของเล็ยสารอินทรีย์ ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากไม้ในการผลิตเยื่อกระดาษทางเคมี และถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงเหลวในบอยเลอร์นำสารเคมีกลับคืนในโรงเยื่อกระดาษ ประมาณ 1.5ตันของน้ำยางค้ำถูกผลิตในกระบวนการผลิต จาก 1 ตันของเยื่อกระดาษ โดยทั่วไป ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เคลอริเมทริกซ์ เท่ากับ 12.6 เมกกะจูลต่อกิโกลรัม และพลังงานที่ได้นั้นถูกนำไปใช้ในกระบวนการผลิตกระดาษจากเยื่อกระดาษ

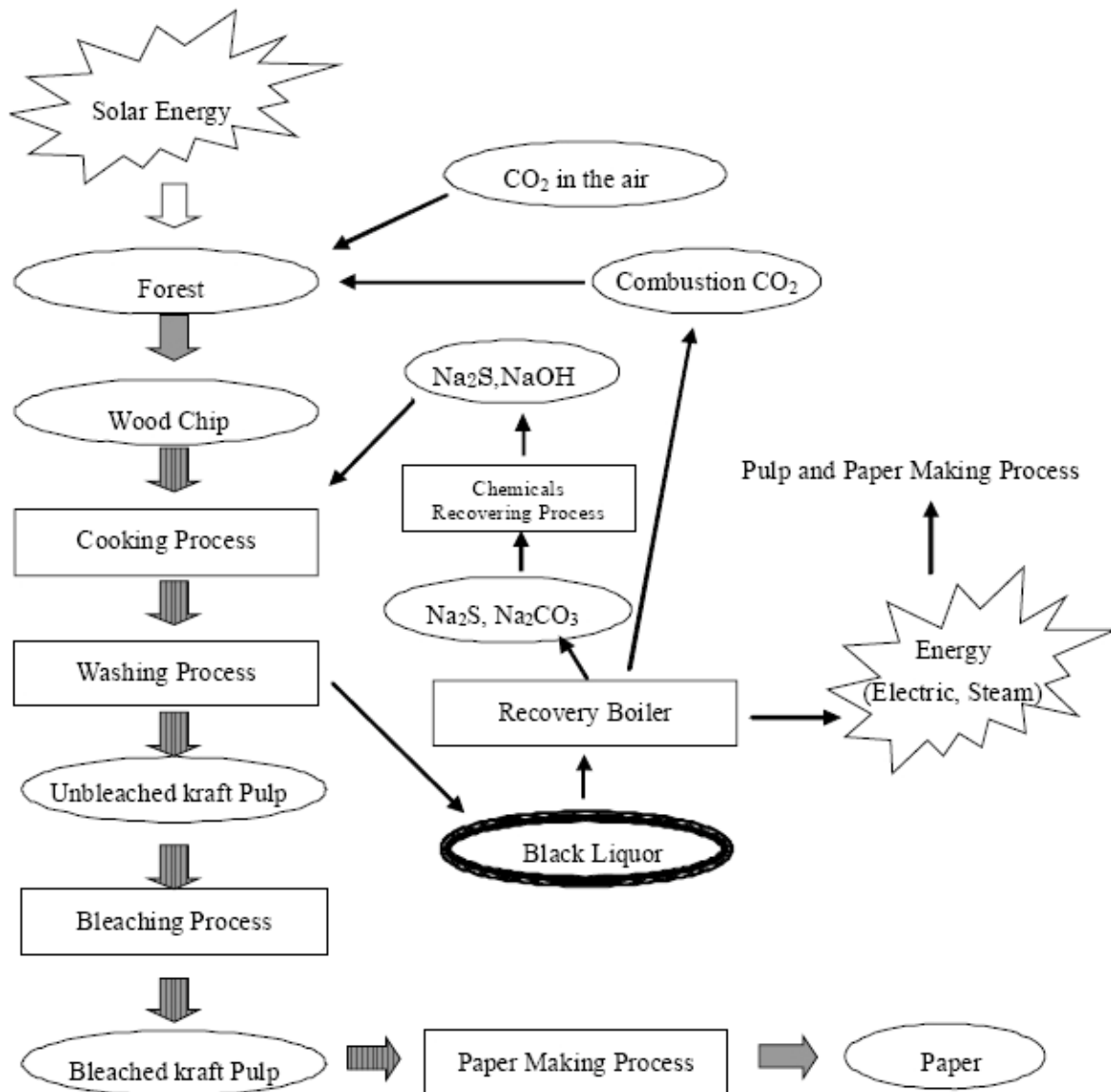
### 2.16.2 กระบวนการการผลิตของน้ำยางค้ำ

มีกระบวนการที่แตกต่างกันมากมายซึ่งใช้สำหรับแยกเส้นใยไม้ เยื่อกระดาษที่ผลิตได้แบ่งออกเป็นสองชนิด ได้แก่ เยื่อกระดาษทางกลซึ่งผลิตซึ่งได้จากการผลิตโดยกระบวนการบด และเยื่อกระดาษทางเคมีซึ่งผลิตจากกระบวนการต้มเพื่อแยกเส้นใยออกจากไม้ น้ำยางค้ำได้จากกระบวนการต้ม ในบพนี้ รายละเอียดของการผลิตน้ำยางค้ำจะขออธิบายการผลิตเยื่อกระดาษจากกระบวนการคราฟท์ (Kraft Process) ซึ่งใช้เป็นกระบวนการหลักในการผลิตเยื่อกระดาษในปัจจุบัน (รูป 2.16.1)

ไม้ซึ่งเป็นวัตถุดิบของการผลิตกระดาษ เส้นใยไม้ประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของเส้นใย อัตราส่วนของเซลลูโลสต่อเฮมิเซลลูโลสต่อลิกนิน เท่ากับ 55:20:25

กระบวนการในการสกัดลิกนินออกจากเศษไม้นั้นทำได้โดยการย่อยสลายและละลายในกระบวนการต้ม ในกระบวนการคราฟท์ โซเดียมซัลไฟด์และโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นสารเคมีที่ช่วยในการต้มและสารผสมถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 140-170 องศาเซลเซียสเป็นเวลาหลายชั่วโมง สิ่งที่สำคัญในกระบวนการคือควรป้องกันไม่ให้เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสถูกทำลาย แต่ในความเป็นจริงแล้ว เซลลูโลสบางส่วนและเฮมิเซลลูโลสเกือบทั้งหมดถูกย่อยสลายและละลาย

ในกระบวนการ โดยทั่วไปครึ่งหนึ่งของสารอินทรีย์ในไม้จะเปลี่ยนเป็นเยื่อกระดาษและที่เหลือจะเปลี่ยนเป็นน้ำยางค้ำ



รูป 2.16.1 กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษหลัก

น้ำยางค่านั้นประกอบด้วยลิกนินและเฮมิเซลลูโลสที่ถูกละลายและย่อยสลาย และโซเดียมและซัลเฟอร์ หลังจากกระบวนการต้ม ความเข้มข้นโดยทั่วไปของน้ำยางค้ำเท่ากับ 15-20% ต่อมาสารละลายจะถูกทำให้มีความเข้มข้น เท่ากับ 70-75% และในที่สุดจะถูกเผาในบอยเลอร์น้ำสารเคมีกลับ สำหรับเศษไม้แข็ง เยื่อกระดาษ 1 ตัน จะได้น้ำยางค้ำ 1.5 ตัน โดยทั่วไปค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้แคลอรีเมตริกซ์เท่ากับ 12.6 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม

ในระหว่างกระบวนการผลิต โซเดียมและซัลเฟอร์ที่หลอมละลายจะอยู่ในสารละลายและถูกสกัดออกและละลายในน้ำร้อน หลังจากนั้นจะมีการผลิตโซเดียมซัลไฟด์และโซเดียมไฮดรอกไซด์อีกครั้งในกระบวนการครอสติคไซซิง (causticizing) และนำไปใช้ในกระบวนการต้มอีกครั้งหนึ่ง ในทางกลับกันเส้นใยไม้ที่ถูกแยกออกมาจะเปลี่ยนเป็นเยื่อกระดาษ และไปผ่านกระบวนการล้างและการบวกรวมฟอกสีและนำไปใช้เป็นตัวดูดซับในการผลิตกระดาษ

### 2.16.3 คุณลักษณะความสำคัญของน้ำยางดำ

จากที่ได้กล่าวไป จากเขื่อน้ำยางดำในบอยเลอร์นำสารเคมีกลับเป็นกระบวนการที่ทำให้ได้พลังงานออกมา ในขณะที่เดียวกัน ยังช่วยผลิตสารเคมีที่ใช้ในการผลิตเยื่อกระดาษอีกครั้งด้วย ดังนั้นโรงงานผลิตเยื่อกระดาษจากกระบวนการคราฟท์ ทุกแห่งจึงนำน้ำยางดำไปเผาเพื่อเป็นพลังงาน

ไม้แข็งเยื่อกระดาษ 1ตันหรือไม้อ่อนเยื่อกระดาษ 1.5 ตันจะผลิตผลพลอยได้เป็นน้ำยางดำ 2 ตัน โดยทั่วไปน้ำยางดำทั้งหมดถูกใช้เป็นพลังงานชีวมวล การผลิตเยื่อกระดาษจากกระบวนการคราฟท์ในญี่ปุ่นมีปริมาณ 9 ล้านตันต่อปีและในระหว่างกระบวนการผลิตได้ น้ำยางดำปริมาณ 14 ล้านตันและปริมาณสารละลายเท่ากับน้ำมันดิบ 4.71 ล้านกิโลลิตรในเชิงพลังงาน

ในปี 1999 ปริมาณการผลิตเยื่อกระดาษทางเคมีของโลกเท่ากับ 119 ล้านตัน การผลิตน้ำยางดำจากการคำนวณมีปริมาณเท่ากับ 200 ล้านตันซึ่งเท่ากับน้ำมันดิบ 60 ล้านกิโลลิตร (ตาราง 2.16.1)

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษและกระดาษในญี่ปุ่นและประเทศในกลุ่มอาเซียนได้ใช้ต้นไม้ที่ถูกปลูกขึ้นมาโดยเยื่อกระดาษเฉพาะเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตและปริมาณการผลิตเพิ่มมากขึ้น อุตสาหกรรมนี้เกิดการพัฒนาด้านส่วนของการผลิตทั้งวัตถุดิบและพลังงานจากการจัดการป่าที่ยั่งยืนซึ่งผลิตทรัพยากรในการผลิตเยื่อกระดาษ ดังนั้นการใช้น้ำยางดำนั้นเป็นรากฐานของการจัดการที่ยั่งยืน

ในปัจจุบันการใช้น้ำยางดำนั้นถูกจำกัดในการใช้เป็นแหล่งพลังงานในโรงงานผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษ อย่างไรก็ตาม สารหลายชนิดถูกผลิตจากน้ำยางดำ เช่น กรดคลอโรโนซัลโฟนิกโดยแยกกลินินออกจากน้ำยางดำและกรดนิวคลีอิกโดยการเพาะยีสต์ที่ใช้น้ำตาลในน้ำยางดำ การใช้น้ำยางดำโดยการถลุงทางชีวภาพถูกคาดหวังว่าจะพัฒนาในอนาคต

ตาราง 2.16.1 การผลิตเยื่อกระดาษ (1000ตัน)

	1989	1994	1999
ทั่วโลก	113,803	111,304	119,260
ยุโรป	19,381	20,219	22,502
อเมริกาเหนือ	58,053	62,714	61,934
เอเชีย	17,490	13,755	17,252
ละตินอเมริกา	5,517	7,527	9,652

#### ข้อมูลเพิ่มเติม

Keiichi Tsuchiya, Makoto Iwasaki, Tadanori Oihata, Yoshihiro Sakaguchi, Keiichi Tsuchiya, “Pulp and Paper Manufacturing Technology Complete Book, Vol. 2 Kraft Pulp”, 11-20, 185-223 (1996) JAPAN TAPPI (in Japanese) JAICAF Edition, “World Forest White Paper 1997”, JAICAF (in Japanese) JAPAN TAPPI Energy Committee, “Survey on Energy Consumption in the Pulp and Paper Mills in Japan Part 1”, 55, 573-



591 (2001) JAPAN TAPPI (in Japanese)

JAPAN TAPPI Edition “Pulp and Paper technical handbook”, 105-136 (1971) JAPAN TAPPI (in Japanese)

Yuuichi Hayase, “Seishi-koujou kara-no Fukuseigenryou”, 50, 1253-1259, Thermal and Nuclear Power Engineering Society (in Japanese)

Masahiro Kitazume, “Sekai no Kami Parupu”, 8-15, September (2000) Kami-Parupu (in Japanese)

Keiichi Nakamata, “Kami to Shinrin no Kakawari”, Global Environmental Policy in Japan the 1st report, 1-9 (1999) Chuo University Press (in Japanese)

## 2.17 ของเสียจากการแปรรูปอาหาร

### 2.17.1 ศักยภาพของของเสียจากการแปรรูปอาหาร

ในบทนี้ ตัวอย่างจากประเทศไทยได้แสดงให้เห็นการใช้ของเสียจากการแปรรูปอาหาร ในประเทศที่เกษตรกรรมเป็นพื้นฐานทางของประเทศ อุตสาหกรรมอาหารนั้นมีบทบาทสำคัญในเศรษฐกิจของประเทศไทยและมีมูลค่าสูงในการส่งออกของประเทศในแต่ละปี กระบวนการแปรรูปอาหารที่เกี่ยวข้องกับสินค้า เช่น กระบวนการทางความร้อน ทางกลและทางเคมีซึ่งเป็นต้นเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อมและการบำบัดของเสียจากกระบวนการแปรรูปอาหาร ของเสียจากกระบวนการแปรรูปอาหารโดยกว้างแบ่งออกได้เป็นสองประเภทจากสถานะทางกายภาพ คือของเสียแข็ง และของเสียเหลว ของเสียแข็งนั้นรวมถึงเครื่องปาล์มน้ำมันที่เหลือจากการเก็บเกี่ยว ชานอ้อย ฟางข้าว โคนต้นข้าว แกลบ ของเสียจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง และซังข้าวโพด ส่วนของเสียเหลวนั้นรวมถึง การล้าง การทำความสะอาด การสกัดด้วยน้ำหรือสารละลายอื่นๆ

โดยปกติ ของเสียแข็งจะถูกใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตไอน้ำในบอยเลอร์สำหรับโรงงานแปรรูปอาหารหรือโรงไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีทางชีวมวล เช่น แก๊สซิฟิเคชัน ของเสียแข็งจะมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนเป็นพลังงานสูงกว่าการเผาไหม้โดยปกติที่ไม่ได้มีการควบคุม ส่วนของเสียเหลวจะถูกควบคุมตามกฎหมายที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นโรงงานจึงจำเป็นต้องติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย เช่น ระบบการย่อยสลายแบบไม่เติมอากาศซึ่งจะผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานในโรงงานนั้นๆ

จากการประเมินของกระทรวงพลังงานในปี 2000 อุตสาหกรรม 9 ชนิด ที่มีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพสูงได้แก่ มันสำปะหลัง น้ำตาล ปาล์มน้ำมัน อาหารทะเลกระป๋อง อาหารแช่แข็ง โรงฆ่าสัตว์ สับประรดกระป๋อง คาร์บอนेट โซดาและสุรา ตามลำดับ มีการตรวจสอบน้ำเสียจากอุตสาหกรรมเมื่อไม่นานนี้จากโรงงานมันสำปะหลัง น้ำตาล ปาล์มน้ำมัน สับประรดกระป๋อง เอทานอล เพื่อประเมินศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพโดย TRF (<http://www.trf.or.th>) ผลนั้นแสดงในตาราง 2.17.1 โรงงานผลิตมันสำปะหลังมีศักยภาพสูงในการผลิตก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นสองเท่าของโรงงานเอทานอลซึ่งเป็นรองอันดับหนึ่ง ศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพในบางอุตสาหกรรมในปัจจุบันต่ำตามที่ปรากฏเนื่องมาจากขาดการการบริหารจัดการระบบบำบัดน้ำเสียและการใช้ผลพลอยได้ที่ดี

ตาราง 2.17.1 สักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพในอุตสาหกรรมต่างๆ

อุตสาหกรรม	ข้อมูลก๊าซชีวภาพในปี 2005		Mwe เมกกะ วัตต์ทาง ไฟฟ้า	พลังงานจากก๊าซชีวภาพ		
	อัตราการผลิต (เมกกะลูกบาศก์ เมตรต่อปี)	ค่าสมมูล พลังงาน (กิโล โท(toe)ต่อปี)		กำลังการ ผลิต (กิกะ วัตต์ชั่วโมง ต่อปี)	เปอร์เซ็นต์ กำลังการผลิต	สมมูล น้ำมัน (เมกกะ ลิตร)
มัน สำปะหลัง	344	167	57	413	82.2	158
เอทานอล	149	97	20.5	179	100	69
น้ำมันปาล์ม	84	39	14	100	82.2	39
ตับประด กระป๋อง	13	6	3.7	16	50	6
น้ำตาล	4.2	0.7	3.6	5	27.4	0.3
รวมทั้งหมด	594.2	309.7	98.8	713	109.6	272.3

ที่มา: TRF (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.))

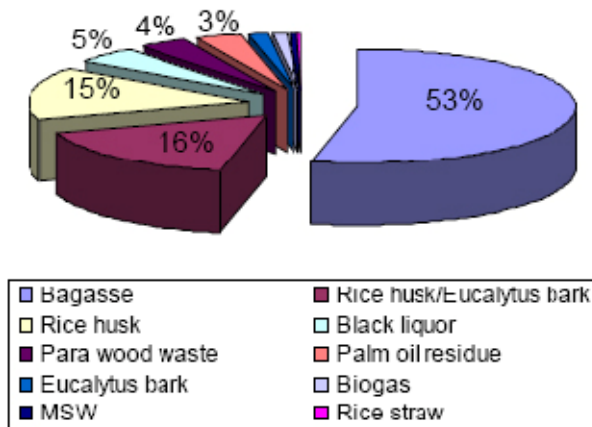
ข้อสังเกต: สมมูลเชื้อเพลิงน้ำมัน คำนวณจากปริมาณมีเทนในก๊าซชีวภาพโดยข้อมูลที่ตามมา

แฟกเตอร์ในการเปลี่ยน: มีเทน 1 ลูกบาศก์เมตรเท่ากับ 33.8 เมกกะจูล ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตรเท่ากับ 0.46 ลิตรของ  
เชื้อเพลิงน้ำมันสมมูลเท่ากับ 1.2 กิโลวัตต์ชั่วโมง

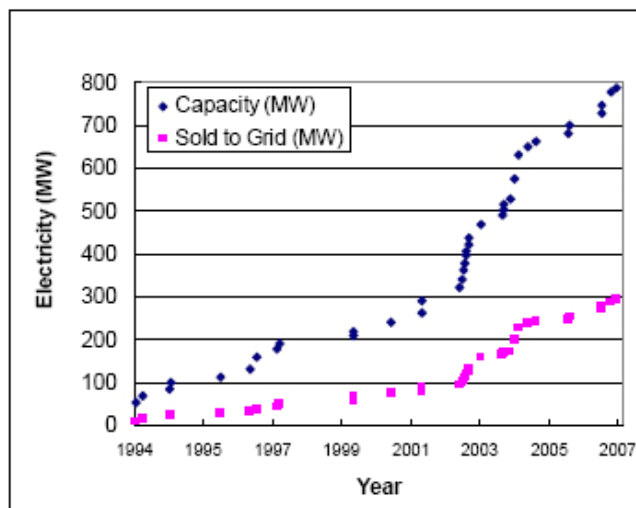
### 2.17.2 ชานอ้อย

ชานอ้อยเป็นของเสียแข็งที่ประกอบด้วยเส้นใย ได้จากลำต้นของอ้อยซึ่งถูกบดและสกัดน้ำอ้อยในโรงงานน้ำตาล โดยทั่วไป ปริมาณ 25-30% ของการผลิตอ้อยได้เป็นชานอ้อย คิดเป็นปริมาณเท่ากับ 10.9-22.3 เมกกะตันต่อปีจากการ ปริมาณการผลิตอ้อยเท่ากับ 43.5-74.3 เมกกะตันต่อปีในช่วงปี 1998-2007 ในประเทศไทย ในปัจจุบันชานอ้อยเกือบทั้งหมด จากโรงงานน้ำตาลในประเทศไทยถูกใช้เพื่อผลิตชีวมวลทั้งหมดเพื่อผลิตเป็นพลังงาน บางส่วนใช้ในกระบวนการ ผลิตน้ำตาลในโรงงานและที่เหลือใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ ดังที่ปรากฏด้านล่างในปี 2007 มากกว่าครึ่งหนึ่งของจำนวน โรงไฟฟ้าชีวมวลผลิตจากเชื้อเพลิงชานอ้อย

ในปี 1994 ผู้ผลิตพลังงานไฟฟ้าขนาดเล็ก 37 ราย (SPPs: Small Power Producers) และผู้ผลิตพลังงานไฟฟ้าขนาด เล็กมาก (VSPPs: Very Small Power Producers) ได้ใช้ชานอ้อยผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งมีความจุไฟฟ้ามากกว่า 780 เมกกะวัตต์ และ 300 เมกกะวัตต์ถูกขายกลับให้การไฟฟ้า การเพิ่มการใช้ชานอ้อยเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าในปัจจุบัน เนื่องมาจากรัฐบาลสนับสนุนการผลิตกระแสไฟฟ้า



รูป 2.17.1 การแบ่งประเภทชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในโรงไฟฟ้าชีวมวลในปี 2007



รูป 2.17.2 สถิติในการผลิตโรงไฟฟ้าชีวมวลจากชานอ้อยในประเทศไทย

ที่มา: ดัดแปลงจาก มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม (Energy for Environment Foundation) (<http://www.efe.or.th>)

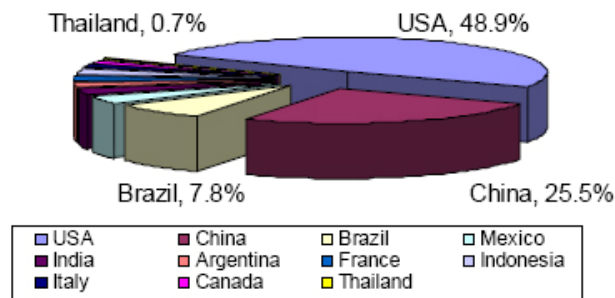
อนึ่ง ชานอ้อยสามารถใช้เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มเช่น ผลิตภัณฑ์บรรจุอาหารที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (ตามที่ปรากฏด้านล่าง) และพาดิเคิลบอร์ด ชานอ้อยที่เหลือและขี้เถ้าจากโรงไฟฟ้าสามารถนำไปอัดเพื่อผลิตเป็นอิฐก่อสร้างที่มีน้ำหนัก 3.2 กิโลกรัมต่อก้อน ซึ่งรับน้ำหนักได้ 80-90 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีราคา 4 บาทต่อก้อน (เมื่อเทียบกับอิฐก่อสร้างทั่วไปซึ่งมีน้ำหนัก 5.8 กิโลกรัม ความแข็งแรง 70 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีราคา 8 บาทต่อก้อน)



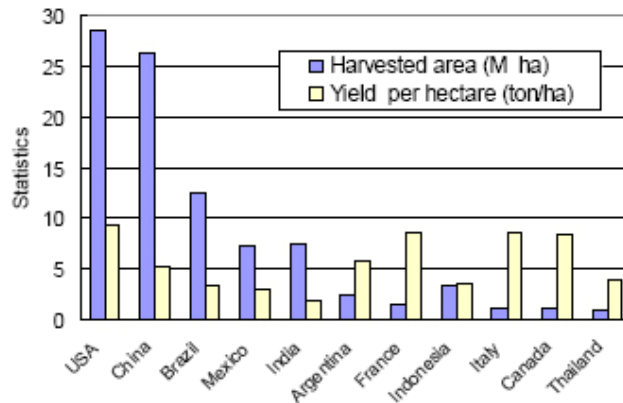
รูป 2.17.3 ผลิตภัณฑ์บรรจุอาหารที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเส้นใยชานอ้อย

### 2.17.3 ชังข้าวโพด

แม้ว่าข้าวโพด (corn or maize) ไม่ได้เป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย แต่มีปริมาณในการใช้ชังข้าวโพดในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น และใช้เป็นเชื้อเพลิงของแข็งเพื่อนที่ลดของเสียจากกระบวนการอุตสาหกรรมข้าวโพดตามหลักการให้เท่ากับศูนย์ จำนวนตัวเลขด้านล่างแสดง การผลิตข้าวโพดทั่วโลกในปี 2006 โดยสหรัฐอเมริกาเป็นผู้ผลิตเกือบครึ่งของปริมาณทั้งหมดและยังมีผลิตผลสูงสุดในโลกอีกด้วย แม้ว่าจีนจะมีปริมาณพื้นที่การเพาะปลูกข้าวโพดใกล้เคียงกับสหรัฐอเมริกา แม้ว่าผลิตผลของจีนเป็นอันดับสองแต่ว่าปริมาณการผลิตนั้นมีปริมาณแค่ครึ่งหนึ่งของการจำนวนตัวเลขของสหรัฐอเมริกา



รูป 2.17.4 ผู้ผลิตรายหลักของโลกในการผลิตข้าวโพดในปี 2006

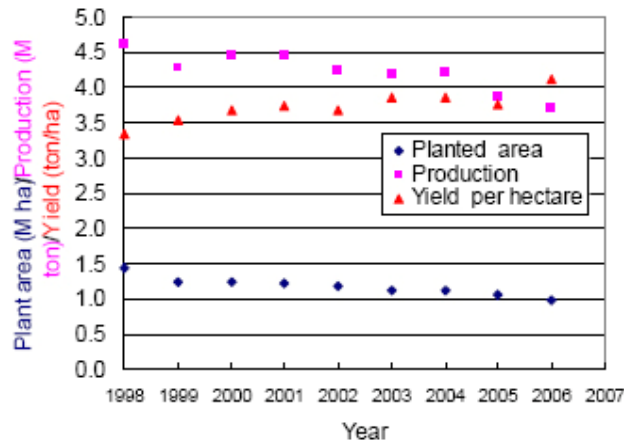


รูป 2.17.5 พื้นที่เก็บเกี่ยวข้าวโพดและผลิตผลในปี 2006

สำหรับ 10 ปีที่ผ่านมา ผลผลิตนั้นค่อยๆเพิ่มขึ้นแต่ไม่เร็วพอที่จะชดเชยกับปริมาณพื้นที่เพาะปลูกที่ลดลง ดังนั้น การผลิตข้าวโพดจึงลดลงดังที่แสดงในรูป 2.17.6 ในปี 2006 ผลิตผลเท่ากับ 411 กรัมต่อตารางเมตร (4.11 ตันต่อเฮกเตอร์) โดยเฉลี่ยของพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด 9000 ตารางกิโลเมตร (0.9 ล้านเฮกเตอร์) ปริมาณการผลิตข้าวโพดในประเทศไทยถูกใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและอาหารสัตว์ซึ่งทั้งคัมมิชังข้าวโพดเป็นของเสียแข็ง ในปี 2006 มีปริมาณชังข้าวเท่ากับ 33 กิกะกรัม (0.33 เมกกะตัน ) โดยมาจากภาคเหนือตอนล่าง 200 กิกะกรัม (0.2 เมกกะตัน) โดยเฉพาะ เพชรบูรณ์ 76 กิกะกรัม (0.076 เมกกะตัน) ตาก 35 กิกะกรัม (0.035 เมกกะตัน) และนครสวรรค์ 33 กิกะกรัม (0.033 เมกกะตัน) ชังข้าวโพดจะถูกอบแห้ง

ก่อนที่จะไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในบอยเลอร์เพื่อผลิตไอน้ำสำหรับโรงไฟฟ้า เช่น โรงไฟฟ้า 10 เมกกะวัตต์ในโรงงานผลิตเอทานอล ในเครือกลุ่มบริษัทพรวิไลอินเตอร์เนชั่นแนล

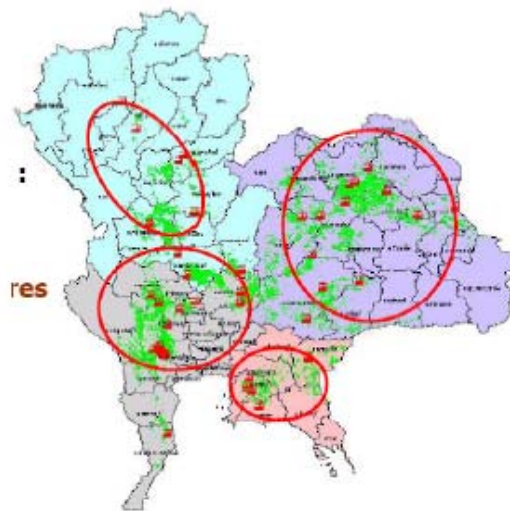
อีกทางหนึ่งที่จะเพิ่มมูลค่าของซังข้าวโพด คือ ถ่านข้าวโพด โดยนำซังข้าวโพดไปเพิ่มความร้อนที่อุณหภูมิ 900-1000 องศาเซลเซียสก่อนที่จะถูกมัดและถูกทำให้เป็นลูกกลมๆ จากนั้นไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ในที่สุดจะได้ถ่านที่มีความชื้นน้อยกว่า 5%



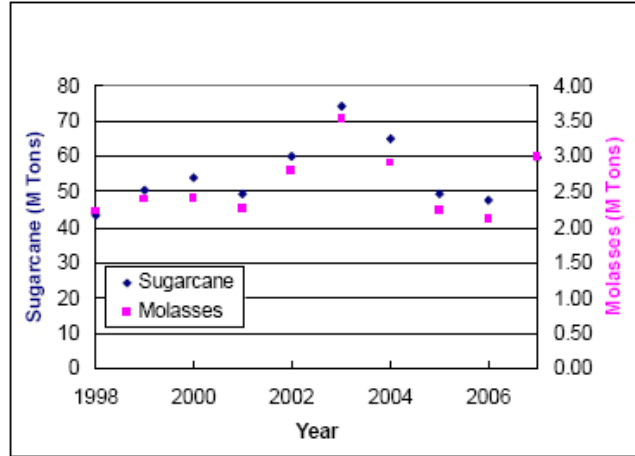
รูป 2.17.6 สถิติการปลูกข้าวโพดในไทย

#### 2.17.4 กากน้ำตาล

กากน้ำตาลเป็นผลพลอยได้ของกระบวนการผลิตน้ำตาลจากอ้อย ซึ่งเป็นน้ำเชื่อมสีน้ำตาลที่เหือดจากการสกัดน้ำตาลจากอ้อย ในประเทศไทยอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลนั้นถูกควบคุมอย่างใกล้ชิดโดยสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (สอน.) ผ่าน พ.ร.บ. อ้อยและน้ำตาลทราย 2527 สอน. มีบทบาทสำคัญในรับรองการกระจายรายได้อย่างเป็นธรรมของรายได้ระหว่างโรงงานน้ำตาลและเกษตรกรไร่อ้อย



รูป 2.17.7 พื้นที่ไร่อ้อย (สีเขียว) และพื้นที่โรงงานน้ำตาล (สีแดง) ในประเทศไทย



รูป 2.17.8 การผลิตอ้อยและกากน้ำตาลในประเทศไทย

จากรูปด้านบน ประมาณ 10,000 ตารางเมตร (1 ล้านเฮกเตอร์) ของพื้นที่ไร้อ้อย (สีเขียว) นั้นอยู่เป็นกลุ่ม 4กลุ่ม (ซึ่งครอบคลุมอาณาเขต 49 จังหวัด) และโรงงานน้ำตาลจำนวน 45 แห่ง (สีแดง) โดยทั่วไปอ้อย 1 เมกกะกรัม ( 1 ตัน) ให้กากน้ำตาลประมาณ 45-50 กิโลกรัม และกากน้ำตาล 1 เมกกะกรัม ( 1 ตัน)สามารถผลิตเอทานอลได้ 260 ลิตร สำหรับปี 2007 ปริมาณการผลิตอ้อยเท่ากับ 60 ตัน กากน้ำตาลถูกผลิตประมาณ 3 ตัน จาก 3ตันนี้ กากน้ำตาล 1ตันถูกใช้ผลิตสุรา ยีสต์ ซอสทำอาหาร โมโนโซเดียมกลูตาเมต น้ำส้มสายชูและอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ในขณะที่ 2 ตันที่เหลือ สามารถใช้ผลิตเป็นเอทานอลประมาณ 520 ล้านลิตรต่อปี หรือ 1.4 ล้านลิตรต่อวัน

ในช่วงแรกกระทรวงพลังงานนั้นบังคับให้มีใบอนุญาตสำหรับโรงงานผลิตเชื้อเพลิงเอทานอล แต่ต่อมาไม่มีการบังคับใช้ ในปัจจุบัน โรงงานผลิตเชื้อเพลิงเอทานอลในไทย 7 แห่ง (6 แห่งจากกากน้ำตาล และ 1 แห่งจากมันสำปะหลัง) ได้ดำเนินการผลิตด้วยกำลังการผลิตประมาณ 1 ล้านลิตรต่อวัน อีกประมาณ 12 แห่งกำลังก่อสร้างซึ่งครึ่งหนึ่งผลิตจากมันสำปะหลัง กำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นทั้งหมดเท่ากับ 1.97 ล้านลิตรต่อวัน ซึ่งเป็นผลมาจากการกระตุ้นของรัฐบาลที่ส่งเสริมให้ใช้เอทานอลผสมกับแก๊สโซลีนในปริมาณ 10% เรียกว่า แก๊สโซลอล E10 จาก น้ำมันที่มีเลขออกเทน 91 และ 95 เมื่อไม่นานมานี้ แก๊สโซลอล E20 น้ำมันที่มีเลขออกเทน 95 หรือทานอลผสมกับแก๊สโซลีนในปริมาณ 20% ถูกจำหน่ายตามปั้มน้ำมันตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ปี 2008 เป็นต้นมา

สำหรับตลาดการส่งออกกากน้ำตาล ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกกากน้ำตาลรายใหญ่ที่สุดของโลก ที่มูลค่าถึง 41.6 ล้านเหรียญสหรัฐในปี 2004 ในขณะที่อันดับสองและสามได้แก่ สหรัฐอเมริกาและกัวเตมาลาตามลำดับ ประมาณ 37%ของการส่งออกนั้นส่งออกไปยังประเทศในกลุ่มอาเซียน และอีก 53% ที่เหลือนั้นส่งไปยังประเทศอื่นในเอเชีย ประเทศข้างเคียงที่ส่งออกกากน้ำตาลได้แก่ ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย และออสเตรเลีย

### บทที่ 3 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของสารชีวมวล

#### 3.1 ฟืน

##### 3.1.1 ขอบข่ายทั่วไป

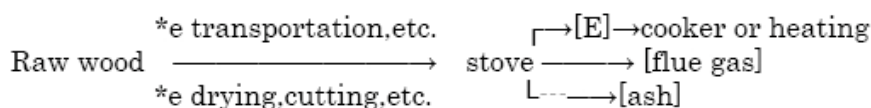
ฟืนเป็นแหล่งพลังงานดั้งเดิมและยังเป็นแหล่งพลังงานสำคัญในบ้านเรือนในประเทศกำลังพัฒนาหลายประเทศ ในช่วงครึ่งหลังของศตวรรษที่ 20 ฟืนถูกปิโตรเลียมมาแทนที่ แต่การผลิต ฟืนนั้นยังมีปริมาณมากกว่าครึ่งหนึ่งของการเก็บเกี่ยวป่าไม้ และฟืนครอบคลุม 14% ของปริมาณการใช้พลังงานทั่วโลก และ36% ของการใช้พลังงานในประเทศกำลังพัฒนา

อย่างไรก็ตามในบางภูมิภาค ปริมาณไม้ลดลงเมื่อเทียบกับจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นและต้องเดินทางไปไกลเพื่อหาฟืนซึ่งทำให้เกิดปัญหาในการหาฟืนมาใช้ทำอาหาร ในประเทศกลุ่มอาเซียน ไม้ในป่าทั้งหมดนั้นใช้ยากเนื่องจากปัญหาในการขนส่งไม้จากพื้นที่ที่มีความสูงชัน

ด้านซ้ายของรูป 1 ซึ่งเป็นฝั่งปริมาณของไม้ที่มีอยู่จากไม้ดิบสู่เตาหลอม สิ่งที่เป็นสาระในที่นี่นั้นไม่ใช่ปริมาณของทรัพยากร แต่เป็นพลังงานและต้นทุนสำหรับการขนส่งไม้จากป่า เมื่อพลังงานภายนอกที่ใช้ในการขนส่งเท่ากับ \*e และพลังงานที่มีอยู่ในฟืนเท่ากับ E ซึ่งมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$\sum *e > E,$$

เมื่อระบบดังกล่าวไม่ประสบผลสำเร็จที่จะเป็นระบบพลังงานที่เกิดขึ้นสุทธิ มุมมองนี้สำคัญสำหรับในกรณีที่มีการถากไม้และการทำให้เป็นลูกกลมๆเพื่อทำให้เชื้อเพลิงนั้นใช้งานได้ง่ายในเตาหลอม



รูป 3.1.1 แผนผังวัตถุดิบและพลังงานรอบเตาไฟในระบบฟืน

\*e –พลังงานภายนอกที่ใช้ E: พลังงานที่นำไปใช้ได้

ด้านขวาของรูป 3.1.1 ซึ่งเป็นการนำฟืนไปใช้ประโยชน์ สิ่งที่เป็นสาระสำคัญนั้นในที่นี้คือประสิทธิภาพของการเปลี่ยนฟืนเป็นพลังงานต่ำของอุปกรณ์เก่าเช่น เตาไฟในครัวแบบดั้งเดิม

นอกจากนั้น เมื่อพิจารณาสัญลักษณ์ของอากาศภายในบ้านนั้น เมื่อเตาไฟเล็กๆจะทำให้เกิดการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์ มีปัญหาในเรื่องเขม่า คาร์บอนมอนอกไซด์ สารระเหยอินทรีย์ที่ไม่ใช่มีเทน (NMVOC) และโพลีอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAH, สารก่อให้เกิดมะเร็ง)

ปริมาณเชื้อเพลิงฟืนนั้นต่ำกว่าถ่านมาก แต่การกำจัดเชื้อเพลิงนั้นสำคัญในมุมมองของการอนุรักษ์มวล แม้ว่าไม่มีผลมาก เชื้อเพลิงของไม้มีโพแทสเซียมอยู่เป็นจำนวนมากซึ่งใช้เป็นปุ๋ยได้ ดังนั้นการนำเชื้อเพลิงสู่ป่าจึงจำเป็นความยั่งยืนของระบบ

พืชในกลุ่มเฮอรับาเซียส (Herbaceous plant) มีปริมาณชี้เส้าสะสมอยู่มากกว่าไม้ถึง 5-20 เท่า ดังนั้นการฟื้นฟูสภาพชี้เส้าจึงเป็นปัญหาสำคัญในการผลิตฟืนเทียมจาก ฟาง แกลบและขาน้อย

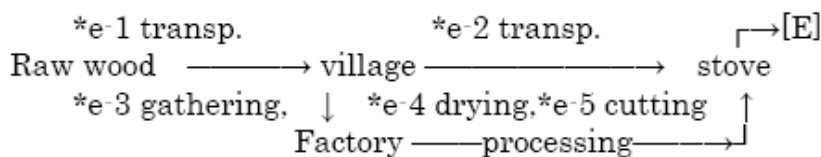
ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของพืชนั้นเท่ากับ 20 กิกะจูลต่อตันแห้งของพืชชีวมวลชนิดต่างๆ ซึ่งคิดเป็นครึ่งหนึ่งของค่าความร้อนการเผาไหม้ของน้ำมัน และขึ้นกับปริมาณน้ำที่มีอยู่ ไม้ชีวมวลนั้นไม่เหมาะในการขนส่งระยะไกลเนื่องจากขนาดที่ใหญ่โต นี่จึงเป็นเหตุผลที่การใช้ประโยชน์จากฟืนนั้นอยู่ในบริเวณใกล้ป่า

### 3.1.2 อุปทานฟืน (ปริมาณฟืนที่มีอยู่)

ศักยภาพของปริมาณฟืนที่มีอยู่ถูกอธิบายในส่วนนี้ อ้างอิงจาก FAO องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ พื้นที่ป่าทั่วโลกมีปริมาณเท่ากับ 39,500 ตารางกิโลเมตร (3.95 Gha) และค่อยๆลดลง ในอัตรา 0.2%ต่อปี แม้ว่า อัตราเจริญเติบโตปฐมภูมิของป่าจะมากกว่า 5.1 ลูกบาศก์กิโลเมตรต่อปี (5.1 พันล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี) ปริมาณการตัดไม้ในแต่ละปีเท่ากับ 1.6 ลูกบาศก์กิโลเมตรต่อปี (1.6 พันล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี) สำหรับการใช้ในอุตสาหกรรม และ 1.8 ลูกบาศก์กิโลเมตรต่อปี (1.8 พันล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี) สำหรับการใช้เป็นเชื้อเพลิง ถ้าพื้นที่ป่าไม้นั้นคงที่ และป่าที่มนุษย์สร้างโดยมีอัตราการเจริญเติบโตของต้นไม้เร็วจะมีปริมาณมากขึ้นเรื่อยๆ ปริมาณป่าไม้จะเพิ่มขึ้นรองรับพอดีกับการพัฒนาเศรษฐกิจ

การตัดไม้ การผลิตของเสียจากป่าไม้ และการผลิตแผ่นไม้เกิดขึ้นพร้อมๆกัน ถ้ามีการบริหารจัดการในการขนส่งที่เหมาะสม ศักยภาพของอุปทานก็จะสูงตามไปด้วย อย่างไรก็ตามการขนส่งในพื้นที่สูงชันซึ่งพบได้บ่อยในญี่ปุ่นและประเทศในกลุ่มอาเซียนทำให้เกิดค่า \*e-1 มากในรูป 3.1.2 และไม้ชีวมวลนั้นไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ค่าของ \*e-1 จะเพิ่มขึ้นตามระยะทางที่เพิ่มขึ้นและเมื่อมีความชันจะมีค่าเอกโพเนนเชียลกำลัง 2 หรือ 3 เพิ่มขึ้นด้วย แต่ยังไม่ได้มีการศึกษาโดยละเอียด

ค่าความหนาแน่นจำเพาะนั้นมีผลต่อความสามารถในการขนส่ง ค่าแฟคเตอร์ในการอัดแน่นเท่ากับ 1/4-1/3 สำหรับกิ่งไม้ 1/2 สำหรับเศษไม้ในกรณีมากที่สุด และ 0.6 สำหรับไม้อัดเป็นก้อนกลมเล็กๆ

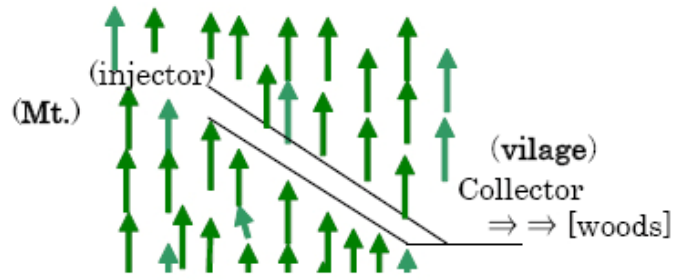


รูป 3.1.2 แผนผังวัตถุดิบและพลังงานก่อนเข้าสู่เตาไฟในระบบฟืน

\*e1, \*e2, \*e3... ปริมาณพลังงานที่ได้รับจากภายนอก

การทดลองโดย องค์กรไม่แสวงหาผลกำไรของญี่ปุ่น (NPO) เพื่อที่จะขนส่งไม้ชีวมวลจากป่าที่มีความสูงชันไปยังเนินเขาโดยใช้สไลเดอร์ดังที่แสดงในรูป 3.1.3 ผลการทดลองที่ประสบความสำเร็จเกิดจากแผ่นไม้บางที่ความชัน 20 องศา ซึ่งไม่ต้องอาศัยพลังงานกลและสามารถนับไปปรับใช้ได้ในพื้นที่สูงชัน





รูป 3.1.3 ระบบขนส่งฟืนบนภูเขา

เพื่อที่จะเปลี่ยนไม้ดิบให้เป็นฟืน ไม้จะถูกตัดให้มีขนาดยาวไม่เกิน 50 เซนติเมตร เนื่องจากขนาดของเตาหลอม เพื่อที่จะพัฒนาความง่ายในการเผา ดังนั้นจึงการเปลี่ยนรูปร่างให้มีอัตราส่วนระหว่างแนวตั้งและแนวนอนเท่ากับ 10-20 โดยตัดออกเป็นชิ้นๆ เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว ความต้องการนี้ทำให้เกิดความยุ่งยากทำให้การผลิตฟืนเทียมนั้นถูกพัฒนาขึ้นโดยบดไม้เป็นชิ้นเล็กแล้วนำไปทำเป็นรูปทรงกระบอกที่ไม่มีแกนตรงกลาง ตัวอย่างเช่น โอะกะระโอโทะ (Ogaraito) ในหัวข้อ 3.2 การอัดไม้ให้เป็นก้อนเล็กๆ การทำไม้ให้มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะสูงและง่ายต่อการจัดการนั้นต้องใช้พลังงานสูงเพราะต้องนำไปผ่านกระบวนการต่าง (\*e-4, \*e-5) และยังทำให้ต้นทุนสูงขึ้นอีกด้วย

ไม้ดิบ > ฟืน > ถ่านไม้ > ไม้ที่ถูกอัดเป็นก้อนกลมเล็กๆ

ปริมาณน้ำสะสมในฟืนเท่ากับ 50% สำหรับวัตถุดิบ และ 15-30% สำหรับฟืนอบแห้ง ทั้งคู่สามารถเผาไหม้ได้ แต่ความร้อนแฝงของน้ำจะหายไป (2.26 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม น้ำ) โดยทั่วไปเมื่อปริมาณน้ำเกินกว่า 2/3 ไฟจะดับเนื่องจากความร้อนที่มีอยู่ไม่เพียงพอที่จะคงอุณหภูมิของเปลวไฟไว้ได้ กระบวนการอบแห้งของฟืนนั้นใช้พลังงาน แต่บางส่วนสามารถนำกลับมาโดยการเพิ่มความร้อนในการเผาไหม้

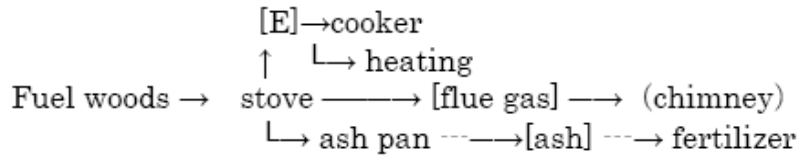
### 3.1.3 การใช้ประโยชน์ของฟืน

ฟืนสามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์พื้นฐาน วิธีของการเผาไหม้ดังรูปที่ปรากฏด้านล่าง การเผาไหม้เงินเป็นถ่านนั้นคิดเป็น 10-20% ของการเผาไหม้ทั้งหมด



เมื่อขาดอากาศ สารทาร์ที่เป็นอันตรายจะถูกผลิตจากในขั้นตอนการกลั่นแห้ง และในขั้นตอนการเผาไหม้ คาร์บอนมอนอกไซด์และเขม่าซึ่งเป็นอนุภาคคาร์บอนจะเกิดขึ้น และบางส่วนของทาร์จะเปลี่ยนเป็น สารก่อมะเร็ง PAH โดยกระบวนการไพโรไลซิส เพื่อที่จะป้องกันมลพิษเหล่านี้ไม่ให้ผสมในแก๊สไอเสีย ในรูป 3.1.4 จะต้องมีการรักษาการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงและปริมาณออกซิเจนเพื่อให้มีปริมาณอากาศมากเกินกว่าปริมาณสัมพัทธ์ (Stoichiometry)

เพื่อความปลอดภัยในการเผาไหม้จำเป็นต้องใช้ สัดส่วนของอากาศเท่ากับ 1.25-1.4 ดังนั้นจะต้องมีปริมาณอากาศสำรอง มีเครื่องมือที่จะวางตัวเร่งปฏิกิริยาในการเผาไหม้เหนือเปลวไฟเพื่อที่จะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ที่สัดส่วนอากาศเท่ากับ 1.0 แต่การไหลของอากาศจะถูกทำให้แย่งจึงต้องมีการเปลี่ยนตัวเร่งปฏิกิริยาทุกปี



รูป 3.1.4 แผนผังวัตถุดิบและพลังงานหลังจากออกจากเตาไฟในระบบพื้น

\*e1, \*e2, \*e3... ปริมาณพลังงานจากภายนอก

จากด้านบนของรูป 3.1.4 แสดงการประโยชน์ของความร้อน สำหรับเครื่องปรับอากาศ ปริมาณความร้อนที่สูญเสีย นั้นมีค่าน้อย แต่สำหรับการทำอาหาร การใช้ความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพนั้นทำได้ยากเนื่องมาจากการถ่ายเทความร้อนของ หม้อ ดังนั้นการพัฒนาอุปกรณ์ เช่น เตาทำอาหารและฮีตเตอร์ในห้องนั้นเป็นงานที่ซับซ้อน

โดยทั่วไปด้านบนของเตาจะมีอุณหภูมิสูงสุดเพื่อทำอาหาร สำหรับน้ำร้อนที่ไม่ได้ต้องการให้เดือดอุณหภูมิต่ำกว่า ในส่วนล่างจึงถูกนำมาใช้

### ข้อมูลเพิ่มเติม

Forestry and Forest Products Research Institute, Japan, Ed. (2006): "Shinrin ringyono shorai yosoku",p.31, p.411(in Japanese)

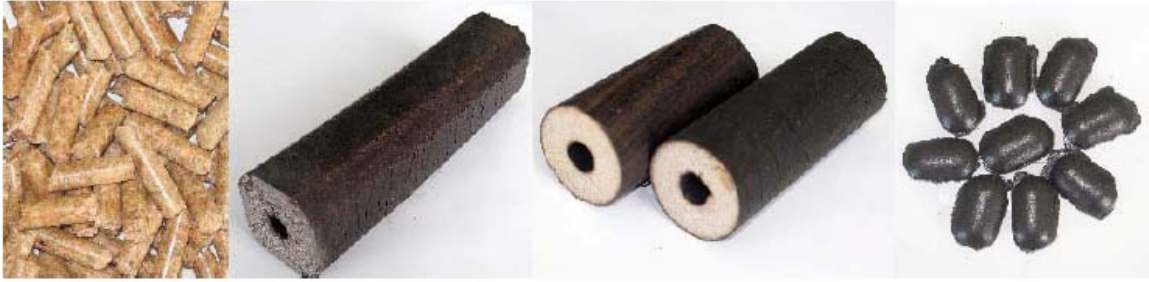
H. Sano, H., J. Soc. Mec. Eng. (2005), 108(1045), p.926-927. (in Japanese)

Ogi, T. in "Biomass Handbook",Japan Institute of Energy Ed.,Ohm-sha,2002,p.5 and p.16 (in Japanese)

## 3.2 การอัดไม้เป็นก้อนเล็กๆ (Palletizing)

### 3.2.1 ไม้อัดเป็นก้อนเล็กๆและการอัดเป็นก้อนเล็กๆคืออะไร

การอัดเป็นก้อนเล็กๆคือการอัดวัสดุเป็นรูปร่างก้อนเล็กๆ วัตถุดิบต่างชนิดกัน เช่น เชื้อเพลิงของแข็ง ยา อาหาร สัตว์ แร่และอื่นๆถูกนำมาอัดเป็นก้อน ในส่วนของเชื้อเพลิงแข็งเรียกว่า ไม้อัดก้อน ออกาไลด์ (ถ่านไม้กลมที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง) ถ่านหินกลมที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงคอมโพสิต ไม้อัดก้อนที่แสดงดังรูป 3.2.1 (ก) ผลิตจากเศษไม้เช่น จี้เลื่อย และผงจากการบดไม้ เส้นผ่านศูนย์กลางของไม้อัดก้อนเท่ากับ 6-12 มิลลิเมตร ความยาว 10-25 มิลลิเมตร รูป (ข) และ (ค) แสดงพาเลทขนาดใหญ่ (ถ่านไม้กลมที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงและถ่านแกลบกลมที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง) เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 50-80 มิลลิเมตร และความยาวเท่ากับ 300 มิลลิเมตร รูป (ง) แสดง CCB เป็นเชื้อเพลิง คอมโพสิตระหว่างถ่านและสารชีวมวล ซึ่งเรียกว่าถ่านชีวภาพ



(ก) พาเลทไม้  
ญี่ปุ่น

(ข) ออร์กาไลต์  
ญี่ปุ่น

(ค) ถ่านแกลบข้าว  
เนปาล

(ง) CCB  
ญี่ปุ่น

รูป 3.2.1 ชนิดของถ่านกลมที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง

### (ก) พาเลทไม้

ต่างจากถ่านแกลบ พาเลทไม้และถ่านไม้กลมถูกผลิตโดยกระบวนการผลิตต่อไปนี้

#### (1) กระบวนการอบแห้ง

โดยทั่วไป ปริมาณความชื้นดั้งเดิมที่อยู่ในไม้นั้นเท่ากับ 50% ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำวัตถุดิบให้แห้งจนมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 10-20% เพื่อให้ได้เงื่อนไขที่เหมาะสมกับการบดไม้และการอัดเป็นก้อน วัตถุดิบที่มีอนุภาคขนาดใหญ่จะบดด้วยเตาโรตารี (rotary kiln) และวัตถุดิบที่มีขนาดเล็กจะบดด้วย flash dryer

#### (2) กระบวนการบดไม้

วัตถุดิบการบดไม้ให้มีขนาดเท่ากับขนาดของพาเลท ในกรณีที่ไม้และเศษไม้มีขนาดใหญ่ ควรนำวัตถุดิบไปบดก่อนผ่านกระบวนการอบแห้งเพื่อที่จะทำให้อายุของไม้สม่ำเสมอ กระบวนการนี้ไม่จำเป็นต้องทำถ้าวัตถุดิบคือแกลบ

#### (3) กระบวนการอัดให้เป็นก้อน

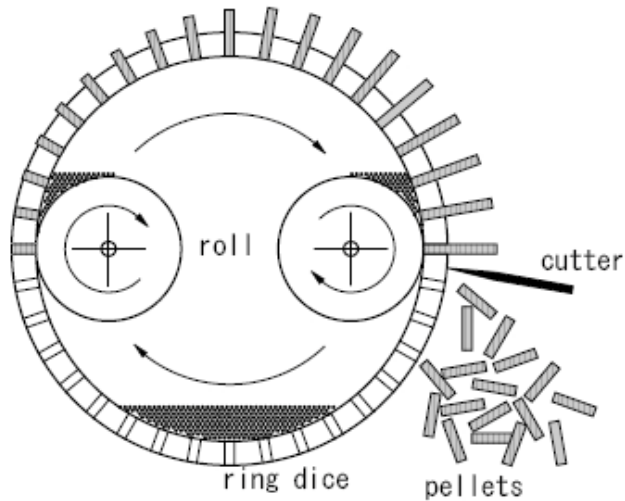
เครื่องอัดเป็นก้อนประกอบด้วยตัวป้อน โรวเลอร์ ตามที่แสดงในรูป 3.2.2 และ 3.2.3 รูป 3.2.2 แสดงรูปร่างและแผนผังของเครื่องอัดเป็นก้อนสำหรับพาเลทไม้ ซึ่งเป็นที่นิยมทั่วโลก รูป 3.2.3 แสดงรูปร่างและแผนผังของเครื่องผลิตถ่านกลมสำหรับถ่านไม้และถ่านแกลบ

#### (4) กระบวนการทำให้เย็น

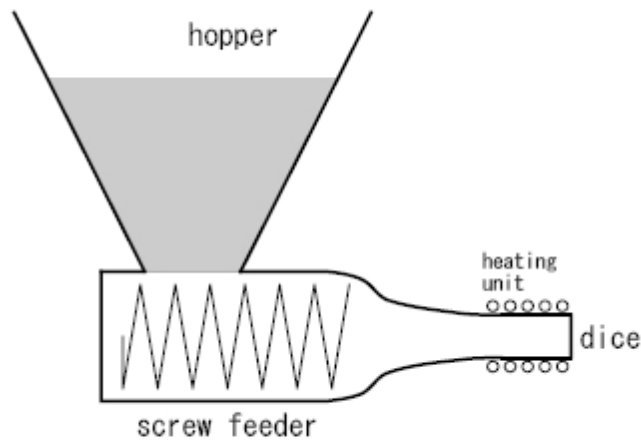
เนื่องจากพาเลทจากกระบวนการผลิตนั้นมีความร้อนสูงและมีความชื้นมากเกินไปจึงต้องทำให้เย็นตัวลง

#### (5) กระบวนการคัดเลือก

พาเลทที่มีคุณภาพต่ำจะถูกกำจัดออกในกระบวนการนี้ และถูกนำไปใช้เป็นพลังงานในการอบแห้ง



รูป 3.2.2 เครื่องอัดเป็นก้อนสำหรับพาเลทไม้

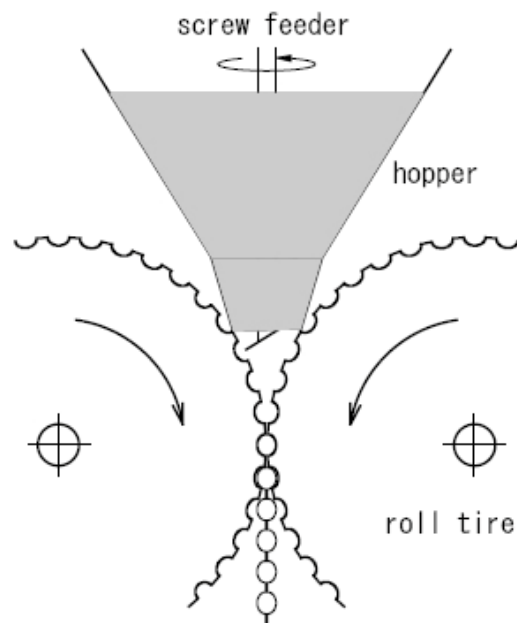


รูป 3.2.3 เครื่องผลิตถ่านก้อนกลมสำหรับถ่านไม้และถ่านแกลบ

**(ข) CCB เชื้อเพลิงคอมโพสิตระหว่างถ่านและสารชีวมวล (ถ่านชีวภาพ)**

ในวิกฤตการณ์น้ำมันครั้งที่ 2 CCB ถูกพัฒนาเพื่อเป็นสารแทนเชื้อเพลิงเคโรซีนในญี่ปุ่น CCB นั้นเป็นเชื้อเพลิงคอมโพสิตระหว่างถ่าน (< 2 มิลลิเมตร) และสารชีวมวล (< 2 มิลลิเมตร) ซึ่งผลิตโดยเครื่องผลิตถ่านก้อนความดันสูงตามที่แสดงในรูป 3.2.4 อัตราการผสมของวัตถุดิบพื้นฐาน คือ ถ่านหิน 70-90% สารชีวมวล 10-30% โดยน้ำหนัก ในถ่านหินนั้นมีซัลเฟอร์ ดังนั้นจึงใส่หินปูนของอัตราส่วน 1-2 เพื่อกำจัดซัลเฟอร์ ถ่านหินนั้นมาจากลิกไนต์และทำให้เป็นถ่านหินไร้ควัน ส่วนสารชีวมวลมาจากเศษไม้ ของเสียทางการเกษตร เนื่องจากนำสารชีวมวลไปผสมกับถ่าน ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจึงสูง และมีความสามารถในการติดไฟและเกิดเปลวไฟได้ดี และมีการปล่อยควันในปริมาณเล็กน้อย และยังช่วยประหยัดพลังงานได้อีกมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดคาร์บอนไดออกไซด์นั้นทำได้ง่ายเนื่องจากมีส่วนผสมของสารชีวมวล 10-30% ก๊าซซัลเฟอร์ที่เป็นครรนั้นสามารถลดปริมาณลงได้โดยใช้วาร์กำจัดซัลเฟอร์ในเชื้อเพลิง เทคโนโลยี CCB เป็นเทคโนโลยีที่ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถส่งต่อเทคโนโลยีไปยังหลายประเทศเพื่อเป็นเทคโนโลยีในการผลิต

เชื้อเพลิงทางเลื้อแทนฟืน เคโรซีน และถ่านไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีสามารถช่วยในการประหยัดพลังงาน ช่วยลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และป้องกันฝนกรดในจีน ได้อีกด้วย



รูป 3.2.4 เครื่องผลิตถ่านก้อนสำหรับCCB

### 3.2.2 คุณลักษณะของพาลทไม้และ CCB

#### (ก) พาลทไม้

คุณลักษณะของพาลทไม้เมื่อเทียบกับท่อนไม้และฟืนเป็นดังต่อไปนี้ จัดการดีไฟและเผาได้ง่าย รูปร่างและคุณลักษณะของเชื้อเพลิงสม่ำเสมอ มีการปล่อยก๊าซอันตรายเล็กน้อยระหว่างการเผาไหม้ ประสิทธิภาพในการขนส่งสูง ความหนาแน่นพลังงานสูง

#### (ข) CCB

CCB ประกอบด้วยสารชีวมวลประมาณ 10-30% ปกติแล้วสารชีวมวลนั้นมีข้อเสียตรงที่ทำให้ปริมาณความร้อนต่ำ

แต่ในทางกลับกันมีคุณลักษณะบางประการที่เหนือกว่าเช่น จุดไฟได้ดี เกิดเปลวไฟได้ดี มีควันน้อย ขี้เถ้าน้อย ซึ่งเป็นสมบัติที่ไม่พบในถ่านและถ่านชนิดอื่นที่มีคุณภาพต่ำกว่าถูกนำมาใช้

### 3.2.3 การทดสอบพื้นฐานสำหรับการทำถ่านก้อน

#### (ก) พาลทไม้

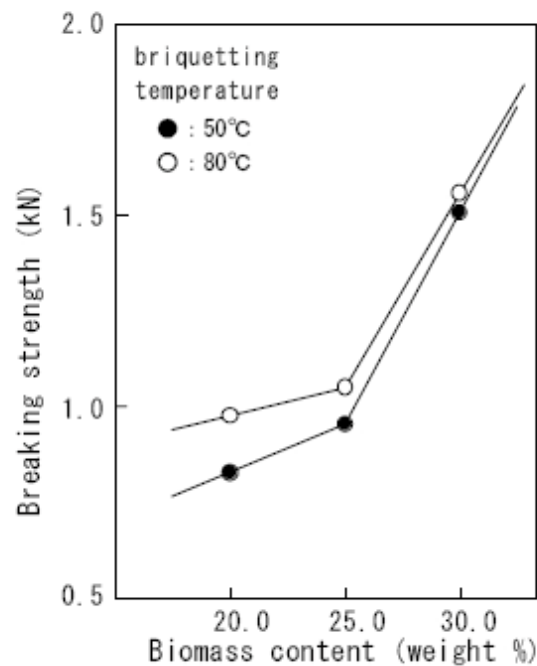
ปัจจัยที่คิดว่าจะมีผลต่อเงื่อนไขของการอัดไม้เป็นก้อนเล็กๆ ได้แก่ ความดัน อุณหภูมิ ระยะเวลาในการอัด ขนาดอนุภาคของวัตถุดิบ ปริมาณความชื้น และองค์ประกอบทางเคมีของไม้ สำหรับเงื่อนไขขอบเขตของการอัดไม้เป็นก้อนเล็กๆ นั้นยังไม่เป็นที่ชัดเจน ที่จริงแล้วกระบวนการอัดเป็นก้อนเล็กๆนั้นขึ้นกับประสบการณ์ของคนงาน และแตกต่างกันไปตาม

ชนิดของไม้ แต่ค่าความดันและอุณหภูมิจากประสบการณ์ในการอัดไม้เป็นก้อนเล็กเท่ากับ 70 เมกะปาสคาลและ 100-150 องศาเซลเซียส มีลิกนิน กลูไซด์และเพคตินเป็นสารเชื่อม

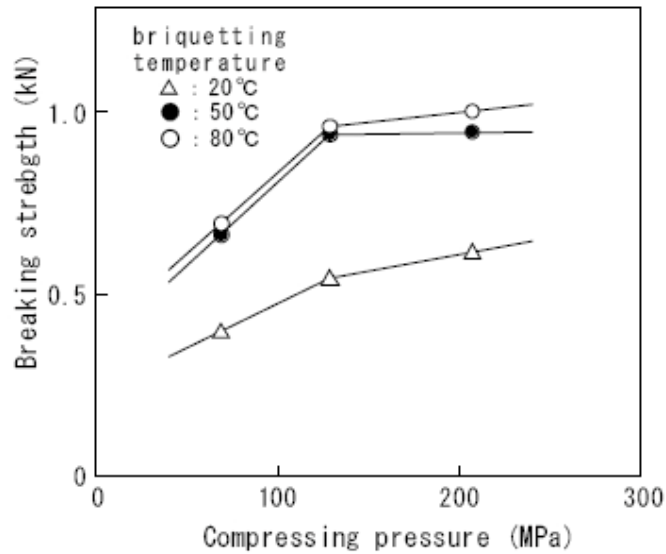
### (ข) CCB

การผลิต CCB ใช้เครื่องผลิตถ่านก้อนชนิดหมุนได้ที่มีความดันสูง การทดสอบ Tablet นั้นถูกเพื่อให้อัตราส่วนผสมที่พอเหมาะสมระหว่างวัตถุดิบในขั้นต้นของกระบวนการผลิตถ่านก้อน สารผสมนั้นจะถูกอัดเป็นก้อนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 25 มิลลิเมตร ลูกเหล็กที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 20 มิลลิเมตรนั้นจะถูกวางบนก้อน และลูกเหล็กจะกดก้อนนั้นให้แตก แรงในการทำให้แตกจะถูกวัดเป็นบรรทัดฐานของคุณภาพ รูป 3.2.5 แสดงแรงในการทำให้ก้อนวัสดุผสมระหว่างถ่านและสารชีวมวลแตก แรงจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารชีวมวลเพิ่มขึ้น การเพิ่มความร้อนให้แก่วัตถุดิบนั้นในขั้นตอนการอัดก้อนจะทำให้ต้องเพิ่มแรงที่ทำให้แตก รูป 3.2.6 แสดงว่าเมื่ออุณหภูมิในการขึ้นรูปสูงขึ้น แรงในการทำให้แตกจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องมาจากการปรับปรุงการเสียดสีของพลาสติกของสารชีวมวลให้ดีขึ้นด้วยความร้อน อัตราส่วนผสมระหว่างถ่านและสารชีวมวลที่ทำให้แรงในการทำให้แตกเท่ากับ 1 กิโลนิวตัน คือสารชีวมวล 20% และที่อุณหภูมิ 50 องศา

จากผลการทดสอบ อัตราส่วนผสมมาตรฐานจึงได้ถูกพิจารณา เมื่อ CCB ถูกผลิตโดยเครื่องผลิตถ่านก้อนชนิดหมุนได้ที่มีความดันสูง แรงเฉือนเกิดขึ้นระหว่างส้อมหมุนขาง และวัตถุดิบ และวัตถุดิบถูกเพิ่มอุณหภูมิประมาณ 70-80 องศา ดังนั้นไม่มีการควบคุมอุณหภูมิของวัตถุดิบในกระบวนการอัดก้อน



รูป 3.2.5 ผลของปริมาณสารชีวมวลที่ผสมในเชื้อเพลิง



รูป 3.2.6 ผลของความดันที่ใช้ในการอัด

### 3.2.4 ประสิทธิภาพพลังงาน

ในจีน ผลกระทบจากการใช้ CCB ต่อเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมถูกประเมินดังต่อไปนี้ การใช้ถ่านหินลดลง 20% เนื่องจาก CCB มีปริมาณสารชีวมวล 20% และมีการพัฒนาความสามารถในการเกิดเปลวไฟ ประสิทธิภาพความร้อน สูงกว่าประมาณ 25%ของบอยเลอร์ถ่านหินในปัจจุบัน เมื่อCCB ถูกใช้ปริมาณ 1,000,000 ตันต่อปีในจีน จะประมาณได้ว่าการใช้ถ่านหินประมาณ 400,000 ตันต่อปี การปล่อยควันประมาณ 5,000 ตันต่อปีและปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ประมาณ 15,000 ตันต่อปีจะลดลง

#### ข้อมูลเพิ่มเติม

Johanson, J. R. ;The Use of Laboratory Tests In The Design and Operation of Briquetting Presses, Proceedings, IBA, 13,135(1975)

Murayama, Coal-wood formed fuel Binder effect of woody materials, Hokkaido Industrial Research Institute, No.279, 183(1980)

Moruyama, Briquetting characteristics of coal-wood composite fuel, Report of Hokkaido Industrial Research Institute, No.282,195(1984)

Ghoring, D. A. I.;Thermal Softening of Lignin, Hemicellulose and Cellulose, Pulp Paper Mag., T-517~527(1963)

The Japan Institute of Energy, Biomass Handbook, p.224-228(2002)

### 3.3 การผลิตพาร์ติเคิลบอร์ด

#### 3.3.1 พาร์ติเคิลบอร์ด

บอร์ดคอมโพสิตมีหลายชื่อและมีหลายคำจำกัดความ พาร์ติเคิลบอร์ดเป็นคำศัพท์ทั่วไปสำหรับแผ่นกระดานที่ผลิตจากสารลิกโนเซลลูโลซิก (โดยทั่วไป ได้แก่ ไม้) แรกเริ่มในรูปของอนุภาคหรือชิ้นซึ่งแยกกัน แตกต่างจากเส้นใย เชื่อมกันด้วยเรซินสังเคราะห์หรือสารเชื่อมอื่นๆที่เหมาะสม อนุภาคถูกเชื่อมกันภายใต้ความดันและความร้อนใน hot press โดยกระบวนการซึ่งพันธะระหว่างอนุภาคเกิดจากสารเชื่อมหรือสารอื่นที่เติมระหว่างกระบวนการผลิตเพื่อพัฒนาคุณสมบัติ (ASTM D 1554) การจัดประเภทพาร์ติเคิลบอร์ดนั้นขึ้นประเทศ ตัวอย่างเช่น มาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่น (JIS) A 5908 ได้จัดประเภทพาร์ติเคิลบอร์ดแบ่งออกเป็น 5 ประเภทตาม 1) เงื่อนไขพื้นผิว 2) ความแข็งแรงในการเชื่อม 3) ตัวเชื่อมต่อ 4) ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปล่อยออกมา 5) ความต้านทานเปลวไฟ ไฟเบอร์บอร์ดนั้นเป็นคำศัพท์ทั่วไปสำหรับแผ่นกระดานที่ผลิตจากลิกโนเซลลูโลซิกไฟเบอร์ซึ่งในบพนี้ไม่ครอบคลุมไฟเบอร์บอร์ด

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากผงหรือไม้ชิ้นเล็กในรูปของเส้นใย โดยการใส่ไม้ และอนุภาคเล็กนั้นสามารถผลิตจากของเสียจากงานไม้ ไม้ที่ไม่ใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่มีค่าและของเสียทางการเกษตร เปลือกไม้ เศษจากการตัดไม้และของเสียจากอุตสาหกรรม กระบวนการผลิตของคอมโพสิตบอร์ดนั้นเป็นการเปลี่ยนทรัพยากรธรรมชาติที่ไม่มีประโยชน์ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ ดังนั้นการผลิตพาร์ติเคิลบอร์ดจึงเป็นเทคโนโลยีในการรีไซเคิลทรัพยากรไม้ชีวมวลสำหรับป่าไม้ที่ยั่งยืน

#### 3.3.2 การผลิตและการใช้พาร์ติเคิลบอร์ด

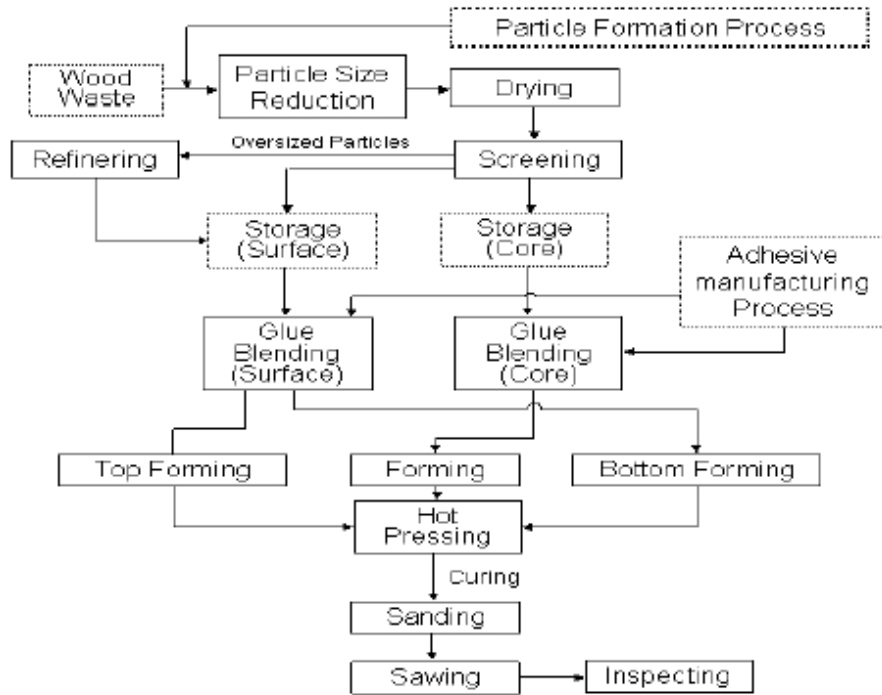
มีโรงงานการผลิตพาร์ติเคิลบอร์ด 16 แห่งในญี่ปุ่น (เมษายน 2006) ในเดือนตุลาคม ปี 2006 การผลิตในประเทศทั้งหมดเท่ากับ 1,234,000 ลูกบาศก์เมตรและการนำเข้าการผลิตพาร์ติเคิลบอร์ดเท่ากับ 391,000 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งรวมทั้งหมด 1,625,000 ลูกบาศก์เมตร 60%ถูกใช้สำหรับเฟอร์นิเจอร์ และ 37%ถูกใช้สำหรับการก่อสร้าง เพื่อที่ทำให้เป้าหมายของกฎหมายญี่ปุ่นในการรีไซเคิลไม้จากสิ่งก่อสร้างที่ถูกรื้อถอน 60% ประสพผล วัตถุประสงค์สำหรับการผลิตแผ่นไม้คอมโพสิตที่ผลิตนั้นมาจากไม้จากสิ่งก่อสร้างที่ถูกรื้อถอน 61% ในปี 2005

#### 3.3.3 กระบวนการผลิตพาร์ติเคิลบอร์ด

กระบวนการผลิตพาร์ติเคิลบอร์ดแสดงในรูป 3.3.1 ขั้นตอนแรกของกระบวนการผลิต คือการผลิตอนุภาคจากของผสมจากไม้เสียซึ่งถูกอธิบายในกระบวนการสร้างอนุภาค ไม้ที่มาจากสิ่งก่อสร้างที่ถูกรื้อถอนและไม้ของเสียจากอุตสาหกรรมผ่านกระบวนการในสายที่แตกต่างกันของกระบวนการผลิต กระบวนการหลายอย่างทำเพื่อลดขนาดไม้ให้เป็นเศษเล็ก ๆ และทำลายสิ่งแปลกปลอม วัตถุประสงค์จะถูกส่งไปในเครื่องเลื่อยและบดเป็นขั้นตอนแรกในการลดขนาดไม้ โลหะจะถูกกำจัดออกโดยแม่เหล็ก และจะถูกส่งต่อไปยังเครื่องทุบคดคล้ายก้อน วัตถุประสงค์จะถูกคัดเลือกรูปร่างและแยกออกโดยอากาศที่ไหลเวียน กำจัดทรายและคอนกรีตจากนั้นจะถูกส่งไปยังเครื่องวัดความเข้มข้นของสนามแม่เหล็กชนิดคอยล์ เพื่อกำจัดสารแปลกปลอมที่ไม่ใช่โลหะ ขั้นตอนที่สองของกระบวนการคือการผลิตบอร์ดจากพาร์ติเคิลที่ได้จากขั้นตอนแรก เพื่อที่จะได้ความหนาของอนุภาคเท่ากัน ring flaker จะถูกใช้ในการลดขนาดของอนุภาค อนุภาคจะถูกทำให้แห้งและถูกคัดขนาดพลังงานสำหรับเตาอบแห้งมาจากการเผาฝุ่นผงที่ผลิตขึ้นในโรงงาน อนุภาคจะถูกแบ่งโดยขนาดเพื่อผสมด้วยตัวยึด ตัวประสานจะถูกใช้ที่พื้นผิวและแกนกลางสำหรับพาร์ติเคิลบอร์ดที่มีสามเลเยอร์ หลังจากนั้นจะถูกอัด และไปสร้างเป็นสาม



แผ่น ผ่านกระบวนการ hot-press และขัดด้วยกระดาษทราย การทดสอบการคงทนจะทำเพื่อกำจัดจุดเสียของผลิตภัณฑ์เช่น ส่วนที่พอง หลังจากถูกขัดด้วยกระดาษทรายแล้ว ผลิตภัณฑ์จะถูกตรวจเพื่อขนส่ง



รูป 3.3.1 กระบวนการผลิตพาร์ติเคิลบอร์ดของบริษัท Saito, Y., Tokyo Board Industries, Co., Ltd.

### 3.3.4 การใช้พาร์ติเคิลบอร์ดสำหรับการรีไซเคิลวัสดุ

การผลิตพาร์ติเคิลบอร์ดเป็นกระบวนการที่มีคุณค่าสำหรับกรีไซเคิลเศษไม้แทนจากฝักกลบหรือการเผา กระบวนการนี้ทำให้วัสดุรีไซเคิลผสมเส้นใยจากสารอื่นมีคุณสมบัติพิเศษขึ้น เช่น ใช้สารที่มีอายุในการรีไซเคิลสั้นเป็นแกนกลาง และใช้สารที่มีอายุยาวนานกว่าเป็นพื้นผิวเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติด้านความแข็งแรง อุตสาหกรรมการผลิตพาร์ติเคิลบอร์ดในปัจจุบันเป็นอุตสาหกรรมที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ แต่ยังมีโอกาสในการพัฒนาประสิทธิภาพของกระบวนการ ในขณะที่ราคาของน้ำมันเพิ่มขึ้น ราคาของการขนส่ง สารเชื่อม และพลังงานในการดำเนินการผลิตก็สูงขึ้นตาม ผู้ผลิตพาร์ติเคิลบอร์ดจึงต้องแข่งขันกันสำหรับวัตถุดิบไม้ และนโยบายบางอย่างไม่นานมานี้ที่เน้นในเรื่องไม้ชีวมวลเพื่อผลิตพลังงานทำให้สถานการณ์แยกลงไปอีก กระทรวงเกษตร ป่าไม้และการประมงนั้นเริ่มโปรแกรมที่มีเนื้อหาเน้นเกี่ยวกับทรัพยากรไม้ทางการเกษตรชีวมวลที่มีเป้าหมายเพื่อ 1) การศึกษา 2) เทคโนโลยีในการพัฒนาเชื้อเพลิงของการขนส่งเช่น ไบโอบีโอดี 3) การส่งเสริมและเชื่อมโยงเครือข่ายสำหรับชุมชนท้องถิ่นเพื่อการใช้ทรัพยากรชีวมวล 4) งานวิจัยและการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับการใช้ไม้ชีวมวลและทรัพยากรธรรมชาติอื่นๆ 5) การเริ่มต้นใช้ผลิตภัณฑ์ชีวมวลและส่งเสริมการรีไซเคิล 6) เทคโนโลยีที่ส่งต่อประเทศในกลุ่มอาเซียน อุตสาหกรรมการผลิตพาร์ติเคิลบอร์ดส่วนใหญ่ใช้เศษไม้ท้องถิ่นเพื่อที่จะพัฒนาประสิทธิภาพโดยการใช้ประโยชน์ของวัสดุรีไซเคิลและใช้เป็นพลังงานในการดำเนินการผลิต โดยนำมาเผาซึ่งไม่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมการผลิตพาร์ติเคิลบอร์ด

### 3.3.5 สถิติของไม้ซิวมวลรวมถึงปานล ไม้

ไม้ซิวมวลรวมถึงเปลือกไม้ ขี้เลื่อยแ ละเศษที่จากการตัดไม้ ไม้อัดและการผลิตผลิตภัณฑ์ไม้ทางวิศวกรรม ปริมาณของไม้ซิวมวลทั้งหมดที่ใช้ในญี่ปุ่นเท่ากับ 10,782,000 ลูกบาศก์เมตรในปี 2006 เกือบทั้งหมดประมาณ 95% คิด เป็น 10,197,000 ลูกบาศก์เมตร ถูกใช้เป็นแหล่งสารชีวมวล ขณะที่เหลือถูกทิ้ง ไม้ซิวมวลถูกจัดประเภทดังนี้ 1) เศษชิ้นไม้ 4,408,000 ลูกบาศก์เมตร (43%) 2) เชื้อเพลิง 2,330,000 ลูกบาศก์เมตร (23%) 3) วัสดุคอกเลี้ยงสัตว์ 2,256,000 ลูกบาศก์เมตร (22%) 4) ส่วนผสมสารอิทธิฤทธิ์สำหรับปุ๋ยและสารเพิ่มคุณภาพดิน 580,000 ลูกบาศก์เมตร (5.7%) และ 5) ปานลจากไม้เช่น พาร์ติเคิลบอร์ด 258,000 (2.5%) เชื้อเพลิง 2,330,000 ลูกบาศก์เมตร ถูกแบ่งออกเป็น 1) พลังงานที่ใช้ในเตาอบแห้ง 1,550,000 ลูกบาศก์เมตร 2) พลังงานไฟฟ้า 595,000 ลูกบาศก์เมตร และ 3) พลังงานในการผลิตพลาสติก 46,000 ลูกบาศก์เมตร

### 3.3.6 การประยุกต์ใช้ในภูมิภาคเอเชีย

ปอแก้วเจริญเติบโตเร็วกว่าต้น ไม้และจัดเป็นสารที่ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม พานาโซนิคมาเลเซีย ได้พัฒนาระบบ ที่ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมในการผลิตพาร์ติเคิลบอร์ดจากปอแก้ว (*Hibiscus cannabinus*) กระบวนการนี้ลดมลพิษ ดังนั้นจึง เป็นการช่วยอนุรักษ์ระบบนิเวศปะการังของมาเลเซีย เทคนิคที่ใช้ในการผลิตบอร์ดปอแก้วพัฒนาโดยความร่วมมือกับ มหาวิทยาลัยเกียวโตโดยใช้ปอแก้วที่เจริญเติบโตในจีน ปี 2005 พานาโซนิคประสบความสำเร็จในการพัฒนากระบวนการ ปลูกปอแก้วในมาเลเซียซึ่งเหมาะสมต่ออุตสาหกรรมการผลิตพาร์ติเคิลบอร์ดจากปอแก้วที่มีคุณภาพสูง กระบวนการนี้ผลิต ของเสียประมาณ 30% แต่เส้นในนั้นถูกเผาเพื่อผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าสำหรับการผลิตพาร์ติเคิลบอร์ดและขี้เถ้าถูก นำกลับไปปลูกปอแก้วเพื่อเป็นปุ๋ย (<http://panasonic.co.jp/ism/kenaf/index.html>)

### ข้อมูลเพิ่มเติม

- American Society for Testing Materials (ASTM) Standard. D 1554 Standard Terminology Relating to Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials. (2001)
- Japanese Industrial Standard (JIS) A 5908. Particleboards. (2003)
- “Field survey on use of woody biomass,” Statistic Department, Minister of Agriculture, Forestry and Fishery. (2006)
- Statistics of Ceramics and Construction Materials, Ministry of Trade and Industry, ISBN:9784903259192. (2006)
- Thomas M. Maloney, Modern Particleboard. ISBN 0-87930-063-9. Published by Miller Freeman Publications Inc. (1977)
- Walter T, Kartal S.N, Hang W.J, Umemura S, Kawai S. Strength, decay and termite resistance of oriented kenaf fiberboard. J Wood Science, 53(6) 481-486 (2007)
- S. Kawai, K. Ohnishi, Y. Okudaira and M. Zhang. Manufacture of oriented fiberboard from kenaf bast fibers and its application to the composite panels. The 2000 International Kanaf Symposium, p.144-148, Oct. 13-14, Hiroshima (2000)
- K. Ohnishi, Y. Okudaira, M. Zhang, and S. Kawai. Manufacturing and properties of oriented medium density fiberboard from non-wood lignocellulosic fibers I. Mokuzai Gakkaishi, 46 (2) 114-123 (2000)(Japanese)
- S. Suzuki. The state of the arts on current timber structures. V: The state of the arts on reuse and recycle of wooden structures. Journals of the Society of Materials Science, Japan, 53 (4) 465-470 (2004) (Japanese)

## บทที่ 4 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและความร้อนของสารชีวมวล

### 4.1 การเผาไหม้

#### 4.1.1 ขอบข่ายทั่วไป

##### (ก) การเผาไหม้คืออะไร

การเผาไหม้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อนร่วมการเกิดความร้อนสูงและแสง เป็นปรากฏการณ์ที่ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยา เมื่อใช้สารชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีความร้อนเกิดขึ้นโดยคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ซัลเฟอร์ที่เผาไหม้ได้ และไนโตรเจนซึ่งอยู่ในสารชีวมวลทำปฏิกิริยากะออกซิเจนเรียกว่าการเผาไหม้ กระบวนการเผาไหม้เกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาในเฟสแก๊ส ปฏิกิริยาบนพื้นที่ผิว หรือทั้งคู่ตามค้ำวนกระบวนการหลอมเหลว การระเหยและไพโรไลซิส ในปฏิกิริยาการเผาไหม้จริงเกิดปรากฏการณ์หลายอย่างที่ซับซ้อนเช่น การระเหย การแพร่ การผสม การนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสี และการเกิดเปลวไฟที่อุณหภูมิสูง เชื้อเพลิงเผาโดยตรงในเฟสแก๊สในการเผาไหม้แบบเปลวไฟชนิดผสมมาก่อน (Premix combustion) และการเผาไหม้แบบเชื้อเพลิงแพร่กระจาย (Diffuse combustion) เชื้อเพลิงของเหลวจะถูกเผาไหม้เป็นแก๊สเผาไหม้ได้ในเฟสแก๊สหลังจากการระเหยที่พื้นผิวซึ่งเรียกว่าการเผาไหม้แบบระเหย น้ำมันจะถูกเผาไหม้ในการเผาไหม้แบบเชื้อเพลิงระเหย (Evaporation combustion) แต่การเผาไหม้แบบเชื้อเพลิงสลายตัว (Decomposition combustion) ยังดำเนินต่อไปซึ่งจะสลายเชื้อเพลิงบางส่วนโดยความร้อนที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยา

##### (ข) รูปแบบของการเผาไหม้

รูปแบบการเผาไหม้ของการเผาไหม้สารชีวมวลโดยตรงซึ่งเป็นของแข็งนั้นได้แก่ การเผาไหม้แบบเชื้อเพลิงระเหย (Evaporation combustion) การเผาไหม้แบบเชื้อเพลิงสลายตัว (Decomposition combustion) การเผาไหม้ที่พื้นผิว (Surface combustion) การเผาไหม้แบบช้าๆที่ไม่มีไฟแต่มีควัน (Smoldering combustion) ในการเผาไหม้แบบเชื้อเพลิงระเหยนั้นเชื้อเพลิงจะประกอบด้วยสารประกอบพื้นฐานซึ่งโครงสร้างโมเลกุลจะมีจุดหลอมเหลวต่ำและระเหยได้โดยการให้ความร้อนและทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในเฟสแก๊สและเกิดการเผาไหม้ ในการเผาไหม้แบบเชื้อเพลิงสลายตัว แก๊สที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวโดยการให้ความร้อน ( $H_2$ ,  $CO$ ,  $C_mH_n$ ,  $H_2O$  และ  $CO_2$ ) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในเฟสแก๊ส และเกิดเปลวไฟและเกิดการเผาไหม้ โดยปกติคาร์บอนจะเหลือหลังจากการเผาไหม้ชนิดนี้และถูกเผาด้วยการเผาไหม้ที่พื้นผิว การเผาไหม้ที่พื้นผิวเกิดในกรณีของสารองค์ประกอบประกอบด้วยคาร์บอนที่มีสารระเหยได้สะสมอยู่เล็กน้อยเท่านั้น เช่น ถ่านหิน ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์หรือไอน้ำจะแพร่เข้าไปในรูที่มีอยู่ในหรือพื้นผิวของของแข็งของสารนั้นและเกิดเผาไหม้โดยปฏิกิริยาที่พื้นผิว การเผาไหม้ช้าๆแบบไม่มีไฟแต่มีควันนั้นเป็นปฏิกิริยาการสลายตัวด้วยความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิจุดไฟติดของสารระเหยของเชื้อเพลิงที่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้นั้นเช่น ไม้ ถ้าการติดไฟทำให้เกิดควันหรืออุณหภูมินั้นเกินกว่าจุดติดไฟการเผาไหม้ การเผาไหม้ที่มีไฟจะเกิดขึ้น รูปแบบการเผาไหม้หลักในการเผาไหม้ของสารชีวมวลโดยตรงในอุตสาหกรรมนั้น ได้แก่ การเผาไหม้แบบเชื้อเพลิงสลายตัวและการเผาไหม้ที่พื้นผิว

##### (ค) วิธีของการเผาไหม้

ในอุตสาหกรรมการเผาไหม้ อากาศส่วนเกินถูกเติมเข้าไปในปริมาณหนึ่งเพิ่มจากปริมาณอากาศทางทฤษฎีที่ต้องใช้ในการเผาไหม้ของสารชีวมวล ถ้าอัตราการเติมอากาศส่วนเกินสูงเกินไปจะทำให้อุณหภูมิจากการเผาไหม้ลดต่ำลงและ

ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ลดต่ำลงด้วย ดังนั้นวิธีการในการเผาสารชีวมวลถูกนำมาใช้ ได้แก่ การเผาไหม้แบบตะกรับ (แบบนิ่งและแบบเคลื่อนไหว)(Fixed grate, moving grate) การเผาไหม้แบบฟลูอิดไรซ์เบด (Fluidized bed combustion) การเผาไหม้แบบเตาฮาร์ทแบบหมุน (Rotary hearth furnace combustion) การเผาไหม้แบบเตาเผา (Burner combustion) รูปแบบการเผาในแต่ละวิธีแสดงดังในตาราง 4.1.1

ตาราง 4.1.1 ชนิดของการเผาไหม้และรูปแบบของสารชีวมวล

วิธีการเผาไหม้	ชนิดของการเผาไหม้	ลักษณะสำคัญ
การเผาไหม้แบบ fixed bed	ตะกรับวางแนวนอน/เอียง ตะกรับที่มีน้ำหล่อเย็น ตะกรับที่มีการทิ้งขี้เถ้า	ตะกรับเป็นชั้นหรือเป็นแบบเอียงชัน การเผาไหม้ของสารชีวมวลเป็นการเผาไหม้พื้นผิว ใช้ในเตาเผาแบบ Batch ขนาดเล็ก สำหรับสารชีวมวลที่มีขี้เถ้าเล็กน้อย
การเผาไหม้แบบ Moving bed	ตะกรับเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ตะกรับเคลื่อนที่ไปข้างหลัง ตะกรับแบบเป็นชั้น ตะแกรงคล้ายบานเก็ท	ตะกรับจะค่อยๆเคลื่อนที่และ และถูกแบ่งเป็น โซนเผาไหม้และโซนหลังจากเผาไหม้ เนื่องจากมีการปล่อยขี้เถ้าอย่างต่อเนื่อง ทำให้ตะกรับมีขนาดใหญ่ เพื่อลดการกีดขวางของขี้เถ้าในการเผา สามารถใช้กับเชื้อเพลิงได้ตั้งแต่เป็นเศษเล็กๆจนถึงเป็นขนาดบดลือค
การเผาไหม้แบบ Fluidized bed	การเผาไหม้ระบบฟลูอิดไรซ์เบดแบบพองอากาศ การเผาไหม้ระบบฟลูอิดไรซ์เบดแบบหมุนเวียน	ใช้ทรายเป็น Bed โดยให้ทรายและเชื้อเพลิงที่อยู่ในเตาหลอมนั้นอยู่ในสถานะเดือดที่มีความดันของอากาศในการเผาไหม้สูงและเกิดการเผาไหม้ผ่านความร้อนที่กักเก็บในทรายและผลการส่งผ่านความร้อนของทรายเหมาะสำหรับเชื้อเพลิงที่มีความชื้นสูงและมีคุณภาพต่ำ
การเผาไหม้ Rotary hearth furnace	เตาหลอมแบบKiln	ใช้สำหรับการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีปริมาณความชื้นสูง เช่น กากตะกอนของสารอินทรีย์เหลวและเศษอาหารหรือของเสียขนาดใหญ่ ความสามารถในการไหลถูกจำกัดโดยขนาดของเชื้อเพลิง
การเผาไหม้แบบ Burner	เครื่องพ่นไฟ (burner)	เผาผงไม้หรือผงขนาดละเอียดเช่น เนื้อเยื่อที่อยู่ส่วนกลางของลำต้นอ้อยด้วย burner เหมือนกับที่เผาเชื้อเพลิงเหลว

### (ค) การประยุกต์ใช้

การเผาไหม้ของสารชีวมวลเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดเพื่อที่จะได้พลังงานออกมาและถูกใช้อย่างกว้างขวางเพราะเทคโนโลยีของเชื้อเพลิงฟอสซิลสามารถใช้ประยุกต์ได้ เนื่องจากการเกิดขึ้นของ NOx SOx HCl และ ไดออกซินต่ำซึ่งเป็นข้อดีของการเผาไหม้สารชีวมวลและความสามารถในการเกิดเปลวไฟนั้นปลอดภัย ความร้อนของการเผาไหม้นั้นถูกนำไปใช้สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าและการผลิตความร้อนโดยที่ความร้อนคั้นผ่านการถ่ายเทความร้อนของตัวกลางเช่น ไอน้ำและน้ำร้อนโดยใช้หม้อไอน้ำและเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ในส่วนของปริมาณของความร้อนที่สามารถนำไปใช้ได้และศูนย์กลางของพลังงานในแหล่งอุตสาหกรรมที่มีใช้เชื้อเพลิงที่ผลิตพลังงานร่วม 2 รูปแบบได้แก่พลังงานไฟฟ้า

(กระแสไฟฟ้าและพลังงานความร้อน เช่น เศษไม้และของเสียทางการเกษตรซึ่งใช้อย่างกว้างขวาง โรงไฟฟ้าและโรงงานที่นำความร้อนไปใช้เป็นประโยชน์โดยไม่ได้คำนึงถึงขนาดใช้เปลือกข้าว ชานอ้อย เศษไม้ เศษปาล์มน้ำมัน และมูลไก่เป็นต้น เป็นเชื้อเพลิง

### ข้อมูลเพิ่มเติม

Fujii, S. in "Baiomasu Enerugino Riyo, Kenchiku, Toshi Enerugi Sisutemuno Shingijutsu", Kuuki Chowa Eisei Kogakkai Ed., 2007, pp.212-218 (in Japanese)

Mizutani, Y. in "Nensho Kogaku", 3ed., Morikita Shuppan, 2002, pp.169-181 (in Japanese)

#### 4.1.2 CHP

##### (ก) CHP คืออะไร

CHP ย่อมาจาก Combined Heat and Power หมายถึง การผลิตกระแสไฟฟ้าและความร้อนจากแหล่งกำเนิดเดียวกันในเวลาเดียวกัน เนื่องจากประสิทธิภาพของพลังงานนั้นสูงกว่าในกรณีที่ผลิตกระแสไฟฟ้าอย่างเดียว ดังนั้นจึงให้ความสนใจ CHP โดยมุมมองด้านประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน

##### (ข) การเปลี่ยนแปลงพลังงานใน CHP

เพื่อที่จะผลิตกระแสไฟฟ้าจากสารชีวมวล พลังงานของสารชีวมวลจะถูกเปลี่ยนในรูปของพลังงานจลน์โดยไคโนโมจะเปลี่ยนจากพลังงานจลน์เป็นกระแสไฟฟ้า หลักการในการเปลี่ยนพลังงานของสารชีวมวลในรูปพลังงานจลน์ดังต่อไปนี้ 1) ไอน้ำผลิตจากความร้อนจากการเผาไหม้ของสารชีวมวลและไอน้ำไปหมุนกังหันไอน้ำ 2) ก๊าซที่เผาไหม้ได้เกิดจากไพโรไลซิสหรือการย่อยสลายสารชีวมวลของจุลินทรีย์และก๊าซเหล่านั้นจะถูกใช้โดยเครื่องยนต์แก๊สหรือกังหันก๊าซ ในกรณีที่ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ถูกเปลี่ยนในรูปพลังงานจลน์ ดังนั้นพลังงานความร้อนทั้งหมดจะไม่สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ได้ บางส่วนของความร้อนจะถูกปล่อยออกมา ประสิทธิภาพของพลังงานจากการใช้สารชีวมวลนี้ จะพัฒนาได้ถ้าหากความร้อนเหล่านี้ถูกเก็บพร้อมด้วยกระแสไฟฟ้า CHP จึงมีข้อดีในการเพิ่มประสิทธิภาพของการเปลี่ยนพลังงาน

##### (ค) ความเป็นไปได้ของโรงงานขนาดใหญ่

CHP สามารถประยุกต์ใช้ในโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ เหตุผลในการตั้งโรงไฟฟ้าความร้อนและโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ใกล้ชายฝั่งและแม่น้ำขนาดใหญ่เพื่อใช้น้ำทะเลหรือน้ำจืดถ่ายเทความร้อน ในทางตรงกันข้ามในกรณีการขายความร้อนที่เกิดจากโรงไฟฟ้าให้โรงงานอื่นๆ และถูกพิจารณาว่าเป็นแหล่งพลังงานเมื่อโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ถูกสร้าง

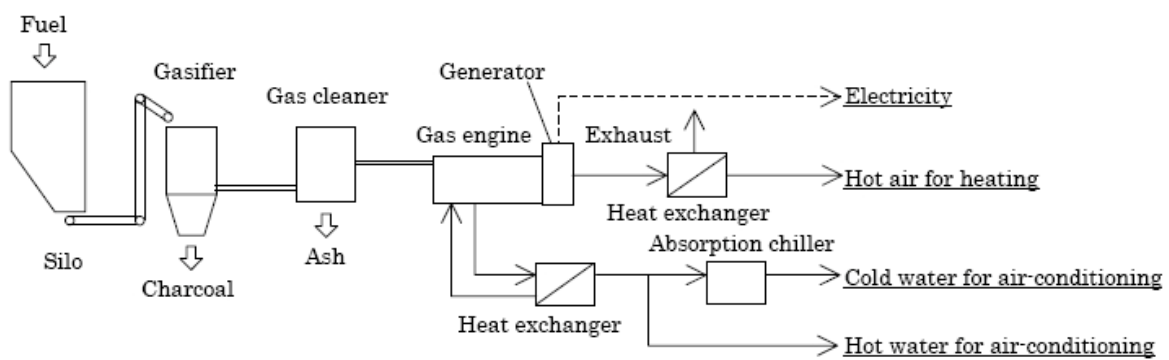
##### (ง) ความสามารถในการประยุกต์ใช้ของโรงงานและบ้านเรือน

โรงงาน CHP สามารถออกแบบและสร้างในโรงงานและบ้านเรือนตามความต้องการของปริมาณพลังงานไฟฟ้าและความร้อน ความร้อนที่ได้นั้นมีข้อมูลจำเพาะตั้งแต่ไอน้ำอุณหภูมิสูงและความดันสูงไปจนถึงน้ำอุ่น การเก็บความร้อน

นั้นทำได้ง่ายกว่าที่อุณหภูมิต่ำและความดันต่ำ ไอ้และน้ำร้อนนั้นสามารถจัดเตรียมได้โดยโรงงาน CHP ที่มีบอยเลอร์ เมื่อใช้สารชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง ประสิทธิภาพในการกำเนิดพลังงานนั้นลดลงเมื่อขนาดของโรงงานนั้นเล็กลง ดังนั้นขั้นต่ำของผลผลิตในกรณีของกระบวนการของบอยเลอร์และกังหัน ในขนาดผลผลิตกระแสไฟฟ้า 2000 กิโลวัตต์หรือมากกว่าและในกรณีของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันและเครื่องยนต์แก๊ส ในขนาดผลผลิต 50 กิโลวัตต์หรือมากกว่า

**(จ) ตัวอย่าง**

ตัวอย่างของโรงงาน CHP ขนาดเล็กซึ่งใช้ไม้ชีวมวลตามรูปด้านล่าง เศษไม้เล็กๆจากโรงงานถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการไฟโรไลซิสและแก๊สซิฟิเคชัน โดยมีกระแสไฟฟ้า อากาศร้อน น้ำร้อนและน้ำเย็นถูกป้อนให้กับโรงงาน แผนผังกระบวนการดังที่แสดงตามรูป 4.1.1.



รูป 4.1.1. แผนผังสรุปโดยย่อของ CHP ขนาดเล็กซึ่งใช้ไม้ชีวมวล

ผลผลิตกระแสไฟฟ้าขาออกรวมทั้งหมดเท่ากับ 175 กิโลวัตต์และพลังงานขาออกสุทธิทั้งหมดเท่ากับ 157 กิโลวัตต์ ความร้อนขาออกในรูปแบบของอากาศร้อน (67 องศาเซลเซียส) เท่ากับ 174 กิโลวัตต์ (150 เมกกะแคลอรีต่อชั่วโมง) ในรูปของน้ำร้อน (80 องศาเซลเซียส) เท่ากับ 116 กิโลวัตต์ (100 เมกกะแคลอรีต่อชั่วโมง) และในรูปของน้ำเย็น (7 องศาเซลเซียส) เท่ากับ 70 กิโลวัตต์ (60 เมกกะแคลอรีต่อชั่วโมง) ประสิทธิภาพของพลังงานในโรงงานสามารถเพิ่มได้โดยใช้ความร้อนที่ถูกปล่อยออกมาในรูปควันหรือน้ำหล่อเย็น

**4.1.3 การใช้สารชีวมวลและถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงร่วมกัน (Co-firing)**

**(ก) เชื้อเพลิงร่วมกันคืออะไร**

การใช้สารชีวมวลและถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงร่วมกัน (Co-firing) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้สารชีวมวลร่วมกับเชื้อเพลิงฟอสซิลในการเผาไหม้ของโรงไฟฟ้าระบบกำลังความร้อนและอื่นๆ ข้อดีของเทคโนโลยีคือการตัดแปลงอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วอย่างง่ายเพื่อใช้สารชีวมวลในการทำปฏิกิริยาซึ่งเป็นไปได้ในการเผาสารชีวมวลให้เกิดประสิทธิภาพสูงในโรงงานเผาไหม้ขนาดใหญ่ งานวิจัยและการพัฒนาเทคโนโลยีในการใช้ถ่านหินและไม้ชีวมวลร่วมกันในการเผาไหม้นั้นสำเร็จโดยความช่วยเหลือร่วมกันของบริษัท Chugoku Electric Power Co., Inc. และ Hitachi Ltd. และ Babcock-Hitachi K.K.

(ข) เป้าหมาย

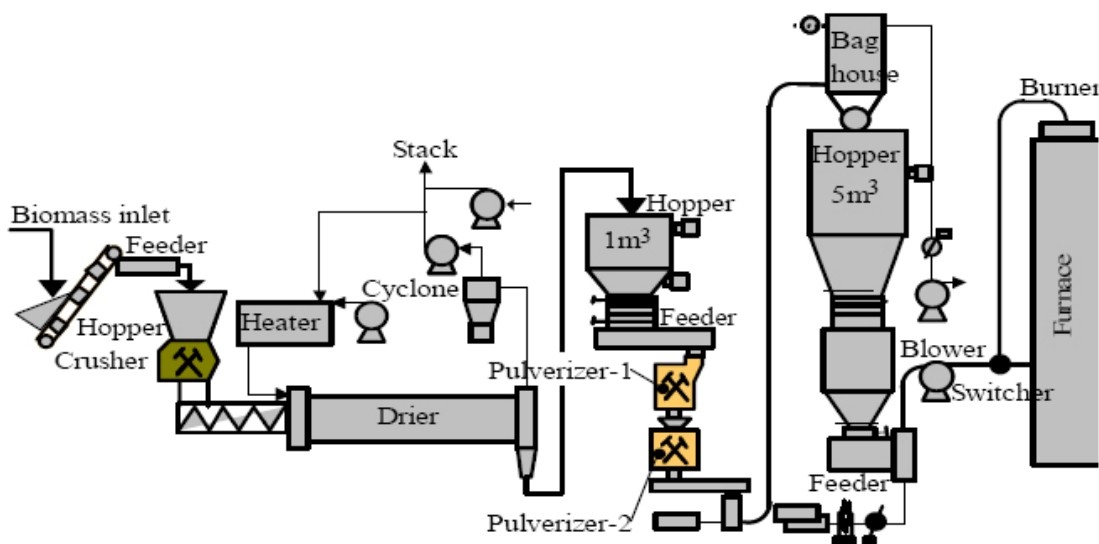
การเผาไหม้ไม้ชีวมวลปริมาณ 5-10% ในโรงไฟฟ้าถ่านหิน (ต่อจากนี้ สัดส่วนในเชื้อเพลิงผสมแสดงในเชิงของ calorific base) โดยตั้งเป้าหมายที่จะรักษาการดำเนินระบบที่มั่นคงและในขณะเดียวกันทำให้ประสิทธิภาพลดน้อยลงที่สุด เป้าหมายของการผลิตกระแสไฟฟ้านั้นประมาณ 40% ของโรงไฟฟ้าถ่านหินที่มีอยู่ และพยายามรักษาระดับการลดลงของประสิทธิภาพไม่เกิน 0.5% เมื่อผสมเชื้อเพลิงในอัตรา 5% (และไม่เกิน 0.8% เมื่อผสมเชื้อเพลิงในอัตรา 10%)

(ค) วัตถุดิบตั้งต้น

เมื่อเทียบกับการวิเคราะห์องค์ประกอบในไม้สน ต้นสนจำพวก Cedrus ต้นไซปรัส ไม้และอื่นๆ ไม้ชีวมวลนั้นมีปริมาณสารระเหยมากกว่าถ่านหิน (บิทูมินัส) และอัตราส่วนเชื้อเพลิง (อัตราส่วนของปริมาณคาร์บอนคงที่ต่อปริมาณสารระเหย) ซึ่งมีค่าประมาณ 1 ใน 10 ของถ่านหิน และมีปริมาณเถ้าต่ำ ในการทดสอบในอุตสาหกรรมเครื่องบดขนาดเล็ก พลังงานที่ใช้ในการบดไม้ชีวมวลนั้นมีค่าสูงกว่า 10 เท่าของถ่านหินในปริมาณเท่ากันเป็นอย่างน้อย และการทดสอบในการบดถ่านหิน พบว่าความสามารถในการบดของถ่านหินลดลงอย่างมากเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมของไม้

(ง) แผนผังกระบวนการ

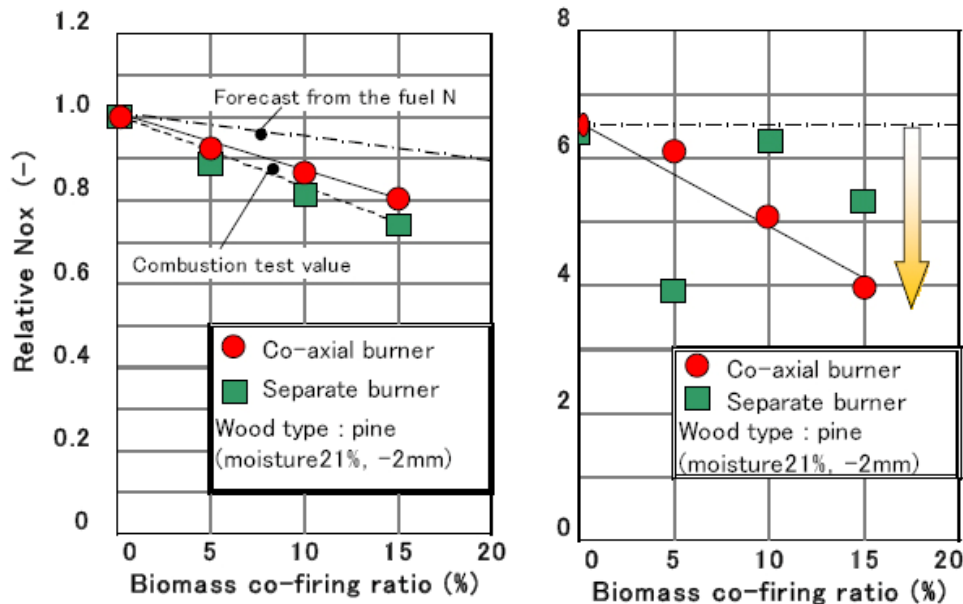
รูป 4.1.2 แสดงแผนผังอุปกรณ์ในการบำบัดก่อนสารชีวมวล ไม้ชีวมวลนั้นประกอบไปด้วยท่อนไม้ขนาดเล็กและเศษไม้ที่ผลิตในบริเวณจุกโคลซึ่งมีขนาดไม่มากกว่า 50 มิลลิเมตรและมีปริมาณน้ำสะสมประมาณ 50 % เศษไม้นั้นจะถูกบดให้มีขนาดเหมาะสมกับกระบวนการอบแห้ง(ไม่มากกว่า 20 มิลลิเมตร) และอบให้มีปริมาณน้ำสะสมลดลงเหลือ 20% หรือต่ำกว่า ขั้นตอนต่อไปไม่บดซึ่งมี 2 ชนิดผสมกันในเครื่องเดียวปรับขนาดของเศษไม้ให้มีขนาด 1-5 มิลลิเมตรและจะถูกส่งเข้าเตาหลอมโดยเครื่องป้อนสารที่มีปริมาณคงที่ อัตราการเผาเชื้อเพลิงผสมนั้นเท่ากับของ 15% ซึ่งเป็นค่ามากที่สุด โดยใช้เครื่องเผาไฟสองชนิด ได้แก่ เครื่องเผาสารชีวมวลที่ผสมกับถ่านหินแบบcoaxialและเครื่องเผาสารชีวมวลที่ติดตั้งแยกกัน



รูป 4.1.2 แผนผังของกระบวนการบำบัดก่อน

(จ) ผลที่ได้

รูป 4.1.3 แสดงผลที่ได้บางส่วน เมื่ออัตราส่วนของเชื้อเพลิงผสมเพิ่มขึ้น สารที่ไม่เผาไหม้และค่าNOx ลดต่ำลงทั้ง เครื่องเผาสารชีวมวลที่ผสมกับถ่านหินแบบcoaxialและเครื่องเผาสารชีวมวลที่ติดตั้งแยกกัน การลดลงของสารที่ไม่เผาไหม้ บ่งบอกว่าการผสมสารชีวมวลที่ระเหยได้มากทำให้อุณหภูมิที่อยู่ล้อมรอบสูงขึ้นและประสิทธิภาพของการเผาไหม้ของ เชื้อเพลิงนั้นเพิ่มขึ้น อัตราลดลงของNOxนั้นต่ำกว่าค่าที่คาดการณ์ไว้เนื่องจากปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในเชื้อเพลิงลดลง



รูป 4.1.3 ผลที่ได้จากการการเผาไหม้เชื้อเพลิงผสม

(จ) ประสิทธิภาพ

จากผลที่ได้จากการทดสอบการเผาไหม้ อุปกรณ์พื้นฐานและระบบในการประยุกต์ใช้กับโรงไฟฟ้าถ่านหินที่มีอยู่ (เลือก สามชนิดของ 75-500 เมกกะวัตต์) ถูกตรวจสอบและประเมินค่าประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าและต้นทุนของการ ผลิต ปัจจัยที่ทำให้การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงผสมมีผลต่อประสิทธิภาพของการผลิตกระแสไฟฟ้านั้นคาดว่าคือการ เปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพของบอยเลอร์และพลังงานเสริม (auxiliary power) ในกรณีพิเศษไม้บางมีปริมาณน้ำสะสมเท่ากับ 30%และมีขนาดเท่ากับ 50 มิลลิเมตรหรือน้อยกว่าตามด้วยการทำให้แห้งของป่าในธรรมชาติและอื่นๆถูกนำมาใช้ในโรงไฟฟ้า ไม้เหล่านี้จะถูกเปลี่ยนเป็นสารชีวมวลที่ถูกบดซึ่งมีปริมาณน้ำสะสม 20%และมีขนาดอนุภาคเท่ากับ 2 มิลลิเมตร ตามด้วยการ การไม่บดและการขนส่งจะถูกส่งไปเผาในบอยเลอร์ซึ่งมีค่าของสารที่ไม่เผาไหม้น้อยกว่าการเผาถ่านหินอย่างเดียว ประสิทธิภาพของบอยเลอร์ลดลงเล็กน้อยเนื่องจากปริมาณน้ำที่สะสมในไม้ชีวมวล สำหรับพลังงานเสริมในโรงงานจากการ ทดลองในขนาดทดลองและการประเมินของกำลังในการบริโภคในกรณีที่ใช้เครื่องบดชนิด two-stage shock ประสิทธิภาพนั้น ต่ำลง 0.44%และ 0.77%เมื่อส่วนผสมของเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น 5%และ 10% ตามลำดับ และค่าเหล่านี้ไม่เกินเป้าหมายซึ่ง 0.5% และ 0.8% ตามลำดับ ยิ่งไปกว่านั้นเมื่อเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างการใช้ไม้ชีวมวลอย่างเดียว (10 เมกกะวัตต์) และเชื้อเพลิง ผสมเมื่อเชื้อเพลิงผสมนั้นถูกกว่า 11.3เซ็นต์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ดังนั้นจึงยืนยันถึงความเหนือกว่าของการเผาไหม้ด้วย เชื้อเพลิงผสม



## 4.2 แก๊สซิฟิเคชัน

### 4.2.1 คำจำกัดความ

กระบวนการในการเปลี่ยนวัตถุดิบชีวมวลของแข็งเป็นก๊าซเชื้อเพลิงหรือก๊าซวัตถุดิบตั้งต้นทางเคมี (syngas) คือ แก๊สซิฟิเคชันหรือแก๊สซิฟิเคชันทางเคมีและความร้อน

### 4.2.2 การจัดประเภทของวิธีแก๊สซิฟิเคชัน

วิธีแก๊สซิฟิเคชันถูกแบ่งออกตามส่วนประกอบของปัจจัยเงื่อนไขที่แสดงในตาราง 4.2.1

ตาราง 4.2.1 การแบ่งประเภทของวิธีแก๊สซิฟิเคชัน

การแบ่งประเภท	ปัจจัยเงื่อนไข
ความดันแก๊สซิฟิเคชัน	ความดันปกติ (0.1-0.12 เมกกะปาสกาล) ความดันสูง (0.5-2.5 เมกกะปาสกาล)
อุณหภูมิแก๊สซิฟิเคชัน	อุณหภูมิต่ำ (700 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า) อุณหภูมิสูง (700 องศาเซลเซียสหรือมากกว่า) อุณหภูมิสูงในการสลายตัว (จุดหลอมเหลวต่ำและสูงกว่า)
สารที่ทำให้เกิดแก๊สซิฟิเคชัน	อากาศ ออกซิเจน ไอน้ำและ สารประกอบของสารเหล่านั้น คาร์บอนไดออกไซด์
การให้ความร้อน (การเกิดโซนอุณหภูมิ)	แก๊สซิฟิเคชันโดยตรง (ความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาของแก๊สซิฟิเคชันบางส่วนของวัตถุดิบและออกซิเจน) แก๊สซิฟิเคชันโดยอ้อม (ให้ความร้อนแก่วัตถุดิบและสารที่ทำให้เกิดแก๊สซิฟิเคชันโดยความร้อนจากภายนอก)
ชนิดของ gasifier	ฟิ็กซ์เบด (fixed bed) โฟว์เบด (flow bed) โฟว์เบดแบบหมุนเวียน (circulating flow bed) เบดแบบนำพาอนุภาคให้ไหลไปตามกระแสของของเหลว (entrained bed) เบดที่มีการผสม (mixing bed) เตาเผาแบบหมุน (rotary kiln) หอคู่อู๋ (Twin tower) เตาหลอมเหลว (molten furnace)

### 4.2.3. การตรวจสอบคุณสมบัติของสารชีวมวล

การตรวจสอบคุณสมบัติของสารชีวมวลนั้นจำเป็นที่จะต้องก่อนการวางแผนของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน

#### (ก) การวิเคราะห์ธาตุ

คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ซัลเฟอร์ (S) ไนโตรเจน (N) และคลอรีน (Cl) ถูกนำไปวิเคราะห์ธาตุ (HCN coder และอื่นๆ) ซัลเฟอร์ที่มากเกินไปและคลอรีนนั้นสามารถกัดกร่อนอุปกรณ์ในโรงงาน สูตรโมเลกุลแบบย่อ  $C_nH_mO_p$  สามารถหาได้โดยอัตราส่วนโมลสำหรับคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน สำหรับสารชีวมวลที่ประกอบด้วยหญ้า และไม้  $n=1.2-1.5$  และ  $p=0.8-1.0$  เมื่อ  $m=2$

**(ข) องค์ประกอบของถ้ำและจุดหลอมเหลว**

จุดที่ถ้ำนั้นมีการอ่อนตัว จุดหลอมเหลวและจุดไหลนั้นถูกวัดจากสภาพออกซิเคชันและสภาพรีดักชัน ปัญหาของอุปกรณ์จะเกิดได้ง่ายต่อเมื่ออุณหภูมิจุดหลอมเหลวต่ำ

**(ค) การวิเคราะห์ทางเทคนิค**

การวิเคราะห์ทางเทคนิคทำเพื่อหาความชื้นบนพื้นผิวของสารชีวมวล ความชื้นที่อยู่ในเนื้อหรือรูพรุนของสารชีวมวล ปริมาณสารระเหย ปริมาณคาร์บอนคงที่ และปริมาณเถ้า ค่า caloric ต่ำและสูงของในสารชีวมวล ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จำเป็นต่อการวิเคราะห์ของแก๊สซิฟิเคชัน

**4.2.4 สารที่ทำให้เกิดแก๊สซิฟิเคชัน**

เพื่อที่จะเปลี่ยนสารชีวมวลของแข็งเป็นก๊าซเผาไหม้ได้ สารที่ส่งเสริมการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีนั้นมีความสำคัญ สารนี้เรียกว่า สารที่ทำให้เกิดแก๊สซิฟิเคชัน และอากาศ (N<sub>2</sub> O<sub>2</sub>) ออกซิเจน ไอน้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์ถูกนำมาใช้เป็นสารผสมที่เหมาะสม อากาศ (ซึ่งทำปฏิกิริยากับออกซิเจน) และออกซิเจนที่เกิดจากความร้อนโดยการออกซิเคชัน และออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นลดประสิทธิภาพของของการเกิดก๊าซเผาไหม้ได้

**4.2.5 ปรากฏการณ์พื้นฐานของแก๊สซิฟิเคชันของสารชีวมวล**

กระบวนการแก๊สซิฟิเคชันพื้นฐานมีดังต่อไปนี้

**(ก) การระเหยของความชื้นพื้นผิว**

ความชื้นพื้นผิวนั้นระเหยจากวัตถุดิบที่อุณหภูมิของการเดือดของน้ำซึ่งขึ้นกับความดัน ความชื้นภายในจะมีเหลืออยู่มากถ้าวัตถุดิบมีขนาดใหญ่

**(ข) การระเหยของความชื้นภายใน**

หลังจากการระเหยของความชื้นที่พื้นผิว ความชื้นภายในจะระเหยที่อุณหภูมิ 110-120 องศาเซลเซียส

**(ค) การระเหยกลายเป็นไอ**

การสลายตัวทางความร้อนของสารชีวมวลเริ่มที่อุณหภูมิ 200-300 องศาเซลเซียส และคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนและน้ำจะระเหยเป็นก๊าซ การสลายตัวทางความร้อนเป็นปฏิกิริยาที่มีความร้อนเกิดขึ้นซึ่งเป็นปรากฏการณ์ ลักษณะเฉพาะ ของสารชีวมวล C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>O<sub>p</sub>

**(ง) การระเหยกลายเป็นไอและปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชัน**

อุณหภูมิเพิ่มขึ้นระหว่างการระเหยกลายเป็นไอและสารระเหยซึ่งเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักเบา (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> : เมื่อ x และ y เป็นจำนวนเต็มที่มีค่าน้อยเท่ากับ 1 ค่า x ที่ต่ำบ่งบอกว่าเบา และค่า x ที่สูงบ่งบอกว่าหนัก) จะถูกเปลี่ยนเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักสูงและมีจุดเดือดสูง ไฮโดรคาร์บอนจะทำปฏิกิริยากับสารที่ช่วยเปลี่ยนเป็นก๊าซ

เพื่อเปลี่ยนเป็นก๊าซที่สะอาดซึ่งโมเลกุลเบา แม้ว่าทาร์และเขม่าจะเกิดขึ้นเมื่อการแพร่กระจายของสารที่ช่วยเปลี่ยนเป็นก๊าซนั้นช้าและไฮโดรคาร์บอนเกิดการควบแน่น

#### (จ) แก๊สซิฟิเคชันของซาร์

หลังจากการระเหยของสารระเหยที่ระเหยในวัตถุดิบชีวมวล คาร์บอนคงที่และเถ้าจะกลายเป็นซาร์ และซาร์จะให้ความร้อนแก่อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ปฏิกริยาต่อมากับสารที่ช่วยให้เปลี่ยนเป็นก๊าซจะเปลี่ยนคาร์บอนเป็นคาร์บอนมอนอกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์ อย่างไรก็ตามในกรณีที่สารที่ช่วยให้เปลี่ยนก๊าซนั้นมีไอน้ำมากเกินไปและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมนั้นมากกว่า 750 องศาเซลเซียส จะเกิดปฏิกิริยาก๊าซเปือก ( $C + H_2O \rightarrow CO + H_2$ ) ผลิตก๊าซซึ่งประกอบไปด้วย คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน

#### (ข) เศษซาร์ที่เหลือ

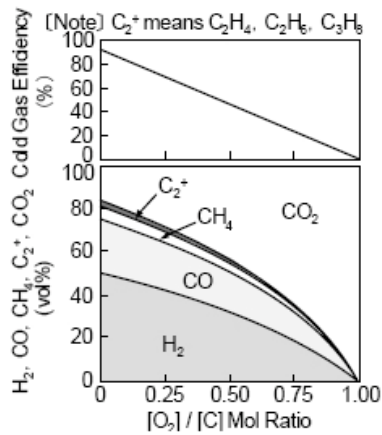
เมื่ออัตราปฏิกิริยาของปฏิกิริยาก๊าซเปือกนั้นช้า เศษซาร์ที่เหลือจะเกิดขึ้นได้ง่าย การเกิดของทาร์ เขม่าและซาร์จะลดประสิทธิภาพและทำให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์

#### 4.2.6 คุณสมบัติของก๊าซผลิตภัณฑ์ของแก๊สซิฟิเคชัน

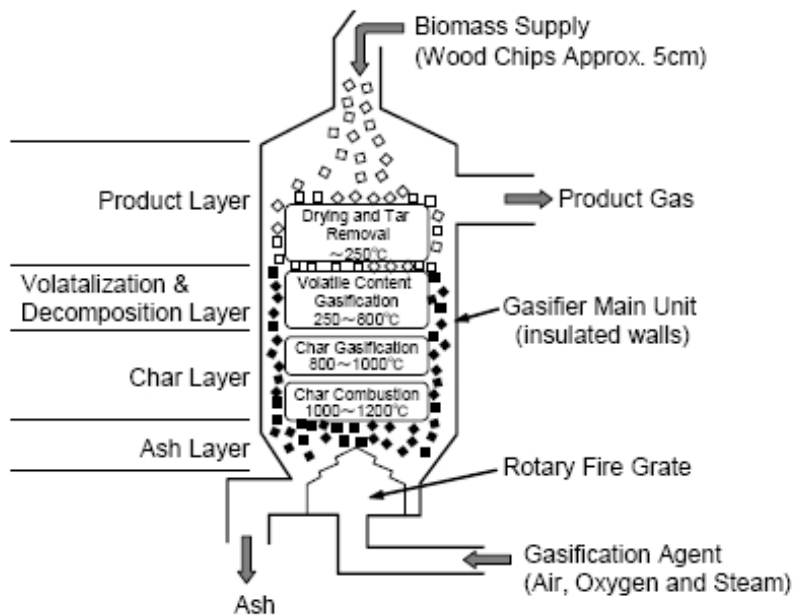
แก๊สซิฟิเคชันโดยทั่วไปจะใช้วิธีแก๊สซิฟิเคชันโดยตรงที่มีการเผาไหม้บางส่วนของวัตถุดิบเพื่อเพิ่มอุณหภูมิวัตถุดิบส่วนใหญ่ได้แก่เศษไม้และก้านข้าวโพด เตาเผาแก๊สซิเคชันส่วนใหญ่จะทำความดันปกติและกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันโดยตรง เพื่อที่จะรักษาอุณหภูมิของปฏิกิริยาที่ 800 องศาเซลเซียส และเพื่อแก๊สซิฟิเคชันโดยตรง อากาศ ออกซิเจนและไอน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสมจำเป็นสารที่ช่วยให้แก๊สซิฟิเคชัน สำหรับจุดประสงค์ดังกล่าว ประมาณ 1 ใน 3 ของออกซิเจนที่ต้องการสำหรับการเผาไหม้สมบูรณ์หรือเรียกว่าอัตราส่วนออกซิเจนถูกนำมาใช้ร่วมกับการเผาไหม้บางส่วน (การออกซิเดชันบางส่วน) ทำให้เกิดแก๊สซิฟิเคชัน ค่า calorific ของก๊าซผลิตภัณฑ์ขึ้นกับเปอร์เซ็นต์ของก๊าซเผาไหม้ได้ (คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน ไฮโดรคาร์บอน) ที่เกิดขึ้น โดยทั่วไป ก๊าซสามารถแบ่งออกเป็น ก๊าซที่มีปริมาณแคลอรีต่ำ (4-12 เมกกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร) ก๊าซที่มีปริมาณแคลอรีปานกลาง (12-28 เมกกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร) ก๊าซที่มีปริมาณแคลอรีสูง (มากกว่า 28 เมกกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร) แก๊สซิฟิเคชันโดยตรงจะให้ก๊าซที่มีปริมาณแคลอรีต่ำ รูป 4.2.1 แสดงส่วนประกอบของก๊าซผลิตภัณฑ์จากฟางข้าวเมื่อไอน้ำและออกซิเจนถูกใช้เป็นสารที่ช่วยให้เปลี่ยนเป็นก๊าซ อัตราส่วนระหว่างปริมาณ calorific ที่ระเหยในสารชีวมวลและที่ระเหยในก๊าซผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องเรียกว่า ประสิทธิภาพของก๊าซเย็น

#### 4.2.7 อุปกรณ์แก๊สซิฟิเคชันและตัวอย่างในการใช้งาน

แก๊สซิฟิเคชันชนิดฟิฟิกซ์เบด (fixed bed gasifier) อ้างอิงจากการเผาไหม้และแก๊สซิฟิเคชันของเชื้อเพลิงของแข็งซึ่งมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนและมีต้นทุนต่ำ รูป 4.2.2 แสดงแผนผังหลักการของแก๊สซิฟิเคชัน โดยปกติเศษไม้ขนาด 2.5-5 เซนติเมตรถูกใช้เป็นวัตถุดิบ ซึ่งมาจากส่วนที่ป้อนเข้าที่ด้านบนของเตาหลอมเป็นชั้นๆ สารที่ช่วยให้เปลี่ยนเป็นก๊าซ (อากาศ ออกซิเจน ไอน้ำ หรือสารผสม) จะถูกป้อนเข้าด้านล่างโดยไหลขึ้น (บางระบบเปลี่ยนเป็นไหลลง) ปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชันเกิดขึ้นจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน จากล่างสู่บน ชั้นแต่ละชั้นจะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของแก๊สซิฟิเคชันของวัตถุดิบและเถ้า ซาร์ สารระเหย สารที่ถูกสลายและผลิตภัณฑ์ ก๊าซผลิตภัณฑ์จะเกิดขึ้นที่ด้านบน



รูป 4.2.1 การเปลี่ยนแปลงของก๊าซผลิตภัณฑ์เนื่องจากอัตราส่วนของออกซิเจน



รูป 4.2.2 แผนผังแนวคิดของเครื่อง gasifier แบบฟิกส์เบด

**ข้อมูลเพิ่มเติม**

Kawamoto, H. in “Baiomasu, Enerugi, Kankyo”, Saka, S. Ed., IPC, 2001, pp.240-244 (in Japanese)

Sakai, M. in “Baiomasu, Enerugi, Kankyo”, Saka, S. Ed., IPC, 2001, pp.409-421 (in Japanese)

Takeo, K. in

“Baiomasu Enerugi Riyono Saishin Gijutsu”, Yukawa, H. Ed. CMC, 2001, pp.59-78 (in Japanese)

Sakai, M. “Baiomasuga Hiraku 21 Seiki Enerugi”, Morikita Shuppan (1998) (in Japanese)

Yokoyama, S.

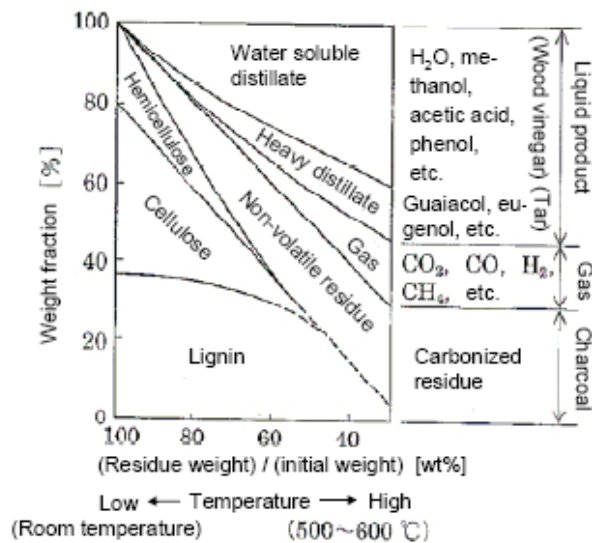
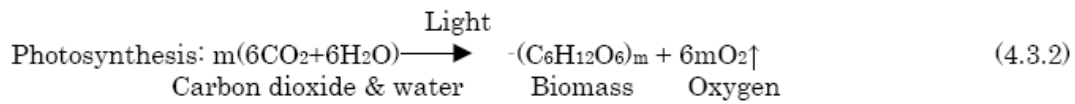
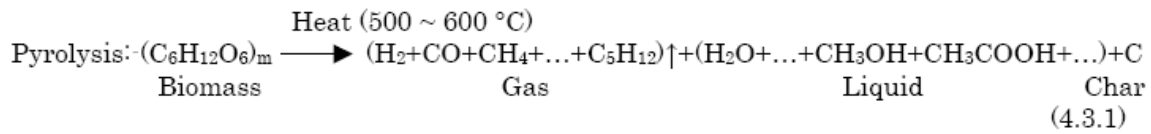
“Baiomasu Enerugi Saizensen”, Morikita Shuppan, 2001, pp.87-95 (in Japanese)

### 4.3 ไพโรไลซิส

#### 4.3.1 ไพโรไลซิสคืออะไร

สารชีวมวลประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจนเป็นหลัก กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและไพโรไลซิสสามารถอธิบายได้โดยง่ายตามสูตรต่อไปนี้

องค์ประกอบหลักทางเคมีของสารชีวมวลได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน รูป 4.3.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบระหว่างเกิดปฏิกิริยาไพโรไลซิส เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินนั้นจะถูกย่อยสลายเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เศษของแข็งที่เหลือคือขาร์ ซึ่งมีผลิตผลเท่า 10-25%



รูป 4.3.1 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบระหว่างเกิดปฏิกิริยาไพโรไลซิส

#### 4.3.2 คุณสมบัติของไพโรไลซิส

ในระหว่างปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ความชื้นจะระเหยก่อนที่อุณหภูมิ 100-110 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นเฮมิเซลลูโลสจะสลายตัวที่อุณหภูมิ 200-260 องศาเซลเซียส ตามด้วยเซลลูโลสที่อุณหภูมิ 240-340 องศาเซลเซียส และลิกนินที่อุณหภูมิ 280-500 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาไพโรไลซิสจะสิ้นสุด ดังนั้นที่อัตราการให้ความร้อนเท่ากับ 10 องศาเซลเซียสต่อวินาที ปฏิกิริยาไพโรไลซิสจะสิ้นสุดภายใน 1 นาทีขณะที่ถ้าอัตราการให้ความร้อนเท่ากับ

100 องศาเซลเซียสต่อวินาที ปฏิริยาไฟโรไลซิสจะสิ้นสุดภายใน 5 วินาที อัตราการให้ความร้อนที่สูงมีผลทำให้อัตราการเกิดของผลิตภัณฑ์ที่เป็นไอนั้นรวดเร็วขึ้น ความดันเพิ่มขึ้น เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิริยาของผลิตภัณฑ์ที่เป็นไอในเครื่องปฏิกรณ์น้อยลงและมีผลผลิตของของเหลวมากขึ้น ซึ่งเรียกว่าไฟโรไลซิสแบบเร็วหรือ 'ไฟโรไลซิสแบบแฟลช' ไคนาโมทีฟ (แคนาดา) และ บีทีจี (เนเธอร์แลนด์) ได้ทำการพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์ไฟโรไลซิสแบบเร็วซึ่งมีผลผลิตของของเหลวสูงถึง 60-80% เมื่อไม่มีความสามารถในการนำความร้อนเท่ากับ 0.12-0.42 W/mK ซึ่งคิดเป็นประมาณ 1 ใน 1000 ของค่าการนำความร้อนของทองแดง การถ่ายเทความร้อนนั้นมีความสำคัญมากในปฏิริยาไฟโรไลซิสแบบเร็ว ดังนั้นจึงต้องมีการนำไปปรับให้เป็นอนุภาคขนาดเล็กก่อน

#### 4.3.3 เครื่องปฏิกรณ์ในห้องทดลอง

เทอร์โมบาลานซ์นั้นนิยมนำมาใช้ในห้องทดลองเพื่อการศึกษาขั้นพื้นฐาน ตัวอย่างที่มีปริมาณน้อยมากประมาณไม่กี่มิลลิกรัมจนถึง 10 มิลลิกรัมถูกให้ความร้อนจากอุณหภูมิห้อง ไปจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการให้อัตราการให้ความร้อนที่ต้องการเพื่อวัดค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนไป อย่างไรก็ตามการนำผลิตภัณฑ์กลับมาหลังจากทดลองนั้นทำได้ยาก

ตัวอย่างที่มีปริมาณน้อยมากประมาณไม่กี่มิลลิกรัมจนถึง 10 มิลลิกรัมที่ใช้ในเครื่องปฏิกรณ์ในห้องทดลองเพื่อนำผลิตภัณฑ์กลับคืนมาหลังการทดลอง เครื่องอ่างทราย (Sand bath) และเครื่องอ่างทรายชนิดหลอมเหลว (molten sand bath) ถูกนำมาใช้เป็นฮีตเตอร์สำหรับเครื่องปฏิกรณ์แบบไม่ต่อเนื่อง ฮีตเตอร์ชนิดรังสีอินฟราเรดถูกใช้สำหรับเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องเพื่อศึกษาสมดุลของมวลและการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์

#### 4.3.4 เครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ใน R&D (Research & Development)

NREL สหรัฐอเมริกาได้พัฒนาเครื่องปฏิกรณ์แบบหมุนวนซึ่งอนุภาคไม้จะไหลบนผนังเครื่องปฏิกรณ์ที่ร้อนและถูกหมุนวนโดยอาศัยการไหลของก๊าซร้อน การหมุนหนึ่งรอบพื้นผิวใหม่จะเกิดบนอนุภาคไม้และจะเกิดไฟโรไลซิสแบบแฟลช BTG เนเธอร์แลนด์ ได้พัฒนาเครื่องปฏิกรณ์ชนิดหมุนวนของข้าวโพดซึ่งทรายร้อนถูกใช้เป็นตัวกลางและการไหลของทรายเกิดขึ้นจากแรงเหวี่ยงเข้าสู่ศูนย์กลางโดยอาศัยการหมุนของเครื่องปฏิกรณ์

เครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไรซ์เบดได้ถูกพัฒนาโดย Dynamotive-RTI Pasquali-ENEL (อิตาลี) Ensyn (แคนาดา) RedArrow-Ensyn (สหรัฐอเมริกา) Union Fenosa-Waterloo (สเปน) VTT (ฟินแลนด์) และอื่นๆ ไม้ที่อนุภาคขนาดเล็กถูกใช้ในเครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไรซ์เบดร่วมกับก๊าซร้อนและตัวกลางถ่ายเทความร้อนที่ร้อนและมีผลผลิตของของเหลวจากไฟโรไลซิสสูง เนื่องจากการป้อนไม้อย่างสม่ำเสมอที่ขนาดทำให้เกิดทาร์ได้ง่าย

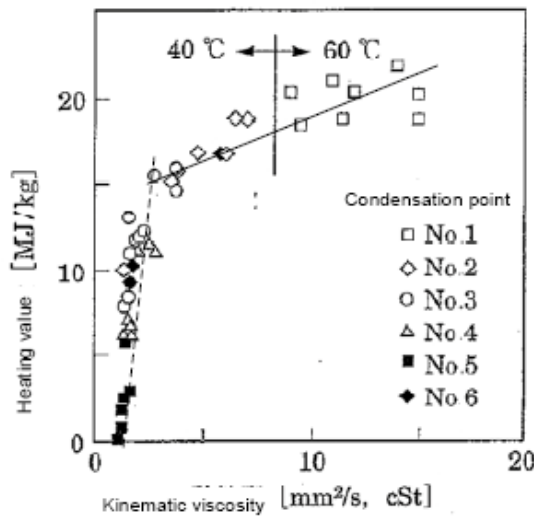
AIST ญี่ปุ่นได้พัฒนาระบบไฟโรไลซิสโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ คลื่นไมโครเวฟสามารถให้ความร้อนแก่ไม้จากข้างในและไม้ขนาดใหญ่และจะถูกนำมาใช้โดยตรง ผลที่ได้นั้นเหมือนกับผลที่ได้จากไฟโรไลซิสแบบแฟลช (200 องศาเซลเซียสต่อวินาที) ขนาดใหญ่ประสิทธิภาพของพลังงานยิ่งสูง และไฟโรไลซิสของไม้ 1 กิโลกรัมจะได้พลังงานประมาณ 1.4 เมกกะจูล (0.4 กิโลวัตต์ชั่วโมง) นอกจากนั้นยังมีปัญหาของทาร์เพียงเล็กน้อย

#### 4.3.5 ผลิตภัณฑ์

ของเหลว ก๊าซและชาร์ที่ได้จากไฟโรไลซิส ของเหลวนั้นมีความชื้นสูงจากความชื้นดั้งเดิม (8-40%) และน้ำที่เกิดขึ้น (14-17%) ซึ่งเป็นสารผสมระหว่างน้ำและสารอินทรีย์ที่มีขี้ และมีความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้สูงประมาณ

12.5-12 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของของเหลวที่แสดงในรูป 4.3.2 เมื่อมีปริมาณความชื้นสะสมมาก ของเหลวที่ได้จะมีความหนืดต่ำและมีค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ต่ำด้วย นอกจากนั้นของเหลวที่ได้นั้นไม่เสถียรจึงต้องมีการพัฒนาให้ดีขึ้น

ก๊าซที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสที่ประกอบไปด้วย คาร์บอนไดออกไซด์เป็นจำนวนมากและ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน  $C_{1-5}$  ไฮโดรคาร์บอนที่เป็นก๊าซเผาไหม้ได้ ชาร์ที่ได้มีค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของสูงประมาณ 32 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม และเหมาะสมเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นสำหรับแอคติเวตคาร์บอน (activated carbon) อย่างไรก็ตามปริมาณชาร์ทั้งหมดถูกใช้ป็นแหล่งความร้อนของระบบไพโรไลซิส



รูป 4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของของเหลวที่ได้จากไพโรไลซิส

#### 4.3.6 สถานภาพของเทคโนโลยี

ของเหลวที่ได้จากไพโรไลซิสไม่สามารถนำไปผสมกับเชื้อเพลิงของยานพาหนะได้และต้องอาศัยการพัฒนาให้ดีขึ้น ปัญหาเกี่ยวกับทาร์นั้นเทคนิคในการเดินเครื่องยังไม่ได้รับการเผยแพร่อย่างกว้างขวาง เพื่อที่จะได้ผลิตภัณฑ์ของเหลวในปริมาณมาก จำเป็นต้องใช้ข้อต่อให้ความร้อนและการทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว และความร้อนที่สูงเสถียรและความร้อนที่นำคืนกลับมาเป็นประเด็นสำคัญ ข้อดีและข้อเสียควรนำมาพิจารณา

#### ข้อมูลเพิ่มเติม

Miura, M. in "Biomass Handbook", Japan Institute of Energy Ed., Ohm-sha, 2002, pp.106-115 (in Japanese)

Miura, M.; Kaga, H.; Sakurai, A.; Takahashi, K. Rapid pyrolysis of wood block by microwave heating, *Anal. Appl.*

*Pyrolysis*, 71, 187-199 (2004)

## 4.4 คาร์บอนในเซชัน

### 4.4.1 คาร์บอนในเซชันคืออะไร

คาร์บอนในเซชันเป็นวิธีหรือเทคโนโลยีที่จะได้ถ่านออกมาเป็นผลิตภัณฑ์หลักโดยการให้ความร้อนแก่ไม้ เปลือกไม้ ไม้ ฟางข้าวและอื่นๆ ที่อุณหภูมิ 400-600 องศาเซลเซียสในภาวะที่มีออกซิเจนหรืออากาศเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย และได้ผลพลอยได้เป็นทาร์ กรดไพโรลิกเนียสและก๊าซเผาไหม้ได้ ในกรณีการถ่านแห้งที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำสารกลับมาใช้และการใช้ประโยชน์ของของเหลือผลิตภัณฑ์นั้นคำศัพท์เฉพาะทางคือ การผลิตถ่าน คาร์บอนในเซชันนั้นตามหลักหมายถึงการผลิตถ่าน แม้ว่าในคำศัพท์ทั่วไปจะรวมถึงการถ่านแห้ง

### 4.4.2 คุณสมบัติของคาร์บอนในเซชัน

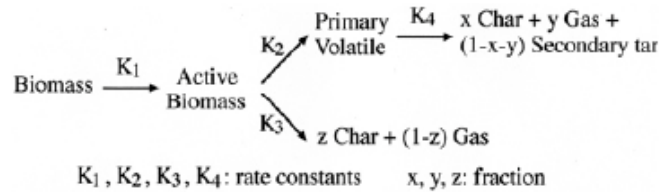
คาร์บอนในเซชันเป็นวิธีการเปลี่ยนสารชีวมวลเป็นพลังงานแบบดั้งเดิมซึ่งคล้ายกับการเผาไหม้ ในขณะที่จุดประสงค์หลักเพื่อจะเพิ่มค่า calorific ของของแข็งผลิตภัณฑ์ถ่านซึ่งมีสองด้านคือ ลิควิแฟชันและแก๊สซิฟิเคชัน ลิควิแฟชันความหมายนั้นคล้ายกับการไพโรไลซิสแบบธรรมดา (บท 4.3) การดำเนินระบบเชิงพาณิชย์ซึ่งถูกพิจารณาพร้อมกับกระบวนการที่ใช้ความดันสูงโดยตรง (บท 4.6) อย่างไรก็ตามทาร์(น้ำมัน)ที่เกิดขึ้นมีผลผลิตต่ำซึ่งน้อยกว่า 30% และมีประสิทธิภาพต่ำ (ความหนืดสูง มีปริมาณออกซิเจนสะสมมาก มีค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ต่ำ pHต่ำและอื่นๆ) ดังนั้นจึงเลิกใช้กระบวนการนี้หลังจากพบว่าการไพโรไลซิสแบบเร็ว (บท 4.3) นั้นให้ปริมาณของน้ำมันมาก นอกจากนั้นแก๊สซิฟิเคชัน (บท 4.2) นั้นมีข้อดีว่ากระบวนการนี้ในการผลิตสารติดไฟได้ง่าย เนื่องจากอุณหภูมิของปฏิกิริยาที่ต่ำกว่า ในการนำก๊าซผลิตภัณฑ์ไปใช้งานสำหรับการผลิตพลังงาน ต้องกำจัดทาร์ออกก่อน ถึงอย่างไรก็ตามคาร์บอนในเซชันนั้นมีข้อดีในด้านอุตสาหกรรม เนื่องจากอุปกรณ์มีราคาไม่แพงและมีการดำเนินระบบง่ายซึ่งสำคัญต่ออุตสาหกรรมที่ผลิตเชื้อเพลิงของแข็งราคาถูกที่มีค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้สูง คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้สัดส่วนของคาร์บอนในสารอินทรีย์คงที่และยังทำให้ปริมาณของขยะและกากตะกอนและมูลสัตว์ลดลงซึ่งช่วยในการลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และยังช่วยในการวัดปริมาณการทิ้งของเสียชนิดต่างๆตามลำดับ

### 4.4.3 ปฏิกิริยาของคาร์บอนในเซชัน

ปฏิกิริยาของคาร์บอนในเซชันคล้ายกับปฏิกิริยาของไพโรไลซิสในก๊าซเฉื่อยเช่น ไนโตรเจน สำหรับไม้ หลังจากน้ำทั้งหมดระเหยที่อุณหภูมิต่ำกว่า 200 องศาเซลเซียส สามองค์ประกอบหลักได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนินสลายตัวเพื่อผลิตของเหลวและก๊าซซึ่งประกอบด้วยคาร์บอนมอนอกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์เป็นหลักที่อุณหภูมิ 200-500 องศาเซลเซียส ด้วยเหตุนี้ทำให้น้ำหนักลดลงอย่างรวดเร็ว องค์ประกอบในไม้ต่างๆผ่านการดีไฮเดรชันและการดีโพลีเมอร์ไรเซชันเพื่อการแตกตัวของนิวเคลียสของอะตอมของภายใน โมเลกุลและระหว่างโมเลกุลและเกิดพันธะอีกครั้งและส่งผลให้โมเลกุลน้ำหนักเบาแตกเป็นผลิตภัณฑ์ของเหลวและก๊าซ ในขณะที่โมเลกุลน้ำหนักสูงซึ่งเกิดจากการโพลีคอนเดนซ์ถูกเผาไหม้ร่วมกับส่วนที่ไม่สลายตัว แม้ว่าปริมาณของน้ำหนักสูญเสียจะน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส อะโรมาติกคาร์บอนที่เกิดจากการควบแน่นจะเกิดมากพร้อมกับวัฏจักรก๊าซไฮโดรเจนซึ่งสูงถึง 80%คาร์บอนในชาร์เมื่อถึง 700 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ โครงสร้างของคาร์บอนที่เกิดจากการโพลีคอนเดนซ์ (Polycondensed) จะเพิ่มจำนวนคาร์บอนไม่ทันกับการผลิตก๊าซไฮโดรเจน แผนผังการเกิดปฏิกิริยาของคาร์บอนในเซชันทั้งหมดแสดงในรูป 4.4.1 ซึ่งบ่งบอกถึงการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ขึ้นกับทั้งสองขั้นตอน ได้แก่การสลายตัวของ “สารที่หลอมละลาย” ซึ่งเป็นผลมาจากองค์ประกอบในไม้เปลี่ยนเป็นก๊าซ ของเหลวและของแข็ง (ขั้นตอนที่ 1) และการสลายตัวภายหลังของของเหลว (ขั้นตอนที่ 2) อัตราส่วนของ



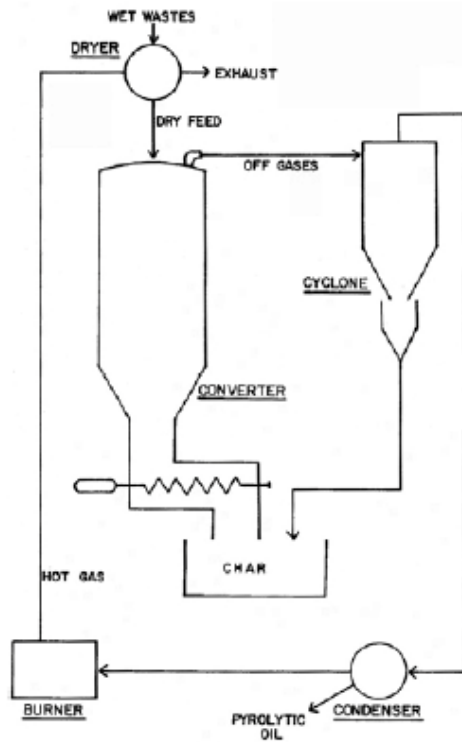
ค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่ 1 กับค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่ 2 การกระจายตัวนี้มีผลมาจากความชื้น ขนาดของวัตถุดิบ อัตราการให้ความร้อน อุณหภูมิและอื่นๆ ซึ่งตามอย่างหลังนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่ง ผลผลิตของของเหลว (ทาร์) จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อลดขนาดและเพิ่มอัตราการให้ความร้อน อุณหภูมิสูงจะทำให้ผลิตผลถ่านต่ำและผลิตผลทาร์สูงที่อุณหภูมิต่ำกว่า 500 องศาเซลเซียส ในทำนองเดียวกันความดันก็มีความสำคัญเช่นกัน และผลิตผลของทาร์สูงเมื่อความดันต่ำ



รูป 4.4.1 แผนผัง Broide-Shafizadeh ที่ถูกดัดแปลง

#### 4.4.4 ประสิทธิภาพพลังงานของคาร์บอนในเซชัน

คาร์บอนในเซชันแบบต่อเนื่องของสารผสมระหว่างเปลือกสนและชีเลื่อยโดยระบบไพโรไลซิสแบบ Tech-Air (รูป 4.4.2) จะนำมาอธิบายเป็นตัวอย่าง ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีปริมาณความร้อนเก็บสำรองจากภายในและเครื่องปฏิกรณ์เป็นแบบฟลักซ์เบด วัตถุดิบจะถูกป้อนเข้าจากด้านบนของเครื่องปฏิกรณ์หลังจากที่ถูกลดความชื้นเริ่มต้นจาก 25-55% เหลือ 4-7% ความร้อนสำหรับคาร์บอนในเซชันจะได้อาจจากการเผาไหม้วัตถุดิบบางส่วนในอากาศที่ดูดเข้ามาจากด้านล่างเครื่องปฏิกรณ์ ถ่านที่ได้จะถูกดึงออกโดยสลักเกลียวจากด้านล่างอีกส่วนหนึ่งขณะที่ก๊าซผลิตภัณฑ์จะผ่านไซโคลนซึ่งในนั้นของแข็งจะถูกกำจัดออก จากนั้นจะเข้าเครื่องควบแน่นเพื่อนำทาร์ (น้ำมัน) กลับคืนมา ก๊าซที่ไม่ควบแน่นจะถูกเผาในเบิร์นเนอร์และก๊าซที่ปล่อยออกมา (204-316 องศาเซลเซียส) จะถูกใช้ในการอบแห้งวัตถุดิบ อุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ที่มีค่าตั้งแต่ 430-760 องศาเซลเซียสจะถูกควบคุมเพื่อค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของก๊าซไพโรไลซิสมีพลังงานเพียงพอที่จะนำไปอบแห้งวัตถุดิบได้ ตาราง 4.4.1 สรุปการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์และประสิทธิภาพของกระบวนการทั้ง 2 แบบซึ่งแทนด้วยค่าประสิทธิภาพทางความร้อนสุทธิ (Net Thermal Efficiency, NTE %) โดยคำนวณจาก  $[\text{ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้} - \text{ความร้อนของกระบวนการ (ก๊าซที่นำไปใช้อบแห้ง)}] / \text{ค่าความร้อนที่ได้จากเผาไหม้ของวัตถุดิบ} \times 100$  และค่าอัตราส่วนของพลังงานได้เปรียบ (Energy Benefit Ratio, EBR %) โดยคำนวณจาก  $[\text{พลังงานของผลิตภัณฑ์} / \text{พลังงานที่ใช้}] \times 100$  ในพจน์ของพลังงานของผลิตภัณฑ์สูงสุดของแต่ละผลิตภัณฑ์ เนื่องจากไม่แตกต่างกันมากในแต่ละระบบเงื่อนไขที่เหมาะสมถูกตัดสินโดย คุณภาพ การใช้ประโยชน์ ต้นทุน และอื่นๆสำหรับถ่านและน้ำมัน



รูป 4.4.2 ระบบไพโรไลซิสแบบ Tech-Air

ตาราง 4.4.1 ผลผลิตพลังงานของผลิตภัณฑ์และประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต

กรณี	วัตถุดิบตั้ง ต้น [กิกะ จูล]	ชาร์ [กิกะจูล]	ก๊าซพร้อม ใช้ <sup>1)</sup> [กิกะจูล]	น้ำมัน [กิกะจูล]	ก๊าซที่ใช้ ในไคร์ เออร์	NTE [%]	EBR [-]
ปริมาณชาร์มาก ที่สุด	9.18	4.54	1.72	0.63	1.85	75.0	3.71
ปริมาณน้ำมันมาก ที่สุด	9.18	2.85	1.84	2.21	1.85	75.2	3.72
ปริมาณก๊าซมาก ที่สุด	9.18	3.48	2.16	1.26	1.85	75.1	3.72

<sup>1)</sup> ปริมาณก๊าซที่ผลิตได้ทั้งหมด - ปริมาณก๊าซที่ใช้ในไคร์เออร์

#### 4.4.5 ผลิตภัณฑ์ของคาร์บอนในเซชัน

ในประเทศญี่ปุ่น ถ่านนั้นถูกใช้เป็นสารปรับปรุงสภาพดิน วัตถุดิบอาหารปศุสัตว์ สารเพิ่มความชื้นและอื่นๆ โดยการใช้ประโยชน์ของความสามารถในการดูดซับ ซึ่งเรียกว่า ถ่านสำหรับการใช้ประโยชน์ในรูปแบบใหม่ นอกจากจากจากใช้เป็นเชื้อเพลิงของแข็งในการทำอาหารและให้ความร้อน สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลว นั้น สารที่มีจุดเดือดต่ำ กรดไพโรลิกเนียสซึ่งตามท้องตลาดใช้เป็นวัตถุดิบทางการเกษตร สารระงับกลิ่น และอื่นๆ ในทางกลับกัน สารที่มีจุดเดือดสูง ทาร์ มีประโยชน์ในวงจำกัด เช่น creosote ใช้เป็นยา ในห้องทดลองมีการนำไปประโยชน์ในด้านการผลิตฟีนอลิกเรซินซึ่งเป็นสาร

ยึดเกาะ สารกันไม่เสีย การเปลี่ยนเป็นคาร์บอนที่นำไฟฟ้า และอื่นๆ การนำก๊าซไปใช้ประโยชน์นั้นนำไปใช้เป็นพลังงานเสริมในกระบวนการ

#### 4.4.6 เทคโนโลยีในรูปการณปัจจุบัน

เครื่องปฏิกรณ์หลากหลายขนาดและรูปร่างนั้นถูกพัฒนาเพื่อตอบสนองความหลากหลายของวัตถุดิบ และถูกนำไปใช้เชิงพาณิชย์ แม้ว่าระบบในปัจจุบันจะแตกต่างจากระบบก่อนหน้านี้ไม่มาก คาร์บอนในเซชันของไม้โดยใช้เทคนิคเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสซึ่งถูกทดลองในห้องทดลองเพื่อที่จะผลิตคาร์บอนที่สามารถนำไปใช้งานได้จริงที่มีค่าการนำไฟฟ้าและการดูดซับเฟสของเหลวในเวลาเดียวกันกับสถานะที่มีก๊าซไฮโดรเจนจำนวนมากเป็นที่น่าสนใจมาก

#### ข้อมูลเพิ่มเติม

Bridgwater, A. V.; Bridge, S. A.: "Biomass Pyrolysis Liquids Upgrading and Utilization", Bridgwater, A V., Grassi G., Eds., Elsevier Applied Science, 1991, p. 22.

Lede, J. Reaction temperature of solid particles undergoing an endothermal volatilization. Application to the fast pyrolysis of biomass, *Biomass Bioenergy*, 7, 49-60 (1994)

Pomeroy, C. F. "Biomass Conversion processes for Energy and Fuels", Sofer, S. S., Zaborsky, O. R. Eds., p. 201-211, Plenum (1981)

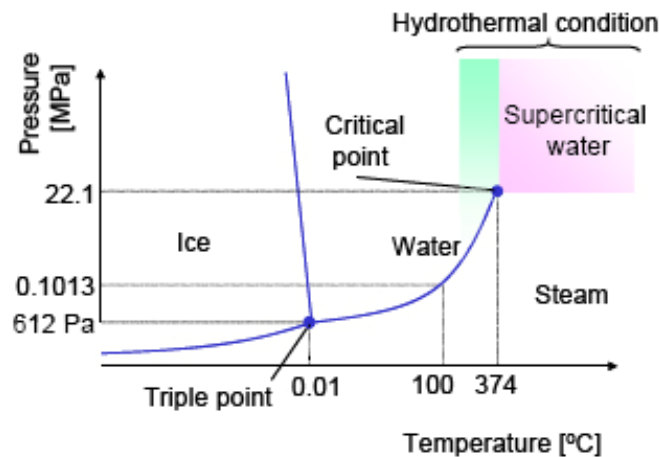
Suzuki, T.; Miyamoto, M.; Luo, W.-M.; Yamada, T.; Yoshida, T. in "Science in Thermal and Chemical Biomass Conversion", Vol. 2, Bridgwater, A. V.; Boocock, D. G. B., Eds., CPL Press, 2006, p. 1580-1591

Suzuki, T.; Suzuki, K.; Takahashi, Y.; Okimoto, M.; Yamada, T.; Okazaki N.; Shimizu, Y.; Fujiwara, M. Nickel-catalyzed carbonization of wood for coproduction of functional carbon and fluid fuels I., *J. Wood Sci.*, 53, 54-60 (2007)

#### 4.5 ไฮโดรเทอร์มัลแก๊สซิฟิเคชัน (Hydrothermal gasification)

##### 4.5.1 ไฮโดรเทอร์มัลแก๊สซิฟิเคชันคืออะไร

ไฮโดรเทอร์มัลแก๊สซิฟิเคชันคือการทำปฏิกิริยาของสารชีวมวลในน้ำร้อนที่มีความดันและอุณหภูมิสูง โดยทั่วไปสูงกว่า 350 องศาเซลเซียสและสูงกว่า 20 เมกะปาสกาลเพื่อให้ได้ก๊าซเผาไหม้ได้ รูป 4.5.1 แสดงแผนภาพเฟสของน้ำซึ่งเส้นสมมูลก๊าซและของเหลวเริ่มจากจุดที่อยู่ในทั้งสามเฟสและสิ้นสุดที่จุดวิกฤต เงื่อนไขของไฮโดรเทอร์มัลนั้นอยู่ในบริเวณใกล้จุดวิกฤต เมื่ออุณหภูมิและความดันสูงมากกว่าอุณหภูมิวิกฤตและความดันวิกฤตตามลำดับ สถานะดังกล่าวเรียกว่าน้ำสถานะยิ่งยวด (supercritical water) และแก๊สซิฟิเคชันในน้ำสถานะยิ่งยวดนั้นเรียกว่า ซูเปอร์คริติคัลวอเตอร์แก๊สซิฟิเคชัน (supercritical water gasification) น้ำที่มีความร้อนและความดันสูงนั้นจะมีความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาสูง เมื่อสารชีวมวลอยู่ในน้ำจะถูกทำให้เป็นก๊าซโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและไพโรไลซิส



รูป 4.5.1 แผนภาพเฟสของน้ำ

#### 4.5.2 คุณสมบัติของไฮโดรเทอร์มัลแก๊สซิฟิเคชัน

ไฮโดรเทอร์มัลแก๊สซิฟิเคชันนั้นเหมาะสำหรับการทำปฏิกิริยาของสารชีวมวลเปียก เมื่อสารชีวมวลเปียกถูกทำให้เป็นก๊าซ โดยปกติ แก๊สซิฟิเคชันทางความร้อนและเคมีจะไม่ถูกนำมาใช้เนื่องจากมีความชื้นสะสมสูง ไฮโดรเทอร์มัลแก๊สซิฟิเคชัน ในทางกลับกัน การใช้น้ำเป็นตัวกลางในการทำปฏิกิริยา ดังนั้นสารชีวมวลเปียกสามารถใช้ทำปฏิกิริยาโดยราคาไม่แพงและไม่ใช้ปริมาณพลังงานในการอบแห้งในขั้นตอนบำบัดก่อน เนื่องจากความสามารถในการทำปฏิกิริยาของน้ำนั้นสูงภายใต้เงื่อนไขนี้ ไฮโดรเทอร์มัลแก๊สซิฟิเคชันทำให้เกิดปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชันอย่างรวดเร็วและเกือบสมบูรณ์ ไบโอมิทานั้นถูกใช้ในการผลิตก๊าซมีเทนจากสารชีวมวลเปียก แต่ใช้เวลาประมาณสองสามอาทิตย์ในการทำปฏิกิริยาให้สมบูรณ์ และการจัดการกับกากจากการหมักที่ไม่ทำปฏิกิริยาและน้ำเสียนั้นเป็นปัญหาสำคัญ เวลาในการทำปฏิกิริยานี้ยาวนานประมาณสองสามอาทิตย์ซึ่งเป็นผลมาจากเครื่องปฏิกรณ์มีขนาดใหญ่ กากจากการหมักนั้นสามารถเปลี่ยนเป็นปุ๋ยผสม ซึ่งเป็นของเสียที่จะต้องจัดการ ในไฮโดรเทอร์มัลแก๊สซิฟิเคชันนั้น ปฏิกิริยาจะสมบูรณ์ภายในไม่กี่วินาทีอย่างนานที่สุดและเกิดปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชันที่สมบูรณ์หากเงื่อนไขของปฏิกิริยาอยู่ในสภาวะที่เหมาะสม บางครั้งการเพิ่มตัวเร่งปฏิกิริยาจำพวกอัลคาไลด์ โลหะ และคาร์บอนนั้นช่วยเพิ่มความสามารถในการเกิดปฏิกิริยา

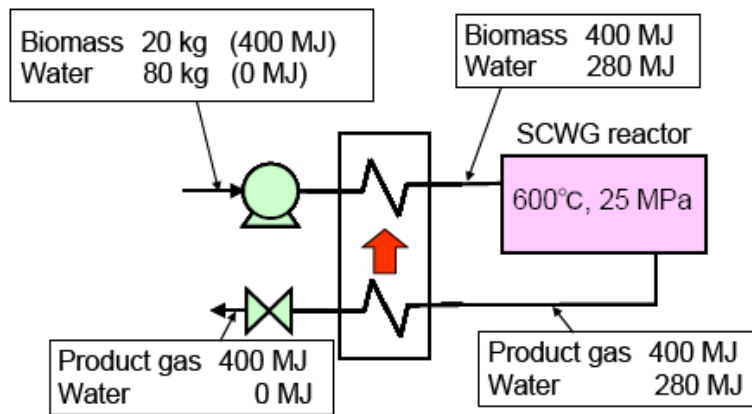
#### 4.5.3 เครื่องปฏิกรณ์ของไฮโดรเทอร์มัลแก๊สซิฟิเคชัน

เพื่อที่จะศึกษาปฏิกิริยาที่เกิดของไฮโดรเทอร์มัลแก๊สซิฟิเคชัน เครื่องปฏิกรณ์แบบ tube-bomb ที่มีปริมาตรหลายมิลลิเมตรและเครื่องออโตคลേฟ (autoclave) ถูกนำมาใช้ อย่างไรก็ตามถ้าอยากจะทำพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ต้องใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องดังรูป 4.5.2 สารชีวมวลถูกป้อนเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ที่ความดันสูงและถูกให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิของปฏิกิริยาสูง ในเครื่องปฏิกรณ์ สารชีวมวลจะถูกทำให้เป็นก๊าซภายใต้สภาวะน้ำที่มีความดันและอุณหภูมิสูง และสารที่ถูกปล่อยออกมาจะถูกลดอุณหภูมิลงให้มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง ความร้อนที่ปล่อยออกมาตอนนี้จะถูกนำมากลับมาใช้โดยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและนำไปเพิ่มอุณหภูมิให้วัตถุดิบตั้งต้น หลังจากที่มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้ว สารที่ถูกปล่อยออกมาจะถูกลดความดันให้เท่ากับความดันบรรยากาศ และก๊าซผลิตภัณฑ์จะถูกนำกลับมา เครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องนั้นมีความสำคัญเนื่องจากจะต้องใช้ความร้อนจำนวนมากเพื่อให้เป็นสภาวะความดันและอุณหภูมิสูงดังนั้นจึงจำเป็นต้องนำความร้อนกลับมาโดยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งเครื่องปฏิกรณ์ต่อเนื่องไม่ก็แบบที่มีการนำความร้อน

กลับมา ในรูป 4.5.2 แสดงสมดุลความร้อนในกรณีอุดมคติ ความร้อนจากการเผาไหม้สารชีวมวลจะถูกกักเก็บไว้ในก๊าซผลิตภัณฑ์ในขณะที่ปริมาณความร้อนที่ต้องการเพื่อให้เป็นสภาวะความดันและอุณหภูมิสูงนั้นจะถูกนำกลับมาดังนั้นจึงไม่ต้องอาศัยพลังงานจากภายนอกระหว่างกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน ในสถานการณ์จริง ประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนั้นไม่ดีเพียงพอและการเกิดปฏิกิริยาควบแน่นส่งผลให้จำเป็นต้องมีแหล่งพลังงานภายนอกสำหรับเครื่องปฏิกรณ์

#### 4.5.4 ประสิทธิภาพพลังงานของไฮโดรเทอร์มัลแก๊สซิฟิเคชัน

สำหรับกระบวนการในอุดมคติที่แสดงในรูป 4.5.2 ประสิทธิภาพพลังงานของไฮโดรเทอร์มัลแก๊สซิฟิเคชันเป็นเอกภาพซึ่งเมื่อสังเกตจะพบว่าเพราะเข้าใจผิดว่าประสิทธิภาพพลังงานของไฮโดรเทอร์มัลแก๊สซิฟิเคชันนั้นต่ำเนื่องจากปริมาณพลังงานจำนวนมากที่ต้องการเพื่อให้เกิดสภาวะความดันและอุณหภูมิสูงของน้ำ เมื่อเกิดการนำความร้อนกลับมาที่เหมาะสม ประสิทธิภาพพลังงานจึงมีมาก ประสิทธิภาพพลังงานสูงกว่า 70% รวมถึงกระแสไฟฟ้าและความร้อนที่สูญเสียในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนั้นถูกแสดงในการคำนวณของกระบวนการโดยละเอียด



รูป 4.5.2 สมดุลความร้อนของไฮโดรเทอร์มัลแก๊สซิฟิเคชัน

#### 4.5.5 ผลกระทบจากไฮโดรเทอร์มัลแก๊สซิฟิเคชัน

ก๊าซผลิตภัณฑ์นั้นจะถูกแยกออกเฟสของเหลว โดยอัตโนมัติเมื่อสารที่ถูกปล่อยออกจากเครื่องปฏิกรณ์นั้นถูกลดอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง จะเกิดก๊าซทาร์ (Tar gas free) ซึ่งจะเป็นประโยชน์เหนือกว่ากระบวนการแก๊สซิฟิเคชันทางความร้อนและเคมีแบบทั่วไปของสารชีวมวล องค์ประกอบหลักได้แก่ ไฮโดรเจน คาร์บอนไดออกไซด์และมีเทน เนื่องจากปฏิกิริยาเปลี่ยนน้ำเป็นแก๊ส (Water Gas Shift Reaction) ผลผลิตของคาร์บอนไดออกไซด์นั้นมีน้อยมากอุณหภูมิสูง ความดันต่ำ และวัตถุดิบตั้งต้นที่มีความเข้มข้นเจือจางจะทำให้เกิดไฮโดรเจนในปริมาณมาก ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของก๊าซผลิตภัณฑ์นั้นขึ้นกับเงื่อนไขของปฏิกิริยาและโดยปกติมีค่าตั้งแต่ 12-18 เมกกะจูลต่อลูกบาศก์เมตรนิวตัน

#### 4.4.6 เทคโนโลยีในรูปแบบปัจจุบัน

มีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับการทดลองกับเครื่องปฏิกรณ์ในห้องทดลองมากมายซึ่งมีสามโรงงานต้นแบบ (Pilot Plant) ที่ดำเนินการอยู่ได้แก่ โรงของ Energia Co. ในญี่ปุ่น โรงของ VERENA ในเยอรมัน และกระบวนการ TEES ใน

สหรัฐอเมริกา ซึ่งมีกำลังในการผลิตอยู่ในช่วง 1-2.4 ตันของน้ำหนักเปียกต่อวัน การทดสอบวัตถุดิบตั้งต้นรวมถึง มูลไก่ อาหารสัตว์ที่ทำจากข้าวโพด และชีสหางนม แต่ในปัจจุบันยังไม่มีโรงงานเชิงพาณิชย์เนื่องจากต้นทุนโรงงานมีค่าสูง

### ข้อมูลเพิ่มเติม

Antal, M. J., Jr.; Allen, S. G.; Schulman, D.; Xu, X. D.; Divilio, R. J. Biomass gasification in supercritical water, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 39, 4040-4053 (2000)

Elliott, D.C.; Hart, T.R.; Neuenschwander, G.G. Chemical Processing in High-Pressure Aqueous Environments. 8. Improved Catalysts for Hydrothermal Gasification, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 45, 3776-3781 (2006)

Kruse, A.; Henningsen, T.; Sinag, A.; Pfeiffer, J. Biomass gasification in supercritical water: Influence of the dry matter content and the formation of phenols, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 42, 3711-3717(2003)

Matsumura, Y.; Minowa, T.; Potic, B.; Kersten, S. R. A.; Prins, W.; van Swaaij, W. P. M.; van de Beld, B.; Elliott, D. C.; Neuenschwander, G. G.; Kruse, A.; Antal, M. J. Jr. Biomass gasification in near- and super-critical water: Status and prospects, *Biomass Bioenergy*, 29, 269-292 (2005)

Xu, X.; Matsumura, Y.; Stenberg, J.; Antal, M. J., Jr. Carbon-catalyzed gasification of organic feedstocks in supercritical water, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 35, 2522-2530(1996)

Yu, D.; Aihara, M.; Antal, M.J., Jr. Hydrogen production by steam reforming glucose in supercritical water, *Energy Fuels*, 7, 574-577 (1993)

## 4.6 ไฮโดรเทอร์มัลลิควิเฟลกชัน

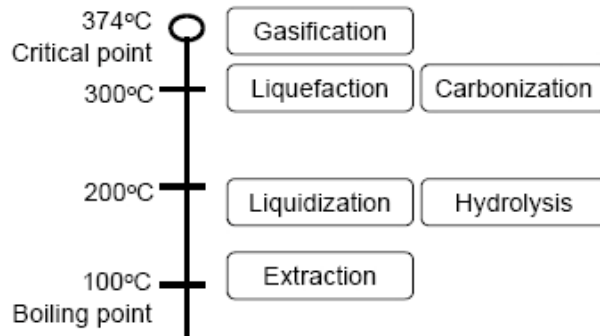
### 4.6.1 ไฮโดรเทอร์มัลลิควิเฟลกชันคืออะไร

ไฮโดรเทอร์มัลลิควิเฟลกชันคือการไพโรไลซิสในน้ำที่มีความดันสูงประมาณ 10 เมกะปาสกาลและอุณหภูมิสูงประมาณ 300 องศาเซลเซียส สารชีวมวลจะถูกเปลี่ยนก๊าซของเหลวและของแข็งซึ่งคล้ายกับไพโรไลซิสในเฟลกก๊าซ ทาร์ที่มีน้ำหนักเบา เช่น ไพโรลิคเนี่ยสนั้นจะละลายน้ำได้ ทาร์ที่มีน้ำหนักมากจะได้รับการผสมกับกับซาร์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์จึงได้แก่ก๊าซ สารละลายที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ และสารจำพวกน้ำมัน

### 4.6.2 คุณสมบัติของไฮโดรเทอร์มัลลิควิเฟลกชัน

ไฮโดรเทอร์มัลลิควิเฟลกชันนั้นทำปฏิกิริยาในน้ำ วัตถุดิบตั้งต้นไม่ต้องผ่านกระบวนการอบแห้ง ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับสารชีวมวลที่มีปริมาณความชื้นสูงเช่น สารชีวมวลน้ำ ขยะ กากอินทรีย์และอื่นๆ นอกจากนั้นปฏิกิริยาหลายชนิดสามารถเกิดได้ที่อุณหภูมิของปฏิกิริยาที่แตกต่าง รูป 4.6.1 แสดงปฏิกิริยาซึ่งเกิดขึ้นในน้ำที่มีความดันและอุณหภูมิสูง ที่ประมาณ 100 องศาเซลเซียสสารที่ละลายได้จะละลายในน้ำและเหมาะกับการสกัดสาร เหนืออุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสเกิดการไฮโดรไลซิสและสารชีวมวลจำพวก เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส โปรตีนและอื่นๆจะถูกย่อยจากโพลีเมอร์เป็นโมโนเมอร์ และที่อุณหภูมิประมาณ 200 องศาเซลเซียสและความดัน 1 เมกะปาสกาล ของแข็งจำพวกสารชีวมวลจะถูกเป็น slurry (การทำให้เป็นของเหลว) และสารจำพวกน้ำมันยังไม่เกิดขึ้น ที่อุณหภูมิประมาณ 300 องศาเซลเซียสและความดัน 10 เมกะปาสกาล ลิควิเฟลกชันจะเกิดขึ้นและจะได้สารจำพวกน้ำมัน เมื่อเงื่อนไขของปฏิกิริยาเปลี่ยนเช่น เวลาในการทำปฏิกิริยาและตัวเร่ง

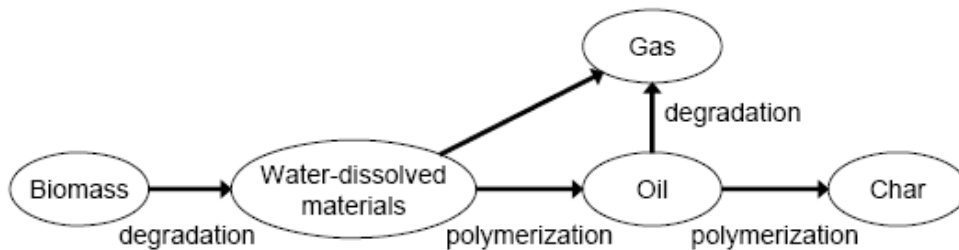
ปฏิกิริยา ผลิตภัณฑ์หลักจะถูกล้าง (ไฮโดรเทอร์มอล คาร์บอนไนเซชัน) และที่จุดวิกฤตพร้อมกับตัวเร่งปฏิกิริยา สารชีวมวลสามารถเปลี่ยนก๊าซ (บท 4.5)



รูป 4.6.1 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในน้ำที่ความดันและอุณหภูมิสูง

#### 4.6.3 แผนผังของปฏิกิริยาไฮโดรเทอร์มอลลิควิแฟคชัน

ไฮโดรเทอร์มอลลิควิแฟคชันเป็นการไพโรไลซิส ดังนั้นจึงเกิดปฏิกิริยาการสลายตัวและปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชัน แผนผังปฏิกิริยาพื้นฐานแสดงในรูป 4.6.2 ในขั้นตอนแรกสารชีวมวลจะถูกสลายเป็นสารที่ละลายน้ำ จากนั้นสารที่ละลายน้ำ จะเกิดการโพลิเมอร์ไรเซชันเปลี่ยนเป็นน้ำมัน เมื่อเกิดปฏิกิริยานานขึ้น น้ำมันที่เกิดขึ้นจะเกิดการโพลิเมอร์ไรเซชันเปลี่ยนเป็นชาร์



รูป 4.6.2 แผนผังของปฏิกิริยาไฮโดรเทอร์มอลลิควิแฟคชันเบื้องต้น

#### 4.6.4 น้ำมันผลิตภัณฑ์จากไฮโดรเทอร์มอลลิควิแฟคชัน

คุณสมบัติของน้ำมันที่เกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาไฮโดรเทอร์มอลลิควิแฟคชันถูกแสดงในตาราง 4.6.1 ปฏิกิริยาเกิดขึ้นโดยไม่มีรีดิวซ์ซึ่ง แก๊ส เช่น ไฮโดรเจน และคาร์บอนมอนอกไซด์และมีตัวเร่งปฏิกิริยาจำพวกอัลคาไลน์สำหรับไม้แต่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา สำหรับกากสิ่งปฏิกูล น้ำมันที่เกิดขึ้นมีประมาณออกซิเจนสะสมประมาณ 20 wt% ดังนั้นค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ สูงสุดนั้นต่ำกว่าค่าของน้ำมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลหนักจากปิโตรเลียม นอกจากนั้นความหนืดยังมีค่าสูง น้ำมันที่ได้จากไม้จะมีปริมาณกรดมากกว่าซึ่งสามารถกัดกร่อนและเกิดการโพลิเมอร์ไรเซชันระหว่างการกักเก็บ ในทางกลับกันน้ำมันที่ได้จาก กากสิ่งปฏิกูลมีไนโตรเจนซึ่งเกิดจากโปรตีนและการเผาไหม้ทำให้เกิด Nox ในทางเคมีอนุพันธ์ของไฟรีดินและอนุพันธ์ของ ไพราซีนและสารประกอบเอมิคถูกตรวจพบซึ่งถ้านำไปสกัดออกจะได้นำมาใช้ประโยชน์ทางเคมี

ตาราง 4.6.1 คุณสมบัติของน้ำมันที่ได้จากลิกวิแฟคชัน

สารชีวมวล	ไม้	กากสิ่งปฏิกูล
องค์ประกอบที่เป็นธาตุ [น้ำหนัก%]		
คาร์บอน	72	71
ไฮโดรเจน	-	6
ไนโตรเจน	22	16
ออกซิเจน		
ไฮโดรเจนต่อคาร์บอน	1.00	1.52
ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ สูงสุด [เมกกะจูลต่อกิโลกรัม]	29-30	33-34
ความหนืด [มิลลิปาสคาลวินาที]	>10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup> -10 <sup>4</sup>

#### 4.6.5 ประสิทธิภาพของพลังงานจากไฮโดรเทอร์มัลลิกวิแฟคชัน

ผลิตผลทางพลังงาน (= แคลอรีในน้ำมันที่ได้จากปฏิกิริยา/แคลอรีในวัตถุดิบตั้งต้นชีวมวล) มีค่า 70 % สำหรับประสิทธิภาพของพลังงานจากระบวนการไฮโดรเทอร์มัลลิกวิแฟคชัน ปริมาณแคลอรีที่มีประสิทธิผลที่ได้จากน้ำมันมีปริมาณเกือบเท่ากับหรือเกินกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับพลังงานที่ต้องการในการเพิ่มอุณหภูมิให้แก่วัตถุดิบตั้งต้นชีวภาพจากอุณหภูมิห้องไปจนถึงอุณหภูมิของปฏิกิริยา ปริมาณความชื้นสะสมมีผลอย่างมากและที่ความชื้นต่ำกว่าประมาณ 85% จะคำนวณได้ว่ากระบวนการผลิตพลังงานได้

#### 4.6.6 เทคโนโลยีในรูปการณ์ปัจจุบัน

มีรายงานการวิจัยในห้องทดลองและโรงต้นแบบ แต่ไม่มีการสร้างอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ ในโรงงานต้นแบบ ในการการพัฒนาและวิจัย สำนักงานเหมืองแร่ของสหรัฐอเมริกาได้พัฒนาระบบการ PERC และ DOE สหรัฐอเมริกา ได้พัฒนาระบบการ LBL ในปี 1960 จนถึงยุค 1970 NIRE และ Organo Co. ในญี่ปุ่นได้พัฒนาโรงงานลิกวิแฟคชันจากกากสิ่งปฏิกูลในปี 1990 และ Biofuel Co. และ Shell Co. ในเนเธอร์แลนด์ได้พัฒนาระบบการ HTU ในปี 2000

#### ข้อมูลเพิ่มเติม

- Appell, H. R., et al., Converting organic wastes to oil, *Bureau of Mines Report of Investigation* 7560, (1971)
- Dote, Y., et al., Analysis of oil derived from liquefaction of sewage sludge, *Fuel*, 71, 1071-1073 (1992)
- Ergun, S., Bench-scale studies of biomass liquefaction with prior hydrolysis, *U.S. DOE Report LBL-12543*(1982)
- Goudriaan, F., et al., Thermal efficiency of the HTU-processes for biomass liquefaction, *Progress in Thermochemical Biomass Conversion*, 1312-1325 (2001)
- Minowa, T., et al., Cellulose decomposition in hot-compressed water with alkali or nickel catalyst, *J. Supercritical Fluid*, 13, 243-259 (1998)



Ogi, T., et al., Characterization of oil produced by the direct liquefaction of Japanese oak in an aqueous 2-propanol solvent system, *Biomass & Bioenergy*, 7, 193-199 (1994)

Suzuki, A., et al., Oil production from sewage sludge by direct thermochemical liquefaction using a continuous reactor, *Gesuido Kyokaisi*, 27, 104-112 (1990) (in Japanese)

## 4.7 การผลิตไบโอดีเซล

### 4.7.1 ไบโอดีเซลคืออะไร

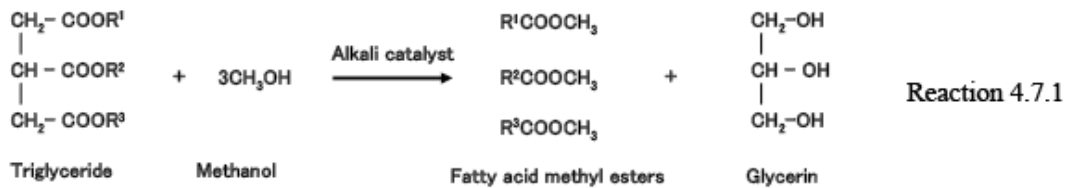
เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งชีวมวลอื่นๆ น้ำมันและไขมันมีปริมาณความร้อนที่สูงและส่วนใหญ่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิทั่วไป แม้ว่าคุณลักษณะเหล่านี้จะเหมาะสำหรับเชื้อเพลิงยานพาหนะ (viscoelasticity > 30 ตารางเมตรต่อนาที่ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส) และมีจุดเกิดประกายไฟ (> 300 องศาเซลเซียส) ที่อุณหภูมิสูง จะไม่สามารถนำไปใช้ได้หากไม่ผ่านการดัดแปลงสภาพโดยการทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันของไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันและไขมันเพื่อลด viscoelasticity และจุดเกิดประกายไฟลงเหลือ 3-5 ตารางมิลลิเมตรต่อวินาทีและ 160 องศาเซลเซียสตามลำดับซึ่งจะลงตัวกับเลขซีเทน 50-60 เพื่อใช้แทนเชื้อเพลิงดีเซล กรดไขมันเมทิลเอสเทอร์นี้คือเชื้อเพลิงไบโอดีเซล (BDF)

### 4.7.2 คุณลักษณะของการผลิตไบโอดีเซล

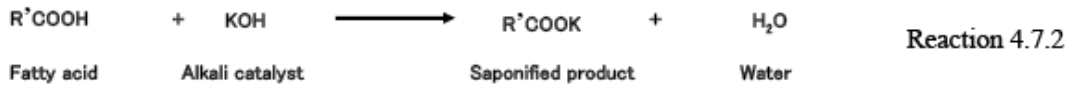
ไบโอดีเซลนั้นมีปริมาณ Sox คาร์บอนและฟูลอนต่ำเมื่อเทียบกับดีเซล ดังนั้นควันเสียที่ปล่อยออกมาจึงค่อนข้างจะสะอาด นอกจากนี้ยังมีข้อดีของสมดุลคาร์บอนเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์จากอนุพันธ์ของสารชีวมวล และยังมีปริมาณออกซิเจนในรูปของเอสเทอร์ที่ทำให้กำลังความร้อนต่ำลงประมาณ 11% อย่างไรก็ตามเนื่องจากความสามารถหล่อลื่นและการปล่อยควันดำในปริมาณน้อยกว่านั้นทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซลนั้นเทียบเท่ากับดีเซล

### 4.7.3 เครื่องปฏิกรณ์ในการผลิตไบโอดีเซล

สำหรับการผลิตไบโอดีเซล การทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันนั้นนำมาใช้กับน้ำมันพืช (ปฏิกิริยา 4.7.1) ซึ่งมีไตรกลีเซอไรด์ เอสเทอร์ของกลีเซอริน กรดไขมันและกรดไขมันอิสระ โดยทั่วไป เมื่อน้ำมันผสมกับเมทานอลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจำพวกอัลคาไลด์เช่น โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารผสมถูกคนที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากปฏิกิริยา เกิดการแยกเฟสโดยกลีเซอรินจะอยู่ด้านล่างและผลิตภัณฑ์จากเอสเทอร์ริฟิเคชันจะอยู่ด้านบนซึ่งจะถูกนำไปล้างให้กลายเป็นกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ เนื่องจากกรดไขมันอิสระนั้นสะสมในน้ำมันเสียซึ่งสามารถนำไปทำปฏิกิริยากับตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อเกิดเป็นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน (ปฏิกิริยา 4.7.2) ดังนั้นจึงลดผลผลิตของไบโอดีเซล



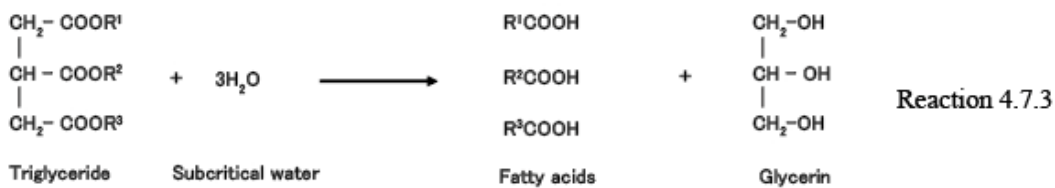
Reaction 4.7.1



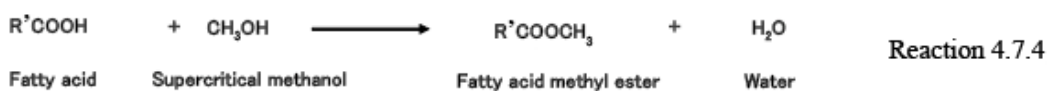
Reaction 4.7.2

R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>i</sup>; Hydrocarbon residues

เนื่องจากข้อเสียของวิธีที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจำพวกอัลคาไลด์ ดังนั้นจึงนำกรดไขมันอิสระไปทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันก่อนโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรดตามด้วยวิธีที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาของสารจำพวกอัลคาไลด์ วิธีที่ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจะใช้วิธีการใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา วิธีที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจำพวกไลเปส วิธีเมทานอลยิ่งยวดแทนนอกจากนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเอสเทอร์ฟิเคชัน วิธีเมทานอลยิ่งยวดสองขั้นตอนถูกนำมาใช้โดยไฮโดรไลซิสกลีเซอไรด์กับน้ำกึ่งวิกฤตตามด้วยการเอสเทอร์ฟิเคชันของกรดไขมันกับเมทานอลในสภาวะวิกฤตยิ่งยวด (ปฏิกิริยา 4.7.3 และ 4.7.4 และรูป 4.7.1) กระบวนการนี้เป็นหนทางเดียวในการจัดการกับน้ำมันเสียที่มีคุณภาพต่ำ

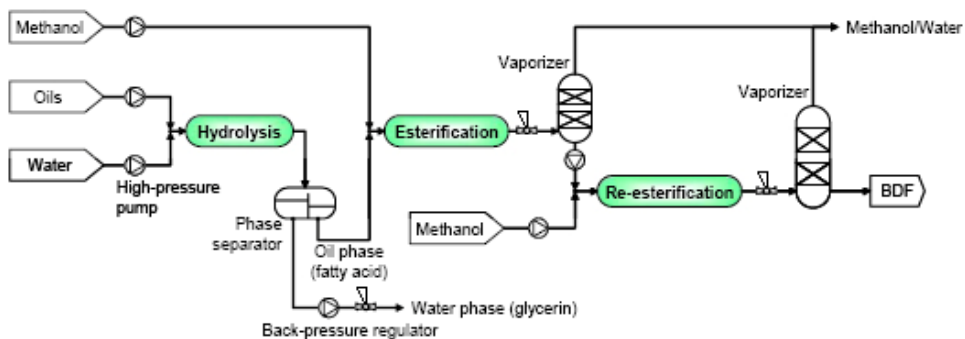


Reaction 4.7.3



Reaction 4.7.4

R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>i</sup>; Hydrocarbon residues



รูป 4.7.1 กระบวนการเมทานอลยิ่งยวดสองขั้นตอนร่วมกับขั้นตอนรีเอสเทอร์ฟิเคชัน

#### 4.7.4 ประสิทธิภาพของพลังงานจากการผลิตไบโอดีเซล

ทรานเอสเตอริฟิเคชันของไตรกลีเซอไรด์และเอสเตอริฟิเคชันของกรดไขมันนั้นเป็นปฏิกิริยาคายความร้อนซึ่งมีความร้อนค่อนข้างน้อย ในกระบวนการที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจำพวกด่าง พลังงานในการเพิ่มอุณหภูมิของระบบให้เท่ากับ 60-70 องศาเซลเซียสและพลังงานสำหรับเมทานอลและพลังงานสำหรับปฏิกิริยาทั้งหมดนั้นมีความสำคัญ ดังนั้นพลังงานเพิ่มเติมจึงจำเป็นหลังจากปฏิกิริยาที่ทำการเอสเทอริฟิเคชันซึ่งเป็นผลพลอยได้ให้บริสุทธิ์ ในการผลิตไบโอดีเซลที่มีกำลังผลิตเท่ากับ 2.2 กิโลกรัมต่อวินาที (70,000 ตันต่อปี) มีประสิทธิภาพของพลังงานเท่ากับ 62% เมื่ออ้างอิงจากค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้สูงสุด

#### 4.7.5 เทคโนโลยีในปัจจุบัน

การผลิตไบโอดีเซลเชิงพาณิชย์นั้นถูกพัฒนาในยุโรปและอเมริกาเหนือซึ่งใช้วิธีที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจำพวกอัลคาไลด์ อย่างไรก็ตามสำหรับน้ำมันเสียที่มีคุณภาพต่ำ กระบวนการผลิตร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรดได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยเทคโนโลยีของประเทศเหล่านั้นที่ไม่เปิดเผย เนื่องจากวัตถุดิบที่มีปริมาณจำกัดในญี่ปุ่นยังต้องอาศัย การพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ที่จะช่วยจัดการกับน้ำมันเสียที่มีคุณภาพต่ำเพื่อที่จะเปลี่ยนเป็นไบโอดีเซลคุณภาพสูง

#### ข้อมูลเพิ่มเติม

- Ban, K.; Kaieda, M.; Matsumoto, T.; Kondo, A.; Fukuda, H. Whole cell biocatalyst for biodiesel fuel production utilizing *rhizopus oryzae* cells immobilized within Biomass Support Particles, *Biochem Eng J*, 8, 39-43 (2001)
- Boocock D.G. Biodiesel fuel from waste fats and oils: A process for converting fatty acids and triglycerides, Proc. of Kyoto Univ Int'l Symp. on Post-Petrofuels in the 21st Century, Prospects in the Future of Biomass Energy, Montreal, Canada, 171-177 (2002)
- Kusdiana, D.; Saka, S. Two-step preparation for catalyst-free biodiesel fuel production; hydrolysis and methyl esterification, *Appl. Biochem. Biotechnol*, 115, 781-791 (2004)
- Mittelbach, M.; Remschmidt, C. Biodiesel, The comprehensive handbook, Boersdruck Ges. m.b.H, Vienna, Austria, 1-332 (2004)
- Saka, S. "All about Biodiesel", IPC Publisher, 2006, pp.1-461 (in Japanese)
- Sekiguchi, S. in "Biomass Handbook", Japan Institute of Energy Ed., Ohm-sha, 2002, pp.138-143 (in Japanese)

## บทที่ 5 การแปลงสภาพทางไบโอเคมีคอลของมวลชีวภาพ

### 5.1 กระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพ

#### 5.1.1 กระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพคืออะไร

“การผลิตมีเทนด้วยวิธีการหมัก” หรือ “การย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน” จะเป็นตัวบอก “กระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพ” โดยกระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพ เป็นกระบวนการทางจุลินทรีย์ที่ซับซ้อน ซึ่งสารประกอบอินทรีย์จะถูกย่อยเป็นก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน ก๊าซชีวภาพที่ได้จะมีค่าความร้อนต่ำเท่ากับ 20-25 MJ/m<sup>3</sup>-N (5,000 ~ 6,000 kcal/m<sup>3</sup>-N) และสามารถนำก๊าซชีวภาพที่ผ่านกระบวนการกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์แล้วไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ กระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพ ใช้เป็นเทคโนโลยีของการนำเชื้อเพลิงชีวภาพกลับมาใช้ใหม่ เชื้อเพลิงชีวภาพที่ได้จากมวลชีวภาพและของเสียจากการบำบัดสารชีวมวล ส่วนที่เหลือจากการหมักสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยเคมีเหลวและเป็นวัตถุดิบในการทำปุ๋ยหมักได้

#### 5.1.2 ลักษณะกระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพ

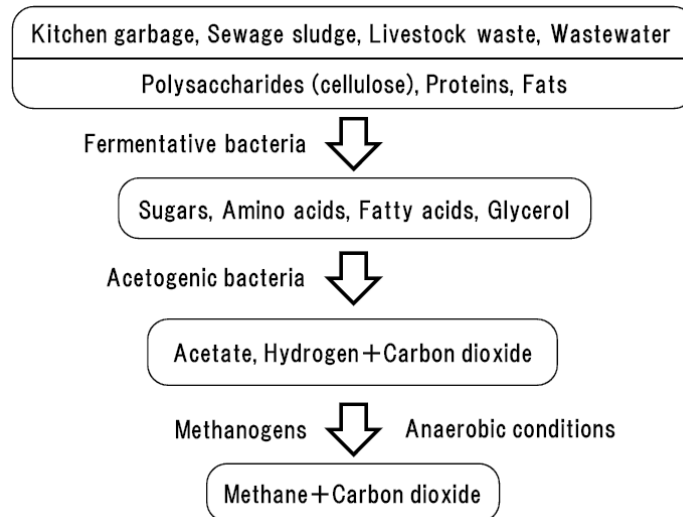
ขั้นแรกสารประกอบอินทรีย์จะถูกย่อยสลายไปเป็นกรดอินทรีย์ หรือก๊าซไฮโดรเจนโดยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน และในขั้นตอนสุดท้าย อะซิเตต หรือก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเปลี่ยนไปเป็นก๊าซมีเทน กระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพจะถูกแทนที่ภายใต้สภาวะจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ขั้นตอนจุลินทรีย์สร้างมีเทน จะต้องการอยู่ภายใต้สภาวะจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนอย่างสมบูรณ์เพื่อที่จะผลิตก๊าซมีเทน กระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพเป็นกระบวนการจุลชีววิทยา จึงต้องอยู่ภายใต้สภาวะความดันและอุณหภูมิปกติ กระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพ สามารถประยุกต์ใช้กับมวลชีวภาพหลากหลายชนิด ซึ่งเปรียบเทียบกับกระบวนการหมักผลิตเอทานอล เนื่องจากว่าความสามารถในการทำปฏิกิริยาทางเคมีของจุลินทรีย์

#### 5.1.3 กลไกของกระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพ

กระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อสารประกอบอินทรีย์ อยู่ภายใต้สภาวะจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน ที่อุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส และมีสภาพความเป็นกลาง สำหรับก๊าซชีวภาพ จะเกิดขึ้นที่ด้านล่างของสถานที่ที่ปกคลุม สารตั้งต้นที่ใช้ในกระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพได้แก่ ของเสียจากครัวเรือน, สิ่งปฏิกูล และน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งมีส่วนประกอบของน้ำตาลและแป้งปนอยู่

กระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพ ประกอบด้วย ไฮโดรไลซิส, อะซิโตเจเนซิส, มีเทนโนเจเนซิส จากรูปที่ 5.1.1 แสดงแผนภาพของกระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพ ขั้นตอนแรก พอลิแซคคาไรด์ จะถูกสลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ส่วนโปรตีนจะถูกสลายเป็นกรดอะมิโน ส่วนไขมันจะถูกสลายเป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล ด้วยจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก ยกตัวอย่างเช่น *Bacteroides spp.* และ *Clostridium spp.* จากนั้นน้ำตาลและกรดอะมิโนจะถูกสลายเป็นอะซิเตต และโพรพิเนต โดยจุลินทรีย์หมักกรด ขั้นตอนสุดท้าย จุลินทรีย์สร้างมีเทน จะเปลี่ยนอะซิเตตหรือก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปเป็นก๊าซมีเทน กระบวนการหมักกรด เป็นกระบวนการเชิงซ้อนที่ซึ่งจุลินทรีย์เฉพาะถิ่นแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ให้เป็นกรดอินทรีย์ที่มีมวลโมเลกุลต่ำ ในขั้นตอนนี้ กลูโคสจะถูกย่อยสลาย

เป็นอะซิเตต, แลคเตต, ซักซิเนต, เอทานอล, บิวทานอล เป็นต้น จากการนำน้ำเสียมาบำบัด จะพบว่า ก๊าซมีเทนร้อยละ 70 จะผลิตจากอะซิเตต และร้อยละ 30 จะผลิตจากก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์

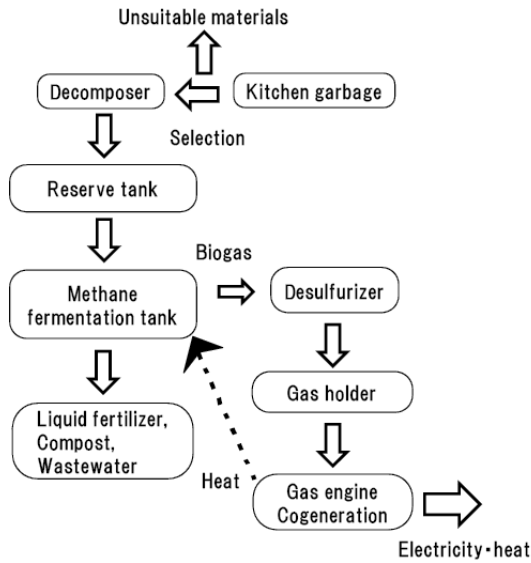


รูปที่ 5.1.1 ขั้นตอนของกระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพ

แบคทีเรียสร้างมีเทน เป็นจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนที่สามารถเจริญเติบโตได้โดยการใช้อะซิเตตหรือก๊าซไฮโดรเจน และยังสามารถผลิตก๊าซมีเทน แบคทีเรียสร้างมีเทน ได้แก่ *Methanobacter spp.* และ *Methanosaeta spp.* แบคทีเรียสร้างมีเทนจะถูกยับยั้งได้โดยออกซิเจน ดังนั้นจึงต้องอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจนอิสระเท่านั้น จากการวิเคราะห์ phylogenetic ระบุว่า แบคทีเรียสร้างมีเทนจะกลุ่ม Archaea ซึ่งแยกแยะจาก eukaryote และ prokaryote นอกจากนี้แบคทีเรียสร้างมีเทนสามารถใช้ก๊าซไฮโดรเจน, ฟอ์เมต, อะซิเตต, 2-โพรพาลด์, 2-บิวทานอล, เมทิลลาไมน์, เมทานอล, เมทิลเมอร์แคปแทน เพื่อผลิตเป็นก๊าซมีเทน

#### 5.1.4 สถานการณ์ปัจจุบัน

ในปัจจุบัน กระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพถูกนำมาให้เป็นทางเลือกสำหรับของเสียจากอาหาร, ของเสียจากสัตว์, สิ่งปฏิกูล และ น้ำเสีย โดยกลุ่มประเทศทางยุโรปได้พัฒนาเทคโนโลยีทางกระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพ สำหรับประเทศญี่ปุ่น โรงงานก๊าซชีวภาพมีจำนวนเพิ่มอย่างมาก ปฏิบัติการเคมีในกระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพมีอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักทั้งระดับสูง กลาง ไปจนถึง อุณหภูมิต่ำ โดยที่ระบบอุณหภูมิสูงจะแสดงถึงสมรรถนะสูงของการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง เมื่อเทียบกับที่ระดับอุณหภูมิต่ำ ข้อเสียของกระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพ คือ มีอัตราการย่อยที่ต่ำ, อัตราการกำจัดแอมโมเนียมและฟอสเฟตที่ต่ำ, ต้องใช้ระยะเวลาในการบำบัดนาน อีกทั้งในกระบวนการนี้ต้องการความร้อนด้วย สิ่งที่ได้จากการหมักตั้งแต่ของเหลวและกากของเสียควรจะถูกนำกลับมาใช้ใหม่ในทางการเกษตร อาทิเช่น นำมาทำเป็นปุ๋ยอินทรีย์ เพราะว่าการใช้ปุ๋ยในการบำบัดสิ่งที่ได้จากการหมักที่สูง ดังนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีนี้จึงถูกนำมาศึกษา



รูปที่ 5.1.4 กระบวนการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพจากของเสียในครัวเรือน

### ข้อมูลเพิ่มเติม

Ahring, B.K., "Biomethanation I", Springer, (2003)

Nagai, S.; Ueki, K., 'Anaerobic microbiology', Youkenndou, (1993) (in Japanese)

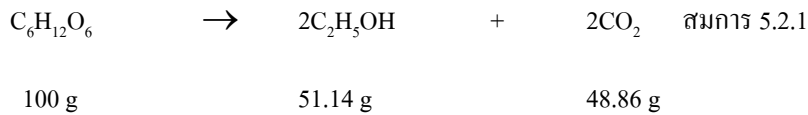
Speece, R.E., "Anaerobic biotechnology for industrial wastewaters", Archæ Pr, (1996)

## 5.2. การหมักเมทานอล

### 5.2.1 ขอบเขต

ในกระบวนการหมักเอทานอล น้ำตาลกลูโคส, ฟรุคโตส และ ซูโครส จะถูกสร้างและสลาย โดยยีสต์ผ่านกระบวนการไกลโคไลซิส (glycolysis pathway, Embden-Meyerhof Pathway) เพื่อที่จะผลิตเอทานอลและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายใต้สภาวะจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน ดังแสดงในสมการ 5.2.1 จากปฏิกิริยาเคมีนี้ พบว่า กลูโคส 1 โมเลกุล จะเปลี่ยนเป็น ATP 2 โมเลกุล ซึ่งใช้เป็นพลังงานในการเจริญเติบโตของเซลล์ยีสต์

มนุษย์เรารู้จักและใช้หลักการหมักเอทานอลโดยยีสต์ สำหรับโรงงานผลิตเบียร์และอุตสาหกรรมอาหาร โดยเฉพาะขนมปัง มาเป็นเวลาหลายพันปี ในช่วงสมัยกลาง มนุษย์เริ่มเรียนรู้วิธีการกลั่นของเหลว จึงเริ่มมีการใช้เอทานอลในอุตสาหกรรมเคมี, อุตสาหกรรมอาหารและเบียร์ และอุตสาหกรรมยา นอกจากนี้เอทานอลยังนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงอีกด้วย เนื่องจากมีความก้าวหน้าในเทคโนโลยีของการหมักและการกลั่นอย่างมากในช่วงปีศตวรรษที่ 19-20 เชื้อเพลิงเอทานอลจำนวนมากจะผลิตจากข้าวโพด (ในสหรัฐอเมริกา) และจากอ้อย (ในบราซิล) โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะนำมาแทนเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ และเป็นการป้องกันสภาวะโลกร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงวิกฤตน้ำมันในปี ค.ศ. 1970 การต่อยอดและพัฒนา งานวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตเอทานอลจากวัสดุเซลลูโลส (cellulosic material) หลากหลายชนิดและมีอยู่เป็นจำนวนมาก จึงถูกนำมาศึกษาต่อ



กระบวนการหมักเอทานอลเป็นปฏิกิริยาทางชีวภาพที่อุณหภูมิห้อง ภายใต้ความดันบรรยากาศ โดยยีสต์ *Sacharomyces cerevisiae* เป็นยีสต์ที่ใช้ในการผลิตเอทานอลสำหรับอุตสาหกรรมและเชื้อเพลิงอย่างกว้างขวาง อีกทั้งยังเป็นยีสต์ที่มีความสามารถในการหมักเอทานอลสูง โดยสามารถผลิตเอทานอล 51.14 กรัม จากกลูโคส 100 กรัม ดังแสดงในสมการที่ 5.2.1 ในปฏิกิริยาเคมีนี้กลูโคสประมาณ 50% โดยน้ำหนัก จะเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ 91% ของพลังงานในกลูโคส (2.872 MJ/mol) จะถูกเก็บในเอทานอล ดังนั้น กระบวนการหมักเอทานอลเป็นกระบวนการทางชีวภาพที่ดีเยี่ยมที่เปลี่ยนมวลชีวภาพไปเป็นเชื้อเพลิงเอทานอล เชลล์ยีสต์ถูกแยกมาจากเบียร์ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1883 ที่ประเทศเดนมาร์ก และนำมาใช้ในกระบวนการหมักเอทานอล ซึ่งถือว่าประสบความสำเร็จในการนำยีสต์มาใช้หมักเอทานอล ยีสต์ *S. cerevisiae* สามารถใช้น้ำตาลได้หลากหลายชนิด เช่น กลูโคส, ฟรุคโตส, กาแลคโตส, แมนโนส, ซูโครส, มัลโตส ยกเว้นเพนโตส เช่น ไซโลส และ อาราไบโนส ยีสต์ *Pichia stipitis* และ ยีสต์ *Pachysolen tannophilus* เป็นยีสต์ที่ใช้น้ำตาลเพนโตสในการหมัก แต่ไม่ทนต่อการผลิตเอทานอลเมื่อเทียบกับยีสต์ *S. cerevisiae* การพัฒนาสายพันธุ์ด้วยการศึกษาโครงสร้างของยีสต์ *S. cerevisiae* ให้สามารถใช้น้ำตาลเพนโตสได้ มีกลุ่มวิจัยหลายกลุ่มกำลังทำการศึกษายู

นอกจาก ยีสต์ *S. cerevisiae* แล้ว แบคทีเรีย *Zymomonas mobilis* เป็นแบคทีเรียที่ใช้น้ำตาลได้อย่างจำกัด คือ กลูโคส, ฟรุคโตส และ ซูโครส ในการผลิตเอทานอลด้วยการหมัก ค่าผลการหมักและอัตราการหมักของแบคทีเรีย *Z. mobilis* ถูกคาดหวังว่าจะดีกว่ายีสต์ *S. cerevisiae* แต่แบคทีเรีย *Z. mobilis* ไม่ทนต่อการผลิตเอทานอลเมื่อเทียบกับยีสต์ *S. cerevisiae* แบคทีเรีย *Zymobacter palmae* ถูกนำออกไปใช้ในการหมักเอทานอล ประมาณในปี 1980 ที่ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีความสามารถในการหมักใกล้เคียงกับแบคทีเรีย *Z. mobilis* และไม่ทนทานน้ำรัศจิมของแบคทีเรีย *Z. palmae* กำลังถูกตรวจสอบ การพัฒนาสายพันธุ์ของแบคทีเรีย *Z. Mobilis* และแบคทีเรีย *Z. palmae* เกี่ยวกับการหมักน้ำตาลเพนโตสและน้ำตาลแมนโนสประสบความสำเร็จในประเทศญี่ปุ่น น้ำตาลเพนโตสจะถูกพบในปริมาณความเข้มข้นสูงในไม้เนื้อแข็งและพืชล้มลุก น้ำตาลแมนโนสจะอยู่ในไม้เนื้ออ่อน

สายพันธุ์ดีเอ็นเอสายผสมของ *Escherichia coli* และ *Corynebacterium glutamicum* ถูกสร้างด้วยเทคโนโลยีทางชีวภาพ ให้มีความสามารถในการผลิตเอทานอลด้วยการหมัก นอกจากนี้ยังมีแบคทีเรียชนิดอื่นที่ใช้ในการผลิตเอทานอล เช่น แบคทีเรียแลคติกแบบเสเทโร (*Lactobacillus*) ใช้ในการย่อยสลายเซลลูโลส, แบคทีเรีย *Clostridium* และ แบคทีเรียที่เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิสูงและไม่ใช้ออกซิเจน (*Thermoanaerobacter*) แต่อย่างไรก็ตามแบคทีเรียเหล่านี้สามารถผลิตเอทานอลได้ที่มีความเข้มข้นต่ำและมีกรดอินทรีย์เป็นผลพลอยได้จากการปฏิกิริยา เพราะฉะนั้น จึงเป็นการยากที่จะนำแบคทีเรียเหล่านี้มาใช้ในอุตสาหกรรมปัจจุบันนี้

### 5.2.2 กระบวนการหมักเอทานอลของแซคคาไรด์

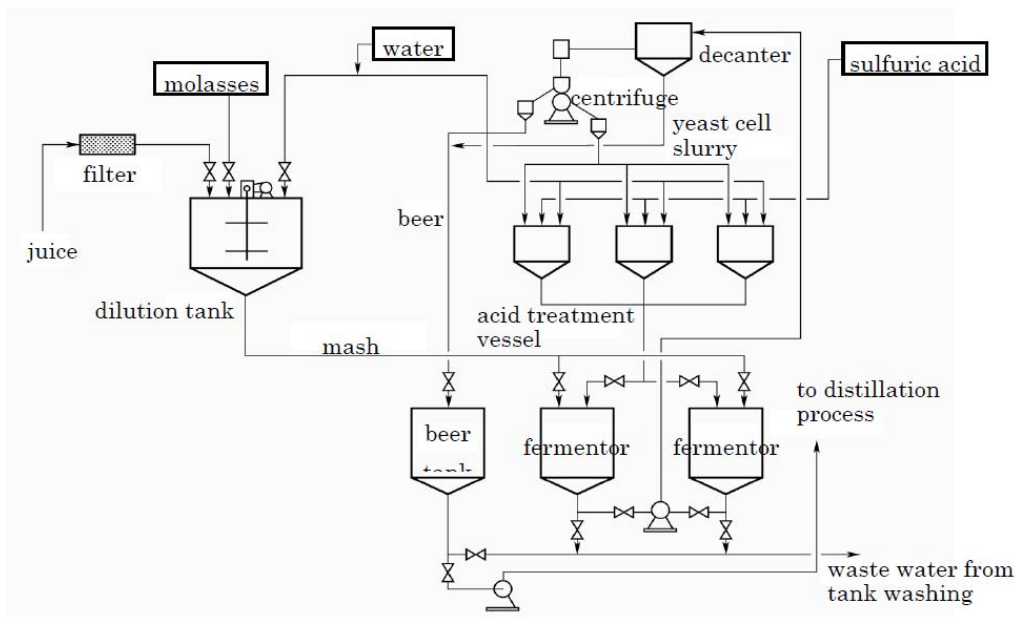
แซคคาไรด์ คือ แป้งและน้ำตาล แซคคาไรด์ ใช้ในการผลิตเอทานอลที่ระดับการผลิตขนาดใหญ่ จะเป็นของเหลวและกากน้ำตาลจากอ้อยและหัวบีท กากน้ำตาลเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการตกผลึกของน้ำตาล ซึ่งเป็นสารละลายหลังตกผลึกที่มีลักษณะขุ่น กากน้ำตาลจะมีความเข้มข้นของน้ำตาลประมาณ 50% ประกอบด้วยกลูโคส, ฟรุคโตส และ ซูโครส เป็นองค์ประกอบหลัก น้ำตาลเทียมเป็นสารตั้งต้นที่ดีสำหรับการผลิตเอทานอลด้วยการหมักโดยใช้ยีสต์และ *Zymomanas* น้ำอ้อยจำนวนมากใช้สำหรับการผลิตเอทานอลที่ประเทศบราซิลและประเทศอินเดีย

กระบวนการหมักเอทานอลที่นิยมในประเทศไทย เป็นกระบวนการหมักแบบต่อเนื่องหรือแบบกึ่งต่อเนื่อง เรียกว่ากระบวนการ Melle-Boinot โดยเซลล์ยีสต์จะนำมาปั่นตัวหลังจากการผลิตเบียร์ โดยนำผ่านการเหวี่ยงแยกและนำกลับมาใช้ใหม่สู่ถังหมักหลังจากที่ผ่านการฆ่าเชื้อของแบคทีเรียที่ปนเปื้อนมาด้วยสารละลายเจือจางกรดซัลฟูริกที่ค่าพีเอช เท่ากับ 3 กระบวนการหมักเอทานอลที่ความเข้มข้นของเซลล์ยีสต์สูง สามารถผลิตเบียร์ที่มีเอทานอล 6-8 % โดยใช้ น้ำอ้อย เป็นสารตั้งต้น ที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลเท่ากับ 11-17% ระยะเวลาที่ใช้ในการหมักประมาณ 15 ชั่วโมง กากน้ำตาลจะถูก ใช้สำหรับการหมักหลังจากที่นำไปเจือจางหรือนำไปผสมกับน้ำอ้อยหรือน้ำหัวบีท

ที่ผลได้ของการหมัก 82% (เทียบจากปริมาณน้ำตาลทั้งหมด) และกากน้ำตาลมีความเข้มข้นของน้ำตาลเท่ากับ 55% จะต้องใช้กากน้ำตาลเท่ากับ 3.3 ตัน (น้ำหนักเปียก) เพื่อที่จะผลิตได้ปริมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีเอทานอล 95%

หางนมและกากน้ำตาลจากผลไม้เปรี้ยวเป็นน้ำตาลชนิดพิเศษ อุตสาหกรรมนมที่ประเทศนิวซีแลนด์ พบว่า ปริมาณ หางนมจำนวนมาก ประกอบด้วยน้ำตาลแลคโตส 4% จึงมีการนำหางนมส่วนที่เป็นของเสียมาใช้ในการหมักเอทานอล เพื่อที่จะนำผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้กลับมาใช้ และยังเป็นารลดค่า BOD อีกด้วย

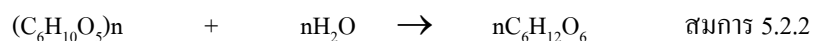
เปลือกผลไม้เปรี้ยวจำนวนมากถูกทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำผลไม้ เมื่อนำมาผลิตน้ำผลไม้อีกครั้งพบว่า น้ำ ผลไม้ครั้งที่สองนี้ เมื่อนำมาทำให้เข้มข้นเป็นกากน้ำตาล จะมีความเข้มข้นของน้ำตาลมากกว่า 40% ซึ่งนำมาใช้ในการผลิตเอ ทานอล



รูป 5.2.1 การหมักเอทานอลด้วยกระบวนการ Melle-Boinot (Saiki, 2007)

### 5.2.3 การหมักเอทานอลของแป้ง

แป้ง คือ พอลิเมอร์ของน้ำตาล ซึ่งน้ำตาลหลายหน่วยจะเชื่อมติดกันผ่าน  $\alpha$ -1,4 และ  $\alpha$ -1,6 แป้งจะถูกไฮโดรไลส์ เป็นน้ำตาลกลูโคสด้วยเอนไซม์อะไมเลส ดังสมการ 5.2.2





มวลโมเลกุล n(162.14)

n(18.02)

n(180.16)

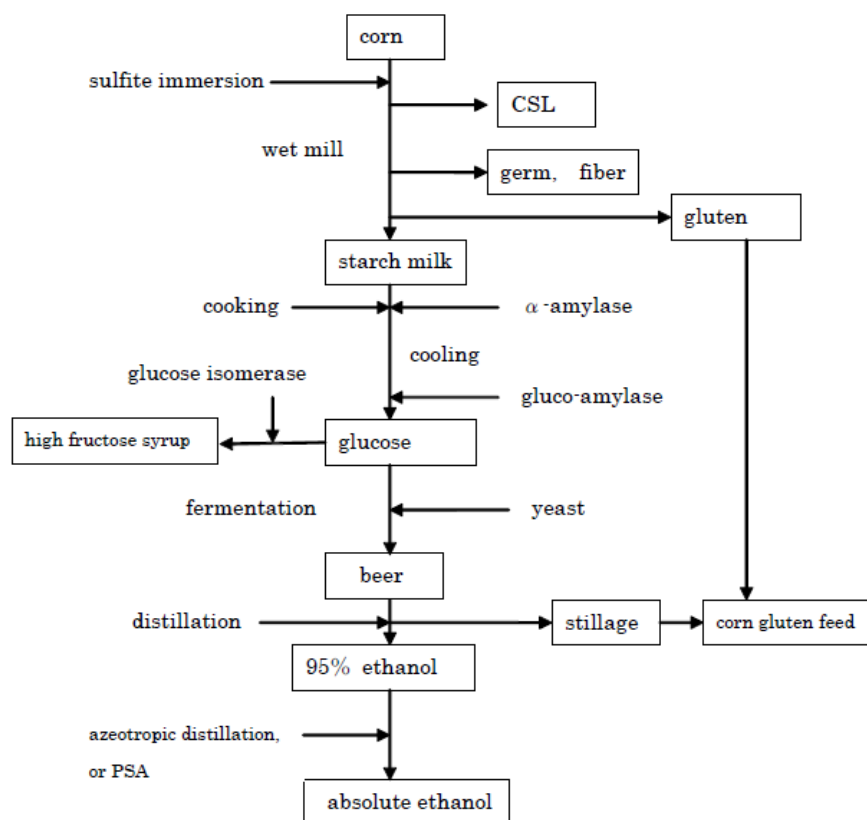
แป้งจะถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิระหว่าง 100 และ 130°C หลังจากนั้นจะถูกไฮโดรไลส์ด้วย  $\alpha$ -อะไมเลส และ กลูโคอะไมเลส เป็นน้ำตาลกลูโคส

ประเทศสหรัฐอเมริกา ปริมาณเอทานอลจำนวนมากจะผลิตจากข้าวโพด สำหรับสาธารณประชาชนจีน เอทานอลส่วนใหญ่ผลิตจากมันเทศ (sweet potato)

การผลิตเอทานอลจากมันเทศ ที่อุณหภูมิต่ำ ได้ทำการวิจัยที่ประเทศญี่ปุ่นจนกระทั่งศตวรรษ 1990 (1990's) โดยขั้นตอนแรก นำมันเทศคีบมาบดด้วยเครื่องบดแบบค้อนตี (hammer mill) จากนั้นจะถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80-90°C เป็นเวลา 60 นาที เติม  $\alpha$ -อะไมเลส เพื่อให้แป้งเป็นของเหลวและลดความหนืด หลังจากนั้นจะถูกทำให้เย็นลง ที่อุณหภูมิ 58°C แป้งเหลวจะถูกไฮโดรไลส์เป็นน้ำตาลกลูโคสด้วยกลูโคอะไมเลส นาน 2 ชั่วโมง น้ำสำจะถูกปรับให้มีความเข้มข้นของน้ำตาลเท่ากับ 15% เบียร์หมักที่มีเอทานอล 8% โดยปริมาตร จะได้จากการหมักแบบไม่ต่อเนื่อง ที่อุณหภูมิ 30-34°C เป็นระยะเวลา 4 วัน ปริมาณมันเทศคีบที่ใช้ในการผลิตเอทานอล 95% ที่ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร เท่ากับ 6.03 t-wet เมื่อมันเทศคีบที่ใช้มีแป้ง 24.3% (เทียบเท่ากับน้ำตาลกลูโคส 27%) และผลได้จากการหมักเท่ากับ 92%

จากที่ได้กล่าวแล้วว่า ในประเทศสหรัฐอเมริกา เชื้อเพลิงเอทานอลโดยส่วนใหญ่ผลิตจากข้าวโพด โดยนำข้าวโพดไปบดในกระบวนการบดเปียก ซึ่งนำข้าวโพดไปจุ่มในสารละลายซัลไฟด์ เพื่อที่จะแยกข้าวโพดเป็น แป้ง, กลูเตน (โปรตีนในข้าวโพด) เจิร์ม (ส่วนที่เหลือหลังจากแยกแป้งกับกลูเตนออกแล้ว) และ เส้นใย โดยแป้งที่แยกออกมาจากข้าวโพดจะถูกปรุงและหมักด้วยยีสต์ หลังจากนั้น แป้งถูกไฮโดรไลส์เป็นน้ำตาลกลูโคส โดยอะไมเลส

กระบวนการหมักแบบต่อเนื่อง เป็นหนึ่งในวิธีการหมักที่ได้รับความนิยม จะประกอบด้วยถังหมักหลายถังต่อกัน เซลล์ยีสต์จะถูกนำกลับมาใช้ใหม่ ส่งผลให้อัตราการหมักสูงขึ้น สำหรับกระบวนการหมักแบบไม่ต่อเนื่องจะใช้ในการฝึกปฏิบัติสำหรับโรงงานผลิตเอทานอลบางแห่ง เบียร์หมักจะมีความเข้มข้นเอทานอลสุดท้าย โดยเฉลี่ย 8-11% โดยปริมาตร กระบวนการบดแบบเปียกของข้าวโพด เพื่อเปลี่ยนเป็นเอทานอลแสดงในรูป 5.2.2 ปริมาณข้าวโพดที่ใช้สำหรับผลิตเอทานอล 95% ที่ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร เท่ากับ 2.4 ตัน (น้ำหนักเปียก) เมื่อแป้งที่ได้จากข้าวโพด 63% (เทียบเท่ากับน้ำตาลกลูโคส 70%) และผลได้จากการหมักเท่ากับ 90%



รูป 5.2.2 กระบวนการผลิตเอทานอลและน้ำเชื่อมฟรุคโตสความเข้มข้นสูงจากข้าวโพด  
(ปรับปรุงจาก Elander, 1996)

#### 5.2.4 การหมักเอทานอลของลิกโนเซลลูโลซิก

สารชีวมวลลิกโนเซลลูโลส ประกอบด้วยเซลลูโลส, เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน (ตาราง 5.2.1) ก่อนที่จะนำสารชีวมวลไปสู่กระบวนการหมักเอทานอล จะต้องนำสารชีวมวลมาผ่านการบำบัดขั้นต้นด้วยกรดหรือเบส และ/หรือ เซลลูเลส ซึ่งจะถูกไฮโดรไลสกลายเป็นน้ำตาล

ตาราง 5.2.1. ส่วนประกอบของสารชีวมวลชนิดต่างๆ

	เซลลูโลส	เฮมิเซลลูโลส	ลิกนิน
ไม้เนื้ออ่อน	43	28	29
ไม้เนื้อแข็ง	43	35	22
ฟางข้าว	38	25	12
กระดาษที่ใช้ในสำนักงาน	69	2	11

#### (ก) กระบวนการกรดซัลฟิวริกเข้มข้น

กระบวนการของ Arkenol Co. Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ถูกปรับปรุงและพัฒนาในโครงการ NEDO ระหว่างปี 2001 และ 2005 กรดซัลฟิวริกเข้มข้นจะถูกสเปรย์บนชิ้นไม้ขนาดเล็ก (ปริมาณความชื้น 15%) หลังจากนั้นคลุกเคล้าที่

อุณหภูมิห้อง ระหว่างที่ทำการกลั่น เกล้า โครงสร้างของเซลลูโลสถูกทำให้อยู่ในสภาพสลาย ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกจะถูกปรับจาก 20% เป็น 30% โดยการเติมน้ำ และชั้นไม้จะถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ถึง 15 นาที สำหรับการไฮโดรไลซิส หลังจากที่แยกส่วนของแข็งด้วยการกรองแล้ว น้ำตาลจะถูกแยกออกจากกรดด้วยการแยก โดยการแลกเปลี่ยนประจุ สารละลายน้ำตาลประกอบด้วยน้ำตาลเฮกโซส และน้ำตาลเพนโทส ซึ่งถูกหมักด้วยยีสต์ หรือ Zymomonas กรดซัลฟิวริกจะทำให้เข้มข้นขึ้นเพื่อที่จะนำกลับมาใช้ใหม่

#### (๗) กระบวนการกรดซัลฟิวริกเจือจาง

เอมิเซลลูโลสจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นน้ำตาลซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลเพนโทสเป็นส่วนใหญ่ และน้ำตาลเฮกโซส บางส่วน ผ่านการบำบัดด้วยกรดซัลฟิวริกเจือจาง (0.5-1.0%) ครั้งแรก ที่อุณหภูมิ 150-180°C ภายใต้ความดัน 1 เมกะพาสคาล (10 atm) สำหรับส่วนที่เหลือ ประกอบด้วย เซลลูโลสและลิกนิน จะถูกนำกลับไปทำการบำบัดที่กรดซัลฟิวริกเจือจางที่ความเข้มข้นเดียวกันนี้ ที่อุณหภูมิ 230-250 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 3-5 เมกะพาสคาล (30-50 atm) เพื่อที่จะทำให้เซลลูโลสและลิกนิน เป็นน้ำตาล ค่าผลได้น้ำตาลจากการบำบัดขั้นแรกและขั้นที่สอง มีค่าเท่ากับ 90% และ 50-60% ตามลำดับ ในโรงงานผลิตเอทานอลของ “Bioethanol Japan Kansai” ที่โอซาก้า ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเริ่มดำเนินการผลิตตั้งแต่เดือนมกราคม ค.ศ. 2007 พบว่า สารละลายน้ำตาลที่ได้จากเอมิเซลลูโลสในไม้เท่านั้น เปลี่ยนเป็นเอทานอล ด้วยวิธีการหมัก โดย E.coli. ที่ผ่านการปรับปรุงสายพันธุ์

ในประเทศสหรัฐอเมริกา กลุ่มนักวิจัยหลายกลุ่มรวมไปถึง NREL ได้กำลังศึกษาการพัฒนาภิกรรมของเซลลูเลส สำหรับใช้ในกระบวนการกรดซัลฟิวริกเจือจางในระดับอุตสาหกรรม โดยมีวัตถุประสงค์จะเริ่มการผลิตเอทานอลจากสารชีวมวล เช่น เปลือกข้าวโพดฝักอ่อน

#### ข้อมูลเพิ่มเติม

9<sup>th</sup> *Alcohol Handbook*, Japan Alcohol Association Ed., Gihodo Shuppan Co. Ltd, 1997

Elander, R. T.; Putsche, V/L/, in *Handbook on Bioethanol*, Wyman, C.E. Ed., Taylor & Francis Pub. 1996, pp329-350

Saiki, T. in *Biomass Handbook*, Japan Institute of Energy Ed., Ohm-sha, 2002, pp157-165, (in Japanese)

Saiki, T.; Karaki, I.; Roy, K., in *CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Vol. V, Energy and Biomass Engineering*; Kitani, O. Ed., American Society of Agricultural Engineers, 1999, pp139-164

Saiki, T., in *Bioethanol Production Technology*, Japan Alcohol Association Ed., Kogyochosakai 2007, pp75-101. (in Japanese)

Yamada, T., in *Bioethanol Production Technology*, Japan Alcohol Association Ed., Kogyochosakai 2007, pp102-126. (in Japanese)

### 5.3 การหมักอะซิโตน-บิวทานอล

#### 5.3.1 การหมักอะซิโตน-บิวทานอล คืออะไร

การหมักอะซิโตน-บิวทานอล เป็นปฏิกิริยาที่อะซิโตนและบิวทานอลผลิตจากน้ำตาลกลูโคส โดยใช้ *Clostridium* ซึ่งเป็นแบคทีเรียกลุ่มที่ออกซิเจนเป็นพิษ คือ ไม่สามารถเจริญได้ในสภาวะที่มีออกซิเจน นอกจากนี้ยังสามารถผลิตเอทานอลได้ด้วย ดังนั้น การหมักอะซิโตน-บิวทานอล หรือเรียกอีกอย่างว่า การหมัก ABE แบคทีเรีย *Clostridium* จะพบได้ในดิน และจะหลั่งอะไมเลส, ไซลันเนส, โปรตีเอส และไลเปส ออกจากเซลล์ แบคทีเรียนี้มีสองสายพันธุ์ที่ใช้ในการหมักอะซิโตน-บิวทานอล ได้แก่ *Weizmann* จะผลิตบิวทานอลจากแป้ง และ *Saccaro* ผลิตบิวทานอลจากซูโครส

#### 5.3.2 ลักษณะของการหมักอะซิโตน-บิวทานอล

การหมักอะซิโตน-บิวทานอล มีประวัติความเป็นมาที่ยาวนาน และเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในระดับอุตสาหกรรม ในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 1 การหมักอะซิโตน-บิวทานอลใช้ผลิตอะซิโตนซึ่งนำมาเป็นวัตถุดิบของระเบิดแบบไม่มีควัน และในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 การหมักอะซิโตน-บิวทานอลใช้ผลิตบิวทานอล เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องบินรบ หลังจากสงครามโลกครั้งที่ 2 การหมักอะซิโตน-บิวทานอลถูกลืมไป เนื่องจากการพัฒนาทางด้านปิโตรเคมีขึ้น ในขณะนี้ บิวทานอลได้ถูกนำมาพิจารณาเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ

#### 5.3.3 ปฏิกิริยาของการหมักอะซิโตน-บิวทานอล

ในอดีต สายพันธุ์ของแบคทีเรียที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตบิวทานอล คือ แบคทีเรียผลิตอะซิโตน-บิวทานอล และแบคทีเรียผลิตบิวทานอล-ไอโซโพรพานอล ซึ่งกลุ่มนี้ผลิตบิวทานอลและไอโซโพรพานอล ถือเป็นการลดการผลิตอะซิโตน วิธีปฏิกิริยาของการหมักอะซิโตน-บิวทานอลแสดงในรูป 5.3.1 น้ำตาลกลูโคสจะถูกสลายเป็นไพรูเวต (pyruvate), อะซิติลโคเอนไซม์ เอ (acetyl-CoA) และอะซิโตนอะซิติลโคเอนไซม์ เอ (acetoacetyl-CoA) ผ่านวิถี EMP และสุดท้ายเกิดเป็น อะซิโตน, บิวทานอล, ไอโซโพรพานอล และเอทานอล สมการปริมาณสารสัมพันธ์ของการหมักอะซิโตน-บิวทานอล ดังแสดงในสมการ 5.3.1



ในการหมักอะซิโตน-บิวทานอล, บิวทานอลจะถูกสะสมอย่างรวดเร็วและเป็นสาเหตุให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่เป็นตัวยับยั้งที่ความเข้มข้นของบิวทานอลมากกว่า 3 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (กรัม/ลิตร) เมื่อตัวยับยั้งเกิดขึ้น จะส่งผลยับยั้งทั้งการเจริญเติบโตของเซลล์แบคทีเรีย, ปริมาณการใช้ของสารตั้งต้น และปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น ดังนั้นสุดท้ายแล้ว ความเข้มข้นของบิวทานอลเท่ากับ 3 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (กรัม/ลิตร) หลังจากผ่านกระบวนการหมักแล้ว สารละลายจะนำไปกลั่นลำดับส่วน โดยอาศัยความแตกต่างของจุดเดือด อาทิเช่น อะซิโตน (จุดเดือด 56.3 องศาเซลเซียส), เอทานอล (จุดเดือด 78.3 องศาเซลเซียส) และบิวทานอล (จุดเดือด 117 องศาเซลเซียส)

#### 5.3.4 ประสิทธิภาพพลังงานของการหมักอะซิโตน-บิวทานอล

จากสมการ 5.3.1 ในการหมักอะซิโตน-บิวทานอล พบว่า บิวทานอล 60 โมล (170 เมกะจูล), อะซิโตน 30 โมล (54 เมกะจูล), เอทานอล 10 โมล (14 เมกะจูล) และไฮโดรเจน 120 โมล (34 เมกะจูล) ถูกผลิตจากน้ำตาลกลูโคส 95 โมล (273 เมกะจูล) พลังงานเกือบทั้งหมดในน้ำตาลกลูโคสจะไปอยู่ที่ บิวทานอล, อะซิโตน, เอทานอล และไฮโดรเจน

#### 5.3.5 ผลกระทบของการหมักอะซิโตน-บิวทานอล

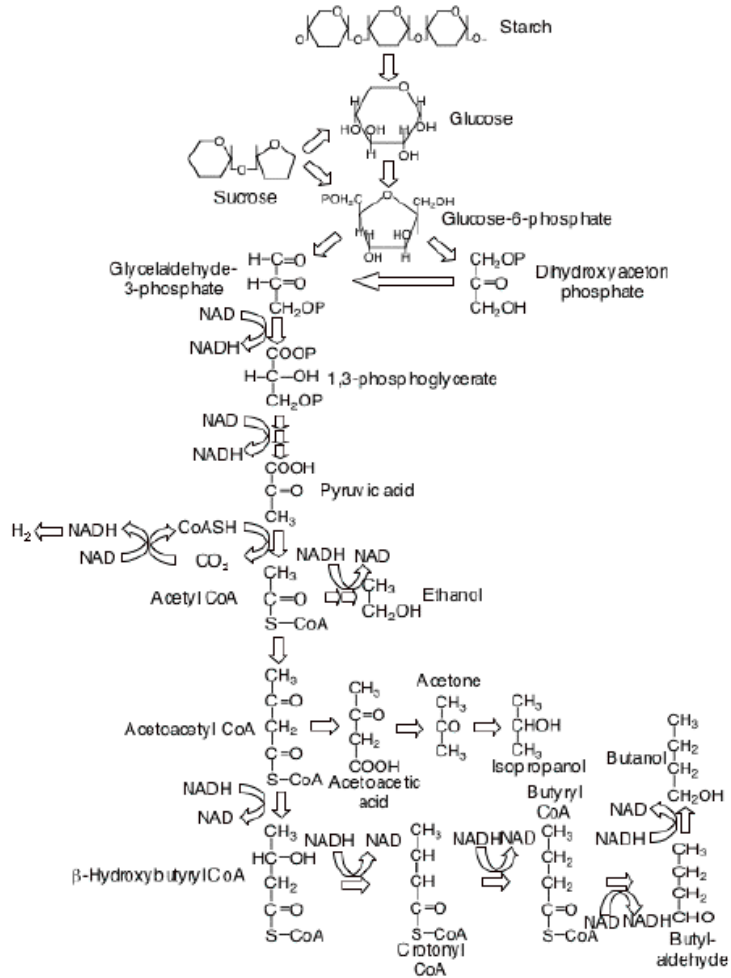
ในอดีต การหมักอะซิโตน-บิวทานอลใช้ในอุตสาหกรรมสำหรับผลิตวัตถุดิบของผงระเบิดไม่มีควันและเครื่องบินรบ ในปัจจุบันนี้ อะซิโตนและบิวทานอลถูกสังเคราะห์ในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม ในขณะเดียวกัน เชื้อเพลิงชีวภาพ, แก๊สโซลีนทางเลือกใหม่ หรือ สารเติมแต่งไบโอดีเซล ได้รับความสนใจอย่างมาก บิวทานอลสามารถเติมได้ทั้งในแก๊สโซลีนและน้ำมันดีเซล และน่าสนใจสำหรับแก๊สโซลีนมากกว่าเอทานอลอีกด้วย ดังนั้น บิวทานอลเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพในอนาคต

#### ข้อมูลเพิ่มเติม

Crabbe, E.; N-Hipolito, C.; Kobayashi, G.; Sonomoto, K.; Ishizaki, A., Biodiesel production from crude palm oil and evaluation of butanol extraction and fuel properties, *Process Biochim.*, **37**, 65-71 (2001)

Ishizaki, A.; Michiwaki S.; Crabbe, E.; Kobayashi, G.; Sonomoto, K.; Yoshino, S., Extractive acetone-butanol-ethanol fermentation using methylated crude palm oil as extractant in batch culture of *Clostridium saccharoperbutyl acetonicum* N1-4 (ATCC13564), *J. Biosci, Bioeng.*, **87**, 352-356 (1999)

Lee, T. M.; Ishizaki, A.; Yoshina, S.; Furukawa, K., Production of acetone, butanol and ethanol from palm oil waste by N1-4, *Biotechnol. Letters*, **17**, 649-654 (1995)



รูป 5.3.1 วิถีปฏิกิริยาของการหมักอะซิโตน-บิวทานอล

## 5.4 การหมักไฮโดรเจน

### 5.4.1 การหมักไฮโดรเจนคืออะไร

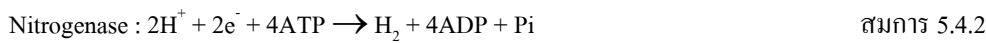
การหมักด้วยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน เป็นปฏิกิริยาเคมี ซึ่งจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนสลายสารอินทรีย์เพื่อ  
 ได้พลังงาน ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน โดยเรียกปฏิกิริยาการหมักที่มีไฮโดรเจนเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายนี้ว่า การหมัก  
 ไฮโดรเจน อย่างไรก็ตามในการหมักไฮโดรเจน สารอินทรีย์บางชนิดและแอลกอฮอล์ถูกผลิตพร้อมกับไฮโดรเจน ถึงแม้ว่า  
 ตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย (final electron acceptor) เป็นออกซิเจนหรือสารอนินทรีย์ที่ใช้ในการหายใจ แต่จะถูกย่อยสลาย  
 เป็นสารอินทรีย์และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายในการหมัก ยกตัวอย่างเช่น ในการหมักเอทานอล  
 ผลิตภัณฑ์สุดท้าย คือเอทานอลและคาร์บอนไดออกไซด์ ขณะที่การสังเคราะห์ ATP จะควบคู่กับการส่งผ่านอิเล็กตรอนใน  
 กระบวนการหายใจ ATP ที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาเคมีที่ระดับสารตั้งต้นในการหมักนี้ พลังงานที่ได้รับจากการหมักจะมีค่าน้อย  
 กว่าที่ได้รับจากการหายใจ เมื่อปริมาณของสารตั้งต้นจำนวนเท่ากัน

#### 5.4.2 ลักษณะของการหมักไฮโดรเจน

บทบาทของการหมักไฮโดรเจน คือ การควบคุมระดับการถ่ายเทอิเล็กตรอนในเซลล์แบคทีเรีย โดยเปลี่ยนพลังงานที่กินมาเป็นไฮโดรเจน แบคทีเรียสามารถเก็บและใช้ไฮโดรเจนได้ ดังนั้น ปฏิริยาเคมีย้อนกลับที่มีการใช้ไฮโดรเจนควรจะถูกยับยั้ง เพื่อที่จะเป็นการเพิ่มค่าผลได้ของไฮโดรเจน โดยทั่วไป การบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการหมักไฮโดรเจนจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะการหมักไฮโดรเจนมีผลิตภัณฑ์ประเภทสารอินทรีย์บางชนิดรวมอยู่ด้วย

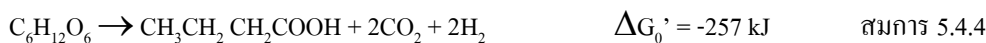
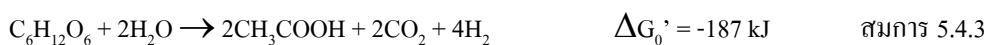
#### 5.4.3 ปฏิริยาการหมักไฮโดรเจน

แบคทีเรียที่ใช้ผลิตไฮโดรเจน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด โดยใช้เอนไซม์ในการทำปฏิริยาที่แตกต่างกัน คือ แบคทีเรียใช้เอนไซม์ไฮโดรจีเนส และแบคทีเรียใช้เอนไซม์ไนโตรจีเนส

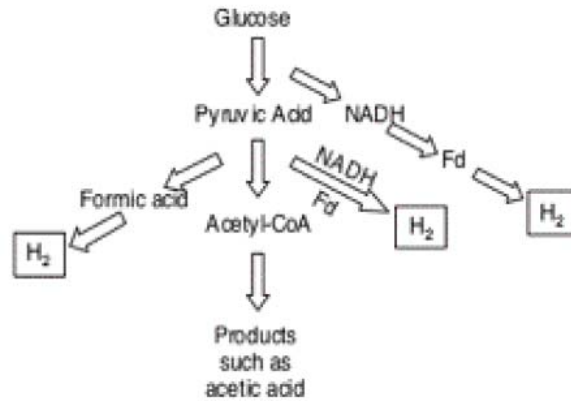


X : ตัวรับส่งอิเล็กตรอน (electron carrier), Pi : ฟอสเฟตอนินทรีย์ (inorganic phosphate)

จากปฏิริยาข้างบนนี้ ไฮโดรจีเนสจะกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงของปฏิริยาผันกลับและการดูดซึมของไฮโดรเจน นอกจากนี้ ปฏิริยาเคมีโดยไนโตรจีเนสจำเป็นต้องมีพลังงาน (ATP) ในกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน ปฏิริยาเคมีโดยไฮโดรจีเนสจะถูกนำมาตรวจสอบศึกษาค้นคว้าเป็นส่วนใหญ่ ตัวอย่างของปฏิริยาเคมีการหมักไฮโดรเจน ดังนี้ :



จากรูป 5.4.1 แสดงวิถีของการหมักไฮโดรเจน โดยไฮโดรเจนเกิดได้หลายทาง ได้แก่ ผ่านทาง NADH และเฟอร์รีดอกซิน (ferredoxin) หรือผ่านทางเฟอร์รีดอกซินเท่านั้น หรือผ่านทางฟอร์มेट-ไลเอส (formate-lyase) ในการหมักไฮโดรเจน ไฮโดรเจนเกิดจากการย่อยสลายออกซิเดทีฟ (oxidative decomposition) ของสารตั้งต้นอินทรีย์ ดังนั้น การหมักไฮโดรเจนจึงถูกนำมาใช้ในการบำบัดของเสียและน้ำเสียจากการหมักมีเทน หรือตะกอนแบบแรง เนื่องจากการหมักไฮโดรเจนเข้ากันได้กับผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรดอินทรีย์ อัตราการเกิดปฏิริยาการหมักไฮโดรเจนเป็บบแบบเร็ว เมื่อเทียบกับการหมักมีเทน ซึ่งอาจจะบ่งบอกได้ว่า การหมักไฮโดรเจนเป็นวิธีการบำบัดขั้นต้นของการหมักมีเทน



รูป 5.4.1 วิธีการหมักไฮโดรเจน

#### 5.4.4 ประสิทธิภาพพลังงานของการหมักไฮโดรเจน

เนื่องจากการหมักไฮโดรเจนเข้ากันได้กับผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรดอินทรีย์ จึงนำมาพิจารณาทั้งระบบโดยรวมการบำบัดย่อยต่างๆ เช่น การหมักมีเทน ในการหมักไฮโดรเจน ทางทฤษฎีพบว่า ไฮโดรเจน 4 โมล เกิดจากน้ำตาลกลูโคส 1 โมล ดังแสดงในสมการ 5.4.3 เมื่ออะซิเตตที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนย่อยต่างๆ นำมาใช้เป็นประโยชน์ในการหมักมีเทน และเปลี่ยนรูปเป็นมีเทน ดังปฏิกิริยาเคมีต่อไปนี้



ปฏิกิริยาทั้งหมดของการหมักไฮโดรเจน-มีเทน 2 ขั้นตอน ดังนี้



ผลรวมของค่าความร้อนสูงของผลิตภัณฑ์ เท่ากับ 2,924 เมกะจูล (2,924 กิโลจูล) นอกจากนี้ ปฏิกิริยาเคมีของการหมักมีเทนเท่านั้น ดังต่อไปนี้



ค่าความร้อนสูงของผลิตภัณฑ์จากสมการ 5.4.7 เท่ากับ 2,671 เมกะจูล (2,671 กิโลจูล) สังเกตได้ว่าผลได้พลังงานของการหมักไฮโดรเจน-มีเทน เพิ่มขึ้น 10% เมื่อเทียบกับการหมักมีเทนเพียงอย่างเดียว

#### 5.4.5 ผลิตภัณฑ์ของการหมักไฮโดรเจน

ผลิตภัณฑ์ก๊าซ ค่อยๆ พัฒนาจากการหมักไฮโดรเจนและมีเทน ซึ่งอาจจะเป็นประโยชน์ต่อเซลล์เชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนเป็นพลังงานที่สูงกว่ากังหันก๊าซ และเครื่องยนต์ก๊าซ สำหรับเซลล์เชื้อเพลิง มีเทนที่ได้จากการหมักมีเทน จะถูกเปลี่ยนเป็นไฮโดรเจน





เนื่องจากสมการ 5.4.8 เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน ดังนั้นจำเป็นต้องมีการให้ความร้อน เพื่อที่จะให้ปฏิกิริยาดำเนินต่อไปได้ โดยทั่วไป มีเทนจะเปลี่ยนเป็นไฮโดรเจนภายใต้สภาวะที่มีนิคเกิลเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ที่อุณหภูมิ 650-750 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ การหมักไฮโดรเจน จะมีค่าผลได้พลังงานที่สูงกว่าการหมักมีเทน และค่าการเปลี่ยนตัวเร่งปฏิกิริยาของมีเทนไม่จำเป็นในการหมักไฮโดรเจน เพื่อที่จะผลิตไฮโดรเจนเพื่อใช้เป็นเซลล์เชื้อเพลิงต่อไปนี้

### ข้อมูลเพิ่มเติม

Noike, T.; Mizuno, O., Hydrogen fermentation of organic municipal wastes, *Water Sci. Technol.*, **42**, 155-162 (2000)

Rachman, M. A.; Nakashimada, Y.; Kakizono, T.; Nishio, N., Hydrogen production with high yield and high evolution rate in a packed-bed reactor, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **49**, 450-454 (1998)

Tanisho, S.; Tu, H.-P.; Wakao, N. Fermentative hydrogen evolution from various substrates by *Enterobacter aerogenes*, *Hakkokogaku*, **67**, 29-34 (1989)

Taguchi, F.; Yamada, H.; Hasegawa, K.; Taki-Saito, K.; Hara, K. Continuous hydrogen production by *Clostridium* sp. No.2 from cellulose hydrolysate in an aqueous two-phase system, *Ferment. Bioeng.*, **82**, 80-83 (1996)

Ueno, Y.; Otsuka, S.; Morimoto, M.; Hydrogen production from industrial waste-water by anaerobic microflora in chemostat culture, *J. Ferment. Bioeng.*, **82**, 194-197 (1996)

## 5.5 การหมักกรดแลคติก

### 5.5.1 การหมักกรดแลคติกคืออะไร

กรดแลคติกประกอบด้วยหมู่แอลกอฮอล์ (OH) และหมู่คาร์บอกซิลิก (COOH) กรดแลคติกมี 2 ไครัลไอโซเมอร์ (chiral isomer) คือ D-lactic และ L-lactic เมื่อเรารู้ว่า ความต้องการของพอลิแลคเตต เช่น พลาสติกที่ทำจากสารชีวมวลเพิ่มขึ้น และความต้องการของกรดแลคติกที่เป็นวัตถุดิบของพอลิแลคเตตจึงเพิ่มขึ้นด้วย ต่อจากนี้ กรดแลคติกที่มีความบริสุทธิ์เชิงแสงเกือบ 100% จึงมีความต้องการอย่างมาก โดยปกติ กรดแลคติกผลิตจากการสังเคราะห์ทางเคมี หรือการหมักด้วยจุลินทรีย์ การสังเคราะห์ทางเคมีของกรดแลคติกเลือกใช้วิธีไฮโดรไลซิสของแลคโต-ไนไตร โดยผลได้ของกรด D-lactic และกรด L-lactic จะมีค่าครึ่งต่อครึ่ง แต่ไม่มีความบริสุทธิ์เชิงแสง ดังนั้นการผลิตกรดแลคติกสำหรับผลิตพอลิแลคเตตจึงใช้วิธีการหมัก อย่างไรก็ตามกรดแลคติกสามารถผลิตได้ทั้งแบคทีเรียหรือฟังไจ โดยในที่นี่ได้ให้ความสนใจไปที่การหมักแลคติกด้วยแบคทีเรีย

### 5.5.2 แบคทีเรียแลคติก

แบคทีเรียแลคติกผลิตกรดแลคติกจากน้ำตาลชนิดต่าง แบคทีเรียแลคติกมีทั้งเป็นแบบท่อนชนิดแกรมบวกและแบบกลม ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้สามารถเจริญเติบโตภายใต้สภาวะไร้อากาศ แบคทีเรียแลคติกจะไม่เคลื่อนที่และให้ผลเชิงลบกับปฏิกิริยาแบบมีตัวเร่ง อีกทั้งยังไม่มีสปอร์ ใช้เพียงแต่น้ำตาลเท่านั้นที่เป็นแหล่งพลังงานที่จะผลิตกรดแลคติกซึ่งมีค่าการ

เปลี่ยนเป็นกรดแลคติกมากกว่า 50% จากปริมาณการใช้น้ำตาลในการทำปฏิกิริยา โดยมีแบคทีเรียแลคติก 4 สายพันธุ์ ที่สามารถอยู่ภายใต้สภาวะที่ได้กล่าวมาแล้ว คือ *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* และ *Streptococcus* แลคติกแบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตด้วยอัตราที่สูงและผลิตกรดแลคติกได้มาก ส่วนประกอบของอาหารเหลวที่ใช้ในการหมักจะค่อนข้างซับซ้อน เนื่องจากแบคทีเรียแลคติกต้องการสารอาหารพวกอะมิโนและวิตามินจำนวนมาก ในที่แบ่งแยกการหมักแลคติกเป็น 2 กลุ่ม คือ การหมักได้กรดแลคติกอย่างเดียว (homo-lactic acid fermentation) และการหมักได้ทั้งกรดแลคติกและกรดอื่นด้วย (hetero-lactic acid fermentation) ในการหมักได้กรดแลคติกอย่างเดียว พบว่า กรดแลคติก 2 โมล และ ATP 2 โมล เกิดจากการใช้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 1 โมล ซึ่งค่าผลได้กรดแลคติกมีค่าเกือบเชิงแสง 100% สำหรับการหมักได้ทั้งกรดแลคติกและกรดอื่น พบว่ามีทั้งกรดแลคติกและสารอื่นเกิดขึ้น ซึ่งแบ่งย่อยออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ค่าผลได้หนึ่งค่าจะมีทั้ง กรดแลคติก, เอทานอล และคาร์บอนไดออกไซด์ กลุ่มที่ 2 ค่าผลได้หนึ่งค่าจะมีทั้ง กรดแลคติก 1 โมล, กรดอะซิติก 1.5 โมล ซึ่งเกิดจากน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 1 โมล แบคทีเรียแลคติกเป็นได้ทั้งแลคเตตดีไฮโดรจีเนส (lactate-dehydrogenase) แบบ D และ L หรือแบบ D หรือ L อย่างไม่อย่างหนึ่ง ดังนั้น กรดแลคติกแบบ D และ(หรือ) กรดแลคติกแบบ L สามารถผลิตได้จากแบคทีเรีย ส่วนใหญ่แบคทีเรียแลคติกจะมีเอนไซม์ที่ช่วยในการผลิตกรดแลคติก ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพโปรตีนของกรดแลคติก *Lactobacillus rhamnosus* ผลิตกรดแลคติกแบบ L อย่างเดียว ซึ่งมีความบริสุทธิ์เชิงแสงเกือบ 100% ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพอลิแลคเตตได้

### 5.5.3 แหล่งทรัพยากรของสารชีวมวลสำหรับการหมักกรดแลคติก

กลูโคสเป็นสารตั้งต้นหลักในการหมักกรดแลคติก ซึ่งกลูโคสได้จากการไฮโดรไลซิสของแป้ง ในตอนนี้แป้งได้จากพืชผลต่างๆ อย่างไรก็ตามการแข่งขันระหว่างพลังงาน, วัสดุและอาหาร ที่ถูกเรียกร้องในการผลิตเอทานอลจากทรัพยากรของสารชีวมวล ดังนั้น สารชีวมวลที่เป็นเซลลูโลสแบบเบา เช่น แกลบซึ่งเป็นวัสดุที่ไม่ได้ใช้แล้ว ถูกคาดหวังว่าจะเป็นทรัพยากรของสารชีวมวล อย่างไรก็ตาม สารชีวมวลที่ไม่ใช้แล้วมีคุณภาพต่ำ จึงเป็นสาเหตุให้ยังไม่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยบางข้อกำหนดต้องนำมาพิจารณาสำหรับการใช้ประโยชน์ในการหมัก ข้อแรกที่ต้องมี ค่าอุปทานของสารชีวมวลที่คงที่ ข้อที่สอง น้ำตาลควรจะได้มาอย่างง่ายจากพลังงานที่น้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ที่สำคัญเทคโนโลยีการหมักที่ได้ผลอย่างดีนั้นจำเป็นอย่างยิ่ง และเป็นตัวการสำคัญที่จะแก้ปัญหาที่ได้พูดถึงในเรื่องพลังงานและค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการขนส่งและการกักเก็บสารชีวมวล

### 5.5.4 การใช้ประโยชน์ของสารชีวมวลจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม

น้ำมันปาล์มเป็น 1 ใน 3 น้ำมันพืชในโลก ปาล์มสามารถเก็บเกี่ยวได้ตลอดปีบริเวณพื้นที่แถบเส้นศูนย์สูตรของโลกเท่านั้น ในขั้นตอนการดำเนินงานของการผลิตน้ำมัน พบว่า สารชีวมวลที่มากกว่า 10 ล้านตัน ได้จากธุรกิจที่มีอยู่ทั่วไป สารชีวมวลที่มีลักษณะเนื้อเดียวกัน มีปริมาณมากกว่า 10 พันตัน ซึ่งสามารถสะสมได้ตลอดทั้งปี เนื่องจากโรงงานน้ำมันปาล์มเป็นโรงงานขนาดใหญ่ นอกจากนี้ ได้มีฤดูกาลปลูกทดแทนต้นปาล์มเก่าที่จะมีขึ้นในเร็วนี้ และลำต้นปาล์มน้ำมันจำนวนมากจะต้องถูกทิ้ง ในปัจจุบันนี้พบว่าลำต้นปาล์มน้ำมันมีน้ำตาลอยู่ในลำต้นเป็นจำนวนมาก และกลูโคสเหลวสามารถหาได้ง่ายจากการอัดปาล์มน้ำมันซึ่งวิธีการเช่นเดียวกับกระบวนการอ้อย

### 5.5.5 การหมักกรดแลคติกจากขยะในครัวเรือน

ประเทศญี่ปุ่นเป็นประเทศที่มีความหนาแน่นของประชากรสูงมาก จึงเป็นเหตุผลที่ว่า ประเทศญี่ปุ่นไม่สามารถใช้วิธีการบำบัดขยะอย่างง่าย ดังนั้น จะเห็นได้ว่าที่ประเทศญี่ปุ่นมีเตาเผาสำหรับเผาขยะประมาณสองพันเตา โดยในทุกวัน ขยะจะถูกเก็บไปรวมในเตาเผาขยะแล้วจะเผาเพื่อที่จะได้พลังงานความร้อน ดังนั้นจึงมีไอน้ำที่ความดันต่ำซึ่งไม่ได้นำมาใช้ ขยะจากครัวเรือน ถือเป็น 30% จากปริมาณขยะทั่วประเทศญี่ปุ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ขยะจากกิจการต่างๆ รวมไปถึงร้านขายของสดและร้านสะดวกซื้อ สามารถนำมาแยกประเภทของขยะได้ง่ายกว่าขยะจากแหล่งอื่นๆ ขยะจากครัวเรือนแบบญี่ปุ่นจึงเป็นแหล่งทรัพยากรของน้ำตาลที่ดี เพราะว่าการรีไซเคิลของขยะจากครัวเรือนเป็นพวกแป้ง ถึงแม้ว่าขยะจากครัวเรือนในแต่ละวันจะไม่เหมือนกันก็ตาม นอกจากนี้ ขยะจากครัวเรือน ยังประกอบไปด้วยสารอาหารและวิตามินซึ่งเป็นส่วนดีที่จะนำไปใช้ในการหมักกรดแลคติก จากรูป 5.5.1 แสดง ผลได้ของกรดแลคติกจากการหมักกรดแลคติกด้วยขยะจากครัวเรือน หลังจากที่บำบัดด้วยเอนไซม์กลูโคสไมเลส โดยใช้ *Lactobacillus rhamnosus* ขยะจากครัวเรือนโดยทั่วไปประกอบด้วยค่าความชื้น 80% และระบุได้ว่าที่ค่าผลได้ของกรดแลคติก 10% ที่แสดงในรูป 5.5.1 ควรจะมีค่าเพิ่มขึ้น

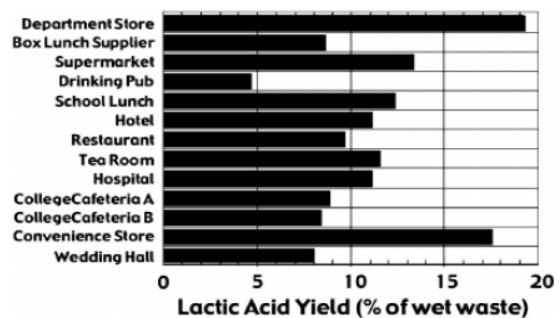
### 5.5.6 การทำกรดแลคติกให้บริสุทธิ์

กรดแลคติกสำหรับพอลิแลคเตต นอกจากจะมีค่าความบริสุทธิ์เชิงแสงที่สูงแล้ว กรดแลคติกที่ใช้ต้องมีความบริสุทธิ์ด้วย ดังนั้น เทคโนโลยีขั้นสูงของการทำกรดแลคติกให้บริสุทธิ์จึงเป็นที่ต้องการในการหมักกรดแลคติก เพราะอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการหมักประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ หลายชนิด โดยทั่วไปเทคโนโลยีการกลั่นจึงนำมาปรับใช้ให้ตรงตามวัตถุประสงค์ ดังนี้ ในการทำกรดแลคติกให้บริสุทธิ์จากการหมักด้วยขยะจากครัวเรือน บิวทิลแลคเตต (butyl-lactate) จะถูกแยกด้วยการกลั่น หลังจากทีเอสเทอร์ริฟิเคชันกรดแลคติกด้วยบิวทานอล นอกจากนี้ แอมโมเนียสามารถถูกนำกลับมาในปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน เพื่อใช้ในการปรับความเป็นกรด-ด่างในการหมัก อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการเหล่านี้ จำเป็นต้องใช้พลังงานมาใช้ในการกำจัดน้ำออกเพื่อที่จะส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน เมื่อพลังงานที่เข้ามาจากแหล่งซากคิกค้าบรพ ซึ่งไม่เหมาะสมในเชิงระบบนิเวศน์และเชิงเศรษฐกิจ ดังนั้นการใช้พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาขยะจึงเป็นแนวทางที่สามารถยอมรับได้ในการแก้ไขปัญหา

#### ข้อมูลเพิ่มเติม

Morichi, T. Physiology and metabolism of lactic acid bacteria: *Biseibutsu* 6 (1), 27-34 (1990) (in Japanese)

Sakai, K.; Murata, Y.; Yamazumi, H.; Tau, Y.; Mori, M.; Moriguchi M.; Shirai, Y. Selective proliferation of lactic acid bacteria and accumulation of lactic acid during open fermentation of kitchen refuse with intermittent pH adjustment: *Food Science and Technology Research* , 6, 140-145 (2000)



รูป 5.5.1 ผลได้แลคติกจากการหมักกรดแลคติกจากขยะครัวเรือน

Hassan, M. A.; Nawata, O.; Shirai, Y.; Nor'Aini A. R.; Phang L. Y.; Ariff, B. A.; Abdul Karim, M. I. A Proposal for Zero Emission from Palm Oil Industry Incorporating the Production of Polyhydroxyalkanoates from Palm Oil Mill Effluent: *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 35 (1) 9-14 (2002)

Sakai, K.; Taniguchi, M.; Miura, S.; Ohara, H.; Matsumoto, T.; Shirai, Y. Novel process of poly-L-lactate production from municipal food waste: *Journal of Industrial Ecology*, 7(3, 4), 63-74 (2004)

Mori, T.; Kosugi, A.; Murata, Y.; Tanaka, R.; Magara, K. Ethanol and Lactic Acid Production from Oil Palm Trunk: Proceedings of Annual meeting of the Japan Institute of Energy, 16, 196-197 (2007) (in Japanese)

## 5.6 หญ้าหมัก

### 5.6.1 หญ้าหมัก คืออะไร

หญ้าหมัก ใช้เป็นอาหารวัวและแกะโดยส่วนใหญ่ในหลายประเทศ หญ้าหมักผลิตโดยความคุมการหมักของพืชผลที่มีความชื้นสูง หญ้าหมักเป็นกระบวนการหมักและเก็บรักษาอาหารสัตว์ที่เป็นพืชสีเขียวที่หมักไว้ในถังจางที่เป็นพืชอาหารสัตว์และหญ้าในหลุมหมัก (แสดงในรูป 5.6.1) ชนิดของหลุมหมักที่ชาวนาอาจจะเลือกใช้ในการหมักพืชมีหลากหลายรูปแบบ หลุมหมักโดยทั่วไปสามารถถูกจำแนกเป็นหลักๆได้ดังนี้ แบบสแตก (stack) หรือแบบยึดที่ปราศจากผนังกันดิน, ดึก, หลุมหลบภัย, สูญญากาศ และห่อม้วน เมื่อเปรียบเทียบหญ้าหมักกับหญ้าแห้ง พบว่า ปริมาณหญ้าที่ใช้, ความสามารถในการย่อย, คุณค่าทางสารอาหารของอาหารสัตว์นั้นดีเยี่ยม หญ้าหมักสามารถทำผลิตจากผลิตภัณฑ์รองจากจำพวกพืชผลและอาหารหรือจากวัสดุอื่นๆได้



รูปที่ 5.6.1 การตัดพืชอาหารสัตว์ (ข้าว) และหลุมหมักแบบสแตก

### 5.6.2 การทำหญ้าหมัก

หญ้าหมักมีต้นกำเนิดมาตั้งแต่สมัยอียิปต์โบราณ การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับหญ้าหมักด้วยกระบวนการหมักมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในช่วงทศวรรษที่ 20 หญ้าหมักสามารถเตรียมได้จากพืชอาหารสัตว์และหญ้าที่อยู่ในช่วงการเจริญเติบโตที่เหมาะสมที่สุด โดยมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 50% - 70% พืชอาหารสัตว์จะถูกเก็บและนำมาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ให้มีความยาว 10-20 มิลลิเมตร และอัดรวมไว้ในหลุมหมัก ในปัจจุบันนี้ เครื่องมือเก็บเกี่ยวพืชอาหารสัตว์จะถูกใช้ทั้งในการเก็บและตัดเป็นชิ้นเล็กๆ และจะถูกฝากไว้ในที่รถบรรทุก เครื่องมือเก็บเกี่ยวพืชอาหารสัตว์เหล่านี้สามารถเป็นได้ทั้ง tractor

*drawn or self-propelled* เครื่องมือเก็บเกี่ยวพืชอาหารสัตว์จะเป่าหญ้าหมักในรถบรรทุกผ่านถุงที่ด้านหลังหรือด้านข้างของเครื่อง การฉีดวัคซีนแบคทีเรียแลคติกจะถูกใช้สำหรับการทำหญ้าหมักที่มีคุณภาพสูง (ดังรูป 5.6.2)



รูปที่ 5.6.2 รูปแบบของเซลล์ (ซ้าย) และ อินอกูแลนซ์ของแบคทีเรียกรดแลคติก “Chikuso 1”

### 5.6.3 การหมักหญ้าหมัก

การถนอมพืชอาหารสัตว์เพื่อเป็นหญ้าหมักนั้นขึ้นกับปริมาณกรดที่เพียงพอที่จะไปยับยั้งไม่ให้จุลินทรีย์ทำหน้าที่ผิดปกติไปจากเดิม ภายใต้สภาวะแบบไม่ใช้ออกซิเจน แบคทีเรียแลคติก (lactic acid bacteria : LAB) เป็นจุลินทรีย์ชนิดอิงอาศัย ซึ่งจะมีอยู่พืชอาหารสัตว์ในธรรมชาติ โดยแบคทีเรียนี้จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นกรดแลคติกในกระบวนการหมักหญ้า โดยปกติ แบคทีเรียแลคติกจะเจริญเติบโตร่วมกับจุลินทรีย์พืชชนิดอื่นๆระหว่างการหมักหญ้าหมัก และจุลินทรีย์เหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดลักษณะการหมักของหญ้าหมัก หญ้าหมักฟาร์มปศุสัตว์ที่มีเปียกชื้นขึ้นกับการหมักกรดแลคติก แบคทีเรียแลคติกจะเปลี่ยนแปลงคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้เป็นกรดอินทรีย์ในระหว่างกระบวนการหมัก จะส่งผลให้ค่าพีเอชลดลงและเป็นการถนอมอาหารสัตว์

อย่างไรก็ตาม เมื่อหูลมหมักถูกเปิดออกและอากาศจะเข้ามาในหูลมหมัก ทำให้หญ้าหมักอยู่ภายใต้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน และจึงเป็นไปได้ที่จะนำไปสู่สภาวะไม่คงที่ นอกจากนี้หญ้าหมักที่ถูกทำลายจะเพิ่มขึ้นและมีค่าทางสารอาหารลดลง โดยทั่วไปหญ้าหมักที่สมบูรณ์จะต้องพิจารณาว่ามีความไวต่อการเสื่อมสภาพด้วยสภาวะแบบมีออกซิเจนในระบบนั้น มีผลมากกว่า หญ้าหมักที่หมักแบบไม่ดี และจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนบางชนิดสามารถเป็นอันตรายต่อตัวของสัตว์ได้ ดังนั้น มีการคาดการณ์ว่าการเสื่อมสภาพด้วยสภาวะแบบมีออกซิเจนจึงเป็นปัญหาสำคัญในการทำหญ้าหมัก

### 5.6.4 หญ้าหมักแบบมัดม้วน

การหมักแบบมัดม้วน เป็นวิธีการเก็บรักษาพืชอาหารสัตว์วิธีหนึ่ง นำหญ้ามาตัดและมัดในขณะที่หญ่ายังเปียกอยู่เล็กน้อย ถ้าหญ่ายเปียกมากเกินไปจะไม่สามารถมัดและเก็บเช่นเดียวกับหญ้าแห้งได้ ดังนั้น ความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการทำหญ้าหมักแบบมัดม้วน มีค่าประมาณ 60 ถึง 70% หญ้าที่ถูกมัดแล้วจะนำมาห่ออย่างแน่นหนาด้วยแผ่นฟิล์มพลาสติกหนา 0.025 มิลลิเมตร ประมาณ 6 ชั้น จากนั้นนำไปหมักแบบจำกัด ซึ่งจะผลิตกรดไขมันสายสั้น (short chain fatty acid) เพื่อที่จะป้องกันและถนอมพืชอาหารสัตว์ วิธีการหมักแบบมัดม้วนเริ่มเป็นที่นิยมในฟาร์มบางแห่ง ในประเทศญี่ปุ่น ได้มีการพัฒนาวิธีการเตรียมหญ้าหมักแบบมัดม้วนของฟางข้าวสาค (รูป 5.6.3) และการผลิตอาหารสัตว์จากแหล่งทรัพยากรของสารชีวมวล ซึ่งคาดว่าจะเป็นการใช้เทคโนโลยีการหมักแบบมัดม้วนที่ดีที่สุด



รูป 5.6.3 การหมักพืชหมักแบบมัดม้วน (ข้าว) และการห่อฟางข้าว (ข้าว)

### 5.6.5 เทคโนโลยีในปัจจุบัน

ในปีที่ผ่านมา พืชหมักด้วยวิธีการหมักแบบมัดม้วน มีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และการหมักพืชหมักด้วยวิธีนี้ กำลังศึกษาทั้งในประเทศญี่ปุ่นและประเทศอื่นๆ และ ณ ตอนนี้ได้มีการพัฒนาพืชหมักที่มีการฉีดวัคซีนแบคทีเรียแลคติกแบบใหม่ และพัฒนาวิธีการตัดห่อมัดพืชหมักจากข้าวโพดและข้าวเปลือก นอกจากนี้ ที่ประเทศญี่ปุ่นได้มีการศึกษาล่วงหน้าเกี่ยวกับงานวิจัยของแหล่งทรัพยากรของสารชีวมวลที่ไม่ได้ใช้ สำหรับนำมาผลิตเป็นพืชหมักของผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้จากพืชผลและอาหาร

#### ข้อมูลเพิ่มเติม

Abe, A., The best use manual of food circulation resource, Science Forum. (2006)

Cai, Y., Silage, Diary Japan (2004)

McDonald, P.; Henderson, N.; Heron, S., The Biochemistry of Silage, 2<sup>nd</sup> ed., Chalcombe Publications (1991)

### 5.7 การทำปุ๋ยหมัก

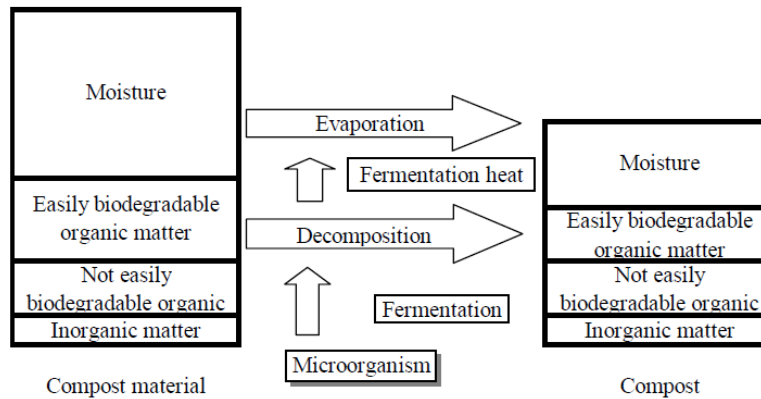
#### 5.7.1 การทำปุ๋ยหมักคืออะไร

ปุ๋ยหมัก คือ ของผสมจากสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ เช่น ฟาง, แกลบ, เปลือกไม้, ของเสียจากสัตว์ และ ซากพืช ซากสัตว์ (ยกเว้น โคลนและอวัยวะของปลา) โดยนำสิ่งต่างๆ เหล่านี้มาผสมเข้าด้วยกันและสลายด้วยความร้อน อย่างไรก็ตาม โคลนและอวัยวะของปลาอาจนำมาใช้เป็นปุ๋ยหมักได้ ถ้าทำที่กระบวนการที่เหมาะสม

#### 5.7.2 หลักการเบื้องต้นของการทำปุ๋ยหมัก

การทำปุ๋ยหมัก เป็นกระบวนการนำสารอินทรีย์มาผสมรวมกันและเติมอากาศ เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนที่มีอยู่ในสารอินทรีย์ และระเหยความชื้นออกจากความร้อนที่ได้จากการย่อยสลาย และนำไปทำให้ปราศจากเชื้อ หรือ สร้างจุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้เกิดโรค หรือ ทำให้เมล็ดพืชไม่เติบโต เพื่อที่จะเป็นปุ๋ยหมักที่ปลอดภัยและถูกสุขอนามัย จากรูป 5.7.1 แสดงขั้นตอนการทำปุ๋ยหมัก โดยข้อดีของการทำปุ๋ยหมัก ดังนี้

1. ง่ายต่อการเก็บ โดยไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ เพราะปุ๋ยหมักจะกำจัดกลิ่นมีพิษ
2. ผลิตสารอาหาร ให้ปุ๋ยมีคุณภาพสูงดีสำหรับดินและพืชผล
3. สร้างความสัมพันธ์ในชุมชน โดยการรวมกลุ่มกันนำสิ่งเหลือใช้กลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์



รูป 5.7.1 หลักการเบื้องต้นของการทำปุ๋ยหมัก

### 5.7.3 องค์ประกอบเบื้องต้นของการทำปุ๋ยหมัก

การทำปุ๋ยหมัก ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ (ก) ขั้นตอนการเตรียม (ข) ขั้นตอนการหมัก และ (ค) ขั้นตอนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

#### (ก) ขั้นตอนการเตรียม

ในขั้นตอนการเตรียม ต้องมีอุปกรณ์สำหรับการปรับค่าความชื้น, สารอินทรีย์, ขนาด และการเติมอากาศ ให้ได้ค่าที่เหมาะสม เมื่อเริ่มต้นการทำปุ๋ยหมัก จะต้องมีค่าความชื้นระหว่างช่วง 55 ถึง 70% และต้องมีอากาศเดิมเข้าไปด้วย ในขั้นตอนการเตรียมจะรวมไปถึงวิธีการเติม (การเติมสารเพื่อที่จะปรับสภาพ เช่น เปลือกหอย, แกลบ, ขี้เลื่อย และเศษไม้) วิธีการส่งคืน (การส่งคืนปุ๋ยหมักที่ผสมกับสารตั้งต้นในตอนแรก) และขั้นตอนการอบแห้ง (การอบแห้งโดยใช้พลังงานจากภายนอก)

#### (ข) ขั้นตอนการหมัก

ในขั้นตอนการหมัก ต้องมี ถังหมัก, อุปกรณ์ในการเติมอากาศ และ อุปกรณ์ในการไฮโดรไลซิส ถังหมักไว้สำหรับย่อยสลายสารอินทรีย์และจะปล่อยความร้อนออกมาเพื่อเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุที่อยู่ในถังหมัก ในการผลิตปุ๋ยหมักที่ปลอดภัยและถูกสุขอนามัย จะต้องเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมักทั้งหมดเท่ากับ 65 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า ให้นานประมาณ 48 ชั่วโมงหรือมากกว่า การหมักจะจัดกลุ่มเป็นวิธีการต่างๆ ดังนี้ วิธีการกักเก็บและ วิธีการส่งคืนทางเครื่องกล โดยในวิธีการกักเก็บจะนำปุ๋ยหมัก สารที่ใช้ในการปรับสภาพ และปุ๋ยหมักที่ส่งคืน มากักเก็บไว้บนพื้น แล้วคลุกเคล้าตามที่ต้องการด้วยเครื่องขดัก เป็นต้น สำหรับวิธีการส่งคืนทางเครื่องกล อุปกรณ์ปั่นกววนไว้สำหรับผสมสารอินทรีย์ ซึ่งจะติดตั้งอยู่ด้านบนของถังหมัก อุปกรณ์การเติมอากาศจะคอยรักษาสภาพของสารอินทรีย์ให้อยู่ในสภาวะแบบใช้ออกซิเจน และมีการระบายอากาศเพื่อจะให้ความชื้นระเหยไปจากสารอินทรีย์ สำหรับอุปกรณ์ไฮโดรไลซิสจะมีการเติมน้ำให้กับสารอินทรีย์

เพื่อให้แน่ใจว่าอยู่ในการหมักแบบใช้ออกซิเจน เพราะว่าจุลินทรีย์จะสามารถทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ และจะหยุดเมื่อถึงความชื้นในสารอินทรีย์ต่ำกว่า 40%

#### (ค) ขั้นตอนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

ในขั้นตอนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยอุปกรณ์การแยกทางเครื่องกล, อุปกรณ์การบรรจุหีบห่อ เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ และ ง่ายต่อการจัดเก็บ นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์อื่นๆ เช่น อุปกรณ์กำจัดกลิ่น

#### 5.7.4 เทคโนโลยีการทำปุ๋ยหมักในปัจจุบัน

จากตาราง 5.7.1 กล่าวถึงสารอินทรีย์หลักๆที่ใช้การทำปุ๋ยหมัก แกลบและไม้ เป็นวัสดุที่มีค่าการย่อยสลายได้ทางชีวภาพต่ำ ดังนั้นจึงใช้เวลาในการย่อยสลายนาน แต่ว่ามีประสิทธิภาพในการปรับปรุงดินและสามารถใช้ผสมกับสารอินทรีย์อื่นๆ เพื่อที่จะได้ปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพสูง ขยะ ประกอบด้วยวัสดุหลากหลายชนิดที่เป็นไปไม่ได้ที่จะนำมาหมัก เช่น พลาสติก, โลหะ และกระจก ดังนั้นจึงต้องมีการแยกวัสดุอย่างละเอียด สำหรับโคลน อาจจะต้องมีการวัดค่าโลหะหนัก เป็นต้น

ในเทคโนโลยีการนำกลับมาใหม่ของการทำปุ๋ยหมัก, ก๊าซชีววมวล, การอบแห้ง, กระบวนการคาร์บอนไนซ์,อาหารปลุสัตว์ และการเผาขยะ พบว่า การทำปุ๋ยหมัก สามารถใช้วัสดุได้หลากหลายชนิดและมีประโยชน์ทั้งในแง่ของเทคโนโลยีและการกระจายไปใช้ในที่ต่างๆ อย่างไรก็ตาม ความต้องการของผลิตภัณฑ์ในเรื่องของปริมาณและช่วงเวลายังมีอยู่ในวงแคบ และในบางพื้นที่มีการเก็บปุ๋ยหมักที่มากเกินไป ดังนั้น ความพยายามในการผลิตปุ๋ยหมักในอนาคตจะต้องมีการควบคุมคุณภาพอย่างละเอียด ในพื้นที่หนึ่งจะมีการทำปุ๋ยหมักจากวัสดุทุกประเภทและมีการใช้ปุ๋ยหมักนั้น

#### ข้อมูลเพิ่มเติม

Japan Livestock Industry Association Ed., *Composting Facility Design Manual* (2003) (in Japanese)

Japan Organics Recycling Association Ed., *Composting Manual* (2004) (in Japanese)

Livestock Industry's Environmental Improvement Organization Ed., *Livestock Dung Process Facility- Machine Setup Guidebook (compost processing facility version)* (2005) (in Japanese)



ตารางที่ 5.7.1 เปรียบเทียบวัสดุที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมักและนำกลับมาใช้ใหม่ด้วยเทคโนโลยีอื่นๆ

(Japan Organics Recycling Association 2004)

ชื่อวัสดุ	ประเภท	การทำ ปุ๋ยหมัก	ก๊าซชีววมวล	การอบแห้ง	กระบวนการ คาร์บอนไนซ์	อาหาร ปศุสัตว์	การเผาขยะ
อาหาร ปศุสัตว์	มูลปศุสัตว์	⊙	○				
	มูล/ปัสสาวะ ปศุสัตว์	○	⊙				
	มูลโคนม	⊙	○				
	มูล/ปัสสาวะโคนม	△	⊙				
	มูลหมู	⊙	○				
	มูล/ปัสสาวะหมู	△	⊙				
	มูลไก่	⊙		⊙	⊙		⊙
ขยะ	ขยะสด	⊙	⊙		△	△	○
โคลน	โคลนที่กำจัดน้ำออก	⊙	⊙	⊙	○		○
ซากพืช	แกลบ	⊙			⊙	△	⊙
	ฟางข้าว	⊙				○	
ไม้	ขี้เลื่อย	○			△		⊙
	เปลือกไม้	⊙					⊙
	เศษไม้	○			⊙		⊙
	ชิ้นไม้ขนาดเล็ก	⊙			⊙		⊙

หมายเหตุ : ⊙ : ตรงกับประเภทที่ใช้ ○ : ใช้ได้ △ : ใช้ได้หลังจากผ่านขั้นตอนการเตรียม

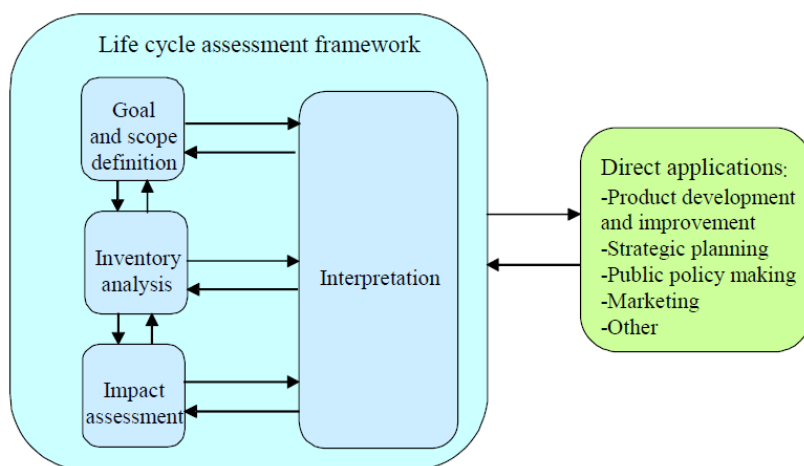
## บทที่ 6 การพัฒนาระบบที่ยั่งยืน

### 6.1 หลักพื้นฐานของ LCA

#### 6.1.1 ภาพรวมของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (life cycle assessment : LCA) คือ เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์และการบริการตลอดทั้งวงจรของผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่เกิดจนตาย “from the cradle to grave” และใช้ในการวัดปริมาณแหล่งทรัพยากรที่ใช้และที่ส่งออก ในทุกลำดับขั้นตอน ตั้งแต่ในการได้มาของวัตถุดิบไปจนถึงการผลิต, การใช้, การบำบัดเมื่อหมดอายุการใช้งาน และสุดท้าย การกำจัดทิ้ง (การวิเคราะห์บัญชีรายการ) หลังจากนั้น จะมีการประเมินผลกระทบ ขึ้นอยู่กับการวิเคราะห์บัญชีรายการ (การประเมินผลกระทบ)

องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (ISO-14040) นิยามหลักการเบื้องต้นและขอบเขตของ LCA ใน ISO-14040 ได้นิยามความหมายของ LCA ว่า “LCA เป็นหนึ่งในวิธีการพัฒนาเพื่อความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้นและกล่าวถึงผลกระทบจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตและการใช้ ประกอบด้วยผลกระทบที่เป็นไปได้ร่วมกัน ISO-14040 ได้แสดงอย่างชัดเจนเกี่ยวกับ 4 ขั้นตอน ที่จะนำไปสู่ LCA : “การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต” (Goal and scope definition), “การวิเคราะห์บัญชีรายการ” (Inventory analysis), “การประเมินผลกระทบ” (Impact assessment) และ “การแปลผล” (Interpretation) (รูป 6.1.1)



รูป 6.1.1 ขั้นตอนของ LCA

#### 6.1.2 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต

ในขั้นตอนนี้ ผู้ประกอบการ LCA ให้คำจำกัดความระบบของผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปศึกษา และเข้าใจเป้าหมาย ตัวอย่างเช่น สมมติว่า “อิทธิพลของภาวะโลกร้อน ต่อเครื่องทำความเย็น” เป็นเป้าหมายของการประเมิน จากเป้าหมายนี้ ผู้ประกอบการ LCA ตัดสินใจว่าการส่งออกเป็นตัววัด และขอบเขตเป็นตัวประเมิน เป้าหมายที่จะศึกษาใน LCA เป็นหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ ยกตัวอย่างเช่น เป้าหมายเป็นฟังก์ชันของ “ทำสิ่งของให้เย็นในที่เก็บ” ถ้าผลิตภัณฑ์ เป็น “เครื่องทำความเย็น” ดังนั้น ฟังก์ชันเท่ากัน เช่น ปริมาตรเท่ากัน จำนวนปีที่ทนทานได้เท่ากัน จะถูกกำหนดเมื่อมีรูปแบบของเครื่องทำความเย็นที่แตกต่างกันมาเปรียบเทียบ นอกจากนี้ เมื่อได้ทำ LCA สิ่งที่ยากคือการครอบคลุมทุกสิ่งในกระบวนการ โดยสัมพันธ์กับเป้าหมายของผลิตภัณฑ์และการบริการ กระบวนการที่มีการกระจายระดับที่ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับเป้าหมายของ LCA จะถูกตัดออกไป

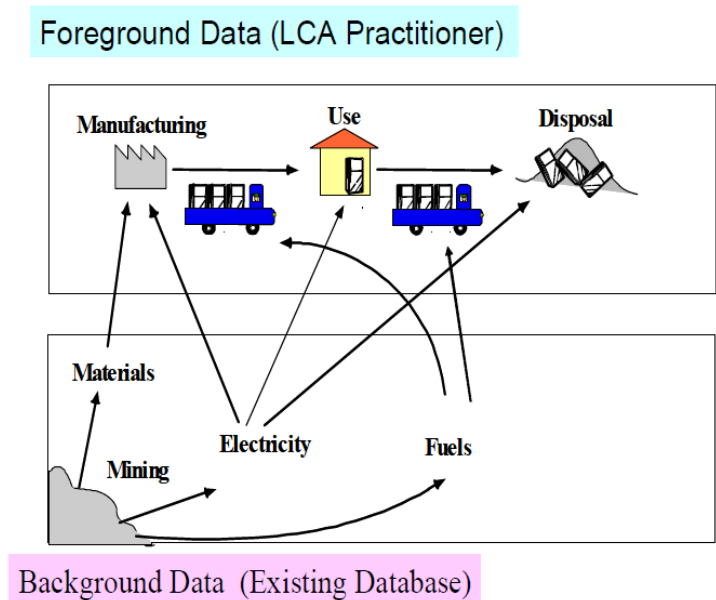
จากที่ศึกษา หลักการตัดออกนี้ใช้ในการตัดสินใจที่จะตัดออกจากกระบวนการ จึงไม่มีหลักการทั่วไปในการตัดออก เพราะส่วนที่สำคัญของกระบวนการสามารถแตกต่างกันได้ ถ้าในกรณีที่เป็นเป้าหมายในการศึกษาต่างกัน ดังนั้น หลักการมีอยู่ ว่า ขอบเขตต้องสอดคล้องกับเป้าหมายของ LCA

### 6.1.3 การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Lifecycle inventory analysis : LCI)

การวิเคราะห์บัญชีรายการ เป็นขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวมและการหาปริมาณสารเข้าและสารออกของผลิตภัณฑ์โดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ภายในขอบเขต (ระบบผลิตภัณฑ์) หาได้จากเป้าหมายของการศึกษา

ขั้นแรก ผู้ประกอบการของการวิเคราะห์บัญชีรายการจำเป็นต้องรวบรวมข้อมูลที่สัมพันธ์กับการผลิต, การใช้ และสุดท้ายการกำจัดของผลิตภัณฑ์เป้าหมาย ข้อมูลเหล่านี้เรียกว่า ข้อมูลจริงจากแหล่งผลิต (Foreground data) และควรเก็บโดยผู้ประกอบการ LCA

ข้อมูลถัดมาที่ต้องนำมารวบรวม คือข้อมูลสารเข้า-สารออกสำหรับในกระบวนการผลิตของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสินค้า (ประกอบด้วย วัสดุปฐมภูมิและวัสดุทุติยภูมิ) และข้อมูลสารเข้า-สารออกสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าที่จำเป็นต้องใช้ เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้ เรียกว่า ข้อมูลพื้นฐาน (Background data) ข้อมูลนี้ยากที่จะจัดเก็บโดยผู้ประกอบการ LCA โดยทั่วไปข้อมูลพื้นฐานจะได้จากงานวิจัยหรือกรณีศึกษา LCA ที่ผ่านมา เมื่อผู้ประกอบการ LCA มีการอ้างอิงถึงข้อมูลในบางส่วน จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูล เพราะการปล่อยออกสำหรับการเผาไหม้น้ำมันเตา หรือ การผลิตกระแสไฟฟ้าอาจจะความแตกต่างจากเอกสารทางวิชาการหนึ่ง ไปสู่อีกเอกสารทางวิชาการหนึ่ง ความสัมพันธ์ของข้อมูลจริงจากแหล่งผลิตและข้อมูลพื้นฐานแสดงในรูปที่ 6.1.2



รูป 6.1.2 ข้อมูลจริงจากแหล่งผลิตและข้อมูลพื้นฐาน

ในการวิเคราะห์บัญชีรายการ จะมี 2 หัวข้อที่อาจจะขัดแย้งกัน คือ “ขอบเขตของระบบ” (System boundary) และ “การแบ่งสรร” (Allocation) โดยขอบเขตของระบบ หาได้จากหน่วยต่างๆในกระบวนการที่ถูกรวมใน LCA ในการเลือกขอบเขตของระบบต้องประกอบด้วยเป้าหมายของเรื่องที่กำลังศึกษาและกระบวนการที่สำคัญจะต้องไม่ถูกแยกออกจากขอบเขต

ของระบบ เมื่อผลิตภัณฑ์ที่มากกว่าสองชนิดมาจากหน่วยเดียวกัน จึงจำเป็นที่จะต้องมีการแบ่งสรร โดย การแบ่งสรร หมายถึง การแบ่งแยกขาเข้าหรือขาออกของกระบวนการหรือระบบผลิตภัณฑ์ระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาและผลิตภัณฑ์อื่นๆ โดยทั่วไป ขาเข้าและขาออกจะแบ่งโดยขึ้นกับอัตราส่วนน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามเมื่อมูลค่าตลาดของผลิตภัณฑ์นั้นแตกต่างกันไม่มากนัก อาจจะต้องมีการแบ่งแยกขาเข้าและขาออกให้มีสัดส่วนที่สะท้อนถึงมูลค่าเชิงเศรษฐกิจ

#### 6.1.4 การประเมินผลกระทบ (Lifecycle impact assessment : LCIA)

การประเมินผลกระทบของ LCA ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้ การจำแนกประเภท (Classification), การกำหนดบทบาท (Characterization) และการประเมินโดยรวม (Total evaluation) ในขั้นตอนของการจำแนกประเภทนั้น ค่าการใช้ทรัพยากรและการปล่อยออกต้องถูกจำแนกผลกระทบออกเป็นหมวดๆ ขึ้นกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้น

ตารางที่ 6.1.1 แสดงรายการผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น ของ The Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) – Europe เป็นกลุ่มวิชาการศึกษา LCA เรื่องนี้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะเข้าใจในหมวดสิ่งแวดล้อมที่จะศึกษา โดยขึ้นกับ “การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต” ในขั้นตอนของการกำหนดบทบาท ในแต่ละข้อมูล LCI ที่ใช้ในประเภทผลกระทบ จะคูณด้วยค่ากำหนดบทบาท (Characterization factor) (ซึ่งเป็นตัวแทนในการบอกปริมาณของประเภทผลกระทบ) และขาออกจะแสดงเป็นตัวเลข เป็น “การระบุประเภท” (Category indicator)

ตาราง 6.1.1 รายการผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นของ SETAC-Europe

##### **A. Input related categories (“resource depletion or competition”)**

1. abiotic resources (deposits, fund, flows)	glob
2. biotic resources (funds)	glob
3. land	loc

##### **B. Output related categories (pollution)**

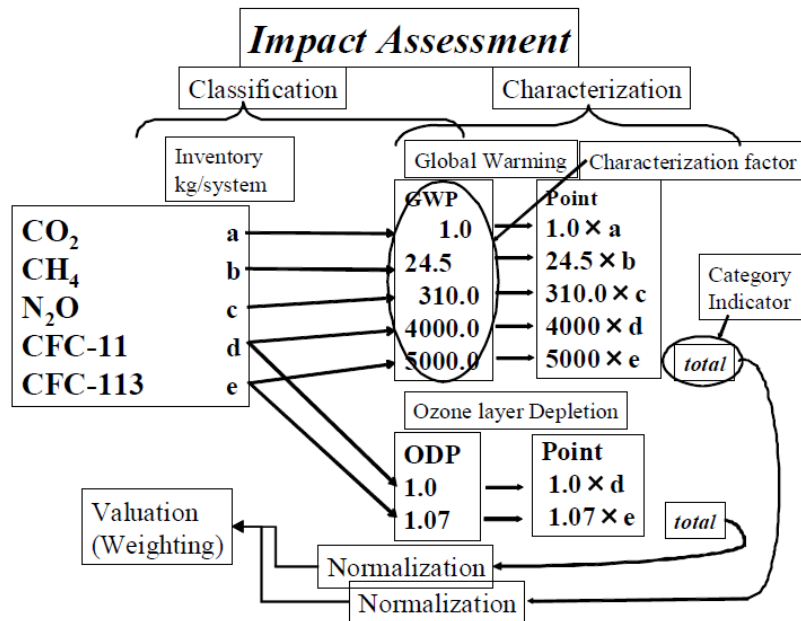
4. global warming	glob
5. depletion of stratospheric ozone	glob
6. human toxicological impacts	glob/cont/reg/loc
7. ecotoxicological impacts	glob/cont/reg/loc
8. photo-oxidant formation	cont/reg/loc
9. acidification	cont/reg/loc
10. eutrophication (incl. BOD and heat)	cont/reg/loc
11. odour	loc
12. noise	loc
13. radiation	reg/roc
14. casualties	loc

##### **Pro Memoria: Flows not followed up system boundary**

input related (energy, material, plantation, wood, etc.)  
output related (solid waste, etc.)

รูป 6.1.3 แสดงลำดับขั้นตอนในการประเมินผลกระทบ โดยยกตัวอย่างเรื่อง ภาวะโลกร้อนและการสูญเสียชั้นบรรยากาศโอโซน ค่าเชิงตัวเลขที่แสดงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นของการปล่อยออก อาทิเช่น “ภาวะโลกร้อนที่อาจเกิดขึ้น (Global Warming Potential : GWP)” จะใช้สำหรับค่ากำหนดบทบาท ISO-14040 ได้นิยาม “การจำแนกประเภทและการกำหนดบทบาท” ว่า องค์ประกอบที่เป็นข้อบังคับ แต่ “การลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล, การรวมกลุ่ม และ การให้น้ำหนัก” เป็นองค์ประกอบทางเลือก ถึงแม้ว่า ผู้ประกอบการไม่สามารถกำหนดค่าดัชนีที่ขึ้นกับ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

หรือ คาร์บอนไดออกไซด์-คาร์บอน ในประเภทผลกระทบของภาวะโลกร้อนและการสูญเสียชั้นบรรยากาศโอโซน แต่ผู้ประกอบการสามารถตัดสินใจที่จะรวมผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันและคิดค่าดัชนีเชิงเดี่ยวสำหรับตัดสินใจว่าเป็นไปไม่ได้



รูป 6.1.3 ลำดับขั้นตอนโดยทั่วไปของการประเมินผลกระทบ

### 6.1.5 การแปลผล (Interpretation)

ใน LCA ผู้ประกอบการอาจจะได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน ขึ้นกับขอบเขตที่ศึกษา, ขอบเขตของระบบ และลำดับการแบ่งสรร ที่อยู่ในขั้นตอน LCI และตัวเลือกของค่ากำหนดบทบาทใน LCIA อิทธิพลของลำดับขั้นตอนผลการทดลองต้องนำมาวิเคราะห์ในขั้นตอนการแปลผล ในหลายกรณีของ LCI พบว่า ผลการปล่อยออกและการใช้แหล่งทรัพยากรจะรายงานออกเป็นค่าเชิงตัวเลขเดี่ยว แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้จากแต่ละกระบวนการจะมีค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดและการประมาณค่า ในองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน ระบุว่าจำเป็นต้องมีการประเมินคุณภาพของข้อมูล โดยใช้เทคนิคการหาผลของข้อมูลที่ผิดพลาด เช่น “ตรวจสอบความไวต่อการเปลี่ยนแปลง” (sensitivity check) และ “การวิเคราะห์ความไม่แน่นอน” (uncertainty analysis) เมื่อผู้ประกอบการรับรองผลการแปล

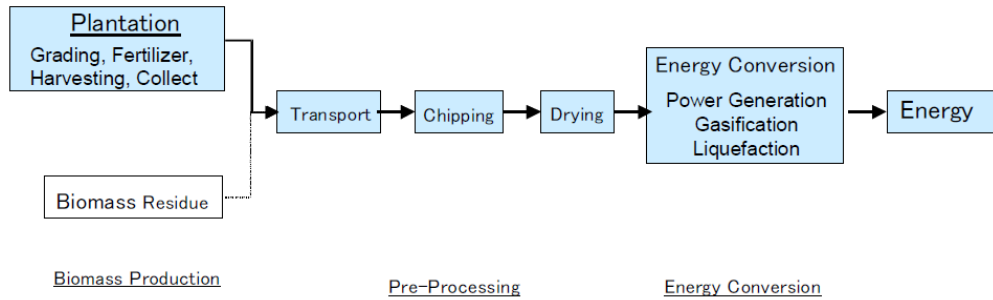
### ข้อมูลเพิ่มเติม

SETAC “Guidelines for Life-Cycle Assessment A code of Practice”, 1993

SETAC “Towards a Methodology for Life Cycle Impact Assessment”, 1996

## 6.2 ประสิทธิภาพพลังงาน

เมื่อสารชีวมวลใช้เป็นแหล่งพลังงาน ไม่เพียงแต่ประสิทธิภาพพลังงานของการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีเท่านั้น ยังรวมถึงประสิทธิภาพพลังงานวัฏจักรและสิ่งแวดล้อม ที่จะต้องพิจารณาเช่นเดียวกันกับบรรดาขบวนการก่อนหน้านี้ อีกนัยหนึ่ง การพิจารณานั้นจำเป็นอย่างยิ่งในการประเมินระดับวัฏจักรของสารชีวมวล : การผลิต, กระบวนการเตรียม และการเปลี่ยนแปลงพลังงาน (ดังรูป 6.2.1)



รูป 6.2.1 ลำดับขั้นตอนของการเปลี่ยนพลังงานสารชีวมวล

### 6.2.1 การใช้พลังงานสำหรับการเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยวของสารชีวมวล

ได้มีการตั้งสมมติฐาน ดังแสดงในตาราง 6.2.1 ถึงแม้ว่าปริมาณการเติบโตและค่าความร้อนของสารชีวมวล ขึ้นกับชนิดของต้นไม้ และ/หรือ อนุภูมิภาควิทยาท้องถิ่น

ตาราง 6.2.2 – ตาราง 6.2.4 ได้จากแหล่งอ้างอิง อธิบายถึง พลังงานที่ต้องการสำหรับการปลูกต้นไม้ โดยอธิบายในเชิงไฟฟ้าเป็นพลังงานปรมาณู ซึ่งขึ้นกับประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดพลังงาน (38.1%) ในประเทศญี่ปุ่น

ตาราง 6.2.4 แสดงการปลูกป่าถาวรสำหรับการผลิตกระดาษ ที่ประเทศบราซิล เป็นตัวอย่างเทคโนโลยีการผลิตพลังงานชีวมวล

อัตราการเติบโต เป็นค่าต่อหน่วยพื้นที่และขึ้นกับระยะระหว่างต้นไม้ สำหรับกรณีศึกษาในประเทศบราซิล พบว่าการใช้แรงงานคนจำนวนมากจะลดการใช้พลังงาน ประสิทธิภาพพลังงานของการผลิตสารชีวมวลสามารถหาได้จากการเปรียบเทียบค่าความร้อนจากตารางที่ 6.2.1 และค่าการใช้พลังงานจากตาราง 6.2.2 – 6.2.4

จากตัวอย่างกรณีศึกษาที่อเมริกาเหนือ พบว่า พลังงาน 1.4 เมกะจูล (ประมาณ 7.4%) ใช้สำหรับผลิตสารชีวมวลที่มีค่าความร้อนต่อหน่วยน้ำหนักเท่ากับ 18.8 เมกะจูล

ตาราง 6.2.1 ลักษณะของต้นไม้

	อเมริกาเหนือ	อินโดนีเซีย	บราซิล
ต้นไม้	ต้นปอปลาร์ (Poplar)	ต้นอากาสเซีย (Acassia)	ต้นยูคาลิปตัส (Eucalyptus)
อัตราการเติบโต (t-day/ha/year)	10	7.5	5.8
ค่าความร้อน (MJ/kg-dry)	18.8	16.7	18.8
ปริมาณคาร์บอน	0.15	0.5	0.5

ตาราง 6.2.2 การเพาะปลูกพลังงานในอเมริกาเหนือ

	น้ำมันดีเซล (MJ/kg-dry)	ก๊าซธรรมชาติ (MJ/kg-dry)	ไฟฟ้า (MJ, kWh/kg-dry)	รวม (MJ/kg-dry)
การแบ่ง	0.014	-	-	0.014
ปุ๋ย	0.024	0.281	0.073	0.378
สารเคมีปราบศัตรูพืช	0.029	0.010	0.005	0.044
เครื่องจักรกล	0.017	-	-	0.017
การเก็บเกี่ยว	0.731	-	-	0.731
การขนส่ง	0.240	-	-	0.240
รวม	1.055	0.291	0.079	1.425

ตาราง 6.2.3 การเพาะปลูกพลังงานในอินโดนีเซีย

	น้ำมันดีเซล (MJ/kg-dry)	ก๊าซธรรมชาติ (MJ/kg-dry)	ไฟฟ้า (MJ, kWh/kg-dry)	รวม (MJ/kg-dry)
การแบ่ง	0.367	-	-	0.367
ปุ๋ย	0.032	0.375	0.073	0.480
สารเคมีปราบศัตรูพืช	0.039	0.013	0.005	0.057
เครื่องจักรกล	0.225	-	-	0.225
การเก็บเกี่ยว	0.225	-	-	0.225
การขนส่ง	0.408	-	-	0.408
รวม	1.296	0.388	0.079	1.763

ตาราง 6.2.4 การเพาะปลูกพลังงานในอินโดนีเซีย

	น้ำมันดีเซล (MJ/kg-dry)	ก๊าซธรรมชาติ (MJ/kg-dry)	ไฟฟ้า (MJ, kWh/kg-dry)	รวม (MJ/kg-dry)
การแบ่ง	0.024	-	-	0.024
ปุ๋ย	0.047	0.225	0.092	0.364
สารเคมีปราบศัตรูพืช	0.050	-	-	0.050
เครื่องจักรกล	-	-	-	0.000
การเก็บเกี่ยว	0.035	-	-	0.035
การขนส่ง	-	-	-	0.000
รวม	0.156	0.225	0.092	0.473

## 6.2.2 การใช้พลังงานของการบำบัดก่อนหน้าสำหรับค่าการเปลี่ยนพลังงานของสารชีวมวล

สำหรับการใช้ประโยชน์ของสารชีวมวล จะต้องมีการบำบัดก่อนหน้า เช่น การขนส่งจากพื้นที่เพาะปลูก, การตัด และการอบแห้ง

ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีการปรับเปลี่ยนของแต่ละอย่างต้องมี โดยเฉพาะขนาดชิ้นไม้และปริมาณความชื้นของสารชีวมวล ซึ่งตาราง 6.2.5 แสดงตัวอย่าง พลังงานที่ใช้ในการขนส่ง, พลังงานในการตัด และพลังงานในการอบแห้ง ในการคำนวณค่าพลังงานการขนส่งนั้น จะสมมติให้ สารชีวมวล 5 ตัน (น้ำหนักแห้ง) ที่ขนส่งด้วยรถบรรทุกที่มีความสามารถในการรับน้ำหนัก 20 ตัน และใช้เชื้อเพลิง 3 กิโลเมตร/ลิตร สำหรับพลังงานในการตัดได้จากแหล่งอ้างอิง ส่วนพลังงานในการอบแห้งนั้นได้จากการคำนวณ โดยสมมติให้ สารชีวมวลที่มีปริมาณน้ำ 50% อบแห้งจนมีปริมาณน้ำเท่ากับ 20% ซึ่งมีการสูญเสียพลังงาน 20% นอกจากความร้อนที่ใช้ในการระเหย

เมื่อระยะทางในการขนส่ง 30 กิโลเมตร, พลังงานในกระบวนการเตรียม มีดังนี้ 75 เมกะจูล/ตัน (น้ำหนักแห้ง) (3.6%) สำหรับการขนส่ง, 0.786 เมกะจูล/ตัน (น้ำหนักแห้ง) (0.037%) สำหรับการผสม และ 2,032 เมกะจูล/ตัน (น้ำหนักแห้ง) (96.4%) สำหรับการอบแห้ง ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า การใช้พลังงานในขั้นตอนการขนส่ง มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับสมมติฐานนี้ นอกจากนี้ ควรจะมีการลดการใช้พลังงานในขั้นตอนการอบแห้ง ด้วยการอบแห้งตามธรรมชาติ หรือจากความร้อนเสีย

ตาราง 6.2.5 การใช้พลังงานในขั้นตอนการบำบัดก่อนหน้า

		พลังงานที่ใช้
การขนส่ง (รถบรรทุก)	น้ำมันดีเซล	2.5 MJ/t-dry/km
พลังงานการตัด	ไฟฟ้า	0.0832 kWh/t-dry <sup>2</sup>
พลังงานการอบแห้ง	น้ำมันเตา	2,030 MJ/t-dry

## 6.2.3 ประสิทธิภาพพลังงานเปรียบเทียบระหว่างพลังงานชีวมวลและเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์

การใช้พลังงานจากพลังงานชีวมวลเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ (ถ่านหิน) เพื่อใช้ในการผลิตพลังงาน 1 เมกะจูล แสดงในตาราง 6.2.6 จากทั้งสองกรณี ขั้นตอนในการขนส่งจากพื้นที่การผลิตไปสู่พื้นที่ใช้งาน จะไม่นำมาพิจารณาเพื่อที่จะทำให้เข้าใจง่ายขึ้น

รูป 6.2.2 แสดงการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ของสารชีวมวลและเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ ตามลำดับ จากนั้นในส่วนของ ①+② และ ①'+②' ระบุถึงขอบเขต ในกรณีของสารชีวมวล ①+② หมายถึง การใช้พลังงานสำหรับการปลูกป่า, การตัด และการอบแห้ง ส่วนข้อมูลการทำเหมืองถ่านหินเป็นข้อมูลจากประเทศออสเตรเลีย

รูป 6.2.3 แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานในการผลิตสารชีวมวลในอเมริกาเหนือ, อินโดนีเซีย และ บราซิล พบว่า อเมริกาเหนือ ใช้ 0.182 เมกะจูล/เมกะจูล-สารชีวมวล, อินโดนีเซียใช้ 0.200 เมกะจูล/เมกะจูล-สารชีวมวล และบราซิล ใช้ 0.132 เมกะจูล/เมกะจูล-สารชีวมวล และค่าการใช้พลังงานในการผลิตถ่านหิน เท่ากับ 0.008 เมกะจูล/เมกะจูล-ถ่านหิน



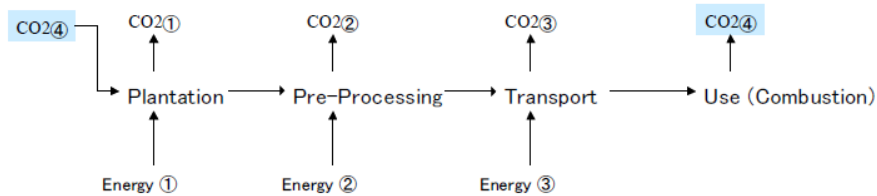
จากผลที่ได้ แสดงถึง กระบวนการผลิตสารชีวมวลต้องการพลังงานมากกว่ากระบวนการผลิตถ่านหินมากว่า เพื่อที่จะให้พลังงานที่เท่ากัน

ใน LCA การคำนวณหาเป้าหมายการประเมินค่าการใช้พลังงาน ขึ้นกับการใช้แหล่งทรัพยากรทางพลังงานที่ใช้หมด ดังนั้น การใช้พลังงานสารชีวมวลจึงไม่นับรวมเป็นการใช้พลังงานหลัก ถ้าสารชีวมวลได้จากออร์ปปลูกป่าที่ยั่งยืน นอกจากการใช้พลังงานสำหรับการผลิตนั้น แหล่งทรัพยากรทางพลังงานที่ใช้หมด 1 เมกะจูล จะนำไปใช้ที่ขั้นตอนการใช้พลังงานสำหรับถ่านหิน จากผลลัพธ์ การใช้พลังงานแบบวัฏจักรสำหรับกรณีของสารชีวมวลเริ่มต่ำกว่าของเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์

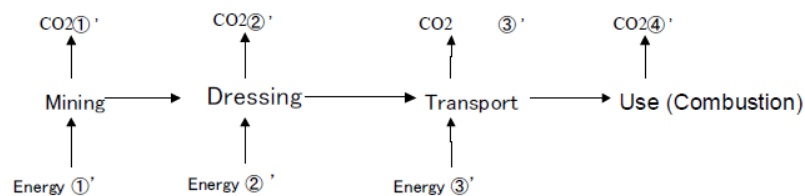
ตาราง 6.2.6 การใช้พลังงานของการทำเหมืองถ่านหิน

แหล่งพลังงาน		เหมืองหาบ	เหมืองใต้ดิน
ไฟฟ้า	kWh/t-coal	9.61	19.4
น้ำมันดีเซล	Kg/t-coal	4.158	0.6639
แก๊สโซลีน	Kg/t-coal	0.01327	0.0113

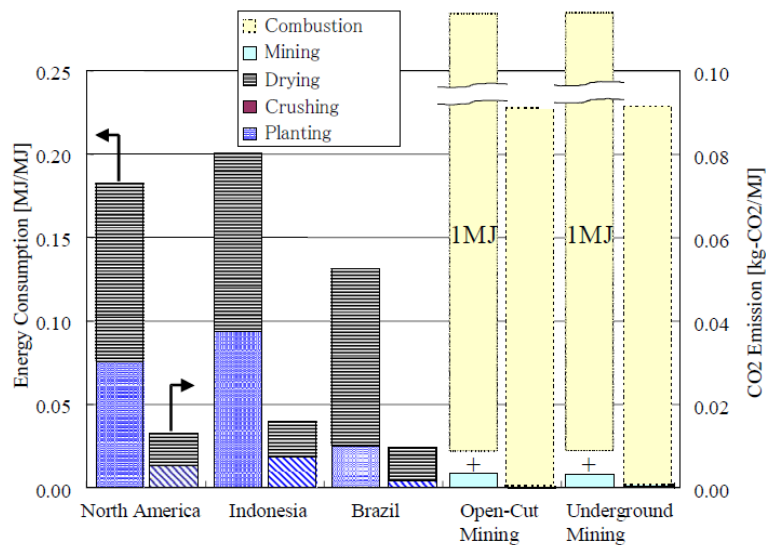
#### Biomass Energy



#### Fossil Fuel Energy



รูป 6.2.2 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ของสารชีวมวลและเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์



รูป 6.2.3 การเปรียบเทียบระหว่างสารชีวมวลและถ่านหินในรูปของค่าการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์

### ข้อมูลเพิ่มเติม

Trurhollow, A.F. and R.D. Perlack, Biomass and Bioenergy, 1(3), pp.129-135, 1991

NEDO, "Investigation of forest from a viewpoint of global environment (the 2<sup>nd</sup>) (a case study of planting)", NEDO-GET-9603, 1996 (in Japanese)

Yokoyama, S., "Eucalyptus Plantation in Brazil, Resource and Environment", Shigen to Kankyo, pp.413-436, 1996 (in Japanese)

IEEJ (Institute of Energy and Economics in Japan), "Life Cycle Inventory Analysis of Fossil Energies in Japan, IEEJ, 1999 (in Japanese)

## 6.3 การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

### 6.3.1 การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของสารชีวมวล

การประเมินผลพลังงานของสารชีวมวลในหัวข้อก่อนหน้าี้ กล่าวถึง ในขั้นตอนการเพาะปลูก มีการใช้น้ำมันเบ, ก๊าซธรรมชาติ และไฟฟ้า ในขั้นตอนการตัดไม้การใช้ไฟฟ้า ในขั้นตอนการอบมีการใช้น้ำมันเตา และในการทำเหมืองถ่านหินมีการใช้น้ำมันเบ, แก๊สโซลีน (เทียบเท่ากับน้ำมันเบ) และไฟฟ้า การประเมินผลการปล่อยออกของคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะใช้พลังงาน เช่น น้ำมันเบ, น้ำมันเตา, แก๊สโซลีน และ ก๊าซธรรมชาติ จำเป็นจะต้องพิจารณาการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการกระบวนการเผาไม้และการผลิตด้วย อีกทั้ง ส่วนประกอบของแหล่งทรัพยากรไฟฟ้าควรจะนำมาพิจารณาในการประเมินผลการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของการใช้ไฟฟ้า โดยสมมติให้ การปล่อย

คาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการผลิตพลังงานนั้นเท่ากับกระบวนการผลิตที่ญี่ปุ่น และค่าการปล่อยจากผลของ LCA (ตาราง 6.3.1) (Tahara 1997, Tahara 1998)

การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของสารชีวมวลและถ่านหินได้จากการคูณด้วยค่าการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์กับค่าการใช้พลังงานของการผลิตสารชีวมวล (รูป 6.2.1) การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของการผลิตสารชีวมวลมีค่าเท่ากับ 0.0130 กิโลกรัม-CO<sub>2</sub>/เมกะจูล-สารชีวมวล การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของเหมืองหอบและเหมืองใต้ดินของถ่านหินได้แก่ 0.00053 กิโลกรัม-CO<sub>2</sub>/เมกะจูล-ถ่านหิน และ 0.00039 กิโลกรัม-CO<sub>2</sub>/เมกะจูล-ถ่านหิน ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาในขั้นตอนการเผาไหม้ ทั้งสองค่านี้จะเริ่ม 0.091 กิโลกรัม-CO<sub>2</sub>/เมกะจูล-ถ่านหิน โดยสมมติว่า ป่าได้ดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ④ จากการเผาไหม้สารชีวมวล แสดงในรูป 6.2.2)

ตาราง 6.3.1 การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของพลังงานต่างๆในประเทศญี่ปุ่น

	การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์
น้ำมันดีเซล	0.0715 kg-CO <sub>2</sub> /MJ
น้ำมันเตา	0.0746 kg-CO <sub>2</sub> /MJ
แก๊สโซลีน	0.0715 kg-CO <sub>2</sub> /MJ
ก๊าซธรรมชาติเหลว	0.0516 kg-CO <sub>2</sub> /MJ
ไฟฟ้า	0.4378 kg-CO <sub>2</sub> /kWh

### 6.3.2 การเปรียบเทียบระหว่างการผลิตไฟฟ้าจากสารชีวมวลและอื่นๆ

เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากสารชีวมวลเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากวิธีอื่นๆ (ถ่านหิน, น้ำมัน, ก๊าซธรรมชาติเหลว, พลังงานน้ำ, การเปลี่ยนพลังงานความร้อนของมหาสมุทร, พลังงานจากแสงอาทิตย์) การผลิตไฟฟ้าจากสารชีวมวล ถูกนิยามให้อยู่ในระดับที่สามารถจัดการเท่าที่สารชีวมวลเติบโตในพื้นที่เพาะปลูก 30 ตารางกิโลเมตร ในแถบอเมริกาเหนือ, อินโดนีเซีย และบราซิล ปริมาณการผลิตไฟฟ้าต่อปีและขนาดกำลังไฟฟ้าของแต่ละโรงไฟฟ้า แสดงในตาราง 6.3.2

การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ต่อ 1 kWh ของแต่ละแหล่งกำเนิดไฟฟ้า หาได้จากผลรวมการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของโรงไฟฟ้าและการดำเนินการผลิต (การเผาไม้เชื้อเพลิงและการซ่อมบำรุง) หากด้วยจำนวนพลังงานที่ผลิต สมมติให้ จำนวนปีที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ของแต่ละโรงไฟฟ้า ในที่นี้กำหนดไว้ว่า โรงไฟฟ้าทุกแห่งทนทานได้ 30 ปี

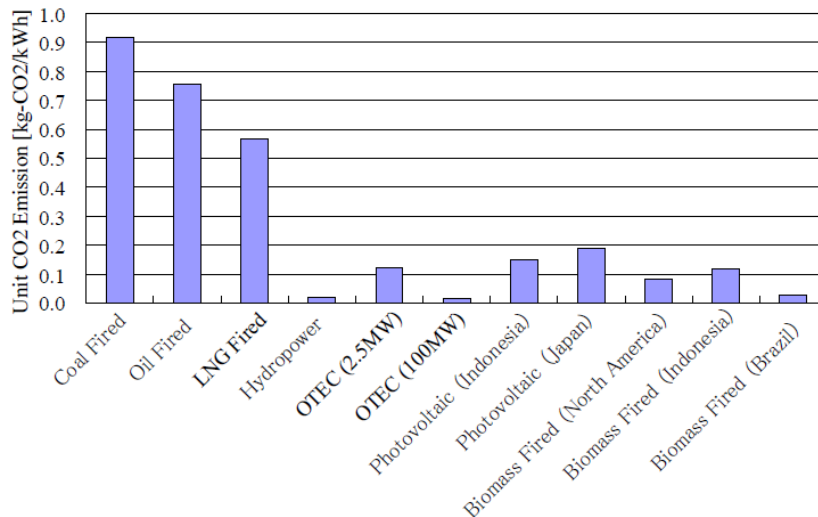
ตาราง 6.3.3 และรูป 6.3.1 แสดงการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของแต่ละโรงไฟฟ้าขึ้นกับ LCA ในขณะที่ระบบสนับสนุนอื่นๆ ของการผลิตไฟฟ้าจากสารชีวมวล มีค่าคล้ายกับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ นั้น การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยไฟฟ้าจากสารชีวมวล มีค่าลดลงอย่างมาก เพราะการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้สารชีวมวลไม่ถูกนำมาคิด การผลิตไฟฟ้าจากสารชีวมวลมีการแข่งขันในเรื่องของเทคโนโลยีสูงมากกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทางเลือกใหม่

ตาราง 6.3.2 ขนาดโรงผลิตไฟฟ้าชนิดต่างๆ

ชนิดโรงผลิตไฟฟ้า	ไฟฟ้าที่ผลิตต่อปี (kWh/y)	กำลังการผลิต (MW)	แหล่งอ้างอิง
ถ่านหิน	$6.08 \times 10^9$	1000	Uchiyama et al., 1991
น้ำมัน	$6.17 \times 10^9$	1000	Uchiyama et al., 1991
ก๊าซธรรมชาติเหลว	$6.34 \times 10^9$	1000	Uchiyama et al., 1991
พลังงานน้ำ	$3.93 \times 10^7$	10	Resources Council, 1983
OTEC (2.5MW)	$8.76 \times 10^6$	2.5	Resources Council, 1983
OTEC (100MW)	$5.70 \times 10^8$	100	Tahara et al., 1993
พลังงานแสงอาทิตย์ (อิน โคนีเซีย)	$1.18 \times 10^7$	10	Inaba et al., 1995
พลังงานแสงอาทิตย์ (ญี่ปุ่น)	$8.64 \times 10^6$	10	Inaba et al., 1995
สารชีวมวล (อเมริกาเหนือ)	$1.04 \times 10^9$	197	Tahara et al., 1998
สารชีวมวล (อิน โคนีเซีย)	$1.65 \times 10^8$	94	Tahara et al., 1998
สารชีวมวล (บราซิล)	$5.98 \times 10^8$	114	Tahara et al., 1998

ตาราง 6.3.3 หน่วยการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของโรงไฟฟ้าชนิดต่างๆ

ชนิดโรงผลิตไฟฟ้า	หน่วยการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (kg-CO <sub>2</sub> /kWh)
ถ่านหิน	0.916
น้ำมัน	0.756
ก๊าซธรรมชาติเหลว	0.563
พลังงานน้ำ	0.017
OTEC (2.5MW)	0.119
OTEC (100MW)	0.014
พลังงานแสงอาทิตย์ (อิน โคนีเซีย)	0.148
พลังงานแสงอาทิตย์ (ญี่ปุ่น)	0.187
สารชีวมวล (อเมริกาเหนือ)	0.081
สารชีวมวล (อิน โคนีเซีย)	0.119
สารชีวมวล (บราซิล)	0.024



รูป 6.3.1 หน่วยการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของโรงไฟฟ้าชนิดต่างๆ

### 6.3.3 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของสารชีวมวล

ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของสารชีวมวลเน้นไปที่การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์อย่างเดียวนั้น แต่ในความเป็นจริงแล้ว จำเป็นต้องพิจารณาการปล่อยก๊าซภาวะเรือนกระจกชนิดอื่น เช่น มีเทน ( $\text{CH}_4$ ) และ ไนตรัสออกไซด์ ( $\text{N}_2\text{O}$ ) ในการผลิตสารชีวมวล พื้นที่ที่ใช้นในการผลิตสารชีวมวลเป็นปัจจัยหลักต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ การแข่งขันในเรื่องของอาหาร อาจจะต้องนำมาพิจารณาเป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมย่อยในกรณีของการเก็บเกี่ยวสารชีวมวล

#### ข้อมูลเพิ่มเติม

Tahara, K. et al. "Evaluation of generation plant by LCA-Calculation of CO2 payback time ", Chemical Engineering, 23(1), pp.88-94, 1997 (in Japanese)

Uchiyama, Y. and H. Yamamoto, "Impact of Generation Plant on Global Warming", Central Res. Inst. of Electric Power Industry report Y91005, 1992 (in Japanese)

Science and Technology Agency resource survey society, "Natural energy and generation technology", Taisei Publishing co. Ltd, 1983 (in Japanese)

Tahara, K. et al., "Role of ocean thermal energy conversion in the issue of carbon dioxide", Macro Review, 6, pp.35-43, 1993 (in Japanese)

Inaba, A, et al, "Life cycle assessment of photovoltaic power generation system, Energy and Resources", 16(5), pp.525-531, 1995

Tahara, K., et al. "Life Cycle Assessment of Biomass power Generation with Sustainable Forestry System" 4th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT-4) 1998, 9, Interlaken, Switzerland

## 6.4 การประเมินในเชิงเศรษฐศาสตร์ของพลังงานชีวภาพ

### 6.4.1 ต้นทุนของพลังงานชีวภาพ

ต้นทุนของพลังงานชีวภาพจำแนกออกเป็น 3 ลำดับคือ ต้นทุนแหล่งทรัพยากร, ต้นทุนเทคโนโลยีการปรับเปลี่ยน และต้นทุนพลังงานทุติยภูมิ

ต้นทุนแหล่งทรัพยากร ประกอบด้วย ต้นทุนของแหล่งทรัพยากร, ต้นทุนค่าเสียโอกาส (ในกรณีที่สารชีวมวลเป็น วัสดุ และอาหาร), ต้นทุนในการจัดการของเสีย และค่าใช้จ่ายทางสิ่งแวดล้อม (ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตสารชีวมวล)

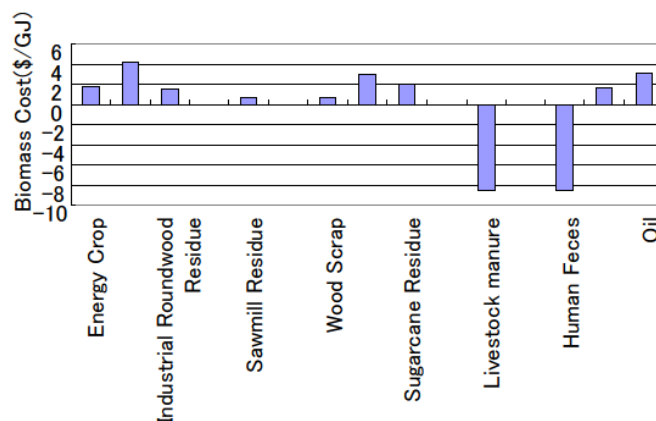
ต้นทุนเทคโนโลยีการปรับเปลี่ยน ขึ้นกับชนิดของสารชีวมวลขาเข้า, ชนิดของเทคโนโลยี, ระยะเวลาที่ใช้ในการประเมิน และอิทธิพลอื่น

ต้นทุนพลังงานทุติยภูมิ (ไฟฟ้า, ความร้อน, เชื้อเพลิง และอื่นๆที่เปลี่ยนแปลงจากแหล่งสารชีวมวล) คำนวณได้จากผลรวมของต้นทุนแหล่งทรัพยากรและต้นทุนเทคโนโลยีการปรับเปลี่ยน

ต้นทุนเหล่านี้จำเป็นอย่างยิ่งในการประเมินต้นทุนของพลังงานชีวภาพที่มาจากข้อมูลล่าสุดที่สอดคล้องกับต้นทุนพลังงาน, การแข่งขันทางที่ดิน, เทคโนโลยีพลังงานชีวภาพที่ใช้ได้, ผลกระทบภายนอกของสิ่งแวดล้อม และอื่นๆ

### 6.4.2 ต้นทุนแหล่งทรัพยากรพลังงานชีวภาพ

แหล่งทรัพยากรพลังงานชีวภาพ ประกอบด้วยวัตถุดิบ, พื้นที่พลังงานชีวภาพ และสารชีวมวลที่เหลือ (ปล่อยออกมาระหว่างการเปลี่ยนสารชีวมวล และการใช้ในกระบวนการ) เมื่อวัตถุดิบ เช่น ไม้และอาหาร เปลี่ยนเป็นพลังงานชีวภาพนั้น ต้นทุนค่าเสียโอกาสจึงมีผล ค่าใช้จ่ายทางสิ่งแวดล้อมเป็นการประมาณค่าขึ้นกับผลกระทบต่อพื้นที่ที่ใช้เปลี่ยนไป และความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต สารชีวมวลที่เหลือสามารถคิดลบได้เมื่อมีการจัดการของเสียของสารชีวมวลได้สำเร็จ



รูป 6.4.1 ต้นทุนสารชีวมวล

ต้นทุนแหล่งทรัพยากรทางพลังงานชีวภาพ อธิบายได้ ดังสมการนี้ :

$$[\text{ต้นทุนแหล่งทรัพยากรทางพลังงานชีวภาพ}] = [\text{ต้นทุนอุปทาน}] + [\text{ต้นทุนค่าเสียโอกาส}] + [\text{ค่าใช้จ่ายทางสิ่งแวดล้อม}] - [\text{ต้นทุนในการกำจัดทิ้ง}]$$

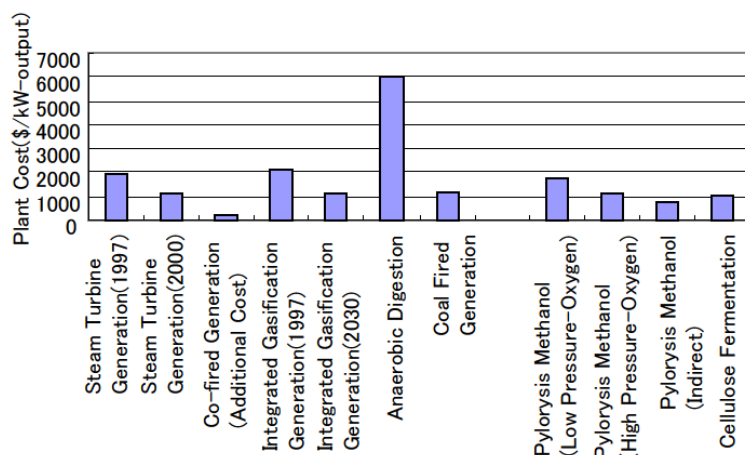
เชื้อเพลิงไม้สมัยใหม่และชิ้นไม้ขนาดเล็กมีต้นทุนสูง เนื่องจากว่าไม้เหล่านี้เป็นวัสดุคุณภาพดีและมีค่าต้นทุนค่าเสียโอกาส ทรัพยากรที่เหลือใช้มีต้นทุนสูงด้วยเช่นกัน เนื่องจากการขนส่งและการกักเก็บ ต้นทุนเกี่ยวกับพื้นที่ที่มีค่าสูงอยู่แล้วโดยพื้นฐาน พลังงานทางชีวภาพที่เหลือสามารถมีต้นทุนที่ติดลบได้ เนื่องด้วยเป็นการจัดกาของเสีย

#### 6.4.3 ต้นทุนเทคโนโลยีการปรับเปลี่ยนของสารชีวมวล

สารชีวมวลแบบดั้งเดิมจะใช้ไม้หรือถ่านโดยตรง สารชีวมวลสมัยใหม่ ใช้ตัวพาพลังงานที่เป็นประโยชน์ เช่น ไฟฟ้า, เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ ซึ่งมีเทคโนโลยีในการปรับเปลี่ยนด้วยกันหลายวิธี เช่น การผลิตไฟฟ้า (ด้วยไอน้ำ, ด้วยแก๊สซิฟิเคชัน), ไพโรไลซิส (pyrolysis) และ การหมัก ( ด้วยการย่อยของจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน, การผลิตเอทานอล)

ต้นทุนในการผลิตก๊าซจากสารชีวมวลนำมาประเมิน ดังนี้ ต้นทุนในการติดตั้งในปี 1997 เท่ากับ 2,102 \$/kWe (กำลังการผลิตได้ 75 MWe, ประสิทธิภาพ 36%), ใน 2000 เท่ากับ 1,892 \$/kWe (กำลังการผลิตได้ 100 MWe, ประสิทธิภาพ 37%), ใน 2030 เท่ากับ 1,111 \$/kWe (กำลังการผลิตได้ 110 MWe, ประสิทธิภาพ 45%) (ราคาในปี 1996) แต่ยังคงอยู่ในช่วงการทดลองในปี 2001 การประเมินค่าติดตั้งอื่นๆ โดยการประมาณ เท่ากับ 1221 \$/kWe ที่กำลังการผลิต 100 MWe (ราคาในปี 1990) สมมติให้ต้นทุนประจำปี (สัดส่วนโดยตรงกับต้นทุนในการติดตั้งแบบประจำปีและต้นทุนในการประกอบกร) เท่ากับ 12%

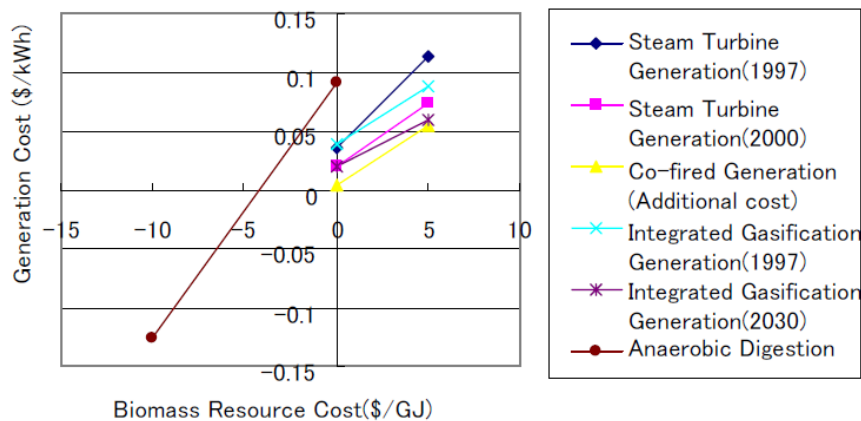
รูป 6.4.2 แสดง ค่าจ่ายในการเปลี่ยนพลังงานชีวภาพของเทคโนโลยีต่างๆ แม้ว่าเทคโนโลยีการหมักจะมีต้นทุนสูงกว่าเทคโนโลยีอื่น แต่ต้นทุนเทคโนโลยีการหมักก็สามารถปรับให้รวมค่าจัดการกับของเสียของมูลสัตว์ได้ ต้นทุนสำหรับการผลิตไฟฟ้าด้วยไอน้ำ, การผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สซิฟิเคชัน และไพโรไลซิส คาดการณ์ว่าจะมีราคาลดลง เนื่องจากการพัฒนาของเทคโนโลยีและการใช้งาน แต่ยังคงมีความไม่แน่นอนอยู่ ต้นทุนของการผลิตแบบเผาไหม้ร่วม เป็นต้นทุนเพิ่มเติมที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปเชื้อเพลิงถ่านหินที่มีอยู่ในโรงงาน



รูป 6.4.2 ต้นทุนโรงงาน

#### 6.4.4 ต้นทุนพลังงานหัตถิยภูมิ

พลังงานหัตถิยภูมิ เปลี่ยนเป็น ไฟฟ้า, ความร้อน และเชื้อเพลิงเหลว ใช้ในแหล่งทรัพยากรสารชีวมวลด้วยเทคโนโลยี การเปลี่ยนที่เหมาะสม ต้นทุนพลังงานหัตถิยภูมิได้จากการคำนวณ ต้นทุนในการติดตั้งแบบประจำปีหาได้จากการคำนวณ โดยมีสมมติฐานดังนี้ 1) อัตราดอกเบี้ย 5% 2) อายุการใช้งาน 30 ปี (สำหรับไพโรไลซิสและการหมัก มีอายุการใช้งาน 20 ปี) 3) ค่าใช้จ่ายประจำปี 12% (สำหรับการหมัก 10% สำหรับไพโรไลซิส 17% และการหมักเอทานอล 27%) จากการวิเคราะห์นี้ แสดงให้เห็นว่า การผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สซิฟิเคชันเป็นเทคโนโลยีที่มีแนวโน้มที่ดีในอนาคต ถ้าได้รับการพัฒนาอย่างติดตามที่ ได้คาดหวังไว้ เช่นเดียวกับไพโรไลซิสเทคโนโลยีที่มีแนวโน้มที่ดี ถ้าต้นทุนของเทคโนโลยีนี้สามารถลดลงได้ในอนาคต ในการประเมินต้นทุนนี้ได้รวมค่าความไม่แน่นอนไปด้วย ต้นทุนแหล่งทรัพยากรขึ้นกับสถานการณ์ท้องถิ่นและต้นทุนของ เทคโนโลยี ดังนั้น สำหรับการนำไปใช้ จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ต้นทุนพลังงานชีวภาพจากข้อมูลล่าสุด



รูป 6.4.3 ต้นทุนในการผลิตสารชีวมวล

#### ข้อมูลเพิ่มเติม

Yamamoto, H., et al., "Economic Analysis of Bioenergy Utilization Technologies", The 18th Energy Systems, Economics, and Environmental Conference, pp.233-238, 2002 (in Japanese)

DeMeo, E.A., "Renewable energy technology characterizations", Technical Report TR-109496, Electric Power Research Institute (EPRI) and U.S. Department of Energy, 1997

OECD, "Projected cost of generating electricity update 1998", 1998



## 6.5 การประเมินอื่นๆ

### 6.5.1 มาตรฐานความเป็นอยู่

เนื่องด้วยเกษตรกรมีความสำคัญอย่างมากในด้านเศรษฐกิจ ดังนั้น เกษตรกรที่ยั่งยืนเพื่อนำไปสู่การพัฒนามาตรฐานความเป็นอยู่ของเกษตรกรและรายได้ ในหัวข้อนี้ได้ยกตัวอย่างของโรงผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดเล็กในพื้นที่ชนบทในประเทศไทย โดยในฟาร์มขนาดเล็กให้มูลสัตว์ซึ่งเป็นสารป้อนเข้าสำหรับการย่อยด้วยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน ใช้มูลวัวจากวัว 5 ตัวเป็นสายป้อนเข้า ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้นำไปใช้ในการทำอาหาร ซึ่งคาดหวังว่าก๊าซชีวภาพนี้จะพอดีกับการทำอาหารสามครั้ง ภายในหนึ่งชั่วโมงต่อวัน ดังนั้น การผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดเล็กจึงเป็นที่พอใจ เพราะว่าเกษตรกรสามารถใช้มูลสัตว์ที่เลี้ยงไว้ และยังมีเชื้อเพลิงไว้ใช้อีกด้วย การใช้ประโยชน์ของส่วนที่เหลือจากการหมักนำมาทำเป็นปุ๋ยหมักถือเป็นการนำกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์ เป็นการลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี โดยปกติแล้วเกษตรกรชาวไทยใช้ปุ๋ยเคมีซึ่งถือเป็นเกษตรกรรมไม่ยั่งยืน และปุ๋ยหมักที่ได้จากการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพมีประโยชน์เพื่อที่จะเปลี่ยนเป็นเกษตรกรรมแบบยั่งยืน ผลลัพธ์ที่ได้ ถือว่าประสบความสำเร็จในการนำมูลวัวกลับมาใช้ใหม่ในท้องถิ่นทั้งพลังงาน (ก๊าซชีวภาพ) และวัสดุ (ปุ๋ยหมัก) นอกจากนี้ การมีโรงผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพ มีส่วนที่ดีคือเพิ่มสุขอนามัยของเกษตรกร พบว่าจำนวนแมลงวันลดลงด้วยหลังจากที่โรงผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพ



รูป 6.5.1 ถึงปฏิบัติการระหว่างการก่อสร้าง

ในปี 2006 ได้สำรวจโรงผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพ พบว่า มีหนึ่งแห่งที่อยู่ในระหว่างการผลิต และอีกสองแห่งอยู่ในระหว่างการก่อสร้าง (รูป 6.5.1) เหตุผลสำหรับเรื่องนี้มาจากเกษตรกรไม่มีความรู้ในเรื่องของเทคโนโลยี จากสาเหตุนี้ได้มีการวิเคราะห์กับคนไทย โดยพุ่งประเด็นไปที่การศึกษาของคนนั้นเป็นสิ่งจำเป็น ในพื้นที่ชนบทของประเทศไทยนั้น อัตราความสามารถในการอ่านและการเขียนนั้นไม่สูงมากนัก จริงๆแล้วในการสำรวจโรงผลิตมีหนึ่งแห่งที่ได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลท้องถิ่น ที่แสดงให้เห็นพื้นที่ข้างเคียงเห็นถึงประสิทธิภาพของโรงผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพ ซึ่งแหล่งสำคัญที่จำเป็นให้ข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเกษตรกร

สิ่งที่สำคัญสำหรับการใช้ประโยชน์ของสารชีวมวลอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับเกษตรกร คือ การเข้าถึงของโรงผลิตสารชีวมวล หรือพื้นที่กักเก็บสารชีวมวล ถึงแม้ว่าเกษตรกรครอบครองหรือผลิตสารป้อนเข้าที่เป็นสารชีวมวล แต่จะไม่มีประโยชน์ถ้าหน่วยงานของรัฐไม่เข้าถึงพื้นที่ผลิตสารชีวมวล

### 6.5.2 รายได้ของเกษตรกร

จากที่ได้กล่าวการใช้ของโรงผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพในหัวข้อที่แล้ว เกษตรกรไม่จำเป็นต้องจ่ายค่าก๊าซหุงต้ม 350 บาทต่อเดือน (100 บาท เท่ากับ 2.85 US\$ เมื่อเดือน ธันวาคม 2006) ซึ่งค่าใช้จ่ายนี้มีค่าพอสมควรสำหรับครอบครัวของเกษตรกรและพวกเขายินดีที่ได้ลดค่าใช้จ่ายนี้ลง ส่วนที่เหลือจากการหมักจะนำไปใส่ในถุงสำหรับ 30 kg และขายในราคา 12 บาทต่อถุง ระบบนี้ค่อนข้างง่ายและโรงผลิตใช้เวลาในการสร้าง 9 วัน จากการช่วยกันของคนในหมู่บ้าน ต้นทุนของวัสดุเท่ากับ 5,000 บาทและต้นทุนทั้งหมดเท่ากับ 7,400 บาท ดังนั้นระยะเวลาการคืนทุนทางเศรษฐศาสตร์คือ 21.1 เดือน ตัวแทน

จากรัฐบาลท้องถิ่นที่เข้าใจในเรื่องนี้อย่างดีสามารถให้ความช่วยเหลือเกษตรกรในการก่อสร้างได้ ค่ากลางที่ทำให้กระบวนการนี้เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์นั้นมีโครงสร้างง่าย ๆ และไม่ต้องมีค่าจ้างแรงงานเพราะว่าได้รับความช่วยเหลือซึ่งกันและกันจากคนในหมู่บ้าน ค่าวัสดุมีราคาถูก ในการดำเนินการผลิตไม่จำเป็นต้องใช้ทักษะพิเศษ โดยตัวหลักของระบบดำเนินการผลิต คือกลุ่มเกษตรกรนั่นเอง เป็นการลดค่าใช้จ่ายแรงงานด้วย จากระบบที่ง่ายนี้ส่งผลให้ไม่จำเป็นต้องมีพนักงานมาดูแล และกลุ่มเกษตรกรสามารถก่อสร้างโรงผลิตได้ด้วย



รูป 6.5.2 โรงผลิตเอทานอลในประเทศไทย

รายได้ของเกษตรกรที่อยู่ในบริเวณโรงผลิตเอทานอลในประเทศไทย นำมาวิเคราะห์ดังรูป 6.5.2 โรงผลิตกำลังวางแผนที่จะสร้างที่โรงผลิตเอทานอลที่มีกำลังการผลิต 100,000 ลิตร/วัน โดยใช้มันสำปะหลังเป็นสารป้อนเข้า เพราะว่าการตลาดของมันสำปะหลังค่อนข้างเสถียรเมื่อเทียบกับราคาของกากน้ำตาล เกษตรกรไม่มีรายได้เมื่อโรงผลิตใช้กากน้ำตาล เพราะโรงผลิตจะขายให้กับโรงงานน้ำตาล ดังนั้น โครงผลิตจึงคิดเพิ่มการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง จะทำให้มีแรงจูงใจที่จะเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังมากขึ้นและผู้คนในชนบทยังคงอยู่ ราคาต่อหน่วยของมันสำปะหลังขึ้นเล็กน้อยในตอนนี้ คือ 3.7 บาท/กิโลกรัม ในการขายมันสำปะหลังให้กับโรงผลิต เกษตรกรจะต้องตัดมันสำปะหลังเป็นชิ้นเล็กและอบแห้งให้มีความชื้นต่ำกว่า 18% ของปริมาณน้ำ ใช้สำหรับการบำบัดก่อนเมื่อนำมาพิจารณาแล้วพบว่า เกษตรกรจะได้กำไร 1 บาท/กิโลกรัม ซึ่งเกษตรกรค่อนข้างสนใจ

มีทางเลือกหลักๆสองทางที่จะสนับสนุนเกษตรกร อย่างแรกคือมีการสนับสนุนการจ่ายพลังงานให้กับเกษตรกร เพื่อที่จะมีช่องทางในการใช้เชื้อเพลิงที่ได้จากโรงผลิต ในประเทศไทย การผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดเล็ก เกษตรกรจะได้ก๊าซจากผลิตนี้ไว้ใช้ในการประกอบอาหาร ดังนั้นเกษตรกรจึงไม่จำเป็นต้องซื้อก๊าซหุงต้มในการทำอาหาร จากการสนับสนุนนี้ถือเป็นเกษตรกรที่ยั่งยืน เนื่องจากถือว่าการลดการใช้เชื้อเพลิงจากซากดึกดำบรรพ์ อย่างที่สองสนับสนุนในเรื่องของเงิน เมื่อเกษตรกรปลูกพืชที่เป็นสารป้อนเข้าสำหรับการผลิตเอทานอลและขายในราคาที่สูง เกษตรกรจะสามารถนำเงินนี้ไปจ่ายสำหรับค่าไฟฟ้า ถ้ากลุ่มคนที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงร่ำรวยกว่าเกษตรกร กระบวนการนี้สามารถนำมาพิจารณาเช่นเดียวกันกับการกระจายรายได้

### 6.5.3 เสถียรภาพพลังงานและเงินตราต่างประเทศ

การผลิตพลังงานชีวภาพคาดหวังว่าจะพัฒนาเสถียรภาพพลังงานภายในประเทศ นอกจากนี้ ประเทศที่กำลังพัฒนา มีโอกาสสำหรับที่จะได้เงินตราต่างประเทศจากการส่งออกพลังงานชีวภาพ ในที่นี้ได้บรรยายข้อตกลงร่วมกันของการผลิตพลังงานชีวภาพโดยรัฐบาลไทยโดยสังเขป

ในเดือนธันวาคม 2006 ราคาเอทานอลอยู่ที่ 23.50 บาท/ลิตร (ข้อมูลมาจากกระทรวงพลังงาน, ประเทศไทย) โรงผลิตเอทานอล 6 แห่งในประเทศไทยได้ถูกจดทะเบียน ซึ่งผลิตจากมันสำปะหลัง จากโรงงานทั้ง 6 แห่ง มีกำลังการผลิตอยู่ที่ 702 ล้านลิตร/ปี มีความต้องการมันสำปะหลัง 4.13 ล้านตัน/ปี ประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกมันสำปะหลังมากที่สุดในเอเชีย โดยเฉลี่ยต่อปีสามารถผลิตมันสำปะหลังได้ 20 ล้านตัน/ปี โดยมันสำปะหลัง 8 ล้านตันใช้สำหรับทำแป้งไว้ใช้ภายในประเทศ อีก 8 ล้านตันสำหรับการส่งออก ในรูปแบบที่เป็นชิ้นเล็กๆ และ 4 ล้านตันที่เหลือ สามารถใช้ในการผลิตเอทานอล ดังนั้นการผลิตมันสำปะหลังสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารและการผลิตเอทานอลสามารถทำให้สมดุลได้ พื้นที่ในการเก็บ

เกี่ยวมันสำปะหลังประมาณ 1 ล้านเฮกเตอร์ การขยายพื้นที่ในการเพาะปลูกยังถูกห้าม แต่เกษตรกรสามารถปลูกพืชผลชนิดอื่นได้ถ้าได้รับการอนุญาตจากรัฐบาล ในอนาคตปริมาณการผลิตมันสำปะหลังสำหรับเอทานอลอาจจะเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่การชัฟพลังงานชีวภาพอาจจะขัดแย้งกับการผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น การเติบโตของอุปสงค์ต่างชาติสำหรับเอทานอล อาจจะคุกคามเสถียรภาพของอุปทานภายในประเทศของผลิตภัณฑ์อาหาร ถึงแม้ว่าการผลิตมันสำปะหลังสำหรับอาหารและสำหรับเอทานอลในประเทศไทยตอนนี้มันสมดุลกัน แต่ในอนาคตการใช้มันสำปะหลังควรจะหาอย่างระมัดระวัง นอกจากนี้ ก่อนหน้านี้ราคาตลาดของมันสำปะหลังถูกปฏิเสธอย่างหนัก ดังนั้น ในบางกรณีเงินทุนสนับสนุนจากรัฐบาลให้กับเกษตรกรนั้นจำเป็น

### ข้อมูลเพิ่มเติม

The Japan Institute of Energy. “Report on the Investigation and Technological Exchange Projects Concerning Sustainable Agriculture and Related Environmental Issues,” Entrusted by the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan (Fiscal year of 2006) (2007)

## 6.6 ปัญหาที่ต้องนำมาพิจารณา

### 6.6.1 ความหลากหลายทางชีวภาพ (ตัวอย่าง การผลิตน้ำมันปาล์ม)

#### (ก) การผลิตน้ำมันปาล์มโดยสรุป

ในการใช้สารชีวมวล การผลิตน้ำมันปาล์มเป็นปัญหาเร่งด่วนจากความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศมาเลเซีย และประเทศอินโดนีเซีย ณ ตอนนี้

ประเทศมาเลเซียและอินโดนีเซียนับเป็นประเทศที่มีการผลิตน้ำมันปาล์มประมาณ 85% ของโลก โดยในประเทศมาเลเซียมี โรงผลิตขนาดใหญ่เริ่มพัฒนาขึ้นประมาณปี 1960 รัฐบาลอินโดนีเซียได้เตรียมนโยบายให้พร้อมเกี่ยวกับการเริ่มต้นเป็นประเทศที่มีการผลิตน้ำมันปาล์มที่ใหญ่ที่สุดในโลก และในการผลิตนั้นรวมไปถึงการสร้างโรงงานผลิตขนาดใหญ่ ซึ่งเริ่มสร้างขึ้นในปี 1980 จากปี 1980 ถึง 2002 พื้นที่การปลูกปาล์มเพิ่มขึ้นสองเท่าในประเทศมาเลเซีย และมากกว่าสามเท่าในประเทศอินโดนีเซีย

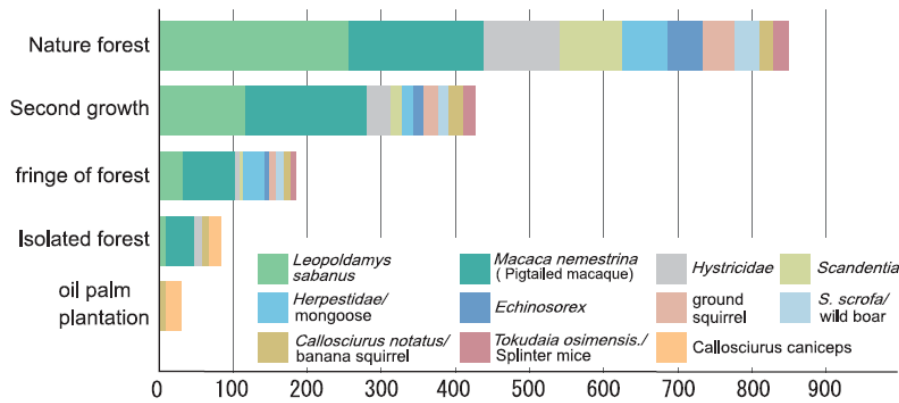
การพัฒนาการปลูกปาล์มน้ำมัน จำเป็นต้องมีพื้นที่ขนาดใหญ่สำหรับการกลั่นน้ำมันปาล์มดิบ (ขนาดของโรงผลิตในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เท่ากับ 10,000-25,000 เฮกเตอร์) และมีอีกหลายอย่างที่ควรสร้างโดยพื้นที่ป่าจะต้องถูกทำลายประมาณ 87% ของป่าที่ถูกทำลายในมาเลเซีย ตั้งแต่ 1985 ถึง 2000 ไปใช้ในการพัฒนาสวนปาล์มน้ำมัน และในประเทศอินโดนีเซีย พบว่า 70% ของพื้นที่การทำสวนปาล์มน้ำมันจะต้องทำลายพื้นที่ป่า นอกจากนี้สวนปาล์มน้ำมันถูกพัฒนาขึ้นอย่างมากในแนวพื้นที่กันชนระหว่างชุมชนและอุตสาหกรรม เช่น สวนสาธารณะ และพื้นที่สำคัญทางชีวภาพ

#### (ข) การผลิตน้ำมันปาล์มและความหลากหลายทางชีวภาพ

พื้นที่การทำสวนน้ำมันปาล์มนั้นซ้อนทับกับพื้นที่ลุ่มในป่าดิบชื้นที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงที่สุดในโลก ตั้งอยู่ที่บริเวณบนผิวดินโลกที่มีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ คือ “พื้นที่ที่มีแนวโน้มจะถูกทำลาย แม้ว่าพื้นที่นี้มีความหลากหลายทาง

ชีวภาพสูงสุดในระดับโลก” ในพื้นที่นี้เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยเล็กๆของลิงอุรังอุตัง, เสือสุมาตรา, ช้างบอร์เนียว, แรด, สมเสร็จ มาเลเซีย และอื่นๆ การพัฒนาสวนปาล์มน้ำมันจึงเป็นภัยคุกคามใหญ่หลวงสำหรับป่าดิบชื้นในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

80-100% ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม, สัตว์เลื้อยคลานและสัตว์ปีก จะสาบสูญในพื้นที่การปลูกปาล์มที่กำลังรับการ พัฒนาในเขตป่าดิบชื้น จากงานวิจัยของ Mimura และคณะ พบว่า สัตว์ป่ามากกว่า 400 ชนิดถูกพบในป่าธรรมชาติ หรือในป่า รุ่ยสอง แต่การทำสวนปาล์มน้ำมัน หลังจากที่โค่นป่าและเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันแล้วนั้น ได้พบสัตว์ป่าน้อยกว่า 10 ชนิด (จาก รูป 6.6.1)



รูป 6.6.1 การเปรียบเทียบความถี่ในการปรากฏของสัตว์ป่าใช้จากภาพถ่ายอัตโนมัติ (ในประเทศมาเลเซีย)

(ค) ผลกระทบอื่นๆเนื่องจากการผลิตน้ำมันปาล์ม

ในประเทศอินโดนีเซีย ถึงแม้ว่า การควบคุมการทำลายล้างป่าแบบผิดกฎหมายจะเข้มงวด แต่เจ้าหน้าที่ผู้มีอำนาจยัง มีการอนุญาตให้ทำลายพื้นที่ป่าเพื่อที่จะพัฒนาสวนปาล์มน้ำมัน ในบางอย่างไม่ได้คิดที่จะปลอมแปลงเป็นเจ้าหน้าที่ผู้มีอำนาจ เพื่อให้ได้รับการอนุญาตแบบผิดกฎหมาย นอกจากนี้ มีการเผาพื้นที่ไร่นาแบบผิดกฎหมายบ่อยมากขึ้น ส่งผลให้ชั้นถ่านหิน ชนิดร่วนถูกเผาไปด้วย และพื้นที่ขนาดใหญ่ก็หมดไปด้วย อีกทั้งมีผลกระทบที่ไม่ดีต่อระบบนิเวศ และมีการผลิต คาร์บอนไดออกไซด์ 2 พันล้านตันต่อปี ซึ่งมากกว่าการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศญี่ปุ่น ถือว่าเป็นสาเหตุใหญ่ ของการเปลี่ยนแปลงตามสภาพภูมิอากาศ

เพิ่มเติมจากที่ได้กล่าวมาข้างต้น การพัฒนาสวนปาล์มน้ำมันจะนำการล่วงละเมิดสิทธิของคนในท้องถิ่น โดยมี ผลกระทบต่อเศรษฐกิจ, วัฒนธรรม และความไม่มั่นคงทางสังคม อาทิเช่น คนสมัยก่อนพึ่งพาป่าและสิ่งมีชีวิตต่างๆ แต่วา ในตอนนี้หายไป หลังจากที่มีการทำสวนปาล์มขึ้น พบว่ามีปัญหาต่างๆเกิดขึ้นมากมาย เช่น ปัญหามลพิษต่อดินและแม่น้ำ จากยาปราบศัตรูพืชและปุ๋ยเคมี ปัญหาการพังทลายของดิน ซึ่งคือความเสียหายจากยาปราบศัตรูพืช ปัญหาแรงงานค่าจ้างต่ำ เช่น แรงงานเด็ก และแรงงานแบบผิดกฎหมาย ปัญหามลพิษทางน้ำ จากของเสียและสารที่เหลือ หรือ การปะทุของมีเทนและ อื่นๆ

### 6.6.2 การแข่งขันการใช้ที่ดิน

แหล่งทรัพยากรสารชีวมวลที่มนุษย์ใช้นั้นเริ่มมีปริมาณจำกัดอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นคาดว่า จะมีการแข่งขันอย่าง รุนแรงระหว่างการใช้สารชีวมวลจากอาหาร, วัสดุ และ พลังงาน ผลสุดท้ายก็คือ การแข่งขันการใช้ที่ดิน ระหว่างพื้นที่ป่า, พื้นที่การเพาะปลูก, ทุ่งเลี้ยงสัตว์ และพื้นที่อื่นๆ เริ่มรุนแรงขึ้นด้วย

(ก) การแข่งขันระหว่างพื้นที่ป่า, พื้นที่การเพาะปลูก, ทุ่งเลี้ยงสัตว์ และพื้นที่อื่นๆ

ป่านั้น ลดลงจากการที่มนุษย์ใช้ไปทำกิจกรรมต่างๆ เป็นเวลาหลายปี พื้นที่ป่าในโลกลดลง 1.2 พันล้านเฮกเตอร์ ตั้งแต่คริสต์ทศวรรษ 1700 โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พื้นที่ป่าบริเวณแอฟริกาเหนือ, ตะวันออกกลาง และสาธารณรัฐประชาชนจีน ลดลงต่ำกว่าครึ่งหนึ่ง ในช่วงระยะเวลาเดียวกันนี้ พื้นที่ในการเพาะปลูกในโลกลดลงเพิ่มขึ้น 1.2 พันล้านเฮกเตอร์ และทุ่งเลี้ยงสัตว์ในโลกลดลงเล็กน้อย ประมาณ 70 ล้านเฮกเตอร์ จะเห็นได้ว่า จากสมัยก่อนการทำลายป่ามีสาเหตุมาจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ในการเพาะปลูก ในทางตรงกันข้ามกับปัจจุบันที่การทำลายป่าเปลี่ยนเป็นพื้นที่ในการเพาะปลูก

หลังจากปี 1950 การใช้พื้นที่ที่เปลี่ยนไป โดยการทำลายพื้นที่ป่าในประเทศที่พัฒนาแล้วได้หยุดลง และพื้นที่ป่าในบริเวณยุโรปตะวันตกและอเมริกาเหนือเพิ่มขึ้น ในขณะที่ประเทศที่กำลังพัฒนาแถบพื้นที่เขตร้อน, สาธารณรัฐประชาชนจีน และตะวันออกกลาง ยังคงมีการทำลายพื้นที่ป่าต่อไป โดยเปลี่ยนเป็นพื้นที่การเพาะปลูก, ทุ่งเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น

การทำลายป่าในแถบประเทศที่กำลังพัฒนาเป็นสาเหตุของการทำลายพื้นที่ทางสิ่งแวดล้อม และปัญหาสุขภาพโลก ร้อนของการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ ในพื้นที่ที่มีการอาศัยอยู่ของคนอย่างหนาแน่นและเขตอุตสาหกรรมที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่น ญี่ปุ่น, เกาหลีใต้ และได้หันทำให้พื้นที่การเพาะปลูกลดลง เพราะความต้องการของการสร้างที่อยู่อาศัยและโรงงานอุตสาหกรรมที่เพิ่มขึ้น และด้านเกษตรกรรมไม่มีการแข่งขันกันในตลาดการเกษตรระดับโลก ในช่วงปี 1976 – 1991 ประเทศญี่ปุ่นมีพื้นที่การเพาะปลูกลดลง 10% จาก 50 ล้านเฮกเตอร์ ไปเป็น 4.6 ล้านเฮกเตอร์ ในช่วงปีเดียวกันนี้ ประเทศเกาหลีใต้มีพื้นที่การเพาะปลูกลดลง 6.6%

(ข) การแข่งขันระหว่างการผลิตอาหารและอุตสาหกรรมการผลิตพืชพลังงาน

ในพื้นที่การเพาะปลูก มีการปลูกพืชพลังงานนอกจากการปลูกเพื่อเป็นอาหาร ในประเทศที่มีพื้นที่การเพาะปลูกที่ว่างอยู่ เช่น สหรัฐอเมริกา และประเทศบราซิล ควรจะมีการใช้พื้นที่นี้ในการปลูกพืชพลังงานมากกว่าปล่อยให้พื้นที่ว่างร้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในช่วงปี 2006 ถึง 2007 เมื่อราคาน้ำมันสูงขึ้นเกินสถิติ ประเทศเหล่านี้ผลิตพืชพลังงานและเชื้อเพลิงชีวภาพ เช่น ไบโอดีเซลและไบโอดีเซล (BDF) ในประเทศสหรัฐอเมริกาผลิตไบโอดีเซลจากข้าวโพด ในประเทศบราซิลผลิตไบโอดีเซลจากอ้อย นอกจากนี้ผลิต ไบโอดีเซลจากพืชน้ำมัน เช่น น้ำมันจากเมล็ดและน้ำมันปาล์ม

อย่างไรก็ตาม ตั้งแต่พื้นที่การเพาะปลูกมีอย่างจำกัด ส่งผลให้การผลิตพืชพลังงานลดพื้นที่การเพาะปลูกที่ใช้ผลิตพืชอาหาร โดยมุ่งไปที่การผลิตพืชพลังงานที่มากเกินไปจะส่งผลให้อาหารนั้นขาดแคลน นอกจากนี้ยังได้อธิบายไว้ใน 6.7.5 ว่าการแข่งขันระหว่างการผลิตอาหารและการผลิตพืชพลังงานในแบบจำลองพลังงาน

### ข้อมูลเพิ่มเติม

BIN (Biomass Industry Network) et al., “Bio-nenryo Riyo ni kansuru Kyodo Teigen”, 2007 (in Japanese)

The Japan Institute of Energy, “Biomass Yogo Jiten”, Ohmsha, 2004 (in Japanese)

Yamaji, K. et al., “Bioenergy”, Myosin Shuppan, 2000 (in Japanese)

## 6.7 แบบจำลองพลังงาน

### 6.7.1 แบบจำลองพลังงานโดยสังเขป

แบบจำลองพลังงานเป็นรูปแบบการคำนวณทางคณิตศาสตร์แสดงถึงระบบพลังงาน เนื่องจากว่าระบบพลังงานซึ่งประกอบด้วย การผลิตพลังงานปฐมภูมิ, การขนส่งพลังงาน และการเปลี่ยนรูปพลังงานนั้นยุ่งยากซับซ้อน จึงยากต่อการเข้าใจอย่างถ่องแท้เกี่ยวกับระบบพลังงานที่สนใจ การใช้แบบจำลองพลังงานสามารถวิเคราะห์ระบบพลังงานเชิงเศรษฐกิจและโครงสร้างพลังงานในอนาคตได้

แบบจำลองพลังงาน แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ การจำลองสถานการณ์ และการพัฒนาแบบจำลอง โดยการจำลองสถานการณ์เป็นการรวมระบบพลังงานต่างๆที่เกิดขึ้นในอนาคตในเชิงอนุमान จากเงื่อนไขตั้งต้นของระบบพลังงานและสมมติฐานจากภายนอกหลายๆอย่าง เช่น จำนวนประชากรในอนาคตและอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจ

การพัฒนาแบบจำลอง เป็นการใช้เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (optimization) ทางคณิตศาสตร์และหาค่าระบบพลังงานที่เหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดภายนอกต่างๆ มาตรฐานที่เหมาะสมทั่วไป คือมีต้นทุนระบบพลังงานที่น้อยที่สุด และมีการใช้รวมในสังคมมากที่สุด โดยข้อจำกัดจากภายนอกทั่วไป คือ ข้อจำกัดของแหล่งทรัพยากรพลังงานและข้อมูลทางเทคโนโลยีของการเปลี่ยนพลังงาน

### 6.7.2 แบบจำลองพลังงานทั่วไป

แบบจำลองพลังงานที่ใช้สำหรับการศึกษานโยบายเกี่ยวกับพลังงานและสิ่งแวดล้อมนั้น ถูกพัฒนาขึ้นตามลำดับขั้นตอนแรก แบบจำลองพลังงานมุ่งเน้นที่เทคโนโลยีพลังงานเฉพาะ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีขนาดใหญ่ ที่จำเป็นต้องวางแผนในการพัฒนาเป็นระยะเวลานานและมีค่าใช้จ่ายมหาศาล เช่น เทคโนโลยีนิวเคลียร์

ตั้งแต่หลังกลางทศวรรษที่ 1980 เป็นช่วงที่ปัญหาโลกร้อนเป็นหัวข้อสำคัญ ได้มีการพัฒนาแบบจำลองพลังงานเกี่ยวกับระบบพลังงานรวมและการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ แบบจำลองพลังงานแรกมุ่งเน้นไปที่การศึกษานโยบายเกี่ยวกับปัญหาโลกร้อน คือ แบบจำลอง Edmonds-Reilly ซึ่งพัฒนาขึ้นในสหรัฐอเมริกาโดยการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ขึ้น แบบจำลอง ETZ-MACRO และ DICE พัฒนาขึ้นในสหรัฐอเมริกา เป็นการพัฒนาแบบจำลองทั่วไป โดยการประเมินผลพลังงาน, เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมของโลก นอกจากนี้ แบบจำลอง GLUE พัฒนาขึ้นในประเทศญี่ปุ่น เป็นแบบจำลองทั่วไปที่ประเมินผลการใช้พลังงานชีวภาพโลกที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยพิจารณาการแข่งขันการใช้พื้นที่และทิศทางของสารชีวมวลโดยรวม

### 6.7.3 แบบจำลอง DNE21

แบบจำลอง DNE21 เป็นการพัฒนาแบบจำลองเพื่อพัฒนาการประเมินของเทคโนโลยีที่บรรเทาปัญหาภาวะโลกร้อน แบบจำลอง DNE21 นั้นอ้างอิงถึงแบบจำลอง NE21 (New Earth 21) ที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับการวิเคราะห์ “New Earth Plan” ทางทั่วโลก ที่ประกาศในปี 1990 โดยรัฐบาลญี่ปุ่น แบบจำลอง DNE21 เป็นแบบจำลองพลวัต (dynamic model) ที่ให้ต้นทุนระบบพลังงานระหว่างโลกน้อยที่สุด ในแบบจำลองนั้น โลกแบ่งออกเป็น 10 พื้นที่และระบบพลังงานโลก และวิเคราะห์ระบบพลังงานโลกจนถึง 2100 ในแบบจำลองนี้ได้มีการวิเคราะห์เทคโนโลยีการเปลี่ยนพลังงานชีวภาพโดยละเอียด

#### 6.7.4 แบบจำลอง GLUE

แบบจำลอง GLUE เป็นการย่อการใช้พื้นที่และแบบจำลองพลังงาน ซึ่งถูกพัฒนาในประเทศญี่ปุ่น แบบจำลอง GLUE เป็นแบบจำลองสถานการณ์ และเป็นแบบจำลองทั่วไปที่ใช้ประเมินผลการใช้พลังงานชีวภาพโลกที่อาจเกิดขึ้นได้ ปัจจุบันและอนาคต ในแบบจำลองนี้ อุปสงค์ของสารชีวมวลคำนวณจากข้อมูลความต้องการสารชีวมวลต่อคนและประชากร อุปทานของสารชีวมวลที่อาจเกิดขึ้นได้ คำนวณจากข้อมูลขนาดพื้นที่การเพาะปลูกและผลผลิตพื้นที่การเพาะปลูก ในแบบจำลองนี้ เปรียบเทียบอุปสงค์ของสารชีวมวลและอุปทานของสารชีวมวลที่อาจเกิดขึ้น และคำนวณหาพื้นที่การเพาะปลูกส่วนเกินและการใช้พืชพลังงานที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งปลูกในพื้นที่การเพาะปลูกส่วนเกิน นอกจากนี้ แบบจำลอง GLUE ประเมินการใช้ที่อาจเกิดขึ้นได้ของสารชีวมวลเหลือที่ถูกปล่อยออกจากกระบวนการสารชีวมวล เช่น ในส่วนของผลิตภัณฑ์, ส่วนของกระบวนการ, ส่วนของการใช้, ส่วนของการกำจัดทิ้งและส่วนของการนำกลับมาใช้ใหม่

แบบจำลอง GLUE รุ่นใหม่เป็นแบบจำลองพัฒนา และประเมินผลทั้งการใช้พลังงานชีวภาพโลกที่อาจเกิดขึ้นได้ และเทคโนโลยีการใช้สารชีวมวล

#### 6.7.5 การแข่งขันการใช้พื้นที่ในแบบจำลอง GLUE

ในแบบจำลอง GLUE มีการคำนวณพื้นที่การเพาะปลูกส่วนเกิน โดยพิจารณาการแข่งขันการใช้พื้นที่ ดังต่อไปนี้ อุปสงค์ของสารชีวมวลคำนวณจากจำนวนประชากรและอุปสงค์ของอาหารต่อหัวประชากร อุปทานของสารชีวมวลที่อาจเกิดขึ้นคำนวณจากขนาดพื้นที่สำหรับการผลิตสารชีวมวล และผลผลิตสารชีวมวลของพื้นที่การเพาะปลูก สำหรับการคำนวณพื้นที่การเพาะปลูกส่วนเกินพิจารณาการแข่งขันการใช้พื้นที่นั้น หากอุปสงค์ของสารชีวมวลและอุปทานของสารชีวมวลที่อาจเกิดขึ้น

รายละเอียดของการคำนวณการแข่งขันการใช้พื้นที่ มีดังนี้ ขั้นตอนแรก อุปสงค์ของอาหารสัตว์ที่ผลิตจากรัฐพืช คำนวณจากอุปสงค์ของอาหารสัตว์ ลบกับอุปทานของปลา ลบกับอุปทานของอาหารสัตว์จากทุ่งเลี้ยงสัตว์ สำหรับ อุปสงค์ของรัฐพืชคำนวณจากอุปสงค์ของอาหารสัตว์ที่เป็นรัฐพืช บวกกับอุปสงค์ของรัฐพืชสำหรับอาหารประเภทผัก สำหรับ อุปสงค์ของที่ดินสำหรับรัฐพืชคำนวณจากอุปสงค์ของรัฐพืชหารด้วยผลผลิตรัฐพืช สำหรับ พื้นที่การผลิตพืชพลังงานคำนวณจากพื้นที่ทั้งหมดสำหรับการผลิตรัฐพืช ลบกับอุปสงค์ของพื้นที่สำหรับการผลิตรัฐพืช ถ้าพื้นที่ทั้งหมดสำหรับการผลิตรัฐพืชมีค่าน้อยกว่าอุปสงค์ของพื้นที่สำหรับการผลิตรัฐพืชแล้วจะเกิดการขาดแคลนอาหารและพื้นที่ในการผลิตพืชพลังงาน เท่ากับศูนย์

ดังนั้น แบบจำลอง GLUE สมมติให้ความสำคัญอันดับหนึ่งในการแข่งขันการใช้พื้นที่ในการเพาะปลูก คือการใช้พื้นที่สำหรับการผลิตอาหารประเภทผัก ลำดับต่อไปคือการใช้พื้นที่สำหรับการผลิตพืชอาหารสัตว์ที่จะเปลี่ยนเป็นอาหารสัตว์ต่อไป อันดับสุดท้ายการใช้พื้นที่สำหรับการผลิตพืชพลังงาน เพื่อที่จะขยายอุปทานของพลังงานความร้อนทั้งหมดนั้น จะต้องสมมติให้ลำดับความสำคัญคือว่าอุปทานของอาหารประเภทผักมากกว่าอุปทานของอาหารสัตว์

#### ข้อมูลเพิ่มเติม

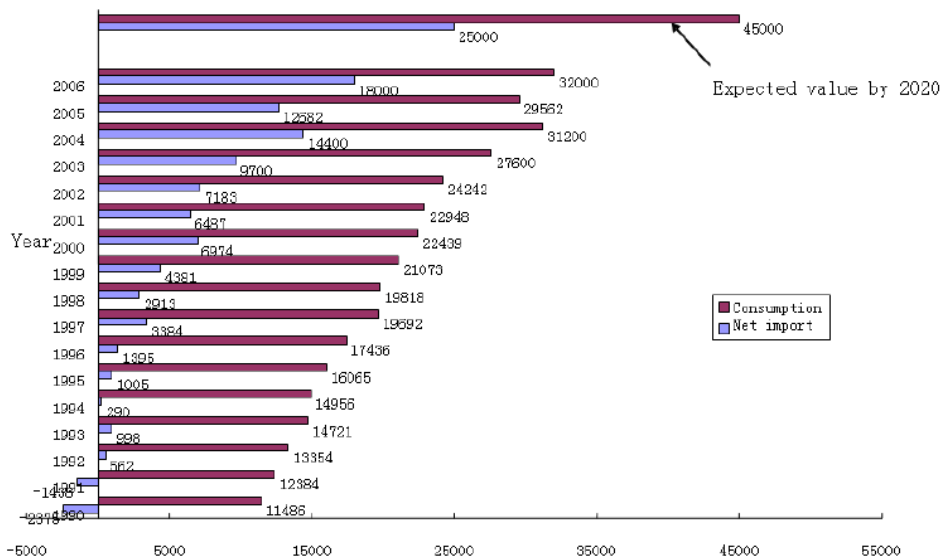
The Japan Institute of Energy, "Biomass Yogo Jiten", Ohmsha, 2004 (in Japanese)

## บทที่ 7 สถานการณ์ของสารชีวมวลในประเทศแถบเอเชีย

### 7.1 สาธารณรัฐประชาชนจีน

#### 7.1.1 ความเป็นมา

ด้วยการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว ความต้องการพลังงานก็เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นกัน เช่นเดียวกับใน สาธารณรัฐประชาชนจีนปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดของจีนมากเป็นอันดับสองของโลก รูปที่ 7.1.1 แสดงแนวโน้มการใช้น้ำมันของสาธารณรัฐประชาชนจีนและปริมาณการนำเข้าสุทธิตั้งแต่ปี 1990 ถึง 2006 ตั้งแต่ปี 1993 จีนกลายเป็นประเทศที่นำเข้าปิโตรเลียมมาก การนำเข้าปิโตรเลียมเพิ่มขึ้นจาก 7.6% ในปี 1995 เป็น 47.0% ในปี 2006 และคาดการณ์ว่าในปี 2020 ปริมาณการใช้และนำเข้าปิโตรเลียมจะเป็น 450 ล้านตันและ 250 ล้านตันตามลำดับ ซึ่งคิดเป็น 55% ของการนำเข้าปิโตรเลียม เป็นที่คาดการณ์ว่าการขนส่งจะทำให้ความต้องการใช้น้ำมันเพิ่มขึ้นในอนาคต เมื่อเปรียบเทียบการใช้น้ำมันในการขนส่งของปี 2000 ซึ่งคิดเป็น 1 ใน 3 ของการใช้ปิโตรเลียมทั้งหมด คาดการณ์ได้ว่าปริมาณการใช้จะเพิ่มเป็น 43% และ 57% ในปี 2010 และปี 2020 ตามลำดับ



รูป 7.1.1 แนวโน้มของการใช้น้ำมันของสาธารณรัฐประชาชนจีนและปริมาณการนำเข้าสุทธิตั้งแต่ปี 1990 ถึง 2006

#### 7.1.2 สถานการณ์ของการพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพในสาธารณรัฐประชาชนจีน

เพราะความไม่พอเพียงด้านเชื้อเพลิงและความต้องการประหยัดพลังงานและการลดการปล่อยมลพิษ รัฐบาลจีนให้ความสนใจในการวิจัยและพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพมากขึ้น ได้มีการออกกฎหมายการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ของสาธารณรัฐประชาชนจีนในปี 2005

โครงการน้ำมันเชื้อเพลิงเอทานอล เริ่มขึ้นในปี 2001 ในจีนมีโรงงานที่ได้รับอนุญาตจากรัฐบาลจีนเพียง 4 แห่งในการผลิตเชื้อเพลิงเอทานอลจากอาหาร การสนับสนุนของรัฐบาลมีบทบาทสำคัญในการสร้างการพัฒนาเชื้อเพลิงเอทานอลในสาธารณรัฐประชาชนจีน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานะเริ่มต้นของการสาธิตเชื้อเพลิงเอทานอลด้วยนโยบายที่เป็นที่ชื่นชอบ เช่น แรงจูงใจ ซึ่งแรงจูงใจรวมถึง (1) การยกเว้นภาษีของเชื้อเพลิงเอทานอลแปลงสภาพ (5%) (2) มีการเก็บภาษีของเชื้อเพลิงเอทานอลแปลงสภาพก่อนและค้อยคืนสู่ผู้จัดหาเอทานอล (3) ราคาของเชื้อเพลิงเอทานอลแปลงสภาพที่ขายให้กับ



บริษัทปิโตรเลียมซึ่งเป็นโรงผสมคือ (0.9111 x ราคาโรงงานของเชื้อเพลิง 90#) ขณะที่ราคาตลาดของ E10 ทุกชนิด (90#, 93# หรือ 97#) เท่ากับเชื้อเพลิง 90#, 93# หรือ 97# (4) เงินค่าเบี่ยงเล็กน้อยจะจ่ายให้กับผู้จัดหาเอทานอล แรงจูงใจนี้จะสำเร็จในปี 2008 ขณะนี้เชื้อเพลิงเอทานอลถูกใช้ใน 9 จังหวัดและการใช้งานทั้งหมดเป็น 1.54 ล้านตันในปี 2006 อย่างไรก็ตามเพื่อที่จะมั่นใจในความปลอดภัยอาหาร รัฐบาลจีนไม่อนุญาตให้โรงงานอาหารผลิตเชื้อเพลิงเอทานอลอีกต่อไป ในอนาคตวัตถุดิบที่ไม่ใช่อาหาร ได้แก่ มันสำปะหลัง, มันเทศ, ฟางข้าว และลิกโนเซลลูโลสมีศักยภาพในการผลิตเชื้อเพลิงเอทานอล โรงงานเชื้อเพลิงเอทานอลที่ใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบ ที่สามารถผลิตเชื้อเพลิงได้ 200,000 ตัน/ปี ในจังหวัดกวางสีได้รับอนุญาตจากรัฐบาลและกำลังจะเริ่มในเร็วๆ นี้ โรงงานผลิตเชื้อเพลิงเอทานอลอีก 4 แห่งก็ได้รับการส่งเสริมให้ใช้วัตถุดิบที่ไม่ใช่อาหารด้วย

มีโรงงานไบโอดีเซลมากกว่า 10 แห่งในสาธารณรัฐประชาชนจีน ปริมาณการผลิตประมาณ 100,000 ตัน/ปี น้ำมันไบโอดีเซล (BD 100) สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซล ได้ถูกสร้างขึ้นในเดือนพฤษภาคม 2007 แต่ยังไม่มีความหมายสำหรับการขายไบโอดีเซลเหมือนเชื้อเพลิงเอทานอล ไบโอดีเซลบางชนิดใช้สำหรับการใช้งานที่ไม่ใช่เครื่องจักร ปัญหาหนึ่งในการพัฒนาไบโอดีเซลในสาธารณรัฐประชาชนจีนคือการจัดหาวัตถุดิบ สาธารณรัฐประชาชนจีน จำเป็นต้องนำเข้าน้ำมันที่รับประทานได้มากกว่า 6 ล้านตัน/ปี เป็นไปไม่ได้ที่จะใช้น้ำมันที่รับประทานได้ เช่น น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันจากเมล็ด สำหรับการผลิตไบโอดีเซล ปัจจุบันนี้โรงงานไบโอดีเซลส่วนมากในสาธารณรัฐประชาชนจีนใช้น้ำมันที่เหลือเป็นวัตถุดิบ อย่างไรก็ตามจากการพัฒนาไบโอดีเซล ราคาของน้ำมันที่เหลือสูงขึ้นเรื่อยๆ น้ำมันจากเปลือกไม้ได้รับความนิยมนำมาขึ้นเรื่อยๆ “โปรแกรมสร้างฟืนป่าแห่งชาติเพื่อพลังงานทางชีวภาพโดยตรง” และ “แผนการปลูกไม้สำหรับไบโอดีเซล ในปี 2011 โดยมีแผนการนาน 5 ปี” ได้ถูกจัดตั้งขึ้นโดยกรมป่าไม้ของสาธารณรัฐประชาชนจีน (State Forestry Administration of China) ซึ่งระบุว่า ต้นสนป่า 400,000 เฮกเตอร์ จะปลูกในมณฑลยูนนาน, มณฑลเสฉวน, มณฑลกุ้ยโจว และมณฑลฉงชิ่ง, ต้นพิตาเซีย ซินเนซิส (*Pistacia Chinensis*) 250,000 เฮกเตอร์ จะปลูกในมณฑลเหอเป่ย์, มณฑลส่านซี, มณฑลอันฮุย และมณฑลเหอหนาน, ต้นคอร์นัสวิลโซเนียนา (*Cornus Wilsoniana*) 50,000 เฮกเตอร์ จะปลูกในมณฑลหูหนาน, มณฑลเหอเป่ย์ และมณฑลเจียงซี, ต้นซานโรซีรา ซอร์บิโฟเลีย (*Xanthoceras Sorbifolia*) 133,333 เฮกเตอร์ จะปลูกในมองโกเลีย, มณฑลเหลียวหนิง และมณฑลซินเจียง

### 7.1.3 สรุป

จากการพัฒนาทางเศรษฐกิจที่รวดเร็ว การขาดแคลนพลังงานกลายเป็นคอขวดสำหรับการพัฒนาที่ยั่งยืนของสาธารณรัฐประชาชนจีน หัวข้อสำคัญในขณะนี้ที่ต้องแก้ไขคือ การเร่งการพัฒนาพลังงานชีวมวล เพื่อที่จะบรรเทาความกดดันของทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ในฐานะที่เป็นประเทศที่มีความรับผิดชอบ สาธารณรัฐประชาชนจีนควรรับผิดชอบในระดับนานาชาติเพื่อที่จะรักษาพลังงานและลดการปล่อยมลพิษ ดังนั้นอุตสาหกรรมพลังงานชีวมวลจึงมีอนาคตที่สดใสในสาธารณรัฐประชาชนจีน ในปัจจุบันการใช้พลังงานชีวมวลถือเป็น 8% ของการใช้พลังงานทั้งหมด จากหัวข้อ “แผนการพัฒนาระยะกลางและระยะยาวของการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่” ที่สร้างขึ้นเมื่อ 4 กันยายน 2007 เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานชีวมวลจะเพิ่มขึ้น 10% ในปี 2010 และ 15% ในปี 2020 ในปี 2010 การใช้ประจำปีของพลังงานเอทานอลที่ไม่ได้มาจากธัญพืชจะสูงถึง 2 ล้านตัน และไบโอดีเซลจะสูงถึง 200,000 ตันในสาธารณรัฐประชาชนจีน ในปี 2020 การใช้ประจำปีของพลังงานเอทานอลจะสูงถึง 10 ล้านตัน และไบโอดีเซลจะสูงถึง 2 ล้านตันในสาธารณรัฐประชาชนจีน

## 7.2 เกาหลี

### 7.2.1 ปริมาณแหล่งทรัพยากรสารชีวมวลในเกาหลี

แหล่งทรัพยากรสารชีวมวลใหญ่ในเกาหลีคือขยะอินทรีย์และของเหลือทางการเกษตรและป่าไม้ สักยภาพและปริมาณสารชีวมวลที่ครอบคลุมสำหรับการใช้งานด้านพลังงานสรุปได้ในตารางที่ 7.2.1 จากข้อมูลในตารางดังกล่าว แหล่งทรัพยากรสารชีวมวลทั้งหมดในเกาหลีมีมากถึง 80 ล้านตัน มีเพียง 30% ของแหล่งทรัพยากรที่ประยุกต์ใช้ในการผลิตพลังงานปัจจุบัน

ตาราง 7.2.1 แหล่งทรัพยากรสารชีวมวลในเกาหลี

แหล่งทรัพยากร	ที่อาจจะเกิดขึ้น, x 10 <sup>3</sup> Mt/year	ที่นำกลับมาใช้ได้, x 10 <sup>3</sup> Mt/year
ส่วนที่เหลือจากป่า	7,830	1,300
ส่วนที่เหลือจากเกษตรกรรม	16,000	4,900
ของเสียจากอาหาร	5,100	5,100
สิ่งปฏิกูล	1,600	260
ของเสียจากสัตว์	47,000	
โคลน	2,500	280
รวม		

จาก: S.C. Park et al. (2007)

### 7.2.2 นโยบายและข้อบังคับ

กฎหมายส่งเสริมการใช้พลังงานใหม่และการนำกลับมาใช้ใหม่มีผลบังคับใช้ในปี 2002 เห็นชอบว่า พลังงานชีวภาพเป็นการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่และสนับสนุนการค้าเงินการ มีการยกเว้นภาษีทั้งหมดสำหรับไบโอดีเซลที่ใช้เป็นพลังงานสำหรับเครื่องยนต์ ภาษีของดีเซลปัจจุบันอยู่ที่ 0.5 เหรียญ/ลิตร โรงกลั่นน้ำมันของเกาหลีทั้งหมดควรจะผสมไบโอดีเซลในผลิตภัณฑ์ดีเซล (ตาราง 7.2.2)

ตาราง 7.2.2 เป้าหมายข้อบังคับสำหรับการใช้ไบโอดีเซล (KMOCIE, 2007)

ปี	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ปริมาณไบโอดีเซลในน้ำมันดีเซล, %	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0

### 7.2.3 เป้าหมาย

สำหรับพลังงานชีวภาพเป้าหมายต่อไปนี้ถูกตั้งขึ้นโดยกระทรวงพาณิชย์, อุตสาหกรรม และพลังงานแห่งเกาหลี (KMOCIE) ในปี 2002 (ตาราง 7.2.3)

ตาราง 7.2.3 เป้าหมายสำหรับการใช้พลังงานชีวภาพในเกาหลี

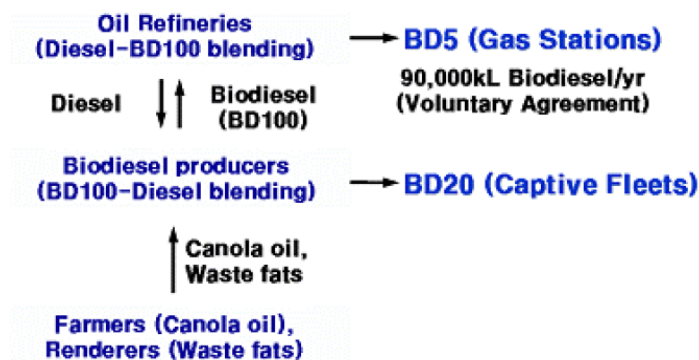
ปี	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
ความร้อน, x 10 <sup>3</sup> toe	236	277	283	472	477	483	489	679
กำลัง, x GWh	1232	1848	2465	3081	3383	3697	4000	4313

## 7.2.4 กิจกรรมอื่นๆ

### -ไบโอดีเซล

มลพิษทางอากาศที่รุนแรงในเมืองใหญ่ในเกาหลีช่วยในการนำไบโอดีเซลมาใช้งานในส่วนการขนส่งได้ เพราะเชื้อเพลิงที่ผสมไบโอดีเซลจะช่วยลดการปล่อยมลพิษจากยานยนต์ได้ การสาธิตของ BD20 เริ่มขึ้นในเมืองหลวงโซลและจังหวัดชองบุก (Chonbuk) จากพฤษภาคม 2002 และสิ้นสุดในมิถุนายน 2006 ในระหว่างช่วงการสาธิต หลายสิ่งที่สำคัญได้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อแก้ปัญหาการโต้แย้ง เช่น ความเป็นไปได้ในการเป็นเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ของ BD20 ซึ่งคือการเตรียมการของรายละเอียดเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และสร้างการแพร่ขยายภายในของเชื้อเพลิงผสมไบโอดีเซล หลังจากการจัดการหนึ่งปี โครงร่างสำหรับมาตรฐานที่มีพารามิเตอร์ 16 ค่าได้ถูกจัดตั้งขึ้น ค่าในมาตรฐานเหมือนค่าจากมาตรฐานยุโรป EN14214 เกือบทั้งหมด การทดสอบอย่างรวดเร็วทำโดยใช้ BD5 และ BD20 ที่เตรียมด้วยไบโอดีเซลที่ได้มาตรฐานไบโอดีเซลของเกาหลีเป็นเวลา 2 ปี จากการทดลองอย่างรวดเร็วนี้พบว่า BD20 ไม่เหมาะสมกับตู้โดยสารของรถไฟ ในขณะที่เดียวกันไม่พบปัญหาสำหรับการใช้ BD5 ดังนั้น KMOCIE จึงได้เตรียมระบบการแพร่ขยายของไบโอดีเซลใหม่ และบังคับให้เป็นกฎหมายจากกรกฎาคม 2006 (รูป 7.2.1) ตามข้อบังคับใหม่ โรงกลั่นน้ำมันของเกาหลีควรซื้อไบโอดีเซล 100,000 กิโลลิตร/ปี และผสมกับผลิตภัณฑ์ดีเซล และจ่ายดีเซลผสมให้กับปั้มน้ำมันทั้งหมด เป็นผลให้น้ำมันดีเซลที่ขายในเกาหลีมีไบโอดีเซลผสมอยู่ 0.5% BD20 สามารถใช้กับยานพาหนะที่ควบคุมเท่านั้นซึ่งมีเครื่องสูบก๊าซเป็นของตัวเอง

ด้วยการสนับสนุนอย่างแข็งขันจากรัฐบาลเกาหลีในด้านการประยุกต์ใช้ไบโอดีเซล ธุรกิจไบโอดีเซลจึงดีขึ้น การจัดหาวัตถุดิบที่มั่นคงกำลังเป็นหัวข้อสำคัญ มีหลายกิจกรรมที่ทำเพื่อรักษาการจัดการที่มั่นคงของวัตถุดิบสำหรับการผลิตไบโอดีเซล กิจกรรมรวมถึงการสาธิตการเพาะปลูกของเมล็ดพืชฤดูหนาว เพื่อบ่งชี้ความเป็นไปได้ของการผลิตขนาดใหญ่ภายในประเทศสำหรับคาโนลาและไร้สบูดำในประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้บางประเทศ



รูป 7.2.1 ระบบการแพร่ขยายของไบโอดีเซลใหม่ในเกาหลี

### 7.3 พม่า

พม่ามีพื้นที่ 690,000 ตารางกิโลเมตร(1.8 เท่าของญี่ปุ่น) และเป็นประเทศขนาดใหญ่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่มีประชากร 52 ล้านคน และถูกกลืนกับลมนมรสุมจากมหาสมุทรอินเดีย ยกเว้นบริเวณตอนเหนือ ดังนั้นธรรมชาติระบบชีวภาพและความหลากหลายทางชีวภาพจึงเป็นเอกลักษณ์และมีค่า พม่ายังมีทรัพยากรมากมาย เช่น ข้าว ทรัพยากรป่าไม้ และ ทรัพยากรเหมืองแร่ ประชากร 70% ทำงานเกี่ยวกับด้านเกษตรและถือเป็น 60% ของค่าจีดีพี ส่วนอุตสาหกรรมมีส่วนใน ค่าจีดีพีเพียง 10% เท่านั้น การเมืองหลังจากสงครามโลกครั้งที่ 2 มีระบบประชาธิปไตยเพียงระยะหนึ่ง แต่สภาแห่งชาติก็ถูกยุบลงด้วยการรัฐประหารในปี 1996 และจากนั้นเป็นต้นมาก็อยู่ภายใต้การปกครองของทหาร การเมืองไม่เป็นที่แน่ชัด และปัญหาเศรษฐกิจยังคงมีอยู่ ดังนั้นจึงกลายเป็นประเทศด้อยพัฒนาประเทศหนึ่งในโลก ไม่มีการบังคับใช้กฎหมายเกี่ยวกับสารชีวมวล แต่มีการใช้สิ่งเหลือใช้เพราะขาดวัตถุดิบและพลังงาน ของเหลือจากโรงสีใช้เป็นเชื้อเพลิง และใช้อาหารสัตว์และเศษอาหารเป็นปุ๋ยทำให้ไม่มีสิ่งเหลือใช้ เรียกได้ว่าการใช้สารชีวมวลเกิดขึ้นอย่างดีเนื่องจากสังคมที่ยากจน

ตัวอย่างที่น่าสนใจ 2 ตัวอย่าง ในการใช้แกลบคั้นพบระหว่างการตรวจสอบสถานที่จริง การขาดแคลนไฟฟ้า โครงสร้างที่ไม่สมบูรณ์และการขาดเชื้อเพลิงจากซากพืชซากสัตว์ ก่อให้เกิดการใช้เครื่องผลิตไอน้ำโดยใช้แกลบและเครื่องยนต์ลูกสูบไอน้ำ (ผลิตในเยอรมันปี 1925) ที่ใช้ในเครื่องสีข้าว (ประมาณ 600 สถานที่) อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพทางอุณหภูมิจากเครื่องผลิตไอน้ำยังต่ำมากและมีการใช้แกลบค่อนข้างเยอะ จึงทำให้ปริมาณลดลง

อีกตัวอย่างหนึ่งคือการผลักดันเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก โดยเครื่องผลิตก๊าซจากแกลบและเครื่องยนต์ผลิตก๊าซซึ่งเป็นที่แพร่หลายไม่นานมานี้ เครื่องผลิตก๊าซทั้งหมดผลิตภายในประเทศและเป็นประเภทใช้กระแสลมแบบพัดลม แกลบถูกป้อนจากด้านบนและใช้ไถป้อนลงด้านล่าง องค์กรประกอบอื่นๆ ได้แก่ เครื่องคัดจับด้วยน้ำ (water scrubber), ตัวกรอง และเครื่องยนต์ผลิตก๊าซและผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากพม่า เครื่องจักรดีเซลมือสองจากญี่ปุ่น (รถและรถบรรทุก) ถูกปรับแต่งสำหรับเครื่องยนต์ผลิตก๊าซโดยการเปลี่ยนหัวฉีดกับปลั๊กในการจุดไฟ ปริมาณที่ผลิตได้ของเครื่องผลิตก๊าซส่วนมากคือ 20-50 กิโลวัตต์ ซึ่ง 20 กิโลวัตต์สามารถผลิตได้จากแกลบ 30 กิโลกรัม/ชั่วโมง เครื่องผลิตก๊าซประเภทนี้ประมาณ 100 เครื่อง และระบบผลิตไฟฟ้าถูกใช้ในปี 2000 และคาดการณ์ว่าในปี 2005 จะมีถึง 300 เครื่อง โรงงานผลิตไฟฟ้าจากก๊าซผลิตภายใต้กระทรวงพาณิชย์ พมามีความสามารถในการผลิตได้ 140-160 กิโลวัตต์ โดยการใชระบบที่มีเครื่องผลิตก๊าซแบบใช้กระแสลมพัดลม, มีท่อครอบด้วยน้ำเย็นที่ส่วนล่างของเตาหลอมและระบบกำจัดขี้เถ้า ผลิตภัณฑ์ก๊าซจะถูกคัดจับด้วยเครื่องคัดจับด้วยน้ำและเก็บไว้ในถังก๊าซก่อนขนส่งไปยังเครื่องยนต์ก๊าซ มีหนังสือกล่าวไว้ว่าระบบนี้ขายในราคา 350 kJPY (ราคาของผลิตผลทางการเกษตรเป็น 1/100 ของในญี่ปุ่น) ส่วนประกอบของก๊าซแสดงในตาราง 7.3.1

ตาราง 7.3.1 ส่วนประกอบของก๊าซที่ได้จากแกลบ

คาร์บอนไดออกไซด์	12.6%
คาร์บอนมอนอกไซด์	17.9%
ไนโตรเจน	57.0%
ออกซิเจน	0.9%
ไฮโดรเจน	8.8%
มีเทน	1.9%
อื่นๆ	0.9%

การผลิตก๊าซทำโดยใช้โคลหะและแรงงานคน แต่มีกรทำให้เครื่องมือได้มาตรฐานและยังมีเครื่องมือส่วนที่เหลือเก็บไว้ พม่ายังคงมีกฎหมายมากมาย สารชีวมวลและเศษที่เหลืออื่นๆ จำเป็นต้องถูกใช้เนื่องจากการขาดผลผลิตทางการเกษตรและเชื้อเพลิง มีการใช้ขานอ้อยที่ผลิตจากการไถน้ตาลสำหรับการสร้างพลังงานส่วนตัว แกลบและถ่านหินใช้ในหลายวัตถุประสงค์ซึ่งไม่มีสิ่งเหลือค้าง โรงโมข้าวส่วนตัวแห่งหนึ่งอยากพัฒนาเครื่องผลิตไอน้จากแกลบและเครื่องจักรไอน้เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพมากขึ้น

เมื่อไม่นานมานี้โรงโมข้าวต้องเผชิญปัญหาจากนโยบายที่ปล่อยเศรษฐกิจอย่างอิสระ แม้ว่าจะอยู่ในบริเวณที่กำหนด การขาดแคลนไฟฟ้าและเชื้อเพลิงจากซากพืชซากสัตว์จะยังคงมีอยู่ และคาดการณ์ว่าจะมีการใช้งานเครื่องผลิตก๊าซขนาดเล็กและระบบเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซมากขึ้นเรื่อยๆ เพื่อช่วยผลักดันโรงโมข้าวและหน่วยงานอื่นๆ ในปัจจุบันยังไม่มีการนำเชื้อเพลิงชีวภาพมาใช้ แต่พมามีพื้นที่กว้างขวาง, สภาพอากาศที่ดี และมีทรัพยากรป่าไม้ที่มีประสิทธิภาพสูง ในระยะยาวมีศักยภาพในการผลิตไบโอเอทานอลและไบโอดีเซลเช่นเดียวกับในประเทศไทย มาเลเซีย และอินโดนีเซีย

รูปแบบของสารชีวมวลที่เหมาะสมแตกต่างกันไปในแต่ละกรณี ขึ้นกับสภาวะทางธรรมชาติ สังคม และเศรษฐกิจ ดังนั้นการวางแผนอย่างประณีตจึงมีความจำเป็น เพื่อจะรวบรวมข้อมูลของวัตถุประสงค์นี้ มีความต้องการความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยและหน่วยงานอื่นๆ ความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัย องค์กรการศึกษา NPO และองค์กรระหว่างประเทศจะช่วยกระตุ้นการใช้งานของสารชีวมวลขนาดเล็ก

พม่าเป็นประเทศพทุทซึ่งมีระดับการศึกษาสูง (อัตราส่วนนักเรียนเป็น 96.56% อัตราส่วนคนที่อ่านออกเขียนได้เป็น 93.3%) การพัฒนาเศรษฐกิจอาจจะช้าในหมู่ประเทศอาเซียน แต่การพัฒนาี้มหาวิทยาลัยต่างชาติและองค์กรการศึกษาสามารถช่วยเหลือได้มาก

### **ข้อมูลเพิ่มเติม**

Myanmar Ministry of Information. Myanmar: Building a Modern State (2004)

Myat Thein. Economic development of Myanmar, Institute of Southeast Asian Studies, Singapore (2004)

San San Rice Husk Gasifier. San San Cooperative Ltd., No. 279, Shwegondine Road. Bahan Township, Yangon, Myanmar (2005)

The paddy husk gas generating plant. Myanmar Agricultural Produce Trading (MAPT). Ministry of Commerce, Yangon Division, Mingalartaungnyunt Township, Yangon (2003)

Makoto Hoki, Hideto Mashimo, “Tonan Ajia shokokuni okeru baiomasu riyono doko”, J. Jpn. Inst. Energy, submitted. (in Japanese)

United Nations, Statistics Division, “Sekai tokei nenkan”, Hara Shobo (2005). (in Japanese)

Shin-ichi Yano, “Ajiani okeru bioennryo seisan riyono tenboto sansokendeno seizo gijutu kaihatsu”, Kankyo Gijutsu, 36(12), 7-12 (2007). (in Japanese)

#### 7.4 ลาว

สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวเป็นประเทศที่เต็มไปด้วยภูเขา มีประชากรประมาณ 5.6 ล้านคน มากกว่า 80% อาศัยในเขตชนบท และประกอบอาชีพเกษตรกรรมและปลูกข้าว เป็นประเทศที่มีการพัฒนาทางเศรษฐกิจน้อยในเอเชีย ซึ่งมีผลิตภัณฑ์มวลรวมแห่งชาติ (Gross National Product- GNP) ประมาณ 500 ดอลลาร์สหรัฐต่อปี (2006)

เศรษฐกิจหลักในลาวมาจากเกษตรกรรม ป่าไม้, โรงผลิตไฟฟ้า, เหมืองแร่, อุตสาหกรรมขนาดเล็ก และเกษตรกรรมเป็น 42.2% ของผลิตภัณฑ์มวลรวมแห่งชาติ ในขณะที่อุตสาหกรรมเป็น 31.5% บริการ 25.4% และการนำเข้า 0.9% (ในปี 2006) ลาวใช้แหล่งทรัพยากรทางพลังงานท้องถิ่นที่สำคัญในการสร้างพลังงานไฟฟ้า พลังงานน้ำเป็นแหล่งที่มีประสิทธิภาพที่สุดในด้านต้นทุน ทรัพยากรพลังงานมีขอบข่ายจากแหล่งพลังงานท้องถิ่น เช่น เชื้อเพลิงไม้กลายเป็นถ่าน ไปจนถึงพลังงานน้ำ พื้นที่ป่าซึ่งครอบคลุม 40% ของพื้นที่ทั้งหมดเป็นแหล่งที่มีศักยภาพสำหรับพลังงานท้องถิ่น

หน่วยงานพลังงานของลาวมีความก้าวหน้าที่ดีคือ 54.1% ของประชากรที่ใช้ไฟฟ้าในปี 2006 แต่การใช้พลังงานหลักมาจากเชื้อเพลิงไม้สำหรับการประกอบอาหาร

เพื่อให้สอดคล้องเป้าหมายของรัฐบาลในการเพิ่มการใช้ไฟฟ้าใช้ตามครัวเรือนเป็น 70% ของบ้านเรือนทั้งหมดในปี 2010 และ 90% ในปี 2020 รัฐบาลจึงจัดตั้งนโยบายด้านพลังงาน ดังนี้:

1. รักษาและขยายพลังงานที่หาได้ ที่เชื่อถือได้ และที่ยั่งยืนในประเทศลาว เพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม
2. สนับสนุนการสร้างพลังงานในด้านการส่งออกเพื่อเพิ่มรายได้ เพื่อให้ตรงกับเป้าหมายการพัฒนา GOL
3. พัฒนาและยกระดับขอบข่ายการทำงานทางกฎหมายเพื่อพัฒนาอย่างถูกต้อง และก่อให้เกิดการพัฒนาพลังงาน
4. ทำให้โครงสร้างของสถาบันแข็งแกร่งขึ้นเพื่อชี้แจงความรับผิดชอบ ทำให้บทบาททางด้านการค้าและการบริหารมีประสิทธิภาพสูง

ในการที่จะให้ได้เป้าหมายและนโยบายเหล่านั้น ปัจจุบันนี้มีการพัฒนาพลังงานน้ำมากกว่า 50 MOU ซึ่งมีความสามารถในการผลิต 5-1080 เมกะวัตต์ และ 6 โครงการกำลังอยู่ภายใต้การก่อสร้าง หากพิจารณาที่แผนพัฒนาพลังงานน้ำ จะเห็นได้ว่ามีขยะเศษไม้ในอ่างเก็บน้ำที่ต้องการจัดเก็บ และหากมีเทคโนโลยีที่ดีและการลงทุนขนาดใหญ่จะสามารถสร้างโครงการสารชีวมวลในลาวได้

ลาวนำเข้าเชื้อเพลิงจากซากพืชซากสัตว์ 100% ในปัจจุบันมี 3 บริษัทที่สำรวจก๊าซและน้ำมันธรรมชาติ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 10 ปีในการรวบรวมข้อมูลทั้งหมดและสำหรับการผลิตก๊าซและน้ำมันธรรมชาติ (หากเป็นไปได้) สำหรับการลดการนำเข้าเชื้อเพลิงและการใช้เชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพสูง รัฐบาลลาวสนับสนุนเชื้อเพลิงชีวภาพเป็นไบโอดีเซลจากสบู่ดำ และน้ำมันปาล์ม และไบโอเอทานอลจากอ้อย

หลังจากรัฐบาลประกาศการสนับสนุนเชื้อเพลิงชีวภาพ บางบริษัทเริ่มธุรกิจโดยการปลูกไร่สบู่ดำ เพื่อผลิตไบโอดีเซล ผู้ลงทุนรายใหญ่ที่สุดได้แก่ Kolao Farm Company ซึ่งเป้าหมายคือปลูกสบู่ดำ 40,000 เฮกเตอร์ โรงงานกำลังอยู่ในระหว่างก่อสร้างซึ่งห่างจากเทศบาลเมืองเวียงจันทน์ประมาณ 70 กิโลเมตร

บริษัทที่สองคือ Lao Biodiesel Company ซึ่งกำลังเริ่มก่อสร้างโรงงานในจังหวัดจำปาศักดิ์ ในวันที่ 10 มีนาคม 2008 และมีไร่สบู่ดำ 100 เฮกเตอร์

มี 2 บริษัทที่ลงทุนในน้ำมันปาล์ม บริษัทแรกอยู่ในจังหวัดจันทบุรี ซึ่งมีไร่ 25 เฮกเตอร์ เริ่มในปี 2006 บริษัทที่สองอยู่ในจังหวัดบอริลาคาไซ มีไร่ 20 เฮกเตอร์และเริ่มในปี 2006

บริษัทอื่นๆ ที่ลงทุนสบู่ดำเป็นไบโอดีเซลยังเป็นบริษัทเล็กๆ

ภายใต้ความร่วมมือระหว่างลาว-ไทยในด้านพลังงาน กระทรวงพลังงานของไทยมอบเครื่องมือในการผลิตไบโอดีเซลจากสบู่ดำ ให้แก่กระทรวงพลังงานและเหมืองแร่สำหรับการสาธิต

การก่อตั้งไบโอดีเซลเป็นที่นิยมมากกว่าไบโอเอทานอล เพราะต้นทุนและเทคโนโลยีของไบโอเอทานอลสูงและมีเพียงโรงงานน้ำตาลเพียงโรงงานเล็กๆ แห่งเดียวในลาว โรงงานอีก 2 แห่งกำลังอยู่ระหว่างการก่อสร้างในจังหวัดสุวรรณเขต

เนื่องจากเอกสารสำหรับการก่อตั้งพลังงานชีวภาพในลาวไม่สมบูรณ์ กรมไฟฟ้า, กระทรวงพลังงานและเหมืองแร่จึงขอ New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO) ซึ่งมีสำนักงานตัวแทนในกรุงเทพฯ เพื่อช่วยเหลือทางการเงินในการจ้าง Lao Institute of Renewable Energy (LIRE) ในประเทศลาว เพื่อจะค้นคว้าและร่างข้อเสนอแนะสำหรับกลยุทธ์และนโยบายในการก่อตั้งไบโอดีเซลในลาว

เป้าหมายของรัฐบาลคือเพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงจากซากพืชซากสัตว์ 5% โดยการก่อตั้งการผลิตไบโอดีเซล รายละเอียดของกลยุทธ์และนโยบายจะมีการพัฒนามากขึ้น

## 7.5 บรูไน

### 7.5.1 ขอบเขตทั่วไป

บรูไนมีแหล่งทรัพยากรเชื้อเพลิงจากซากพืชซากสัตว์ขนาดใหญ่ เช่น น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ และผลิตภัณฑ์มวลรวมแห่งชาติมากกว่าครึ่งมาจากการส่งออกทรัพยากรเหล่านี้ ดังนั้นจึงไม่ต้องการการลงทุนในการพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพมากนัก

ในขณะที่พื้นที่เล็ก (5,770 ตารางกิโลเมตร) และการเพาะปลูกเกษตรกรรมค่อนข้างเล็ก ดังนั้นส่วนมากจึงต้องมีการนำเข้าอาหาร แผนพัฒนาแห่งชาติมักจะเน้นการพัฒนาสัดส่วนที่สามารถเลี้ยงตนเองได้ของอาหาร อย่างไรก็ตามตั้งแต่การประกาศเอกราชในปี 1984 รัฐบาลได้มีการพัฒนาขึ้นและมีอาชีพที่มีรายได้สูงที่ค่อนข้างคงตัว ซึ่งทำให้เกิดการย้ายของประชากรจากด้านเกษตรกรรม โดยทั่วไปแล้วการเกษตรคงที่และความสามารถในการผลิตของผลิตภัณฑ์มวลรวมแห่งชาติทั้งหมดคิดเป็นเพียง 2.7% เท่านั้น

### 7.5.2 สภาวะทางธรรมชาติของบรูไน

ทั้งประเทศอยู่ในเขตร้อนชื้น ป่าไม้เขตร้อนชื้นคิดเป็น 80% ของพื้นที่ทั้งหมด (4,690 ตารางกิโลเมตร) ป่าไม้ 70% ยังไม่ได้มีการเพาะปลูกซึ่งครึ่งหนึ่งเป็นเขตอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม พื้นที่ถูกแบ่งเป็นบริเวณตะวันออกและตะวันตก และบริเวณตะวันออกของกลุ่มน้ำแม่น้ำเทมพลอนอยู่ระหว่างการพัฒนาป่า ยกเว้นบริเวณชายฝั่ง และสร้างอุทยานแห่งชาติขนาดใหญ่ ประชากรส่วนใหญ่อาศัยในเขตตะวันตก 3 เขตหลักๆ

ความสามารถในการผลิตทางการเกษตรของประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ถือว่าต่ำเมื่อเทียบกับบริเวณแถบมหาสมุทรอินเดีย พื้นดินสูญเสียความเค็มและไม่เหมาะกับการเกษตร ดินไม้ที่ถูกตัดโค่นและใบไม้เน่าเปื่อยโดยจุลินทรีย์และปลวก ทำให้ไม่มีแร่ธาตุที่เกิดจากการทับถมของซากพืชซากสัตว์ และจากผลกระทบของความร้อน น้ำ และองค์ประกอบของดินที่นอกเหนือจากอะลูมิเนียมออกไซด์และไอรอนออกไซด์ที่ถูกชะล้างได้ง่าย ดังนั้น ดินจึงแห้งแล้ง ในป่าเขตร้อน สารอาหารไม้ได้ถูกเก็บไว้ที่ดินแต่เก็บไว้โดยต้นไม้และพืช

การเกษตรขนาดเล็กรวมถึงการเก็บเกี่ยวข้าวในป่าภายในเขตภูเขาและนาข้าวแบบขั้นบันได ในระยะสั้นมีการปลูกเผือกโดยใช้ดินโคลนเพื่อใช้สารอาหารจากป่าไม้ชีวภาพ แต่จะทำลายป่าซึ่งเป็นแหล่งเก็บสารอาหารที่สำคัญ และสารอาหารในดินถูกใช้หมดภายใน 2 ปี หลังจากนั้นดินจะแห้งแล้ง

ในพื้นที่ที่มีความชุ่มชื้นต่ำที่ซึ่งมีสารอาหารที่ถูกชะล้างได้ง่ายสามารถปลูก Sago palm ได้ มีการสร้างป่าหนองบึงขึ้นในบริเวณแห่งนี้ ป่าหนองบึงนี้ประกอบด้วยต้นไม้เตี้ยๆ และต้นไม้ที่โตในระดับเดียวกันซึ่งก่อให้เกิดแสงสว่างที่ดี แต่เนื่องจากขาดออกซิเจนในดินจึงทำให้ปราศจากการเน่าเปื่อยจากซากพืชซากสัตว์ จึงก่อให้เกิดปุ๋ยและเชื้อเพลิงที่ได้จากการทับถมของต้นไม้ในหนองบึง แม้ว่าจะมีพื้นที่เกษตรกรรมแต่หากผิวหนังเริ่มทรุดพื้นที่นี้จึงไม่เหมาะกับการเกษตร

ที่บริเวณชายฝั่งมีป่าโกงกางในบริเวณน้ำกร่อยที่ซึ่งกระแสน้ำทะเลพัดขึ้นและลง ดินบริเวณป่านี้จึงมีความเป็นกรดเนื่องจากความเป็นกรดบริเวณรากของไม้โกงกาง บริเวณนี้ไม่เหมาะกับการเกษตรกรรมริมลำธารเล็กหรือ โคลนและมักจะแห้งแล้งในการเกษตร จนในศตวรรษที่ 20 ใช้เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ปลา

### 7.5.3 นโยบายของบรูไน

ในแผนที่ 7 ซึ่งมีระยะเวลา 5 ปี (1996-2000) รวมถึงการกระตุ้นการเกษตรกรรมเพื่อพัฒนาอัตราการเลี้ยงตนเองของผลิตภัณฑ์การเกษตรที่หลากหลาย แต่อัตราส่วนมีเพียง 20% ทำให้การพัฒนาพลังงานชีวภาพเป็นไปได้ยาก

ในแผนที่นี้ได้มีการศึกษาเพื่อที่จะพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงและระบบการผลิตที่เหมาะสมกับสภาวะธรรมชาติของประเทศ เพื่อให้ความต้องการด้านอาหารเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี มีการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ เช่น การเพาะปลูกในน้ำและขยายพื้นที่เกษตรกรรม ในการดำเนินการเพาะปลูกโดยใช้น้ำ ค่าใช้จ่ายครั้งหนึ่งใช้ในการซื้อเครื่องมือและปุ๋ย กระทรวงเกษตรอนุภูมิภาคพัฒนาพื้นที่ใหม่ในปี 2000 ซึ่งใช้สำหรับการปลูกผัก (50 เฮกเตอร์) ผลไม้ (500 เฮกเตอร์) และปศุสัตว์ (100 เฮกเตอร์)

ความพยายามในการพัฒนาอัตราการเลี้ยงตนเองคือการรับผลกระทบด้วยตัวของมันเอง ในปี 2004 ไข่สันตลัด 100 ล้านฟอง/ปี ไก่ 13 ล้านตัวซึ่งทำให้ได้อัตราการเลี้ยงตนเองเกือบ 100% (อาหารสัตว์ส่วนมากเป็นการนำเข้า) อย่างไรก็ตามอัตราการเลี้ยงตนเองของอาหารอื่นๆ ยังคงต่ำ เช่น ผักเมืองร้อน 53% นม 13% เนื้อวัว 3.85% แพะ 3% พืชอื่นๆ 2% ข้าว 1% การเกษตรจำเป็นต้องพัฒนาอีกมาก

### 7.5.4 คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์สารชีวมวล

สาгу (Sago palm หรือ Metroxylon sago) ถือเป็นลักษณะของบริเวณนี้ ซึ่งผลิตแบ่งได้เป็นจำนวนมาก การผลิตสาгуแพร่กระจายจากเอเชียตะวันออกเฉียงใต้สู่ออสเตรเลีย (Oceania) บรูไนจัดเป็นเขตที่ผลิตสาгу เช่นเดียวกับเกาะเซเลเบส (Celebes Island) และ โมลัคคัส (Moluccas) ซึ่งเป็นบริเวณที่ผลิตแบ่งสาгуได้มากและเป็นแหล่งผลิตหลัก



สาขุ จัดอยู่ในตระกูลปาล์มแต่เป็นพืชดอก (angiosperm) ที่เฉพาะตัว เพราะจะได้แป้งจากลำต้น 16 ปีหลังจากการปลูกหรือ 10 ปีในสภาวะที่ที่จะเกิดลำต้นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 40-60 เซนติเมตรและความสูง 12-15 เมตร และเก็บแป้งไว้ภายในเพื่อเตรียมการงอกของดอกและผล แป้งเหล่านี้ใช้ในการผสมพันธุ์ จากนั้นต้นไม้จึงตายซึ่งเหลือเมล็ดไว้ ต้นไม้จะถูกตัดก่อนการงอกของดอกในขณะที่ปริมาณแป้งมากที่สุด และถูกตัดที่ความยาวน้อยกว่า 1 เมตร ลำต้นมีเปลือกหนาหลายเซนติเมตร ถูกตัดตามแนวตั้งและแก่นกลางขวาแป้งถูกดึงออกมาซึ่งประกอบด้วยไฟเบอร์ภายในแป้งได้จากการคลายแก่นกลาง ล้างด้วยน้ำเอาไฟเบอร์ออกด้วยตาข่ายคล้ายการตกตะกอนในน้ำ ด้วยวิธีนี้จะได้แป้ง 300-500 กิโลกรัมน้ำหนักเปียก (100-150 กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง) จากต้นไม้แก่ 1 ต้น

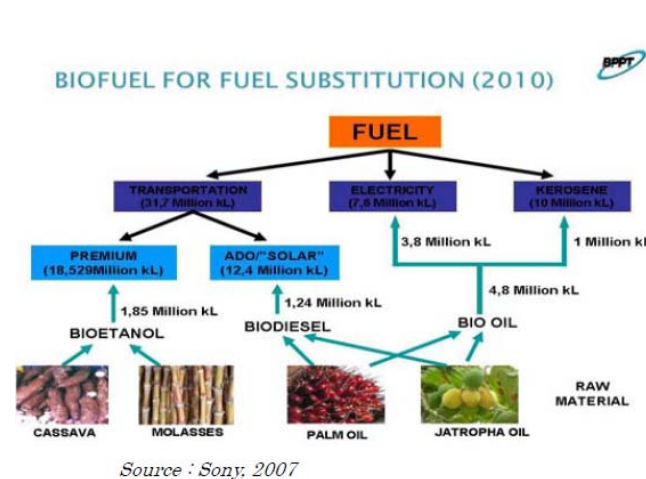
ข้อได้เปรียบของการปลูกสาขุคือการจัดการง่าย ปริมาณแป้งที่ได้เยอะ และใช้แรงงานน้อย สาขุสามารถปลูกในดินที่เกิดจากซากพืชทับถมกัน ซึ่งพืชส่วนมากไม่สามารถปลูกได้และยังไม่ทำลายดินอีกด้วย สาขุเป็นพืชที่เหมาะสมที่สุดในบริเวณชายทะเลของป่าเขตร้อนชื้น

การผลิตเอทานอลจากแป้งสาขุเป็นวิธีที่ง่าย แต่อัตราการเลี้ยงตนเองค่อนข้างต่ำ และการผลิตแป้งสำหรับเชื้อเพลิงชีวภาพเป็นไปได้ยากในทางปฏิบัติ

### ข้อมูลเพิ่มเติม

Sano, H. in “Biomass Handbook”, Japan Institute of Energy Ed., Ohm-sha, 2002, p.37. (in Japanese) “Baiomasu yogo jiten”, Japan Institute of Energy Ed., 2006, p.178. (in Japanese)

## 7.6 อินโดนีเซีย



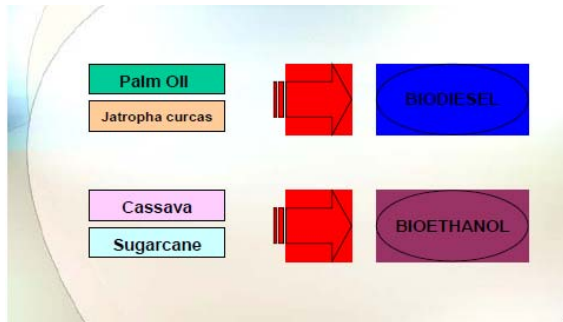
Source : Sony, 2007

รูป 7.6.1 เชื้อเพลิงชีวภาพ แทนที่เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์

แหล่งพลังงานที่ใหญ่ที่สุด รัฐบาลอินโดนีเซียจึงตั้งเป้าว่าในปี 2025 จะต้องสร้างเชื้อเพลิงชีวภาพอย่างน้อย 5% จากพลังงานผสมของทั้งประเทศ เป้าหมายระยะกลางคือ ในปี 2010 เชื้อเพลิงชีวภาพจะต้องเป็นส่วนสำคัญของทรัพยากรพลังงานในส่วนครัวเรือนและทางการค้า ส่วนการขนส่งและพลังงานในโรงงาน เชื้อเพลิงชีวภาพจะแทนที่น้ำมัน สามารถดูได้จากรูป 7.6.1 ในด้านการขนส่ง เชื้อเพลิงชีวภาพในรูปแบบของไบโอดีเซลจะมีถึง 1.85 ล้านกิโลลิตรของการขนส่งพลังงานผสม ไบโอดีเซล 1.24 ล้านกิโลลิตร และไบโอดีล 4.8 ล้านกิโลลิตรในปี 2010 โดยรวมแล้วเชื้อเพลิงชีวภาพจะเพิ่มขึ้นเป็น 10%

อินโดนีเซียมีทรัพยากรธรรมชาติท้องถิ่นที่กว้างขวาง เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน พลังงานน้ำ พลังงานความร้อนภายในโลก พลังงานแสง และสารชีวมวล อย่างไรก็ตามอินโดนีเซียมีปัญหาที่การใช้พลังงานหลักไม่เพียงพอ สัดส่วนของน้ำมันในพลังงานผสมยังคงครองการใช้งานภายในประเทศประมาณ 52% จากนั้นเป็นก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน พลังงานน้ำ และพลังงานความร้อนภายในโลก การใช้ประโยชน์ของเชื้อเพลิงชีวภาพค่อนข้างน้อย เพื่อที่จะทำให้พลังงานผสมสุดท้ายสมดุลและเพื่อที่จะหมุนเวียนน้ำมันให้เป็น

ของพลังงานผสมเฉพาะในส่วนการขนส่ง สำหรับส่วนการใช้ในครัวเรือน การค้าและโรงงาน เชื้อเพลิงชีวภาพจะใช้ในรูปแบบ น้ำมันก๊าดชีวภาพและ ไบโอดีเซลหรือน้ำมันบริสุทธิ์ (Pure Plantation Oil)



รูป 7.6.2 วัตถุดิบสำหรับเชื้อเพลิงชีวภาพ

ศักยภาพที่สูงของวัตถุดิบเชื้อเพลิงชีวภาพในอินโดนีเซีย ได้มาจากวัตถุดิบเชื้อเพลิงชีวภาพที่หลากหลายที่สามารถพัฒนาได้ ปาล์มน้ำมันและสบู่ออกถูกพัฒนาให้เป็นวัตถุดิบสำหรับไบโอดีเซล ขณะที่มันสำปะหลังและอ้อยเป็นวัตถุดิบสำหรับไบโอเอทานอล (รูป 7.6.2) อย่างไรก็ตามอินโดนีเซียยังเปิดกว้างต่อการพัฒนาวัตถุดิบสำหรับเชื้อเพลิงชีวภาพอื่นๆ เช่น ข้าวโพด, สาเก, ต้นตาล และข้าวฟ่างสำหรับไบโอเอทานอลและมะพร้าวสำหรับไบโอดีเซล ซึ่งขึ้นกับศักยภาพของพลังงานชีวภาพในแต่ละพื้นที่ ได้มีการ

สำรวจพื้นที่ที่มีศักยภาพสำหรับเขตเชื้อเพลิงชีวภาพโดยรัฐบาล ซึ่งแสดงในรูป 7.6.3



No	Location	Commodity
1	Pacitan – Wonogiri – Wonosari (Pawonsari)	Cassava
2	Garut – Cianjur – Sukabumi Selatan	Cassava
3	Lebak – Pandeglang	Jatropha
4	Lampung – Sumsel – Jambi	Cassava, Sugarcane, jatropha, Palm
5	Riau	Palm
6	Aceh	Cassava, Sugarcane, Jatropha
7	Kaltim	Jatropha, Palm
8	Sulsel – Sultra – Sulteng – Gorontalo	Cassava, Sugarcane, Jatropha, Palm
9	NTB - NTT	Cassava, Jatropha
10	Maluku Utara	Sugarcane, Jatropha
11	Papua Utara and Irijabar	Palm
12	Merauke – Mappi – Boven Digul – Tanah Merah	Cassava, Sugarcane, Jatropha, Palm

รูป 7.6.3 พื้นที่ที่มีศักยภาพสำหรับเขตเชื้อเพลิงชีวภาพ

แหล่งพลังงานสารชีวมวลของอินโดนีเซียหลักๆ มาจากปาล์ม (แหล่งทรัพยากรธรรมชาติสำคัญเพราะเป็นป่าไม้เขตร้อนชื้น) พืชผลที่เก็บเกี่ยวได้ทางสังคม พืชผลที่เก็บเกี่ยวได้ทางการเกษตร และของเสียจากเมือง สำหรับพืชผลที่เก็บเกี่ยวได้ทางสังคม แหล่งทรัพยากรชีวภาพที่สำคัญอันหนึ่งได้แก่ การปลูกปาล์มน้ำมัน อินโดนีเซียเป็นประเทศที่ผลิตปาล์มน้ำมันได้มากเป็นอันดับสองของโลกซึ่งคิดเป็น 18% ของการผลิตในโลกรองจากมาเลเซีย ซึ่งอินโดนีเซียมีพื้นที่การเพาะปลูกประมาณ 6 ล้านเฮกเตอร์และผลิตน้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil-CPO) ได้ 15 ล้านตันในปี 2006 (รูป 7.6.4)

อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันในอินโดนีเซียยังคงเติบโตอย่างรวดเร็วโดยการใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถผลิตของเหลือใช้ได้เป็นร้อยตันในรอบปี โอกาสเหล่านี้ทำให้อินโดนีเซียและประเทศอื่นๆ สามารถผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพปริมาณมาก (น้ำมันปาล์มดิบ 100,000 ตันจะผลิตไบโอดีเซลได้ 100,000 ตัน และกลีเซอรอลได้ 12,000 ตัน) และไอน้ำกับพลังงานไฟฟ้าจากสารชีวมวลที่เหลือ ในขณะที่ช่วยบรรเทาผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้งในและต่างประเทศได้

ส่วนที่เหลือจากกระบวนการผลิตปาล์มน้ำมัน ได้แก่ กากผลปาล์มสดหลังการสกัดน้ำมัน (fresh fruit bunches-FEB) หรือผลปาล์มน้ำมันที่ผลิตน้ำมันปาล์มดิบ และน้ำมันเมล็ดในปาล์ม (Kernel Palm Oil-KPO) ซึ่งสามารถใช้ผลิตไบโอดีเซลหรือเพื่อสร้างไอน้ำและพลังงาน

ภูมิอากาศในอินโดนีเซียเหมาะสมกับอ้อย (*Saccharum officinarum*) อินโดนีเซียเป็นประเทศที่มีอ้อยมากที่สุดและเชื่อว่าเป็นแหล่งกำเนิดของอ้อยในโล (เกาะปาปัว) พื้นที่อย่างน้อย 2 ล้านเฮกเตอร์เหมาะกับไร่ อ้อยซึ่งกระจายอยู่บนเกาะปาปัว (มากที่สุด), เกาะกาลิมันตัน, เกาะสุมาตรา, เกาะมาลุก และเกาะจาวา จากการวางแผนที่เหมาะสม นโยบายและการพัฒนาจะทำให้อินโดนีเซียกลายเป็นประเทศผู้นำในการส่งออกน้ำตาลทรายใหญ่ในโล และยังเป็นประเทศผลิตไบโอดีเซล (คล้ายบราซิล)

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta*) ซึ่งรู้จักในฐานะที่เป็นวัตถุดิบของไบโอดีเซล ได้มีการเพาะปลูกอย่างหนาแน่นโดยเกษตรกรโดยเฉพาะในแลมปุง (Lampung), จาวา และ NTT พื้นที่เพาะปลูกประมาณ 1.24 ล้านเฮกเตอร์ทั่วอินโดนีเซียและการผลิตเป็น 19.5 ล้านตันในปี 2005 การเปลี่ยนจากมันสำปะหลังสู่ไบโอดีเซลเป็น 6.5:1 หรือมันสำปะหลัง 1 ตันจะผลิตไบโอดีเซลได้ 166.6 ลิตร

ต้นสนุดำ หรือเรียกภาษาอังกฤษว่า *Physic nut* เป็นแหล่งชีวภาพอีกแหล่งของเชื้อเพลิงชีวภาพ (ที่ไม่เหมือนปาล์ม น้ำมันและมันสำปะหลัง) เพราะเมล็ดและน้ำมันไม่สามารถบริโภคได้ ดังนั้นจึงไม่มีการแข่งขันระหว่างอาหารและเชื้อเพลิง

ในระหว่างการเข้าครอบครองของญี่ปุ่น (1942-1945) มีการบังคับให้ชาวพื้นเมืองปลูกสนุดำ ซึ่งเป็นสาเหตุว่า สนุดำยังสามารถหาได้ในบริเวณตะวันออกของเกาะในปัจจุบันนี้ เช่น จังหวัด NTT และ NTB มีการตั้งชื่อท้องถิ่นของต้นสนุดำหลายชื่อ เช่น *nawaih nawas* (ACeh), *Jarak kosta* (Sunda), *jarak gundul*, *jarak cina*, *jarak pagar* (Java), *paku kare* (Timor), *peleng kaliki* (Bugis) และอื่นๆ

และเมื่อการเพาะปลูกสนุดำ ได้ถูกพัฒนาในพื้นที่แห้งแล้งมี 2 ชั้นตอนสำคัญที่เกิดขึ้น ได้แก่ การปลูกป่าหรือการปลูกใหม่ และความพยายามในการอนุรักษ์ ซึ่งจะส่งผลต่อการพัฒนาสิ่งแวดล้อมในภูมิภาค และน้ำมันสนุดำสามารถสกัดและใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ ปกติเมล็ดสนุดำมีความจุน้ำมันเฉลี่ย 1,500 ลิตร/เฮกเตอร์/ปี และมีความสามารถในการผลิต 5 ตัน/เฮกเตอร์ของเมล็ดแห้ง และผลได้ของน้ำมัน 30%

หน่วยงานวิจัยและพัฒนาของ *Agriculture Institute, Department of Agriculture* บ่งชี้ประมาณ 19.8 ล้านเฮกเตอร์ของพื้นที่ (ดูในแผนที่บริเวณสี่มุม) จากหลายจังหวัดในอินโดนีเซียเหมาะแก่การปลูกต้นสนุดำ ซึ่ง 14.277 ล้านเฮกเตอร์ของพื้นที่ถูกแบ่งเป็นส่วนที่เหมาะสมมาก และ 5.534 ล้านเฮกเตอร์เป็นส่วนที่เหมาะสม (บริเวณสีเขียว) เหมาะสมกระจายอยู่ใน 31 จังหวัดซึ่งอยู่ในตะวันออกของกาลิมันตัน, ตะวันออกเฉียงใต้ของสุลาเวสี, ตะวันออกของจาวา, ภาคใต้ของกาลิมันตัน, แลมปุง, ปาปัว และตะวันตกของอิเรียนจายา คาดการณ์ไว้ว่าบริเวณการเพาะปลูกสนุดำในอินโดนีเซียจะเพิ่มขึ้นถึง 3 ล้าน



Fig. 7.6.4. Area and production Indonesia oil palm production

รูป 7.6.3 พื้นที่การปลูกและการผลิตปาล์มน้ำมันใน

อินโดนีเซีย (แหล่งที่มา : Wahono, 2007)

เฮกเตอร์ในปี 2015 คาดการณ์ว่า น้ำมันสบู่ดำที่เป็นเชื้อเพลิงจะเป็นส่วนสำคัญในหมู่บ้านชนบทในอินโดนีเซีย ดังนั้นจึงเรียกว่า “หมู่บ้านพลังงานพอเพียง” (Energy Self Sufficient Villages) และในที่สุดจะบรรลุเป้าหมายแก้ความยากจนและการไม่มีงานทำ

Land suitability map for *Jaropha curcas* in Indonesia (1 : 1.000.000)



เป็นที่แน่นอนว่า อินโดนีเซียเป็นประเทศเขตร้อนที่มีทรัพยากรสารชีวมวลที่หลากหลายที่สามารถพัฒนาและใช้ประโยชน์ให้เป็นแหล่งทรัพยากรพลังงานได้ เช่น มะพร้าว (*Cocos nucifera*), ข้าวโพด (*Zea mays*), ข้าวฟ่าง (*Sorgum bicolor L.*), ต้นตั่ว หรือ ชิด (*Arenga pinnata*), ยางพารา (*Hevea brasillensis*), ดอกทานตะวัน (*Helianthus annuus*), ต้นจาก (*Nypa fruticans*), มันเทศ (*Ipomoea batatas L.*), สาเก (*Metroxylon sp.*) และอื่นๆ

### ข้อมูลเพิ่มเติม

Andi Alam Syah. *Biodiesel Jarak Parkar*. PT AgroMedia Pustaka. Jakarta. 2006.

Bambang Prastowo. *Sustainable Production of Biofuel Crops*. Indonesian Center for Estate Crops Research & Development. On Sustainable Aspect of Biofuel Production Workshop, Jakarta. June 21, 2007.

Joashim Heller. *Physic nut*. IPGRI. Germany. 1996.

Bambang Prastowo. *Sustainable Production of Biofuel Crops*. Indonesian Center for Estate Crops Research & Development. On Sustainable Aspect of Biofuel Production Workshop, Jakarta. June 21, 2007.

Paulus Tjakrawan. *Indonesia Biofuels Industry*. Indonesia Biofuels Producer Association (APROBI). On Sustainable Aspect of Biofuel Production Workshop, Jakarta. June 21, 2007.

Rama Prihadana et al. *Bioethanol Ubi Kayu : Bahan Bakar Masa Depan*. PT AgroMedia Pustaka. Jakarta. 2007.

Soni S. W. *Energy Generation Opportunities from Palm Oil Mills in Indonesia*. 4<sup>th</sup> Asia Biomass Workshop. Kuala Lumpur, November, 2007.

Sudradjat H.R. *Memproduksi Biodiesel Jarak Pagar*. Penebar Swadaya. Jakarta. 2006.

Tim Nasional Pengembangan BBN. *Bahan Bakar Nabati*. Penebar Swadaya. Jakarta. 2007.

Wahono Sumaryono. *Palm Complex Model : An integrated preliminary concept for sustainable plantation and CPO-based industries*. 4<sup>th</sup> Asia Biomass Workshop. Kuala Lumpur, November, 2007.

## 7.7 กัมพูชา

### 7.7.1 แหล่งทรัพยากรสารชีวมวลในกัมพูชา

แหล่งทรัพยากรสารชีวมวลเช่นไม้และขยะจากเกษตรกรรมมีมากมายในกัมพูชา คาดการณ์ว่าเชื้อเพลิงสารชีวมวลคิดเป็น 80% ของการใช้พลังงานทั้งประเทศ (MIME 2001) แต่เชื้อเพลิงสารชีวมวลที่ใช้สำหรับเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานถูกจำกัดสำหรับโครงการเล็กๆ บางโครงการ และเป็นปริมาณน้อยสำหรับการผลิตพลังงานธรรมชาติสารชีวมวลจากไม้มีมากกว่า 95% ของพลังงานสารชีวมวลที่ใช้ในประเทศ

จากการสำรวจเริ่มต้น เปลือกข้าวและขยะจากการเกษตรอื่นๆ, ต้นยางพาราที่แก่แล้วเกิดขึ้นจากการปลูกพืชใหม่ และไม้จากป่าได้จากการปลูกและการจัดการป่าไม้ธรรมชาติถือเป็นแหล่งทรัพยากรพลังงานที่มีศักยภาพสูงสำหรับการสร้างพลังงานไฟฟ้า สถานะของแหล่งพลังงานชีวมวลที่มีศักยภาพสูงเหล่านี้อธิบายไว้ดังนี้ :

ก. เปลือกข้าว : ในปี 2003 มีการปลูกข้าว 2.3 ล้านเฮกเตอร์ของพื้นที่และได้ผลผลิต 4.7 ล้านตัน (MAFF 2003) โครงการ COGEN3 ซึ่งได้รับเงินสนับสนุนจากคณะกรรมการยุโรป (European Commission) เพื่อการสนับสนุนการผลิตในกลุ่มประเทศอาเซียน (ASEAN) ได้มีการศึกษาการลงทุนสำหรับโครงการร่วมผลิตชีวภาพที่มีศักยภาพสำหรับความสามารถในการผลิตไฟฟ้า 1.5 ล้านวัตต์ ที่โรงสีข้าว *Angkor Kasekam Roongroeng* นอกเมืองพนมเปญ

ข. เปลือกมะม่วงหิมพานต์ : มะม่วงหิมพานต์ (*Anacardium occidentale*) เป็นพืชในตระกูลไม้ดอก *Anacardiaceae* มะม่วงหิมพานต์เป็นเมล็ดเดี่ยวของผล มีการปลูกมะม่วงหิมพานต์ 37,140 เฮกเตอร์ในกัมพูชา (MAFF 2004) และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การผลิตในกัมพูชาจะเพิ่มถึง 14,000 ตัน/ปี

ค. ขยะจากการเกษตรอื่นๆ : ชานอ้อยเป็นขยะจากกระบวนการผลิตน้ำตาลจากอ้อย ซึ่งมีน้ำหนักถึง 30% ของน้ำหนักอ้อยทั้งหมด ระบบการสร้างพลังงานเผาไหม้โดยตรงได้นำมาใช้กับกระบวนการของน้ำตาลในโรงงานอย่างกว้างขวางในประเทศผู้ผลิตน้ำตาลขนาดใหญ่ กัมพูชาผลิตอ้อยได้ 330,649 ตันในปี 2003 การผลิตมันสำปะหลังในปี 2003 สามารถผลิตได้ 330,649 ตันและพื้นที่สวนมะพร้าวมี 27,054 เฮกเตอร์ การผลิตขยะจากมะพร้าวและมันสำปะหลังไม่เป็นที่เปิดเผย การผลิตถั่วในปี 2003 เป็น 18,483 ตัน เปลือกถั่วคิดเป็น 30% ของน้ำหนักถั่วทั้งหมด

ง. สารชีวมวลของเปลือกไม้จากป่า : ประชากร 95% ขึ้นกับพลังงานจากไม้สำหรับการประกอบอาหาร (NIS 1999) และพลังงานชีวมวลครอบคลุม 86% ของการผลิตพลังงานทั่วประเทศ (ADB 1996) การใช้พลังงานจากไม้คาดว่าจะมีถึง 6 ล้านลูกบาศก์เมตร ขณะที่การผลิตขงประมาณ 1.5 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี 1995 (ธนาคารโลกและอื่นๆ 1995)

จ. การปลูกพืช : มีการปลูกป่าทั้งหมด 11,125 เฮกเตอร์ซึ่งหลักๆ คือ *Acacia spp.* และ *Eucalyptus spp.* ในกัมพูชา (2003) วัตถุประสงค์ของการปลูกพืชคือการผลิตอุปกรณ์จากไม้สำหรับการส่งออก

ฉ. การทำไร่ : การทำไร่ของพืชโตเร็วเป็นวิธีที่เหมาะสมของการผลิตสารชีวมวลสำหรับระดับการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน *Anlong Ta Mei Community Energy Cooperation* ในจังหวัดพระตะบอง เป็นบริษัทผลิตพลังงานชีวมวลแห่งเดียวในทางปฏิบัติที่ใช้ระบบการทำไร่สำหรับการผลิตเชื้อเพลิงในกัมพูชา

ช. ป่าไม้ชุมชน : ป่าไม้ชุมชน (Community Forestry-CF) ถือเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญในการจัดการป่าไม้ในระยะยาวของกัมพูชา กิจกรรมหลักๆ ของป่าไม้ชุมชน คือ การจัดการป่าไม้ที่มีอยู่อันดับแรกหรือป่าไม้ที่ลดลง แทนที่จะปลูกป่าใหม่

### 7.7.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าชีวมวลในปัจจุบันในกัมพูชา

มีอุปกรณ์การสร้างพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลในกัมพูชา

ก. ศูนย์กลางการพัฒนาเกษตรและปศุสัตว์ (Centre for Livestock and Agriculture Development-CelAgrid) CelAgrid เป็นสถาบันที่ทำงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาชนบทโดยเน้นที่เทคโนโลยีเกษตรกรรม มีพนักงานที่จบปริญญา 17 คนและนักเรียน 40 คนทำงานในสถาบัน ซึ่งซื้อระบบการสร้างกระแสไฟฟ้าจากการผลิตก๊าซชีวมวล 9 kWe(gross) จาก *Ankur Scientific* (อินเดีย) ในกันยายน ปี 2004 ปัจจุบันสถาบันกำลังทำงานวิจัยเกี่ยวกับการเปรียบเทียบความแตกต่างสารชีวมวล เช่น เปลือกมะพร้าว, ลำต้นของต้นหม่อน และต้นกระถิน สำหรับการผลิตก๊าซที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

#### ข. โครงการพลังงานชุมชน Anlong Ta Mei

โครงการความร่วมมือด้านพลังงานของหมู่บ้าน Anlong Ta Mei (เขตบ้านัน จังหวัดพระตะบอง) เป็นระบบการผลิตไฟฟ้าชีวมวลที่มุ่งเน้นกำไรมากกว่างานวิจัย โครงการสามารถผลิตระบบการสร้างกระแสไฟฟ้าจากการผลิตก๊าซจากชีวมวล 9 kWe (เช่นเดียวกับ CelAgrid) และใช้กิ่งก้านของ *Leucaena* สำหรับการผลิตเชื้อเพลิง ซึ่งเริ่มกระบวนการผลิตในเดือนกุมภาพันธ์ ปี 2005

#### ค. NEDO และโครงการผลิตไฟฟ้าไฮบริดจ์ก๊าซชีวภาพ

ในเดือนธันวาคม ปี 2003 NEDO ของญี่ปุ่นได้สร้างระบบสร้างกระแสไฟฟ้าแบบผสมสำเร็จ ซึ่งประกอบด้วย เซลล์สุริยะ (50 กิโลวัตต์) และ 2x35 kWe เครื่องยนต์ระบบรวมก๊าซชีวภาพและเชื้อเพลิง ใกล้เคียงหนึ่งลิตร ก๊าซชีวภาพได้จากมูลของวัวควายจากฟาร์ม ระบบกำลังดำเนินการอยู่แต่โครงการได้ถูกพิจารณาให้เป็นการสาธิตและงานวิจัยที่เสี่ยง และอาจจะไม่คุ้มค่า

### 7.7.3 การใช้ไม้และสารชีวมวลอื่นๆ ในกัมพูชา

- 94% ของเชื้อเพลิงไม้ใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง
- 6% ของเชื้อเพลิงไม้เปลี่ยนเป็นถ่านหิน
- 90% ของเชื้อเพลิงไม้ทั้งหมดใช้โดยตรงในครัวเรือนในพื้นที่ชนบท
- 8% ของเชื้อเพลิงไม้ทั้งหมดใช้ในครัวเรือนต่างจังหวัดอื่นๆ
- น้อยกว่า 1% ของเชื้อเพลิงไม้ทั้งหมดใช้ในภาคอุตสาหกรรม
- น้อยกว่า 1% ของเชื้อเพลิงไม้ทั้งหมดใช้ในภาคบริการ
- สารชีวมวลอื่นๆ เช่น ไม้, ฟืนและเปลือกข้าวใช้ในเตาเผาอิฐ เบเกอร์รี่และกระบวนการอาหาร
- เปลือกอ้อย, กิ่งปาล์มและใบไม้ใช้โดยผู้ผลิตน้ำตาลอ้อยและน้ำตาลปาล์ม
- ทางมะพร้าว, เปลือกมะพร้าวและเปลือกข้าวใช้ในครัวเรือนชนบทสำหรับประกอบอาหารสัตว์
- ครัวเรือนชนบทบางแห่งใช้ทางมะพร้าว, กิ่งปาล์ม, ฟางข้าวกับบวบคอก, เปลือกข้าวและฟืนสำหรับประกอบอาหาร
- ใช้สารชีวมวลเหล่านี้ในการเผาไหม้โดยตรง

## 7.8 มาเลเซีย

ในมาเลเซีย ทรัพยากรสารชีวมวลส่วนมากมาจากปาล์มน้ำมัน, ไม้ และอุตสาหกรรมเกษตร ขยะเหล่านี้ในหลายรูปแบบ เช่น ขยะจากการโม้ปาล์มน้ำมัน, ชานอ้อย, เปลือกข้าว และฟืน แหล่งที่สำคัญของสารชีวมวลมาจากขยะจากน้ำมันปาล์มในรูปทะลายปาล์ม (empty fruit bunch-EFB), ไฟเบอร์, เปลือก, ลำต้นปาล์ม, ใบขนาดใหญ่ของปาล์มและน้ำทิ้งของโรงงานน้ำมันปาล์ม (palm oil mill effluent-POME) องค์ประกอบพลังงานในแต่ละอันแตกต่างกันเป็นเพราะค่าความร้อน, ปริมาณความชื้น และพารามิเตอร์อื่นๆ ที่แตกต่างกัน

ดังแสดงในตาราง 7.8.1 เศษเหลือจากปาล์มน้ำมันคิดเป็นปริมาณมากที่สุดสำหรับของเสียจากสารชีวมวลในประเทศ เป็นเพราะส่วนที่เหลือจากการโม้ปาล์มน้ำมันหาได้ง่ายและต้องการต้นทุนที่ต่ำสำหรับการจัดการ ในปัจจุบันส่วนที่เหลือเหล่านี้ถูกจัดการโดยการผ่านการเผาและการทิ้ง มีเพียงจำนวนน้อยที่ใช้สำหรับการให้ความร้อนเครื่องบดและความต้องการพลังงานไม่มีประสิทธิภาพ

ตาราง 7.8.1 แหล่งทรัพยากรของสารชีวมวลและพลังงานที่อาจจะเกิดขึ้น

กลุ่ม	ปริมาณ (kton/yr)	การผลิตที่อาจจะเกิดขึ้นต่อปี (GWh)	ปริมาณที่อาจจะเกิดขึ้น (MW)
โรงสีข้าว	424	263	30
อุตสาหกรรมไม้	2177	598	68
โรงงานปาล์ม	17980	3197	365
กากอ้อย	300	218	25
น้ำทิ้งของโรงงานน้ำมันปาล์ม	31500	1587	177
รวม	72962	5863	665

### 7.8.1 การใช้ประโยชน์จากพลังงานชีวมวลในมาเลเซีย

แหล่งทรัพยากรสารชีวมวลที่หลากหลายที่มาจากปาล์มน้ำมัน ไม้ และอุตสาหกรรมเกษตรเป็นหลัก ใช้สำหรับผลิตไอน้ำสำหรับกระบวนการผลิตและสร้างกระแสไฟฟ้า เชื้อเพลิงสารชีวมวลคิดเป็น 16% ของการใช้เชื้อเพลิงในประเทศ ซึ่ง 51% มาจากขยะสารชีวมวลจากปาล์มน้ำมัน และ 27% มาจากเศษไม้ แหล่งพลังงานชีวมวลอื่นๆ มาจากการปลูกพืช ของเสียจากสัตว์และชนบท ปัจจุบันนี้มีโรงบดปาล์มน้ำมันประมาณ 400 แห่งซึ่งสร้างพลังงานได้เองจากของเสียจากน้ำมันปาล์มไม่เพียงแต่ใช้ภายในแต่ยังรวมถึงบริเวณแวดล้อมที่ไกลออกไป จากการศึกษาพบว่า 75.5% ของสารชีวมวลที่มีประสิทธิภาพในมาเลเซียได้ถูกใช้ประโยชน์และสูญเสียเป็นขยะ

### 7.8.2 ส่วนที่เหลือจากน้ำมันปาล์ม

โรงงานน้ำมันปาล์มก่อให้เกิดส่วนที่เหลือระหว่างการเก็บเกี่ยว การปลูกใหม่ และการบด ส่วนที่เหลือที่มาจากกระบวนการบดคือ ไฟเบอร์ปาล์ม, เปลือกและทะลายปาล์ม ส่วนที่เหลืออื่นๆ รวมถึงลำต้นและใบสามารถหาได้ในบริเวณเพาะปลูก ปัจจุบันเปลือกและไฟเบอร์ถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องผลิตไอน้ำและกระแสไฟฟ้าสำหรับการบด ทะลายปาล์มจะถูกใช้เป็นปุ๋ยในการปลูกพืชซึ่งปฏิบัติในการเพาะปลูกขนาดใหญ่เท่านั้น สำหรับโรงบดปาล์มน้ำมันเก่า ทะลาย

ปาล์มจะถูกเผาในเตาเผาถ่านเพื่อผลิตปุ๋ย อย่างไรก็ตามยังคงมีโรงบดปาล์มน้ำมันที่จัดการทะลายปาล์มโดยการฝังกลบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงงานที่ไม่มีพื้นที่เพาะปลูกเพียงพอ

น้ำทิ้งของโรงงานน้ำมันปาล์ม คือน้ำเสียที่ปล่อยจากกระบวนการฆ่าเชื้อ, กระบวนการทำน้ำมันดิบให้บริสุทธิ์ และ กระบวนการแยกส่วนผสม ปริมาณของน้ำทิ้งของโรงงานน้ำมันปาล์มขึ้นกับกระบวนการบด สำหรับโรงบดปาล์มน้ำมันที่มีการทำความสะอาดดี คาดการณ์ว่าจะสามารถผลิตน้ำทิ้งของโรงงานน้ำมันปาล์มได้ 2.5 ตันจากทุกๆ 1 ตันของน้ำมันดิบที่ผลิตได้ มูลค่าค่าเฉลี่ยของปาล์มน้ำมันบดของมาเลเซียเท่ากับ 3.5 ตันจากทุกๆ 1 ตันของน้ำมันดิบที่ผลิตได้ น้ำทิ้งของโรงงานน้ำมันปาล์มประกอบด้วยสารเคมีจำนวนมากและจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน ดังนั้น ของแข็งทั้งหมดและระบบการปฏิบัติก่อนจะถูกปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมจึงเป็นสิ่งจำเป็น ก๊าซชีวภาพได้จากการปฏิบัติทางด้านจุลินทรีย์ของน้ำทิ้งของโรงงานน้ำมันปาล์ม องค์ประกอบหลักคือ มีเทน (60-70%) และ คาร์บอนไดออกไซด์ (30-40%) ค่าความร้อนอยู่ระหว่าง 4740-6560 kcal/Nm<sup>3</sup> และสร้างกระแสไฟฟ้าได้ 1.8 kWh/cm<sup>3</sup> ของก๊าซชีวภาพ

ตาราง 7.8.2 อัตราส่วนผลิตภัณฑ์ส่วนที่เหลือและการผลิตไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นจากส่วนที่เหลือของโรงงานน้ำมันปาล์ม

ประเภทของอุตสาหกรรม	การผลิตปี 2002 (พันตัน)	ส่วนที่เหลือ	อัตราส่วนผลิตภัณฑ์ส่วนที่เหลือ (%)	ส่วนที่เหลือที่เกิดขึ้น (พันตัน)	พลังงานที่อาจเกิดขึ้น (PJ)	การผลิตไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้น (MW)
ปาล์มน้ำมัน	59,800	ทะลายปาล์มที่ (ปริมาณความชื้น 65%)	21.14	12,640	57	521
		ไฟเบอร์	12.72	7,606	108	1,032
		เปลือก	5.67	3,390	55	545
		ปริมาณของแข็งรวม		16,670	220	2,098
		น้ำทิ้งของโรงงานน้ำมันปาล์ม ที่ 3.5 m <sup>3</sup> /ตัน น้ำมันปาล์มดิบ หรือ 65% ของทะลายปาล์ม			38,870	

### 7.8.3 สิ่งเหลือจากนาข้าว

มีฤดูปลูกข้าว 2 ฤดูในมาเลเซีย ฤดูหลักเป็นการปลูกข้าวจาก 1 สิงหาคม - 28 กุมภาพันธ์ และนอกฤดูครอบคลุมตั้งแต่ 31 มีนาคม - 31 กรกฎาคมของปี พื้นที่สำหรับปลูกข้าวทั้งหมดของมาเลเซียในปี 2000 มีประมาณ 600,287 เฮกเตอร์ และผลิตข้าวได้ 2,050,306 ตัน มาเลเซียสามารถผลิตข้าวไว้ใช้บริโภคได้เองประมาณ 65% และอีก 35% นำเข้าจากไทยและเวียดนาม ฟางข้าวและเปลือกข้าวถือเป็นสิ่งเหลือทางสารชีวมวลระหว่างการเก็บเกี่ยวและกระบวนการสีข้าว ฟางข้าวได้จากนาข้าว ส่วนเปลือกข้าวได้จากการสีข้าว สารชีวมวลทั้งสองถูกปล่อยออกโดยการฝังกลบและการเผาแบบเปิด เปลือกข้าวจำนวนไม่มากที่ใช้ในการสร้างพลังงานไฟฟ้าและการใช้งานอื่นๆ เช่น การผลิตซีลิกาและการหมักปุ๋ย

เปลือกข้าวเพียง 2% ใช้ในการผลิตพลังงาน ส่วนที่เหลือใช้ในการฝังกลบ ฟางข้าวโดยปกติจะเผาในบริเวณเปิด ปริมาณเปลือกข้าวและฟางข้าวในอนาคตขึ้นกับบริเวณการเพาะปลูก ผลผลิตข้าวที่ได้ และนโยบายของรัฐบาลต่อเกษตรกร รัฐบาลวางแผนที่จะเพิ่มผลผลิตจากปัจจุบันเป็น 10 ตันต่อเฮกเตอร์ในอนาคต จากเป้าหมายนี้ทำให้มีเปลือกข้าว



และฟางข้าวสำหรับการปลูกสารชีวมวล CHP มากขึ้น สารชีวมวลที่เป็นของแข็งยากต่อการขนส่งและการจัดการเนื่องจากความหนาแน่นที่ต่ำมากและเป็นวัสดุที่กักกร่อนตามธรรมชาติ

ตาราง 7.8.3 อัตราส่วนผลิตภัณฑ์ส่วนที่เหลือและการผลิตไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นจากส่วนที่เหลือของโรงสีข้าว

ประเภทของอุตสาหกรรม	การผลิตปี 2002 (พันตัน)	ส่วนที่เหลือ	อัตราส่วนผลิตภัณฑ์ส่วนที่เหลือ (%)	ส่วนที่เหลือที่เกิดขึ้น (พันตัน)	พลังงานที่อาจเกิดขึ้น (PJ)	ไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้น (MW)
ข้าว	2,140	แกลบ	22	471	7.536	72.07
		ฟางข้าว	40	856	8.769	83.86
รวม	2,140			1,327	16.305	155.93

#### 7.8.4 สิ่งเหลือจากอ้อย

ในมาเลเซียมีโรงงานน้ำตาลเพียง 2 ใน 5 ที่ใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบ โรงงานอื่นๆ ใช้น้ำตาลทรายแดงเป็นวัตถุดิบ วัตถุประสงค์หลักของอุตสาหกรรมคือ เพื่อการสนับสนุนความปลอดภัยทางอาหาร การสร้างงาน การพัฒนาโครงการอุตสาหกรรมในพื้นที่ชนบท และเพื่อลดอัตราการแลกเปลี่ยนเงินระหว่างประเทศ

ขานอ้อยเป็นสิ่งที่เหลือหลังจากกระบวนการผลิตอ้อยเพื่อขจัดน้ำอ้อยออก โดยเฉลี่ยขานอ้อย 32% ได้จากการผลิตอ้อยทุกๆ 1 ตัน ปริมาณอ้อยที่ผลิตในปี 2002 ประมาณ 1,111,500 ตัน ดังนั้นปริมาณขานอ้อยที่ได้คือ 355,680 ตัน ขานอ้อยนี้ไม่ถือว่าเป็นของเสียเพราะใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับผลิตไอน้ำในโรงงาน ซึ่งสามารถช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไอน้ำและค่าไฟฟ้าได้

จากอัตราการใช้ปัจจุบัน ขานอ้อยทั้งหมดใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงงานที่ร่วมผลิต แท้จริงแล้วขานอ้อยสำหรับโรงสีน้ำตาลไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงซื้อสิ่งเหลือจากสารชีวมวล เช่น เปลือกข้าว ฟืน และสิ่งเหลือจากปาล์มน้ำมันสำหรับการใช้เป็นเชื้อเพลิง

#### 7.8.5 สิ่งเหลือจากไม้

พื้นที่ป่าทั้งหมดในมาเลเซียมีประมาณ 5.9 ล้านเฮกเตอร์ มีเพียง 1.29% ของพื้นที่ทั้งหมดที่อนุญาตให้ทำอุตสาหกรรมไม้ ส่วนที่เหลือใช้สำหรับป่าไม้ถาวร การปลูกป่า พื้นที่ของรัฐ และการอนุรักษ์สัตว์ป่า อุตสาหกรรมไม้ส่วนมากจะเป็นอุตสาหกรรมท่อนไม้ อุตสาหกรรมเลื่อย อุตสาหกรรมแผ่นไม้ (ไม้อัด, ฝิวเคลือบ, ฉากกั้น และกระดานเส้นใยความหนาแน่นปานกลาง) อุตสาหกรรมการพิมพ์ และอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ อุตสาหกรรมป่าไม้เริ่มหันมาผลิตผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่ามากขึ้น อุตสาหกรรมเหล่านี้ก่อให้เกิดสารชีวมวลชนิดต่างๆ กัน เช่น ขี้เลื่อย เศษไม้ท่อน และเศษเปลือกไม้ โครงการการลดขยะได้ถูกนำมาใช้กับอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับไม้เนื่องจากการขาดแคลนไม้ในเขต ผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมูลค่า เช่น ฉากกั้น และชิ้นส่วนประสานไม้ ผลิตจากเศษไม้สำหรับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์

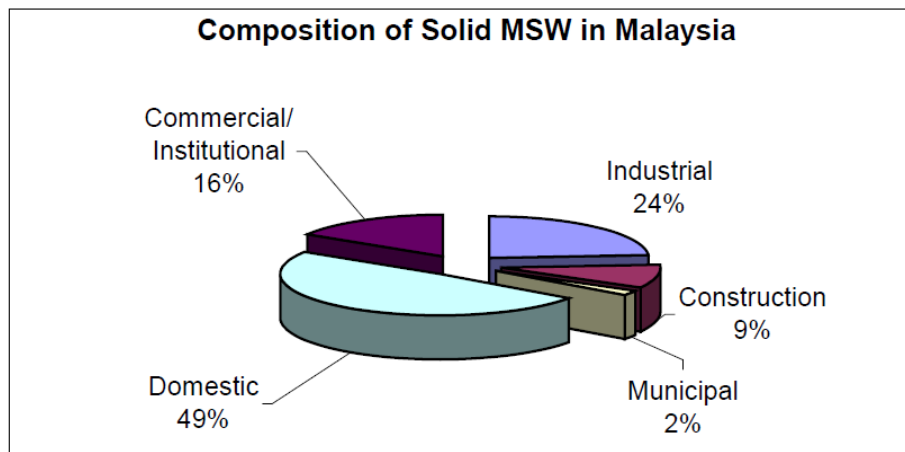
อุตสาหกรรมไม้นำเศษเหลือใช้สารชีวมวลมาใช้ในการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ เศษเหลือ เช่น เศษตัดแต่งจากโรงเลื่อยใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาเผาหรือขายเป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไอน้ำ ท่อนไม้สัดส่วนปานกลางจากไม้อัดและฝิวเคลือบใช้

เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไอน้ำ ขณะที่ยังเหลืออยู่จะเป็นเปลือกไม้และขี้เลื่อย ในบริเวณที่แยกออกจากกันมีการเผาถ่านหิน หรือ การผลิตไอน้ำสำหรับสร้างความร้อน

การสร้างของสิ่งที่เหลือจากสารชีวมวลจากอุตสาหกรรมไม้เริ่มถดถอย เนื่องมาจากการจำกัดของท่อนไม้และการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จากเศษเหลือใช้ให้มากที่สุด สารชีวมวลจากโรงงานผลิตใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการผสมกันระหว่าง ความร้อนและพืชพลังงานหรือขายให้ผู้ผลิตที่มีศักยภาพ เช่น โรงงานผลิตอิฐ รูป 7.8.1 แสดงพลังงานที่มีประสิทธิภาพและ ไฟฟ้าจากของเสียที่ได้จากโรงงานเลื่อย ไม้อัดและ โรงงานพิมพ์

#### 7.8.6 ขยะมูลฝอย (Municipal Solid Waste-MSW)

ประชากรมาเลเซียเพิ่มขึ้นในอัตรา 2.4% ต่อปีหรือ 600,000 คนต่อปี ตั้งแต่ปี 1994 ด้วยการเพิ่มขึ้นของประชากรนี้ การผลิตขยะมูลฝอยจึงเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งทำให้การจัดการขยะมูลฝอยสำคัญมากและมีความยากลำบากมากขึ้น ในปัจจุบันนี้ ขยะมูลฝอยจัดการโดยการฝังกลบ อย่างไรก็ตามเนื่องด้วยการพัฒนาอย่างรวดเร็วและการขาดพื้นที่ เมืองใหญ่และเกาะจึง พิจารณาการเผาเพื่อรับมือกับปัญหานี้



รูป 7.8.1 แผนภูมิแสดงส่วนประกอบของขยะมูลฝอยในมาเลเซีย

#### ข้อมูลเพิ่มเติม

Norasikin A. Ludin, Mazlina Hashim, M. Azwan Bakri. Country Report – Workshop on Information for the Commercialisation of Renewables in ASEAN (ICRA). 25-27 August 2004.

Biomass Resource Inventory Report, BioGen Project Pusat Tenaga Malaysia

National Renewable Energy Laboratory, The U.S. Department of Energy

BioGen News – Issue 2, November 2004

Economic Planning Unit, Eighth Malaysia Plan (2001-2005)

CDM Energy Secretariat, Pusat Tenaga Malaysia: [www.ptm.org.my/CDM\\_website/](http://www.ptm.org.my/CDM_website/)

## 7.9 ฟิลิปปินส์

### 7.9.1 นโยบายพลังงานพื้นฐาน

แผนพลังงานของฟิลิปปินส์มุ่งเน้นที่เป้าหมายด้านอิสรภาพพลังงานและการปรับปรุงพลังงานของตลาดเป็นสำคัญ จากแผนการปรับปรุงของการบริหารของอาร์โรโย (Arroyo Administration) เป้าหมายของอิสรภาพพลังงานคือระดับการพึ่งพาพลังงานด้วยตัวเองให้ถึง 60% ในปี 2010 การที่จะเข้าถึงเป้าหมายนี้ได้มีการบ่งชี้ 5 กลยุทธ์หลักซึ่งรวมถึงกลยุทธ์ 2 ข้อที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy-RE) เพื่อรวมพลังงานชีวมวลเข้ามาด้วย 2 กลยุทธ์หลักได้แก่ 1) การพัฒนาแหล่งทรัพยากรพลังงานที่น่ากลับมาใช้ใหม่อย่างจริงจัง 2) เพิ่มการใช้งานเชื้อเพลิงทางเลือก

### 7.9.2 การพัฒนาแหล่งทรัพยากรพลังงานที่น่ากลับมาใช้ใหม่อย่างจริงจัง

ในทางเดียวกันกับความพยายามของรัฐบาลที่จะสนับสนุนการพัฒนาพลังงานหมุนเวียน Philippine Department of Energy (DOE) ได้สร้างกรอบนโยบายพลังงานที่น่ากลับมาใช้ใหม่ ซึ่งทำให้วัตถุประสงค์ เป้าหมาย นโยบาย และกลยุทธ์เป็นรูปเป็นร่างขึ้น เช่นเดียวกับโครงการที่จะพัฒนาหน่วยงานพลังงานหมุนเวียนที่มีมุมมอง อุปทานของหน่วยงานและการคาดหมายอุปสงค์หรือความต้องการและสถานะของการพัฒนาในปัจจุบัน การบ่งชี้เป้าหมายระยะยาวได้แก่ (ก) เพิ่มความสามารถในการผลิตพลังงานหมุนเวียน 100% ภายใน 10 ปี (ข) เพิ่มการสร้างพลังงานหมุนเวียนที่ไม่ต้องใช้พลังงานแก่พลังงานผสม 10 MMBFOE ในเวลา 10 ปี การเพิ่มการผลิตสารชีวมวล พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานผสมรวมอยู่ในเป้าหมายนี้ด้วย

#### ศักยภาพที่จะพัฒนาแหล่งทรัพยากรได้

จากการคาดการณ์ปัจจุบันของ DOE พลังงานหมุนเวียนจะสามารถครอบคลุมอย่างน้อย 40% ของความต้องการพลังงานทั้งประเทศในอีก 10 ปีข้างหน้าตั้งแต่ปี 2005 พลังงานหมุนเวียนอื่นๆ เช่น สารชีวมวล ซึ่งส่วนมากการประยุกต์กับสิ่งที่ไม่ต้องใช้พลังงานจะยังคงเป็นตัวหลักของการสนับสนุนพลังงานหมุนเวียน โดยมีส่วนแบ่งที่ 30% จากแผนการพัฒนาพลังงาน สารชีวมวลจะมีความสามารถในการผลิต 30 MW ในปี 2007 และจะเพิ่มขึ้นเป็น 55 MW ในปี 2008

จากการศึกษา “การปรับเปลี่ยนพลังงานและกลยุทธ์สำหรับการพัฒนาพลังงานสะอาดในฟิลิปปินส์” ประเทศมีแหล่งทรัพยากรที่มีความสามารถในการผลิต 235.7 MW จากทรัพยากรชานอ้อย และจากการศึกษาอื่นๆ แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของประเทศในโรงงานขนาดเล็กหลายแห่งที่เผาไหม้ด้วยเปลือกข้าว 1-2 MW เช่นเดียวกับโรงงานที่เผาไหม้ด้วยเปลือกข้าว 1 MW ที่ตั้งอยู่ในภาคเหนือของลูซอนในปัจจุบัน

### 7.9.3 เพิ่มการใช้งานเชื้อเพลิงทางเลือก

รัฐบาลสนับสนุนการใช้พลังงานทางเลือกในภาคการขนส่งโดยเฉพาะเชื้อเพลิงชีวภาพ (เช่น โคโคไบโอดีเซล หรือเชื้อเพลิงจากมะพร้าว, เชื้อเพลิงเอทานอลและต้นสบู่ดำ)

ประธานาธิบดีลงนามในกฎหมาย RA 9367 หรือกฎหมายเชื้อเพลิงชีวภาพที่ประกาศการใช้ไบโอดีเซลและไบโอดีเซลทั่วประเทศ

ปัจจุบันนี้มีการใช้งานไบโอดีเซลทั่วประเทศ 1% ของปริมาณดีเซลที่ขายทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดของกฎหมายที่ว่า 3 เดือนหลังจากการลงความเห็นของกฎหมาย ไบโอดีเซลอย่างน้อย 1% จะต้องผสมในเชื้อเพลิงดีเซลที่ขายในประเทศ ประเทศมีกำลังการผลิตไบโอดีเซล 211.3 ล้านลิตร/ปี จากผู้ผลิตที่ได้รับการแต่งตั้ง 5 แห่ง

ความต้องการไบโอดีเซลในปี 2007 คือ 41 ล้านลิตรที่การผสม 1% ซึ่งใช้ทั่วประเทศ

#### เป้าหมาย :

ภายใน 2 ปีนับจากบังคับใช้กฎหมาย Philippine Department of Energy อาจจะประกาศให้ใช้การผสม 2% ขึ้นกับผลการศึกษาโดยคณะกรรมการระดับชาติภายใต้กฎหมาย การผสมระหว่างเอทานอลและไบโอดีเซลสอดคล้องกับมาตรฐานฟิลิปปินส์แห่งชาติ 2 ปีจากการบังคับใช้กฎหมาย ปริมาณไบโอเอทานอลอย่างน้อย 5% ของปริมาณเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนทั้งหมดถูกขายและแจกจ่ายโดยบริษัทน้ำมันแต่ละแห่งในประเทศ ภายใน 4 ปีจากบังคับใช้กฎหมาย DOE อาจจะประกาศการผสมขั้นต่ำ 10% ขึ้นกับผลการศึกษาโดยคณะกรรมการระดับชาติภายใต้กฎหมาย

#### ความต้องการวัตถุดิบ:

สำหรับไบโอเอทานอล วัตถุดิบได้มาจากเอทานอลที่มีพื้นฐานมาจากน้ำตาล ความสามารถในการผลิตที่มีถึง 880,000 ลิตรต่อวันจากพืชหลากหลายชนิด วัตถุดิบอื่นๆ เช่น ข้าวฟ่างและมันสำปะหลัง สำหรับไบโอดีเซลปัจจุบันได้มาจากน้ำมันมะพร้าวหรือ CME แต่ก็มีมีการพิจารณาสบู่ดำด้วย

ผลผลิตวัตถุดิบปัจจุบัน : อ้อย 23.98 ล้านตัน, ข้าวโพด 5.25 ล้านตัน และมันสำปะหลัง 1.64 ล้านตัน การผลิตน้ำมันมะพร้าวเป็น 1.4 พันล้านลิตร/ปี (80% สำหรับส่งออกและ 20% สำหรับใช้ในประเทศ)

ความต้องการไบโอดีเซล : 85 ล้านลิตรในปี 2008, 229 ล้านลิตรในปี 2010 และ 277 ล้านลิตรต่อปีในปี 2015

#### ข้อมูลเพิ่มเติม

Banzon, J. A. and J. R. Velasco, Coconut: production and Utilization, 1982

Philippine Energy Plan 2005-2014 (2006 Update)

Elauria, Jessie C., Policy and Actual Biomass Status in the Philippines. Paper presented during the Biomass Asia Workshop held in Japan

Elauria, J.C., M.L.Y. Castro, M.M. Elauria, S.C. Bhattacharya and P. Abdul Salam (2005). Assessment of Sustainable Energy Potential of Non-Plantation Biomass Resources in the Philippines. Volume 29. September 2005. pp. 191-198.

## 7.10 สิงคโปร์

สิงคโปร์มีชื่อเสียงว่าเป็นเมืองแห่งสวนสาธารณะสำหรับการเป็นเมืองที่สะอาดและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นผลมาจากการจัดการที่มีประสิทธิภาพของสิ่งแวดล้อมในเมืองและการรักษาพื้นที่สีเขียว ด้วยพื้นที่ประมาณ 700 ตารางกิโลเมตรและประชากร 4.5 ล้านคน จึงมีการลงทุนหนักในด้านโครงสร้างสิ่งแวดล้อม เช่น การจัดการน้ำเสียและการจัดการขยะ เมื่อไม่นานมานี้ได้มีการลงมือด้านการใช้ซ้ำและนำกลับมาใช้ของทรัพยากรน้ำภายใต้โปรแกรม “Newater” ซึ่งกลายเป็นแบบอย่างในหลายๆ ประเทศ

ปัจจุบันปี 2008 ความปลอดภัยของพลังงานควบคุมสภาวะนานาชาติ ราคาน้ำมันดิบเกือบจะแตะราคาสูงที่สุดคือ 100 เหรียญสหรัฐต่อบาร์เรล ปัจจุบันสภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศเป็นที่ตระหนักสำหรับครัวเรือน ความต้องการในตลาดชั้นนำยุโรปสำหรับเชื้อเพลิงชีวภาพมีความต้องการอย่างแรงกล้า สิงคโปร์ถือเป็นอันดับ 2 ในโลกที่เป็นศูนย์กลางโรงกลั่นปิโตรเลียมและมีความสามารถในการผลิตมากกว่า 1 ล้านบาร์เรลต่อวัน อย่างไรก็ตามสิงคโปร์พึ่งพาการนำเข้าพลังงานดิบ 100% การนำเข้าพลังงานจากซากพืชซากสัตว์อยู่ภายใต้การดูแลของเศรษฐศาสตร์สิงคโปร์ และความอยู่รอดของสิ่งแวดล้อมต่อปัจจัยภายนอกที่ประเทศนำเข้าพลังงานทุกแห่งต้องเผชิญ ซึ่งรวมถึงความไม่แน่นอนของตลาดน้ำมัน/ก๊าซของโลก (ความไม่แน่นอนทางการเมืองของประเทศส่งออกน้ำมัน) อนุสัญญาระหว่างประเทศ (Kyoto Agreement) ที่จำกัดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานซากพืชซากสัตว์ และการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้พลังงานสาธารณะ

รัฐบาลกระตุ้นการพัฒนาความสะอาด พลังงานทางเลือก เช่น โปรแกรม Sinergy ซึ่งมีการจัดการทดสอบพาหนะที่ใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนตั้งแต่ปี 1990 เมื่อไม่นานมานี้มีการประกาศโครงการเงินทุนสำหรับงานวิจัยและพัฒนาขนาดใหญ่ ในเรื่องพลังงานสะอาดและพลังงานที่นำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งดึงดูดการลงทุนสำหรับกลุ่มโรงงานเซลล์สุริยะ ซึ่งมีกำลังผลิต 1,500 MWe ต่อปี เช่นเดียวกับ โรงงานผลิตครั้ง เพื่อให้วัสดุโมโนซิลิกอนที่จำเป็นสำหรับเซลล์สุริยะ

ในทางตรงกันข้าม ผู้ลงทุนส่วนตัวได้ประโยชน์จากกลยุทธ์ในด้านที่ตั้งของสิงคโปร์ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้พร้อมกับโครงสร้างที่ดีสำหรับการจัดการน้ำมันดิบ การจัดเก็บ และการทำให้บริสุทธิ์ สิงคโปร์ได้ประโยชน์โดยตรงจากการที่มีโกดังจัดเก็บทรัพยากรสารชีวมวล แม้ที่ปีที่ผ่านมานี้สิงคโปร์ดึงดูดนักลงทุนต่างชาติในความสามารถในการผลิตไบโอดีเซล มีโครงการผลิตไบโอดีเซลทั้งหมด 6 แห่ง ซึ่งความสามารถในการผลิตรวมถึง 2 ล้านตัน/ปีและเงินลงทุนทั้งหมด 2 พันล้านเหรียญสหรัฐ การลงทุนทั้งหมดนี้มุ่งเน้นที่จะนำเข้าพืช/เมล็ดน้ำมันดิบจากภายนอกและทำให้บริสุทธิ์ในสิงคโปร์ ศูนย์วิเคราะห์เชื้อเพลิงระดับชาติได้ถูกตั้งขึ้นเพื่อรับมือกับความต้องการที่คาดหมายจากกิจกรรมเหล่านี้

ภายในประเทศสิงคโปร์ผลิตขยะสารชีวมวลได้ประมาณ 650,000 ตัน/ปี ซึ่งรวมถึงขยะจากอาหาร ขยะจากเศษไม้ และกากที่หมักหมม สารชีวมวลจากไม้ส่วนมากได้มาจากความสำเร็จในอุตสาหกรรมขนส่งในสิงคโปร์ที่ซึ่งพาเลทไม้ถูกกำจัดเมื่อไม่สามารถซ่อมแซมได้แล้ว รัฐบาลสิงคโปร์ได้เพิ่มนโยบายขึ้นโดยผ่าน National Environment Agency (NEA) และมีการค้นหาโอกาสในด้านการลงทุนสำหรับการใช้พลังงานทันทีที่โรงงานสร้างขึ้น โดยผู้ลงทุนในประเทศในการที่จะเปลี่ยนขยะจากอาหารเป็นก๊าซชีวภาพ (ซึ่งคิดเป็น 600 ตัน/วัน ของขยะมูลฝอยสำหรับการนำกลับมาใช้ใหม่และการรีไซเคิล 300 ตัน/วัน ของชีวภาพจากไม้ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม และผู้พลังงานคืนและสร้างน้ำร้อนจากขยะจากการทำสวน รัฐบาลกำลังกระตุ้นโอกาสในการเปลี่ยนขยะสารชีวมวลจากโรงงานเผาอิฐและการฝังกลบ คาดการณ์ว่านักลงทุนจะเป็นประโยชน์จากการกู้พลังงานคืนจากแหล่งทรัพยากรสารชีวมวล

## 7.11 ไทย

รัฐบาลไทยออกกลยุทธ์ในการเพิ่มส่วนแบ่งพลังงานที่นำกลับมาใช้ใหม่ในพลังงานผสมตั้งแต่ปี 2005 เป็นการแก้ปัญหาของคณะรัฐบาลในการรวมหน่วยงานรัฐบาลเพื่อที่จะชี้แนะทางนโยบายเป้าหมาย กระทรวงพลังงานได้ตั้ง 7 กลยุทธ์สำหรับการพัฒนาพลังงานที่พอเพียงดังนี้

1. จัดตั้งหน่วยงานอิสระเพื่อดูแลพลังงานไฟฟ้าและก๊าซธรรมชาติ
2. ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานโดยอาศัยตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงของในหลวง
3. ส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ
4. ส่งเสริมการพัฒนาพลังงานที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้
5. ค้นหาโครงสร้างราคาที่เหมาะสมสำหรับพลังงาน
6. จัดตั้งกลไกการพัฒนาพลังงานสะอาด
7. กระตุ้นการลงทุนส่วนตัวและสาธารณะเพื่อสร้างกระบวนการนโยบาย

เป้าหมายพลังงานที่ได้จากสารชีวมวล :

เป้าหมายของรัฐบาลคือไทยจะต้องเพิ่มส่วนแบ่งพลังงานที่นำกลับมาใช้ใหม่ในการใช้พลังงานทั้งหมดจาก 0.5% ในปี 2005 เป็น 8% ในปี 2011 (6,540 ktoe) เป้าหมายของส่วนแบ่งในเชื้อเพลิงการขนส่งเป็น 3% สำหรับเชื้อเพลิงชีวภาพ เช่น การใช้ไบโเอทานอลอย่างน้อยต้องเป็น 3 ล้านลิตร/วัน และไบโอดีเซลต้องเป็น 4 ล้านลิตร/วัน ในปี 2011 เป้าหมายของความร้อนและไอน้ำที่ได้จากสารชีวมวลเป็น 4% เทียบเท่ากับ 3940 KTOE ในปี 2011 ส่วนแบ่ง 1% ตั้งไว้สำหรับไฟฟ้าจากแหล่งทรัพยากรที่นำกลับมาใช้ใหม่ซึ่งเท่ากับ 3251 MW ในปี 2011 จากราคาน้ำมันดิบที่เพิ่มขึ้นจึงมีการปรับเปลี่ยนเป้าหมายโดยรัฐบาลที่จะเริ่มการใช้แก๊สโซฮอล E20 (20% เอทานอลในแก๊สโซฮอล) ในวันที่ 1 มกราคม 2008 และ B2 (2% ไบโอดีเซลในไบโอดีเซล) ได้ถูกประกาศตั้งแต่ 1 กุมภาพันธ์ 2008 ซึ่งทำให้ไทยเป็นประเทศแรกในเอเชียที่ผสมไบโเอทานอลและไบโอดีเซลเป็นทางการค้าเต็มรูปแบบทั่วประเทศ

### หน้าที่

เป้าหมายนโยบายและการประยุกต์ใช้นี้ได้ถูกปรับเป็นระยะและรายงานต่อรัฐบาลโดยคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

### การใช้สารชีวมวล

ปลายปี 2007 มากกว่า 4,000 สถานีบริการจัดตั้งแก๊สโซฮอล E10 ทั่วประเทศและ B2 โดยรัฐบาล ส่วนผสมไบโอดีเซล B5 ได้มีการจำหน่ายมากกว่า 3,000 สถานี ไบโเอทานอลที่ใช้ในเดือนธันวาคมโดยเฉลี่ย 600 กิโลลิตร/วัน ไบโอดีเซลที่ใช้เป็น 150 กิโลลิตร/วัน ในส่วนผสมต่ำ 2.5% ก่อนที่จะมีการประกาศใช้ หลังการประกาศใช้ 2% ไบโอดีเซลกับดีเซลความเร็วสูง ปริมาณการใช้ไบโอดีเซลเพิ่มขึ้นเป็นมากกว่า 1 ล้านลิตร/วัน ในกุมภาพันธ์ 2008 การผลิตพลังงานที่นำกลับมาใช้ใหม่เพิ่มขึ้นถึง 2057 MWe และความร้อนและไอน้ำที่มาจากสารชีวมวลเป็น 1840 KTOE ในปี 2007

### ปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ

การผลิตไบโอดีเซลประมาณ 1,150 กิโลลิตร/วัน กำลังการผลิต 2,185 กิโลลิตร/วัน การผลิตไบโเอทานอลประมาณ 700 กิโลลิตร/วัน (กุมภาพันธ์ 2008) และกำลังการผลิต 1,150 กิโลลิตร/วัน

## สถานการณ์ของการแนะนำเชื้อเพลิงชีวภาพ

การแนะนำเชื้อเพลิงชีวภาพมีการขับเคลื่อนอย่างรวดเร็วในประเทศไทย ไบโอดีเซลผสมแก๊สโซลีน (E10) ปัจจุบันมีการใช้ถึง 6 ล้านลิตร/วัน จาก 20 ล้านลิตร/วัน ของการใช้แก๊สโซลีนทั้งหมดและไบโอดีเซลผสม (E10) ได้ ส่วนแบ่งตลาด 23% ของแก๊สโซลีนทั้งหมดที่ใช้ปลายปี 2007 ไบโอดีเซลผสมดีเซลมีการใช้ 3 ล้านลิตร/วัน จาก 50 ล้านลิตร/วัน จากตลาดดีเซลทั้งหมด 50 ล้านลิตร/วัน เชื้อเพลิงที่เหลือคือ B2 ผสมที่ประกาศโดยรัฐบาล

## พืชพลังงานที่เก็บเกี่ยวได้

สำหรับเอทานอลใช้กากน้ำตาลอ้อย 1.2 ล้านตันเป็นวัตถุดิบ (ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์รอง จากการผลิตน้ำตาลซึ่งมี ประมาณ 5 ล้านตันจากการผลิตอ้อย 64 ล้านตัน) วัตถุดิบอื่นสำหรับเอทานอลคือ มันสำปะหลัง ใช้รากมันสำปะหลังเพียง 180,000 ตันจาก 26 ล้านตันสำหรับการผลิตเอทานอล สำหรับไบโอดีเซลใช้ปาล์มน้ำมัน 100,000 ตัน สำหรับไบโอดีเซลจากการผลิต 1.5 ล้านตันในปี 2007 การใช้ปาล์มน้ำมันสำหรับไบโอดีเซลในปี 2008 คาดการณ์ว่าจะเพิ่มถึง 300,000 ตัน

## การคาดการณ์ในอนาคต

โรงงานเอทานอลหลายแห่งใช้ทั้งกากน้ำตาลอ้อยและมันสำปะหลัง ซึ่งจะเริ่มการผลิตในปี 2008 คาดการณ์ว่า ธันวาคม 2008 กำลังการผลิตทั้งหมดจะเพิ่มถึง 8 ล้านลิตร/วัน และไทยสามารถผลิตได้มากขึ้นเนื่องจากวัตถุดิบสำหรับเอทานอลที่เหลืออยู่ สำหรับไบโอดีเซล รัฐบาลเริ่มสนับสนุนการเพาะปลูกน้ำมันปาล์มด้วยเป้าหมายที่จะเพิ่มพื้นที่ 200,000 เฮกตาร์/ปี ใน 5 ปีข้างหน้า เพื่อให้วัตถุดิบพอเพียงตามเป้าหมายการผลิตไบโอดีเซล ในปี 2011 คาดการณ์ว่าไทยจะมีพื้นที่ของการเพาะปลูกน้ำมันปาล์ม 1.1 ล้านเฮกตาร์ อย่างน้อยที่สุดการผลิตครึ่งหนึ่งจะใช้สำหรับพลังงานชีวภาพในปี 2011 ด้วยมุมมองนี้การพัฒนาการปลูกพืชพลังงานชีวภาพในไทยจะเป็นเครื่องมือใหม่ในการเติบโตของการเพิ่มรายได้สำหรับภาคเกษตรกรรมชนบท และคาดการณ์ว่าความร่วมมือด้านพลังงานชีวภาพระหว่างบริเวณ Greater-Mekong จะเพิ่มการพัฒนาพลังงานที่พอเพียงในบริเวณนี้ได้

## ตัวอย่างที่ประสบผลสำเร็จ

ไทยเป็นประเทศเดียวในเอเชียที่นำพลังงานชีวภาพมาใช้ในตลาดผู้บริโภคหลัก ที่ซึ่งทั้งไบโอดีเซลและไบโอดีเซลที่ผสมใช้ทั่วประเทศ ไฟฟ้าที่นำมาใช้ใหม่ได้และความร้อน/ไอน้ำก็ได้รับการสนับสนุนในอุตสาหกรรมและการพัฒนาที่ยั่งยืนเพื่อให้ได้ตามเป้าหมายของรัฐบาล

MTEC และ NSTDA เน้นที่ความพยายามในการพัฒนาและวิจัยเพื่อช่วยอุตสาหกรรมและบริษัทขนาดเล็กและขนาดกลาง เพื่อที่จะนำพลังงานชีวภาพมาใช้ในการผลิตและการใช้พลังงาน ความสำเร็จของไทยเป็นตัวอย่างที่ดีของประเทศอื่นๆ ในภูมิภาคโดยเฉพาะอย่างยิ่ง LPDR, กัมพูชา, พม่าและเวียดนาม ในการค้นคว้าทางที่จะพัฒนาพาหนะ คาดการณ์ว่ากลไก CDM และแผนการประยุกต์สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงจะกลายเป็นหัวข้อการพัฒนาที่สำคัญในปี ข้างหน้า

## 7.12 เวียดนาม

### 7.12.1 นโยบายรัฐบาล

โครงการหมายเลข 177/2007/QD-TTg (วันที่ 20 พฤศจิกายน 2007) ของรัฐบาลสำหรับการพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพถึงปี 2015 และวิสัยทัศน์ถึงปี 2025 และกลยุทธ์รัฐบาลหมายเลข 1855/QD-TTg (วันที่ 27 ธันวาคม 2007) สำหรับการพัฒนาของพลังงานแห่งชาติ ถึงปี 2020 และวิสัยทัศน์ถึงปี 2050 รัฐบาลลดความเห็นพลังงานที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่ 3.5 และ 11% ในปี 2010, 2020 และ 2050 ตามลำดับ กระทรวงอุตสาหกรรมและการค้า, กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงเกษตรและพัฒนาชนบท, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

### 7.12.2 การใช้สารชีวมวล

รายละเอียดต่อไปนี้แสดงความสามารถในการหามาได้, จำนวนที่ใช้ และวิธีการใช้ สำหรับสารชีวมวลแต่ละชนิด

- ของเสียจากอาหารสัตว์ : ความสามารถในการหามาได้ : มูลหมู 25.7 ล้านตัน/ปี, มูลวัว 20.2 ล้านตัน/ปี, มูลควาย 16 ล้านตัน/ปี, ขยะทั้งหมด 6.4 ล้านตัน/ปี; จำนวนที่ใช้ 70-80% (ใบไม้, ปุ๋ย, ก๊าซชีวภาพ)
- ของเสียจากอาหาร : ความสามารถในการหามาได้ : ไม่นั่งชี้ (อาหารสัตว์)
- กระดาษ : การบริโภค 997,400 ตัน/ปี, จำนวนที่ใช้ 70% (รีไซเคิล)
- น้ำยางค้ำ : ความสามารถในการหามาได้ : ไม่นั่งชี้, จำนวนที่ใช้ 40% (การสันดาป)
- ซี้เลื่อย : 3,414 thous.m<sup>3</sup> ของเสียจากโรงเลื่อย : จำนวนที่ใช้ 100% (ใช้งานพลังงาน)
- ของเสียจากป่าไม้ : ความสามารถในการหามาได้ 1,648.5 พันตัน/ปี, จำนวนที่ใช้ 0%
- สัดส่วนที่รับประทานไม่ได้ของฟาร์มการเก็บเกี่ยวพืช : ความสามารถในการหามาได้ : ฟางข้าว 76 ตัน/ปี, เปลือกข้าว 7.6 ตัน/ปี, ชานอ้อย 2.5 ตัน/ปี; จำนวนที่ใช้ 20% (ใบไม้, อาหารสัตว์, หมูารองคอกสัตว์, ไฟฟ้า, การผลิตเห็ด), 73,800 ตันของน้ำมันทำอาหาร, 60,000 ตันของน้ำมันปลา “Basa” (2005) ปัจจุบันผลิต 10,000 ตัน/ปี

### ปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพแสดงด้านล่างนี้

#### ไบโอเอทานอล

วัตถุดิบ : มันสำปะหลัง, กากน้ำตาลอ้อย, ข้าว

การผลิต : 76.63 ล้านลิตร ในปี 2006

#### ไบโอดีเซล

วัตถุดิบ : ของเสียจากน้ำมันทำอาหาร, น้ำมันปลา “Basa”, rubber oil, Jatropha

การผลิต : โครงการงานวิจัยและพัฒนา

เชื้อเพลิงชีวภาพยังไม่ได้มีการผลิตแต่มีการวางแผนของรัฐบาลปี 2021 มีปริมาณ 100,000 ตันของ E5 และ 50,000 ตันของ B5 ในตลาด



### 7.12.3 การเก็บเกี่ยวพืชพลังงาน

ยังไม่มีปริมาณการผลิตและการใช้ของพืชพลังงาน แต่ในอนาคตคาดการณ์ไว้ว่าจะมีการตั้งโรงงานเอทานอล 2 แห่งที่ใช้มันสำปะหลัง กำลังการผลิตแต่ละแห่ง 100 ล้านลิตร/ปี (1 โรงงานผลิต 50 ล้านลิตร/ปี โดยใช้กากน้ำตาลอ้อยและอ้อย)

### 7.12.4 ตัวอย่างที่ประสบความสำเร็จ

มีการติดตั้งหม้อต้มก๊าซชีวภาพขนาดเล็ก 40,000 เครื่อง (1-50 m<sup>3</sup>) การพัฒนาเทคโนโลยีใหม่สำหรับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากของเสียทางการเกษตรกำลังก้าวหน้า

## 7.13 ญี่ปุ่น

### 7.13.1 นโยบาย

กฎหมายการสนับสนุนพลังงานใหม่ (มกราคม 2002) ขอมรับให้พลังงานชีวภาพเป็น “พลังงานใหม่” และสนับสนุนการนำมาใช้ ที่ปรึกษาด้านพลังงานใน METI (Ministry of Economy, Trade and Industry) ประกาศมูลค่าเป้าหมายสำหรับ “พลังงานใหม่” ในปี 2010 คือ ความร้อนใช้สำหรับสารชีวมวล 3.08 ล้านกิโลลิตรน้ำมันเทียบเท่า และการผลิตไฟฟ้าจากสารชีวมวลและของเสีย 5.86 ล้านกิโลลิตรน้ำมันเทียบเท่า อย่างไรก็ตามมูลค่าเหล่านี้ไม่มีภาษี

กลยุทธ์สำหรับการใช้สารชีวมวล “Biomass Nippon Strategy” ถูกเผยแพร่ในคณะรัฐมนตรี (ธันวาคม 2002) มูลค่าเป้าหมายในปี 2010 มีการเปลี่ยนแปลง (มีนาคม 2006) เชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับการขนส่ง 8.5 ล้านกิโลลิตรน้ำมันเทียบเท่า อัตราการใช้ของสารชีวมวลที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ 25% จำนวนของ “Biomass Town” 300 พื้นที่ กระทรวงเกษตร ป่าไม้ และประมงยอมรับเทศบาลที่ใช้สารชีวมวลโดยยึดจากลักษณะของพื้นที่เหมือน “Biomass Town”

### 7.13.2 สถานะของการใช้สารชีวมวล

สถานะของการใช้สารชีวมวลในญี่ปุ่นแสดงในรูป 7.13.1 ของเสียจากอาหารสัตว์ใช้เป็นปุ๋ยและอื่นๆ ของเสียจากอาหารใช้เป็นปุ๋ยและอาหารสัตว์ เศษจากโรงเลื่อยใช้เป็นพลังงานและปุ๋ย เศษจากไม้ที่ใช้ในการก่อสร้างใช้ในการผลิตกระดาษ การผลิตกระดาษอนุภาค วัสดุสำหรับรองคอกสัตว์ โคลนปฏิภูลสำหรับวัสดุการก่อสร้างและปุ๋ย ส่วนที่กินไม่ได้จากฟาร์มสำหรับปุ๋ย อาหารสัตว์ วัสดุรองคอกสัตว์และอื่นๆ เศษจากกระดาษสำหรับนำกลับมาใช้ใหม่และผลิตความร้อนของเหลวขุ่นดำ (black liquor) สำหรับใช้ในการเผาไหม้ ของเสียจากป่าไม้ได้ถูกนำมาใช้

เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากของเสียจากน้ำมันสำหรับประกอบอาหารมีการผลิตประมาณ 3,000 ตัน/ปี การผลิตไบโอเอทานอลเกือบจะอยู่ในขั้นตอนวิจัยและพัฒนา และไบโอเอทานอลมีการผลิตทางการค้า 1,400 กิโลลิตร จากเศษไม้ในปี 2007 การทดลองขายของแก๊สโซลีนผสม ETBE (3% เอทานอลเทียบเท่า) และ E3 เริ่มขึ้นในปี 2007

การเก็บเกี่ยวพืชพลังงานยังไม่มีมีการทดลอง การเริ่มต้นถูกจำกัดเนื่องจากพื้นที่ที่จำกัดและค่าแรงที่สูง แม้ว่าการผลิตอ้อยและเอทานอลกำลังดำเนินการอยู่ในเมืองโอกินาวา (Okinawa)

### 7.13.3 ตัวอย่างที่ประสบความสำเร็จ

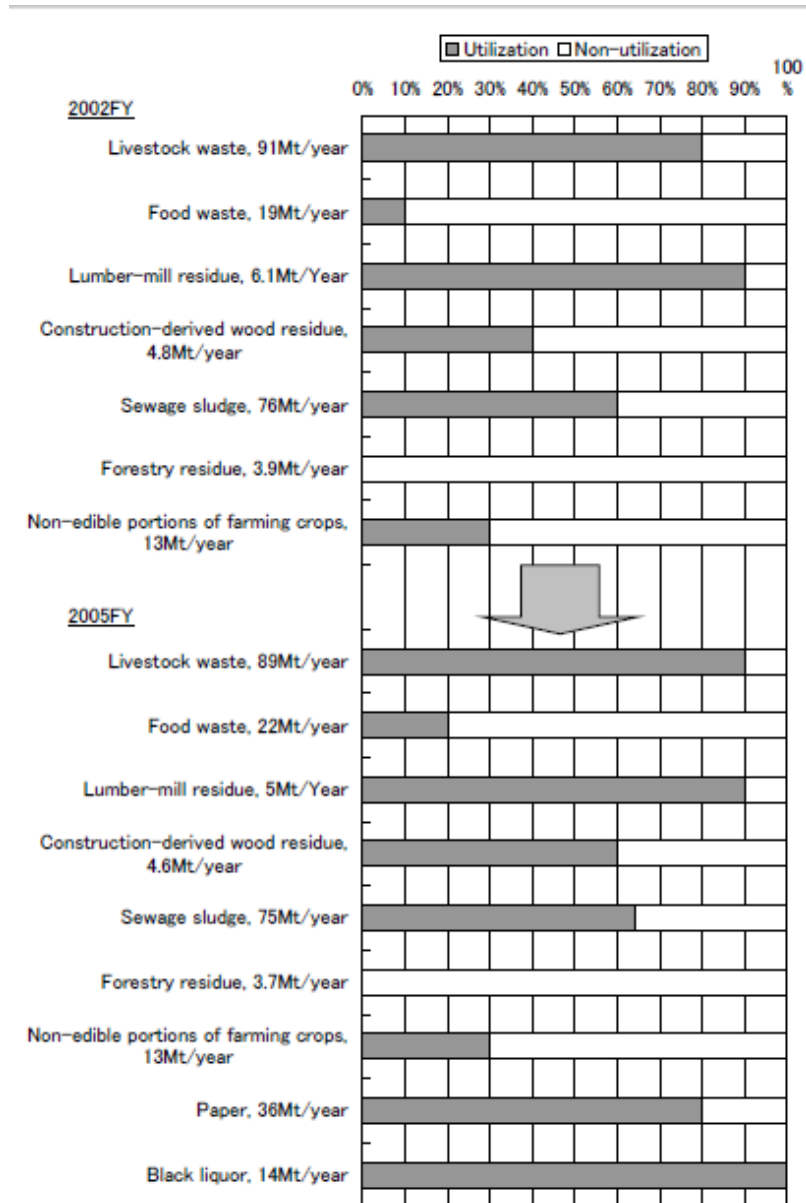
บริษัท The First Energy Service Co., Ltd. เก็บเศษของเสียจากไม้ทางการค้าและผลิตกระแสไฟฟ้า มีการจัดตั้งบริษัทผลิตพลังงาน 3 แห่งโดยใช้เศษไม้ 10,000 KW ที่ Iwakuni Wood Power Co., Ltd., 11,500 KW ที่ Shirakawa Wood Power Co., Ltd. และ 12,000 KW ที่ Hita Wood Power Co., Ltd.

### 7.13.4 ความเห็นอื่นๆ

ไม่มี

### ข้อมูลเพิ่มเติม

MAFF webpage: <http://www.maff.go.jp/j/biomass/index.html>



รูป 7.13.1 สถานการณ์การใช้ประโยชน์สารชีวมวลในประเทศญี่ปุ่น

## 7.14 ไทเป (จีน)

### 7.14.1 นโยบาย ข้อบังคับ และเป้าหมาย

กุญแจสำคัญของนโยบายพลังงานอันหนึ่งในไต้หวันคือการจัดหาพลังงานอย่างคงที่ เพื่อเพิ่มการไม่พึ่งพาพลังงานกำลังการผลิตของการสร้างพลังงานจากพลังงานที่นำกลับมาใช้ใหม่ถูกกำหนดให้เป็น 12% ของทั้งหมดเพื่อให้เกิดการเลี้ยงตนเองในด้านพลังงานที่พอเพียง และเป้าหมาย 10% ของทั้งหมดถูกกำหนดไว้สำหรับปี 2010 การสร้างพลังงานจากสารชีวมวลและขยะ ถูกกำหนดให้เป็นแหล่งใหญ่เป็นลำดับสามของการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งเป็น 1.44% ของทั้งหมด (741 MW) ในปี 2010 เพื่อที่จะสนับสนุนการใช้พลังงานที่นำกลับมาใช้ใหม่ จึงได้มีการร่าง “Renewable Energy Development Bill” และส่งไปยังสภานิติบัญญัติแห่งชาติหยวน สำหรับการอนุมัติ

การใช้งานเชื้อเพลิงชีวภาพในภาคการขนส่งอยู่ในระหว่างการเติบโตขึ้นในเร็ว ๆ นี้ โครงการทดลองที่เริ่มโดยการบริหารการป้องกันทางสิ่งแวดล้อม เพื่อจะผสมไบโอดีเซล 20% (B20) ในรถขนขยะในปี 2004 ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา สำนักงานพลังงานได้ดำเนินการสาธิตโครงการใน 4 ขั้นตอน ลำดับแรกก่อตั้งโครงการรถประจำทางสีเขียว ในปี 2006 ซึ่งผสมไบโอดีเซล 2% (B2) ในหม้อรถประจำทางที่ดำเนินการโดยภาคสาธารณะ ลำดับที่สองทดสอบการขาย B1 ที่สถานีน้ำมันในจังหวัดเถาหยวน

เมืองเจียวอี้ และจังหวัดเจียวอี้ เริ่มในปี 2007 ซึ่งเรียกว่าโครงการเมืองสีเขียว ลำดับที่สาม เป้าหมายของการขาย B1 ในทุกสถานีจะเพิ่มขึ้นในกรกฎาคม 2008 และลำดับสุดท้าย เป้าหมายการนำ B2 มาใช้ทั่วประเทศ ซึ่งคาดการณ์ว่าจะเป็นจำนวน 100 dam<sup>3</sup> /ปี (100,000 กิโลลิตร/ปี) ของทั้งหมดที่คาดการณ์ว่าจะทำได้ในปี 2010

การใช้งานไบโอเอทานอลเริ่มในปี 2007 การทดสอบการขาย E3 ที่ 8 สถานีในเมืองไทเปมุ่งเน้นไปที่รถของทางการและรถยนต์ส่วนบุคคลที่ถูกกระตุ้นให้ใช้ เป้าหมายของ E3 ในทุกสถานีในเมืองไทเปและเกาสง (Kaohsiung) จะเริ่มมกราคม 2009 คาดการณ์ว่าจะใช้ E3 ทั่วประเทศในปี 2011 ซึ่งคาดว่าจะ เป็น 100 dam<sup>3</sup> /ปี (100,000 กิโลลิตร/ปี) ของทั้งหมด

จนถึงปัจจุบัน การช่วยเหลือทางการเงินสำหรับการใช้งานสารชีวมวลเป็นสิ่งที่เล็งไม่ได้ ข้อบังคับที่เกี่ยวข้องแสดงดังนี้

- ระบบการวัดการจัดซื้อพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานไฟฟ้าที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้
- ระบบการวัดการสร้างพลังงานมีเทนที่มีค่าในบริเวณที่ฝังขยะ
- ระบบการวัดการสนับสนุนด้านการเงินของการเก็บเกี่ยวพืชพลังงานในโครงการรถประจำทางสีเขียว
- ระบบการวัดการสนับสนุนด้านการเงินของการสนับสนุนโครงการเมืองสีเขียว
- ระบบการวัดการสนับสนุนด้านการเงินของโครงการทดลองรถยนต์ทางการรักษาสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากพื้นที่ในการปลูกพืชพลังงานมีจำกัดจึงเป็นไปได้ที่จะนำเข้าเชื้อเพลิงชีวภาพจากต่างประเทศ กฎหมายการบริหารปิโตรเลียมควรมีการแก้ไขเพื่อปรับปรุงการจัดการของการนำเข้าพลังงานที่นำกลับมาใช้ใหม่ เช่น ไบโอเอทานอล, ไบโอดีเซล และอื่นๆ

#### 7.14.2 ปริมาณแหล่งทรัพยากร

จนถึงปัจจุบันนี้การใช้สารชีวมวลส่วนมากในไต้หวันมาจากของเสียและสิ่งเหลือใช้ ดังแสดงรายการด้านล่างนี้

- มีเตาเผา 24 ตัวที่มีของเสีย ซึ่งรวมกับอุปกรณ์การสร้างพลังงาน และกำลังการผลิตทั้งหมดเป็น 528.8 MW
- มีกำลังการผลิตของแหล่งกำเนิดพลังงานที่ใช้ก๊าซชีวภาพที่สร้างจากบริเวณฝังกลบ 4 แห่งใหญ่และฟาร์มเลี้ยงหมูขนาดกลางและขนาดเล็กบางแห่ง
- มีโรงงานพลังงานบางแห่งที่ใช้ขยะจากอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม รวมถึงขานอ้อย ขยะจากการไม่กระด้างขยะพลาสติก เปลือกข้าวและ RDF-5 (Refuse Derived Fuel) และอื่นๆ กำลังผลิตของโรงงานเหล่านี้ประมาณ 67.5 MW

นอกจากนี้การบังคับใช้การนำน้ำมันจากการทอดกลับมาใช้ใหม่ได้เริ่มในกันยายน 2007 สำหรับบริษัท ซึ่งก็มีการกระตุ้นภาคครัวเรือน ผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลที่มีประสิทธิภาพจากน้ำมันทอดที่ใช้แล้ว คาดการณ์ว่ามีประมาณ 80,000 กิโลลิตร/ปี

ในอนาคตอันใกล้พื้นที่เพาะปลูกที่เหลือ 80 ตารางกิโลเมตร (8,000 เฮกเตอร์) ถูกวางแผนให้ปลูกพืชพลังงานศักยภาพของการปลูกพืชพลังงานน่าจะเป็น 5,000 ตารางกิโลเมตร (500,000 เฮกเตอร์)

หากสำหรับสามารถปลูกบริเวณชายฝั่งทะเลได้ประมาณ 100 ตารางกิโลเมตร (10,000 เฮกเตอร์) คาดการณ์ว่าจะผลิตไบโอดีเซลได้ 150-300 dam<sup>3</sup> /ปี (150,000-300,000 กิโลลิตร)

## บทที่ 8 ตัวอย่างสำหรับการใช้ประโยชน์ของสารชีวมวล

### 8.1 การผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดเล็ก

#### 8.1.1 ก๊าซมีเทนทางชีวภาพและการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพคืออะไร

ก๊าซมีเทนทางชีวภาพ บางครั้งเรียกว่า “ก๊าซชีวภาพ” เกิดจากวัสดุสารอินทรีย์ที่ย่อยสลาย ส่วนประกอบหลักของก๊าซมีเทนทางชีวภาพ คือ มีเทน (55-70%) และคาร์บอนไดออกไซด์ (25-40%) ก๊าซมีเทนทางชีวภาพสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในการทำอาหาร, ให้แสงสว่าง, ให้ความร้อน, ผลิตไฟฟ้า และอื่นๆ

การผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพ เป็นกระบวนการเปลี่ยนของวัสดุอินทรีย์จากของเสียที่เป็นของเหลวหรือของแข็งไปเป็นก๊าซมีเทนทางชีวภาพและปุ๋ยธรรมชาติ โดยการทำงานของจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ไม่มีอากาศ หรือที่รู้จักกันดีว่า “การย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจน”

#### 8.1.2 สถานการณ์ของก๊าซมีเทนทางชีวภาพในสาธารณรัฐประชาชนจีน

ปริมาณของเสียในสาธารณรัฐประชาชนจีนต่อปี มีมากกว่า 150 ล้านตัน การผลิตและการกำจัดของเสียที่มีมหาศาลทั้งจากชีวิตประจำวันและอุตสาหกรรมที่ปราศจากการบำบัดที่เพียงพอและเหมาะสมส่งผลให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมในวงกว้าง ในขณะที่ ของเสียบางอย่างสามารถเก็บสะสม และก๊าซมีเทนทางชีวภาพเกิดจากการย่อยของจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนในแหล่งที่ปล่อยออกย่อยสลาย โดยเฉพาะเขตพื้นที่ชนบทที่ห่างไกล ซึ่งมีค่าการขนส่งไฟฟ้าราคาแพง ก๊าซมีเทนทางชีวภาพจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่จะให้พลังงานสำหรับการทำอาหาร, ให้แสงสว่าง และความร้อน

ตั้งแต่ปี 1950 หน่วยงานราชการของสาธารณรัฐประชาชนจีนส่งเสริมการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพในขนาดเล็ก โดยการใช้ของเสียจากสัตว์และเกษตรกรรมมาเป็นสารตั้งต้น ตาราง 8.1.1 แสดงการพัฒนาการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพในเขตชนบทของสาธารณรัฐประชาชนจีน จนกระทั่งในปี 2006 ประมาณ 20 ล้านครอบครัวในเขตชนบทมีการใช้ก๊าซมีเทนทางชีวภาพสำหรับทำอาหารและให้แสงสว่าง โดยมีปริมาณการใช้ต่อปีเกือบ 5 ล้านเทียบเท่ากับค่าถ่านหินมาตรฐาน เงินสนับสนุน 2.5 พันล้านหยวนจากรัฐบาล สำหรับการพัฒนาการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพในขนาดเล็ก โดยการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดเล็กหนึ่งแห่งจะได้รับเงินสนับสนุน 800 - 1200 หยวน รัฐบาลจีนวางแผนที่จะสร้างบ่อหมักก๊าซมีเทนทางชีวภาพ 30 ล้านบ่อในปี 2010 และ 45 ล้านบ่อในปี 2020

ตาราง 8.1.1 แบบสำรวจก๊าซมีเทนทางชีวภาพในเขตชนบทของสาธารณรัฐประชาชนจีน ปี 1999-2005

ปี	บ่อหมักก๊าซมีเทนทางชีวภาพ (ล้านบ่อ)	ปริมาณสารออกต่อปี (พันล้านลูกบาศก์เมตร)
1991	4.75	1.11
1995	5.70	1.47
1999	7.63	2.25
2001	9.57	2.98
2002	11.10	3.70
2003	12.89	4.58
2004	15.41	5.57
2005	18.07	7.06

### 8.1.3 ลักษณะของการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดเล็ก

ในสาธารณรัฐประชาชนจีน, ขนาดพื้นที่ของบ่อหมักก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดเล็ก เท่ากับ 6-8 ตารางเมตร มีปริมาณสารออกต่อปี เท่ากับ 300 ลูกบาศก์เมตร ต้นทุนของบ่อหมักก๊าซมีเทนทางชีวภาพ เท่ากับ 1,500-2,000 หยวน

ทั้งๆที่เป็นการให้พลังงาน, ก๊าซมีเทนทางชีวภาพในสาธารณรัฐประชาชนจีนยังมีคุณสมบัติต่างๆดังนี้ 1) เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม บ่อหมักก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาด 8-10 ลูกบาศก์เมตรสามารถใช้ได้กับ มูลหมูจากหมู 5-8 ตัว หรือ มูลไก่จากไก่ 2,000-3,000 ตัว) ส่วนที่เหลือในบ่อหมักสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยหมักได้ 3) ช่วยในเชิงเศรษฐกิจ คือช่วยประหยัดเงินสำหรับจ่ายค่าไฟฟ้า หรือประหยัดค่าจ้างในการหาเชื้อเพลิงไม้ และยังเป็นการอนุรักษ์ไม้อีกด้วย

### 8.1.4 กระบวนการของการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดเล็ก

กระบวนการของการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดเล็ก ประกอบด้วย ส่วนที่เก็บสะสมสารตั้งต้น, การบำบัดก่อน, การหมัก, การบำบัดและการทำให้บริสุทธิ์, การเก็บ และการขนส่ง โดยบ่อหมักจะเป็นอุปกรณ์หลัก บ่อหมักนั้นจะต้องไม่มีอากาศเข้าไปเพื่อที่จะยืนยันว่าจุลินทรีย์เป็นชนิดไม่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลาย อุณหภูมิในบ่อหมักควรจะรักษาให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 20-40°C และมีมูลต่างๆในปริมาณที่เพียงพอในบ่อหมัก และต้องมีปริมาณน้ำที่เหมาะสม ประมาณ 80% และค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 7-8.5

การหมักแบบกะ (batch fermentation) และการหมักแบบกึ่งต่อเนื่อง (semi-continuous fermentation) จะนิยมใช้ในการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดเล็ก สำหรับเทคโนโลยีการหมักแบบกะนั้น สารตั้งต้นทั้งหมดจะถูกเติมไปในครั้งแรก ก๊าซมีเทนทางชีวภาพจะเกิดขึ้นในช่วงแรกอย่างรวดเร็ว และจะเกิดขึ้นช้าลง เทคโนโลยีนี้ง่ายต่อการจัดการ แต่อัตราการเกิดก๊าซมีเทนทางชีวภาพจะแตกต่างกัน สำหรับเทคโนโลยีการหมักแบบกึ่งต่อเนื่องนั้น ในตอนแรกจะเติมสารตั้งต้นเพียง 1/4-1/2 ของสารตั้งต้น และเมื่อการเกิดก๊าซมีเทนทางชีวภาพช้าลง จะเติมสารตั้งเข้าไปอีกเพื่อที่จะผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพ

### 8.1.5 อุปทานของพลังงานของการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดเล็ก

โดยปกติ อัตราการเกิดก๊าซมีเทนทางชีวภาพของบ่อหมักจะอยู่ที่ 0.2-0.25 m<sup>3</sup>/(m<sup>3</sup>/day) ดังนั้น ปริมาณสารออกต่อปีของบ่อหมัก 10 ลูกบาศก์เมตร คือ ก๊าซมีเทนทางชีวภาพ 600 ลูกบาศก์เมตร ค่าความร้อนของเมทานอลชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร เทียบเท่ากับ 3.3 กิโลกรัมของถ่านหินดิบ จากที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้แล้วว่า โดยมีปริมาณการใช้ต่อปีเกือบ 5 ล้านเทียบเท่ากับค่าถ่านหินมาตรฐานในสาธารณรัฐประชาชนจีน สังเกตได้ว่าก๊าซมีเทนทางชีวภาพมีบทบาทสำคัญในอุปทานของพลังงานในเขตชนบท

#### ข้อมูลเพิ่มเติม

<http://www.cogeneration.net/BioMethanation.htm>

Wang Haibo, Yang Zhanjiang, Geng Yeqiang. Analysis on the influence factors of rural household biogas production in China. Renewable Energy Resources, Vol. 25 No.5 Oct. 2007: 106-109

<http://www.biogas.cn/>

Gao Yunchao, Kuang Zheshi, etc. Development progress and current situation analysis of the rural household biogas in China, Guangdong Agricultural Sciences, 2006. 1: 22-27

Huang Fenglian, Zheng Xiaohong, etc. Actions and modes of household biogas for new rural area construction in China. Guangdong Agricultural Sciences, 2007. 8: 114-116

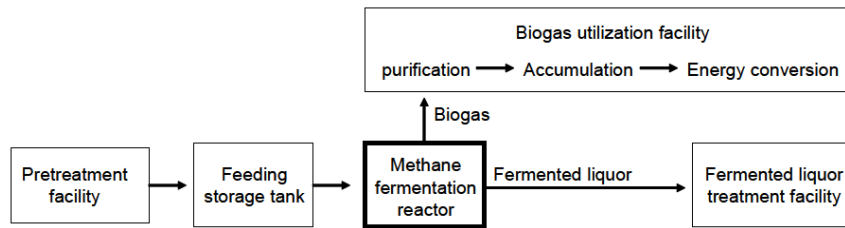
## 8.2 การผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดใหญ่

### 8.2.1 การผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดใหญ่

การย่อยด้วยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนมีการใช้มาเป็นเวลานาน โดยมีการติดตั้งการย่อยด้วยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนในทางอุตสาหกรรมตั้งแต่ช่วงต้นปี 1900 ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา ระบบการการย่อยด้วยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและ นำไปใช้ในการบำบัดสารชีวมวลในวงกว้าง เช่น น้ำเสีย/ของเสีย จากอุตสาหกรรมอาหาร, ขยะ, ของเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ และตะกอนสลัดจ์

### 8.2.2 ระบบการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดใหญ่

ระบบการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดใหญ่ทั่วไป แสดงในรูป 8.2.1 ฟังก์ชันของแต่ละหน่วยผลิตแสดงรายละเอียดด้านล่าง



รูป 8.2.1 ระบบการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดใหญ่ทั่วไป

**(ก) ระบบบำบัดก่อน**

ระบบบำบัดก่อนต้องมีไว้เพื่อการย่อยด้วยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนที่มีประสิทธิภาพ จากสารชีวมวลที่เป็นของเสียที่ได้มาผ่านระบบบำบัดก่อน เช่น กำจัดสิ่งที่ไม่เหมาะกับการย่อยด้วยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน, การบด, การเจือจางด้วยน้ำ, การทำให้เข้มข้นขึ้น และ/หรือ การบำบัดด้วยกรดหรือด่าง สารชีวมวลที่เป็นของเสียบางอย่าง เช่น ขยะ ซึ่งมีทั้งสารอินทรีย์หลายชนิดและสารอนินทรีย์ผสมกันอยู่ ดังนั้น จึงต้องมีการแยกทางกลและ/หรือทางแม่เหล็ก เพื่อที่จะกำจัดวัสดุที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ เช่น โลหะและพลาสติก สารชีวมวลที่เป็นของเสียที่ถูกแยกแล้ว จะนำมาบดและเจือจางโดยการเติมน้ำไปเพื่อที่จะเตรียมเป็นของเสียที่ขึ้นสำหรับหน่วยผลิตต่อไป

**(ข) ถังกักเก็บของเหลวขึ้น**

ในการเตรียมของเสียที่ขึ้น เป็นการเก็บชั่วคราวในถังกักเก็บของเหลวขึ้นสำหรับการจำแนกของเสียทั้งคุณภาพและปริมาณ ถ้าอุณหภูมิโดยรอบนั้นเหมาะสม การทำงานของจุลินทรีย์ของการหมักกรดในถังกักเก็บจะเพิ่มสูงขึ้น ถ้ามีการสะสมของกรดอินทรีย์ในของเหลวขึ้นจะเป็นสาเหตุให้ความเป็นกรด-ด่างนั้นลดลงเป็น 4 ถังกักเก็บของเหลวขึ้นต้องมีการออกแบบให้ทนต่อการกัดกร่อนเนื่องจากสภาวะที่เป็นกรดนี้

**(ค) ถังหมักมีเทน (ถังหมักจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน)**

จุลินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มจะใช้ในถังหมักมีเทน จากทั้ง 3 กลุ่มนี้จะใช้แทนที่ในลำดับต่างๆ ดังนี้ ไฮโดรไลซิส, การหมักกรด และ การหมักมีเทน ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของปฏิกิริยาเคมี คือมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเป็นปฏิกิริยากำหนดอัตราของกระบวนการย่อยด้วยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยใช้สารชีวมวลที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ง่าย เช่น ตะกอนสลัดจ์ และสารชีวมวลที่เป็นไม้ ในขณะที่การหมักมีเทนเป็นปฏิกิริยากำหนดอัตราโดยใช้สารชีวมวลที่ย่อยสลายได้ง่าย เช่น ขยะ และน้ำเสียจากอุตสาหกรรมแปรง เพื่อที่จะสร้างระบบการย่อยด้วยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนอย่างมีประสิทธิภาพ สิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณาคือ ปฏิกิริยากำหนดอัตราและการเลือกออกแบบถังปฏิกรณ์ให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของสารชีวมวลที่เป็นของเสีย ยกตัวอย่างเช่น อัตราการย่อยด้วยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนโดยรวมของสารชีวมวลที่ย่อยสลายได้ง่ายขึ้นกับปริมาณหนาแน่นของจุลินทรีย์ที่ใช้หมักมีเทนในถังปฏิกรณ์ ดังนั้นถังปฏิกรณ์ควรจะออกแบบให้รองรับปริมาณหนาแน่นหรือน้ำหนักของจุลินทรีย์ที่ใช้หมักมีเทนในระบบได้

**(ง) การบำบัดน้ำเสียจากการหมัก**

น้ำเสียจากการหมักจะปล่อยทิ้งจากถังหมักด้วยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งประกอบด้วยสารอินทรีย์ความเข้มข้นสูง, สารประกอบไนโตรเจน และสารประกอบฟอสฟอรัส น้ำเสียจากการหมักควรจะนำมาผ่านกาบำบัดเพื่อลดความ



เข้มข้นของสิ่งที่เป็นพิษเพื่อให้ได้ค่าตามมาตรฐานของการปล่อยทิ้งสู่อุณหภูมิสูงหรือระบบบำบัดน้ำทิ้ง ระบบบำบัดน้ำเสียจากการหมักทั่วไป เป็นระบบบำบัดน้ำทิ้งแบบตะกอนเร่งแบบขั้นสูง

#### (จ) การใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพ

เนื่องจากว่าสารชีวมวลที่เป็นของเสียโดยส่วนใหญ่จะประกอบด้วยโปรตีน (แหล่งของไตรเจนและซัลเฟอร์) และเกลือซัลเฟต ดังนั้นก๊าซชีวภาพจึงประกอบด้วยไฮโดรเจนซัลไฟด์และแอมโมเนีย ก๊าซชีวภาพผลิตจากตะกอนสลัดจ์ ซึ่งบางครั้งมีส่วนประกอบของซิลิโคนเป็นจำนวนมาก อาจประกอบด้วยซิลิโคน เนื่องจากว่าสิ่งเจือปนเหล่านี้จะเป็นสาเหตุของอันตรายจากการใช้ประโยชน์ของก๊าซชีวภาพ เช่น ก๊าซสำหรับเครื่องยนต์, ก๊าซสำหรับหม้อไอน้ำ, กังหันก๊าซ และ เซลล์เชื้อเพลิง และ/หรือ เป็นสาเหตุของมลพิษทางอากาศ ดังนั้น ในหน่วยผลิตการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพจะต้องมีอุปกรณ์สำหรับการกำจัดซัลเฟอร์ และ/หรือการเอาซิลิโคนออก ก่อนที่จะนำไปเก็บไว้ในถังเก็บก๊าซ

### 8.2.3 ตัวอย่างของระบบการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดใหญ่

การปฏิบัติการทั่วไปของระบบการผลิตก๊าซมีเทนทางชีวภาพขนาดใหญ่ จะอธิบายต่อไปนี้

#### (ก) ตะกอนสลัดจ์ (sewage sludge)

ตะกอนสลัดจ์เป็นสารชีวมวลที่เป็นของเสียที่ปล่อยทิ้งในปริมาณมากจากการบำบัดตะกอน แต่ก่อนนั้น การย่อยด้วยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นวิธีการบำบัดตะกอนสลัดจ์ที่จะให้สลัดจ์คงสภาพและลดปริมาณลง การออกแบบถึงปฏิกรณ์มาประยุกต์ใช้กับการย่อยตะกอนสลัดจ์จะต้องออกแบบให้ถึงปฏิกรณ์มีการผสมกันอย่างดี (ดังรูป 8.2.2) การย่อยด้วยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนในสมัยนี้ สำหรับตะกอนสลัดจ์มีขนาด 10,000 ลูกบาศก์เมตร (effective volume) ตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบ ประกอบด้วย อุณหภูมิที่ใช้ในการปฏิบัติ เท่ากับอุณหภูมิโดยรอบ (ประมาณ 20°C) ถึงช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการหมัก (ประมาณ 35°C) และระยะเวลาในการบำบัด เท่ากับ 20 ถึง 30 วัน

#### (ข) น้ำเสียอินทรีย์ทางอุตสาหกรรม

น้ำเสียจากอุตสาหกรรม มีส่วนผสมของสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ง่าย, มีของแข็งปนอยู่เล็กน้อย เช่น น้ำเสียจากโรงผลิตเบียร์ จึงเลือกใช้การออกแบบถึงปฏิกรณ์แบบระบบชั้นตะกอนจุลินทรีย์ไร้อากาศแบบไหลขึ้น หรือแบบ UASB ซึ่งมีต้นกำเนิดการพัฒนามาจากประเทศเนเธอร์แลนด์ การออกแบบถึงหมักแบบ UASB จะรักษาความหนาแน่นของจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนในรูปแบบลักษณะแขวนลอยเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ (granule) ที่มีอัตราการย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจนสูงมาก

#### (ค) ของเสียอินทรีย์จากอุตสาหกรรมอาหาร

ได้มีการพัฒนาการออกแบบการย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่มีอัตราการย่อยของสารชีวมวลที่ย่อยสลายได้ง่ายสูง ซึ่งสารชีวมวลมีความเข้มข้นของของแข็งอินทรีย์สูง และได้มีการนำไปใช้จริงเมื่อไม่นานมานี้ ตัวอย่างของการออกแบบใหม่คือ ถึงปฏิกรณ์แบบแพ็คเบดใช้จุลินทรีย์ไร้อากาศแบบไหลลง หรือแบบ DAPR ในประเทศญี่ปุ่นมีโรงงานการย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่มีอัตราการย่อยสูงสำหรับของเสียที่เป็นอาหารและของเสียจากโรงกลั่น ด้วยกันหลายแห่ง ซึ่งรวมไปถึงการออกแบบ DAPR ด้วย โรงงานที่มีขนาดใหญ่ที่สุดมีค่าออกแบบกำลังการผลิตเท่ากับ 400 ตัน/วัน (รูป 8.2.3)



รูป 8.2.2 ตัวอย่างถังหมักการย่อยตะกอนสลัดจ์แบบไม่ใช้ออกซิเจนขนาดใหญ่ (Northern second sewage treatment plant)



รูป 8.2.3 ตัวอย่างการผลิตก๊าซมีเทนชีวภาพขนาดใหญ่จากของเสียที่เป็นอาหาร (Distilled spirit processing waste recycling plant, Kirishima Shuzo co.LTD)

**ข้อมูลเพิ่มเติม**

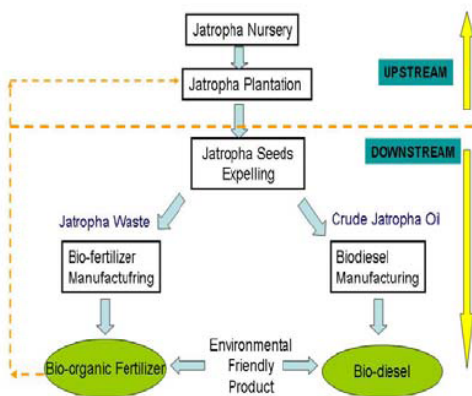
R.E.Speece: Anaerobic Biotechnology, Archae Press, pp.127, Tennessee (1996)

Japan Sewage Works Association: Sewage Facilities planning, policy and explanation (second part) 2001, pp.384, Japan (2001)

J.B.Lier: Current Trends in Anaerobic Digestion; Diversifying from waste(water) treatment to re-source oriented conversion techniques, 11<sup>th</sup> IWA World Congress on Anaerobic Digestion, 23-27 September 2007, Brisbane, Australia (2007)

Hisatomo Fukui and Motonobu Okabe: Distilled spirit processing waste recycling plant using thermophilic dawn-flow packed-bed reactor, Gas fuel manufacture from biomass and its energy utilization, NTS, pp.265-275, Japan (2007)

**8.3 การปลูกสบู่ดำ**



รูป 8.3.1 ธุรกิจของสบู่ดำแบบครบวงจร

ธุรกิจครบวงจรของสบู่ดำประกอบด้วยกิจกรรมต้นทาง (upstream) กับปลายทาง (downstream) โดยกิจกรรมต้นทางประกอบด้วย การเพาะเลี้ยงสบู่ดำและการปลูกสบู่ดำ กิจกรรมปลายทาง ได้แก่ กระบวนการบีบเมล็ดที่จะได้น้ำมันสบู่ดำซึ่งนำมาใช้ในการผลิตไบโอดีเซล ในขณะที่ผลิตภัณฑ์รอง/ของเสียของสบู่ดำ อาทิเช่น เมล็ด, เปลือกเมล็ด และกลีเซอรีน สามารถนำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยชีวภาพได้ หรืออื่นๆ ทั้งกิจกรรมต้นทางและปลายทางล้วนแล้วแต่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้น

### 8.3.1 การเก็บเกี่ยวสบู่ดำ



รูป 8.3.2 การปลูกสบู่ดำ (Bambang P., 2007)

การเก็บเกี่ยวสบู่ดำนั้นไม่ยุ่งยากซับซ้อน (รูป 8.3.2) ต้นสบู่ดำสามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ที่กว้างว่างเปล่า/พื้นที่ชายขอบ และเจริญเติบโตได้ในที่ใดก็ได้ แม้กระทั่งในพื้นที่ที่เป็นกรวด, ทราย และดินเค็ม สบู่ดำสามารถเติบโตได้ในดินที่แข็งและเติบโตได้ในรอยแตกของหิน ไม่ต้องแก่งแย่งกับพืชอาหาร ดังนั้นเป็นการสร้างสมดุลทางระบบนิเวศ การเพาะพันธุ์เสร็จสมบูรณ์ภายใน 9 วัน การเติมปุ๋ยระหว่างการเพาะพันธุ์จะส่งผลกระทบต่อในด้านลบ แต่จะให้ผลดีถ้าใส่หลังจากที่ผ่านช่วงเพาะพันธุ์เสร็จไปแล้ว อย่างไรก็ตาม ต้นสบู่ดำจะขยายพันธุ์ด้วยการตัดชำ เพราะทำให้ผลที่เร็วกว่าการขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด สำหรับดอกสบู่ดำเป็นการพัฒนาที่

ปลายทางเท่านั้น ดังนั้น การแตกสาขาที่ผลิตผลสบู่เป็นจำนวนมาก ปัจจัยอื่นๆต่อผลผลิตคือ อัตราส่วนของเกสรดอกไม้ตัวผู้กับเกสรดอกไม้ตัวเมียภายในช่อเดียวกัน ปกติเกสรดอกไม้ตัวเมีย 1 อันต่อเกสรดอกไม้ตัวผู้ 10 อัน และถ้ามีเกสรดอกไม้ตัวเมียมากหมายถึงการมีผลสบู่ดำมากด้วย

ต้นสบู่ดำ เจริญเติบโตในที่มีปริมาณฝนตกต่อปี 300-2,380 มิลลิเมตร โดยมีค่าปริมาณฝนตกที่ดีที่สุดอยู่ที่ 625 มิลลิเมตร/ปี ช่วงที่ดีที่สุดในการเริ่มต้นการปลูกสบู่ดำคือฤดูแล้งหรือก่อนฤดูฝน ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่อปีอยู่ที่ 20-28 องศาเซลเซียส

### 8.3.2 วิธีการแพร่พันธุ์

มีวิธีการแพร่พันธุ์ 2 วิธี คือ การขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศ เช่นการเพาะเมล็ด การขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ เช่น การตัดชำ สำหรับธุรกิจแบบตาเดียว ความกว้างของพื้นที่การปลูก เท่ากับ 2 x 2, 2.5 x 2.5 และ 3 x 3 (เมตรxเมตร) ซึ่ง



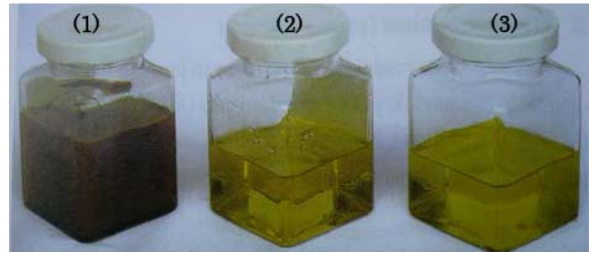
รูป 8.3.3 ผลและเมล็ดสบู่ดำ

เทียบเท่ากับความหนาแน่นของพืช 2,500, 1,600 และ 1,111 ต้น/เฮกตาร์ อย่างไรก็ตาม ต้นสบู่ดำขยายพันธุ์ด้วยการตัดชำจะมีช่วงชีวิตที่ยาวนานนั้นต่ำ และทนต่อความแห้งแล้งไม่ได้ดี และมีภูมิคุ้มกันต่อโรคที่ต่ำเมื่อเทียบกับการขยายพันธุ์สบู่ดำด้วยเมล็ด ในช่วงระยะเวลา 1-2 ปีแรกเท่านั้นที่ต้องมีการรดน้ำเกือบทุกวัน ในช่วงฤดูแล้ง สำหรับการไถดินและการปลูกไม่จำเป็นที่จะต้องทำบ่อย เช่นเดียวกับไม้พุ่มที่มีอายุประมาณ 40 ปี การใช้ยาปราบศัตรูพืชหรือสารเคมีชนิดอื่นนั้นๆไม่จำเป็น เนื่องจากว่าในต้นสบู่ดำมีคุณสมบัติในการกำจัดศัตรูพืชและกำจัดเชื้อราในตัวอยู่แล้ว

โดยปกติ พื้นที่การปลูกสบู่ดำ 1 เฮกตาร์ จะให้เมล็ดสบู่ดำ 2,250 กิโลกรัม (รูป 8.3.3 ผลและเมล็ดสบู่ดำ) และให้น้ำมันสบู่ดำ 750 กิโลกรัม ดังนั้นอัตราส่วนของเมล็ดต่อน้ำมัน คือ 3 ต่อ 1 ในการสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดทำได้ทั้งการใช้แรงบีบอัด หรือ การสกัดทางเคมีด้วยสารละลาย อย่างไรก็ตาม การสกัดด้วยสารเคมีไม่ประสบความสำเร็จในระดับการผลิตขนาดเล็ก

### 8.3.3 ไบโอดีเซลจากสบู่ดำ

เอสเทอร์ริฟิเคชัน-ทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน (Esterification-Tranesterification) รู้จักกันดีในกระบวนการ “เอสทราน” (รูป 8.3.4) ได้พัฒนาขึ้นและจดสิทธิบัตรโดย ศาสตราจารย์ R. Sudradjat (2003) ในกระบวนการเอสทรานมี 2 ขั้นตอน:



รูป 8.3.4 คุณภาพเอสทราน 3 เกรด

1. ในกระบวนการเอสเทอร์ริฟิเคชัน กรดไขมันอิสระ (เป็นตัวหลักของกรดไบโอดีเซล) เปลี่ยนรูปไปเป็นไบโอดีเซล (เมทิลเอสเทอร์)

2. ไตรกลีเซอไรด์ และกรดไขมันซึ่งต่อพันธะในไตรกลีเซอไรด์ที่อยู่ในน้ำมัน จะถูกเปลี่ยนเป็นเมทิลเอสเทอร์ผ่านทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน โดยกระบวนการนี้ สามารถได้ค่าการเปลี่ยนน้ำมันเป็นไบโอดีเซล (ที่ปราศจากกลีเซอรอล) เท่ากับ 99.75%

คุณสมบัติอื่นของกระบวนการนี้ เป็นการใช้เมทานอล/เอทานอลเป็นสารตั้งต้น ซึ่งสามารถลดลงเหลือ < 20% และใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งนำมาใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นของแข็ง (FKS) โดยกรดไฮโดรคลอริกมีราคาที่ถูกกว่าและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

จากวงจรการผลิต จะแบ่งคุณภาพ เอสทราน 3 เกรด (รูป 8.3.4) ดังนี้ 1) น้ำมันสบู่ดำเข้มข้น (Crude jatropha oil-CJO) ใช้แทนน้ำมันก๊าด หรือส่วนที่เหลือใช้สำหรับการเผาไหม้โดยตรง 2) น้ำมันสบู่ดำ (Jatropha oil-JO ใช้แทนน้ำมันดีเซล (as diesel oil-ADO) สำหรับเครื่องยนต์ที่มีความเร็วรอบต่ำ เช่น ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบพกพา เป็นต้น 3) ไบโอดีเซล ใช้สำหรับเชื้อเพลิงยานยนต์

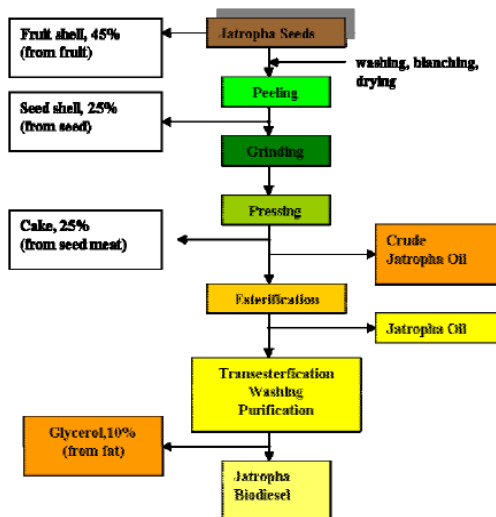


Figure 5. Jatropha Biodiesel Process Diagram (Source : R. Sudradjat, 2006)

รูป 8.3.5 แผนภาพกระบวนการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำ (ที่มา: R. Sudradja, 2006)

รูป 8.3.5 แสดงแผนภาพกระบวนการผลิตทั่วไปของไบโอดีเซลจากเมล็ดสบู่ดำ ประกอบด้วยขั้นตอนการล้าง, การฟอก และการอบแห้งของเมล็ด ก่อนที่จะไปสู่ขั้นตอนต่อไปในกระบวนการปลดปล่อยเมล็ดที่ได้จะถูกบดด้วยเครื่องบดและผงบดจะถูกอัดด้วยเครื่องอัดแรงดัน ทั้งจากแรงคนหรือและไฟฟ้า จากนั้นจะสกัดได้น้ำมันสบู่ดำเข้มข้นและกากเมล็ดส่วนที่เหลือจะนำไปใช้ประโยชน์สำหรับยาปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ เป็นต้น

การผลิตน้ำมันสบู่ดำนั้นประสบความสำเร็จโดยการใช้เครื่องปฏิกรณ์เอสทรานที่น้ำมันสบู่ดำถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส ใช้สารละลายเมทานอล (5%) และตัวเร่งปฏิกิริยากรดไฮโดรคลอริก (10% ปริมาตร/ปริมาตร) จากนั้นผสมทุกอย่างเข้าด้วยกัน กระบวนการเอสเทอร์ริฟิเคชันนั้นใช้เวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ของผสมเหล่านี้จะถูกส่งไปยังเครื่องแยกกลีเซอรอล ซึ่งจะทิ้งไว้ 4 ชั่วโมง กลีเซอรอลจะถูกเก็บไว้ข้างล่าง

ในขณะที่ด้านบนจะเป็นน้ำมันสบู่ดำที่แยกออกมาและจะถูกป้อนในเครื่องแยกน้ำและกระบวนการทำให้เป็นกลาง ในส่วนของเครื่องแยกน้ำนั้น น้ำมันสบู่ดำจะถูกล้างด้วยน้ำที่ปราศจากแร่ธาตุจำนวนสองครั้ง จากนั้นจะทำให้เป็นกลางด้วยการเติมโซเดียมคาร์บอเนต (NaHCO<sub>3</sub>) 0.01% และสุดท้ายจะทำการเอาแร่ธาตุออกด้วยน้ำอีกครั้ง ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะถูกส่งไปยังถังเก็บ

การผลิตไบโอดีเซล: น้ำมันสบู่ดำจะถูกป้อนไปในเครื่องปฏิกรณ์เอสทรานที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส และเติมของผสมของเมทานอล (10% ปริมาตร/ปริมาตร) และตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) (0.5% ปริมาตร/ปริมาตร) ลงในเครื่องปฏิกรณ์ การป้อนกันอย่างเหมาะสมระหว่างที่อยู่ในขั้นตอนทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน เป็นเวลา 0.5-1 ชั่วโมง และรักษาอุณหภูมิประมาณ 50°C การแยกไบโอดีเซลออกจากกลีเซอรอลนั้นทำขั้นตอนเช่นเดียวกับการทำน้ำมันสบู่ดำ โดยในขั้นตอนการล้างและทำให้เป็นกลางนั้นทำเหมือนกัน แต่ใช้กรดอะซิติก (CH<sub>3</sub>COOH) แทนโซเดียมคาร์บอเนต ในขั้นตอนสุดท้าย ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของไบโอดีเซลสบู่ดำ พร้อมใช้งานเหมือนกับ น้ำมันดีเซลแทนที่ (ADO) คุณสมบัติของไบโอดีเซลสบู่ดำแสดงในตารางข้างล่าง

ตาราง 8.3.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมันสบู่ดำ, ไบโอดีเซลสบู่ดำ CPO และน้ำมันดีเซล (ADO)  
(ที่มา : Soerawidjaja, Tatang H., 2005)

พารามิเตอร์	น้ำมันสบู่ดำ	ไบโอดีเซลสบู่ดำ CPO	น้ำมันดีเซล (ADO)
ความหนาแน่น (g/cm <sup>3</sup> )	0.92	0.87	0.841
ความหนืด (cSt)	52	-	6-11.75
เลขซีเทน	51	64	51
จุดวาบไฟ (°C)	240	182	50
ปริมาณซัลเฟอร์(ppm)	0.13	0.0068	1.2
เลขไอโอดีน (mg iodine/g)	105.2±0.7	-	-
เลขกรด (mg KOH/g)	3.5±0.1	0.5	-
ค่าความร้อน (kcal/kg)	9,720	8,783	10,200

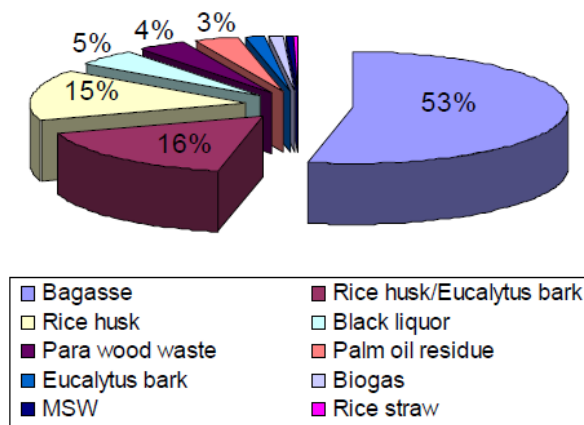
## 8.4 การผลิตไฟฟ้าจากแกลบ

### 8.4.1 การส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย

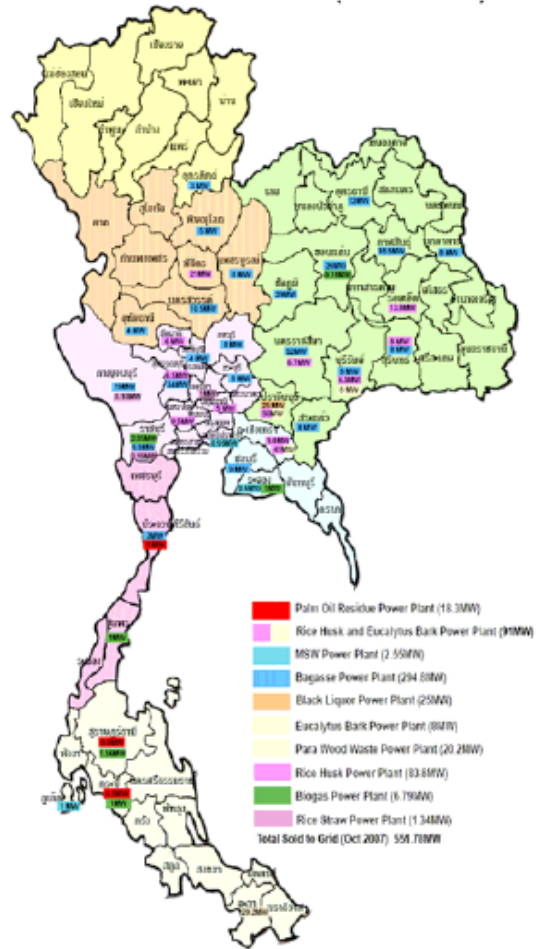
ในปี 2007 กระทรวงพลังงาน (ประเทศไทย) ให้การส่งเสริมอย่างแข็งขันกับ การผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก (Small power producer: SPP) 10-90 MW และ การผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (Very small power producer: VSPP) < 10 MW โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้สารชีวมวล โดยการที่มีราคาซื้อคืนของไฟฟ้าสูงและขั้นตอนสำหรับการได้ใบอนุญาตให้ง่ายขึ้น เพื่อที่จะรับมือกับสถานการณ์พลังงาน ในเดือนตุลาคม 2007 SPP และ VSPP มีมากกว่า 77 แห่ง ที่กำลังการผลิตมากกว่า 1,100 MW ซึ่งครึ่งหนึ่งได้ขายกลับในเครือข่ายเดียวกัน

#### 8.4.2 โรงผลิตไฟฟ้าจากสารชีวมวลในประเทศไทย

จากรูป 8.4.1 โรงผลิตไฟฟ้าจากสารชีวมวลได้กระจายไปทั่วประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเขตภาคกลางและภาคเหนือ ในการขายกลับคืนในกับเครือข่ายนั้น มีมากกว่าครึ่งหนึ่งของโรงผลิตไฟฟ้าใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ตามด้วย แกลบข้าว/ เปลือกต้นยูคาลิปตัส 31% ดังรูป 8.4.2



รูป 8.4.2 โรงผลิตไฟฟ้าจากสารชีวมวลโดยเชื้อเพลิง



รูป 8.4.1 การกระจายของโรงผลิตไฟฟ้าจากสารชีวมวลในประเทศไทย

(ที่มา: คัดแปลงจากมูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม)

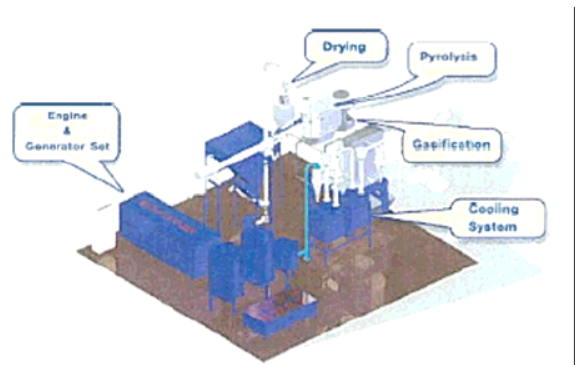
(<http://www.efe.or.th>)

#### 8.4.3 เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันสำหรับแกลบ

ทั้งๆที่มีโรงผลิตไฟฟ้าจากสารชีวมวลมากมาย แต่ว่าโรงผลิตไฟฟ้าบางแห่งยังคงดำเนินการที่ประสิทธิภาพต่ำ ซึ่งใช้การเผาแบบทั่วไป เพื่อที่จะผลิตไอน้ำสำหรับผลิตไฟฟ้า ดังนั้น กระบวนการเปลี่ยนทางอุณหพลศาสตร์และกลศาสตร์คล้ายกับเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน สามารถช่วยแก้ปัญหานี้ได้ แกลบจึงเป็นสารตั้งต้นที่น่าสนใจชนิดหนึ่งสำหรับโรงผลิตไฟฟ้าจากสารชีวมวล เนื่องจากมีจำนวนมากจากโรงสีข้าว อีกทั้งมีขนาดเล็กและมีควมชื้นต่ำ เมื่อเร็วๆนี้ กระทรวงพลังงานได้ให้เงินทุนโครงการที่จะพิสูจน์ความเป็นไปได้ของการก่อสร้างกลุ่มระบบแก๊สซิฟิเคชันของสารชีวมวล โดยใช้แกลบให้กับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และ บริษัท Great Agro โครงการนี้ถือเป็นจุดเริ่มต้นการอุปถัมภ์ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจแบบพอเพียงของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ระบบนี้ไม่เพียงแต่ผลิตไฟฟ้า 80 kW เท่านั้นแต่ให้ความร้อนและแ่สารชีวมวลสำหรับทำปุ๋ยได้อีกด้วย แสดงในรูป 8.4.3 ในการออกแบบระบบนี้ใช้การไพโรไลซิสแบบฟลูอิดไคซ์เบด 3 ชั้น และแก๊สซิฟิเคชัน ประกอบไปด้วย 5 กลุ่มหลัก ดังนี้ การอบแห้ง, การไพโรไลซิส, การแก๊สซิฟิเคชัน, ระบบทำให้เย็น และชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังรูป 8.4.4

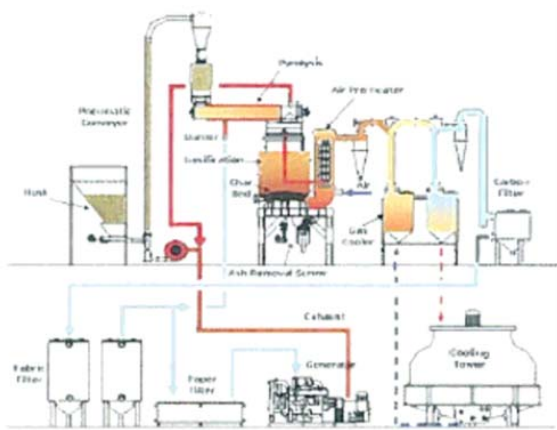


รูป 8.4.3 หลักการระบบแก๊สซิฟิเคชันของสารชีวมวล



รูป 8.4.4 กลุ่มระบบแก๊สซิฟิเคชัน

จากรูป 8.4.5 และรูป 8.4.6 ระบบนี้ได้ถูกติดตั้งที่โรงสีข้าวลำลูกกาและตลาดกลางสำหรับการพิสูจน์และทดสอบที่มากกว่า 360 ชั่วโมง โดยมีอัตราการไหลของก๊าซเท่ากับ 240 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง (ค่าความร้อนเท่ากับ 4.5 เมกะจูล/ลูกบาศก์เมตร) และปริมาณการใช้แกลบเท่ากับ 85 กิโลกรัม/ชั่วโมง ประสิทธิภาพของระบบแก๊สซิฟิเคชันรวม เท่ากับ 92% หรืออธิบายได้ว่า การใช้แกลบ 1.25 กิโลกรัม/ชั่วโมง สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 1 กิโลวัตต์ นอกจากนี้ ปริมาณขี้เถ้าที่เหลือจากระบบประมาณ 22 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ในการวิเคราะห์จากเศรษฐศาสตร์ ระบบไฟฟ้า 80 กิโลวัตต์ ต้องมีค่าใช้จ่ายการลงทุน ประมาณ 3.9 ล้านบาท ที่มีค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน ประมาณ 1.79 บาท/หน่วย โดยสมมติให้ระบบนี้ผลิตไฟฟ้าที่ 460,800 หน่วย/ปี แทนในค่าไฟฟ้าที่มีราคาเท่ากับ 3 บาท/หน่วย ดังนั้น กำไรสุทธิ ประมาณ 0.56 ล้านบาท/ปี โดยมีระยะเวลาการคุ้มทุน 7 ปี ขั้นตอนต่อไปคือการขยายกำลังการผลิตเป็น 1 เมกะวัตต์ โดยร่วมมือระหว่างศูนย์ MTEC และ บริษัท Great Agro



รูป 8.4.5 แผนภาพแสดงระบบแก๊สซิฟิเคชัน



รูป 8.4.6 ชุดทดสอบที่สมบูรณ์

**ข้อมูลเพิ่มเติม**

S. Nivitchanyong, Alternative Energy Cluster, National Metal and Materials Technology Center: MTEC (siriluck@mtec.or.th)

## 8.5 การผลิตเอทานอล

### 8.5.1 อะไรคือแหล่งทรัพยากรที่ดีของการผลิตเอทานอล

ในประเทศไทย โรงผลิตเอทานอลทางการค้าส่วนใหญ่ใช้กากน้ำตาลเป็นสารป้อนเข้า แต่ในมีโรงงานใหม่เพิ่มขึ้น จึงใช้มันสำปะหลังเป็นสารป้อนเข้าในอนาคต อย่างไรก็ตาม พืชพลังงานทั้งสองชนิดนี้ยังคงเป็นพืชอาหารอยู่ ซึ่งเกี่ยวข้องกับเรื่องการแข่งขันระหว่างอาหารกับเชื้อเพลิง ส่งผลให้มีการหาพืชพลังงานทางเลือกใหม่ที่ไม่สามารถนำมากินได้ ซึ่ง ลิกโนเซลลูโลสจากส่วนที่เหลือทางเกษตรกรรมหลายชนิดได้รับความสนใจให้เป็นทางเลือกใหม่นี้ เป็นการเริ่มต้นรุ่นที่ 2 ของการผลิตไบโอเอทานอลจากลิกโนเซลลูโลส

### 8.5.2 สารชีวมวลลิกโนเซลลูโลส สารป้อนเข้าสำหรับเอทานอลในประเทศไทย

ในแต่ละปีของประเทศไทย อุตสาหกรรมทางเกษตรกรรมผลิตสารชีวมวลลิกโนเซลลูโลสหลากหลายชนิดที่เป็นสารป้อนเข้าเป็นจำนวนมากปริมาณล้นต้น ซึ่งรู้จักกันในรูปของส่วนที่เหลือทางเกษตรกรรม ประกอบด้วย ฟางข้าว, ชานอ้อย, ชังข้าวโพด และเศษไม้ อ้อยและข้าวมีจำนวนมากในจังหวัดทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งอ้อยและข้าวเป็นสองอันดับแรกที่มีการผลิตมากที่สุดในประเทศ (ตามน้ำหนัก) แสดงในตาราง 8.5.1

ตาราง 8.5.1 ผลผลิตทางการเกษตร 4 อันดับแรกในประเทศไทย (2004)

	อ้อย	ข้าว	มันสำปะหลัง	ข้าวโพด
ปริมาณการผลิต (พันตัน)	64,974	27,038	21,440	4,216
พื้นที่ในการเก็บเกี่ยว (พันไร่*)	7,009	63,709	6,608	6,810
ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)	9,270	424	3,244	619

แหล่งที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2004) \* 6.25 ไร่ = 1 เฮกตาร์

โดยทั่วไป ส่วนที่เหลือทางเกษตรกรรมเหล่านี้ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างไม่ได้ผล ซึ่งพบเห็นโดยส่วนมาก จึงเป็นสาเหตุของปัญหาทางสิ่งแวดล้อม ฟางข้าวเป็นของเสียและกำจัดทิ้งด้วยหลายวิธีเช่น เผาในพื้นที่โล่ง (ดังรูป 8.5.1 และรูป 8.5.2) จำหน่ายในราคาที่ต่ำกว่าตลาด หรือนำไปทำเป็นอาหารสัตว์ การผลิตเอทานอลเซลูโลซิก จึงเป็นวิธีการจัดการฟางข้าวที่มีปริมาณมหาศาลนี้ วิธีการหนึ่งที่น่าสนใจมากกว่าวิธีอื่น



รูป 8.5.1 การเผาในพื้นที่โล่ง สาเหตุของมลพิษทางอากาศ

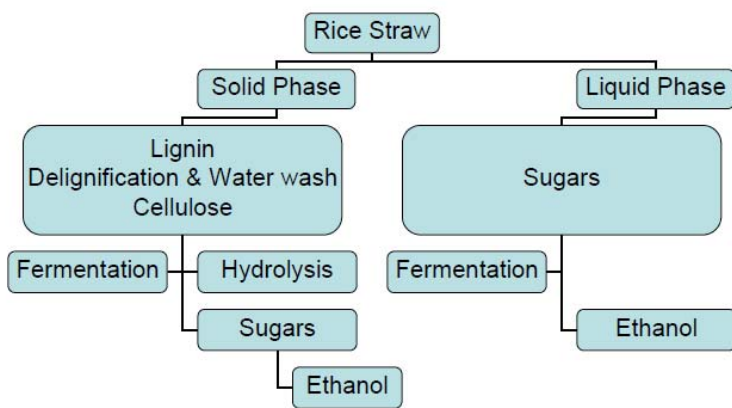


รูป 8.5.2 การเผาในพื้นที่โล่ง สาเหตุของมลพิษทางดิน



### 8.5.3 การดำเนินงานสำรวจการวิจัยและพัฒนา

เนื่องจากลิกโนเซลลูโลสมีส่วนประกอบหลัก คือ เซลลูโลส, เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ดังนั้นลิกโนเซลลูโลส จำเป็นต้องมีการเพิ่มการบำบัดก่อนเพื่อที่จะได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวพร้อมสำหรับกระบวนการหมัก โดยกระบวนการทั่วไป ต้องมีการสลายน้ำตาลแยกจากการหมัก (Separate hydrolysis and fermentation-SHF) ซึ่งเกี่ยวข้องกับ การบำบัดก่อน, การแยก, การสกัดลิกนิน, การไฮโดรไลซิส และการหมัก หรือมีฉะนั้น การบำบัดก่อนด้วยการระเบิดของไอน้ำที่เหมาะสม พร้อมกับการไฮโดรไลเซต (hydrolysate) ซึ่งใช้การย่อยด้วยเอนไซม์และการหมักในเครื่องปฏิกรณ์เดียว ผ่านวิธีการสลาย น้ำตาลพร้อมกับการหมัก (Simultaneous saccharification and fermentation-SSF) แสดงในรูป 8.5.3, รูป 8.5.4 และรูป 8.5.5 เกี่ยวข้องเพียงแค่ขั้นตอนการบำบัดก่อน และขั้นตอนไฮโดรไลซิส/การหมัก เป้าหมายคือ หา SSF ที่เหมาะสมโดยใช้ เอนไซม์เซลลูเลสที่มีอยู่ทั่วไปและจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในตลาดประเทศไทย



รูป 8.5.3 กระบวนการทั่วไปของการผลิตเอทานอลจากลิกโนเซลลูโลส (แหล่งที่มา: C. Pomchaitaward et al, MTEC report (2007))



รูป 8.5.4 ต้นแบบของส่วนการระเบิดไอน้ำ

การระเบิดไอน้ำมาประยุกต์ใช้กับฟางข้าวสุพรรณบุรี ITM แสดงถึงการคืนคาร์โบไฮเดรตกลับมาใช้ได้ดีและความเข้มข้นของเอทานอลที่สูง เกิดในเครื่องปฏิกรณ์เดียวที่มีการใช้ เอนไซม์และยีสต์น้อยที่สุด ฟางข้างแห้ง 150 กรัม อบด้วยไอน้ำ ภายใต้ความดันระหว่าง 10 ถึง 25 bar (ที่อุณหภูมิ 185 และ 210°C ตามลำดับ) เป็นระยะเวลา 5 นาที ความดันไอน้ำที่สูงก่อให้เกิดการ ละลายของเฮมิเซลลูโลสมากขึ้น อย่างไรก็ตาม อิทธิพลของความ ดันไอน้ำต่อการละลายของเซลลูโลสนั้นไม่มีผล สภาวะที่ดีที่สุดในการ บำบัดก่อนส่งผลให้การผลิตในปริมาณน้อยของผลิตภัณฑ์จาก การย่อยสลายของน้ำตาล โดยสามารถเป็นการหมักที่มีประสิทธิภาพของน้ำตาลเปลี่ยนเป็นเอทานอลได้ โดยสรุป การบำบัด ก่อนด้วยไอน้ำ ภายใต้สภาวะความดัน 15 bar เป็นระยะเวลา 5 นาที ส่งผลให้เกิดผลได้ไฮโดรไลซิสสูงสุด



รูป 8.5.5 ฟางข้าวที่ผ่านการระเบิด

กระบวนการนี้ลดโครงสร้างที่ซับซ้อนของฟางข้าวอย่างมากที่เป็นการเปลี่ยนทางชีวภาพไปเป็นเอทานอล ในขณะที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนและเวลาที่ต่ำ เกี่ยวข้องกับความจำเป็นของกระบวนการแยก นอกจากนี้ กระบวนการนี้มี

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำมาก เนื่องจากมีสารเคมีอันตรายในกระบวนการน้อยและเกี่ยวข้องกับสภาวะที่อันตรายน้อย  
สุดท้ายนี้ กระบวนการนี้ถือเป็นแนวทางเลือกหนึ่งสำหรับการให้พลังงานที่มีประสิทธิภาพในการจัดการส่วนที่เหลือจาก  
เกษตรกรรม

### **ข้อมูลเพิ่มเติม**

C. Pomchaitaward et al, Feasibility Study of Ethanol Production from Lignocellulosic Materials via the Steam Explosion  
Pretreatment, MTEC in-house project report 2007 (chaiyapp@mtec.or.th)

S. Nivitchanyong, Alternative Energy Cluster, MTEC (siriluck@mtec.or.th)

## ภาคผนวก

A1 ประกาศโตเกียวว่าด้วยสารชีวมวลของเอเชีย

A2 พิธีสารเกียวโต

A3 สถิติในประเทศเอเชีย

A4 การเปลี่ยนหน่วย

A5 นำหนักอะตอม

A6 คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์

A7 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงฟอสซิลและช่วงชีวิต A8 แผนงาน APEC

A9 เป้าหมายของแต่ละประเทศ

A10 ประวัติที่เกี่ยวข้อง A11 ภาษาของแต่ละประเทศ

A12 หนังสือที่เกี่ยวข้อง

## A1 ประกาศโตเกียวว่าด้วยสารชีวมวลของเอเชีย

### A1.1 ประกาศโตเกียวว่าด้วยสารชีวมวลของเอเชีย

ในการประชุมสารชีวมวลเอเชียซึ่งถูกจัดโดยกระทรวงเกษตร ประมงและป่าไม้ญี่ปุ่น ได้มีการลงมติยอมรับประกาศโตเกียว ซึ่งในประกาศได้มีการเรียบเรียงสิ่งที่ได้รับการพิจารณาและทิศทางของกิจกรรมในการประยุกต์สารชีวมวลในประเทศเอเชียซึ่งได้มีการอภิปรายในที่ประชุม ซึ่งมีดังต่อไปนี้

### ประกาศโตเกียวว่าด้วยสารชีวมวลของเอเชีย

พิจารณาการการเพิ่มขึ้นของความคาดหวังสำหรับสารชีวมวล การอภิปรายสารชีวมวลของเอเชียได้ผ่านการเห็นชอบตามประกาศด้านล่างนี้เพื่อการประยุกต์ใช้แหล่งสารชีวมวลในเอเชียอย่างมีประสิทธิภาพ

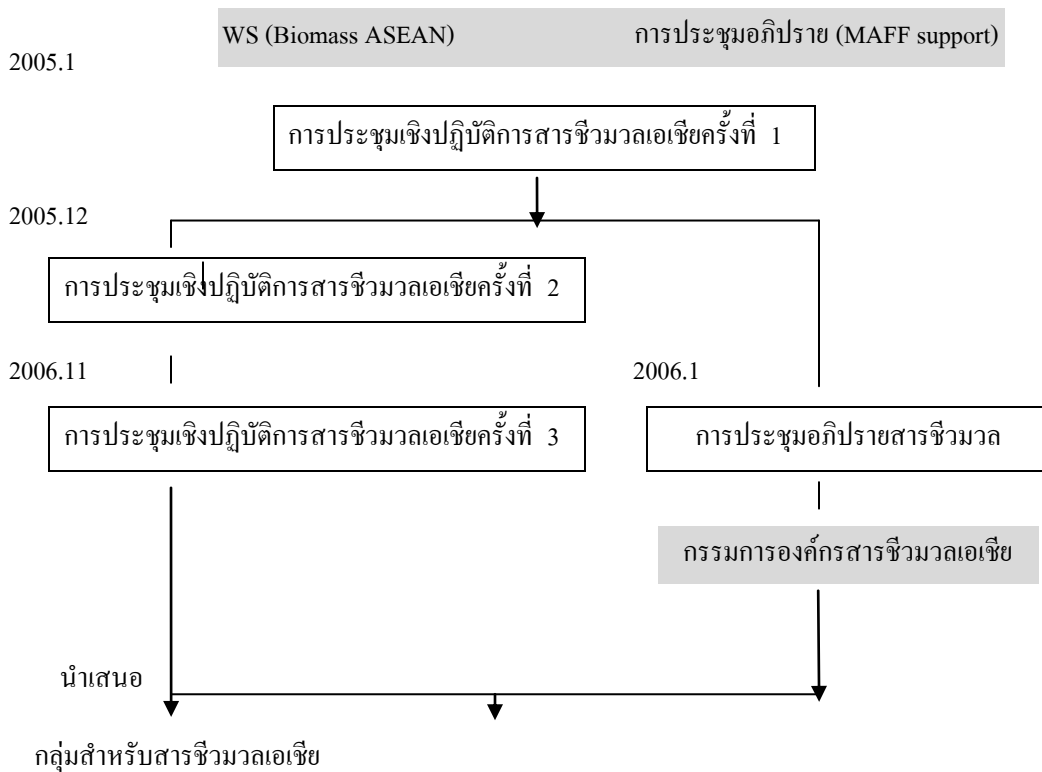
1. แหล่งสารชีวมวลซึ่งสามารถผลิตขึ้นมาใหม่ได้และเป็นคาร์บอนคาร์บอนสมดุลควรได้รับการส่งเสริมและบันทึก
2. เมื่อใช้แหล่งสารชีวมวล สิ่งสำคัญสำหรับการใช้ที่ยั่งยืนซึ่ง สิ่งที่ต้องถูกเน้นย้ำ คือ การประเมินอย่างเหมาะสมเพื่อลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์
3. การใช้แหล่งชีวมวลในอุตสาหกรรมของเอเชียและเศรษฐกิจต้องได้รับการบันทึกและวัดเพื่อได้ประโยชน์ในการนำไปใช้อย่างสูงสุด
4. เมื่อใช้แหล่งชีวมวล แนวโน้มการสร้างเครือข่ายรีไซเคิลของแหล่งชีวมวลควรได้รับการหารือและตรวจสอบอย่างเหมาะสมเพื่อส่งเสริมเครือข่ายนั้น
5. ประสิทธิภาพของการพัฒนาและแนะนำสำหรับเทคโนโลยีในการประยุกต์ใช้แหล่งชีวมวลควรได้รับการตรวจสอบและการพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องผ่านการสนับสนุนอย่างเหมาะสมและส่งเสริมจากรัฐ
6. องค์กรเพื่อการส่งเสริมการประยุกต์ใช้ซึ่งประกอบด้วยสมาชิกในเอเชียควรได้รับการจัดการและจัดกิจกรรมส่งเสริมในองค์กร
7. การประยุกต์ใช้แหล่งชีวมวลควรได้รับการจัดการเพื่อพัฒนาในทุกประเทศ ดังนั้นการประยุกต์ใช้แหล่งสารชีวมวลเพื่อการจัดการความยากจนและป้องกันการทำลายสิ่งแวดล้อม ป้องกันการระบาดของโรคและพัฒนาคุณภาพชีวิต ควรได้รับการส่งเสริมและกำหนดนโยบายเพื่อพัฒนาดังกล่าว

### A1.2 การประชุมเชิงปฏิบัติการและการอภิปรายเกี่ยวกับสารชีวมวล

โครงสร้างของเครือข่ายสำหรับวัตถุประสงค์เพื่อการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างสมาชิกซึ่งเกี่ยวข้องกับแหล่งสารชีวมวลของเอเชียและการพัฒนาทำความเข้าใจเป็นสิ่งสำคัญ มีอยู่ด้วยกัน 2 ส่วน ส่วนแรก คือ การอภิปรายสารชีวมวลในเอเชียซึ่งถูกจัดการหลักโดยกระทรวงการเกษตร ป่าไม้และประมงของญี่ปุ่น อีกส่วน คือ โครงการเกี่ยวกับสารชีวมวลในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งดำเนินการโดยสถาบันวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีขั้นสูงแห่งชาติญี่ปุ่น ( AIST) และศูนย์วิจัยสำหรับ

วิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งชาติญี่ปุ่น (JIRCAS) ซึ่งสังกัดกระทรวงการศึกษา วัฒนธรรม กีฬา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีญี่ปุ่น ในปี 2004 สองส่วนนี้ได้เริ่มอย่างอิสระจากกัน แต่ไม่นานมานี้มีโครงการบางอย่างซึ่งมีเป้าหมายเดียวกัน จึงได้มีการพิจารณา ประชุมปฏิบัติการร่วมซึ่งเริ่มในมกราคม 2005 ที่โตเกียวและซีอุยะในญี่ปุ่น ในธันวาคม 2005 การประชุมเชิงปฏิบัติการสารชีว มวลเอเชียครั้งที่ 2 ได้จัดที่กรุงเทพฯ ประเทศไทยและการประชุมอภิปรายได้ถูกจัดในเดือนมกราคม 2006 ที่โตเกียว จากการ ประชุมเชิงปฏิบัติการและการอภิปราย สถานการณ์ของสารชีวมวลในประเทศเอเชียได้ถูกศึกษา และวัตถุประสงค์ของการใช้อย่าง มีประสิทธิภาพได้ถูกนำมาอภิปราย จากข้อสรุปเครือข่ายการพัฒนาได้ถูกนำมาอภิปรายในการประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 3 ใน เดือนพฤศจิกายน 2006 ซึ่งได้แสดงในรูปแบบที่ 1

การประชุมสารชีวมวลเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 4 ได้ถูกจัดขึ้นในเดือนพฤศจิกายน 2007 ที่ซาหอราม ประเทศมาเลเซีย การประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 5 ได้ถูกจัดขึ้นที่จีน เพื่อที่จะสำรวจแนวโน้มของกิจกรรมเกี่ยวกับสารชีวมวล โปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 4 ได้แสดง ดังต่อไปนี้



รูป A1.2.1 เหตุการณ์จากเครือข่ายในการประยุกต์สารชีวมวลเอเชีย

## การประชุมเชิงปฏิบัติการสารชีวมวลเอเชียครั้งที่ 4

วันที่ 20 – 22 พฤศจิกายน 2007

สถานที่ Grand Blue Wave Hotel Shah Alam

Perbandaran, Seksyen 14, 40000 Shah Alam, Selangor Darul Ehsan, Malaysia

Day 1 (Nov. 20, 2007)

08:30-09:00 Registration

Opening Remarks

09:00-09:15 Tatsuo Katsura

Senior Vice President, AIST, on behalf of Representative of Biomass-Asia Research Consortium, Japan

09:15-09:30 Kunio Oguri

Deputy Director General, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat, MAFF, Japan

09:30-10:00 Break

Special Lecture

Chair: Zainal Abidin Mohd Yusuf ( Vice President, SIRIM, Malaysia )

10:00-10:30 Lignocellulose refinery system must be realized for global environment and economy

Kenji Iiyama

President, JIRCAS, Japan

10:30-11:00 Coffee Break

Plenary Lecture

Chair: Yasuyuki Yagi (Councillor, International Affairs Dept., AIST, Japan)

11:00-11:25 Food Security with Biofuels: FAO Perspective

Abdolreza Abbassian

Secretary of the Intergovernmental Group on Grains, FAO, UN

11:25-11:50 Biomass for Energy Generation in Malaysia

Anuar Abdul Rahman

CEO of Pusat Tenaga Malaysia (PTM)

11:50-12:15 Biomass for Material Application

Peesamai Jenvanitpanjakul

Deputy Governor, Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR), Thailand

12:15-12:40 Policy and Legislation on Biofuel Utilisation

Datu Dr. Michael Dosim Lunjew

Secretary General, Ministry of Plantation Industries and Commodities Malaysia

12:40-14:20 Lunch / Poster Session

Keynote Speech

14:30-15:00 H.E. Dato' Sri Dr. Lim Keng Yaik

Minister of Energy, Water and Communications, Malaysia

Future Prospect of Biomass Utilisation in Asian Countries

Chair: Masayuki Kamimoto (Research Coordinator, AIST, Japan)

15:00-15:25 Biomass-Asia Project-Second Stage: Research and Technological Development for Sustainable Biomass Utilization in Asian Countries

Kinya Sakanishi

Representative of Research Core for Asian Biomass Energy, AIST, Japan

15:25-15:50 The Road Map of Chinese Biomass Energy Development

Haibin Li

Guangzhou Institute of Energy Conversion (GIEC),

Chinese Academy of Sciences (CAS), China

15:50-16:10 Coffee Break

16:10-16:35 Rice-Sugarcane Complex Model

Klanarong Sriroth

Associate Professor, Department of Biotechnology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Thailand  
16:35-17:00 Palm Complex Model  
Wahono Sumaryono  
Deputy Chairman for Agroindustry and Biotechnology,  
Agency for Assessment and Application of Technology (BPPT), Indonesia

- Panel Discussion -

Asian Partnership on Sustainable Environmentally Benign Biomass Production and Utilisation  
Moderator: Yukihiro Matsumura (Professor, Hiroshima University, Japan)

17:00-18:30

< Panelists >

China: The Development of Biofuels in China

Dehua Liu

Professor, Director of Institute of Applied Chemistry, Department of Chemical Engineering, Tsinghua University

Indonesia : Biofuel Development in Indonesia

Petrus Panaka

Professor, Project Development Advisor, PT Gikoko Kogyo Indonesia

Malaysia : Sustainable Biomass Production and Utilisation - Profit, People and Planet -

Mohamad Ali Hassan

Dean, Faculty of Biotechnology and Biomolecular Sciences, University Putra Malaysia (UPM)

Philippines: Non-fossil Energy

Luis F. Razon

Director, University Research Coordination Office, Associate Professor, Department of Chemical Engineering, De La Salle University

Thailand : Asian Partnership on Sustainable Environmentally Benign Biomass Production and Utilization

Nuwong Chollacoop

National Metal and Materials Technology Center (MTEC),

National Science and Technology Development Agency (NSTDA)

Vietnam : Seaweed: Potential Biomass for Ethanol Production

Truong Nam Hai

Deputy Director, Institute of Biotechnology, Vietnamese Academy of Science and Technology (VAST)

20:00-21:30 Reception

hosted by Dato' Dr. Halim Man

Secretary General for Ministry of Energy, Water and Communications, Malaysia

Day 2 (Nov. 21, 2007)

<Room 1>

Palm Oil Energy Complex Model

Chair:

Chen Sau Soon (SIRIM, Malaysia)

Tomoaki Minowa (AIST, Japan)

09:00-09:20 Palm Oil Industry in Malaysia

Dato' Dr. Choo Yuen May,

Deputy Director-General, Malaysian Palm Oil Board

09:20-09:40 Electricity Generation from Palm Oil Mills in Indonesia (extended abstract)

Soni Solistia Wirawan

Head of Institute for Engineering and Technology System Design (Engineering Center), BPPT, Indonesia

09:40-10:00 Palm Oil Energy Complex and CDM

Yoshihito Shirai

Professor, Graduate School of Life Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology, Japan

10:00-10:20 Potential of Oil Palm Trunk as a Source for Ethanol Production

Ryohei Tanaka

FFPRI, Japan co-authored by Yutaka Mori (JIRCAS)

Mohd Nor Mohd Yusoff (FRIM)

Othman Sulaiman (USM)  
Shu Yoshida (Sojitz Machinery Corporation)

10:20-10:40 Coffee Break

10:40-11:00 Biomass Plastics from Palm Oil Mill Effluent in Malaysia  
Mohamad Ali Hassan  
Dean, Faculty of Biotechnology and Biomolecular Sciences, University Putra Malaysia(UPM), Malaysia

11:00-11:20 Co-firing of Biomass with Coal for Power Generation  
Suthum Patumsawad  
Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok (KMITNB), Thailand

11:20-11:40 Benchmarking of Biodiesel Fuel Standards for Vehicles in East Asia  
Shinichi Goto  
Director, Research Center for New Biomass Technology Research Center, AIST, Japan

11:40-12:00 Production of Second-Generation Biofuels from Palm Wastes  
Shinichi Yano  
Senior Research Scientist, Biomass Technology Research Center, AIST, Japan

12:00-12:20 Discussion

<Room 2>

Utilisation of Agriculture and Wood Wastes

Chair :

Guangwen Xu (CAS, China)  
Takahiro Yoshida (FFPRI, Japan )

Brazil: Brazilian Present and Future Ethanol Production - Biomass Ethanol Potential  
Elba P.S.Bon  
Associate Professor in Biochemistry, Chemistry Institute,  
Federal University of Rio de Janeiro

Cambodia: Biomass in Cambodia  
Lieng Vuthy  
Deputy Director, Department of Energy Technique, Ministry of Industry, Mines and Energy

China: High Efficient Conversion of Cellulosic Process Residue into Middle-Caloric Gas  
Guangwen Xu  
Professor, Institute of Process Engineering, CAS

Indonesia: Agricultural and Wood Waste Potentials and Utilization in Indonesia  
Unggul Priyanto  
Director, Energy Resources Development Technology Center, BPPT

Japan: Biomass Refinery Systems -Case Studt at Miyako Island, Japan-  
Yoshiyuki Shinogi  
Head, Laboratory of Farmland  
Engineering, Department of Land and Water Resources, National Institute for Rural  
Engineering, NARO

10:20-10:40 Coffee Break

Laos: Brief Report of Biomass in LAO PDR  
Bouathep Malaykham  
Chief of Electric Power Management  
Division, Department of Electricity,  
Ministry of Energy and Mines



Myanmar: Anhydrous Ethanol Production  
Su Su Hlaing  
Lecturer of Department of Chemical  
Engineering, Mandalay  
Technological University

Philippines : Outlook of Biomass Industry in the Philippines  
Ruby B. De Guzman  
Supervising Science Research  
Specialist Alternative Fuels and  
Energy Technology Division,  
Department of Energy

Thailand : Zero Waste Agriculture for Jatropha Plantation  
Siriluck Nivitchanyong  
Assistant Director, MTEC,  
Alternative Energy Program Host,  
NSTDA

Vietnam : Utilization of Agricultural and Wood Wastes in Vietnam  
Tran Dinh Man  
Deputy Director, Institute of  
Biotechnology, VAST

Discussion  
Moderator's Summary  
Moderator: Yukihiro Matsumura  
(Hiroshima University, Japan)

12:20-13:30 Lunch / Poster Session

For Sustainable Biomass Utilization  
Chair: Yoshihito Shirai (Professor, Kyushu Institute of Technology, Japan)  
13:30-13:55 Asia Biomass Community  
Issei Sawa  
Senior Manager, Liquid Biofuel, New Energy Business Unit, Mitsubishi Corporation, Japan  
13:55-14:20 Financing for Biomass and Renewable Energy Projects  
Mohd Nordin Che Omar  
Manager of High Technology, representing Chairman of Bank Pembangunan Malaysia  
14:20-14:45 Evaluation of Environmental Impacts of Biomass Utilisation by LCA  
Masayuki Sagisaka  
Deputy Director, Life Cycle Assessment Research Center, AIST, Japan  
14:45-15:10 Improving Drought and Salt Stress Tolerance in Plants by Gene Transfer  
Yasunari Fujita  
Senior researcher, Biological Resources Division, JIRCAS, Japan

15:30-16:00 Coffee Break

Way Forward Session  
-Panel Discussion-  
Moderator: Shinya Yokoyama (Professor, The University of Tokyo, Japan)  
16:00-17:30 Moderator's Summary : Energy Situation in Asian Region

< Panelists >  
Haibin Li, China  
Wahono Sumaryono, Indonesia  
Kinya Sakanishi, Japan  
Mohamad Ali Hassan, Malaysia  
Peesamai Jenvanitpanjakul, Thailand  
Tran Dinh Man, Vietnam  
for the 5th Biomass-Asia Workshop  
Closing Remarks

1730-1740 Masakazu Yamazaki  
Vice President, AIST, Japan  
1740-1750 Chen Sau Soon  
Senior General Manager, Environment & Bioprocess Technology Centre  
SIRIM, Malaysia

20:00-21:30 Workshop Dinner hosted by AIST

Day 3 (Nov. 22, 2007)

Technical tour

1. Waste to Energy Plant, Banting
2. Biodiesel Palm Oil Mill, Labu

### A1.3 องค์การสารชีวมวลของเอเชีย

จากการอภิปรายบน โครงสร้างของเครือข่ายซึ่งได้มีการทำให้กระจ่างในประกาศโตเกียวเรื่องสารชีวมวลของเอเชีย องค์การสารชีวมวลเอเชียได้ถูกเสนอจัดตั้งขึ้นในการประชุมเชิงอภิปรายครั้งนั้น

ข้อเสนอตั้งอยู่บนข้อสรุปจากกิจกรรมด้านสารชีวมวลร่วมกันซึ่ง โปรแกรมเหล่านี้ได้ถูกจัดงบประมาณเฉพาะกาล และเมื่อโปรแกรมนี้จบ กิจกรรมที่เกี่ยวข้องสิ้นสุดไปด้วย แต่เครือข่ายยังคงดำเนินการอยู่ และดังนั้นเครือข่ายได้เป็นอิสระจาก งบประมาณเฉพาะกาล ยกตัวอย่าง กระทรวงการเกษตร ป่าไม้และประมงญี่ปุ่นไม่มีงบประมาณจากภายนอกสำหรับการ ประชุมอภิปรายสารชีวมวล กระทรวงการศึกษา วัฒนธรรม กีฬา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีญี่ปุ่นจึงได้สนับสนุนโครงการ สารชีวมวลของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นเวลาสามปี เครือข่ายซึ่งถูกจัดตั้งขึ้นนี้ไม่ควรถูกยกเลิก แต่ก็มีกิจกรรมของเครือข่าย ซึ่งมีการต้องการดำเนินต่อเนื่องหลังจากงบประมาณนี้สิ้นสุด ดังนั้น โครงสร้างของแผนการทำงานขององค์กรจึงได้ถูกพิจารณา ขึ้นตอนแรก กรรมการที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมการได้ถูกพิจารณาสรรหาในส่วนของเครือข่ายกิจกรรมอาสาสมัครที่ ไม่ได้งบประมาณ ชื่อของเครือข่ายที่ได้ถูกพิจารณาเป็นองค์การสารชีวมวลของเอเชีย และนโยบายพื้นฐานได้เป็นดังต่อไปนี้

องค์การสารชีวมวลเอเชียควรเป็นกิจกรรมอาสาสมัครซึ่งเป็นกลางปราศจากกลุ่มกลางเมือง

- องค์กรที่ประกอบด้วยสมาชิกอิสระและกลุ่มสมาชิกโดยมีกรรมการผู้นำ กรรมการบริหารและที่สำคัญกลุ่ม ม ำงาน
- กิจกรรมขึ้นอยู่กับค่าธรรมเนียมของสมาชิกโดยได้พิจารณาจาก GDP ต่อประชากรของแต่ละประเทศ
- อย่างน้อยที่สุดกิจกรรมควรมีการจัดการผ่านทางจดหมายและเว็บเพจ เมื่อมีงบประมาณ การตีพิมพ์โบรชัวร์ ประชุมเชิงวิชาการของสารชีวมวล และกิจกรรมอื่นๆโดยการนำเสนอจากสมาชิกควรมีการจัดทำขึ้น

สมาชิกของกรรมการที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมการได้ถูกสรรหาจากผู้เข้าร่วมการประชุมอภิปราย หนึ่งจากเก้าประเทศ ซึ่งรวมถึงญี่ปุ่น โดยได้ ดร.ชินยะ โยโคยามาเป็นประธาน การจัดการของกรรมการที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมการรับผิดชอบโดย กลุ่ม SETA ที่ซึ่ง ดร.โยโคยามา ได้ดำรงตำแหน่งประธานกรรมการผู้นำนานาชาติ กรรมการที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมการได้ พิจารณาเริ่มอย่างเป็นทางการที่องค์การสารชีวมวลในเดือนมีนาคม 2008 สำหรับวัตถุประสงค์เป็นไปตามข้อตกลงที่ถูกทำขึ้น ดังต่อไปนี้

## ข้อตกลงขององค์กรสารชีวมวลเอเชีย

1. องค์กรนี้ควรรู้จักในนามของ “องค์กรสารชีวมวลเอเชีย” โดยมีตัวย่อ “ ABA” โดยเครือข่ายแผนการทำงานขึ้นกับกิจกรรมอาสาสมัครและควรเป็นองค์กรที่เป็นกลางไม่เกี่ยวข้องกับองค์กรทางกลางเมือง
  2. วัตถุประสงค์ขององค์กรนี้ คือ แสวงหาความสำเร็จในการประยุกต์ใช้อย่างมีประสิทธิภาพของสารชีวมวลในเอเชีย ซึ่งกำหนดในประกาศโตเกียวเกี่ยวกับสารชีวมวล สำหรับวัตถุประสงค์ องค์กรบริหาร โดยโฮมเพจและจดหมายของสมาชิก
  3. สมาชิกขององค์กรเป็นบุคคลหรือกลุ่มจากประเทศเอเชียซึ่งได้รับความสนใจในวัตถุประสงค์ขององค์กร
  4. องค์กรนี้มีส่วนประกอบดังต่อไปนี้
    - กรรมการผู้นำ
    - กรรมการการจัดการ
    - กลุ่มทำงาน
  5. กรรมการผู้นำประกอบด้วยตัวแทนจากประเทศในเอเชีย โดยมีผู้แทนหนึ่งคนจากแต่ละประเทศ ผู้แทนของแต่ละประเทศได้รับการพิจารณาจากการอภิปรายระหว่างสมาชิกของแต่ละชาติ
  6. กรรมการการจัดการมีประธานซึ่งได้รับการเลือกตั้งจากสมาชิกในกรรมการ โดยมีวาระของประธาน 2 ปี และมีข้อจำกัดให้ดำรงตำแหน่งได้แค่ 2 วาระ
  7. กรรมการการจัดการเสนอสมาชิกกรรมการการจัดการ
  8. กรรมการการจัดการพิจารณากิจกรรมขององค์กรนอกเหนือจากที่ได้แสดงข้างต้น และให้เป็นความรับผิดชอบของกรรมการการจัดการและส่วนอื่นๆ กรรมการการจัดการเป็นผู้พิจารณาสถานที่ทำงานอย่างเป็นทางการขององค์กร
  9. กรรมการการจัดการเริ่มต้นและสิ้นสุดกลุ่มทำงานสำหรับกิจกรรมในองค์กร
  10. สมาชิกขององค์กรซึ่งประกอบด้วยสมาชิกอิสระและกลุ่มสมาชิก การเข้าร่วมและปลดออกของสมาชิกต้องได้รับการอนุมัติจากกรรมการการจัดการ
  11. ค่าธรรมเนียมได้รับการพิจารณาจากกรรมการการจัดการ
  12. การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงต้องได้รับการอนุมัติจากสมาชิก 2 ใน 3
- การบริหารโดยจดหมายและ โฮมเพจเป็นความรับผิดชอบของสถาบันพลังงานญี่ปุ่น กรรมการผู้นำจากแต่ละประเทศ ได้แสดงใน ตาราง A1.3.1

ตาราง A1.3.1 สมาชิกกรรมการผู้นำ

ประเทศ	สมาชิกกรรมการผู้นำ
ญี่ปุ่น	ศาสตราจารย์ ชินยะ โยโคยามา
มาเลเซีย	ศาสตราจารย์ โมฮัมหมัด อาลี ฮัสซัน
ฟิลิปปินส์	ดร. เจสซี กันซานซ์ อีลารีเย
อินโดนีเซีย	ดร. เพทรัส พานาคะ
เวียดนาม	ดร. ไฮ นัม ทรอง
จีน	ศาสตราจารย์ เดฮัว ลูว
ไทย	ดร. ปรีทศน์ หารภูบรยงค์
เกาหลี	ดร. จิน-ซุก ลี
ไต้หวัน	ศาสตราจารย์ เทย์-อัน ซอ
ลาว	นาย บัวเทพ มาลาขาม

## A2. พิธีสารเกียวโต

### A2.1 กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยเรื่องสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง (UNFCCC)

#### ภาคีแห่งอนุสัญญา

เป็นที่ทราบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศโลกและผลกระทบเป็นที่น่ากังวลต่อมนุษยชาติ

จะเห็นได้ว่ากิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ได้เพิ่มความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศอย่างชัดเจนซึ่งส่งผลกระทบต่อ การเพิ่มภาวะเรือนกระจกซึ่งทำให้พื้นผิวโลกและบรรยากาศโดยเฉลี่ยสูงขึ้นซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ ธรรมชาติและมวลมนุษยชาติ

สังเกตได้ว่าจากบันทึกประวัติส่วนแบ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปัจจุบันมี แหล่งกำเนิดมาจากประเทศที่พัฒนาแล้ว ส่วนปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหัวของประชากรในประเทศกำลังพัฒนายังคงค่อนข้าง ต่ำ และส่วนแบ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศกำลังพัฒนาจะขยายตัวขึ้นเนื่องจากตอบสนองต่อความต้องการทางสังคม และการพัฒนาที่เกิดขึ้น

จึงต้องตระหนักถึงบทบาทและความสำคัญของระบบนิเวศนบกและในทะเล แหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจก

น่าสังเกตที่ว่าได้เกิดความไม่แน่นอนในการพยากรณ์เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะช่วงเวลาและความ รุนแรงและรูปแบบในภูมิภาค

เป็นที่รับทราบกันว่าการเปลี่ยนแปลงธรรมชาติของโลกเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศต้องการความร่วมมืออย่างกว้างขวาง จากทุกประเทศและการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติตามข้อบังคับ ตลอดจนการตอบรับและโต้ตอบกันระหว่างประเทศอย่าง เหมาะสม ขึ้นกับความรับผิดชอบและความสามารถของแต่ละประเทศทั้งนี้เกี่ยวข้องกับภาวะเศรษฐกิจและสังคมของแต่ละ ประเทศ

สืบเนื่องต่อจากบทบัญญัติแห่งประกาศการประชุมสหประชาชาติว่าด้วยเรื่องสิ่งแวดล้อมของมนุษย์ซึ่งประกาศใช้เมื่อ วันที่ 16 มิถุนายน ค.ศ. 1972

เมื่อคำนึงถึงรัฐซึ่งสิทธิอธิปไตยที่จะแสวงหาประโยชน์จากทรัพยากรที่มี ซึ่งดำเนินตามนโยบายสิ่งแวดล้อมและความ รับผิดชอบต่อกิจกรรมภายในเขตอำนาจหรือการควบคุมของตนไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่สิ่งแวดล้อมของรัฐอื่นหรือพื้นที่อยู่ ภายนอกเขตของอำนาจอธิปไตยของตน

ที่น่าห่วงใยคือหลักการของอำนาจอธิปไตยของรัฐในความร่วมมือระหว่างประเทศสำหรับการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ

การตระหนักว่ารัฐสมควรจะมีกฎหมายสิ่งแวดล้อมที่ได้มาตรฐานและมีประสิทธิภาพในการบริหารการจัดการตาม วัตถุประสงค์และสะท้อนบทบาทความสำคัญทางด้านสิ่งแวดล้อมอย่างเพียงพอ ซึ่งการบังคับใช้และมาตรฐานการบังคับใช้โดย บางประเทศอาจไม่เหมาะสมกับต้นทุนทางสังคมและเศรษฐกิจเหมือนประเทศอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศที่กำลังพัฒนา จากการลงมติบทบัญญัติของสมัชชาใหญ่สหประชาชาติมีมติ 44 ต่อ 228 เสียงในวันที่ 22 ธันวาคม 1989 ในการ ประชุมสหประชาชาติว่าด้วยเรื่องสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา และการลงมติหลายครั้ง คือ ในวันที่ 6 ธันวาคม 1988 ด้วย คะแนน 43 ต่อ 53, วันที่ 22 ธันวาคม 1989 ด้วยคะแนน 44 ต่อ 207, วันที่ 21 ธันวาคม ด้วยคะแนน 45 ต่อ 212 และวันที่ 19 ธันวาคม 1991 ด้วยคะแนน 46 ต่อ 169 ว่าด้วยเรื่องการคุ้มครองสภาพอากาศสำหรับปัจจุบันและอนาคตของมนุษยชาติ

จากการลงมติของสมัชชาใหญ่สหประชาชาติวันที่ 22 ธันวาคม 1989 มีมติ 44 ต่อ 206 จากผลกระทบของระดับน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้นต่อพื้นที่เกาะและบริเวณชายฝั่งในระดับต่ำและบัพัญญูติทั่วไปของรัฐสภาในการดำเนินต่อสู่กับการเกิดทะเลทรายในวันที่ 19 ธันวาคม 1989

เมื่อนึกถึงอนุสัญญากรุงเวียนนาเพื่อการคุ้มครองชั้นบรรยากาศและโอโซนในปี 1985 และพิธีสารมอนทรีออลว่าด้วยสารที่ทำลายชั้นโอโซนในปี 1987 และได้ปรับปรุงแก้ไขวันที่ 29 มิถุนายน 1990

การสังเกตผลกระทบจากการประชุมเกี่ยวกับภูมิอากาศโลก ครั้งที่ 2 ซึ่งมีการประชุมเมื่อวันที่ 7 พฤศจิกายน 1990 การตระหนักถึงงานที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ได้รับการวิเคราะห์ในประเทศต่างๆ และที่สำคัญคือการแจกจ่ายงานวิจัยและงานวิจัยร่วมกับองค์กรด้านอุดมศึกษา, โปรแกรมเกี่ยวกับสภาพสิ่งแวดล้อม, และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของสหประชาชาติและชาติต่างๆ

การตระหนักถึงความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคมอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดบนพื้นฐานของวิทยาศาสตร์และข้อพิจารณาทางด้านเทคนิค เศรษฐกิจและมีการประเมินของสิ่งที่ค้นพบใหม่อย่างต่อเนื่อง

การตระหนักถึงการกระทำต่างๆที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของแต่ละประเทศ เพื่อสามารถแก้ปัญหาเหล่านั้นด้วยตนเองและปัญหาสิ่งแวดล้อมอื่นๆได้

การตระหนักถึงความต้องการของประเทศพัฒนาแล้วที่จะตอบสนองต่อปัญหาควรมีลักษณะยึดหยุ่นขึ้นกับความจำเป็น ขั้นแรก คือ ตอบสนองต่อแผนการแก้ปัญหา (ยุทธศาสตร์) ระดับนานาชาติ จากนั้นก็ระดับชาติ ส่วนในระดับภูมิภาคควรมุ่งถึงก๊าซเรือนกระจกเพื่อปรับปรุงสภาพสภาวะเรือนกระจก

การตระหนักถึงพื้นที่ระดับต่ำ, ประเทศหมู่เกาะเล็กๆ และประเทศที่มีชายฝั่งพื้นที่ต่ำ พื้นที่ที่มีฝนกรดและกิ่งฝนกรดซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าจะถูกน้ำท่วม แห้งแล้ง, ทะเลทรายและประเทศกำลังพัฒนาซึ่งมีภูเขาที่อาจถล่มได้ซึ่งส่งผลกระทบทางด้านลบจากสภาวะเรือนกระจก

ข้อตระหนักประเทศที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นหลักในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ ต้องใช้ตามข้อจำกัดของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การยื่นข้อตอบสนองเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศควรได้รับการประสานกับส่วนการพัฒนาสังคมและเศรษฐกิจเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบด้านลบที่อาจตามมาทีหลังโดยคำนึงถึงลำดับความสำคัญของการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการกำจัดความยากจนของประเทศกำลังพัฒนา

การตระหนักว่าทุกประเทศโดยเฉพาะประเทศกำลังพัฒนา ต้องใช้แหล่งทรัพยากรเพื่อการพัฒนาสังคมและเศรษฐกิจอย่างยั่งยืนเพื่อที่จะตอบสนองต่อเป้าหมายดังกล่าว ต้องมีความรับผิดชอบในการใช้พลังงานและใช้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมถึงเทคโนโลยีใหม่เพื่อประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจและสังคม

ข้อกำหนดในการปกป้องการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในปัจจุบันและอนาคต ซึ่งต้องปฏิบัติดังนี้

---

## ข้อที่ 1

### นิยาม\*

---

เพื่อความเข้าใจในการประชุม

1. “ผลกระทบต่อด้านลบของสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง” หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมทางกายภาพหรือชีวภาพจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศซึ่งเป็นผลกระทบอันตรายต่อองค์ประกอบ ความยืดหยุ่นหรือผลผลิตจากธรรมชาติและการจัดการระบบนิเวศน์หรือระบบสังคมและเศรษฐกิจหรือสุขภาพของมนุษย์หรือความปลอดภัย

2. “การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ” หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสภาพบรรยากาศที่มีสาเหตุโดยตรงหรือโดยอ้อมจากกิจกรรมของมนุษย์อันทำให้องค์ประกอบของบรรยากาศโลกในระดับต่างๆ เปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับช่วงเวลาหนึ่ง

3. “สภาพภูมิอากาศ” หมายถึง ระบบทั้งหมดของบรรยากาศ, อุทกภาค ( hydrosphere), ไบโอสเฟียร์ ( Biosphere) และธรณีภาค (geosphere) และปฏิสัมพันธ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

4. “การปล่อยก๊าซเรือนกระจก” หมายถึง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกและ/หรือสิ่งที่เกิดจากก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศต่อพื้นที่ๆ หนึ่ง ณ ช่วงเวลาหนึ่ง

5. “ก๊าซเรือนกระจก” หมายถึง ก๊าซที่ปล่อยสู่บรรยากาศซึ่งมีคุณสมบัติซึ่งดูดซับและปล่อยรังสีกลับสู่พื้นผิวอีกครั้ง

6. “องค์การบูรณาการทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาค” หมายถึง องค์การซึ่งก่อตั้งขึ้น โดยรัฐอธิปไตยของภูมิภาคหนึ่งซึ่งมีส่วนที่เกี่ยวกับเรื่องที่อยู่ภายใต้อนุสัญญาหรือพิธีสารนี้ และได้รับมอบอำนาจโดยถูกต้องตามขั้นตอนการภายใน ที่จะลงนามเป็นภาคีและยอมรับเห็นชอบหรือภาคยานุวัติให้ตราสารที่เกี่ยวข้อง

7. “แหล่งสะสม” หมายถึง องค์ประกอบหรือส่วนประกอบของสภาพภูมิอากาศซึ่งเก็บสิ่งที่จะเปลี่ยนไปเป็นก๊าซเรือนกระจก

8. “แหล่งกักเก็บ” หมายถึง กระบวนการกิจกรรมหรือกลไกใดๆ ที่ทำให้ก๊าซเรือนกระจกที่อยู่ในบรรยากาศถูกกักเก็บ

9. “แหล่งกำเนิด” หมายถึง กิจกรรมหรือกระบวนการใดๆ ที่ก่อให้เกิดละอองของเหลวของก๊าซเรือนกระจก หรือก๊าซเรือนกระจก

\*หัวข้อบทความสำหรับช่วยผู้อ่าน

---

## ข้อที่ 2

### วัตถุประสงค์

---

จุดมุ่งหมายของอนุสัญญานี้และกฎหมายใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประชุมของภาคีเพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามพันธสัญญาที่เกี่ยวข้องกับอนุสัญญานี้ เพื่อรักษาเสถียรภาพความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศในระดับที่ไม่เป็นอันตราย ในสภาพอากาศ เป็นเช่นว่าควรถูกทำให้สัมฤทธิ์ผล ภายในกรอบเวลาเพียงพอที่จะอนุญาตให้ระบบนิเวศที่จะปรับเปลี่ยนธรรมชาติ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่จะประกันว่าการผลิตอาหารไม่ได้ถูก คุกคามและจะเปิดใช้การพัฒนาทางเศรษฐกิจเป็นไปอย่างยั่งยืน

---

ข้อที่ 3  
พื้นฐาน

---

ในการกระทำของพวกเขาเพื่อให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ของอนุสัญญานี้และจะดำเนินการตามบทบัญญัติของตนให้ คุ้มกันได้รับการแนะนำต่างๆ โดยการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ภาคิจะปกป้องสภาพอากาศเพื่อประโยชน์ของปัจจุบันและอนาคตของมวลมนุษยชาติ บนพื้นฐานของความเที่ยง ธรรมและตามปกติแต่แยกความรับผิดชอบและความสามารถของตน ดังนี้ประเทศภาคิที่พัฒนาแล้วควรมีบทบาทนำในการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เตรียมรับผลกระทบจากนั้น

2. ความต้องการเฉพาะและสถานการณ์พิเศษของประเทศกำลังพัฒนาและประเทศภาคิ โดยเฉพาะกับประเทศที่มีความ อ่อนไหวต่อผลกระทบด้านลบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของฝ่ายหนึ่งฝ่ายใด ซึ่งอาจจะแบกรับ ไม่ได้ ภาระ ผิดปกติตามอนุสัญญานี้ควรจะได้รับพิจารณาเพิ่มเติมที่

3. ภาคิจะต้องดำเนินการตรวจสอบล่วงหน้า ป้องกันและลดสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและ บรรเทาผลกระทบด้านลบซึ่งการคุกคามสร้างความเสียหายอย่างร้ายแรงไม่สามารถบรรเทาได้ การขาดความเชื่อมั่นทาง วิทยาศาสตร์อย่างเต็มที่ไม่ควรใช้เป็นเหตุผลในการเลื่อนการตรวจสอบ โดยคำนึงถึงนโยบายและมาตรการเพื่อรับมือกับการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้แน่ใจว่าจะได้ประโยชน์ต่อโลกสูงสุดในต้นทุนที่ต่ำสุดเท่าที่เป็นไปได้ เพื่อที่จะบรรลุ นโยบายและมาตรการเหล่านี้จะต้องคำนึงความแตกต่างทางสังคม-เศรษฐกิจ แล้วทำความเข้าใจกับแหล่งกำเนิด แหล่งกักเก็บและแหล่งสะสมของก๊าซเรือนกระจกและการเปลี่ยนสภาพ รวมถึงส่วนต่างๆทางเศรษฐกิจ ความพยายามที่จะคง สภาพภูมิอากาศขึ้นอยู่กับความสนใจที่จะร่วมมือของประเทศภาคิ

4. ภาคิมีสิทธิที่จะส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืน นโยบายและมาตรการ ในการคุ้มครองสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่อการ ชักจูงมนุษย์ซึ่งเกี่ยวกับเปลี่ยนแปลงจะต้องมีความจำเพาะเจาะจงและเหมาะสมกับภาคินั้นและรวมอยู่ในโปรแกรมการพัฒนา แห่งชาติโดยคำนึงถึงว่าการพัฒนาทางเศรษฐกิจเป็นสิ่งสำคัญเพื่อเลือกใช้นโยบายในการจัดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

5. ภาคิควรร่วมมือเพื่อส่งเสริมกันและเปิดระบบเศรษฐกิจระหว่างประเทศที่จะนำไปสู่การเติบโตทางเศรษฐกิจและ การพัฒนาของทุกชาติภาคิ โดยเฉพาะประเทศกำลังพัฒนาในกลุ่มภาคิ เพื่อให้ประเทศเหล่านั้นจัดการกับปัญหาการเปลี่ยนแปลง ภูมิอากาศ ได้ดียิ่งขึ้น มาตรการที่จะต่อสู้กับการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศรวมถึงการตัดสินใจจากภาคิชาติหนึ่ง ที่ไม่ควร ก่อให้เกิดช่องทางการเลือกปฏิบัติตามอำเภอใจ บทสนทนาหรือข้อจำกัดที่แอบแฝงต่อการค้าระหว่างประเทศ



ข้อที่ 4

ข้อตกลง

1. ภาคีทั้งหมด ต้องคำนึงถึง พื้นฐาน ของตนแต่แยกความรับผิดชอบ เฉพาะในชาติตน ระดับภูมิภาค และการพัฒนา ภูมิภาค เป้าหมายสำคัญและสถานการณ์ที่จะต้อง

(a) การพัฒนาข้อมูลที่ทันสมัย ประชาสัมพันธ์และจัดให้มีการประชุมของภาคีตามข้อ 12 สิ่งที่เกิดจากการกระทำของ มนุษย์ในระดับชาติซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดปล่อยก๊าซและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกักเก็บซึ่งไม่ได้ควบคุมอยู่ในพิธีสาร มอนทรี-ออล หรือการใช้วิธีซึ่งใกล้เคียงกับสิ่งที่เป็นข้อตกลงกัน โดยการประชุมของภาคี

(b) สูตรสำเร็จ เครื่องมือ ประชาสัมพันธ์ และข้อมูลที่ทันสมัยระดับชาติและ โปรแกรมระดับภูมิภาคที่เหมาะสมซึ่ง ประกอบด้วยมาตรการเพื่อลดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยจากการกระทำของมนุษย์จาก แหล่งกำเนิดและการปลดปล่อยจากแหล่งกักเก็บซึ่งไม่ได้ควบคุมอยู่ในพิธีสารมอนทรีออลและมาตรการรองรับต่อการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

(c) การส่งเสริมและร่วมมือในการพัฒนาการประยุกต์ใช้และการเผยแพร่ รวมถึงการถ่ายโอนเทคโนโลยี การฝึกฝน และวิธีปฏิบัติในการควบคุม ลดและยับยั้งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกระทำของมนุษย์ซึ่งไม่ได้ควบคุมอยู่ในส่วนต่างๆ ของพิธีสารมอนทรีออลซึ่งรวมถึงด้านพลังงาน การขนส่ง อุตสาหกรรม การเกษตร ป่าไม้และการจัดการขยะสิ่งปฏิภูล

(d) การส่งเสริมการจัดการที่ยั่งยืน และการส่งเสริมการให้ความร่วมมือในการอนุรักษ์และปรับปรุง แหล่งกักเก็บและ แหล่งสะสมก๊าซเรือนกระจกซึ่งไม่ได้ควบคุมอยู่ในพิธีสารมอนทรีออล รวมถึงมวลชีวภาพ ป่าไม้และมหาสมุทร ครอบคลุมไป ยัง พื้นที่ชายฝั่งและระบบนิเวศน์ทางทะเล

(e) ความร่วมมือในการเตรียมการต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การพัฒนาและส่งเสริมอย่างครบ วงจรที่เหมาะสมและแผนการสำหรับการบริหารพื้นที่ชายฝั่ง แหล่งน้ำ การเกษตรและสำหรับการคุ้มครองและฟื้นฟูพื้นที่ โดยเฉพาะ ในแอฟริกาซึ่งได้รับผลกระทบจากปัญหาภัยแล้งและการเกิดทะเลทรายรวมถึงภาวะน้ำท่วม

(f) เมื่อคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในขอบเขตที่เป็นไปได้ต่อสังคม เศรษฐกิจและนโยบายด้าน สิ่งแวดล้อมสิ่งแวดล้อม การดำเนินการและการใช้วิธีที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น การประเมินผลกระทบ กำหนดและการตัดสินใจ เพื่อลดผลกระทบด้านลบทางเศรษฐกิจ สุขภาพของประชาชนและคุณภาพของสิ่งแวดล้อมของโครงการหรือมาตรการ โดยการ กำกับดูแล โดยให้ลดลงหรือปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

(g) การส่งเสริมและร่วมมือในทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เทคโนโลยีทางวิชาการ สังคม เศรษฐกิจและการวิจัย อื่นๆ ระบบการสังเกตการณ์และการพัฒนาของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสภาพอากาศและความตั้งใจต่อการเพิ่มเติมความรู้ความ เข้าใจ และเพื่อลดหรือจัดความไม่แน่นอนที่เกี่ยวกับสาเหตุ ผลกระทบ ความรุนแรงและช่วงเวลาของการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศและผลพวงทางเศรษฐกิจและสังคมต่อการตอบสนองตามแผนยุทธศาสตร์

(h) การส่งเสริมและให้ความร่วมมืออย่างเต็มที่ในการกระตุ้นการแลกเปลี่ยนทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิชาการ สังคม เศรษฐกิจและข้อมูลกฎหมายที่เกี่ยวข้องต่อสภาพภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ตลอดจนผลพวง ทางเศรษฐกิจและสังคมต่อการตอบสนองต่อการตอบสนองตามแผนยุทธศาสตร์

(i) การส่งเสริมและให้ความร่วมมือในการศึกษา การฝึกฝนและการตระหนักถึงของสาธารณชนเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการสนับสนุนการมีส่วนร่วมอย่างกว้างขวางในกระบวนการนี้ รวมถึงองค์กรที่ไม่ใช่ของรัฐ

(j) การติดต่อในที่ประชุมของประเทศภาคีที่เกี่ยวข้อง ดำเนินการตามหัวข้อที่ 12

2. ในประเทศภาคีที่พัฒนาแล้วและประเทศภาคีอื่นรวมถึงในภาคผนวก I โดยเฉพาะการกระทำตามที่บัญญัติต่อไปนี้

(a) ของแต่ละภาคีควรยอมรับนโยบายแห่งชาติและนามาตรการการบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยจำกัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกระทำของมนุษย์และปกป้องปรับปรุงแหล่งกักเก็บและแหล่งสะสม นโยบายและมาตรการเหล่านี้จะใช้มาตรการแสดงให้เห็นว่าประเทศที่พัฒนาแล้วเป็นผู้นำไปสู่แก้ไขในระยะยาวกับแนวโน้มในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการกระทำของมนุษย์ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของอนุสัญญานี้ ทั้งนี้โดยตระหนักว่าการหวนกลับมาของระดับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ ที่ไม่ได้ถูกควบคุมในพิธีสารมอนทรีออลในช่วงสิ้นทศวรรษนี้ จะมีส่วนช่วยในการปรับปรุงโดยคำนึงถึงความแตกต่างของภาคี เริ่มต้นและวิธีการแก้ไขโครงสร้างทางเศรษฐกิจและฐานทรัพยากร ความต้องการที่จะรักษาความเข้มแข็งในการเติบโตทางเศรษฐกิจ เทคโนโลยีที่มีอยู่ และเหตุการณ์อื่นๆ รวมถึงเงินสมทบที่จำเป็นและเหมาะสมจากแต่ละภาคีเหล่านี้ ต่อความพยายามของโลกที่มีต่อวัตถุประสงค์เหล่านี้ ภาคีเหล่านี้อาจดำเนินการตามนโยบายและมาตรการเช่นว่านั้นร่วมกับภาคีอื่นๆ และอาจจะช่วยภาคีอื่นๆ ในการบรรลุเป้าหมายในอนุสัญญานี้ และในส่วนของอนุวรรคนี้

(b) เพื่อที่จะส่งเสริมความคืบหน้า เพื่อการนี้แต่ละภาคีจะต้องติดต่อสื่อสารกัน ภายในหกเดือนแรกของการเริ่มบังคับใช้อนุสัญญา หลังจากนั้นมีการติดต่อครั้งคราวและตามข้อ 12 ข้อมูลโดยละเอียดในนโยบายและมาตรการที่อ้างถึงในอนุวรรค

(a) ข้างต้นที่คาดว่าจะส่งผลให้การในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการกระทำของมนุษย์จากแหล่งกำเนิดและแหล่งกักเก็บที่ไม่ได้ถูกควบคุมในพิธีสารมอนทรีออลในช่วงเวลาที่อ้างถึงในอนุวรรค (a) โดยมีเป้าหมายเพื่อการกลับมาของระดับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ ในช่วงปี 1990 ที่ไม่ได้ถูกควบคุมในพิธีสารมอนทรีออล ข้อมูลนี้จะได้รับการทบทวนโดยการประชุมของภาคี ในการประชุมครั้งแรกหลังจากนั้นเป็นครั้งคราวตามหัวข้อ 7

(c) การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิดและแหล่งกักเก็บ เพื่อความมุ่งประสงค์ของอนุวรรค ( b) ข้างต้นโดยคำนึงถึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ดีที่สุดที่มีอยู่ ซึ่งรวมถึงความจุของแหล่งกักเก็บที่จะส่งกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ การประชุมของภาคีจะต้องพิจารณาและตกลงกันในเรื่องวิธีการสำหรับการคำนวณในการประชุมช่วงแรกและมีการทบทวนหลังจากนั้นอย่างต่อเนื่อง

(d) การประชุมของภาคีในช่วงแรก เป็นการทบทวนอนุวรรค ( a) และ (b) ตามข้างต้น การทบทวนดังกล่าวจะต้องดำเนินการประเมินข้อมูลด้านวิทยาศาสตร์และข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศและผลกระทบที่เกิดขึ้นที่เกี่ยวข้องในทางวิชาการ ทางสังคมและเศรษฐกิจ ซึ่งมีพื้นฐานอยู่บนการทบทวนของที่ประชุมของภาคี จะต้องปฏิบัติการอันเหมาะสมซึ่งอาจรวมถึงการตกลงเลือกใช้การแก้ไขเพิ่มเติมให้การยอมรับข้อผูกพันเฉพาะในอนุวรรค (a) และ (b) ข้างต้น การประชุมของภาคีในช่วงแรกจะต้องร่วมการตัดสินใจร่วมกันเกี่ยวกับการดำเนินการตามที่ระบุไว้ในอนุวรรค (a) ข้างต้น การทบทวนครั้งที่สองของอนุวรรค (a) และ (b) จะมีขึ้นไม่ช้ากว่า 31 ธันวาคม 1998 และหลังจากนั้นให้มีการทบทวนเป็นประจำกำหนดโดยการประชุมของภาคี จนกว่าจะบรรลุวัตถุประสงค์ของอนุสัญญานี้ได้พบ

(e) แต่ละภาคีจะต้อง

i) ร่วมมืออย่างเหมาะสมกับภาคีอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจและการจัดการเครื่องมือในการพัฒนาเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของอนุสัญญานี้และ

ii) การระบุและทบทวนเป็นครั้งคราวของนโยบายและวิธีปฏิบัติซึ่งส่งเสริมกิจกรรมต่างๆที่นำไปสู่ระดับของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ต่ำกว่าซึ่งไม่ได้ถูกควบคุมโดยพิธีสารมอนทรีออลและในส่วนที่ปรากฏอื่นๆ

(f) การประชุมของภาคี จะทบทวนและไม่ช้ากว่า 31 ธันวาคม 1998 ข้อมูลต่างๆที่มีต่อการตัดสินใจเกี่ยวกับการแก้ไขที่รายการในภาคผนวก I และ II ที่อาจมีความเหมาะสมด้วยความเห็นชอบของภาคีที่เกี่ยวข้อง

(g) ภาคีใดที่ไม่ได้รวมอยู่ในภาคผนวก I อาจในการมอบตราสารสัตยาบันขอรับเห็นชอบหรือภาคยานุวัติในเวลาใดๆ หลังจากนั้นว่าแจ้งให้ผู้เก็บรักษานุสัญญาว่ามีเจตนาที่จะถูกผูกพัน โดยอนุวรรค (a) และ (b) ข้างต้น ผู้เก็บรักษานุสัญญาต้องแจ้งให้ผู้ลงนามและภาคีอื่นๆ ของการประกาศใดๆ

3. ในประเทศภาคีที่พัฒนาแล้วและประเทศพัฒนาแล้วภาคีอื่นที่อยู่ใน ภาคผนวก II ต้องเตรียมทรัพยากรทางการเงินที่จะพบกับค่าใช้จ่ายตามที่ได้ตกลงกันไว้กับภาคีในประเทศกำลังพัฒนาปฏิบัติตามพันธกรณีของตนภายใต้ ข้อ 12 แล้ววรรค 1 ประเทศภาคีที่พัฒนาแล้วจะจัดหาข้อมูลเช่นว่านั้นทรัพยากรทางการเงินซึ่งรวมถึงการให้การถ่ายทอดเทคโนโลยีตามความต้องการในประเทศกำลังพัฒนา ที่จะพบกับทุนที่ได้ตกลงกันไว้ ก้าวไปที่ละขั้นมาตรการในการปฏิบัติที่อยู่ภายใต้วรรค 1 ของหัวข้อนี้และที่ตกลงกันระหว่างภาคีอีกฝ่ายที่เป็นประเทศที่กำลังพัฒนาและระหว่างประเทศที่อ้างถึงในข้อ 11 ตามที่ข้อนี้การดำเนินการข้อผูกพันดังกล่าวจะคำนึงถึงความจำเป็นในการอนุสัญญากองทุนและในการไหลเวียนของทุนและความสำคัญของภาวะที่เหมาะสมในการแบ่งปันคูกรณีที่ประเทศพัฒนาแล้ว

4. ในประเทศภาคีที่พัฒนาแล้วและภาคีใน ภาคผนวก II จะช่วยประเทศภาคีที่กำลังพัฒนาที่โดยเฉพาะเปราะบางต่อรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้รับทุนในปรับตัวรับมือต่อผลกระทบที่เกิดขึ้นดังกล่าว

5. ในประเทศภาคีที่พัฒนาแล้วและภาคีอื่นๆ ในภาคผนวก II นั้นจะต้องให้ทุกอย่างที่จะกระทำได้รวมถึงการส่งเสริมการอำนวยความสะดวกทางการเงินตามที่เหมาะสม ในการโอนหรือการเข้าถึงเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ความรู้และทักษะต่อภาคีอื่นๆ โดยเฉพาะประเทศกำลังพัฒนา สามารถดำเนินการตามบทบัญญัติของอนุสัญญานี้ ในกระบวนการนี้ประเทศภาคีที่พัฒนาแล้วจะสนับสนุนการพัฒนาและปรับปรุงความสามารถเทคโนโลยีของประเทศกำลังพัฒนาในระยะยาว ภาคีอื่นๆ และองค์กรในตำแหน่งที่จะทำเช่นนั้นน่าจะช่วยในการอำนวยความสะดวกในการโอนย้ายเทคโนโลยีเช่นว่านั้น

6. ในการดำเนินการตามข้อผูกพันของตนตามวรรค 2 ข้างต้นแล้วระดับหนึ่ง ควรให้ได้รับอนุญาตโดยการประชุมของภาคีใน ภาคผนวก I กำลังอยู่ระหว่างกระบวนการของการเปลี่ยนไปเป็นระบบเศรษฐกิจแบบตลาดในเพื่อเพิ่มความสามารถของภาคีเหล่านี้ให้การเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศที่อยู่รวมทั้งโดยคำนึงถึงระดับของสถิติของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ได้ถูกควบคุมโดยพิธีสารมอนทรีออลเลือกใช้ใช้อ้างอิงถึง

7. การที่ประเทศภาคีกำลังพัฒนาประเทศจะดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพตามข้อผูกพันของตนในอนุสัญญานี้ขึ้นอยู่กับดำเนินการของประเทศภาคีที่พัฒนาแล้วตามข้อผูกพันของตนตามอนุสัญญาที่เกี่ยวข้องกับแหล่งเงินทุนและการถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยคำนึงถึงการพัฒนาระบบเศรษฐกิจและสังคม กำจัดและความยากจนเป็นอันดับครั้งแรกและการให้ความสำคัญของประเทศภาคีกำลังพัฒนา

8. ในการพิจารณาตามข้อผูกพันในข้อนี้ ภาคีจะพิจารณาถึงสิ่งที่เป็นการกระทำที่จำเป็นตามความในอนุสัญญานี้รวมถึงการกระทำที่เกี่ยวข้องกับการให้ทุน ประกันภัย และการถ่ายโอนเทคโนโลยี ที่จะพบกับความต้องการเฉพาะและสิ่งที่เกี่ยวข้องกับประเทศกำลังพัฒนา ภาคีที่ได้รับผลกระทบด้านลบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และ/หรือการพิจารณาการดำเนินการตามมาตรการการตอบสนองโดยเฉพาะ

(a) ประเทศเกาะหมู่เกาะเล็กๆ

- (b) ประเทศที่มีชายฝั่งต่ำ
- (c) ประเทศที่มีความแห้งแล้งและพื้นที่กึ่ง – แห้งแล้งและพื้นที่ที่เคยเป็นป่าไม้และพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม
- (d) ประเทศที่มีพื้นที่ที่จะเกิดภัยธรรมชาติ
- (e) ประเทศซึ่งมีแนวโน้มแห้งแล้งและเกิดทะเลทราย
- (f) ประเทศที่มีมลภาวะในบรรยากาศสูง
- (g) ประเทศที่มีพื้นที่ระบบทางนิเวศวิทยาเปราะบาง รวมถึง พื้นที่ภูเขา
- (h) ประเทศที่มีระบบเศรษฐกิจในประเทศที่ต้องพึ่งพารายได้เกิดขึ้นจากการผลิตและการส่งออกการแปรรูป และ/หรือในการบริโภค น้ำมันและพลังงาน ในรูปแบบอื่นที่เกี่ยวข้อง
- (i) พื้นที่ติดและประเทศทางผ่าน

นอกจากนั้นในการประชุมครั้งนี้ ภาคิอาจจะทำกรทำกรที่หมะสมในส่วนที่เกี่ยวกับวรรคนี้

9. ภาคิจะต้องพิจารณาความต้องการ โดยเฉพาะและสถานการณ์พิเศษของประเทศที่พัฒนาแล้วอย่างน้อยในการกระทำของพวกเขา โดยคำนึงถึงการให้ทุนและการถ่ายโอนเทคโนโลยี

10. ภาคิตามข้อ 10 ต้องพิจารณาในการดำเนินการตามข้อผูกพันแห่งอนุสัญญา โดยเฉพาะ สถานการณ์ใน ประเทศภาคิกำลังพัฒนา ซึ่งมีเศรษฐกิจที่มี ความเปราะบางต่อ ผลกระทบต่อ มาตรการที่ใช้ตอบสนองต่อ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ การดำเนินการกับเศรษฐกิจขึ้นอยู่กับการผลิตและการส่งออกการแปรรูปและ หรือการ/บริโภคน้ำมันและพลังงานที่เกี่ยวข้องและ / หรือการใช้น้ำมันซึ่งภาคิกำลังมีความยากลำบากต่อการต่อการเปลี่ยนตัวเลือก

-----  
ข้อที่ 5

การวิจัยและระบบสังเกตการณ์

-----

ในการปฏิบัติตามข้อผูกพันเฉพาะตามข้อ 4 วรรค 1(g) ที่ภาคิ จะต้อง

- (a) ให้การสนับสนุนและการพัฒนาที่เหมาะสมระหว่างประเทศ องค์การระหว่างรัฐบาลหรือหลักสูตรและเครือข่ายองค์กรที่มีวัตถุประสงค์ให้คำจำกัดการ การทำการประเมินทางการเงิน การจัดเก็บข้อมูลการวิจัยและเป็นระบบการสังเกตโดยคำนึงถึงความจำเป็นที่จะลดการกระทำที่คล้ายคลึงกัน
- (b) ความพยายามระหว่างประเทศองค์การระหว่างรัฐบาลที่จะสร้างความเข้มแข็งให้ระบบสังเกตการณ์และความสามารถในการผลิตงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์แห่งชาติและงานวิจัยทางด้านเทคนิค โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนาและส่งเสริมการเข้าถึงและการแลกเปลี่ยนข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากพื้นที่ในความรับผิดชอบ
- (c) พิจารณาข้อเกี่ยวข้องและความต้องการของประเทศกำลังพัฒนาและให้ความร่วมมือในการพัฒนาการผลิตเองในระยะยาวและความสามารถที่จะมีส่วนร่วมในความพยายาม ที่อ้างถึงในอนุวรรค (a) และ (b) ข้างต้น

---

ข้อที่ 6

การศึกษา การฝึกและความตระหนักของสาธารณะ

---

ในการปฏิบัติตามข้อผูกพันเฉพาะตามข้อ 4 วรรค 1 (i) ให้ภาคี

(a) การส่งเสริมและอำนวยความสะดวกในระดับชาติที่เหมาะสม ระดับอนุภูมิภาคและภูมิภาคให้เป็นไปตามกฎหมาย และข้อบังคับภายในประเทศตามความสามารถของตน:

- (i) ในการพัฒนาและการดำเนินการของการศึกษาและความตระหนักของสาธารณชนถึงการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศและผลกระทบของมัน
- (ii) การเข้าถึงข้อมูลข่าวสารสาธารณะในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบนั้น
- (iii) การมีส่วนร่วมในการกล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อการตอบสนองและที่เพียงพอ
- (iv) การฝึกอบรมทางเทคนิคของวิทยาศาสตร์ และการจัดการทรัพยากรบุคคล

(b) ให้ความร่วมมือในและส่งเสริมในระดับนานาชาติและตามความที่เหมาะสมการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่

- (i) การพัฒนาและแลกเปลี่ยนการศึกษา และสื่อที่ส่งผลกระทบต่อตระหนักของสาธารณชนกับสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง
- (ii) การพัฒนาและดำเนินการศึกษา กระบวนการฝึกฝนรวมถึงความเข้มแข็งของสถาบันแห่งชาติ และการแลกเปลี่ยนบุคลากรระดับสองเพื่อฝึกฝนให้ชำนาญในแขนงนั้น โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนา

---

ข้อที่ 7

การประชุมของภาคี

---

1. มีการจัดการประชุมของ ภาคี ณ ที่สถาปนาขึ้นมา

2. การประชุมของภาคี ที่ร่างกายของอนุสัญญานี้ให้ตามปกติทำให้การทบทวนการดำเนินการในอนุสัญญานี้และเครื่องมือทางกฎหมายใดๆที่เกี่ยวข้องกับการประชุมที่ภาคีอาจรับเอามาและจะต้องทำการอยู่ในอำนาจของอำนวยการตัดสินใจที่จำเป็นที่จะส่งเสริมให้มีผลการดำเนินการตามอนุสัญญานี้ เพื่อการนี้จะต้อง

(a) เป็นครั้งคราวจะมีการตรวจสอบข้อผูกพันของภาคี และข้อตกลงของสถาบันตามอนุสัญญานี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของอนุสัญญานี้และประสพการณ์ที่ได้รับในการดำเนินการและการวิวัฒนาการของความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(b) ส่งเสริมและอำนวยความสะดวกในการแลกเปลี่ยนข้อมูลเกี่ยวกับมาตรการของภาคีต่อผลการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยคำนึงถึงความแตกต่างของสถานการณ์ ความรับผิดชอบและความสามารถของ ภาคีและข้อผูกพันเฉพาะของตนตามอนุสัญญานี้

(c) เพื่ออำนวยความสะดวกโดยการร้องขอของทั้งสองฝ่ายหรือมากกว่า การประสานงานของมาตรการที่อยู่โดยให้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และผลกระทบนี้โดยคำนึงถึงสถานการณ์ความแตกต่าง ความรับผิดชอบและความสามารถของภาคีทั้งสองฝ่ายและข้อผูกพันเฉพาะของตนตามอนุสัญญานี้

- (d) ส่งเสริมและชี้แนะเป็นไปตามวัตถุประสงค์และให้นำบทบัญญัติแห่งอนุสัญญา การพัฒนาเป็นระยะๆ ก็ยังสามารถแสวงหาวิธีการเทียบเคียงกับที่จะตกลงกันว่าโดยการประชุมของภาคี อาทิการเตรียมการจัดการเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยแหล่งกำเนิดและกักเก็บและเพื่อการประเมินผลความมีประสิทธิภาพของมาตรการที่จะจำกัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและเสริมสร้างความจำกัดควบคุมก๊าซเหล่านี้
- (e) การประเมินต่างๆบนพื้นฐานของข้อมูลทั้งหมดที่มีความเป็นไปได้ตามบทบัญญัติของอนุสัญญา ในการปฏิบัติตามที่อนุสัญญา โดยภาคีสมาชิก โดยรวมจากผลของมาตรการที่ใช้ตามอนุสัญญาในเรื่องสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะเศรษฐกิจและสังคมรวมทั้งผลกระทบที่สะสม ในขอบเขตที่มีวัตถุประสงค์เพื่อความก้าวหน้าของอนุสัญญานี้มีผลสำเร็จ
- (f) พิจารณาและใช้เป็นประจำในรายงานการดำเนินการของอนุสัญญาและทำให้แน่ใจในการตีพิมพ์ของพวกเขา
- (g) ทำให้คำแนะนำในเรื่องใดๆที่จำเป็นสำหรับการดำเนินการธุรกิจของอนุสัญญานี้
- (h) พยายามที่จะระดมทรัพยากรทางการเงินตามข้อ 4 วรรค 3, 4 และ 5 และข้อ 11
- (i) จัดตั้งองค์กรย่อยตามที่เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำเนินการธุรกิจของอนุสัญญานี้
- (j) รายงานการทบทวนเสนอโดยองค์กรย่อยและให้คำแนะนำกับองค์กร
- (k) ตกลงกันและรับเอามาโดยฉันทามติ ข้อบังคับการประชุมและกฎเกณฑ์ทางการเงินสำหรับองค์กรย่อย
- (l) หาและใช้ให้เป็นประโยชน์และตามความเหมาะสม การบริการและความร่วมมือและข้อมูลที่เตรียมไว้ เพื่อองค์กรระหว่างประเทศขององค์กรระหว่างรัฐบาลและองค์กรที่มีใจและ
- (m) การฝึกปฏิบัติหน้าอย่างอื่นเช่นว่านั้นตามที่กำหนดให้มีความสำเร็จของวัตถุประสงค์ของ อนุสัญญานี้รวมทั้งหน้าที่อื่นๆทั้งหมดที่ได้รับมอบหมายตามอนุสัญญานี้

3. ในการประชุมให้ภาคีต่างๆ ที่อยู่ในการประชุมช่วงแรก รับเอาข้อบังคับการประชุมที่องค์กรย่อยจัดตั้งขึ้นโดยอนุสัญญานี้ซึ่งจะต้องรวมถึงการตัดสินใจเพื่อดำเนินการเรื่องไม่ได้โดยภายใต้การตัดสินใจ วิธีการที่กำหนดไว้ในอนุสัญญานี้ กระบวนการเช่นว่านั้นอาจรวมถึงที่ระบุเสรีนิยมได้รัฐธรรมนูญที่จำเป็นสำหรับการใช้ตัดสินใจต่างๆ โดยเฉพาะการ

4. ในการประชุมครั้งแรกของการประชุมของภาคีช่วงแรก จะต้องเป็นผู้เรียกประชุมโดยสำนักงานเลขาธิการฝ่ายวิชาการชั่วคราวที่อ้างถึงในข้อ 21 และจะต้องเกิดขึ้นไม่ช้ากว่าหนึ่งปีหลังจากวันที่ของการเริ่มใช้บังคับของอนุสัญญานี้ หลังจากนั้นโดยปกติวาระการประชุมของภาคีจะจัดขึ้นทุกปีเว้นแต่จะมีมติให้โดยการประชุมของฝ่ายที่เกี่ยวข้องแล้ว

5. การประชุมพิเศษของภาคีจะจัดขึ้นครั้งอื่นตามความจำเป็น โดยให้ถือว่าในที่ประชุมหรือที่หนังสือร้องขอใดๆของภาคีฝ่ายหนึ่งโดยมีเงื่อนไขว่าภายในหกเดือนแรกของการร้องขอการแจ้งไปยังภาคีโดยสำนักเลขาธิการ ซึ่งได้รับการสนับสนุนโดยอย่างน้อยหนึ่งในสามของฝ่ายที่เกี่ยวข้องแล้ว

6. สหประชาชาติ ผู้เชี่ยวชาญของสหประชาชาติ และทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศที่สมาชิกใดๆของรัฐนั้นหรือนักสังเกตการณ์นั้น ไม่ได้เป็นภาคีแห่งอนุสัญญานี้อาจจะส่งผู้แทนเข้าร่วมการประชุมของภาคีในฐานะผู้สังเกตการณ์หน่วยงานใดๆไม่ว่าจะเป็นองค์กรระดับประเทศ ระหว่างประเทศหรือองค์กรพัฒนาเอกชนหรือเป็นผู้ซึ่งทรงคุณวุฒิในเรื่องซึ่งอยู่ภายใต้อนุสัญญานี้และได้แจ้งกับสำนักงานสำนักเลขาธิการถึงความปรารถนาที่จะเป็นผู้แทนในการประชุมของภาคี ตามที่ผู้สังเกตการณ์คนหนึ่งได้รับการยอมรับอย่างน้อยหนึ่งในสามขององค์กรประชุมในปัจจุบัน การเข้าร่วมและการมีส่วนร่วมของผู้สังเกตการณ์ต้องอยู่ภายใต้ข้อบังคับการประชุม โดยการประชุมของฝ่ายที่เกี่ยวข้องแล้ว

---

ข้อที่ 8

สำนักเลขาธิการ

---

1. หน่วยสำนักเลขาธิการถูกจัดตั้งขึ้น
2. หน้าที่ของหน่วยสำนักเลขาธิการจะต้อง
  - (a) ที่จะจัดส่วนสำหรับการประชุมของภาคีและองค์กรย่อยจัดตั้งขึ้นตามอนุสัญญาฯ และจัดการบริการตามความจำเป็น
  - (b) รวบรวมและส่งรายงานเสนอ
  - (c) เพื่ออำนวยความสะดวกแก่การให้ความช่วยเหลือภาคี โดยเฉพาะที่ประเทศกำลังพัฒนาในการร้องขอในการรวบรวมและการสื่อสารข้อมูลที่จำเป็นตามบทบัญญัติของอนุสัญญาฯ
  - (d) จัดทำรายงานในกิจกรรมของตนและปัจจุบันด้วยในที่ประชุมของภาคีนั้น
  - (e) เพื่อความแน่ใจในการประสานงานกับหน่วยสำนักเลขาธิการของหน่วยงานระหว่างประเทศอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
  - (f) เข้าไปร่วมในภาพรวมของการประชุมของภาคี เช่นการบริหาร สัญญาข้อตกลงที่อาจจำเป็นในการปฏิบัติหน้าที่
  - (g) ให้สำนักเลขาธิการปฏิบัติหน้าที่อื่นตามที่ระบุไว้ในอนุสัญญาฯ และในส่วนอื่นๆ ตามที่อาจกำหนดโดยการประชุมของภาคี
3. การประชุมของภาคีในช่วงแรกจะเป็นผู้กำหนดเป็นเลขาธิการถาวรและกำหนดหน้าที่การทำงาน

---

ข้อที่ 9

องค์กรในเครือข่ายย่อยในการแนะนำทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

---

1. องค์กรในเครือข่ายย่อยในการแนะนำทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีถูกจัดตั้งขึ้นตามอนุสัญญาฯ เพื่อการประชุมของภาคีและที่เหมาะสมอื่นๆขององค์กรในเครือข่ายย่อยให้ทันเวลากับข้อมูลและคำแนะนำเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่องที่เกี่ยวข้องกับอนุสัญญาฯ ซึ่งองค์กรในเครือข่ายนี้จะเปิดภาคีทั้งหมดมีส่วนร่วมในหลากหลายสาขา ซึ่งประกอบด้วยผู้แทนรัฐบาลที่เชี่ยวชาญในสาขานั้นๆ และจะมีการส่งรายงานในกับที่ประชุมภาคีเป็นประจำ
2. ตามกรอบของการประชุมภาคีองค์กรในเครือข่ายย่อยจะประกอบด้วยหน่วยงานระหว่างประเทศและจะต้อง
  - (a) จัดให้ประเมินของรัฐทางความรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบ
  - (b) การเตรียมความพร้อมการประเมินทางด้านวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับผลกระทบของการดำเนินมาตรการในการดำเนินการในอนุสัญญาฯ
  - (c) ระบุนวัตกรรมใหม่ๆ และมีประสิทธิภาพของรัฐ การใช้เทคโนโลยี ศิลปะและความรู้และแนะนำวิธีการในการส่งเสริมการพัฒนาและ/หรือถ่ายโอนเทคโนโลยีเช่นว่านั้น
  - (d) ให้คำแนะนำทางวิทยาศาสตร์และความร่วมมือระหว่างประเทศในการวิจัยและการพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศเกี่ยวกับแนวทางและวิธีการสนับสนุนในระยะยาวกับการสร้างกำลังการผลิตในประเทศกำลังพัฒนาและ

- (e) ตอบรับข้อมูลทางวิทยาศาสตร์จะทางเทคโนโลยีและวิธีการถามในการประชุมของภาคี และบรรจุในองค์กรในเครือข่ายย่อย
3. หน้าที่และเงื่อนไขของการอ้างอิงองค์กรในเครือข่ายย่อยนี้อาจได้รับจากการประชุมภาคี

---

ข้อที่ 10

องค์กรในเครือข่ายย่อยในการปฏิบัติการ

---

1. องค์กรในเครือข่ายย่อยในการปฏิบัติการถูกก่อตั้งเพื่อช่วยเหลือการประชุมของภาคีในการประเมินและการพิจารณา ทบทวนมีผลการดำเนินการตามอนุสัญญานี้ องค์กรในเครือข่ายย่อยนี้จะเปิดให้ภาคีทั้งหมดมีส่วนร่วม และประกอบด้วยผู้แทน รัฐบาลที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และจะมีการรายงานต่อที่ประชุมของภาคีในด้าน ต่างๆทั้งหมดเป็นประจำ

2. ตามกรอบของการประชุมภาคีขององค์กรในเครือข่ายย่อยนี้จะต้อง

- (a) พิจารณาการสื่อสารข้อมูลในไปตามข้อ 12 วรรค 1 เพื่อประเมินผลโดยรวมเป็นขั้นตอนโดยภาคีในทางวิทยาศาสตร์ล่าสุด เกี่ยวกับการประเมินการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
- (b) พิจารณาข้อมูลการสื่อสารที่เกี่ยวข้องตามข้อ 12 วรรค 2 เพื่อช่วยการประชุมภาคีในการประชุมตามข้อ 4 วรรค 2(d) และ
- (c) ช่วยในการประชุมที่เหมาะสมในการเตรียมการตัดสินใจในการปฏิบัติ

---

ข้อที่ 11

กลไกด้านการเงิน

---

1. กลไกพื้นฐานการจัดหาแหล่งเงินทุนที่อนุญาตหรือการยอมให้รวมถึงการถ่ายโอนเทคโนโลยี ณ ที่ได้กำหนด เป็น หน้าที่ตามแนวภายใต้ความรับผิดชอบต่อการประชุมของภาคี ซึ่งจะต้องตัดสินใจในนโยบายและความสำคัญของโครงการตาม หลักเกณฑ์ประ โยชนที่เกี่ยวข้องกับอนุสัญญานี้ การดำเนินงานจะต้องถูกมอบหมายให้กับหนึ่งหรือมากกว่าที่มีอยู่ในระหว่าง ประเทศ

2. ให้สถาบันการเงินมีกลไกอย่างเป็นธรรมและมีความสมดุลมีความโปร่งใส เป็นระบบธรรมาภิบาลต่อทุกฝ่าย

3. การประชุมของภาคีหรือองค์กรที่ได้รับมอบหมายให้ดำเนินการเกี่ยวกับกลไกการคลัง ข้อตกลงของสถาบัน การเงินที่จะมีผลตามวรรคดังกล่าวก่อนหน้านี ซึ่งรวมถึงการดำเนินการดังต่อไปนี้

- (a) รูปแบบที่จะทำให้น่าเชื่อว่าการดำเนินงาน โครงการเพื่อเป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีความสอดคล้องกับนโยบาย และความสำคัญของโครงการซึ่งจัดตั้งขึ้นตามหลักเกณฑ์ของการประชุมภาคีนั้น



(b) รูปแบบการตัดสินใจเกี่ยวกับเงินทุนจะถูกพิจารณาใหม่ในนโยบายเหล่านี้ ความสำคัญและโครงการตามหลักเกณฑ์และประโยชน์

(c) การรายงานการจัดหาในการดำเนินงานด้านเงินทุนที่มีอยู่ต่อการประชุมของภาคีซึ่งมีความสอดคล้องกับการกำหนดความรับผิดชอบที่กำหนดไว้ในวรรค 1 ข้างต้นและ

(d) การกำหนดในการคาดการณ์จำนวนเงินทุนที่จำเป็นและการเลือกในการปฏิบัติตามอนุสัญญานี้และปฏิบัติตามเงื่อนไขตามที่จำนวนเงินให้การสอบทาน

4. การประชุมของภาคีจะต้องทำข้อตกลงที่จะดำเนินการตามที่กล่าวถึงข้างต้นแรกของตนตามบทบัญญัติในการประชุมทบทวนและโดยคำนึงถึงข้อตกลงชั่วคราวที่อ้างถึงในข้อ 21 วรรค 3 และจะต้องตัดสินใจว่าจะชั่วคราวข้อตกลงเหล่านี้ให้รักษาไว้ได้ภายใน 4 ปีหลังจากนั้นในที่ประชุมของภาคี จะทบทวนการกลไกทางการเงินและใช้มาตรการที่เหมาะสม

5. ในประเทศภาคีที่พัฒนาแล้ว อาจยังให้ประเทศภาคีกำลังพัฒนาใช้ประโยชน์จากทรัพยากรของสถาบันการเงินที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการตามอนุสัญญานี้ โดยผ่านทวิภาคีในระดับภูมิภาคและช่องทางพหุภาคีอื่นๆ

---

ข้อที่ 12

การติดต่อสื่อสารเกี่ยวกับข้อมูลในการปฏิบัติ

---

1. โดยสอดคล้องกับข้อ 4 วรรค 1 ภาคีแต่ละฝ่ายจะติดต่อในที่ประชุมของภาคีโดยผ่านเลขานุการ องค์ประกอบของข้อมูลได้แก่

(a) ภาคีหนึ่งที่มีปริมาณของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยแหล่งกำเนิดและแหล่งกักเก็บที่ไม่ได้ถูกควบคุมโดยพิธีสารมอนทรีออลตามขอบเขตที่กำลังผลิตของตนที่ได้รับอนุญาตให้ใกล้เคียงกับการใช้ และยังสามารถแสวงหาการส่งเสริมและตกลงโดยการประชุมของภาคีนั้น

(b) เป็นการทั่วไปคำบรรยายของข้อกำหนดโดยภาคีที่จะดำเนินการตามอนุสัญญานี้และ

(c) ข้อมูลข่าวสารอื่นใดที่ภาคีอีกฝ่ายที่เกี่ยวข้องพิจารณาให้สำเร็จของวัตถุประสงค์ของอนุสัญญานี้ และที่เหมาะสมในการบันทึกข้อมูลของตนในการสื่อสาร รวมถึงหากเป็นไปได้วัสดุที่เกี่ยวข้องของการคำนวณต่อแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก

2. ภาคีแต่ละประเทศที่พัฒนาแล้วและแต่ละภาคีอื่นฝ่ายรวมอยู่ในภาคผนวก I จะรวมถึงการสื่อสาร องค์ประกอบดังนี้

(a) มีรายละเอียดเกี่ยวกับคำอธิบายของการดำเนินนโยบายมาตรการที่ได้ความมุ่งมั่นที่จะดำเนินการตามข้อ 4 วรรค 2(a) และ 2(b) และ

(b) เป็นการเฉพาะของการประเมินผลกระทบของการดำเนินนโยบายและมาตรการที่อ้างถึงในอนุวรรค (a) ในพื้นที่ที่จะเกิดขึ้นต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของตนโดยแหล่งกำเนิดและกักเก็บของตนในช่วงที่อ้างถึงในข้อ 4 วรรค 2(a)

3. นอกจากนี้แต่ละประเทศที่พัฒนาแล้วและแต่ละภาคีอื่นรวมในภาคผนวก 2 จะรวมเอารายละเอียดของมาตรการที่ใช้ตามข้อ 4 วรรค 3, 4 และ 5

4. ภาคิประเทศกำลังพัฒนาอาจได้มาซึ่งเป็นหลักความสมัครใจและเสนอโครงการลงทุน ในการระดมทุนรวมทั้ง เทคโนโลยีเฉพาะ, วัตถุคิบ, อุปกรณ์, ได้สร้างเทคนิคหรือการปฏิบัติที่จะมีความต้องการที่จะดำเนินการตามโครงการดังกล่าว ด้วยและหากทำได้ประมาณการต้นทุนทั้งหมดในการดำเนินการที่ละชั้นของการลดการปล่อยและการกักคุมของก๊าซเรือน กระจกที่รวมทั้งเป็นการประมาณการของผลประโยชน์

5. แต่ละประเทศภาคิที่พัฒนาแล้วและแต่ละภาคิอีกฝ่ายที่อยู่ในภาคผนวก I จะทำให้การเริ่มต้นการสื่อสารภายในหก เดือนแรกของการเริ่มใช้บังคับของอนุสัญญาเพื่อของภาคิฝ่ายนั้น ภาคิที่ไม่ได้อยู่ในบัญชีในครั้งแรกให้ทำการสื่อสารภายในสาม ปีของการเริ่มใช้บังคับของอนุสัญญาเพื่อของภาคินั้น หรือการใช้ทรัพยากรของการเงินตามข้อ 4 วรรค 3 ภาคิประเทศที่พัฒนา แล้วอย่างน้อยที่สุด เริ่มต้นการสื่อสารของตน ความถี่ของการสื่อสารนั้นให้กำหนดโดยการประชุมของภาคินี้โดยคำนึงถึง ตารางเวลาที่กำหนดโดยวรรคนี้

6. ข้อมูลที่สื่อสารโดยภาคิตามข้อนี้จะถูกส่งไปที่สำนักงานเลขาริการโดยทันทีที่ทำได้ในที่ประชุมของภาคิใดๆ และ องค์กรย่อยที่เกี่ยวข้อง และถ้าจำเป็นสำหรับการดำเนินการตามขั้นตอนของการสื่อสารข้อมูลเพิ่มเติมอาจพิจารณาโดยการ ประชุมของภาคิที่เกี่ยวข้องแล้ว

7. จากการประชุมของภาคิช่วงแรกต้องจัดให้ความช่วยเหลือประเทศภาคิกำลังพัฒนา ทางด้านเทคนิคและการ สนับสนุนทางการเงินในการร้องขอในกำลังรวบรวมและสื่อข้อมูลตามข้อนี้ ตลอดจนในการแยกแยะทางด้านเทคนิคและความ ต้องการทางการเงินที่เกี่ยวข้องกับโครงการเสนอมาตรการและการตอบสนองต่อตามข้อ 4 การสนับสนุนอาจบัญญัติไว้โดยภาคิ อื่นๆ โดยองค์การระหว่างประเทศ เลขาริการตามความเหมาะสม

8. กลุ่มใดๆ ของภาคิอาจจะต้องปฏิบัติตามแนวทางโดยการประชุมของภาคิ และจะต้องแจ้งในที่ประชุมของภาคิทำให้ การสื่อสาร มีส่วนร่วมในการบรรลุพันธกรณีของตนภายใต้ข้อนี้โดยมีเงื่อนไขว่าเป็นการสื่อสารรวมถึงข้อมูลที่บรรลุจากแต่ละ ภาคิเหล่านี้ภายใต้พันธกรณีของตนตามอนุสัญญานี้

9. ข้อมูลที่ได้รับจากเลขาริการที่กำหนดโดยภาคิฝ่ายหนึ่งเป็นความลับใน ไปตามหลักเกณฑ์จะจัดตั้งขึ้น โดยการ ประชุมของภาคินั้น โดยสำนักเลขาริการจะปกป้องความลับที่เกี่ยวข้องในการสื่อสารและการทบทวนข้อมูล

10. ภายใต้ข้อบังคับวรรค 9 ดังกล่าว และโดยไม่กระทบกระเทือนถึงความสามารถของภาคิใดๆ ที่จะทำให้การสื่อสาร สาธารณะ ณ เวลาใดๆ ที่สำนักเลขาริการจะต้องจัดภาคิตามข้อนี้เสนอในที่ประชุมของภาคิ

---

ข้อที่ 13

มติคำถามที่เกี่ยวกับการดำเนินการ

---

การประชุมของภาคิช่วงแรกจะหารือแนวทางการจัดตั้งกระบวนการที่ปรึกษาของพหุภาคิ ซึ่งมีความเป็นไปได้ของภาคิ ในการร้องขอมติคำถามที่เกี่ยวกับการดำเนินการเกี่ยวกับการดำเนินการของอนุสัญญานี้

---

ข้อที่ 14

การตกลงข้อพิพาท

---

1. ในกรณีที่มีการมีข้อพิพาทใดๆระหว่างรัฐภาคี สองรัฐหรือมากกว่าที่เกี่ยวกับการตีความหรือการใช้อนุสัญญาฯ ภาคีที่เกี่ยวข้องจะหาเป็นการระงับข้อพิพาทของการระงับข้อพิพาทโดยผ่านการเจรจาอื่นใดหรือโดยสันติวิธีของทางเลือกของพวกเขาเอง

2. เมื่อให้สัตยาบันยอมรับเห็นชอบหรือภาคยานุวัติอนุสัญญานี้หรือในเวลาใดๆ หลังจากนั้นว่าภาคีซึ่งไม่มีองค์การบูรณาการทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาคอาจประกาศมีหนังสือมอบยื่นต่อผู้เก็บรักษาอนุสัญญาว่าในส่วนที่เกี่ยวกับข้อพิพาทใดๆ เกี่ยวกับการตีความหรือการใช้อนุสัญญานี้ ตรีชนกว่าเป็นการบังคับใช้โดยนัยนั้นและ ไม่มีความตกลงพิเศษในส่วนที่เกี่ยวกับภาคีใดๆ รับพันกรณีเดียวกัน

(a) การเสนอข้อพิพาทระหว่างประเทศในศาลของความยุติธรรมและ/หรือ

(b) อนุญาโตตุลาการตามวิธีดำเนินการที่จะได้รับการประชุมของภาคีทันทีที่สามารถปฏิบัติได้ในภาคผนวกในอนุญาโตตุลาการภาคี ซึ่งเป็นองค์การบูรณาการทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาค อาจทำให้มีการประกาศเหมือนกับมีผลบังคับใช้ในความสัมพันธ์กับอนุญาโตตุลาการตามวิธีดำเนินการที่อ้างถึงในอนุวรรค (b) ข้างต้น

3. คำประกาศที่สร้างขึ้นตามวรรค 2 ข้างต้นจะมีผลใช้บังคับต่อไปจนกว่าจะหมดอายุตามเงื่อนไขหรือจนกว่าสามเดือนหลังจากหนังสือแจ้งการเพิกถอนได้มอบไว้กับผู้รับมอบ

4. คำประกาศใหม่ซึ่งเป็นการเพิกถอนหรือคำบอกกล่าวที่หมดอายุของคำประกาศใดๆ ที่จะไม่มีผลกระทบต่อกรดำเนินการคดีที่ค้างอยู่ในศาลยุติธรรมระหว่างประเทศหรือคณะอนุญาโตตุลาการเว้นแต่ฝ่ายต่างในข้อพิพาทนั้นตกลงกันเป็นอย่างอื่น

5. ภายใต้ข้อบังคับแห่งการดำเนินการของวรรค 2 ข้างต้นแล้วถ้าหลังจากสิบสองเดือนหลังจากการแจ้งไปยังภาคีอีกฝ่ายหนึ่งที่มีข้อพิพาทระหว่างนั้นมีคู่กรณีที่เกี่ยวข้อง ไม่สามารถที่จะระงับข้อพิพาทของตน โดยผ่านการหาความว่ากล่าวไว้ ในวรรค 1 ข้างต้นแล้วให้เสนอข้อพิพาทโดยการร้องขอใดๆของภาคีในข้อพิพาทที่จะประนีประนอมกัน

6. คณะกรรมการประนีประนอมสร้างขึ้นเมื่อมีการร้องขอจากภาคีฝ่ายหนึ่งของการระงับข้อพิพาท ให้คณะกรรมการให้ประกอบด้วยการมีจำนวนเท่ากันของกรรมการซึ่งคณะกรรมการแต่งตั้งโดยภาคีแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้อง และได้รับเลือกเป็นประธานร่วมกัน โดยกรรมการซึ่งคณะกรรมการที่แต่งตั้งโดยภาคีแต่ละฝ่าย โดยคณะกรรมการต้องให้การสนับสนุนซึ่งภาคีซึ่งต้องพิจารณา โดยสุจริต

7. การดำเนินการเกี่ยวกับการที่จะประนีประนอมนำไปใช้โดยการประชุมของภาคีทันทีที่สามารถปฏิบัติได้ในภาคผนวก ของการประนีประนอม

8. บทบัญญัติของข้อนี้จะใช้บังคับกับเครื่องมือทางกฎหมายใดๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งการประชุมของภาคีอาจรับเอามา ยกเว้นแต่การมอบให้เป็นอย่างอื่น

---

ข้อที่ 15

การแก้ไขเพิ่มเติมอนุสัญญา

---

1. ภาคใด ๆ อาจเสนอการแก้ไขเพิ่มเติมอนุสัญญานี้
  2. การแก้ไขปรับปรุงอนุสัญญานี้จะได้รับในสมัยประชุมสามัญของการประชุมของฝ่ายที่เกี่ยวข้องแล้ว ข้อความใด ๆ ในการเสนอการแก้ไขเพิ่มเติมต่อจากอนุสัญญาต้องแจ้งไปยังผู้ที่สำนักงานเลขานุการ โดยภาคที่อย่างน้อยหกเดือนก่อนการประชุม ที่เป็นเสนอข้อตกลงเลือกใช้การสื่อสารด้วยสำนักเลขานุการจะต้องเสนอการแก้ไขเพิ่มเติมเพื่อการลงนามในอนุสัญญานี้และการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารให้ผู้เก็บรักษาอนุสัญญา
  3. ภาคที่จะต้องพยายามทุกวิถีทางที่จะไปถึงความตกลงใด ๆ ที่จะเสนอการแก้ไขเพิ่มเติมอนุสัญญาโดยฉันทามติ ถ้าความพยายามทั้งหมดเป็นฉันทามติและไม่มีความตกลงมาถึงการแก้ไขเพิ่มเติมดังกล่าว โดยครั้งสุดท้ายต้องมีสามในสี่ของเสียงส่วนใหญ่ของภาคซึ่งมาประชุมและออกเสียงลงคะแนนในการประชุม ได้รับการแก้ไขเพิ่มเติมให้ติดต่อกันไปที่สำนักงานเลขานุการ โดยให้ผู้รับมอบผู้ซึ่งจะส่งเวียนต่อไปทุกฝ่ายสำหรับการยอมรับข้อตกลงนั้น
  4. ตราสารการยอมรับในส่วนที่เกี่ยวกับการแก้ไขเพิ่มเติมให้มอบไว้กับผู้รับมอบ ได้รับการแก้ไขเพิ่มเติมตามวรรค 3 ข้างต้นจะเริ่มใช้บังคับสำหรับภาคซึ่งได้รับการยอมรับในวันที่เก้าสิบหลังจากวันที่ผู้รับมอบได้รับการของตราสารในการยอมรับ โดยไม่น้อยกว่าสามในสี่ของภาคในอนุสัญญานี้
  5. การแก้ไขเพิ่มเติมจะเริ่มใช้บังคับสำหรับภาคอีกฝ่ายใด ๆ ในวันที่เก้าสิบหลังจากวันหลังจากวันที่ว่า หลังจากให้กับผู้รับมอบตราสารในการยอมรับและกล่าวว่าภาคแก้ไขเพิ่มเติมนั้น
  6. เพื่อจุดประสงค์ของข้อนี้ "ภาคซึ่งมาประชุมและออกเสียงลงคะแนน" หมายความว่า ภาคซึ่งมาประชุมและออกเสียงการตอบรับหรือตอบปฏิเสธในการลงคะแนน
- 

ข้อที่ 16

การตกลงเลือกใช้และแก้ไข ภาคผนวก ของอนุสัญญานี้

---

1. ภาคผนวกของอนุสัญญานี้จะเป็นส่วนหนึ่งและเว้นแต่จะมีบัญญัติไว้โดยชัดแจ้งว่าการอ้างอิงถึงอนุสัญญานี้ ได้สร้างในขณะเดียวกันก็เป็นการอ้างอิงถึงภาคผนวกใด ๆ นั้น โดยไม่เสื่อมเสียต่อบทบัญญัติแห่งข้อ 14 วรรค 2(b) และ 7 แล้วภาคผนวกจะจำกัดแบบรายการและสำคัญอื่นใดเป็นเอกสารที่เป็นวิทยาศาสตร์ ทางวิชาการและวิธีพิจารณาลักษณะการบริหาร
2. ภาคผนวกของอนุสัญญานี้จะเสนอและซึ่งใช้ในไปตามวิธีการกำหนดไว้ในข้อ 15 วรรค 23 และ 4
3. ภาคผนวกที่ได้รับตามวรรค 2 ข้างต้นจะเริ่มใช้บังคับสำหรับทุกฝ่ายที่อนุสัญญานี้หกเดือนหลังจากวันที่มีการสื่อสารของผู้รับมอบเช่นว่านั้น ให้ภาคของการรับของภาคผนวกนี้ เว้นแต่ในกรณีที่ภาคที่ได้แจ้งผู้เก็บรักษาอนุสัญญานี้ในการ

เขียนหนังสือภายในระยะเวลาของการยอมรับของ ภาคผนวกนี้ ในภาคผนวกจะเริ่มใช้บังคับสำหรับภาคีซึ่งถอนการยอมรับ จะแจ้งการตกลงรับเมื่อวันที่เก้าหรือสิบวันหลังจากวันที่ทำการถอน เช่นว่านั้น ได้รับการแจ้งโดยผู้รับมอบ

4. ในการเสนอการตกลงเลือกใช้และการเริ่มใช้บังคับการแก้ไขเพิ่มเติมภาคผนวกของอนุสัญญาจะต้องเป็นไปตาม วิธีการเดียวกันในการเสนอการตกลงเลือกใช้และการเริ่มใช้บังคับของภาคผนวกของอนุสัญญานี้ตามวรรค 2 และ 3 ข้างต้น

5. ถ้าในการตกลงเลือกใช้ ภาคผนวก หรือการแก้ไขเพิ่มเติม ภาคผนวก เกี่ยวพันกับการแก้ไขเพิ่มเติมต่อจากอนุสัญญา ว่า ภาคผนวก หรือการแก้ไขเพิ่มเติม ภาคผนวก ให้ไม่ได้เข้ามาใช้บังคับจนกว่าจะถึงเวลาเช่นว่านั้นเป็นการแก้ไขที่อนุสัญญานี้ เริ่มใช้บังคับแล้ว

---

ข้อที่ 17

พิธีสาร

---

1. การประชุมของภาคีนั้นในเวลาใดๆ อาจเป็นสมัยประชุมสามัญบางส่วนที่จะใช้ในอนุสัญญานี้
2. ข้อความใดๆ ของพิธีสารนี้เสนอให้แจ้งไปยังผู้ที่สำนักงานเลขานุการ โดยภาคีไม่น้อยกว่าหกเดือนก่อนที่จะมีการประชุมเช่นว่านั้น
3. การปฏิบัติตามข้อกำหนดในการเข้าไปเริ่มใช้บังคับของพิธีสารนี้จะกำหนดโดยที่มอบ
4. ภาคีในอนุสัญญานี้ อาจจะเป็นภาคี พิธีสารฉบับนี้
5. การตัดสินใจใดๆ ตามพิธีสารนี้จะถูกนำไปโดยภาคีที่เกี่ยวข้องกับพิธีสาร

---

ข้อที่ 18

สิทธิในการออกเสียง

---

1. ภาคีแต่ละฝ่ายในอนุสัญญานี้มีเสียงหนึ่งในการลงคะแนน เว้นแต่ที่มีบัญญัติไว้ในวรรค 2 ข้างล่างนี้
2. องค์การบูรณาการทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาค ในเรื่องความสามารถภายใน จะใช้สิทธิเลือกตั้งโดยมีจำนวนคะแนนเสียงเท่ากับจำนวนของรัฐสมาชิกของพวกเขาที่เป็นภาคีในอนุสัญญานี้ ซึ่งเป็นองค์กรเช่นว่านั้นจะต้องไม่ใช่สิทธิของตนที่จะออกเสียงลงคะแนนถ้ามีการใช้สิทธิของรัฐสมาชิกของตนและรองรับสภาพ

ข้อที่ 19  
ผู้รับมอบ

ให้สำนักเลขาธิการของสหประชาชาติเป็นผู้รับมอบของอนุสัญญาและพิธีสารซึ่งใช้ในการไปตามข้อ 17

ข้อที่ 20  
การลงนาม

อนุสัญญานี้จะเปิดให้มีการลงนามโดยรัฐสมาชิกทั้งปวงของสหประชาชาติหรือใดๆ ที่เป็นภาคีธรรมนูญของศาลระหว่างประเทศของความยุติธรรมและโดยองค์การความร่วมมือทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาคที่รีโอเดจาเนโร ในช่วงระหว่างการประชุม สหประชาชาติในสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาและหลังจากนั้นในสหประชาชาติสำนักงานใหญ่ในนิวยอร์กจาก มิถุนายน 1992 ถึง 19 มิถุนายน 1993 20

ข้อที่ 21  
ข้อตกลงฉบับชั่วคราว

1. การปฏิบัติหน้าที่สำนักงานเลขาธิการฝ่ายวิชาการอ้างถึงในข้อ 8 จะกระทำในชั่วคราวโดยการจัดตั้งสำนักงานเลขาธิการฝ่ายวิชาการ โดยที่ประชุมใหญ่ของสหประชาชาติในมติของตน 45 / 212 ในวันที่ 21 ธันวาคม 1990 จนกว่าจะถึงเสร็จสมบูรณ์ของการประชุมครั้งของการประชุมของฝ่ายที่เกี่ยวข้องแล้ว

2. หัวหน้าของสำนักงานเลขาธิการชั่วคราวที่อ้างถึงในวรรค 1 ข้างต้นจะให้ความร่วมมือกันอย่างใกล้ชิดกับองค์การระหว่างรัฐบาลเพื่อให้แน่ใจว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการสำหรับวัตถุประสงค์ทางเทคนิคและคำแนะนำทางวิทยาศาสตร์และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องสามารถได้รับปรึกษา.

3. การพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมทางสิ่งแวดล้อมโลกของสหประชาชาติ โปรแกรมสิ่งแวดล้อมสหประชาชาติและการธนาคารระหว่างประเทศเพื่อสร้างขึ้นมาใหม่และการพัฒนาให้ระหว่างประเทศที่รับมอบหมายกับการปฏิบัติการของกลไกการเงินที่อ้างถึงในข้อ 11 ข้างคราว ในการนี้สิ่งอำนวยความสะดวกทางสิ่งแวดล้อมโลกอย่างเหมาะสมและปรับปรุงโครงสร้างสมาชิกให้เป็นสากลเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดในข้อ 11

---

## ข้อที่ 22

### การให้สัตยาบันการยอมรับ การเห็นชอบหรือการภาคยานุวัติ

---

1. อนุสัญญานี้จะได้รับการให้สัตยาบันการยอมรับการเห็นชอบหรือภาคยานุวัติ โดยรัฐและจากองค์การการรวมตัวทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาค จะเปิดให้เข้าร่วมหลังจากวันที่อนุสัญญานี้เพื่อลงนามปิด ตราสารสัตยาบันยอมรับเห็นชอบหรือภาคยานุวัติต้องมอบไว้กับผู้รับมอบ

2. องค์การบูรณาการทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาคซึ่งเป็นภาคีในอนุสัญญานี้โดยไม่มีของรัฐสมาชิกของตนเป็นภาคีจะต้องถูกผูกพันโดยทั้งหมดที่พันธกรณีภายใต้อนุสัญญานี้ ในกรณีขององค์กรดังกล่าวหรือมากกว่าหนึ่งของรัฐสมาชิกซึ่งเป็นภาคีในอนุสัญญานี้องค์การและรัฐสมาชิกของตนจะต้องตัดสินใจในความรับผิดชอบในการปฏิบัติตามพันธกรณีภายใต้อนุสัญญานี้ ในกรณีเช่นว่านี้ในองค์กรและบรรดารัฐสมาชิกจะไม่มีสิทธิที่จะใช้สิทธิตามอนุสัญญานี้

3. ในการตราสารสัตยาบันยอมรับเห็นชอบหรือภาคยานุวัติและองค์การการรวมตัวทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาค จะประกาศถึงขอบเขตของความสามารถของพวกเขาที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่อยู่ภายใต้อนุสัญญานี้ได้โดยการ องค์กรเหล่านี้จะต้องแจ้งให้ผู้รับมอบ ซึ่งในทางกลับกันให้แจ้งให้รัฐ ภาคีใดๆ ในสาระสำคัญของการแก้ไขในขอบเขตของความสามารถของพวกเขา.

---

## ข้อที่ 23

### การเริ่มใช้บังคับ

---

1. อนุสัญญานี้จะเริ่มใช้บังคับในวันที่เก้าหรือสิบหลังจากวันที่มอบตราสารที่ 50 ของการให้สัตยาบันยอมรับเห็นชอบหรือภาคยานุวัติ

2. สำหรับรัฐแต่ละรัฐหรือองค์การบูรณาการทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาค ปฏิญญาสากลว่าด้วยการยอมรับหรือเห็นชอบด้วยกับอนุสัญญานี้หรือ ภาคยานุวัตินั้นหลังจากการมอบตราสารที่ 50 ของการให้สัตยาบันยอมรับเห็นชอบหรือภาคยานุวัติ อนุสัญญานี้จะเริ่มใช้บังคับในวันที่เก้าหรือสิบหลังจากวันที่ของเงินฝาก โดยรัฐเช่นว่านั้นหรือองค์การบูรณาการทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาค การมอบสัตยาบันการยอมรับการเห็นชอบหรือภาคยานุวัติ

3. เพื่อความมุ่งประสงค์ของวรรค 1 และ 2 ข้างต้นแล้วมอบเก็บรักษาไว้โดยมีองค์การบูรณาการทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาคต้องไม่นับเป็นเพิ่มเติมจากที่มอบไว้โดยองค์การของรัฐสมาชิก

---

ข้อที่ 24

ข้อสงวน

---

ไม่มีการทำข้อสงวนในอนุสัญญานี้

---

ข้อที่ 25

การถอนตัว

---

1. ในเวลาใดๆ หลังจากนั้นสามปีนับจากวันที่อนุสัญญานี้มีผลใช้บังคับ สำหรับภาคีฝ่ายหนึ่งอาจถอนตัวจากอนุสัญญานี้ได้โดยการให้การบอกกล่าวเป็นหนังสือไปยังผู้รับมอบ

2. มีการเบิกถอนตัวเช่นนั้น จะเริ่มมีผลเมื่อครบกำหนด 1 ปีนับจากวันที่ของผู้รับมอบได้รับการแจ้งการบอกเลิกเช่นนั้น หรือในวันต่อมาวันที่ที่อาจจะเป็นที่ระบุไว้ในประกาศของการถอนตัว

3. ภาคีใดๆ ซึ่งถือว่าจากอนุสัญญานี้จะต้องได้รับการพิจารณาในฐานะที่เป็นทั้งมีถอนตัวออกจากใดๆ ที่พิธีสารนี้จะ เป็นภาคี

---

ข้อที่ 26

ข้อความอันมีผลทางกฎหมาย

---

จากเดิมของอนุสัญญานี้ซึ่งอารบิก, จีน , อังกฤษ , ฝรั่งเศส , รัสเซียและสเปนซึ่งตัวบททั้งปวงนี้ใช้เป็นหลักฐานได้ ให้มอบไว้กับสำนักเลขาธิการของสหประชาชาติเพื่อเป็นพยานแก่ผู้ลงนามทำขี้ ซึ่งได้รับมอบอำนาจเพื่อการนั้นมีผลลงนามในอนุสัญญานี้ โดยทำที่นิวยอร์กในวันที่เก้าเดือนพฤษภาคม ปี 1992



-----  
ภาคผนวก I และ ภาคผนวก II

ภาคผนวก I

ออสเตรเลีย

ออสเตรีย

เบลารุส\*

เบลเยียม

บัลแกเรีย

แคนาดา

เชสโกสโลวาเกีย\*

เดนมาร์ก

สหภาพยุโรป

เอสโตเนีย\*

ฟินแลนด์

ฝรั่งเศส

เยอรมันนี

กรีซ

ฮังการี\*

ไอซ์แลนด์

ไอร์แลนด์

อิตาลี

ญี่ปุ่น

ลัตเวีย\*

ลิทัวเนีย\*

ลักซ์เซมเบิร์ก

เนเธอร์แลนด์

นิวซีแลนด์

นอร์เวย์

โปแลนด์\*

โปรตุเกส

โรมาเนีย\*

สหภาพรัฐเซีย\*

สเปน

สวีเดน

สวิตเซอร์แลนด์

ตุรกี

ยูเครน\*

สหราชอาณาจักรและไอร์แลนด์เหนือ

สหรัฐอเมริกา

\* ประเทศที่กำลังในกระบวนการของการเปลี่ยนไปเป็นระบบเศรษฐกิจตลาด

ภาคผนวก II

ออสเตรเลีย

ออสเตรีย

เบลเยียม

แคนาดา

เดนมาร์ก

สหภาพยุโรป

ฟินแลนด์

ฝรั่งเศส

เยอรมันนี

กรีซ

ไอซ์แลนด์

ไอร์แลนด์

อิตาลี

ญี่ปุ่น

ลักซ์เซมเบิร์ก

เนเธอร์แลนด์

นิวซีแลนด์

นอร์เวย์

โปรตุเกส

สเปน

สวีเดน

สวิตเซอร์แลนด์

ตุรกี

สหราชอาณาจักรและไอร์แลนด์เหนือ

สหรัฐอเมริกา

## A2.2 พิธีสารเกียวโตและการประชุมกรอบแห่งอนุสัญญาของสหประชาชาติต่อสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง

ภาคีในพิธีสารนี้

ภาคีในกรอบแห่งอนุสัญญาของสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อ้างถึงในฐานะที่เป็น "อนุสัญญา"

ในการติดตามจุดมุ่งหมายของอนุสัญญาตามที่ระบุไว้ในข้อ 2

นี้ถึงการนำบทบัญญัติแห่งอนุสัญญานี้เป็นการชี้แจงโดยข้อ 3 แห่งอนุสัญญานี้

ตามข้อบัญญัติเบอร์ลินอาณัติซึ่งตัดสินใจ 1/CP.1 แห่งการประชุมของภาคีในอนุสัญญานี้ในการประชุมช่วงแรก ได้ตกลงกัน ดังต่อไปนี้

### ข้อที่ 1

เพื่อจุดประสงค์ของพิธีสารนี้มีอยู่ในนิยามความหมายของข้อ ๑ ของอนุสัญญานี้จะใช้บังคับ ในการประชุม:

1. "การประชุมของภาคี" หมายถึง การประชุมของภาคี ในอนุสัญญานี้
2. "อนุสัญญา" หมายถึง กรอบแห่งอนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของสหประชาชาติ ซึ่งใช้ในนิวยอร์กเมื่อวันที่ 9 พฤษภาคม 1992
3. "องค์การระหว่างรัฐบาลในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ" หมายถึง องค์การระหว่างรัฐบาลในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ร่วมกันก่อตั้งขึ้นในปี 1988 โดยในโลกรองการอุดมศึกษาและโปรแกรมสภาพแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ
4. "พิธีสารมอนทรีออล" หมายถึง พิธีสารว่าด้วยเรื่องสารประกอบที่ทำให้ชั้นโอโซนในบรรยากาศหมดสิ้น ซึ่งประกาศใช้ในมอนทรีออลเมื่อวันที่ 16 กันยายน 1987 และที่แก้ไขเพิ่มเติมภายหลัง
5. "ภาคีซึ่งมาประชุมและออกเสียงลงคะแนน" หมายความว่า ภาคีซึ่งมาประชุมและออกเสียงการตอบรับหรือเป็นลบในการลงคะแนน
6. "ภาคี" หมายความว่า เว้นแต่เป็นอย่างอื่นที่ระบุในบริบท ภาคีคือภาคีในพิธีสารฉบับนี้
7. "ภาคีรวมอยู่ในภาคผนวก I" หมายความว่า เป็นภาคีรวมอยู่ในภาคผนวก I ตามอนุสัญญานี้ตามที่อาจจะได้รับการแก้ไขเพิ่มเติมหรือ ภาคีซึ่งได้มีการแจ้งตามข้อ 4 วรรค 2(g) ของอนุสัญญานี้

### ข้อที่ 2

1. ภาคีแต่ละฝ่ายรวมในภาคผนวก I ในการบรรลุถึงการจำกัดและลดข้อผูกพันของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉพาะตามข้อ 3 ในเพื่อส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืนจะต้อง

- (a) ดำเนินการและ/หรือตามนโยบายและมาตรการตามสถานการณ์ของภาคนั้น เช่น
- (i) ปรับปรุงประสิทธิภาพของการใช้พลังงานที่เกี่ยวข้องในภาคส่วนเศรษฐกิจของประเทศชาติ
  - (ii) คุ้มครองและปรับปรุงแหล่งกักเก็บและแหล่งสะสมของก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ได้ถูกควบคุมโดยพิธีสารมอนทรีออลโดยคำนึงถึงข้อผูกพันเฉพาะของตนตามความตกลงระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม การส่งเสริมอย่างยั่งยืนของการจัดการป่า การปลูกป่าและการทำให้กลับมาเป็นป่า
  - (iii) ส่งเสริมการเกษตรกรรมแบบยั่งยืนจากข้อพิจารณาต่างๆ ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

- (iv) การวิจัย การพัฒนาและเพิ่มการใช้พลังงานที่สามารถผลิตขึ้นมาใหม่ได้ เทคโนโลยีแยกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และนวัตกรรมต่างๆ ด้านเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม
- (v) ความก้าวหน้าในการลดหรือกำจัดข้อบกพร่องทางการตลาด การได้รับยกเว้นภาษี และการอุดหนุน ความขัดแย้งต่อวัตถุประสงค์ในเรื่องเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการบังคับใช้ของอนุสัญญานี้
- (vi) การปฏิรูปที่เหมาะสมในส่วนที่เกี่ยวข้อง โดยมุ่งที่จะส่งเสริมให้ นโยบายและมาตรการซึ่งจำกัดหรือลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ได้ถูกควบคุมโดยพิธีสารมอนทรีออล
- (vii) มาตรการจำกัดและ/หรือลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ได้ถูกควบคุมโดยพิธีสารมอนทรีออลในภาคการขนส่ง
- (viii) การจำกัดและ/หรือการลดการปล่อยมีเทน โดยผ่านการจัดการของเสียเช่นเดียวกับในการผลิต การขนส่ง การกระจายพลังงาน

(b) ให้ความร่วมมือกับภาคอื่นๆ เพื่อช่วยปรับปรุงในเฉพาะส่วนและรวมของประสิทธิภาพของนโยบายและมาตรการภายใต้ข้อนี้ตามข้อ 4 วรรค 2)e)(i) ของอนุสัญญานี้ เพื่อการนี้ภาคจะต้องดำเนินขั้นตอนเพื่อเข้าร่วมแบ่งปันประสบการณ์และการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร เช่นว่านั้นในนโยบายและมาตรการรวมทั้งการพัฒนาคุณภาพความสามารถ ความโปร่งใสและความมีประสิทธิภาพ การประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมภาคีแห่งพิธีสารนี้ให้ที่ประชุมช่วงแรกหรือทันทีที่ทำได้ หลังจากนั้นพิจารณาวิธีการที่จะอำนวยความสะดวก และความร่วมมือโดยคำนึงถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

2. ภาคีรวมอยู่ในภาคผนวก I จะติดตามการจำกัดหรือการลดลงของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ได้ถูกควบคุมโดยพิธีสารมอนทรีออลจากการบินและเชื้อเพลิงที่อยู่ในทะเลโดยผ่านการทำงานระหว่างประเทศองค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศและการจัดองค์กรทางทะเลตามลำดับ

3. ภาคีในภาคผนวก I จะพยายามมุ่งมั่นที่จะปฏิบัติตามนโยบายและมาตรการตามข้อนี้ ในการที่จะลดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศส่งผลกระทบต่อการค้าระหว่างประเทศ สังคม สิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อเศรษฐกิจ ภาคีอื่นๆ โดยเฉพาะประเทศกำลังพัฒนาและประเทศ ภาคีเป็นพิเศษสำหรับผู้ทุพพลภาพไว้ในข้อ 4 วรรค 8 และ 9 ของอนุสัญญานี้โดยคำนึงถึงข้อ 3 แห่งอนุสัญญานี้ การประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้ อาจดำเนินการต่อไปอย่างเหมาะสมที่จะส่งเสริมการปฏิบัติตามบทบัญญัติของวรรคนี้

4. การประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้ ถ้าพิจารณาว่าจะมีประโยชน์ต่อประสานงานใดๆ ของการดำเนินนโยบายและมาตรการในวรรค 1(a) ข้างต้นนี้โดยคำนึงถึงสถานการณ์ที่แตกต่างออกไปและมีศักยภาพของชาติต่างๆ ซึ่งจะต้องพิจารณาหนทางอย่างละเอียดในการประสานนโยบายและมาตรการเช่นว่านั้น

### ข้อที่ 3

1. ภาคีที่อยู่ใน ภาคผนวก I ต้องร่วมกันว่าหรือทำการ โดยลำพัง เพื่อมั่นใจว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของภาคผนวก A ที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่เกินตามที่กำหนด จากการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซตามข้อกำหนดและข้อผูกพันที่อ้างอิงในภาคผนวก B ตามบทบัญญัติของข้อนี้โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยรวมของแก๊ส โดยไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.5 ซึ่งต่ำกว่าปี 1990 ในช่วงปี 2008 ถึง 2012

2. ภาคีที่รวมอยู่ใน ภาคผนวก I โดยทดลองทำให้มีความคืบหน้าเพื่อบรรลุถึงข้อผูกพันเฉพาะของตนตามพิธีสารนี้ในปี 2005

3. การเปลี่ยนแปลงสุทธิการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในจากแหล่งกำเนิดและกักเก็บซึ่งเป็นผลมาจากมนุษย์โดยตรง การเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิวและการเปลี่ยนแปลงจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการป่าไม้ ตั้งแต่ปี 1990 วัตถุประสงค์จากการเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนที่สามารถพิสูจน์ได้ในช่วงที่กำหนดที่จะพบกับข้อผูกพันเฉพาะตามข้อนี้ของภาคีในภาคผนวก I ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิดและกักเก็บโดยเกี่ยวข้องกับกิจกรรมที่ต้องรายงานโดยโปร่งใสและสามารถตรวจสอบได้ และมีการทบทวนตามข้อ 7 และ 8

4. ก่อนที่การประชุมช่วงแรกของการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้ ภาคีในภาคผนวก I จะเตรียมการสำหรับพิจารณาโดยองค์กรในเครือข่ายย่อยในการแนะนำทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ข้อมูลระดับของชาตคาร์บอนในปี 1990 และจะเปิดใช้ประมาณการที่จะทำให้การเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในปีต่อๆมา การประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้ในช่วงแรกหรือทันทีที่ได้หลังจากนั้น ตัดสินใจเรื่องรูปแบบกฎและแนวทางของกิจกรรมที่เกิดจากมนุษย์ซึ่งมีผลเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิดและกักเก็บ ดินในภาคเกษตรและการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่และการป่าไม้ ให้เพิ่มเข้าไปหรือหักออกจากรายงานที่ได้รับมอบหมายให้ภาคีในภาคผนวก I โดยคำนึงถึงความไม่แน่นอนและความโปร่งใสและตรวจสอบได้ในรายการงาน วิธีการทำงานขององค์กรระหว่างรัฐบาลในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามคำแนะนำตามที่บัญญัติไว้ในองค์กรในเครือข่ายย่อยในการแนะนำทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามข้อ 5 และการตัดสินใจของการประชุมของภาคี เช่นว่านั่นต้องเป็นการตัดสินใจในการนำไปใช้ในขณะนั้นและช่วงเวลาที่ตกลงไว้ ภาคีอาจเลือกที่จะใช้การตัดสินใจในกิจกรรมที่เกิดจากมนุษย์ในช่วงเวลาที่ตกลงไว้ โดยกิจกรรมเหล่านี้ได้เกิดขึ้นมาตั้งแต่ปี 1990

5. ภาคีอยู่ในภาคผนวก I กำลังอยู่ระหว่างกระบวนการของการเปลี่ยนไปเป็นระบบเศรษฐกิจตลาด โดยพื้นฐานหรือช่วงเวลาที่กำหนดขึ้นตามการตัดสินใจ 9/CP.2 แห่งการประชุมของภาคีในช่วงที่สอง อาจจะใช้พื้นฐานหรือช่วงเวลาในการปฏิบัติตามข้อผูกพันเฉพาะของตนตามข้อนี้ ภาคีอื่นในภาคผนวก I ที่กำลังอยู่ระหว่างกระบวนการของการเปลี่ยนไปเป็นระบบเศรษฐกิจตลาดที่ยังไม่เสนอของชาติตามข้อ 12 ของอนุสัญญานี้อาจแจ้งการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้ว่ามีเจตนาที่จะใช้เป็นฐานทางประวัติศาสตร์ช่วงปีหรือมากกว่า 1990 สำหรับการปฏิบัติตามข้อผูกพันเฉพาะของตนตามข้อนี้ การประชุมของภาคีซึ่งให้บริการเป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้จะต้องตัดสินใจในการยอมรับการแจ้งนั้น

6. โดยคำนึงถึงข้อ 4 วรรค 6 ของอนุสัญญานี้ในการปฏิบัติตามข้อผูกพันเฉพาะของตนตามพิธีสารนี้ตามข้อนี้ ในระดับหนึ่งของความยืดหยุ่นให้ได้รับอนุญาตให้โดยการประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้ อยู่ในภาคผนวก I ที่กำลังอยู่ระหว่างกระบวนการของการเปลี่ยนไปเป็นระบบเศรษฐกิจตลาด

7. ในช่วงแรกเป็นการกำหนดข้อจำกัดและช่วงเวลาผูกพันจากปี 2008 ถึงปี 2012 จำนวนเงินที่ได้รับมอบหมายให้ภาคีที่อยู่ในภาคผนวก I จะเท่ากับที่ระบุไว้ใน ภาคผนวก B การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบเท่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในบัญชีในภาคผนวก A ในปี 1990 หรือในพื้นฐานหรือช่วงเวลาที่กำหนดตามวรรค 5 ข้างต้นแล้วคูณด้วย 5 ภาคีที่อยู่ในภาคผนวก I สำหรับการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิวและการเปลี่ยนแปลงป่าไม้ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดสุทธิของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี 1990 ให้ปี 1990 เป็นพื้นฐานหรือช่วงเวลาที่กำหนดเทียบเท่ากับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยลบจากแหล่งกักเก็บในปี 1990 จากการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิวเป็นเป้าหมายของการคำนวณปริมาณที่ได้รับมอบหมาย

8. ภาคีใดๆซึ่งรวมอยู่ในภาคผนวก I อาจจะใช้ปี 1995 เป็นปีฐานปีสำหรับ ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน , เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน และ ฮัลเฟอโรเฮกซะฟลูออไรด์เพื่อวัตถุประสงค์ในการคำนวณที่อ้างถึงในวรรค 7 ข้างต้น

9. ข้อผูกพันเฉพาะช่วงเวลาที่กำหนดสำหรับภาคีในภาคผนวก I จะต้องกำหนดให้ในการแก้ไขเพิ่มเติมในภาคผนวก B ในพิธีสารนี้ซึ่งจะต้องออกตามบทบัญญัติของข้อ 21 วรรค 7 การประชุมของคู่กรณีที่เป็นการประชุมของภาคี แห่งพิธีสารนี้จะ

เริ่มดำเนินการในการพิจารณาของข้อผูกพัน ไม่น้อยกว่าเจ็ดปีก่อนการสิ้นสุดของช่วงเวลาผูกพันครั้งแรกที่อ้างถึงในวรรค 1 ข้างต้น

10. การลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือส่วนใดๆ ของการปริมาณที่ได้รับมอบหมาย ซึ่งภาคีได้รับมาจากภาคีอีกฝ่ายหนึ่งเป็นไปตามบทบัญญัติของข้อ 6 หรือของข้อ 17 ให้เพิ่มเข้าไปในจำนวนที่ได้รับมอบหมายเท่ากับจำนวนที่ได้มาจากภาคีอีกฝ่ายให้

11. การลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือส่วนใดๆ ของการปริมาณที่ได้รับมอบหมาย ซึ่งภาคีหนึ่งถ่ายโอนไปยังภาคีอีกฝ่ายหนึ่งตามบทบัญญัติของข้อ 6 หรือของข้อ 17 ให้หักออกจากจำนวนที่ได้รับมอบหมายเท่ากับจำนวนที่ได้ถ่ายโอนไปให้อีกฝ่าย

12. การลดลงใดๆ โดยได้รับรองในเรื่องการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใดๆซึ่งภาคีฝ่ายหนึ่งได้มาจากภาคีอีกฝ่ายเป็นไปตามบทบัญญัติแห่งข้อ 12 ต้องเพิ่มเข้าไปในจำนวนที่ได้รับมอบหมายให้กับภาคีฝ่ายที่ได้รับ

13. ถ้าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคีที่อยู่ในภาคผนวก I ในช่วงเวลาผูกพันน้อยกว่าปริมาณที่ได้รับมอบหมายตามข้อนี้ ผลต่างจะเพิ่มเข้าไปในปริมาณที่ได้รับมอบหมายในช่วงเวลาผูกพันต่อไปหากภาคีนั้นร้องขอ

14. แต่ละภาคีอยู่ในภาคผนวก I จะพยายามมุ่งมั่นที่จะดำเนินการตามข้อผูกพันกล่าวไว้ในวรรค 1 ในหนทางที่จะลดข้อเสียทางสังคมและสิ่งแวดล้อม และทางเศรษฐกิจซึ่งส่งผลกระทบต่อการพัฒนาประเทศภาคี โดยเฉพาะกลุ่มที่ระบุไว้ในข้อ 4 วรรค 8 และ 9 ของอนุสัญญานี้ กับการตัดสินใจของการประชุมของภาคีเกี่ยวกับการปฏิบัติตามวรรค ในการประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้ช่วงแรก พิจารณาถึงการกระทำที่จำเป็นเพื่อลดการรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศและ/หรือถึงผลกระทบจากมาตรการในการตอบสนอง ภาคีผู้ที่ยังไม่ถึงในวรรคก่อนๆ ในประเด็นที่ต้องพิจารณาให้การสนับสนุนทางการเงิน การประกันภัย และการถ่ายโอนเทคโนโลยี.

#### ข้อ 4

1. ภาคีใดๆ ในภาคผนวก I ถึงข้อตกลงที่จะทำให้พวกเขาข้อผูกพันเฉพาะตามข้อ 3 ร่วมกัน ให้ถือว่าจะมีข้อผูกพันเฉพาะที่ได้พบโดยมีเงื่อนไขว่าการรวมกันทั้งหมดของก๊าซเรือนกระจกเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่จัดทะเบียนในภาคผนวก A ไม่เกินจำนวนที่ได้รับมอบหมายของพวกเขาให้คำนวณตามข้อจำกัดในปริมาณการปล่อยและลดภาวะผูกพันในภาคผนวก B และตามบทบัญญัติแห่งข้อ 3 ระดับการปล่อยก๊าซของตนและจัดสรรให้กันและกันในระดับของภาคีของความตกลงที่กำหนดไว้ในข้อตกลงนั้น

2. ภาคี ความตกลงใดๆ นั้นจะต้องแจ้งให้สำนักเลขาธิการถึงเงื่อนไขของข้อตกลงฉบับนี้ในวันที่มอบตราสารของการให้สัตยาบันยอมรับหรือเห็นชอบของพิธีสารฉบับนี้หรือภาคยานุวัติ ในทางกลับกันสำนักเลขาธิการฝ่ายวิชาการจะต้องแจ้งให้ภาคีลงนามในอนุสัญญานี้ในเทอมต่างๆของความตกลงนี้

3. ความตกลงใดนั้นต้องอยู่ในการดำเนินการในช่วงระยะเวลาของความมุ่งมั่นระยะเวลาที่ระบุไว้ในข้อ 3 วรรค 7

4. หากภาคี ผู้ทำการแทนร่วมกันทำเช่นนั้นอยู่ในกรอบของและร่วมกันกับองค์การบูรณาการทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาคใดๆ ในการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบขององค์การหลังจากการตกลงเลือกใช้พิธีสารนี้จะไม่มีผลต่อข้อผูกพันเฉพาะตามพิธีสารนี้ การเปลี่ยนแปลงใดๆ ในการเขียนความเรียงขององค์การนี้จะใช้บังคับเท่านั้นเพื่อความมุ่งประสงค์ของผู้ที่ข้อผูกพันเฉพาะตามข้อ 3 ที่ได้รับมาจากหลังเปลี่ยนแปลงไป

5. ในกรณีที่มีการความล้มเหลวของภาคีที่จะมีความตกลงที่จะบรรลุผลในการลดระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวม แต่ละภาคีต้องรับผิดชอบต่อการลดระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของตนตามข้อตกลง

6. หากภาคีผู้ทำการร่วมกัน เช่นนั้นให้อยู่ในกรอบขององค์การบูรณาการทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาค ซึ่งเป็นภาคีพิธีสารนี้ แต่ละรัฐสมาชิกขององค์การบูรณาการทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาคปฏิบัติตามข้อ 24 ในกรณีที่มีการความล้มเหลวที่จะบรรลุผลในการลดระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมตามข้อนี้

#### ข้อ 5.

1. ภาคีแต่ละฝ่ายอยู่ในภาคผนวก I ต้องมีในกรณีที่ไม่ช้ากว่าหนึ่งปีก่อนที่จะเริ่มในช่วงแรกของข้อผูกพัน และระบบแห่งชาติสำหรับการประเมินแนวโน้มของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยแหล่งกำเนิดและกักเก็บที่ไม่ได้ถูกควบคุมในพิธีสารมอนทรีออล คู่มือปฏิบัติสำหรับระบบแห่งชาติ ซึ่งจะรวมเข้าไว้ในที่ยังสามารถแสวงหาที่ระบุไว้ในวรรค 2 ข้างล่างนี้จะตัดสินใจ โดยการประชุมของภาคี ซึ่งให้บริการเป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้ช่วงแรก

2. วิธีในการประมาณก๊าซเรือนกระจกโดยแหล่งกำเนิดและกักเก็บซึ่งไม่ได้ถูกควบคุมโดยพิธีสารมอนทรีออลนี้จะได้รับการยอมรับโดยองค์การระหว่างรัฐบาลในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และตกลงโดยการประชุมของภาคีในช่วงที่สาม เช่นว่านั้นวิธีดังกล่าวไม่ได้ถูกใช้แต่จะถูกปรับให้ที่เหมาะสม และใช้บังคับตามที่ได้ตกลงกันไว้โดยการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้ว่าการประชุมครั้งที่แล้ว ซึ่งมีพื้นฐานอยู่บนการทำงานขององค์การระหว่างรัฐบาลในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และคำแนะนำตามที่บัญญัติไว้ในองค์การในเครือข่ายย่อยในการแนะนำทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้ จะมีการทบทวนเป็นประจำอย่างการปรับปรุงเช่นว่านั้นเป็นการปรับอย่างเต็มกำลังโดยคำนึงถึงการประชุมการตัดสินใจของฝ่ายที่เกี่ยวข้องแล้ว การทบทวนใดๆหรือการปรับตัวเพื่อความมุ่งประสงค์ในการสืบข้อเท็จจริงปฏิบัติตามข้อผูกพันเฉพาะตามข้อ 3 ในส่วนที่เกี่ยวกับการรับช่วงเวลาผูกพันและการทบทวน

3. อิทธิพลของภาวะโลกร้อนคำนวณหาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งกำเนิดและกักเก็บที่ตกลงใน ภาคผนวก A ที่ได้รับการยอมรับโดยองค์การระหว่างรัฐบาลในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและตกลงโดยการประชุมของภาคี ในช่วงที่สาม ซึ่งมีพื้นฐานอยู่บนองค์การระหว่างรัฐบาลในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และแนะนำไว้ในองค์การในเครือข่ายย่อยในการแนะนำทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและการประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้ จะมีการทบทวนเป็นประจำและปรับปรุงให้เหมาะสมกับสถานการณ์ภาวะโลกร้อน โดยการประชุมการตัดสินใจของฝ่ายที่เกี่ยวข้อง การทบทวนใดๆ เกี่ยวกับอิทธิพลของสภาวะโลกร้อนที่มีใช้เฉพาะข้อผูกพันเฉพาะตามข้อ 3 ในส่วนที่เกี่ยวกับช่วงเวลาผูกพันต่อจากนั้น

#### ข้อ 6

1. เพื่อความมุ่งประสงค์ของการประชุมข้อผูกพันเฉพาะตามข้อ 3 ภาคีใดๆ ซึ่งอยู่ในภาคผนวก I อาจจะทำโอนเข้าได้รับจากผลจากโครงการในการลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคีอื่นจากแหล่งกำเนิดหรือแหล่งกักเก็บในภาคส่วนเศรษฐกิจ โดยมีเงื่อนไขว่า

(a) โครงการใดๆ มีความเห็นชอบของภาคีที่เกี่ยวข้องนั้น

(b) โครงการใดๆ ซึ่งการลดการปล่อยก๊าซในแหล่งกำเนิดหรือการทำให้สูงขึ้นในแหล่งกักเก็บ

(c) เมื่อไม่ได้รับการลดการปล่อยก๊าซ ที่ไม่ได้ใช้ในการปฏิบัติตามพันธกรณีของตนตามข้อ 5 และ 7

(d) การได้มาซึ่งส่วนลดการปล่อยก๊าซจะเป็นการกระทำในประเทศเพื่อความมุ่งประสงค์ที่จะบรรลุข้อผูกพันเฉพาะตามข้อ 3

2. การประชุมของ ภาติ ที่เป็นการประชุมของภาติแห่งพิธีสารนี้ อาจอยู่ในการประชุมช่วงแรก ทันทีที่ปฏิบัติได้หรือจาก คู่มือการปฏิบัติสำหรับการดำเนินการในข้อนี้รวมทั้งเพื่อตรวจสอบและรายงานผล

3. แต่ละภาติอยู่ในภาคผนวก I อาจมอบอำนาจให้นิติบุคคล มีส่วนร่วมการตามหน้าที่ความรับผิดชอบในการกระทำ อันนำไปสู่การดำเนินการ โอนหรือการ ได้มาซึ่งอยู่ภายใต้ข้อนี้การลดลงของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

4. ถ้ามีคำถามข้อหนึ่งของการดำเนินการตามโดยภาติอยู่ในภาคผนวก I ความต้องการที่อ้างถึงในข้อนี้ได้รับตาม บทบัญญัติที่เกี่ยวข้องของข้อ 8 การ โอนและการลดลงของการปล่อยก๊าซอาจยังคงให้ทำให้มีการตั้งคำถามหลังจากได้รับการ จำแนกโดยมีเงื่อนไขว่าหน่วยใด ๆ เช่นว่านั้นอาจจะไม่นำมาใช้โดยภาติหนึ่งที่จะ ได้พบกับข้อผูกพันเฉพาะของตนตามข้อ 3 จนกว่าทุกๆประเด็นปัญหาของการปฏิบัติตามข้อนี้

## ข้อ 7

1. แต่ละภาติอยู่ในภาคผนวก I โควตาของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของตนประจำปีโดยแหล่งกำเนิดและกักเก็บที่ ไม่ได้ถูกควบคุมในพิธีสารมอนทรีออล ได้ยื่นไปตามที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจของการประชุมของภาติ ข้อมูลเพิ่มเติมที่จำเป็น เพื่อความมุ่งประสงค์ของปฏิบัติตามข้อ 3 ที่จะกำหนดขึ้นตามวรรค 4 ด้านล่างนี้

2. แต่ละภาติอยู่ในภาคผนวก I จะสื่อสารเสนอข้อมูลตามข้อ 12 ของอนุสัญญาในข้อมูลที่เพิ่มเติมการแสดงให้เห็น ความจำเป็นที่จะปฏิบัติตามข้อผูกพันเฉพาะตามพิธีสารนี้จะกำหนดให้ตามวรรค 4 ด้านล่างนี้

3. แต่ละภาติอยู่ในภาคผนวก I ต้องเสนอข้อมูลที่จำเป็นตามวรรค 1 สูงกว่าทุกปี ซึ่งจะเริ่มต้นโดยในช่วงแรกเนื่องจาก สัตว์กไวดตามอนุสัญญานี้ในปีแรกของช่วงเวลาหลังนี้แสดงถึงความมุ่งมั่นพิธีสารฉบับนี้มีผลใช้บังคับสำหรับของภาติฝ่ายนั้น แต่ละภาติจะต้องเสนอข้อมูลที่จำเป็นตามวรรค 2 ข้างต้นเป็นส่วนหนึ่งของการสื่อสารของชาติแรกเนื่องจากตามอนุสัญญานี้ หลังจากพิธีสารนี้มีผลใช้บังคับหลังจากที่การตกลงเลือกใช้แนวทางที่บัญญัติไว้ในวรรค 4 ด้านล่างนี้ ความถี่ของการเสนอข้อมูลที่ จำเป็นตามข้อนี้จะได้รับการตัดสินใจโดยการประชุมของภาติที่เป็นการประชุมของภาติ แห่งพิธีสารนี้ให้คำนึงถึงตารางเวลา ใดๆ การเสนอให้การสื่อสารของประเทศโดยการประชุมของภาติที่เกี่ยวข้องแล้ว

4. การประชุมของภาติที่เป็นการประชุมของภาติแห่งพิธีสารนี้จะต้องใช้ในการประชุมช่วงแรก จะทบทวนและจัดทำ ข้อมูลที่จำเป็นต้องมีตามข้อนี้ โดยการประชุมของฝ่ายที่เกี่ยวข้องแล้ว ก่อนหน้าแนวทางปฏิบัติที่จะถึงความมุ่งมั่นจะมีการ จัดเตรียมในระดับชาติช่วงแรกโดยคำนึงถึงแนวทางการสื่อสารโดยภาติรวมอยู่ในภาคผนวก I ในช่วงเวลานั้นการประชุมของ ภาติในพิธีสารนี้จะพิจารณาถึงกับจำนวนที่ได้รับมอบหมาย

## ข้อ 8

1. ผู้ให้ข้อมูลเสนอตามข้อ 7 โดยภาติแต่ละฝ่ายที่อยู่ในภาคผนวก I จะต้องได้รับการทบทวนโดยผู้เชี่ยวชาญ การ ทบทวนตามที่เกี่ยวข้องของการประชุมการตัดสินใจของภาติ และเป็นไปตามแนวทางการผ่อนคลายเป็นการนี้โดยการประชุม ของภาติที่เป็นการประชุมของภาติแห่งพิธีสารนี้ตามวรรค 4 ด้านล่างนี้ ข้อมูลที่เสนอตามข้อ 7 วรรค 1 โดยภาติแต่ละฝ่ายอยู่ใน ภาคผนวก I จะต้องได้รับการทบทวนในฐานะที่เป็นส่วนหนึ่งของการรวบรวมประจำปีและคิดเป็นสัดส่วนของการปล่อยก๊าซ



ตามจำนวนที่ได้รับมอบหมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลการเสนอตามข้อ 7 วรรค 2 โดยภาคีแต่ละฝ่ายรวมอยู่ในภาคผนวก I จะต้องได้รับการทบทวนในฐานะที่เป็นส่วนหนึ่งของการสอบทานการสื่อสาร

2. การทบทวนโดยทีมผู้เชี่ยวชาญจะได้รับการประสานงานกันโดยสำนักงานเลขานุการและให้ประกอบด้วยของผู้เชี่ยวชาญจากที่เลือกที่จะเสนอชื่อโดยภาคีในอนุสัญญาฉบับนี้และตามที่เหมาะสมโดยองค์การระหว่างรัฐบาลตามแนวทางที่กำหนดไว้เพื่อการนี้ โดยการประชุมของภาคีที่เกี่ยวข้อง

3. การทบทวนกระบวนการจะต้องจัดให้อย่างทั่วถึงและความเข้าใจทางด้านเทคนิคการประเมินทุกด้านการดำเนินการโดยภาคีหนึ่งของพิธีสารฉบับนี้ ทีมผู้เชี่ยวชาญด้านการทบทวนต้องจัดทำรายงานการประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้ การประเมินการดำเนินการตามข้อผูกพันของภาคีใดๆ และมีเอกลักษณ์มีศักยภาพในการแก้ไขปัญหาและหนึ่งจากปัจจัยด้านนี้ในการปฏิบัติตามข้อผูกพันเฉพาะของรายงานดังกล่าวจะต้องได้รับการหมุนเวียนโดยสำนักงานเลขานุการต่อทุกฝ่ายที่อนุสัญญานี้ รายการที่สำนักงานเลขานุการจะต้องตั้งคำถามต่างๆเกี่ยวกับการดำเนินการตามที่ระบุไว้ในรายงานดังกล่าวเพื่อพิจารณาต่อไปโดยการประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้.

4. การประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้จะต้องใช้ในการประชุมช่วงแรก และทบทวนการหลังจากนั้นคู่มือปฏิบัติสำหรับการทบทวนการปฏิบัติตามพิธีสารนี้โดยผู้เชี่ยวชาญทีมการทบทวน โดยคำนึงถึงการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องของการประชุมของภาคี

5. การประชุมของ ภาคี ที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้ให้ด้วยความช่วยเหลือของบริษัทในเครือร่างกายในการดำเนินธุรกิจและที่เหมาะสมในองค์กรในเครือข่ายย่อยในการแนะนำทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพิจารณา

(a) การเสนอข้อมูลโดยภาคีตามข้อ 7 และการรายงานของผู้เชี่ยวชาญการทบทวนการดำเนินการวินิจฉัยตามข้อนี้

(b) คำถามต่างๆเกี่ยวกับการดำเนินการจะถูกเรียบเรียงโดยสำนักเลขานุการตามวรรค 3 ข้างต้นแล้วรวมทั้งคำถามใดๆ จากภาคี

6. ตามที่จะประกอบการพิจารณาของข้อมูลที่อ้างถึงในวรรค 5 ข้างต้นแล้วการประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้จะนำเอาการตัดสินใจในเรื่องใดที่จำเป็นสำหรับการดำเนินการของพิธีสารฉบับนี้

## ข้อ 9

1. การประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้มีกรทบทวนเป็นครั้งคราว ในด้านข้อมูลด้านวิทยาศาสตร์และประเมินการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของดินและผลกระทบที่เกิดขึ้นที่เกี่ยวข้องรวมทั้งทางวิชาการและข้อมูลทางสังคมและเศรษฐกิจ การทบทวนเช่นว่านั้นจะต้องประสานเกี่ยวข้องกับโดยตรงภายใต้อนุสัญญานี้ในเป็นพิเศษสำหรับผู้ที่กำหนดให้มีด้วยข้อ 4 วรรค 2(d) และข้อ 7 วรรค 2(a) ของอนุสัญญาเหล่านี้มีพื้นฐานอยู่บนการทบทวน ในการประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้จะต้องปฏิบัติตามอันเหมาะสม

2. ในช่วงการทบทวนดังกล่าวจะเกิดขึ้นในการประชุมช่วงที่สองของการประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้ การทบทวนจะมีต่อไปและมีขึ้นเป็นประจำเพื่อให้ทันกับสถานการณ์

## ข้อ 10

ภาคีทุกฝ่ายโดยคำนึงถึงการแยกความรับผิดชอบร่วมกันแต่เฉพาะของคนในระดับชาติ ระดับภูมิภาค ตามวัตถุประสงค์ของการพัฒนา ลำดับความสำคัญและสถานการณ์ใดๆที่นำเสนอใหม่โดยไม่มีข้อผูกพันเฉพาะสำหรับภาคีซึ่งไม่ได้

รวมอยู่ใน ภาคผนวก I แต่ให้ตั้งในข้อผูกพันตามข้อ 4 วรรค 1 ของอนุสัญญา<sup>1</sup>และจะดำเนินการล่วงหน้าอย่างต่อเนื่องในข้อผูกพัน เพื่อบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนโดยคำนึงถึงข้อ 4 วรรค 3, 5 และ 7 ของอนุสัญญา<sup>1</sup>ให้

(a) สูตรที่ที่เกี่ยวข้อง มีประสิทธิภาพ เพื่อลดต้นทุนในระดับชาติและระดับภูมิภาคตามความที่เหมาะสม เพื่อปรับปรุงคุณภาพปัจจัยท้องถิ่นต่อคุณภาพของการดำเนินงาน และ/หรือสะท้อนถึงสภาพทางสังคมเศรษฐกิจของภาคีแต่ละฝ่ายในการจัดทำเป็นระยะๆ และปรับปรุงข้อมูลของชาติ ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยแหล่งกำเนิดและกักเก็บที่ไม่ได้ถูกควบคุมโดยพิธีสารมอนทรีออล หรือที่ใกล้เคียงกับการแสวงหาที่จะเป็นที่ตกลงกันโดยการประชุมของภาคี และสอดคล้องกับการคู่มือปฏิบัติสำหรับการเตรียมการของการสื่อสาร โดยการประชุมของภาคีนั้น

(b) ทฤษฎีและปฏิบัติตามประกาศ และให้ทันสมัยตามความที่เหมาะสมในชาติ ภูมิภาค ที่บรรลุหลักสูตรมาตรการเพื่อลดการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ และมาตรการปรับตัวที่เพียงพอที่จะอำนวยความสะดวกให้การเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ

(i) หลักสูตรเช่นว่านั้นจะอาทิตความห่วงใยในพลังงานการขนส่ง ภาคอุตสาหกรรมที่รวมทั้งการทำเกษตรและป่าไม้และการจัดการของเสียยิ่งไปกว่านั้น เทคโนโลยีและวิธีการปรับตัวเพื่อปรับปรุงการบางส่วนการวางแผนจะปรับตัวดีขึ้นทำให้เหมาะกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และ

(ii) ภาคีที่อยู่ในภาคผนวก I จะเสนอข้อมูลในการดำเนินการตามพิธีสาร<sup>1</sup>ซึ่งรวมถึงหลักสูตรตามข้อ 7 และ ภาคี อื่นๆจะต้องพยายามรวมถึงการสื่อสารในชาติของตนที่เหมาะสมข้อมูลในรายการที่มีมาตรการที่ ภาคี อีกฝ่ายเชื่อว่ามีส่วนช่วยในการอภิปราย ถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผลกระทบที่เกิดขึ้น รวมถึงการลดน้อยลงของการเพิ่มขึ้นในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปรับปรุงทำให้แหล่งกักเก็บ การผลิตและการปรับปรุงตัวอาคาร มาตรการการประยุกต์ใช้

(c) ให้ความร่วมมือในการส่งเสริมประสิทธิภาพสำหรับวิธีการพัฒนา การประยุกต์และการเผยแพร่และนำไปปฏิบัติได้อย่างเหมาะสม สะดวกในการถ่ายโอนหรือเข้าถึงเทคโนโลยี ความรู้และกระบวนการปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะในไปประเทศกำลังพัฒนาซึ่งรวมถึงการวางแผน นโยบายและ โครงการที่มีผลใช้กับการถ่ายโอนเทคโนโลยีทางสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นของเอกชนหรือภายใต้รัฐบาลส่งเสริมและสนับสนุนการถ่ายโอนและการเข้าถึงเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

(d) ให้ความร่วมมือในการวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและส่งเสริมการบำรุงรักษาและพัฒนาระบบสังเกตการณ์ การจัดเก็บข้อมูลเพื่อลดความไม่แน่นอนที่เกี่ยวข้องกับสภาพอากาศ ผลกระทบจากสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงต่อเศรษฐกิจและผลพวงทางสังคมต่างๆ จากการตอบสนองจากแผนยุทธศาสตร์และส่งเสริมการพัฒนาความสามารถในการมีส่วนร่วมในระดับนานาชาติ ความพยายามระหว่างรัฐบาล โครงการ เครือข่ายการวิจัยและระบบสังเกตการณ์โดยคำนึงถึงข้อ 5 ของอนุสัญญา<sup>1</sup>

(e) ให้ความร่วมมือในการส่งเสริมในระดับนานาชาติและตามความที่เหมาะสม การใช้เครือข่ายที่มีอยู่ การพัฒนาและการให้การศึกษา และการฝึกอบรม รวมถึงสร้างความแข็งแกร่งต่อโครงสร้างของประเทศ โดยเฉพาะทรัพยากรบุคคลและความสามารถ การแลกเปลี่ยนหรือเจ้าหน้าที่เพื่อฝึกฝนให้เชี่ยวชาญในสาขานี้ โดยเฉพาะในสำหรับประเทศกำลังพัฒนา และอำนวยความสะดวกในระดับชาติให้สาธารณชนตระหนักถึงและเข้าถึงข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รูปแบบที่เหมาะสมควรมีการพัฒนาที่จะดำเนินการตามกิจกรรมเหล่านี้โดยผ่านส่วนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับอนุสัญญา<sup>1</sup>โดยคำนึงถึงข้อ 6 แห่งอนุสัญญา<sup>1</sup>

(f) ครอบคลุมการสื่อสารข้อมูลเกี่ยวกับโครงการและกิจกรรมต่างๆ ในระดับชาติ ดำเนินการตามข้อนี้ตามที่เกี่ยวข้อง ในการตัดสินใจของการประชุมของภาคี และ

(e) การพิจารณาอย่างถี่ถ้วนในการปฏิบัติตามข้อผูกพันภายใต้ข้อนี้ และ ข้อ 4 วรรค 8 ของอนุสัญญา

#### ข้อ 11

1. ในการดำเนินการตามข้อ 10 ภาคีจะต้องคำนึงตามบทบัญญัติแห่งข้อ 4 วรรค 4, 5, 7, 8 และ 9 ของอนุสัญญา

2. ในบริบทของการดำเนินการตามข้อ 4 วรรค 1 ของอนุสัญญานี้ตามบทบัญญัติข้อ 4 วรรค 3 และข้อ 11 แห่งอนุสัญญาและโดยผ่านหน่วยงานหรือองค์กรที่มอบหมายกับการปฏิบัติการของสถาบันการเงินตามกลไกในอนุสัญญานี้ ประเทศที่พัฒนาแล้วและภาคีประเทศพัฒนาแล้วอยู่ในภาคผนวก II ของอนุสัญญานี้

(a) จัดเตรียมทรัพยากรทางการเงิน รวมถึงการถ่ายโอนเทคโนโลยีที่จำเป็นสำหรับประเทศกำลังพัฒนา ได้รับค่าใช้จ่าย เต็มที่ได้ตกลงกัน เพื่อภาคีทั้งสองฝ่ายจะการผลักดันการดำเนินการตามข้อผูกพันที่มีอยู่แล้วตามข้อ 4 วรรค 1(a) ของอนุสัญญานี้ซึ่งอยู่ภายใต้บทบัญญัติในข้อ 10 อนุวรรค (a) และ

(b) เตรียมแหล่งเงินทุนการถ่ายโอนเทคโนโลยีที่จำเป็น ตามความต้องการของประเทศกำลังพัฒนาเพื่อพบกับทุนที่ได้ตกลงไว้ เพื่อผลักดันการดำเนินการตามข้อผูกพันที่มีอยู่ตามข้อ 4 วรรค 1 ของอนุสัญญานี้ซึ่งอยู่ ภายใต้ ข้อ 10 และที่ได้ตกลงกันไว้เป็นระหว่างประเทศกำลังพัฒนาระหว่างประเทศภาคีอีกฝ่ายและหลายแห่งที่อ้างถึงในข้อ 11 แห่งอนุสัญญาตามที่ข้อนี้ การดำเนินการตามข้อผูกพันที่มีอยู่จะต้องคำนึงถึงความจำเป็นในการอนุสัญญากองทุนและการไหลเวียนของทุนและความสำคัญของการแบ่งปัน ความรับผิดชอบที่เหมาะสมในหมู่ประเทศภาคีพัฒนาแล้ว การชี้แนะให้หน่วยงานหรือองค์กรที่มอบหมายกับการปฏิบัติการของกลไกการเงินของอนุสัญญานี้ในการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องของการประชุมของภาคี ซึ่งรวมถึงผู้ที่ได้ตกลงกันไว้ก่อนที่การตกลงเลือกใช้ของพิธีสารนี้มาใช้บังคับ โดยอนุโลมกับบทบัญญัติของวรรคนี

3. ในประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศภาคีพัฒนาแล้วประเทศอื่นภาคผนวก II ของอนุสัญญา อาจยังให้ประเทศกำลังพัฒนาและประเทศภาคี ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรการเงินในการปฏิบัติตามข้อ 10 โดยผ่านทวิภาคีในระดับภูมิภาค และช่องทางพหุภาคีอื่นๆ

#### ข้อ 12

1. มีการพัฒนากลไกที่โปร่งใสตามอนุสัญญานี้ได้กำหนดเป็น

2. เพื่อประโยชน์ในการพัฒนากลไกที่โปร่งใสให้ความช่วยเหลือภาคีซึ่งไม่ได้รวมอยู่ในภาคผนวก I ในการบรรลุถึงการพัฒนาอย่างยั่งยืนและในการช่วยให้มีจุดมุ่งหมายของอนุสัญญานี้และให้ความช่วยเหลือภาคีรวมอยู่ในภาคผนวก I ในการบรรลุถึงปฏิบัติการจำกัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามข้อผูกพันภายใต้ข้อ 3

3. ตามกลไกที่โปร่งใสในการพัฒนา

(a) ภาคีซึ่งไม่ได้รวมอยู่ในภาคผนวก I จะได้รับประโยชน์จากกิจกรรม โครงการส่งผลให้ได้รับการรับรองในการลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและ

(b) คู่กรณีรวมอยู่ในภาคผนวก I อาจใช้การรับรองการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการ กิจกรรมอื่นๆ ค่าการลดลงของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้ข้อ 3 จะถูกตรวจสอบจำนวนกำหนดโดยการประชุมของภาคีซึ่งเป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้

4. การพัฒนาเทคโนโลยีที่โปร่งใสให้ต้องเป็นไปตามอำนาจหน้าที่และการชี้แนะโดยการประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้และได้โดยคณะกรรมการบริหารของการพัฒนาเทคโนโลยีที่โปร่งใส

5. การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นผลมาจากกิจกรรมแต่ละโครงการให้ได้รับการรับรองโดยองค์กรที่แต่งตั้งจากการประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของ

(a) การมีส่วนร่วมโดยสมัครใจได้รับความเห็นชอบโดยภาคีแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องนั้น

(b) ความจริง การตรวจสอบได้ และประโยชน์ระยะยาวที่เกี่ยวข้องกับการบรรเทาความเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ และ

(c) ให้เพิ่มเข้าไปของค่าการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่เกิดขึ้นจากการหายไปของโครงการ กิจกรรมที่ได้รับการรับรอง

6. การพัฒนาเทคโนโลยีที่โปร่งใสให้ความช่วยเหลือในการจัดจำหน่ายได้รับการรับรองการระดมทุนของกิจกรรมโครงการเท่าที่จำเป็น

7. การประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้จะอยู่ที่การประชุมช่วงแรก รูปแบบและวิธีดำเนินการโดยมีวัตถุประสงค์ในการสร้างความมั่นใจความโปร่งใสและความมีประสิทธิภาพ ความรับผิดชอบ มีระบบโดยผ่านการประเมินอย่างอิสระของกิจกรรมในโครงการ

8. การประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้จะให้ความมั่นใจว่ามีการจัดการค่าใช้จ่ายจากโครงการที่ได้รับการรับรองให้ครอบคลุมถึงเพื่อที่จะช่วยเหลือประเทศกำลังพัฒนาประเทศที่มีความอ่อนไหวต่อรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศให้พอกับต้นทุนต่างๆของการปรับตัว

9. การมีส่วนร่วมภายใต้กลไกการพัฒนาที่โปร่งใสรวมทั้งกิจกรรมที่ได้ในกล่าวไว้ในวรรค 3(a) ข้างต้นและในการได้มาซึ่งได้รับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องกับภาคเอกชนและ/หรือองค์กรสาธารณะ และเป็นที่กำหนดไว้โดยให้คณะกรรมการบริหารของการพัฒนาเทคโนโลยีที่โปร่งใส

10. ได้รับการรับรองการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงจากในปี 2000 เป็นต้นไป หรือในช่วงต้นของช่วงเวลาผูกพัน สามารถใช้ช่วยเหลือในการบรรลุถึงการปฏิบัติตามข้อผูกพันในช่วงเวลาผูกพันแรก

### ข้อ 13

1. การประชุมใหญ่ภาคีของอนุสัญญานี้ให้ใช้เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้

2. ภาคีในอนุสัญญานี้ซึ่งมิได้เป็นภาคีพิธีสารนี้อาจมีส่วนร่วมในฐานะผู้สังเกตการณ์ ในการประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้การตัดสินใจตามพิธีสารนี้จะถูกนำไปใช้กับผู้ที่เป็นภาคีพิธีสารฉบับนี้

3. เมื่อการประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้ สมาชิกใดๆ ของสำนักงานแห่งชาติของภาคีฝ่ายหนึ่งจะเป็นตัวแทนภาคีของการประชุมของอนุสัญญานี้ แต่ในช่วงเวลานั้นมิได้เป็นภาคีแห่งพิธีสารนี้จะถูกแทนที่โดยมีสมาชิกเพิ่มเติมและได้รับเลือกจากและจากระหว่างภาคีแห่งพิธีสารฉบับนี้

4. การประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้ทบทวนการดำเนินการอย่างสม่ำเสมอและจะต้องทำการอยู่ภายใต้อำนาจการตัดสินใจที่จำเป็นเพื่อส่งเสริมให้มีผลการดำเนินการตามภารกิจที่ได้รับมอบหมายตามพิธีสารนี้และจะต้อง

- (a) การประเมินว่าอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลทั้งหมดทำให้มีความเป็นไปได้ในไปตามบทบัญญัติของพิธีสารฉบับนี้ในการปฏิบัติตามพิธีสารนี้โดย ภาคี ในด้านการผลของมาตรการที่ใช้ตามพิธีสารนี้โดยเฉพาะในด้านสิ่งแวดล้อม ผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคม รวมทั้งผลกระทบสะสมที่มีผลต่อวัตถุประสงค์เพื่อความก้าวหน้าของอนุสัญญานี้ให้สัมฤทธิ์ผล
- (b) บางครั้งการตรวจสอบข้อผูกพันของภาคีตามพิธีสารนี้และโดยคำนึงถึงการทบทวนใดๆ ตามข้อ 4 วรรค 2(d) และข้อ 7 วรรค 2 ของอนุสัญญานี้เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ของอนุสัญญา ประสพการณ์ที่ได้รับในการดำเนินการและการวิวัฒนาการของความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยมีการพิจารณาและรายงานการดำเนินการของพิธีสารฉบับนี้เป็นประจำ
- (c) ส่งเสริมและอำนวยความสะดวกในการแลกเปลี่ยนข้อมูลเกี่ยวกับมาตรการที่ภาคีอยู่กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยคำนึงถึงสถานการณ์ความแตกต่าง ความรับผิดชอบและความสามารถของภาคี และข้อผูกพันเฉพาะตามพิธีสารฉบับนี้
- (d) เพื่ออำนวยความสะดวกโดยการร้องขอของภาคีทั้งสองฝ่ายหรือมากกว่าในการประสานงานตามมาตรการที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ และผลกระทบนี้โดยคำนึงถึงสถานการณ์ความแตกต่าง ความรับผิดชอบและความสามารถของภาคี และข้อผูกพันเฉพาะตามพิธีสารฉบับนี้
- (e) ส่งเสริมและชี้แนะให้เป็นตามวัตถุประสงค์ของอนุสัญญานี้และให้นำบทบัญญัติของพิธีสารฉบับนี้โดยคำนึงถึงการตัดสินใจโดยการประชุมของภาคี ที่จะพัฒนาและแสวงหาวิธีที่มีผลใช้บังคับสำหรับการดำเนินการของพิธีสารนี้ และที่ตกลงกันในการประชุมของภาคีซึ่งเป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารฉบับนี้
- (f) ให้คำแนะนำในเรื่องใดๆ ที่จำเป็นในการปฏิบัติตามพิธีสารฉบับนี้
- (g) ที่จะพยายามระดมทรัพยากรทางการเงินเพิ่มเติมตามข้อ 11 วรรค 2
- (h) จัดตั้งองค์กรย่อยตามที่มีความจำเป็นในการปฏิบัติตามพิธีสารฉบับนี้
- (i) แสวงหาและใช้ให้เป็นประโยชน์ตามความที่เหมาะสม การบริการและความร่วมมือ จัดเตรียมข้อมูลตามท้องที่การระหว่างประเทศองค์การ ระหว่างรัฐบาลและองค์กรที่มีใช้ และ
- (j) การใช้อำนาจอื่นๆ ที่เป็นการกำหนดการดำเนินการของพิธีสารนี้ และพิจารณาถึงผลที่เกิดจากการตัดสินใจจากการประชุมของภาคี

5. กฎของขั้นตอนการประชุม และขั้นตอนทางการเงิน จะอยู่ภายใต้อนุสัญญาที่อยู่ภายใต้พิธีสารนี้ เว้นแต่การประชุมของภาคีซึ่งเป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้กำหนดให้เป็นอย่างอื่น

6. ในการประชุมครั้งแรกของการประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้จะเป็นผู้เรียกประชุมโดยสำนักงานเลขาธิการ ควบคู่ไปกับการประชุมครั้งแรกในการประชุมของภาคีที่กำหนดหลังจากวันที่ของการเริ่มใช้บังคับของพิธีสารฉบับนี้ ช่วงธรรมดาของการประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้จะจัดขึ้นทุกปีและในควบคู่ไปกับช่วงธรรมดาของการประชุมภาคี เว้นแต่จะมีมติให้โดยการประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารฉบับนี้

7. ช่วงพิเศษของการประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้จะจัดขึ้นที่อื่นเช่นว่านั้นตามที่อาจเท่าที่จำเป็นโดยให้ถือว่าเป็นการประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้ หรือที่หนังสือร้องขอใดๆของภาคีฝ่ายหนึ่งโดยมีเงื่อนไขว่าภายในหกเดือนแรกของการร้องขอ การแจ้งไปยังผู้ที่สำนักงานเลขาธิการฝ่ายโดยภาคี จะต้องได้รับการสนับสนุนโดยอย่างน้อยหนึ่งในสามของภาคีทั้งหมด

8. องค์กรสหประชาชาติและทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศที่สมาชิกใดๆ ของรัฐนั้นหรือผู้สังเกตการณ์นั้น ไม่ได้เป็นภาคีในอนุสัญญานี้จะส่งผู้แทนเข้าการประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้ในฐานะผู้สังเกตการณ์. เครื่องข่ายหรือหน่วยงานของรัฐใดๆ ไม่ว่าจะระหว่างประเทศ ระดับประเทศชาติ เอกชนหรือองค์กรที่มีใช้ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในเรื่องซึ่งอยู่ภายใต้โดยพิธีสารนี้และซึ่งได้รับแจ้งสำนักงานเลขาธิการ ถึงความปรารถนาที่จะเป็นผู้แทนที่ในการประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้ ก็อาจจะได้เว้นแต่จะได้รับการยอมรับอย่างน้อยหนึ่งในสามของรัฐภาคีในปัจจุบัน การมีส่วนร่วมของผู้สังเกตการณ์ต้องอยู่ภายใต้ข้อบังคับการประชุมที่อ้างถึงในวรรค 5 ข้างต้น

#### ข้อ 14

1. การจัดตั้งสำนักงานเลขาธิการโดยข้อ 8 ของอนุสัญญานี้ให้ดำรงตำแหน่งในพิธีสารฉบับนี้
2. ข้อ 8 วรรค 2 ของอนุสัญญาว่าด้วยงานของสำนักงานเลขาธิการและข้อ 8 วรรค 3 ของอนุสัญญาว่าด้วยการทำข้อตกลงการทำงานของสำนักงานเลขาธิการมาใช้บังคับโดยอนุโลมกับพิธีสารฉบับนี้ สำนักงานเลขาธิการจะทำหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายตามพิธีสารนี้

#### ข้อ 15

1. องค์กรในเครือข่ายย่อย ในการแนะนำทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและ องค์กรในเครือข่ายย่อย ในการปฏิบัติการตามข้อ 9 และ 10 ของอนุสัญญานี้จะใช้เป็นตามลำดับองค์กรในเครือข่ายย่อยในการแนะนำทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและองค์กรในเครือข่ายย่อยในการปฏิบัติการของพิธีสารฉบับนี้ ให้นำบทบัญญัติเกี่ยวกับการทำงานของหน่วยงานทั้งสองนี้ตามอนุสัญญานี้จะใช้บังคับโดยอนุโลมกับพิธีสารฉบับนี้ การประชุมของ องค์กรในเครือข่ายย่อย ในการแนะนำทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและ องค์กรในเครือข่ายย่อย ในการปฏิบัติการตามพิธีสารนี้จะจัดขึ้นในควบคู่ไปกับการประชุมตามลำดับและ องค์กรในเครือข่ายย่อย ในการแนะนำทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและ องค์กรในเครือข่ายย่อย ในการปฏิบัติการตามอนุสัญญานี้
2. ภาคีในอนุสัญญานี้ซึ่งมิได้เป็นภาคีในพิธีสารนี้ อาจมีส่วนร่วมในฐานะผู้สังเกตการณ์ในการดำเนินการใดๆ ของการประชุมขององค์กรย่อย เมื่อองค์กรย่อยใช้เป็นองค์กรย่อยของพิธีสารนี้ การตัดสินใจตามพิธีสารนี้จะมีผลต่อผู้ที่เป็นภาคีในพิธีสารฉบับนี้
3. เมื่อการจัดตั้งองค์กรย่อยตามข้อ 9 และ 10 ของอนุสัญญานี้ปฏิบัติหน้าที่ของคุณโดยคำนึงถึงเรื่องเกี่ยวกับพิธีสารนี้ สมาชิกใดๆ องค์กรย่อยที่เป็นตัวแทนของภาคีในอนุสัญญานี้ แต่ในช่วงเวลานั้นมิได้เป็นภาคีแห่งพิธีสารนี้จะถูกแทนที่โดยมีสมาชิกเพิ่มเติม ที่ได้รับเลือกจากและจากระหว่าง ภาคีแห่งพิธีสารฉบับนี้

#### ข้อ 16

การประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้ ในทันทีที่สามารถปฏิบัติได้ พิจารณาพิธีสารนี้และการแก้ไขที่เหมาะสมโดยกระบวนการการปรึกษาหารือระดับพหุภาคีที่อ้างถึงในข้อ 13 ของอนุสัญญานี้ ที่เกี่ยวข้องการตัดสินใจ

ที่อาจใช้โดยการประชุมของฝ่ายที่เกี่ยวข้องแล้ว กระบวนการปรึกษาหารือระดับพหุภาคีอาจใช้ได้กับพิธีสารนี้ จะดำเนินไปตามวิธีดำเนินการและกลไกซึ่งกำหนดขึ้นตามข้อ 18

#### ข้อ 17

การประชุมของภาคีจะให้คำนิยามหลักการที่เกี่ยวข้องรูปแบบกฎและแนวทางเฉพาะเพื่อตรวจสอบและรายงาน ความรับผิดชอบในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมอยู่ในภาคผนวก B อาจมีส่วนร่วมในการแลกเปลี่ยนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อเพื่อปฏิบัติการตามข้อผูกพันของตนตามข้อ 3 การแลกเปลี่ยนใดๆ เช่นว่านั้นต้องทำเพื่อความมุ่งประสงค์ของจำกัดปริมาณการปล่อยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและลดข้อผูกพันเฉพาะตามที่ข้อนี้

#### ข้อ 18

การประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้จะอยู่ที่การประชุมช่วงแรก ให้พิจารณาวิธีดำเนินการและกลไกที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เพื่อจะกำหนดกรณีการไม่ปฏิบัติตามบทบัญญัติของพิธีสารฉบับนี้ รวมทั้งในการพัฒนาการตามข้อเสนอแนะโดยคำนึงถึงสาเหตุ รูปแบบ ระดับและความถี่ของการไม่ปฏิบัติตาม วิธีดำเนินการใดๆ และกลไกที่เกี่ยวข้องตามข้อนี้จะต้องได้รับผลพวง โดยหมายถึงการแก้ไขเพิ่มเติมให้พิธีสารฉบับนี้

#### ข้อ 19

บทบัญญัติของข้อ 14 ของอนุสัญญาว่าด้วยการตกลงข้อพิพาทมาใช้บังคับโดยอนุโลมกับพิธีสารฉบับนี้

#### ข้อ 20

1. ภาคีใดๆ อาจเสนอข้อแก้ไขเพิ่มเติมให้พิธีสารฉบับนี้
2. การแก้ไขเพิ่มเติมให้พิธีสารนี้จะได้รับในสมัยประชุมสามัญของการประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารนี้ ข้อความที่เสนอการแก้ไขเพิ่มเติมใดๆ ของพิธีสารนี้จะต้องแจ้งไปยังผู้ที่สำนักงานเลขานุการโดยภาคีที่อย่างน้อย 6 เดือนก่อนการประชุมเพื่อตอบรับข้อเสนอให้ตกลงเลือกใช้ สำนักงานเลขานุการจะยังแจ้งด้วยทของข้อแก้ไขเพิ่มเติมใดๆ ที่จะเสนอให้คู่กรณีและลงนามในอนุสัญญาฉบับนี้และการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารให้ผู้รับมอบ
3. ภาคีจะต้องพยายามทุกวิถีทางที่จะไปถึงความตกลงใดๆ ที่จะเสนอการแก้ไขเพิ่มเติมโดยพิธีสารนี้โดยฉันทามติ ถ้าความพยายามทั้งหมดในการหาฉันทามติไม่ได้ และไม่มี ความตกลงมาถึงการแก้ไขเพิ่มเติมดังกล่าวต้องเป็นครั้งสุดท้ายโดยมีสามในสี่เสียงส่วนใหญ่ของภาคีซึ่งมาประชุมและออกเสียงลงคะแนนในการประชุมที่ได้รับการแก้ไขเพิ่มเติมให้ติดต่อแจ้งไปโดยที่สำนักงานเลขานุการ ให้ผู้รับมอบให้ผู้ซึ่งจะส่งเวียนไปต่อทุกฝ่ายสำหรับการยอมรับของภาคีเหล่านั้น
4. ตราสารการยอมรับในส่วนที่เกี่ยวกับการแก้ไขเพิ่มเติมให้มอบไว้กับผู้รับมอบ ได้รับการแก้ไขเพิ่มเติมตามวรรค 3 ข้างต้นจะเริ่มใช้บังคับสำหรับผู้ที่เป็นภาคีซึ่งได้รับการยอมรับในวันที่เก้าสิบวันหลังจากวันที่ผู้รับมอบได้รับตราสารการยอมรับ โดยไม่น้อยกว่าสามในสี่ของภาคีแห่งพิธีสารนี้

5. การแก้ไขเพิ่มเติมจะเริ่มใช้บังคับสำหรับภาคอีกฝ่ายใดๆ ในวันที่เก้าสิบหลังจากจากวันที่ภาคีให้การยอมรับและกล่าวการแก้ไขเพิ่มเติมนั้น

## ข้อ 21

1. ภาคผนวกในพิธีสารนี้จะเป็นส่วนหนึ่งของพิธีสาร โดยได้มีการจัดเตรียมบัญชีไว้เพื่อใช้อ้างอิงในพิธีสารนี้ ในส่วนภาคผนวกได้เรียบเรียงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เทคนิค กระบวนการ หรือสัญลักษณ์

2. ภาคีใดๆ อาจทำข้อเสนอเพื่อเป็นภาคผนวกแห่งพิธีสารนี้และอาจเสนอการแก้ไขเพิ่มเติม ภาคผนวกแห่งพิธีสารฉบับนี้

3. ภาคผนวกแห่งพิธีสารนี้และการแก้ไขเพิ่มเติมภาคผนวกแห่งพิธีสารนี้จะนำมาได้ในสมัยประชุมสามัญของการประชุมของภาคีที่เป็นการประชุมของภาคีแห่งพิธีสารฉบับนี้ ข้อความใดๆ ในการเสนอในภาคผนวก หรือการแก้ไขเพิ่มเติมภาคผนวก จะต้องแจ้งภาคีโดยสำนักงานเลขาธิการอย่างน้อย 6 เดือนก่อนการประชุมที่เป็นเสนอให้ตกลงเลือกใช้ สำนักงานเลขาธิการจะแจ้งด้วยบทของภาคผนวก การเสนอใดๆ หรือการแก้ไขเพิ่มเติม ภาคผนวก ให้ภาคีลงนามในอนุสัญญาฉบับนี้และการเข้าถึงข้อมูล

4. ภาคีจะต้องพยายามทุกวิถีทางที่จะไปถึงข้อผูกพันใดๆ ที่เสนอ ภาคผนวกหรือการแก้ไขเพิ่มเติมจะต้องเป็นจันทามติ ถ้าความพยายามทั้งหมดไม่เป็นจันทามติจะไม่มีการตกลงมาถึงในภาคผนวกหรือการแก้ไขเพิ่มเติม ครั้งสุดท้ายจะต้องมีสามในสี่เสียงส่วนใหญ่ของภาคีซึ่งมาประชุมและออกเสียงลงคะแนนในการประชุมให้รับภาคผนวกหรือการแก้ไขเพิ่มเติม จะต้องแจ้งให้สำนักงานเลขาธิการ โดยผู้รับมอบผู้ซึ่งจะส่งเวียน ไปต่อทุกฝ่ายสำหรับการยอมรับของภาคี

5. ภาคผนวกหรือการแก้ไขเพิ่มเติม อื่นนอกจากภาคผนวก A หรือ B ตามวรรค 3 และ 4 ข้างต้นจะเริ่มใช้บังคับสำหรับทุกภาคีแห่งพิธีสารนี้ หกเดือนหลังจากวันที่ของการสื่อสารโดยผู้รับมอบให้ภาคีของข้อตกลง ภาคผนวก หรือการยอมรับของการแก้ไขภาคผนวกนี้ เว้นแต่ในกรณีที่ ภาคีที่ได้แจ้งผู้เก็บรักษอนุสัญญานี้ เขียนหนังสือภายในระยะเวลาของการไม่ยอมรับของภาคีหรือการแก้ไขเพิ่มเติมภาคผนวก ภาคผนวก หรือการแก้ไขเพิ่มเติมจะนำเข้าไปโดยภาคีซึ่งไม่ยอมรับการแจ้งภายในวันที่เก้าสิบหลังจากวันที่ได้รับการแจ้งผู้รับมอบ

6. ในกรณีที่การตกลงเลือกใช้ภาคผนวก หรือการแก้ไขเพิ่มเติม ภาคผนวกนี้จะมีการแก้ไขเพิ่มเติมให้พิธีสารนี้ว่าภาคีภาคผนวกหรือการแก้ไขเพิ่มเติม ไม่ได้เข้ามาใช้บังคับจนกว่าจะถึงเวลานั้นนั้น เป็นการแก้ไขเพิ่มเติมให้พิธีสารนี้เริ่มใช้บังคับแล้ว

7. การแก้ไขเพิ่มเติม ภาคผนวก A และ B ในพิธีสารนี้จะต้องรับเอามาและเริ่มใช้บังคับในไปตามวิธีการกำหนดไว้ในข้อ 20 โดยมีเงื่อนไขว่าการแก้ไขเพิ่มเติม ภาคผนวก จะต้องได้รับการเขียนได้รับความยินยอมของภาคีที่เกี่ยวข้อง

## ข้อ 22

1. ภาคีแต่ละฝ่ายจะมีเสียงหนึ่งในการลงคะแนน เว้นแต่ที่มีบัญญัติไว้ในวรรค 2 ข้างล่างนี้

2. องค์การบูรณาการทางเศรษฐกิจจะดับภูมิภาค ในเรื่องความสามารถภายในของภาคีนั้น จะใช้สิทธิเลือกตั้งโดยมีจำนวนคะแนนเสียงเท่ากับจำนวนของรัฐสมาชิกของพวกเขาที่เป็นภาคีพิธีสารฉบับนี้ ซึ่งเป็นองค์กรเช่นว่านั้นจะต้องไม่ใช่สิทธิของคนที่จะออกเสียงลงคะแนนถ้ามีการใช้สิทธิของรัฐสมาชิกของภาคีนั้นและรองในสภาพ



### ข้อ 23

ให้สำนักเลขาธิการของสหประชาชาติเป็นผู้รับมอบของพิธีสารฉบับนี้

### ข้อ 24

1. พิธีสารนี้จะเปิดให้มีการลงนามและภายใต้บังคับให้สัตยาบันยอมรับหรือเห็นชอบโดยรัฐและองค์การการรวมตัวทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาคซึ่งเป็นภาคีในอนุสัญญานี้ เปิดให้มีการลงนามที่สำนักงานใหญ่สหประชาชาติในนิวยอร์กจาก 16 มีนาคม 1998 ถึง 15 มีนาคม 1999 พิธีสารนี้จะเปิดให้ภาคยานุวัติ หลังจากวันที่ปิดเพื่อลงนามตราสารสัตยาบันยอมรับเห็นชอบหรือภาคยานุวัติต้องมอบไว้กับผู้รับมอบ

2. องค์การบูรณาการทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาคซึ่งเป็นภาคีแห่งพิธีสารนี้โดยไม่มีของรัฐสมาชิกขององค์การเป็นภาคีจะต้องถูกผูกพันโดยทั้งหมดที่พันธกรณีตามพิธีสารนี้ ในกรณีขององค์การดังกล่าว หนึ่งหรือมากกว่าของรัฐสมาชิกซึ่งเป็นภาคีแห่งพิธีสารนี้ องค์การของรัฐสมาชิกของภาคีนั้นจะต้องตัดสินใจในความรับผิดชอบของภาคีในการปฏิบัติตามพันธกรณีภายใต้พิธีสารนี้ ในองค์การและบรรดารัฐสมาชิกจะไม่มีสิทธิที่จะใช้สิทธิตามพิธีสารนี้พร้อมกัน

3. ในการตราสารสัตยาบันยอมรับเห็นชอบหรือภาคยานุวัติและองค์การการรวมตัวทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาค จะประกาศถึงขอบเขตของความสามารถของภาคีที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่อยู่ภายใต้พิธีสารฉบับนี้ องค์การเหล่านี้จะต้องแจ้งให้ผู้รับมอบซึ่งในทางกลับกันให้แจ้งให้รัฐภาคีใดๆ ในสาระสำคัญของการแก้ไขในขอบเขตของความสามารถของภาคีนั้น

### ข้อ 25

1. พิธีสารนี้จะเริ่มใช้บังคับในวันที่เก้าสิบหลังจากวันที่ภาคีไม่น้อยกว่า 55 ภาคีในอนุสัญญานี้ ไม่รวมภาคีอยู่ในภาคผนวก I ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนในรวมเป็นเวลาอย่างน้อยร้อยละ 55 ของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดสำหรับปี 1990 ของภาครวมอยู่ใน ภาคผนวก I ได้มอบสัตยาบันสารการยอมรับการเห็นชอบหรือภาคยานุวัติ

2. เพื่อความมุ่งประสงค์ของข้อนี้ "การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดสำหรับปี 1990 ของภาครวมที่อยู่ในภาคผนวก I" หมายถึงจำนวนก่อนวันที่ของการกำหนดในพิธีสารนี้ โดยภาคีซึ่งรวมใน ภาคผนวก I ได้กล่าวในตอนแรกตามข้อ 12 ของอนุสัญญานี้

3. ในการตราสารสัตยาบันยอมรับเห็นชอบหรือภาคยานุวัติและองค์การการรวมตัวทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาคจะประกาศถึงขอบเขตของความสามารถของพวกเขาที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่อยู่ภายใต้โดยพิธีสารฉบับนี้ องค์การเหล่านี้จะต้องแจ้งให้ผู้รับมอบซึ่งในทางกลับกันให้แจ้งให้รัฐภาคีใดๆ ในสาระสำคัญของการแก้ไขในขอบเขตของความสามารถของภาคีนั้น

4. เพื่อความมุ่งประสงค์ของข้อนี้มอบมอบไว้โดยมีองค์การบูรณาการทางเศรษฐกิจระดับ ภูมิภาค ต้องไม่นับเป็นเพิ่มเติมจากที่มอบไว้โดยรัฐสมาชิกขององค์การ

### ข้อ 27

1. ในเวลาใดๆ หลังจากสามปีจากวันที่พิธีสารนี้ได้บังคับใช้กับภาคี ภาคีอาจจะถอนตัวจากพิธีสารนี้โดยยื่นเอกสารยื่นขออนุญาตถอนตัวแก่ผู้รับมอบ

2. การถอนตัวใดๆ จะส่งผลให้สิ้นสภาพหลังจากนั้นหนึ่งปีนับจากวันที่ได้รับเอกสารการขอลงตัว หรืออาจจะเป็นวันที่ระบุในเอกสารการขอลงตัว

3. ภาคใดๆ ซึ่งถอนตัวจากอนุสัญญาฯ นี้ ควรจะพิจารณาถอนตัวจากพิธีสารนี้

#### ข้อ 28

แรกเริ่มพิธีสารนี้เป็นภาษาอารบิก, จีน, อังกฤษ, ฝรั่งเศส, รัสเซียและสเปน ด้วยทั้งหมดนี้ใช้เป็นหลักฐานได้ เทียบเท่ากับที่มอบไว้แก่สำนักเลขาธิการสหประชาชาติที่ทำขึ้น ณ เกียวโต วันที่ สิบเอ็ด ธันวาคม ปีหนึ่งพันเก้าร้อยเก้าสิบ เพื่อเป็นพยานแก่ผู้ลงนามทำขึ้นซึ่งได้รับมอบอำนาจซึ่งมีผลต่อลงนามในพิธีสารนี้ตามวันที่ระบุ

## ภาคผนวก A

### ก๊าซเรือนกระจก

คาร์บอน ไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>)

มีเทน (CH<sub>4</sub>)

ไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O)

ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs)

เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs)

ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF<sub>6</sub>)

### ส่วน/แหล่ง

#### พลังงาน

#### เชื้อเพลิงเผาไหม้

อุตสาหกรรมพลังงาน

อุตสาหกรรมการผลิตและก่อสร้าง

การขนส่ง

ส่วนอื่นๆ

อื่นๆ

แหล่งจากเชื้อเพลิงจากกระบวนการ

เชื้อเพลิงแข็ง

น้ำมันหรือก๊าซธรรมชาติ

อื่นๆ

การผลิตแร่

อุตสาหกรรมเคมี

การผลิตโลหะ

การผลิตอื่นๆ

การผลิตฮาโลคาร์บอนและซัลเฟอร์เฮกซะ

### ฟลูออไรด์

การใช้ฮาโลคาร์บอนและซัลเฟอร์เฮกซะ

### ฟลูออไรด์

อื่นๆ

ตัวทำละลายและการใช้ผลิตภัณฑ์อื่น

## ภาคผนวก B

ภาคี	ข้อจำกัดปริมาณการปล่อย หรือ ข้อผูกพัน (เปอร์เซ็นต์ในช่วงหรือ ปีฐาน)
ออสเตรเลีย	108
ออสเตรีย	92
เบลเยียม	92
บัลแกเรีย*	92
แคนาดา	94
โครเอเชีย*	95
สาธารณรัฐเชค*	92
เดนมาร์ก	92
เอสโตเนีย*	92
สหภาพยุโรป	92
ฟินแลนด์	92
ฝรั่งเศส	92
กรีซ	92
เยอรมันนี	92
ฮังการี*	94
ไอซ์แลนด์	110
ไอร์แลนด์	92
อิตาลี	92
ญี่ปุ่น	94
ลัตเวีย*	92
ลิตเทินสไตน์	92
ลิทัวเนีย*	92
ลักเซมเบิร์ก	92
โมนาโก	92
เนเธอร์แลนด์	92
นิวซีแลนด์	100
นอร์เวย์	101

การเกษตรกรรม  
 การหมักเพื่อผลิตก๊าซ  
 การจัดการปุ๋ยคอก  
 การปลูกข้าว  
 ดินสำหรับการเกษตร  
 การเผาทุ่งหญ้า  
 การเผาพื้นที่การเกษตร  
 กากจากการเกษตร  
 อื่นๆ  
 ของเสีย  
 กระบวนการกำจัดขยะ  
 การจัดการน้ำเสีย  
 การกำจัดของเสีย  
 อื่นๆ

โปแลนด์*	94
โปรตุเกส	92
โรมาเนีย	92
สหภาพรัฐเซีย*	100
สโลวาเกีย*	92
สโลเวเนีย*	92
สเปน	92
สวีเดน	92
สวีทเซอร์แลนด์	92
ยูเครน*	100
สหราชอาณาจักรและ ไอร์แลนด์เหนือ	92
สหรัฐอเมริกา	93

\*ประเทศซึ่งกำลังเปลี่ยนแปลงระบบเศรษฐกิจเป็นแบบ  
ตลาด

### A3. สถิติของประเทศเอเชีย

นำเสนอข้อมูลของประเทศเอเชียสำหรับข้อมูลดังได้แสดงใน ตาราง

A.3.1.1

ตาราง A.3.1.1 สถิติของประเทศเอเชีย (ในปี 2003)

	GDP [GUSD]*1	ประชากร [M]*2	การใช้พลังงานเบื้องต้น [Mtoe]*3	การปล่อย CO <sub>2</sub> [Mt-C]*4
บรูไนดารุสซาลาม	5	0.3	3	2
อินโดนีเซีย	168	215	118	91
ญี่ปุ่น	4,876	128	517	336
เกาหลี	586	48	205	124
มาเลเซีย	99	25	54	41
ฟิลิปปินส์	85	82	32	19
สาธารณรัฐประชาชนจีน	1,375	1,288	1,190	1,127
สิงคโปร์	93	4	22	14
ไต้หวัน	314	23	98	69.6
ไทย	141	62	74	58
เวียดนาม	38	81	21	17
ทั่วเอเชีย	9,246	3,467	2,783	2,280

\*1 พันล้านเหรียญสหรัฐ

\*2 ล้านคน

\*3 ล้านตันน้ำมันเทียบเท่า

\*4 ล้านตันคาร์บอน

## A4. การเปลี่ยนหน่วย

หน่วยของตัวแปรสำคัญถูกพบได้ในหลายสาขา และบางครั้งไม่คุ้นเคยหน่วยที่ใช้ นับตั้งแต่การใช้หน่วยเอสไอได้รับการแนะนำ ใช้เป็นหน่วยในการอธิบายก่อนหน้านี การแปลงกับหน่วยอื่นๆ ได้อธิบายในภาคนี้ ถ้าคุณสามารถอ่านภาษาญี่ปุ่น หนังสือโดยโคอิซึมิและเอบิฮาระจะมีประโยชน์

### A4.1 ระบบหน่วยเอสไอ

การใช้ระบบหน่วยเอสไอได้รับการแนะนำโดยที่ประชุมระหว่างประเทศในการประชุมซึ่งดวงและตรวจวัดในปี 1960 และหลายประเทศรวมทั้งญี่ปุ่นมีการใช้หน่วยนี้อย่างเป็นทางการ ระบบหน่วยเอสไอประกอบด้วย 7 หน่วยฐานและหน่วยอนุพันธ์ซึ่งพิสูจน์จากหน่วยพื้นฐานเหล่านี้ และยังใช้คำนำหน้าเพื่อให้ความชัดเจนโดยการคูณด้วยเลขจำนวนเต็ม 10 กับหน่วยพื้นฐาน ได้แสดงผังรายการหน่วยเหล่านี้

#### ตาราง A4.1.1 หน่วยพื้นฐานเอสไอ

ปริมาณพื้นฐาน	สัญลักษณ์ (ชื่อ)	ปริมาณพื้นฐาน	สัญลักษณ์ (ชื่อ)
ความยาว	m (เมตร)	อุณหภูมิพลศาสตร์	K (เคลวิน)
มวล	kg (กิโลกรัม)	ปริมาณสาร	Mol (โมล)
เวลา	s (วินาที)	ความเข้มส่องสว่าง	cd (แคนเดอลา)
กระแสไฟฟ้า	A (แอมแปร์)		

#### ตาราง A4.1.2 หน่วยของมุม

หน่วยพื้นฐาน	สัญลักษณ์ (ชื่อ)
มุมระนาบ	rad (เรเดียน)
มุมตัน	Sr (สเตอเรเดียน)

\*1 เพื่อเข้าใจถึงหลักการของมุมตันและการพิจารณามุมแสงไฟจากแสงวาบสว่างขึ้น ความกว้างของแสงที่ส่องในมุมตัน การพิจารณาทรงกลมซึ่งมีรัศมี R ซึ่งเป็นศูนย์กลางของแสงไฟจากแหล่งกำเนิด 1 sr ของมุมตันแผ่เมื่อรูปร่างพื้นที่แสงหรือ  $R^2$  บนทรงกลม

\*2 หน่วยเหล่านี้เดิมเป็นหน่วยเสริมนั้นแต่ก็กลายเป็นหน่วยอนุพันธ์ในปี 1995

ตาราง A4.1.3 แสดงหน่วยอนุพันธ์ในระบบเอสไอ

ปริมาณพื้นฐาน	สัญลักษณ์	ส่วนอธิบายในเทอมของหน่วยพื้นฐานเอสไอ
แรง	N (นิวตัน)	$\text{m kg s}^{-2}$
ความดัน	Pa (ปาสคาล)	$\text{N m}^{-2} = \text{m}^{-1} \text{kg s}^{-2}$
พลังงาน, งาน	J (จูล)	$\text{N m} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-2}$
พลังงาน	W (วัตต์)	$\text{J s}^{-1} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-3}$

ตาราง A4.1.4 คำอุปสรรคระบบเอสไอ

สัญลักษณ์ (ชื่อ)	ตัวประกอบ	สัญลักษณ์ (ชื่อ)	ตัวประกอบ
da (เดคา)	$10^1$	d (เดซี)	$10^{-1}$
h (เฮกเตอร์)	$10^2$	c (เซนติ)	$10^{-2}$
k (กิโล)	$10^3$	m (มิลลิ)	$10^{-3}$
M (เมกะ)	$10^6$	$\mu$ (ไมคร)	$10^{-6}$
G (กิกะ)	$10^9$	n (นาโน)	$10^{-9}$
T (เทอร์ระ)	$10^{12}$	p (พิโค)	$10^{-12}$
P (เพตะ)	$10^{15}$	f (เฟมโต)	$10^{-15}$
E (เอกซะ)	$10^{18}$	a (อัตโต)	$10^{-18}$
Z (เซตตะ)	$10^{21}$	z (เซปโต)	$10^{-21}$
Y (ยอตตะ)	$10^{24}$	y (ยอกโต)	$10^{-24}$

\*1 เมื่อเป็นไปได้ เลือกคำอุปสรรคที่สามารถเขียนตัวเลขในช่วง 0.1-1000 ยกตัวอย่างเช่น 50 pm ไม่ควรเขียน 0.05 nm

\*2 หน่วยพื้นฐานของมวล คือ kg โดยคำอุปสรรคได้ถูกเพิ่มหน้า g ตัวอย่างเช่น 29 mg ไม่ควรใช้ 20 mkg

\*3 เพื่อการสร้างหน่วยอนุพันธ์จากหน่วยพื้นฐานหลายๆ ตัวสามารถใช้คำอุปสรรคได้ ตัวอย่างเช่น 21 MJ/kg ไม่ใช่ 21 kJ/g ยกเว้นหน่วย “kg” ตัวอย่างเช่น 20 kg/m<sup>2</sup> ไม่ควรใช้ 20 kg/m<sup>2</sup>

A4.2 การเปลี่ยนหน่วย

แม้ว่าการใช้หน่วยเอสไอเป็นระบบที่ได้รับการแนะนำ ในส่วนของพลังงาน ดังเดิมเช่นหน่วยต่อบาร์เรลหรือเทียบเท่าน้ำมันดิบตันซึ่งมักจะใช้กระทั่งทุกวันนี้ การแปลงของหน่วยจำเป็นต้องการเมื่ออ่านงานเขียนในอดีต

เมื่อปริมาณในหนึ่งหน่วยอธิบายโดยหน่วยอื่น สูตรในการเปลี่ยนหน่วยจึงจำเป็น ตัวอย่างเช่น อุณหภูมิเป็น °C T<sub>C</sub> จะเปลี่ยนเป็น K T<sub>K</sub> ได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$T_K = T_C + 273.15$$

เมื่อสูตรการเปลี่ยนหน่วย

$$L_m = 2.54 \times 10^{-2} L \text{ in}$$

ตัวประกอบ คือ  $2.54 \times 10^{-2} \text{ m/in}$

ในการเปลี่ยนหน่วยอนุพันธ์จากหน่วยพื้นฐานหลายๆ ตัว แทนที่หน่วยเดิมด้วยใช้สูตรเปลี่ยนหน่วย ตัวอย่างเช่น 1500 ft/h จะเปลี่ยนเป็น m/s ได้จากค่าดังนี้

$1 \text{ ft} = 3.048 \times 10^{-1} \text{ m}$  และ  $1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$  โดย

$$\begin{aligned} 1500 \text{ ft/h} &= 1500 (3.048 \times 10^{-1} \text{ m}) / (3600 \text{ s}) \\ &= 1500 (3.048 \times 10^{-1} \text{ m}) / (3600 \text{ s}) \\ &= 0.127 \text{ m/s} \end{aligned}$$

ในการเปลี่ยนหน่วยในสมการ โดยการแทนที่ด้วยสูตรเปลี่ยนหน่วยในสมการตัวแปร ยกตัวอย่างเมื่อใช้สูตรเปลี่ยนหน่วยสำหรับความดันไอน้ำ

$$\ln(p_{\text{Torr}}) = 18.30363 - \frac{3816.4}{227.02 + T_C}$$

สามารถเปลี่ยนเป็นหน่วยเอสไอ สูตรการเปลี่ยนเป็น

$$\begin{aligned} p_{\text{Torr}} &= 7.50062 \times 10^{-3} \\ T_C &= T_K - 273.15 \end{aligned}$$

เมื่อแทนได้เป็น

$$\ln(7.50062 \times 10^{-3}) + \ln p_{Pa} = 18.30363 - \frac{3816.44}{227.02 + (T_K - 273.15)}$$

$$\ln(7.50062 \times 10^{-3}) + \ln p_{Pa} = 18.30363 - \frac{3816.44}{227.02 - 273.15 + T_K}$$

$$\ln p_{Pa} = 18.30363 - \ln(7.50062 \times 10^{-3}) - \frac{3816.44}{227.02 + (T_K - 273.15)}$$

จะได้

$$\ln p_{Pa} = 23.1964 - \frac{3816.44}{-46.13 + T_K}$$



ในหน้าต่อไป แสดงตาราง ในแนวราบแสดงปริมาณ เพื่อความเข้าใจ  $3.937 \times 10^1$  ในที่นี้คือ  $3.9370E+01$  ดังตัวอย่างจากตาราง A4.2.1

$$1 \text{ m} = 3.2808 \text{ ft} = 39.37 \text{ in}$$

ตาราง A4.2.1 ตัวประกอบความยาว

m	ft	in
1	3.2808E+00	3.9370E+01
3.0480E-01	1	1.2000E+01
2.5400E-02	8.333E-02	1

ตาราง A4.2.2 ตัวประกอบเปลี่ยนหน่วยของพื้นที่

m <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	a	ha	acre	mu (畝) <sup>*1</sup>	tan (反) <sup>*2</sup>	tsubo (坪) <sup>*3</sup>
1	1.000E-06	1.000E-02	1.000E-04	2.4711E-04	1.5000E-03	1.0083E-03	3.0248E-01
1.000E+06	1	1.000E+04	1.000E+02	2.4711E+02	1.5000E+03	1.0083E+03	3.0248E+05
1.000E+02	1.000E-04	1	1.000E-02	2.4711E-02	1.5000E-01	1.0083E-01	3.0248E+01
1.000E+04	1.000E-02	1.000E+02	1	2.4711E+00	1.5000E+01	1.0083E+01	3.0248E+03
4.0468E+03	4.0468E-03	4.0468E+01	4.0468E-01	1	6.0702E+00	4.0805E+00	1.2241E+03
6.6667E+02	6.6667E-04	6.6667E+00	6.6667E-02	1.6474E-01	1	6.7222E-01	2.0165E+02
9.9174E+02	9.9174E-04	9.9174E+00	9.9174E-02	2.4507E-01	1.4876E+00	1	2.9998E+02
3.3060E+00	3.3060E-06	3.3060E-02	3.3060E-04	8.1694E-04	4.9590E-03	3.3335E-03	1

\*1 หน่วยจีน

\*2 หน่วยญี่ปุ่น: 1 cho (町) = 10 tan (反), 1 tan (反) = 10 se (畝)

\*3 สำหรับกรณีข้าวและป่า 1 tsubo อ่านว่า 1 bu (歩)

ตาราง A4.2.3 ตัวประกอบเปลี่ยนหน่วยมวล

kg	t	short ton (tn)	long ton (l.tn)	lb (pound)	oz (ounce)	Kan (貫,Japanese)
1	1.000E-03	1.1023E-03	9.8421E-04	2.2046E+00	3.5274E+01	2.6667E-01
1.000E+03	1	1.1023E+00	9.8421E-01	2.2046E+03	3.5274E+04	2.6667E+02
9.0719E+02	9.0719E-01	1	8.9286E-01	2.0000E+03	3.2000E+04	2.4192E+02
1.0160E+03	1.0160E+00	1.1200E+00	1	2.2400E+03	3.5840E+04	2.7095E+02
4.5359E-01	4.5359E-04	5.0000E-04	4.4643E-04	1	1.6000E+01	1.2096E-01
2.8349E-02	2.8349E-05	3.1250E-05	2.7902E-05	6.2500E-02	1	7.5600E-03
3.7500E+00	3.7500E-03	4.1336E-03	3.6907E-03	8.2672E+00	1.3228E+02	1

shot ton เป็นหน่วยยูเอส long ton เป็นหน่วยอังกฤษ

ตาราง A4.2.4 ตัวประกอบเปลี่ยนหน่วยปริมาตร

m <sup>3</sup>	L	ft <sup>3</sup>	US gallon	UK gallon	bbbl	koku (石)*1
1	1.0000E+03	3.5315E+01	2.6417E+02	2.1997E+02	6.2898E+00	5.5440E+03
1.0000E-03	1	3.5315E-02	2.6417E-01	2.1997E-01	6.2898E-03	5.5440E+00
2.8317E-02	2.8317E+01	1	7.4805E+00	6.2288E+00	1.7811E-01	1.5699E+02
3.7854E-03	3.7854E+00	1.3368E-01	1	8.3267E-01	2.3810E-02	2.0986E+01
4.5461E-03	4.5461E+00	1.6054E-01	1.2010E+00	1	2.8594E-02	2.5204E+01
1.5899E-01	1.5899E+02	5.6146E+00	4.2000E+01	3.4972E+01	1	8.8143E+02
1.8038E-04	1.8038E-01	6.3699E-03	4.7650E-02	3.9677E-02	1.1345E-03	1

\*1 หน่วยญี่ปุ่น: 1 koku (石) = 100 sho (升)

\*2 บางครั้ง ปริมาตรก๊าซอธิบายโดยใช้หน่วยปริมาตร “Nm<sup>3</sup>” ปริมาตรนี้เป็นก๊าซที่สภาวะปกติ (0°C, 1.013x10<sup>5</sup> Pa) ตัวอย่าง ก๊าซ 22.4 Nm<sup>3</sup> เท่ากับ 1 kmol

\*3 สำหรับลิตรแนะนำให้ใช้ “L” เพื่อใช้แตกต่างจาก “l” และ “1”

ตาราง A4.2.5 ตัวประกอบเปลี่ยนหน่วยพลังงาน (1)

J	kWh	kcalIT	KcalJP	kL oil equivalent	t oil equivalent
1	2.7778E-07	2.3885E-04	2.3889E-04	2.5826E-11	2.3885E-11
3.6000E+06	1	8.5984E+02	8.6000E+02	9.2973E-05	8.5984E-05
4.1868E+03	1.1630E-03	1	1.0002E+00	1.0813E-07	1.0000E-07
4.1860E+03	1.1628E-03	9.9928E-01	1	1.0811E-07	9.9982E-08
3.8721E+10	1.0756E+04	9.2483E+06	9.2500E+06	1	9.2483E-01
4.1868E+10	1.1630E+04	1.0000E+07	1.0002E+07	1.0813E+00	1

\*1 คำนวณด้วยตัวย่อ "TOE"

\*2 การคำนวณประสิทธิภาพของกระบวนการ โดยเฉพาะเมื่อต้องการเปรียบเทียบความร้อนและไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานอุณหภูมิลศาสตร์เทียบเท่า โดยหารด้วยประสิทธิภาพพลังงานที่สร้างขึ้น ประสิทธิภาพใช้ในวัตถุประสงค์เทียบความแตกต่างแต่ละประเทศ หรือขึ้นอยู่กับกรณี ในญี่ปุ่นใช้ 1 kWh = 9.42 MJ สมมติประสิทธิภาพพลังงานสร้างขึ้น เท่ากับ 38.1% สำหรับกรณีหลัง 1971

ตาราง A4.2.6 ตัวประกอบเปลี่ยนหน่วยพลังงาน

J	Btu	kgf m	ft lbf	HP h
1	9.4782E-04	1.0197E-01	7.3750E-01	3.7417E-07
1.0551E+03	1	1.0759E+02	7.7810E+02	3.9477E-04
9.8066E+00	9.2948E-03	1	7.2324E+00	3.6693E-06
1.3559E+00	1.2852E-03	1.3827E-01	1	5.0734E-07
2.6726E+06	2.5331E+03	2.7253E+05	1.9710E+06	1

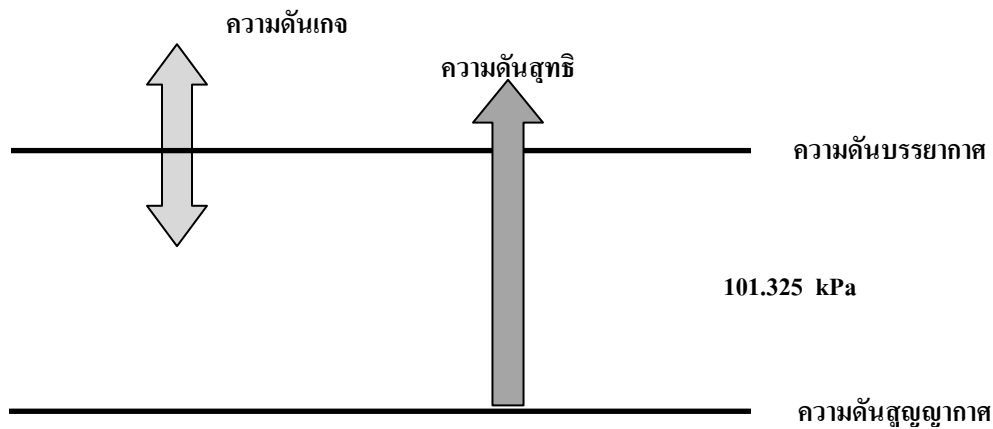
Btu ย่อมาจาก หน่วยอุณหภูมิตอง

ตาราง A4.2.7 ตัวประกอบเปลี่ยนหน่วยความดัน

Pa	psi	kgf/cm <sup>2</sup>	atm	bar	Torr
1	1.4499E-04	1.0194E-05	9.8697E-06	1.0000E-05	7.5010E-03
6.8971E+03	1	7.0307E-02	6.8073E-02	6.8971E-02	5.1735E+01
9.8100E+04	1.4223+01	1	9.6822E-01	9.8100E-01	7.3585E+02
1.0132E+05	1.4690E+01	1.0328E+00	1	1.0132E+00	7.6000E+02
1.0000E+05	1.4499E+01	1.0194E+00	9.8697E-01	1	7.5010E+02
1.3332E+02	1.9329E-02	1.3590E-03	1.3158E-03	1.3332E-03	1

\*1 1 Torr = 1 mmHg หน่วยนี้เป็นชื่อบุคคล (Torricelli) จึงเขียนตัวใหญ่

\*2 มีคำอธิบายสองอย่างสำหรับความดัน สุทธิและเกจ ความดันสุทธิและความดันเกจจะมีอักษรเพิ่มขึ้น A และ G ตามลำดับ ความดันสุทธิวัดจากสุญญากาศสุทธิ ความดันเกจวัดจากความดันบรรยากาศ ดังนั้นความดันเกจมากกว่าความดันสุทธิ 1 atm ยกตัวอย่างเช่น 5 atmG = 6 atmA



รูปที่ 4.2.1 ความดันสุทธิและความดันเกจ

ตาราง A4.2.8 ตัวประกอบเปลี่ยนหน่วยกำลัง

W	Metric horse power	HP	kgf m/s	ft lb/sec	Kcal/sec
1	1.3596E-03	1.3410E-03	1.0197E-01	7.3756E-01	2.3885E-04
7.3550E+02	1	9.8630E-01	7.5000E+01	5.4248E+02	1.7567E-01
7.4571E+02	1.0139E+00	1	7.6042E+01	5.5001E+02	1.7811E-01
9.8066E+00	1.333E-02	1.3151E-02	1	7.2330E+00	2.3423E-03
1.3558E+00	1.8434E-03	1.8182E-03	1.3826E-01	1	3.2383E-04
4.1868E+03	5.6925E+00	5.6145E+00	4.2694E+02	3.0880E+03	1

### A4.3 ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์และน้ำตาล

มีคำอธิบายสำหรับความเข้มข้นของน้ำตาลและแอลกอฮอล์ การผลิตเอทานอลจากน้ำตาลเป็นเทคโนโลยีที่สำคัญสำหรับมวลชีวภาพแต่หน่วยที่ใช้ในงานเขียนมีหลากหลายจึงต้องระมัดระวังในการอ่าน

#### A4.3.1 ความเข้มข้นแอลกอฮอล์

หน่วยต่างๆ ที่ใช้มีดังนี้

โมลาร์ (Molar): หน่วยเอสไอ 1 โมลาร์ของแอลกอฮอล์ (เอทานอล) ในสารละลาย 1 kg มีหน่วยเป็น

โมล (เอทานอล)/ลิตร (สารละลาย) บางครั้งเขียนแทนด้วย “M”

โมแลล (Molal): หน่วยเอสไอ 1 โมแลลของแอลกอฮอล์ในสารละลาย 1 kg มีหน่วยเป็น

โมล (เอทานอล)/กิโลกรัม (สารละลาย) บางครั้งเขียนแทนด้วย “m”

เปอร์เซ็นต์ปริมาตร : อัตราส่วนปริมาตรของแอลกอฮอล์ก่อนผสมกับปริมาตรรวมของน้ำและแอลกอฮอล์ก่อนผสม เพราะปริมาตรลดลงโดยผสมน้ำและแอลกอฮอล์ โดยใช้ปริมาตรก่อนผสมเป็นพื้นฐาน เขียนหน่วยเป็น vol%

พรูฟ (Proof US): มีอยู่ในหน่วยยูเอส เปอร์เซ็นต์ปริมาตรเป็นสองเท่า

พรูฟ (Proof british): เป็นการวัดพิเศษกับน้ำ 100 เปอร์เซ็นต์ตั้งมาและแอลกอฮอล์ 75.1 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป เมื่อปริมาตร w ค่าของหน่วยนี้ คือ  $(w/57.1) \times 100 - 100$  ก็คือ ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ 75 เปอร์เซ็นต์ในหน่วยพรูฟนี้มีค่าเป็นศูนย์

#### A4.3.2 ความเข้มข้นน้ำตาล

ความเข้มข้นโมลาร์และโมแลลในที่นี้มีนิยามเดียวกับกรณีแอลกอฮอล์ อย่างไรก็ตามเพื่อความกระจ่างในกรณีน้ำตาลจะได้ โมลของกลูโคสซึ่งเป็นโมลรวมของน้ำตาลจากปฏิกิริยาการผลิตเอทานอลจากการหมัก เป็นมอลโทสหรือน้ำตาลหรือเทียบเท่ามอลโทสในกรณีสำหรับไดเมอร์ ไตรเมอร์และอื่นๆ

เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก: เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำตาล 1 กิโลกรัมของสารละลาย มีหน่วยเป็น wt% หรือ mass%

บริกซ์ (Brix): มีนิยามเดียวกับเปอร์เซ็นต์น้ำหนัก อย่างไรก็ตามไม่สามารถใช้บริกซ์ในหน่วยของความหนาแน่น

#### A4.4 อุณหภูมิ

อุณหภูมิสัมบูรณ์และอุณหภูมิอื่นๆ อุณหภูมิสัมบูรณ์ในหน่วยของสากลคือ  $^{\circ}\text{C}$  คือ K (เคลวิน) ส่วนในองศาฟาเรนไฮต์  $^{\circ}\text{F}$  คือ R (แรงกิน)

ตาราง A4.4.1 สูตรการเปลี่ยนหน่วยอุณหภูมิ

แปลงหน่วย	สูตรการเปลี่ยน
$^{\circ}\text{C} \rightarrow \text{K}$	$\text{TK} = \text{TC} + 273.15$
$^{\circ}\text{C} \rightarrow ^{\circ}\text{F}$	$\text{TF} = 1.8\text{TC} + 32$
$^{\circ}\text{C} \rightarrow \text{R}$	$\text{TR} = 1.8\text{TC} + 491.67$
$\text{K} \rightarrow ^{\circ}\text{C}$	$\text{TC} = \text{TK} - 273.15$
$\text{K} \rightarrow ^{\circ}\text{F}$	$\text{TF} = 1.8\text{TK} - 459.67$
$\text{K} \rightarrow \text{R}$	$\text{TR} = 1.8\text{TK}$
$^{\circ}\text{F} \rightarrow ^{\circ}\text{C}$	$\text{TC} = (5/9) (\text{TF}-32)$
$^{\circ}\text{F} \rightarrow \text{K}$	$\text{TK} = (5/9) (\text{TF}+459.67)$
$^{\circ}\text{F} \rightarrow \text{R}$	$\text{TR} = \text{TF} + 459.67$
$\text{R} \rightarrow ^{\circ}\text{C}$	$\text{TC} = (5/9) \text{TR} - 273.15$
$\text{R} \rightarrow \text{K}$	$\text{TK} = (5/9) \text{TR}$
$\text{R} \rightarrow ^{\circ}\text{F}$	$\text{TF} = \text{TR} - 459.67$

#### A4.5 ค่าความร้อน (ดูบทที่ 2.4)

ค่าความร้อนเป็นปริมาณความร้อนที่เกี่ยวกับสารเผาไหม้สารอินทรีย์อย่างสมบูรณ์ ขึ้นอยู่กับสถานะของสารเช่น น้ำ อาจจะเป็นไอน้ำ น้ำในสถานะของเหลวซึ่งมีค่า latent heat ต่างกัน เมื่อน้ำเปลี่ยนเป็นไอน้ำค่าความร้อนจะมีค่าน้อยกว่า เรียกว่า lower heating value (LHV) เมื่อน้ำเปลี่ยนกลับมาเป็นของเหลว ค่าความร้อนนี้ เรียกว่า higher heating value ซึ่งค่าความร้อนนี้มักถูกนำไปใช้บ่อยขึ้นอยู่กับสถานะขณะนั้น ค่าความร้อนมีค่าเท่ากับค่าการเปลี่ยนแปลงเอนทัลปีของการเผาไหม้ แต่เปลี่ยนสัญลักษณ์ สูตรการเปลี่ยนหน่วยของค่าเหล่านี้ คือ

$$\text{HHV}[\text{MJ}/\text{kg}] = \text{LHV}[\text{MJ}/\text{kg}] + 20.3w_H$$

เมื่อ  $w_H$  คือ weight fraction ของอะตอมไฮโดรเจนในสารประกอบอินทรีย์

เมื่อค่าความร้อนของมวลชีวภาพซึ่งมีองค์ประกอบของน้ำเป็นศูนย์ ซึ่งต้องเป็นไปตามนี้



1. ค่าความร้อนเป็นของของแห้งหรือเหลว
  2. ค่าความร้อนแฝงของน้ำลบบจากค่าความร้อนหรือความร้อนแฝงของน้ำถูกลบไปหรือไม่
- จากรายการที่ 1 จากในส่วนของมวลพื้นฐานและรายการที่ 2 กรณีกระบวนการเผาไหม้ ความร้อนแฝงไม่สามารถนำกลับมาได้และหักออกจากเริ่มต้น เช่น กระบวนการผลิตไบโอเอทานอลค่าความร้อนแฝงถูกหักออก

เมื่อองค์ประกอบของน้ำบนพื้นฐานของน้ำหนัก  $w_w$  [kg – water/kg – wet] ค่าความร้อนหักจากค่าความร้อนแฝง โดย  $HV_{net}$  [J/kg – wet] และ  $HV_{int}$  [J/kg – wet] จากสูตร

$$HV_{net} = HV_{int} - w_w \Delta H_{ww}$$

ซึ่ง  $\Delta H_{ww}$  คือ ค่าความร้อนแฝงบนพื้นฐานมวล โดยค่า  $2.443 \times 10^6$  J/kg – water ที่อุณหภูมิ 25°C

#### A4.6 พื้นฐานน้ำหนัก

เมื่อค่าเฉพาะของมวลชีวภาพต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักถูกนำมาใช้ มีข้อพึงระวัง ดังนี้

1. เป็นหน่วยน้ำหนักที่มีน้ำหรือไม่
2. เป็นหน่วยน้ำหนักที่รวมเถ้าหรือไม่

เมื่อชีวมวลซึ่งมีน้ำและเถ้าประกอบ เช่น กิ่งไม้แห้ง ซึ่งมีผลต่างเล็กน้อย อย่างไรก็ตามเมื่อชีวมวลมีน้ำและเถ้าสูง เช่น ของโสโครก ซึ่งมีผลอย่างมาก ความสัมพันธ์ระหว่างค่าบนพื้นฐานแห้ง  $x_{db}$  ค่าบนพื้นฐานเปียก  $x_{af}$  และส่วนประกอบของน้ำ  $w_w$

$$x_{db} = \frac{p}{m_{db}} = \frac{p}{m_{wb}(1 - w_w)} = \frac{p/m_{wb}}{(1 - w_w)} = \frac{x_{wb}}{(1 - w_w)}$$

เมื่อ  $p$  เป็นค่าทางกายภาพ  $m_{db}$  และ  $m_{wb}$  เป็นพื้นฐานแห้งและเปียกตามลำดับ ที่เหมือนกันคือความสัมพันธ์อยู่บนพื้นฐานน้ำหนักไม่มีเถ้า  $x_{af}$  และบนพื้นฐานที่มีเถ้า  $x_{wa}$  ซึ่งสามารถอธิบายได้บนพื้นฐานมีเถ้า  $w_{ash}$

$$x_{af} = \frac{p}{m_{af}} = \frac{p}{m_{wa}(1 - w_{ash})} = \frac{p/m_{wa}}{(1 - w_{ash})} = \frac{x_{wa}}{(1 - w_{ash})}$$

ยกตัวอย่าง เมื่อชีวมวลซึ่งมีน้ำเป็นองค์ประกอบ 20 เปอร์เซ็นต์ในปฏิบัติการผลิตก๊าซ ซึ่งอยู่บนน้ำหนักเปียก  $0.75$  m<sup>3</sup>/kg – wet ส่วนการคำนวณบนพื้นฐานแห้ง คือ

$$\frac{0.75}{(1 - 0.2)} = 0.9375 \text{ m}^3/\text{kg} - \text{dry}$$

## A4.7 บันทึกรื้อถอน

ในสหรัฐอเมริกาบางครั้งมีการใช้สัญลักษณ์ “MMG” ซึ่งเหมือนคำอุปสรรค  $10^6$  (M) ในหน่วยโรมัน ซึ่ง  $1000 \times 1000 = 10^6$  ยกตัวอย่าง 500 MMG ซึ่งหมายความว่า  $500 \times 10^6 = 500$  ล้านแกลลอน เมื่อหน่วยปิดไม่เหมือนกันซึ่ง M ถูกพบ หมายความว่า “ต่อนาที” ยกตัวอย่าง 200 รอบต่อนาที หมายความว่า การหมุน 200 รอบต่อเวลา 1 นาที, 4 GPM คือ 4 แกลลอนต่อนาที และ 35 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที

## A5. น้ำหนักอะตอม

### A5.1 น้ำหนักอะตอม

น้ำหนักอะตอมมักถูกใช้บ่อยๆ ในการคำนวณที่เกี่ยวกับชีวมวล ตาราง A5.1.1 แสดงน้ำหนักอะตอม ค่าที่ใช้บ่อยๆ ได้แก่ C, H, O, N, S

ตาราง A5.1.1 น้ำหนักอะตอม

เลขอะตอม	สัญลักษณ์ธาตุ	ธาตุ	น้ำหนักอะตอม [g/mol]
1	H	ไฮโดรเจน	1.0079
2	He	ฮีเลียม	4.0026
3	Li	ลิเทียม	6.941
4	Be	เบอริเลียม	9.0122
5	B	โบรอน	10.811
6	C	คาร์บอน	12.0107
7	N	ไนโตรเจน	14.0067
8	O	ออกซิเจน	15.9994
9	F	ฟลูออรีน	18.9984
10	Ne	นีออน	20.1797
11	Na	โซเดียม	22.9897
12	Mg	แมกนีเซียม	24.305
13	Al	อลูมิเนียม	26.9897
14	Si	ซิลิคอน	28.0855
15	P	ฟอสฟอรัส	30.9738
16	S	ซัลเฟอร์	32.065

เลขอะตอม	สัญลักษณ์ธาตุ	ธาตุ	น้ำหนักอะตอม [g/mol]
17	Cl	คลอรีน	35.453
18	Ar	อาร์กอน	39.948
19	K	โพแทสเซียม	39.0983
20	Ca	แคลเซียม	40.078
21	Sc	สแกนเดียม	44.9559
22	Ti	ไทเทเนียม	47.867
23	V	วานาเดียม	50.9415
24	Cr	โครเมียม	51.9961
25	Mn	แมงกานีส	54.938
26	Fe	ไอรอน (เหล็ก)	55.845
27	Co	โคบอลต์	58.9332
28	Ni	นิกเกิล	58.6934
29	Cu	คอปเปอร์	63.546
30	Zn	ซิงค์ (สังกะสี)	65.39
31	Ga	แกเลียม	69.723
32	Ge	เจอร์มาเนียม	72.64
33	As	อาร์เซนิก	74.9216
34	Se	เซเลเนียม	78.96
35	Br	โบรมีน	79.904
36	Kr	คริปทอน	83.8
37	Rb	รูบิเดียม	85.4678
38	Sr	สตรอนเตียม	87.62
39	Y	ยิปเทียม	88.9059
40	Zr	เซอร์คอนเนียม	91.224
41	Nb	ไนโอเบียม	92.9064
42	Mo	โมลิบดีนัม	95.94
43	Tc	เทคนิเทียม	98
44	Ru	รูทีเลียม	101.07
45	Rh	โรห์เดียม	102.9055
46	Pd	แพลเลเดียม	106.42
47	Ag	ซิลเวอร์ (เงิน)	107.8682
48	Cd	แคดเมียม	112.411
49	In	อินเดียม	114.818

เลขอะตอม	สัญลักษณ์ธาตุ	ธาตุ	น้ำหนักอะตอม [g/mol]
50	Sn	ทิน (ดีบุก)	118.71
51	Sb	แอนติโมนี	121.76
52	Te	เทลลูเรียม	127.6
53	I	ไอโอดีน	126.9045
54	Xe	ซีนอน	131.293
55	Cs	ซีเซียม	132.9055
56	Ba	แบเรียม	137.327
57	La	แลนทานัม	138.9055
58	Ce	ซีเรียม	140.116
59	Pr	พลาเซโอไดเนียม	140.9077
60	Nd	นีโอดีเนียม	144.24
61	Pm	โพรมิเทียม	145
62	Sm	ซามาเรียม	150.36
63	Eu	ยูโรเปียม	151.964
64	Gd	แกโดลิเนียม	157.25
65	Tb	เทอร์เบียม	158.9253
66	Dy	ดิสโพรเซียม	162.5
67	Ho	ฮอลเมียม	164.9303
68	Er	เออเบียม	167.259
69	Tm	ทูเลียม	168.9324
70	Yb	ยิปทอเบียม	173.04
71	Lu	ลูทิตียม	174.967
72	Hf	ฮาฟเนียม	178.49
73	Ta	แทนทาลัม	180.9479
74	W	ทังสเตน	183.84
75	Re	รีเนียม	186.207
76	Os	ออสเมียม	190.23
77	Ir	เออร์เดียม	192.217
78	Pt	แพลตตินัม	195.078
79	Au	โกลด์ (ทอง)	196.9665
80	Hg	เมอร์คิวรี	200.59
81	Tl	เทลลูเรียม	204.3833
82	Pb	เลด (ตะกั่ว)	207.2

เลขอะตอม	สัญลักษณ์ธาตุ	ธาตุ	น้ำหนักอะตอม [g/mol]
83	Bi	บิสมัท	208.9804
84	Po	โปโลเนียม	209
85	At	แอตทาทิน	210
86	Rn	เรดอน	222
87	Fr	แฟรนเซียม	223
88	Ra	เรเดียม	226
89	Ac	แอคทิเนียม	227
90	Th	ทอเรียม	232.0381
91	Pa	โปรแทกทิเนียม	231.0359
92	U	ยูเรเนียม	238.0289
93	Np	เนปโทเนียม	237
94	Pu	พลูโตเนียม	244
95	Am	อเมริเซียม	243
96	Cm	คิวเรียม	247
97	Bk	เบอรัคิเลียม	247
98	Cf	แคลิฟอร์เนียม	251
99	Es	ไอนส์ไตเนียม	252
100	Fm	เฟอร์เมียม	257
101	Md	เมนดลิเวียม	258
102	No	โนลิเลียม	259
103	Lr	ลอห์เรนเซียม	262

## A6 คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์

### A6.1 คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของสารเคมีพื้นฐาน

การคายความร้อนและดูดซับความร้อนของปฏิกิริยาเคมีหรือการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร ซึ่งการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมีสามารถอธิบายได้โดยคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ ในบทนี้แสดงส่วนของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณรายละเอียดสามารถหาเพิ่มเติมได้จากคู่มือสารเคมีของ Ried และคณะ ตารางไอน้ำ คู่มือวิศวกรรมเคมีอื่นๆ สำหรับการคำนวณทางเทอร์โมไดนามิกส์ หนังสือโดย Atkins, หนังสือของ Komiiya (ภาษาญี่ปุ่น), Yamaguchi (ภาษาญี่ปุ่น) และหนังสือคุณสมบัติทางกายภาพของสารเคมี หรือหนังสือเคมีเทอร์โมไดนามิกส์ ยังมีหนังสือซึ่งเก็บข้อมูลทางเทอร์โมไดนามิกส์ของสารต่างๆ ไป รวมทั้งสารชีวมวล

### A6.2 ค่ามาตรฐานเอนทัลปีของการก่อตัว ค่ามาตรฐานเอนโทรปี และค่าพลังงานอิสระของกิบส์

ตาราง A6.2.1 แสดงค่ามาตรฐานเอนทัลปีของการก่อตัว ค่ามาตรฐานเอนโทรปีและค่าพลังงานอิสระที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีสำหรับสารชีวมวลโดยใช้สัญลักษณ์ “g”, “l”, และ “s” แทนสถานะของก๊าซ ของเหลว และของแข็งตามลำดับ

#### A6.2.1 ค่ามาตรฐานของเอนทัลปีของการก่อตัว เอนโทรปี และค่าพลังงานอิสระของกิบส์ในสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับสารชีวมวล

สาร	สูตรเคมี	สถานะ	ค่ามาตรฐานของ เอนทัลปีของการ ก่อตัว [kJ mol <sup>-1</sup> ]	ค่ามาตรฐานเอน โทรปี [J mol <sup>-1</sup> ]	ค่าพลังงานอิสระ ของกิบส์ในการ ก่อตัว [kJ mol <sup>-1</sup> ]
คาร์บอนมอนอกไซด์	CO	g	-110.53	197.67	-137.17
เอทานอล	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	l	-277.1	159.86	-173.9
อีเทน	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	g	-83.8	229.60	-31.9
เอทิลีน	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	g	52.5	219.56	68.4
ฟอร์มิก	HCOOH	l	-425.1	131.84	-362.4
กลูโคส	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	l	-1273.3	N/A	N/A
แอสติก แอซิก	CH <sub>3</sub> COOH	l	-484.3	158.0	-388.9
ออกซิเจน	O <sub>2</sub>	g	0	205.14	0
ไฮโดรเจน	H <sub>2</sub>	g	0	130.68	0
คาร์บอน (แกรไฟต์)	C	s	0	5.74	0

คาร์บอนไดออกไซด์	CO <sub>2</sub>	g	-393.51	213.74	-394.36
โพรเพน	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	g	-104.7	270.02	-24.2
น้ำ	H <sub>2</sub> O	l	-285.83	69.91	-237.13
น้ำ	H <sub>2</sub> O	g	-241.82	188.83	-228.57
เมทานอล	CH <sub>3</sub> OH	l	-239.1	127.19	-166.8
มีเทน	CH <sub>4</sub>	g	-74.4	186.38	-50.3

จากคู่มือเคมี (Kagaku Benran)

#### A6.4 ค่าการเปลี่ยนแปลงเอนทัลปีของการเผาไหม้

ตาราง A6.4.1 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงของเอนทัลปีของการเผาไหม้สมบูรณ์ของสารเคมี ค่าเหล่านี้เป็นกรณีของน้ำเมื่อก่อนหาค โดยการเปลี่ยนสัญลักษณ์ และมีค่าความร้อนที่สูงกว่า ค่าเหล่านี้สามารถคำนวณได้จากข้อมูลใน ตาราง A6.2.1

ตาราง A6.2.1 ค่าการเปลี่ยนแปลงเอนทัลปีของการเผาไหม้

สาร	สถานะ	เอนทัลปีของการ เผาไหม้ [kJ mol <sup>-1</sup> ]	สาร	สถานะ	เอนทัลปีของการ เผาไหม้ [kJ mol <sup>-1</sup> ]
คาร์บอนมอน ออกไซด์	g	-282.98	แอซิติค แอซิค	l	-874.3
เอทานอล	l	-1367.6	ไฮโดรเจน	g	-285.83
อีเทน	g	-1560.7	คาร์บอน (แกรไฟต์)	s	-393.51
เอททิลีน	g	-1411.2	โพรเพน	g	-2219.2
ฟอร์มิก แอซิค	l	-254.24	เมทานอล	l	-725.7
กลูโคส	s	-2803.3	มีเทน	g	-890.7

## A7. ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงฟอสซิลและช่วงชีวิต

### A7.1 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงฟอสซิลและช่วงชีวิต

ตาราง A7.1.1 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงฟอสซิลและช่วงชีวิต

	ปีโตรเลียม	ถ่านหิน	ก๊าซธรรมชาติ
ค่าความร้อน* (MJ/kg)	40	28	56
R/P ratio (Year)**	46	219	64

\*แสดงค่าตัวแทน และค่าจริงจากแหล่งผลิตและแหล่งกักเก็บที่แตกต่างกัน ค่าเหล่านี้จะสูงกว่าค่าความร้อน

\*\*การกักเก็บต่อการผลิต

## A8. แผนงาน APEC

### A8.1 อะไรคือ APEC

APEC (Asia-Pacific Economic Cooperation) คือ การประชุมอภิปรายที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนในภูมิภาคเอเชียและแปซิฟิก และจากประเทศหลักที่เข้าร่วม ซึ่งเริ่มการประชุมระดับรัฐมนตรีในเดือนพฤศจิกายน 1989 (แคนเบอร์รา, ออสเตรเลีย) และมีการประชุมสุดยอดตั้งแต่ปี 1993 กิจกรรมหลักคืออิสระและความกลมกลืนของการค้าและการลงทุน รวมถึงความร่วมมือทางเศรษฐกิจและเทคโนโลยีในภูมิภาค

#### ตาราง A8.1.1 ประเทศใน APEC

ออสเตรเลีย	รัสเซีย
บรูไน คารุซาลาม*	สิงคโปร์*
กัมพูชา*	ไต้หวัน
แคนาดา	ไทย*
ชิลี	สหรัฐอเมริกา
ฮ่องกง	เวียดนาม*
อินโดนีเซีย*	ญี่ปุ่น
เกาหลี	ลาว*
มาเลเซีย*	เม็กซิโก
นิวซีแลนด์	ปาปัวนิวกินี
เปรู	ฟิลิปปินส์*
สาธารณรัฐประชาชนจีน	

#### ประเทศในอาเซียน (ASEAN)



## A.9 เป้าหมายของแต่ละประเทศ

### A.9.1 แนะนำเป้าหมายของแต่ละประเทศสำหรับเรื่องมวลชีวภาพ

#### ตาราง A9.1.1 เป้าหมายของแต่ละประเทศ

ประเทศ	เป้าหมาย
กัมพูชา	ไม่มีเป้าหมาย
อินโดนีเซีย	พัฒนาพื้นที่ปลูกพืชสำหรับเชื้อเพลิงชีวภาพ 5.25 M ha ในพื้นที่ไม่ได้ใช้ งาน จากเส้นทางการพัฒนาการประยุกต์ใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ (ไบโอดีเซล , ไบโอดีทานอล ไบโอดีออยส์) ซึ่งจะเป็น 2% ของพลังงาน ภายในประเทศมีค่า 5.29 M kL ในปี 2010
ญี่ปุ่น	มวลชีวภาพสำหรับความร้อน: 3.08 M kl, การผลิตกระแสไฟฟ้าจาก มวลชีวภาพและของเสีย: 5.86 ล้าน kl เทียบเท่าน้ำมัน ในปี 2010
เกาหลี	มวลชีวภาพสำหรับความร้อน: 0.679 ล้าน kl, กระแสไฟฟ้าจากมวล ชีวภาพและของเสีย: 0.367 ล้าน kl เทียบเท่าน้ำมันในปี 2011
ลาว	ปัจจุบันรัฐบาลร่างนโยบายและเป้าหมายสำหรับเชื้อเพลิงชีวภาพ โดยเฉพาะไบโอดีเซลจากสับุดำผสมกับดีเซลได้ B5 ในปี 2012 และ เปลี่ยน B5 เป็น B15 จากปี 2015 ถึง 2020 สำหรับเอทานอล E10 ภายใน ปี 2015 และ E20 ในปี 2020 เป้าหมายเหล่านี้ได้อยู่ในร่าง นโยบาย
มาเลเซีย	เป้าหมายการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานที่สามารถผลิตขึ้นมา ใหม่ได้ (รวมถึงมวลชีวภาพ) ที่ 350 MWe ในแหลมมาเลเซียและ 50 MWe ในซาบฮ์
ฟิลิปปินส์	หลังจากเริ่มดำเนินการ 2 ปี ใช้อย่างน้อย 5% ไบโอดีทานอลโดย ปริมาตรของปริมาตรรวมของการขายเชื้อเพลิงก๊าซโซลีนและจาก จำหน่ายของบริษัทน้ำมันในประเทศ ภายใน 4 ปีนับจากการเริ่ม ดำเนินการ กระทรวงพลังงานฟิลิปปินส์อาจทำ 10% bioethanol ขึ้นกับ ผลการวิจัยของคณะทำงานแห่งชาติหลังจากเริ่มดำเนินการ หลังการ อนุมัติการทำงานสามเดือน ใช้ 1% ไบโอดีเซล จากยอดขายปริมาตร สำหรับเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล ภายใน 2 ปีจากเริ่มดำเนินการ กระทรวงพลังงานฟิลิปปินส์อาจใช้ 2% ขึ้นกับผลการวิจัยของ คณะทำงานแห่งชาติหลังจากเริ่มดำเนินการ การผสมเอทานอลและไบ โอดีเซลเป็นไปตามมาตรฐานแห่งชาติฟิลิปปินส์

สาธารณรัฐประชาชนจีน	ปริมาณการอุปโภคพลังงานที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้เป็น 10% ในปี 2010 และ 15% ในปี 2020 ในปี 2010 การอุปโภครายปีของเอทานอลที่ไม่ได้จากเมล็ดพืชควรเป็น 2 ล้านตัน และไบโอดีเซลเป็น 200,000 ตัน ในจีน ในปี 2020 การอุปโภครายปีของเอทานอลควรเป็น 10 ล้านตัน และไบโอดีเซลควรเป็น 2 ล้านตันในจีน
ไต้หวัน	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.กำลังการผลิตกระแสไฟฟ้า 741 MW จากมวลชีวภาพและของเสียใน 2010</li> <li>2.การผลิตไบโอดีเซล: 100 พัน KL ในปี 2010</li> <li>3.การผลิตไบโอเอทานอล: 100 พัน KL ในปี 2011</li> </ol>

## A10. ประวัติที่เกี่ยวข้อง

A10.1 ประวัติที่เกี่ยวข้องกับมลชีวภาพในเอเชีย

ตาราง A10.1.1 เหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับมลชีวภาพที่เกิดขึ้นมานี้

ตาราง A10.1 ตารางเวลาของมลชีวภาพเอเชีย

2005.1	การประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 1 (โตเกียวและซึคุบะ)
2005.12	การประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 2 (กรุงเทพฯ)
2006.1	การประชุมเชิงอภิปราย (โตเกียว)
2006.11	การประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 3 (โตเกียวและซึคุบะ)
2007.3	เริ่มองค์กรมลชีวภาพเอเชีย
2007.4	ลาวเข้าร่วมองค์กรมลชีวภาพเอเชีย
2007.11	การประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 4 (ซาร์ อาลาม)

## A11 ภาษาของแต่ละประเทศ

### A11.1 ภาษาของแต่ละประเทศและคำทักทาย

#### ตาราง A11.1 ภาษาแต่ละประเทศและคำทักทาย

##### ตาราง A11.1.1 ภาษาและ คำ “สวัสดี” ในแต่ละประเทศ

ประเทศ	ภาษา	“สวัสดีตอนเช้า/ตอนบ่าย”
บรูไน คารุซซาลาม	มาเลย์	เซลามัต ปะกิ/เปทั้ง
กัมพูชา	เขมร	อรุน ชาว สเต/ทิว ชัวร์ สเต
อินโดนีเซีย	บาฮาซา อินโดนีเซีย	เซลามัต ปะกิ/ซิแนก
ญี่ปุ่น	ญี่ปุ่น	โอฮาโยะ/คอนนิจิวะ
เกาหลี	เกาหลี	อันนิวกาเซโย อันนิวกาซิมนิกคะ
ลาว	ลาว	สบายดี
มาเลเซีย	บาฮาซา เมลายู	เซลามัต ปะกิ/เปทั้ง
ฟิลิปปินส์	ฟิลิปปิน โนะ, อังกฤษ	มากันดัง อูมากะ
สาธารณรัฐประชาชนจีน	จีน	นีส่าว
สิงคโปร์	แมงดาจีน, อังกฤษ, มาเลย์, ฮกเกี้ยน	นีส่าว
ไต้หวัน	จีน, ไต้หวัน	นีส่าว
ไทย	ไทย	สวัสดี
เวียดนาม	เวียดนาม	ชิน เฉา

## A12 หนังสือที่เกี่ยวข้อง

### A12.1 หนังสือภาษาอังกฤษ

Knoef, H. Ed., “Handbook Biomass Gsification”, BTG Biomass Technology Group (2005)

Van Loo, S. and Koppejan, J. Eds., “Handbook of Biomass Combustion and Co-Firing”, Twente University Press (2002)

Klass, D. L., “Biomass for Renewable Energy, Fuels, and Chemicals,” Academic Press (1998)

Boyle, G. Ed., “Renewable Energy Power for a Sustainable Future,” Oxford University Press (1996)

Wyman, C. E. Ed., “Handbook on Bioethanol: Production and Utilization”, Taylor & Francis (1996)

Kitani, O. and Hall, C. W. Eds., “Biomass Handbook”, Gordon and Breach Science (1989)

E. S. Domalski, T. L. Jobe, Jr., T. A. Milne, Eds., “Thermodynamic data for biomass materials and waste components”, American Society of Mechanical Engineers (1987)