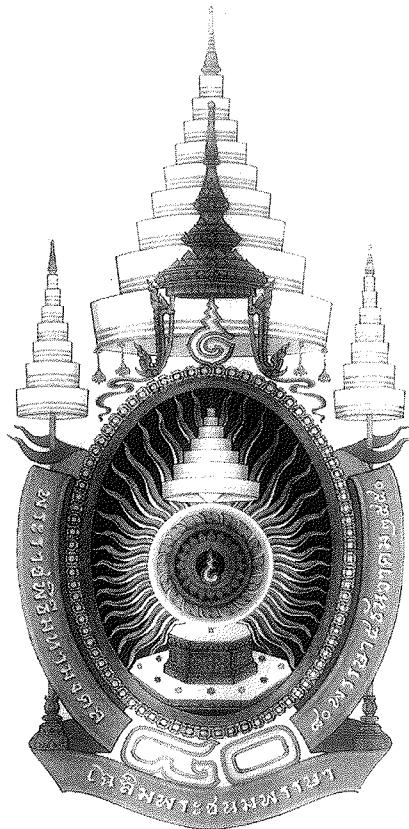


การพัฒนาพลังงาน ที่ยั่งยืนสำหรับ ประเทศไทย

สมชาย โลกลนรุณฤทธิ์
บรรณาธิการ

ISBN 978-974-229-181-5





ເລື່ອມພະເຕີຍຮັດພະບາທຳນເຕີ້ງພະເຈົ້າອໝູ້ທັງກົມພລອດລະເມເຊົ່າ
ເນື້ອງໃນໂອກາສົມທານຊຸລເລື່ອມພະໜນມຫມວະນາ 80 ພຣະນາ

ວັນທີ 5 ມັງກອນ 2550

การพัฒนาพลังงานกีี่ยงยืน สำหรับประเทศไทย

สมชาย โลกลบวนฤทธิ์
บรรณาธิการ

การพัฒนาพลังงานกีฬายังยืนสำหรับประเทศไทย

บรรณาธิการ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์

เจ้าของ	มูลนิธิบัณฑิตยศึกษาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (บวท.)
พิมพ์ครั้งที่ 1	เมษายน 2550 จำนวน 2,000 เล่ม
ส่วนลิขสิทธิ์	© ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2550
ISBN	978-974-229-181-5
ราคา	220 บาท

ออกแบบและผลิต

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

111 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 0 2564 7000 โทรสาร 0 2564 7004

คำนำ

ประเทศไทยมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเพิ่มขึ้นทุกปี ในปี พ.ศ. 2547 มี มูลค่าประมาณ 1/6 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ คือ ประมาณ 1 ล้านล้านบาท โดยเป็นการนำเข้าเชื้อเพลิงฟอสซิลประมาณห้าแสนกว่า ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2548 ประเทศไทยนำเข้าเชื้อเพลิงฟอสซิล เดือนละ ประมาณ 6 หมื่นล้านบาท ซึ่งเพิ่มสูงขึ้นมากจนน่าเป็นห่วงเนื่องจากขาด ดุลการค้าสูง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากน้ำมันมีราคาสูงขึ้นมาก นอกจากนี้การ ใช้พลังงานยังขาดประสิทธิภาพ ดังเห็นได้จากค่าอัตราส่วนการเพิ่มการใช้ พลังงานต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจ ที่มีค่าสูงประมาณ 1.4 ซึ่งสูงกว่า ประเทศที่พัฒนาแล้ว ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นเป็นปัญหาเร่งด่วนของชาติ ซึ่งจะต้องได้รับการแก้ไขอย่างรวดเร็วการใช้พลังงานทดแทนอาจเป็นแนวทาง หนึ่งแต่คงไม่สามารถบรรเทาปัญหาลงได้อย่างฉบับพลันทั้งนี้เนื่องจากพลังงาน ทดแทนโดยส่วนใหญ่ยังมีราคาสูงอยู่มาก การแก้ไขปัญหาโดยเร่งด่วนน่าจะ เป็นที่ประเดิมปัญหาที่สำคัญ ได้แก่ ระบบขนส่ง และการใช้พลังงานในภาค ชนบท การจัดหาพลังงานเพื่อการผลิตไฟฟ้า และการประหยัดพลังงาน ซึ่ง รวมถึงการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

(6) การพัฒนาพลังงานที่ยั่งยืนสำหรับประเทศไทย

เพื่อตอบสนองต่อการแก้ไขปัญหาที่สำคัญและเร่งด่วนของชาติ บันทึกยุทธศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (บวท.) ได้จัด "เสวนาวิจัยยอดเยี่ยม บวท. เรื่อง "การพัฒนาพลังงานที่ยั่งยืนสำหรับประเทศไทย" ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เมื่อวันที่ 19 ตุลาคม 2548 จากนั้นได้รับความอนุเคราะห์จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านพลังงาน จัดพิมพ์เป็นหนังสือเล่มนี้

เพื่อให้ทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้นและให้อิ่มค่านจากบทที่ 1 แนวทาง การพัฒนาพลังงานที่ยั่งยืนสำหรับประเทศไทย ซึ่งบรรยายสถานการณ์ ทั่วไป แหล่งพลังงานฟอสซิล และแหล่งพลังงานหมุนเวียน จะทำให้ผู้อ่าน ได้มองภาพกว้างด้านพลังงานของประเทศไทย จากนั้นจะไปอ่านบทที่เหลือ บทใดก่อนหลังก็ได้ ซึ่งจะลงลึกในแต่ละเรื่อง และเพื่อให้เข้าใจเนื้อหาของ หนังสือเล่มนี้ได้ง่ายขึ้น จึงควรข้ออธิบายคำศัพท์ที่นิยมใช้กันในด้านนโยบาย พลังงานดังต่อไปนี้

พลังงานปฐมภูมิ (Primary energy) หมายถึง พลังงานที่มีต้นกำเนิด จากแหล่งพลังงานในธรรมชาติที่ยังไม่ผ่านกระบวนการแปลงรูปไปเป็นพลังงาน อีกรูปแบบหนึ่ง เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานที่มีอยู่ในถ่านหิน น้ำมันดิบ ไม้พืช

พลังงานทุติยภูมิ (Secondary energy) หมายถึง พลังงานที่ได้จากการ แปลงรูปมาจากการปฐมภูมิ เช่น ไฟฟ้า พลังงานที่มีอยู่ในน้ำมันดิเซล เบนซิน ถ่านไม้

พลังงานขั้นสุดท้าย (Final energy) หมายถึง พลังงานที่อยู่ในรูปที่ผู้ บริโภคพร้อมใช้กับอุปกรณ์ หรือ เครื่องจักร เครื่องยนต์ ในภาคเศรษฐกิจต่างๆ เช่น ไฟฟ้า พลังงานที่มีอยู่ในน้ำมันดิเซล เบนซิน แก๊สบีตระเลี่ยมเหลว

พลังงานเชิงพาณิชย์ (Commercial energy) หมายถึง พลังงานที่มีการ ซื้อขายกันในวงกว้าง ได้แก่ น้ำมันบีตระเลี่ยม แก๊สธรรมชาติ ถ่านหิน เชื้อ เพลิงนิวเคลียร์

อุปสงค์พลังงาน (Energy demand) หมายถึง ปริมาณความต้องการ ใช้พลังงานประเภทต่างๆ เพื่อตอบสนองกิจกรรมที่ต้องการจะทำของผู้บริโภค ที่เวลาหนึ่งๆ ณ ระดับราคาที่กำหนด เช่น ปริมาณความต้องการใช้น้ำมัน

เบนซินในการเดินทางใน 7 วัน ที่ราคา 26.03 บาทต่อลิตร ถ้าเป็นคูปองค์พลังงานระดับประเทศ จะหมายถึง ปริมาณความต้องการใช้พลังงานในทุกภาคเศรษฐกิจ เช่น ภาคอุตสาหกรรม เกษตรกรรม ในปี พ.ศ.ที่กำหนด

อุปทานพลังงาน (Energy supply) หมายถึง ปริมาณการจัดหาพลังงานประเภทต่างๆ ของผู้ผลิต เพื่อให้เพียงพอความต้องใช้ของผู้บริโภคที่เวลาหนึ่งๆ ณ ระดับราคาน้ำมันที่กำหนด เช่น ปริมาณนำเข้าถ่านหินของบริษัทแห่งหนึ่งฯ ในเดือน ธันวาคม 2548 เพื่อมาจัดจำหน่ายให้กับโรงงานอุตสาหกรรมในราคาที่กำหนด ถ้าเป็นอุปทานพลังงานระดับประเทศจะหมายถึง ปริมาณการจัดหาพลังงานมาให้เพียงพอแก่ความต้องการในทุกภาคเศรษฐกิจ ในปี พ.ศ. ที่กำหนด

หนังสือเล่มนี้ (รวมทั้งในรูปแบบ e-learning) หมายสำหรับผู้สนใจด้านพลังงานรวมถึงนิสิต/นักศึกษาที่กำลังศึกษาด้านเทคโนโลยี/วิศวกรรมพลังงานทุกท่าน และหวังว่าจะมีประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศไทยตามสมควร

สมบัติ โสกนธนกุลรัช
บรรณาธิการ



คำปรากร

หนังสือ “การพัฒนาพลังงานที่ยั่งยืนสำหรับประเทศไทย” จัดทำขึ้นโดยบันทิตย์สถาบันศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (บวท.) ได้เสร็จอย่างสมบูรณ์ ในปีมหามงคลที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดชฯ ทรงเจริญพระชนมายุ 80 พรรษา ในวันที่ 5 ธันวาคม 2550

“ในเรื่องของพลังงานนั้น ก็เป็นเรื่องหนึ่งที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงให้ความสำคัญตลอดมา เนื่องจากประเทศไทยมีแหล่งพลังงาน เช่น น้ำมัน ถ่านหิน ฯลฯ อยู่น้อย ส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศแต่ประเทศไทยมีข้อได้เปรียบประเทศอื่นๆ ที่สำคัญคือ มีพื้นดินที่อุดมสมบูรณ์ สวยงาม มีอากาศ และภูมิประเทศเหมาะสมในการเพาะปลูก จัดเป็นแหล่งอาหารของโลกแห่งหนึ่ง ดังนั้น พืชส่วนที่เกินจากการผลิตเป็นอาหาร หรือส่งออก ส่วนหนึ่งจึงควรนำไปพัฒนานำมาใช้เป็นพลังงาน ซึ่งวิธีนี้นับว่าเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาผลิตผลทางการเกษตรที่มักจะเกิดภาวะล้นตลาด ราคาตกต่ำอยู่เสมอได้อีกด้วย ดังนั้นหากสินค้าเกษตรสามารถมีบทบาทต่อการสร้างพลังงานทดแทนได้ นอกจากจะช่วยประเทศประหยัดเงินตราแล้วยังจะช่วยให้เกษตรกรรมมีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นด้วย”

ที่มา: เว็บไซต์โครงการส่วนพระองค์สวนจิตราลดา¹
<http://www.royalchitralada.or.th/backoffice/index.asp>

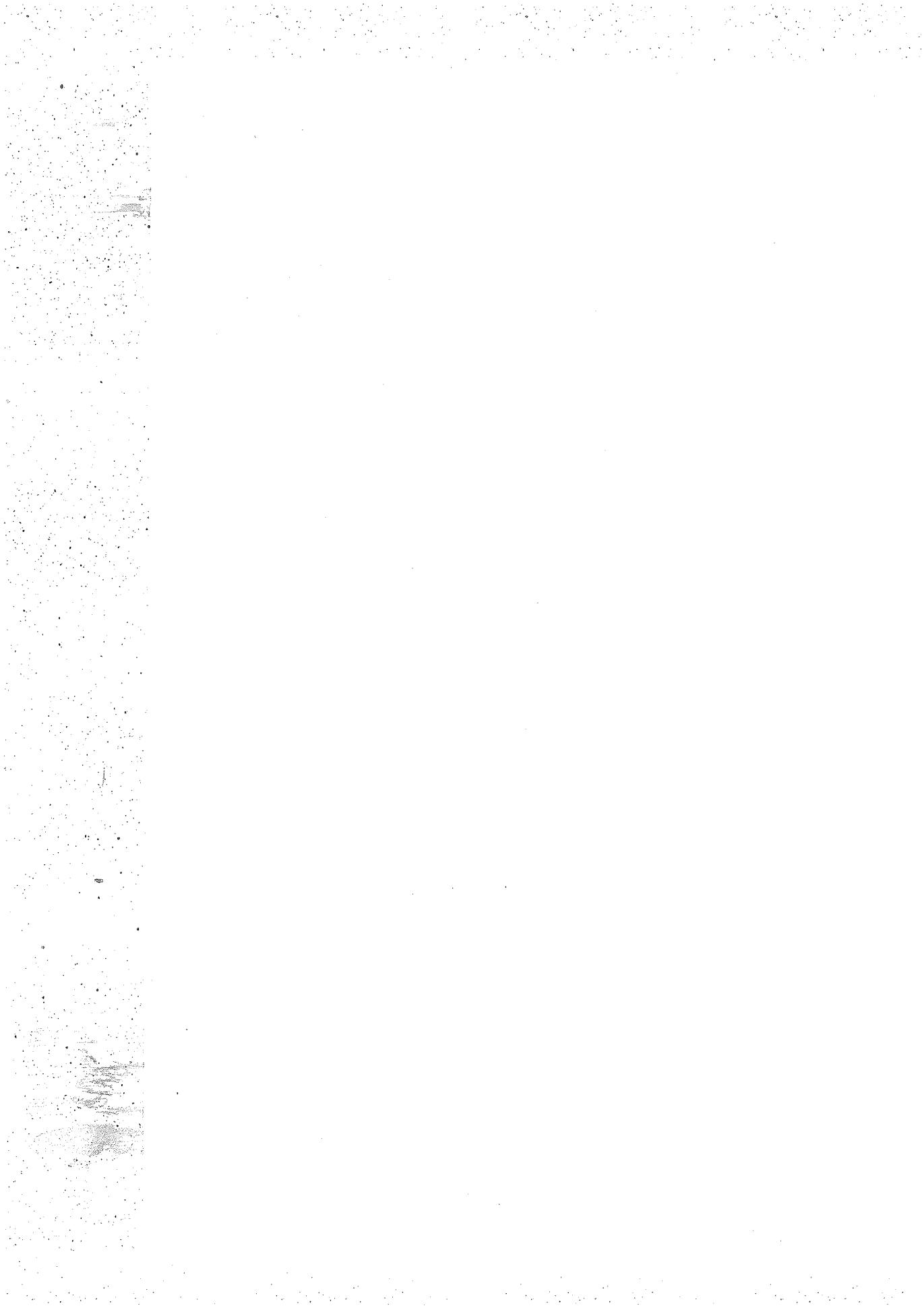
“ส่วนวิจัยยอดเยี่ยม บ瓦ท.” เป็นกิจกรรมประเพณีหนึ่งที่ บ瓦ท. จัดติดต่อกันเป็นหัวข้อเฉพาะในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และได้รับความสนใจอย่างสูงจากสังคมวิจัยไทย หัวข้อส่วนนี้เกี่ยวกับพลังงาน นับได้ว่าเป็นเรื่องสำคัญของชาติจึงได้รับการตอบรับจากผู้เข้าร่วมประชุมอย่างล้นหลาม และก็เป็นประเพณีอีกเช่นกันที่ บ瓦ท. จะขอให้คณบุรุษส่วนรวมเนื้อเรื่องและเพิ่มข้อเขียนจากผู้ทรงคุณวุฒิพิมพ์เป็นหนังสือดังที่ปรากฏนี้

บ瓦ท. ขอขอบคุณคณบุรุษส่วนนี้ทุกท่านและผู้ที่มีส่วนทำให้หนังสือเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์โดยเฉพาะศาสตราจารย์ ดร. สมชาย โสภณวนถุที่ชี้นำในการส่วนนี้ได้กุญแจทำหน้าที่เป็นบรรณาธิการของหนังสือเล่มนี้อีกด้วย

ยอดนทัย เทพธารานนท์
ประธานคณะกรรมการบริหาร บ瓦ท.

สารบัญ

บทที่ 1 แนวทางการพัฒนาพลังงานที่ยั่งยืนสำหรับประเทศไทย	1
ปรีดา วิญญาสวัสดิ์ นักสิทธิ์ คุณฒนาชัย และ	
สมชาติ ไสกณรนฤทธิ์	
บทที่ 2 การประยัดพลังงาน	19
จุลละพงษ์ จุลละโพธิ	
บทที่ 3 การใช้พลังงานในภาคการขนส่ง	39
สมชาย จันทร์ชานา	
บทที่ 4 การใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรม อาคารธุรกิจ	55
อภิชิต เทอดไยธิน	
บทที่ 5 พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน	65
瓦รุณี เตีย และ สมชาติ ไสกณรนฤทธิ์	
บทที่ 6 ชีวมวลเพื่อพลังงาน	77
สุวิทย์ เตีย และ รวินธ์ สงคศิริ	
บทที่ 7 การผลิตเอทานอล	99
กล้านวงศ์ ศรีรอด	
บทที่ 8 การผลิตไบโอดีเซล	119
กล้านวงศ์ ศรีรอด	
บทที่ 9 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด	141
นคร วรรณรรณรักษ์	
บทที่ 10 การแปลงสภาพเชื้อเพลิงในอนาคต	163
นวดด เหล้าศิริพจน์	
บทที่ 11 พลังงานนิวเคลียร์	187
สุทัศน์ ยกสำน	
บทที่ 12 การผลิตไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย	203
ปรีดา วิญญาสวัสดิ์ นักสิทธิ์ คุณฒนาชัย และ	
ศุภชาติ จงไพบูลย์พัฒนา	
เอกสารอ้างอิง	241



บทที่ 1

แนวการการพัฒนาพลังงาน กี่ยังยืนสำหรับประเทศไทย

ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์¹
นักศึกษา คุณวัฒนาชัย²
สมชาย ไสภรณ์ฤทธิ์³

สถานการณ์ก้าวไป

1. อุปทานพลังงาน

พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเดินทางของเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตของคนในประเทศไทย พลังงานจากน้ำมันดิบและผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมซึ่งมาจากการนำเข้าเกือบทั้งหมดมีสัดส่วนสูงกว่าร้อยละ 40 ของคุปทานพลังงานของประเทศไทย ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของโลกมีสัดส่วนเพียงร้อยละ 34.6 ในปี พ.ศ. 2543 ส่วนที่เหลือได้มาจากแหล่งพลังงานในประเทศไทย ได้แก่ แก๊สธรรมชาติ พลังน้ำ ลมในตัวและชีวมวล นอกจากนี้ยังได้พลังงานจากแสงอาทิตย์และลมซึ่งยังไม่ได้มีการประเมินปริมาณที่แน่นอน

¹ มหาวิทยาลัยชินวัตร

² โครงการปริญญาเอกกฎหมายอาชญากรรม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

³ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

2 การพัฒนาเพื่อส่งงานกีฬายังยืนสำหรับประเทศไทย

ปัจจุบันชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนในประเทศที่ถูกนำมาใช้มากถึงประมาณร้อยละ 16 ในอนาคตอาจจำเป็นว่ามวลมาใช้เป็นพลังงานได้มากยิ่งขึ้น ถึงแม้ว่าประเทศไทยมีพื้นที่สำหรับการผลิตชีวมวลเป็นพลังงานอยู่อย่างจำกัด นอกจากนี้ยังได้มีการนำแก๊สธรรมชาติซึ่งเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลในประเทศที่สะอาดมาใช้ในปริมาณมากขึ้นกว่าร้อยละ 28 ของอุปทานพลังงานทั้งหมด

2. อุปสงค์พลังงาน

พลังงานส่วนใหญ่กว่าร้อยละ 90 นำมาใช้ในภาคเศรษฐกิจ 3 ประเภท ได้แก่ การขนส่ง อุตสาหกรรม อาคารพาณิชย์ และท่อสูญญากาศ โดยภาคขนส่ง มีสัดส่วนการใช้พลังงานสูงสุดตลอดมาถึงประมาณร้อยละ 37 ซึ่งมาจาก ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่ผลิตในประเทศไทยและนำเข้าเกือบทั้งหมด ่วนภาค อุตสาหกรรมการผลิตใช้พลังงานมากเป็นลำดับที่สอง คือ ประมาณร้อยละ 35 ทั้งนี้ ภาคเกษตรกรรมมีแนวโน้มที่จะใช้พลังงานมากขึ้น

แม้ว่าอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทยลดลงในระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมาแต่ความต้องการพลังงานของประเทศไทยยังเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงกว่า อัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจมาก การแก้ไขโดยการประยุคพลังงาน ก็ยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เนื่องจากได้ขาดจากด้วยชีววัสดุต่างๆ เช่น การสูญเสีย เนื่องจากการแปลงรูปพลังงานระหว่างอุปทานพลังงานและอุปสงค์พลังงาน ยังสูงกว่าร้อยละ 35 สถานการณ์เช่นนี้ต้องได้รับการแก้ไขโดยเร็ว โดย มีเป้าหมายให้การใช้พลังงานเพิ่มได้ในอัตราที่ต่ำกว่าอัตราการเติบโตทาง เศรษฐกิจในระยะยาว เพื่อลดความรุนแรงของปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นจาก การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล

3. ปัญหาของการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล

การที่ประเทศไทยพึ่งพาแหล่งเชื้อเพลิงฟอสซิลถึงประมาณร้อยละ 82 นั้น ได้ก่อปัญหาอย่างหนักต่อประเทศไทยอย่างมาก เช่น

- 3.1 การใช้เงินตราต่างประเทศมากกว่าร้อยละ 10 ของผลผลิตรวมในประเทศ (GDP) หรือเทียบเท่ากับประมาณของรัฐบาล เพื่อนำเข้านำมั่นดิบและผลิตภัณฑ์ ทำให้มีผลกระทบต่อความมั่นคงทางเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก
- 3.2 ความมั่นคงทางด้านพลังงานลดลงมาก เนื่องจากจีนและอินเดียซึ่งมีประชากรมากกว่าร้อยละ 40 ของโลก มีอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจที่ขยายตัวอย่างรวดเร็ว ทำให้ความต้องการการใช้น้ำมันดิบเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วยราคาน้ำมันดิบจึงสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง
- 3.3 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ครอบคลุมทั้งมลพิษทางอากาศ เช่นฝุ่นละออง ออกไซด์ของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ คาร์บอนไดออกไซด์ มลพิษทางน้ำ เช่น ความร้อนที่ระบาดทั่วจากโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ และมลพิษบนดิน เช่น โลหะหนักจากเตาเชื้อเพลิงแข็ง เป็นต้น

4. แก้ไขสถานการณ์

การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของปรากฏการณ์เรือนกระจก การที่ประเทศไทยใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลถึงประมาณร้อยละ 82 ของอุปทานพลังงานของประเทศไทยนั้น ทำให้ค่าดัชนีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกต่อประชากรในปัจจุบันสูงกว่าดัชนีของโลกในปีฐานค.ศ. 1990 ภาคเศรษฐกิจที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลมากที่สุด คือภาคขนส่ง ซึ่งปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในสัดส่วนที่มากที่สุดของปริมาณที่ปล่อยออกห้องหมอด และถึงแม้ว่าปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดที่ปล่อยออกจะไม่มากนัก คือ เพียงประมาณร้อยละ 2 ของปริมาณที่ปล่อยออกของโลกแต่พบว่าดัชนีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกต่อรายได้ประชาชาติสูงกว่าดัชนีของประเทศไทยที่พัฒนาแล้ว เช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น ฯลฯ เนื่องจากประเทศไทยได้ให้สติบัญในการจำกัดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก จึงควรควบคุมความต้องการเชื้อเพลิงฟอสซิลในประเทศไทย ด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานและใช้พลังงานทดแทนอื่นๆ เช่น พลังงานหมุนเวียนและพลังงานนิวเคลียร์

4. การพัฒนาพลังงานก่อขึ้นยืนสำหรับประเทศไทย

5. นโยบายและเป้าหมายในการแก้ไขปัญหา

ปัญหาของการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลโดยเฉพาะน้ำมันดิบและผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมอาจแก้ไขได้สองวิธี คือ การประยัดพลังงาน ซึ่งเป็นการลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงโดยตรง อีกทั้งยังเป็นการลดมลพิษซึ่งเป็นผลพลอยได้ และ การพัฒนาแหล่งพลังงานทดแทน โดยเฉพาะพลังงานหมุนเวียน ในประเทศ ซึ่งเป็นการลดการใช้เงินตราต่างประเทศและเป็นการลดมลพิษอีกด้วย

เพื่อให้ความต้องการพลังงานของประเทศไทยลดลงกับการเติบโตทางเศรษฐกิจภาครัฐได้กำหนดให้ใช้พลังงานเพิ่มได้ไม่เกินอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจภายใน พ.ศ. 2554 ส่วนการพัฒนาแหล่งพลังงานทดแทนนั้น รัฐได้วางนโยบายให้เพิ่มอุปทานจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนเป็นร้อยละ 8 ของพลังงานเชิงพาณิชย์ หรือร้อยละ 25 ของอุปทานทั้งหมดภายใน พ.ศ. 2554

การใช้พลังงานการขนส่งและการผลิตไฟฟ้าเป็นภารกิจเร่งด่วนของรัฐในการกำหนดนโยบายในการประยัดพลังงาน และการจัดหาพลังงานให้เพียงพอและมีความมั่นคงในราคาน้ำมันที่เหมาะสม โดยเน้นการพัฒนาพลังงานทดแทน แนวทางการแก้ไขปัญหาพลังงานทั้งสองภาคจะนำมารวบรวมกัน และเสนอแนะแนวคิดในการวางแผนและดำเนินการทั้งระยะสั้นและระยะยาวต่อไป

6. การประยัดพลังงาน

ด้านนี้ชี้วัดการประยัดพลังงานที่สำคัญเบ่งบอกว่า ในระยะเวลา 10 ปี ที่ผ่านมาการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงกว่าการเติบโตทางเศรษฐกิจ และอัตราการสูญเสียระหว่างอุปทานและอุปสงค์พลังงานก็เพิ่มเข่นเดียวกันที่แสดงให้เห็นว่ามาตรฐานการประยัดพลังงานต่างๆ ที่ดำเนินการมาประสบผลน้อยมาก

ระหว่าง พ.ศ. 2543-2547 กองทุนอนุรักษ์พลังงานได้ใช้เงินไปประมาณ 12,700 ล้านบาท แต่สามารถอนุรักษ์พลังงานได้เป็นมูลค่าเพียงประมาณ 7,200 ล้านบาท และบรรลุเป้าหมายเพียงร้อยละ 4.5 ของแผนอนุรักษ์พลังงาน

ในช่วงเวลาดังกล่าวรัฐจึงจำเป็นต้องปรับแผนและมาตรการประยุคพลังงานอีกมาก ทั้งในภาคขนส่ง อุตสาหกรรม และอาคาร ตามลำดับ เพื่อให้การประยุคพลังงานมีประสิทธิภาพและบรรลุเป้าหมายตามนโยบายที่กล่าวมาแล้ว

॥หลังพลังงานพ่อสเซล

1. แก๊สธรรมชาติ

ปัจจุบันประเทศไทยมีประมาณ 500 พันล้านลูกบาศก์เมตร โดยได้นำแก๊สธรรมชาติในประเทศขึ้นมาใช้สูงถึงประมาณร้อยละ 30 ของอุปทานพลังงานของประเทศไทย ทั้งนี้ ประมาณร้อยละ 75 ใช้ในการผลิตไฟฟ้า ส่วนภาคอุตสาหกรรมและขนส่งใช้แก๊สธรรมชาติในประเทศเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและอาจสูงถึงร้อยละ 50 ในอนาคต โดยแก๊สธรรมชาติที่นำเข้าจากประเทศไทยมีเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้าเพียงพอในระยะเวลา 10-15 ปี

การนำแก๊สธรรมชาติมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนั้น มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิลชนิดอื่นๆ เนื่องจากการเผาไหม้แก๊สธรรมชาติไม่มีฝุ่นละอองและออกไชเด็ร์ของกำมะถัน นอกจากนี้ การผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สธรรมชาติโดยวัฏจักรร่วม (combined cycle) มีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้น้ำมันหรือถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงเกือบสองเท่า การพัฒนาแหล่งแก๊สธรรมชาติในทะเลร่วมกับเพื่อนบ้าน เช่น มาเลเซีย และกัมพูชา ที่อ้างสิทธิในพื้นที่ช้อนกัน ก็จะช่วยให้ไทยมีแก๊สธรรมชาติเพียงพอสำหรับเป็นพลังงานทดแทนลำดับแรกในภาคขนส่งที่มีคุณสมบัติเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

2. ลิกไนต์และถ่านหิน

ปัจจุบันสำรองของลิกไนต์ในประเทศไทยประมาณ 2,500 ล้านตันเท่านั้น ลิกไนต์ส่วนใหญ่มีปัจจุบันกำมะถันสูงมากเมื่อนำมาผลิตไฟฟ้าจึงก่อปัญหามลพิษทางอากาศอย่างรุนแรงดังเช่นที่เกิดขึ้นแล้วที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะ

6 การพัฒนาพลังงานก๊าซชีนสำหรับประเทศไทย

นอกจากนี้อุปกรณ์ที่นำมาทำจัดชั้ลเพอร์ไดออกไซด์ในไอเสียจากโรงงานไฟฟ้ายังทำให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสูงขึ้นประมาณร้อยละ 20 จึงควรจะรับการขยายโรงงานไฟฟ้าลิกไนต์เอาไว้ก่อนจนกว่าเทคโนโลยีที่ใช้ควบคุมชั้ลเพอร์ไดออกไซด์จะมีความคุ้มค่ามากขึ้น ทั้งนี้ การใช้ลิกไนต์ในหม้อไอน้ำอุตสาหกรรมมีความเหมาะสมมากกว่าการใช้ในการผลิตไฟฟ้าเนื่องจากหม้อไอน้ำอุตสาหกรรมมีขนาดเล็ก เทคโนโลยีใหม่ เช่น การเผาไม้แบบฟลูอิเดช์เบด (fluidized bed) ที่สามารถควบคุมกำมะถันในลิกไนต์อย่างได้ผลและคุ้มค่า

เทคโนโลยีการผลิตกำลังร่วมกับความร้อน (cogeneration of heat and power) ที่ใช้ถ่านหินหรือลิกไนต์ที่ได้รับการพัฒนาจนควบคุมกำมะถันในเตาเผาไม้ข่องหม้อไอน้ำขนาดใหญ่ได้พอก็จะมีประสิทธิภาพและความคุ้มค่าสูงมาก จึงควรสนับสนุนให้ใช้งานขึ้น ในอนาคตเมื่อเทคโนโลยีการผลิตแก๊สจากถ่านหินมีความคุ้มค่า โรงไฟฟ้ารัฐวัสดุจกรร่วมที่ใช้แก๊สถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงก็จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าโรงไฟฟ้าที่เผาไม้ถ่านหินโดยตรงมาก

3. ปิโตรเลียม

แหล่งสำรองในประเทศไทยมีน้อยมากจนมีปริมาณการผลิตน้ำมันดิบและแก๊สปิโตรเลียมเหลวได้เพียงประมาณวันละ 25,000 บาร์เรล หรือประมาณร้อยละ 3.5 ของปริมาณที่ต้องการในประเทศ การที่ราคาน้ำมันดิบของโลกสูงขึ้น ทำให้เทคโนโลยีการผลิตน้ำมันดิบที่ราคาสูงมีความคุ้มค่ามากขึ้น จนสามารถนำมาเพิ่มปริมาณการผลิตในประเทศไทยได้บ้างในอนาคต กระบวนการน้ำมันดิบ และดีเซล ซึ่งมีมูลค่าสูงกว่าร้อยละ 10 ของมูลค่าผลิตภัณฑ์รวมของชาติ จึงเป็นภาระหนักต้านการคลังและเงินตราต่างประเทศ

ภาคขนส่งได้ใช้เชื้อเพลิงปิโตรเลียมสูงถึงประมาณร้อยละ 70 ของปริมาณเชื้อเพลิงปิโตรเลียมที่ผลิตในประเทศไทย โดยน้ำมันดีเซลมีสัดส่วนการใช้สูงสุดถึงประมาณร้อยละ 50 การลดการใช้น้ำมันปิโตรเลียมในภาคขนส่งอาจทำได้ด้วยมาตรการดังต่อไปนี้

- 3.1 **เปลี่ยนวิธีการเก็บภาษีรถยนต์ใหม่** โดยกำหนดฐานการเก็บภาษีจากประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิง เช่น จำนวนลิตร/100 กิโลเมตร แทนความจุระบบออกสูบของเครื่องยนต์ เพื่อขัดการส่งเครื่องยนต์ความจุระบบออกสูบน้อยและประสิทธิภาพต่ำมากจากต่างประเทศมาขายในประเทศไทย เนื่องจากผู้ผลิตส่งไปขายในประเทศที่พัฒนาแล้วมีได้
- 3.2 **ส่งเสริมการนำเข้าและการผลิตรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ไฮบริด (hybrid) ที่มีการผสมกิจกรรมการทำงานระหว่างเครื่องยนต์สันดาปภายในกับระบบไฟฟ้ากำลัง และแบตเตอรี่ซึ่งประหยัดเชื้อเพลิงและมีค่าจากไออกไซมลพิษต่ำ**
- 3.3 **เร่งพัฒนาการขนส่งทางรางและทางน้ำ โดยเฉพาะการขนส่งในเมืองหลักและการขนส่งสินค้าหนักแทนการใช้รถสิบล้อซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำและก่อให้เกิดความเสียหายกับระบบถนนในประเทศเป็นอย่างมาก**
- 3.4 **สนับสนุนการใช้แก๊สธรรมชาติ ในรถยนต์และรถบรรทุกในกรุงเทพฯ และเมืองหลักอื่นๆ โดยทั้งการใช้เครื่องยนต์แก๊สโดยเฉพาะ (dedicated gas engines) และการตัดแปลงเครื่องยนต์เก่า**
- 3.5 **เร่งรัดการผลิตเบนซินที่ผสมเอทานอลร้อยละ 10 พร้อมทั้งกำหนดให้เครื่องยนต์ของรถยนต์ใหม่ในประเทศไทยต้องใช้แก๊สโซเชล E10 ได้**
- 3.6 **ส่งเสริมการใช้ใบโอดีเซล และการใช้น้ำมันพีชสมกับน้ำมันดีเซล ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด**

III แหล่งพลังงานหมุนเวียน

1. พลังงาน

โรงไฟฟ้าพลังน้ำที่ติดตั้งแล้วในประเทศไทยมีกำลังผลิตรวมกันประมาณ 3,400 เมกะวัตต์ หรือประมาณร้อยละ 14 ของกำลังผลิตไฟฟ้าทั้งหมดของประเทศไทย ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของโลกสูงถึงประมาณร้อยละ 17 โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่ซึ่งเป็นของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) มีกำลังผลิตรวมกันประมาณ 3,000 เมกะวัตต์ ส่วนที่เหลือเป็นโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ติดตั้งโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนฯ และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)

โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหลายประการ เช่น การสูญเสียป่าไม้และพื้นที่เพาะปลูก การโยกย้ายประชากรเพื่อสร้างอ่างเก็บน้ำ เป็นต้นการสร้างเขื่อนพลังน้ำขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นในประเทศจึงเป็นไปได้ยากเมื่อพิจารณาถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมดังกล่าว อย่างไรก็ตาม การผลิตไฟฟ้าพลังน้ำมีข้อดีอยู่หลายประการ อาทิ ไม่เกิดมลพิษทางอากาศ เช่น ออกไซด์ของไนโตรเจน และกำมะถัน คาร์บอนไดออกไซด์ ที่เกิดเมื่อใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลผลิตไฟฟ้า ประโยชน์ที่ได้จากการไฟฟ้าพลังน้ำยังมีหลายประการ เช่น การชลประทาน การป้องกันน้ำท่วม การประมงในอ่างเก็บน้ำ เป็นต้น จึงควรนำศักยภาพของพลังน้ำที่ยังเหลืออยู่ในประเทศไทยมากกว่า 6,000 เมกะวัตต์ มาใช้ประโยชน์ในรูปของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมากซึ่งเป็นที่ยอมรับในประเทศไทยที่พัฒนาแล้ว โดยสหภาพยูโรปในปัจจุบันผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำประมาณร้อยละ 13 ของกำลังผลิตทั้งหมด และมีโครงการที่จะเพิ่มเป็นร้อยละ 20 ใน พ.ศ. 2553 ทั้งนี้ ขอสเต็ยใช้ไฟฟ้าจากพลังน้ำถึงประมาณร้อยละ 66 ของกำลังติดตั้งของประเทศไทย และมีโครงการเพิ่มเป็นร้อยละ 78 ในขณะที่ปัจจุบันมีเขื่อนพลังน้ำขนาดเล็กผลิตกำลังได้ใกล้เคียงกับพลังน้ำของประเทศไทยและมีโครงการเพิ่มกำลังผลิตอีกร้อยละ 5

เนื่องจากได้นำศักยภาพของพลังน้ำในประเทศไทยมาใช้เพียงร้อยละ 30 จึงเหลือศักยภาพที่จะพัฒนาเขื่อนพลังน้ำขนาดเล็กได้อีกมาก นอกจากนี้ เขื่อนชลประทานจำนวนมากมีศักยภาพในการติดตั้งกังหันน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าเพิ่มได้อีก แต่เนื่องจากโครงการเขื่อนพลังน้ำมักจะเกี่ยวข้องกับผล

กระทรวงทึ้งด้านกิจกรรมและสังคม โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์ทรัพยากรน้ำร่วมกันทั้งด้านพลังงาน ชลประทาน สาธารณูปโภค และอุตสาหกรรม โครงการเยือนพลังน้ำจึงควรได้รับการกำกับดูแลโดยตรงจากหน่วยงานของรัฐ

2. ชีวมวล

2.1 สถานการณ์ชีวมวลในปัจจุบัน

ชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานที่มีความสำคัญของประเทศ โดยมีส่วนถึงประมาณร้อยละ 16 ของพลังงานเบื้องต้นที่ใช้อยู่ ปริมาณการใช้ชีวมวลเป็นพลังงานได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่สัดส่วนของการใช้ชีวมวลเป็นพลังงานมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากปริมาณพลังงานทั้งหมดที่ใช้เพิ่มขึ้น ชีวมวลเป็นพลังงานหมุนเวียนที่มีความสำคัญที่สุดที่นำมาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล เพื่อเพิ่มความมั่นคงด้านพลังงานและแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้พลังงาน

การใช้ชีวมวลเป็นพลังงานแบบดั้งเดิม

ชีวมวลส่วนใหญ่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนในรูปของฟืนและถ่านและให้พลังงานความร้อนในอุตสาหกรรมชนบท การใช้วัสดุเหลือใช้จากการเกษตรเป็นแหล่งพลังงานในอุตสาหกรรมในชนบทนั้น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

การใช้ชีวมวลในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

มีการใช้ชานอ้อยผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในโรงงานน้ำตาล และเริ่มมีการใช้วัสดุเหลือใช้จากการเกษตร เช่น แกลบ และเศษไม้จากโรงงานเฟอร์นิเจอร์ ตลอดจนแก๊สชีวภาพจากน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและฟาร์มปศุสัตว์ในการผลิตไฟฟ้ามากขึ้น หลังจากที่มีการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตรายย่อย

การใช้ชีวมวลในการผลิตเชื้อเพลิงเพื่อการขนส่ง

เริ่มมีการใช้เชื้อเพลิงที่ผลิตจากกากน้ำตาล มันสำปะหลัง และไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มเป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ส่วน

บุคคล และระบบราชการ แต่การเพิ่มปริมาณการใช้เพื่อลดการนำเข้านำมันยังต้องอาศัยมาตรการเชิงนโยบายที่จริงจังจากรัฐ เพื่อให้มีการผลิตวัตถุดิบในการผลิตอาหารผล และไปโอดีเซล เพิ่มขึ้น

2.2 สถานการณ์ชีวมวลในอนาคต

ประเทศไทยมีแหล่งชีวมวลที่นำมาใช้เป็นพลังงานที่หลากหลาย ทั้งที่เป็นวัสดุเหลือทิ้ง และที่ผลิตขึ้นเป็นพลังงานโดยเฉพาะ

แหล่งชีวมวลที่นำมาใช้เป็นพลังงานได้ สามารถแยกประเภทได้ดังนี้

- วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร
- วัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมไม้ประруป และเฟอร์นิเจอร์
- น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมการเกษตร
- ของเสียจากฟาร์มปศุสัตว์
- ขยะชุมชน
- ไม้โตเร็วที่ผลิตเพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยเฉพาะ
- ชีวมวลเพื่อผลิตอาหารผล (อ้อย และมันสำปะหลัง)
- ชีวมวลเพื่อผลิตไบโอดีเซล (น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว และ สบู่ด้ำ)

นอกจากนี้พัฒนาการของเทคโนโลยีประรูปชีวมวลช่วยทำให้การประรูปชีวมวลไปเป็นพลังงานที่ทันสมัย (พลังไฟฟ้า เชื้อเพลิงเหลว และแก๊สเชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพสูงขึ้นและมีความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจมากขึ้น ข้อดีของชีวมวล คือ เป็นพลังงานหมุนเวียนประเภทเดียวกับประรูปเป็นเชื้อเพลิงเหลวเพื่อใช้ในการขนส่งได้ ดังนั้นจึงมีแนวโน้มที่จะมีการใช้ชีวมวลเป็นพลังงานมากขึ้น และมีแนวโน้มที่จะมีการผลิตชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานโดยเฉพาะมากขึ้น

แนวโน้ม เทคโนโลยีเพื่อประรูปชีวมวล มีดังนี้

- การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลมีประสิทธิภาพสูงขึ้นมากจากพัฒนาการของเทคโนโลยีในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา เทคโนโลยีใหม่

เหล่านี้รวมถึง ก๊อกหันไอน้ำแบบ condensing extraction การเปลี่ยนชีวมวลเป็นแก๊สเชื้อเพลิง (gasification) ซึ่งทำให้สามารถใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงของก๊อกหันแก๊ส และระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบร่วมกันร่วมได้ และระบบเผาไหม้แบบฟูลอิเดอร์เบดที่สามารถเผาเชื้อเพลิงที่มีสมบัติหลากหลายและมีความชื้นสูงมากได้

- การผลิตเชื้อเพลิงเพื่อการขนส่ง (เชื้อเพลิงเหลว) มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และสามารถทำได้โดยกระบวนการที่หลากหลายขึ้นจากพัฒนาการของเทคโนโลยี การผลิตเอทานอลมีประสิทธิภาพสูงขึ้นและใช้พลังงานลดลง นอกจากนี้ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ที่ใช้ผลิตเอทานอลจากเซลลูโลสซึ่งจะทำให้สามารถใช้ชีวมวลที่หลากหลายขึ้น เช่น พางข้าว และไม้ ในการผลิตเอทานอลได้ ไปโอดีเซลสามารถผลิตได้อย่างสะดวกจากน้ำมันพืชโดยกระบวนการอีสเตอราฟิเคชัน (esterification) กระบวนการ Fischer-Tropsch ซึ่งใช้ในการแปลงแก๊สเชื้อเพลิงจากชีวมวลให้เป็นเชื้อเพลิงเหลวกำลังได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และมีความคุ้มทุนมากขึ้น นอกจากนี้กระบวนการ fast pyrolysis ซึ่งสามารถใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากชีวมวลโดยตรง กำลังได้รับการพัฒนาให้สมบูรณ์ขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ศักยภาพของพลังงานชีวมวลในประเทศไทยมีอยู่มาก อาทิ

- ชีวมวลเหลือทิ้งจากการอุตสาหกรรม

เนื่องจากเป็นประเทศก่อสร้าง ชีวมวลเหลือทิ้งจึงมีศักยภาพสูง ข้อมูลจากการประเมินเบื้องต้นแสดงว่าแก๊สชีวภาพ (biogas) จากน้ำเสียจากการอุตสาหกรรมการเกษตร และฟาร์ม ปศุสัตว์ขนาดใหญ่ ที่มีศักยภาพใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่า 210 MWe วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร เช่น แกลบ และเศษไม้ จากการอุตสาหกรรมไม้ประดูปและเฟอร์นิเจอร์ มีศักยภาพผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่า 190 MWe นอกจากนี้การผลิตชีวมวลเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการผลิตพลังงานอาจได้มาจาก การผลิตทางการเกษตรที่มี

อยู่แล้ว เช่น การเลือกพันธุ์อ้อยที่ให้ ชีวมวลมาก และการปลูกยางที่มีขนาดของต้นใหญ่

- ชีวมวลที่ผลิตเพื่อพลังงานเป็นการเฉพาะ

การผลิตชีวมวลเพิ่มขึ้นเพื่อพลังงานเป็นการเฉพาะซึ่งรวมถึงการปลูกไม้ໃടเริวเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าและการผลิตชีวมวลเพื่อผลิตเชื้อเพลิงและนำไปใช้เช่นกัน มีศักยภาพสูง และขึ้นอยู่กับการบริหารการใช้ที่ดินและการหาความสมดุลของการผลิตอาหารและผลิตพลังงาน จากผลการประเมินเบื้องต้นพบว่ามีความเป็นไปได้ที่จะเพิ่มการผลิตมันสำปะหลังได้อีกร้อยละ 50 บนพื้นที่เพาะปลูกเท่าเดิมด้วยมาตรฐานเช่นๆ จากการประเมินเบื้องต้นพบด้วยว่าการผลิตไม้ໃടเริวมีศักยภาพที่จะผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 1380-12680 MW_e

- ขยายชุมชน

เทคโนโลยีการใช้ชัยภูมิเป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานไฟฟ้าได้รับการพัฒนาจนมีความสมบูรณ์ในระดับหนึ่งและใช้ได้ในบางประเทศแล้ว แต่อาจจะต้องมีการปรับปรุงและดัดแปลงให้เหมาะสมกับประเทศไทยมากขึ้น จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าหากใช้ชัยภูมิในการผลิตพลังงานไฟฟ้า (เฉพาะในเขตเทศบาล) จะมีศักยภาพที่จะผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่า 400 MW_e

- ศักยภาพรวมของชีวมวล

จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าชีวมวล (ไม่ว่าจะไม้ໃടเริว) มีศักยภาพที่ทดแทนพลังงานเบื้องต้น (primary energy) ที่จะใช้ในประเทศถึงร้อยละ 16 ในปัจจุบัน

ปัญหาการวิจัยและมาตรการเชิงนโยบายที่จะส่งเสริมการเพิ่มการใช้ชีวมวลเป็นพลังงาน ได้แก่

- **ปัญหาของการเพิ่มการใช้พลังงานชีวมวล**

แม้ชีวมวลจะมีศักยภาพสูงในการทดแทนพลังงานฟอสซิล แต่การเพิ่มขึ้นของการใช้ชีวมวลเพื่อพลังงานยังไม่รวดเร็วเท่าที่ควร

จะเป็น เนื่องจากยังขาดมาตรการเชิงนโยบายที่จะส่งเสริมที่ คำนึงถึงภาพรวม (ครอบจักร) และการวิจัยเพื่อพัฒนาเทคโนโลยี และอุปกรณ์ด้านพลังงานชีวมวลขึ้นในประเทศและการวิจัยเพื่อเพิ่มวัตถุดิบสำหรับผลิตพลังงานชีวมวล

- มาตรการส่งเสริมการใช้พลังงานชีวมวล

การส่งเสริมการใช้พลังงานชีวมวลจะต้องมีมาตรการที่ครอบจักร พร้อมแผนปฏิบัติการที่ใช้อายุจริงจังและต่อเนื่องและครอบคลุม ทุกด้านดังต่อไปนี้

- มาตรการจูงใจด้านการเงินและภาษีให้มีการลงทุนใน โครงการชีวมวลเพื่อพัฒนา
- มาตรการและแผนงานในรายละเอียดในการเพิ่ม การผลิตวัตถุดิบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งชีวมวลที่ใช้ผลิต เอกทานอล ไบโอดีเซล และพลังงานไฟฟ้า
- การนำต้นทุนทางสังคมและสิ่งแวดล้อม (externalities) มาคิดด้วยในการกำหนดราคาพลังงานจากชีวมวล
- การจัดให้มีองค์กรกลาง (regulator) ในการกำหนด ราคาการรับซื้อพลังงานไฟฟ้าและควบคุมกิจกรรม ต่อเข้มกับสายสัมภพ
- การกำหนดเจ้าภาพที่มีอำนาจและหน้าที่ที่ชัดเจน เพื่อแก้ปัญหาของการมีหลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

การสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา ต้องมีการสนับสนุนในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

- การปรับปรุงประสิทธิภาพการแปรรูปพลังงานและพัฒนาเทคโนโลยีและอุปกรณ์ด้านพลังงานชีวมวล เพื่อให้ผลิตได้เองใน ประเทศ
- การเพิ่มวัตถุดิบเพื่อใช้ผลิตเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่งและพลังงาน ไฟฟ้า
- การลดมลพิษและแก้ปัญหาด้านเทคนิคในการใช้พลังงานชีวมวล
- การคำนวณต้นทุนทางสังคมและสิ่งแวดล้อม

- การวิจัยเชิงนโยบายเพื่อให้ได้มาตรการส่งเสริมการใช้ชีวมวลเพื่อพลังงานมากขึ้น

3. แสงอาทิตย์

ความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีของพื้นที่ทั่วประเทศมีค่าประมาณ 18.5 เมกะจูล/ตารางเมตร·วัน มีสัดส่วนรังสีกระจายค่อนข้างสูงภาคตะวันออก เนียงหนือและภาคกลางบางส่วนมีศักยภาพสูงกว่าพื้นที่อื่น ในปี พ.ศ. 2546 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อนรวมทั้งสิ้น 5,799,125 เมกะจูล และไฟฟ้า 5,918 เมกะวัตต์ชั่วโมง ส่วนใหญ่ใช้ในภาคเหนือ ในสาขาเศรษฐกิจ บ้านครุภัณฑ์ ศาสตร์ และธุรกิจการค้า

3.1 การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ด้านความร้อน

เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นที่ยอมรับในเชิงพาณิชย์แล้ว มีใช้ในบ้านเรือน โรงเรม โรงพยาบาล มียอดจำหน่ายประมาณ 5,000-10,000 ตารางเมตรต่อปี รวมพื้นที่ติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นรูบประមาน 50,000 ตารางเมตรซึ่งมีทั้งนำเข้าจากต่างประเทศและผลิตเองในท้องถิ่น แต่จำนวนยอดจำหน่ายในแต่ละปียังเพิ่มขึ้นไม่มากนัก แสดงว่าการยอมรับมีจำกัดและยังไม่แพร่หลายเท่าที่ควร เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น มีราคาสูงกว่าเครื่องทำน้ำร้อนจากไฟฟ้า และแก๊สบีโตรเลียมเหลว ความไม่สม่ำเสมอของการทำน้ำร้อนต้องใช้งานควบคู่กับพลังงานชนิดอื่น เครื่องที่ผลิตในประเทศไทยของบางบริษัทมีคุณภาพดีทำให้ขาดความเชื่อถือในระยะยาว บริการหลังการขายไม่ดี รวมทั้งมาตรการสนับสนุนจากภาครัฐยังมีความจุใจไม่เพียงพอ

ส่วนเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ก็ยังไม่เป็นที่ยอมรับในเชิงพาณิชย์ในประเทศไทย โดยมีการใช้งานสำหรับการอบแห้งพื้นผิวทางการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ มีขนาดเล็ก รายรับยังอยู่ในวงจำกัด และยังไม่สามารถใช้ในเชิงอุตสาหกรรมได้ การอบแห้งผลิตภัณฑ์แต่ละครั้งได้ในปริมาณที่ไม่มากนัก และระยะเวลาที่ใช้ใกล้เดียบกับวิธีทางการค้าคงจะแจ้ง แต่มีการลงทุนสูงกว่า

สำหรับเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์นั้นยังไม่มีข้อมูลการนำไปใช้งาน ประสิทธิภาพยังไม่สูงเพียงพอที่จะนำไปใช้งานได้จริง และไม่คุ้มค่าในเชิงพาณิชย์ รวมถึงยังไม่มีความต้องการและความจำเป็นในการนำมาใช้งานสำหรับประเทศไทยและมีปัญหาด้านคุณภาพของน้ำกลั่นที่ผลิตได้จากเหมาะสมสมสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ด้านใด

ทั้งนี้ เครื่องทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยยังอยู่ในขั้นตอนของการวิจัยเท่านั้น ยังไม่มีข้อมูลสำหรับการนำมาใช้งานจริง

3.2 การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ด้านไฟฟ้า

การนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในประเทศไทย ส่วนใหญ่นำไปใช้ในพื้นที่ห่างไกลที่ระบบสายส่งไปไม่ถึง เนื่องจากต้นทุนในการผลิตไฟฟ้ายังคงสูงกว่าที่ซื้อจากสายส่งอยู่มาก มีการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับงานในระบบโทรศัมนาคม ระบบประจุแบตเตอรี่หมุนบ้านห่างไกล ระบบสูบน้ำในหมุนบ้านห่างไกล ระบบสอนแห้งสีอทางไกล ระบบผลิตไฟฟ้าผู้สูงอายุ 11.34 กิโลวัตต์และกังหันลมกำลังการผลิต 170 กิโลวัตต์ ปัจจุบันโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศไทย คือ โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ผู้บ่อจที่มีขนาด 2,400120 วัตต์ ผลิตจำนวนรายไฟฟ้าให้เมืองสอน สำหรับเทคโนโลยีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ คือ solar home system (SHM), roof-top PV และ centralised PV โดย solar home system จะเป็นการติดตั้งที่ไม่ต่อเข้าระบบสายส่งของการไฟฟ้า (stand alone) ซึ่งมักจะติดตั้งในชนบทห่างไกลที่สายส่งเข้าไปไม่ถึง ส่วน roof-top PV และ centralised PV จะเป็นการติดตั้งที่ต่อเข้าระบบสายส่ง โดย centralised PV จะเป็นการติดตั้งเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเข้าระบบของ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งจะมีขนาดใหญ่กว่า roof-top PV ซึ่งจะติดตั้งตามหน่วยงานต่างๆ ที่ได้

รับการคัดเลือก รัฐได้มีนโยบายสนับสนุนให้มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์โดยได้ออกกว่าเบี้ยบให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก ดังนั้น บ้านพักอาศัย หน่วยงาน หรือสถานประกอบการที่มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สามารถขายไฟฟ้ากลับเข้าสายส่งไฟฟ้าได้

สำหรับการผลิตไฟฟ้าโดยกระบวนการรังสีอาทิตย์ในรูปความร้อนในประเทศไทยยังอยู่ในขั้นตอนของการวิจัยเท่านั้น ได้มีรายงานจากต่างประเทศว่าค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าต่ำกว่ากรณีใช้เซลล์แสงอาทิตย์ประมาณ 3-6 เท่า และต่ำกว่ากรณีใช้เทคโนโลยีอันนิน笙หาดที่รวมการกักเก็บแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ยังสูงกว่ากรณีการผลิตไฟฟ้าตามรูปแบบ

3.3 ลม

ลมเป็นแหล่งพลังงานดั้งเดิมที่ใช้กันมาทั่วโลกเพื่อสูบนำ ขับเคลื่อนเรือ บดหิน ณูพีช เทคโนโลยีลมได้ก้าวหน้ามากจนสามารถใช้ผลิตไฟฟ้าได้ด้วยความเร็วลมเพียงประมาณ 3 เมตรต่อวินาที ในปัจจุบันกังหันลมทั่วโลกมีกำลังผลิตติดตั้งมากกว่า 23,000 เมกะวัตต์ สร้างอาณาจักรมีแผนขยายการผลิตไฟฟ้าด้วยลมรวมกัน 1,600 เมกะวัตต์ ใน พ.ศ. 2553 เดนมาร์กจะผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมมากกว่าร้อยละ 15 ของกำลังผลิตติดตั้งทั่วประเทศ และมีแผนเพิ่มกำลังผลิตรวมกันเป็นร้อยละ 30 ใน พ.ศ. 2563

ประเทศไทยได้ใช้กังหันลมสูบนำเข้ามาข้าวและนาเกลือมานานแล้ว และมีความคุ้มค่าเนื่องจากไม่ต้องมีระบบสะสมพลังงานความเร็วลมเฉลี่ยในประเทศที่ระดับ 10 เมตร มีค่าค่อนข้างต่ำประมาณ 2 เมตร/วินาที จึงไม่คุ้มค่าสำหรับการผลิตไฟฟ้าโดยทั่วไปอย่างไรก็ตาม บางพื้นที่โดยเฉพาะบริเวณชายฝั่ง เกาะ และเขากลางแหลมแห่งมีความเร็วสูงพอที่จะผลิตไฟฟ้าได้คุ้มค่า

เนื่องจากลมเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สะอาด ศักยภาพของลมในระดับสูงจนถึง 80 เมตร เพื่อผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมขนาดใหญ่ควรได้รับการประเมินอย่างเร่งด่วนทั่วประเทศ ไฟฟ้าที่ผลิตด้วยลมอาจจะป้อนเข้าระบบกริดไฟฟ้า (electrical grid) หรือเป็นส่วนหนึ่งของระบบไฮบริดที่ผลิตไฟฟ้าด้วยแหล่งพลังงานอื่นๆ เช่นแสงอาทิตย์ก็ได้การประเมินศักยภาพควรให้ครอบคลุมถึงด้านเศรษฐกิจและผลกระทบต่อสังคม เช่น ชนบทท่ามไกลด้วย



บทที่ 2

การประยุกต์พลังงาน

จุลละพงษ์ จุลละโพธิ¹

พลังงานคืออะไร

เป็นการยกที่จะให้ความหมายของคำว่า “พลังงาน” โดยไม่กล่าวถึงรูปแบบชนิด และการนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาขั้นพื้นฐานจะอธิบายว่า พลังงานคือสิ่งที่ทำงานให้ประโยชน์แก่เราได้ แต่ก็อาจจะไม่เฉพาะเจาะจงมากพอ เพราะการพูดถึงพลังงานในบางครั้งก็อาจไม่เกี่ยวข้องกับการทำงานให้ประโยชน์แก่เรา ดังนั้น คำอธิบายที่ดีกว่าตอนแรก น่าจะเป็น สิ่งที่มีศักยภาพ ที่จะทำงานให้ประโยชน์แก่เราได้ ส่วนที่จะทำงานให้ประโยชน์ได้จริงหรือไม่มากหรือน้อย ขึ้นกับลักษณะการนำมาใช้จริง ซึ่งก็ขึ้นกับอุปกรณ์ วิธีการ กฎเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์

พลังงานหรือเชื่อเพลิงมีอยู่หลายรูปแบบ ทั้งชนิดที่เกิดในธรรมชาติ หรือเกิดจากการแปลงจากอีกรูปแบบหนึ่ง พลังงานรูปแบบที่เราคุ้นเคย ได้แก่ พลังงานความร้อน พลังงานลม พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ พลังงานไฟฟ้า

¹ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พลังงานเคมีในเชื้อเพลิง ฯลฯ พลังงานประเภทที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่น แสงแดด และเชื้อเพลิงประเภทไม้ฟืน ถ่าน แกลบ ชานอ้อย จัดอยู่ในกลุ่ม ประเภท พลังงานหมุนเวียน เพราะใช้แล้วไม่รักษาหมวดสินแต่ก่อต่างจากน้ำมัน แก๊สรธรรมชาติ แก๊สหุงต้ม ถ่านหิน ซึ่งใช้แล้วมีวันหมด พลังงานประเภท หลังนี้เรียกว่า พลังงานเชิงพาณิชย์ ซึ่งมีการซื้อขายกันว้าง ทั้งในและ ต่างประเทศ นอกจากนี้ ปัจจุบันยังมีพลังงานจากขยะ และของเสีย ซึ่งมี ความสำคัญเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ เนื่องจากเป็นพลังงานราคาถูก และช่วย กำจัด หรือบำบัดของเสียด้วยในคราวเดียวกัน

พลังงานต่างๆ ซึ่งต้นสายอย่างไม่ได้อยู่ในรูปแบบที่จะนำมาใช้ได้ สะดวกด้วยเหตุนี้จึงมีการแปลงพลังงานจากรูปแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง เพื่อนำมาใช้ได้สะดวกตามความต้องการ เช่น แปลงความร้อนที่ได้จากการ เผาให้มี น้ำมัน แก๊สเชื้อเพลิง ถ่านหิน เป็นไฟฟ้าเพื่อใช้ส่องสว่าง ขับปั๊ม พัดลม เครื่องอัดลม เครื่องจักรต่างๆ และใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อความบันเทิง ต่างๆ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ เป็นต้น หรือแปลงความร้อนเป็นงานกล (เพลาหมุน) ขับเครื่องยนต์ รถยนต์ เว้อ เครื่องบิน เป็นต้น ส่วนจะแปลงได้มากน้อยเพียงใด ก็ขึ้นกับรูปแบบ วิธีการ ระบบ อุปกรณ์ และกฎเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ ดังที่กล่าวไว้ตอนแรก

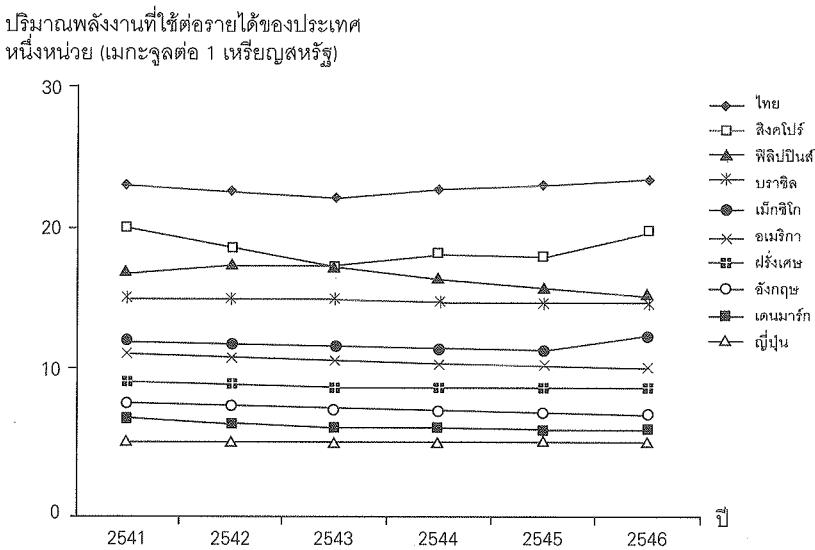
ความสำคัญของพลังงาน

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิต ในการเดินทางติดต่อ และ ผลิตสิ่งของคุปภิโภคต่างๆ ซึ่งเมื่อประชากรในประเทศไทยมีจำนวนน้อย การ จัดซื้อจัดหาพลังงานมาใช้ก็ไม่เป็นปัญหามากนัก แต่เมื่อประชากรมีจำนวน มากขึ้น ความต้องการพลังงานก็เพิ่มขึ้นตาม ไม้ฟืน ถ่าน และแกลบ ซึ่งเดิม เดຍหาได้ง่าย ราคาถูก แต่ปัจจุบันเป็นตรงกันข้าม น้ำมันมีราคาสูงขึ้น เพราะ ปริมาณการผลิต (รวมป้อนน้ำมันที่คืนพบใหม่) มีอัตราเพิ่มน้อยกว่าความ ต้องการใช้ ซึ่งมิได้จำกัดเฉพาะเพื่อการดำรงชีวิต และสิ่งอำนวยความสะดวก สะดวกเท่านั้น แต่ใช้ในการผลิตวัตถุ สิ่งของ อาหาร เครื่องปุ่งห่ม ฯลฯ เพื่อ จำหน่ายและส่งออกด้วย ซึ่งรวมกันแล้วเป็นปริมาณมหาศาล ดังจะเห็นได้จาก

สถิติข้อมูลการใช้พลังงานเมื่อปี พ.ศ. 2547 ประเทศไทยใช้น้ำมัน 40,479 ล้านลิตร แก๊สธรรมชาติ 83,512 ล้านลูกบาศก์ฟุต ถ่านหิน 9.65 ล้านตัน และไฟฟ้า 115,531 ล้านหน่วย สำหรับไฟฟ้านั้น เป็นพลังงานประเภท พลังงานทุติยภูมิ เพราะผลิตจากพลังงานชนิดอื่น ซึ่งอาจเป็นพลังงานที่ได้จากธรรมชาติที่เรียกว่า พลังงานปฐมภูมิ เช่น ถ่านหิน แก๊สธรรมชาติ เป็นต้น ประเด็นสำคัญที่เป็นผลจากการใช้พลังงานมากๆ อยู่ที่ว่าพลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้นั้นนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งเราต้องใช้เงินที่หามาได้ไปซื้อมา ในปี พ.ศ. 2547 เรายังคงใช้มากกว่า 5 แสนล้านบาท สำหรับการซื้อพลังงานจำนวนดังกล่าว ซึ่งส่งผลกระทบบุนเดร์มากต่อสถานะทางเศรษฐกิจของประเทศไทย และจากการที่พัฒนาโดยเฉพาะน้ำมันมีราคาสูงขึ้นมาก ทำให้เกิดความเดือดร้อนไปทุกรายดับ นอกจากนี้แล้ว การผลิตและการใช้พลังงาน เช่น การเผาไนโตรเจนหิน และน้ำมันเพื่อผลิตไอน้ำในหม้อไอน้ำใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม หรือเพื่อผลิตไฟฟ้า นั่นจะให้แก๊สไฮเดรตที่อาจเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้ ถ้าไม่มีการควบคุมให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ดังนั้นถ้าเราใช้พลังงานมาก ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมก็จะมากขึ้นด้วย

ความสำคัญของการประยุกต์พัฒนา

การใช้พลังงานอย่างประหยัด นอกจากจะช่วยลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานของผู้ใช้แล้ว ยังก่อให้เกิดประโยชน์อีกหลายประการ อาทิ ช่วยลดต้นทุนทางด้านพลังงานของประเทศไทย ซึ่งจากสถิติข้อมูลที่คัดเลือกมาคำนวณ ในรูปที่ 2.1 ซึ่งให้เห็นว่าต้นทุนดังกล่าวสำหรับประเทศไทยมีค่าสูงสุดในบรรดา 10 ประเทศที่พัฒนาแล้วและกำลังพัฒนา นอกจากนี้ยังสามารถลดต้นทุนของโรงงาน ธุรกิจ และสถานประกอบการ ทำให้ราคาขายสินค้า และบริการลดลง ซึ่งจะทำให้ปริมาณสินค้าที่ขายได้มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นลดปัญหาสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย และลดปัญหาอันเป็นผลมาจากการที่ต้องนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ ข้อดีอีกประการหนึ่งก็คือ ช่วยให้สามารถใช้พลังงานจากแหล่งในประเทศไทยได้นานขึ้น เช่น จาก 30 ปี เป็น 50 ปี เป็นต้น



รูปที่ 2.1 ปริมาณพลังงานที่ใช้ต่อรายได้ของประเทศ 1 หน่วย
สำหรับประเทศที่พัฒนาและกำลังพัฒนา 10 ประเทศ

จากที่กล่าวมาเป็นลำดับ จะเห็นได้ว่า การประหยัดพลังงานเป็นมาตรการที่สำคัญในการแก้ปัญหาพลังงานของประเทศไทย ถึงจุดนี้ สมควรทำความเข้าใจว่า การประหยัดนั้น หมายถึง การใช้พลังงานอย่างมีเหตุมีผล ใช้ในสิ่งที่ควรใช้ ไม่ใช่ฟุ่มเฟือย ใช้อย่างมีประสิทธิภาพ และคุ้มค่ากับการที่มีราคาแพงในปัจจุบัน ลดการใช้ที่ไม่จำเป็น หรือเกินความจำเป็น และใช้พลังงานอย่างอื่นทดแทน awan วิธีการประหยัดที่จะนำมาใช้นั้น ในหลายวิธี คนธรรมชาติสามารถคิดค้นได้ ถ้าเป็นคนเราใจใส รู้จักคิดวิเคราะห์ สาเหตุ และหาทางแก้ไขปรับปรุง โดยอาจไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายแต่อย่างใด เช่น การประหยัดไฟฟ้าแสงสว่าง วิธีการง่ายๆ คือ เปิดเฉพาะเวลาต้องการใช้ และกำหนดขนาดกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟให้เหมาะสม อย่าให้มากเกินไป และให้สองเฉพาะบริเวณที่ต้องการเท่านั้น สำหรับการหุงต้ม ประกอบอาหาร ก็อาจประหยัดได้โดยการเลือกรูปแบบและขนาดเตาให้เหมาะสมกับขนาดหม้อ อย่าให้มีช่องเปลวไฟและออกมากเกินไป และค่อยปรับระดับไฟให้สอดคล้อง กับประเภทและลักษณะของการประกอบอาหาร ดังนี้เป็นต้น ในกรณีที่ขาดความรอบรู้และประสบการณ์ ก็อาจสอบถามจากผู้รู้ หรือหน่วยงาน ของรัฐที่มีหน้าที่ให้คำปรึกษาแนะนำ

กระบวนการและขั้นตอนการประยุกต์

กระบวนการและขั้นตอนการประยุกต์ที่จะอธิบายต่อไปนี้อาจนำไปใช้ได้กับบ้านพักอาศัย และสถานประกอบการขนาดไม่ใหญ่นักซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ศึกษาวิเคราะห์สถานภาพและปัญหาการใช้พลังงานในบ้าน

เพื่อตรวจดูว่าจะประยุกต์ได้มากเท่าใด ที่ไหน และอย่างไร โดยทั่วไปจะเรียกขั้นตอนนี้ว่า การตรวจวิเคราะห์พลังงาน (Energy Audit) ซึ่งอาจลงมือทำเองหรือจ้างคนที่ชำนาญงานมาทำให้กระบวนการประกอบด้วยการศึกษาลักษณะการใช้พลังงานในบ้าน/อาคาร หรือโรงงาน ตรวจดูประสิทธิภาพของการใช้ในแต่ละบริเวณ/ระบบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้แนวทางในการจัดการกับอุปกรณ์ บริเวณ และระบบข้างต้น เพื่อลดการใช้พลังงานลง

วิธีการอาจเริ่มโดยการหาปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละเดือน จากใบเสร็จค่าพลังงาน เช่น ค่าไฟฟ้า หรือข้อมูลจากแหล่งอื่นที่เชื่อถือได้ แล้วคำนวนค่าพลังงานเป็นร้อยละของค่าใช้จ่ายทั้งหมด (กรณีเป็นร้านค้า/โรงงาน) ถ้ามีค่าต่ำ เช่น น้อยกว่า 5% อาจไม่คุ้มที่จะดำเนินการประยุกต์ หลังจากนั้นหากค่าพลังงานต่อหน่วยผลผลิต (กรณีร้านค้า อาคารธุรกิจ โรงงาน) แล้วตรวจดูแนวโน้มในแต่ละเดือน ผลที่ได้ทั้งค่าพลังงานและพลังงานต่อหน่วยผลผลิต แล้วแต่กรณี นำไปเปรียบเทียบกับค่าของบ้านอื่น ร้านอื่น อาคารอื่น หรือโรงงานอื่น ที่มีอุปกรณ์คล้ายๆ กัน ขยายของ หรือผลิตสินค้าคล้ายๆ กัน ถ้าค่าดังกล่าวสูงกว่าของคนอื่นอย่างชัดเจน แสดงว่ามีโอกาสที่จะประยุกต์ได้ หรืออาจพิจารณาเฉพาะอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานมากๆ เช่น เครื่องปรับอากาศ ตู้เย็น ชุดเครื่องยนต์ปั่นไฟ เป็นต้น แล้วเทียบเคียงกับอัตราการกินไฟ หรืออัตราการใช้เชื้อเพลิง ตอนที่เพิ่งซื้อมาใหม่ หรือกับเครื่องรุ่นใหม่ที่มีขายในท้องตลาดเพื่อตรวจดูโอกาสการประยุกต์ เช่นเดียวกับกรณีแรก ในการนี้ที่ค่าที่คำนวนได้รายเดือน หรือรายปี สูงๆ ต่ำๆ แปรปรวนมาก ก็มีโอกาสที่จะประยุกต์ได้ เช่นกัน ทั้งนี้ โดยการตรวจหาสาเหตุของการแปรปรวนข้างต้น ซึ่งอาจมาจากการบวนการ วิธีการเปลี่ยนแปลงในช่วงที่พิจารณา มีการเปลี่ยนคนควบคุมดูแล เพิ่มหรือลดอุปกรณ์การใช้พลังงาน มีการใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่น ร่วมด้วย เป็นต้น

วิธีการที่อธิบายมาข้างต้นเป็นการตรวจสอบรวมของการใช้พลังงาน และแนวทางการวินิจฉัยตรวจสอบข้อมูลการใช้พลังงานรายเดือนจากใบเสร็จค่าพลังงานตามที่กล่าวตอนแรก ซึ่งอาจตรวจยืนยัน และหารายละเอียด ปริมาณการใช้รายอุปกรณ์เพื่อคู่ว่าอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานมากขนาดนั้นมีอะไรบ้าง จะได้จัดไว้เป็นอันดับต้นๆ ในรายการมาตราการประหยัด เพาะะอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานมากๆ นั้นหากประยุกต์ได้เพียงร้อยละ 5 ก็จะให้ผลการประหยัดมากกว่าอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานน้อยๆ ที่มีศักยภาพการประหยัดเป็นค่าร้อยละเท่ากัน เพื่อเป็นการสาธิตวิธีการที่กล่าวมาในช่วงหลัง จะแสดงวิธีการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในร้านกาแฟสดแห่งหนึ่ง ซึ่งใช้อุปกรณ์ไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 13 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2.1 จากแผ่นป้ายที่ตัวเครื่องหรือหนังสือคู่มือการใช้อุปกรณ์ สามารถหาอัตราการกินไฟของแต่ละอุปกรณ์ได้ ซึ่งเมื่อประเมินระยะเวลาการใช้ต่อวันได้แล้วนำมาคูณกัน ก็จะสามารถหาจำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละวันได้

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างวิธีการหาปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในร้านกาแฟสดแห่งหนึ่ง

ลำดับ ที่	ชื่อ อุปกรณ์ไฟฟ้า	ขนาดกินไฟ (วัตต์)	จำนวน	ระยะเวลา การใช้ ต่อวัน	จำนวนหน่วย (กิโลวัตต์- ชั่วโมง) ต่อวัน
1	หลอดนีโอน (ฟลูออเรสเซนต์)	18	3 หลอด	12	0.648
2	หลอดตะเกียง (คอมแพค)	13	4 หลอด	5	0.260
3	เครื่องเล่นวิทยุ และชีดี	50	1 เครื่อง	5	0.250
4	กระติกน้ำร้อน ไฟฟ้า	670	1 กระติก	8	5.360
5	เครื่องทำกาแฟ	2,300	1 เครื่อง	5	11.500
6	เตาไมโครเวฟ	1,200	1 เครื่อง	6	7.200
7	เครื่องปั๊มน้ำปั๊ม	750	2 เครื่อง	5	7.500

**ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างวิธีการนำบริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในร้านกาแฟสด
แห่งหนึ่ง (ต่อ)**

ลำดับ ที่	ชื่อ อุปกรณ์ไฟฟ้า	ขนาดกินไฟ (วัตต์)	จำนวน	ระยะเวลา การใช้ ต่อวัน	จำนวนหน่วย (กิโลวัตต์- ชั่วโมง) ต่อวัน
8	เครื่องบดขันมปัง	600	1 เครื่อง	2	1.200
9	เครื่องทำแซนวิช	700	1 เครื่อง	3	2.100
10	เครื่องทำมินิโดนัท	800	1 เครื่อง	3	2.400
11	ตู้แช่เย็น	347	2 ตู้	10	6.940
12	ตู้แช่แข็ง	210	1 ตู้	12	2.520
13	เครื่องคิดเงิน	230	1 เครื่อง	.6	1.380
รวม					49.258

ถ้าร้านนี้เปิดขายเดือนละ 30 วัน จะใช้ไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 1,477.74 หน่วย ต่อเดือน ซึ่งถ้าเสียค่าไฟหน่วยละ 2.5 บาท จะเสียค่าไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 3,694.35 บาท/เดือน อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานมาก และสมควรให้ความสำคัญในการ ห้าวิธีการประหยัด คือ เครื่องทำกาแฟ เตาไมโครเวฟ เครื่องปั่นขันมปัง ตู้แช่เย็น และกระติกน้ำร้อนไฟฟ้า ในกรณีที่ใช้เชื้อเพลิงอย่างอินดี้วาย เช่น แก๊สหุงต้ม ก็อาจคำนวนหาบริมาณที่ใช้ต่อเดือนได้โดยการคูณขนาดถังแก๊ส และจำนวน ถังที่ใช้ต่อเดือน นอกเหนือนี้ควรเข้าใจว่าสิ่งที่คำนวนได้นั้นคงจะมีความ คลาดเคลื่อนจากที่ใช้จริงอยู่บ้าง สาเหตุอาจมาจากขนาดกินไฟมีการ เปลี่ยนแปลง เนื่องจากอายุการใช้งาน หรือเปิดเครื่องไม่เต็มที่ (ระดับความ ดังของวิทยุ การเล่นซีดีกับวิทยุกินไฟต่างกัน ปั่นขันมปังที่ระดับ 2 กิกิ้นไฟ น้อยกว่าระดับ 3 เป็นต้น) สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าของร้านกาแฟสดใน ตัวอย่าง มาตรการประหยัดอาจประกอบด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

- ปิดเครื่องเมื่อไม่ใช้งาน
- ปรับระดับการทำงานให้สอดคล้องกับงานที่ทำ “ไม่เปิดเครื่องใช้งาน ที่ระดับสูงเกินไป เช่น วันไหนแಡดดี อาจลดจำนวนหลอดไฟฟ้า แสงสว่าง
- ลดจำนวนเครื่องที่เปิดใช้งาน เช่น จำนวนหลอดไฟ ตู้แช่แข็ง (กรณี ที่มีสิ่งของในตู้น้อย)
- เปลี่ยนเครื่องใหม่ โดยซื้อเครื่องขนาดเหมาะสมกับงาน เลือกรุ่นที่ กินไฟน้อย ใช้ตู้แช่ที่มีห้องแช่เย็นและแช่แข็งอยู่ในตู้เดียวกัน ใช้ เครื่องทำการแฟฟแบบกึ่งอัตโนมัติแทน เป็นต้น

จากการรวมวิธีและตัวอย่างที่ได้แสดงมา จะช่วยให้สามารถบ่งชี้ปริมาณ/ เครื่องจักร/เครื่องใช้ ที่ใช้พลังงานมากๆ เพื่อตรวจสอบคุณภาพงาน คุปกรณ์ได้ มีโอกาสที่จะประหยัดได้ และมีความคุ้มค่าต่อการลงมือดำเนินการ

2. หนารือคัดเลือกวิธีการประหยัดที่ได้ผลเร็ว และเสียค่าใช้จ่าย ในการประหยัดน้อย

ซึ่งจะให้ผลตอบแทนต่อการดำเนินการเร็ววิธีการจำพวกนี้สมควรทำ ให้มากกๆตัวอย่างลักษณะการใช้ที่ประสิทธิภาพต่ำสามารถแก้ไขปรับปรุงได้่าย และเสียค่าใช้จ่ายน้อย มีดังนี้

- การใช้ไม้พื้นขนาดใหญ่และซึ่มมากเป็นเชือเพลิง (ประสิทธิภาพการ เผาไหม้ไม่ดี)
- การเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าทิ้งไว้ โดยไม่ได้รับโหลดหรือทำงานตาม วัตถุประสงค์ เช่น เปิดพัดลมทิ้งไว้ โดยไม่มีคนอยู่ในห้อง หรือเดิน เครื่องจักรวับโหลดที่ค่าต่ำกว่าพิกัดเครื่องมาก (ประสิทธิภาพต่ำ) เช่น ให้ปั๊มน้ำทำงานที่อัตราการไหลต่ำกว่าค่าสูงสุดมากๆ (โดยการ หรือว่าล้วที่ทางออก)
- การเผาไหม์ที่ไม่เข้มๆ ควันจำนวนมาก (เชื้อเพลิงเผาไหม์ไม่หมด)
- การเผาไหม์ในเตาเผิด (สูญเสียความร้อนไปกับควัน และเปลวไฟ มาก)

- ใช้ไฟ (จากการແພ່ໄໝ) ແຈງເກີນໄປ (ຄວາມຮ້ອນເກີນຄວາມຕ້ອງກາງ)
- ໃຫ້ມັກຕົ້ມ ກະທະໂຫດ ຮ້ອອື່ວ ໂດຍໄມ້ມີຝາປິດ
- ນ້ຳແລະ ໄອນ້ຳຮ້ວຈາກທ່ອຮ້ອອຸປະກຣນ
- ໄມ່ໜຸ່ມຂັນວນກາງໜະ ແລະທ່ອຮ້ອນ/ເຢັນ
- ຄວາມຮ້ອນ/ເຢັນ ຮ້ວ່າໄລຜ່ານຊ່ອງ/ສູບປິດ
- ພລິດພລຈາກໂຮງງານຖຸກທີ່ (Reject) ມາກ
- ເປີດໄຟຟ້າແສງສ່ວ່າງມາກເກີນໄປ
- ປັບອາກາສໂດຍໄມ້ຈຳເປັນ
- ປະຕູຕູ່ເຢັນ ທ້ອງເຢັນ ເປີດບ່ອຍເກີນໄປ
- ໄນໄດ້ຄູແລ ບໍາງຸງຮັກໜາອຸປະກຣນ ເຄື່ອງໃໝ່ ເຄື່ອງຈັກ ອຢ່າງສມໍາເສມອ

3. ເລືອກເທັກໂນໂລຢີກາຮປະຫຍັດທີ່ເໝາະສມ

ນອກຈາກວິທີກາຮປະຫຍັດຈ່າຍໆ ທີ່ກ່າວໃນຂ້ອກ່ອນແລ້ວ ອາຈພິຈາຮນາເລືອກໃໝ່ເທັກໂນໂລຢີຢ່າງອື່ນທີ່ຕ້ອງອາສຍຄວາມຮູ້ທາງເທັກນິກ ແລະເງິນຄ່າໃໝ່ຈ່າຍໃນການດໍາເນີນການມາຂຶ້ນຕີ່ງໃນໜີ່ຈະກ່າວເຂົາພະເທັກໂນໂລຢີສຳຄັນໆ ທີ່ອາຈພິຈາຮນານຳໄປໃຫ້ໄດ້ໃນທີ່ພັກອາສຍອາຄາຮຽກກິຈ ໂຮງງານ ແລະອື່ນໆທີ່ມີຂາດໄມ່ໄໝ່ມູນັກ

3.1 ເທັກໂນໂລຢີກາຮລັດຄ່າໄຟຟ້າ

ເນື່ອນ້ຳມັນມີມາຄາສູງຂຶ້ນ ເຊື້ອເພີ້ງໝັນດອ່ື່ນ ເຊັ່ນ ແກ້ສອງຮອມໝາຕີ ຄ່ານທຶນ ກົງຈະສູງຂຶ້ນຕາມ ເພວະກຸລໄກຮາຄາທີ່ຜູກຕິດກັບນໍ້າມັນ ເນື່ອຈາກເປັນພັດງານທີ່ທົດແທນກັນໄດ້ ໄຟຟ້າກີ່ເຊັ່ນກັນ ກົງຈະມີມາຄາສູງຂຶ້ນ ເນື່ອຈາກຕ້ອງໃໝ່ເຊື້ອເພີ້ງຂ້າງຕົ້ນໃນການພລິດ ດັ່ງນັ້ນ ເພື່ອປະຫຍັດຄ່າໃໝ່ຈ່າຍຂອງຕົນເອງ ຈຶ່ງສົມຄວນທີ່ຈະໃໝ່ໄຟຟ້າຢ່າງປະຫຍັດເທັກໂນໂລຢີທີ່ເທັກນິກວິທີກາຮປະຫຍັດໄຟຟ້ານັ້ນມີມາກາຍ ທີ່ຈະກ່າວຕ່ອໄປເປັນເພີ່ມສ່ວນໜີ່ຂອງທັງໝາດ ຕີ່ງຈະເສັນອເຂົາພະທີ່ສຳຄັນໆ ດັ່ງນີ້

ກ. ກາຮປັບປຸງຄ່າຕ້ວປະກອບກຳລັງໄຟຟ້າ (Power Factor) ຕີ່ງເປັນຄ່າທີ່ແສດງສ່ວນຮະກາວໃໝ່ໄຟຟ້າຂອງ

อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าโดยทฤษฎีจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 ลักษณะการใช้ที่ให้ค่าตัวประกอบอยู่ระหว่าง 0.85 กับ 0.95 ถือว่าใช้ได้ ซึ่งจะให้ผลดังกล่าวเมื่อใช้อุปกรณ์ดังกล่าวทำงาน(รับโหลด)ใกล้เคียงกับพิกัดขนาดเครื่อง ในกรณีที่ใช้ทำงานต่ำกว่าขีดความสามารถเครื่อง (พิกัดขนาด)มากๆ จะมีการสูญเสียพลังงานเพิ่มมากขึ้น เช่น ใช้มอเตอร์ขนาด 10 กิโลวัตต์ทำงานที่ 40% ของพิกัด ซึ่งอาจหมายความว่าไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามอเตอร์เพียง 50% เท่านั้น ที่นำไปใช้ในการขับเคลื่อน ส่วนที่เหลือเป็นพลังงานที่สูญเสียไป ดังนั้น จึงควรเดินเครื่องทำงานที่ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสูงๆ

- ๙. การลดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ไฟฟ้าที่ใช้ชื่อมาเก็บไว้ไม่ได้ ไม่เหมือนสินค้าอื่น กำลังหรือพลังไฟฟ้าที่ผู้ใช้ต้องการในขณะใดขณะหนึ่ง การไฟฟ้าฯ จะต้องจ่ายไฟให้ โดยคิดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบเดือนเป็น บาท/กิโลวัตต์/เดือน ซึ่งถ้าลดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดลงได้ ก็จะช่วยลดค่าไฟฟ้าส่วนนี้ลง วิธีการปรับลดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดอาจทำได้หลายประการ เช่น ปรับตารางการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า หลีกเลี่ยงการใช้อุปกรณ์ที่กินไฟมากๆ ในเวลาเดียวกัน โดยเฉพาะในช่วงที่ไฟฟ้ามีราคาแพง (ช่วง Peak) พยายามเปลี่ยนไปเดินช่วงที่ไฟฟ้ามีราคาถูก (Off-peak) ให้มากๆ พยายามใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง กินไฟน้อย จะช่วยลดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดได้เช่นกัน นอกจากนี้ อาจลดค่าดังกล่าวได้อีกโดยการลดระยะเวลาการเดินเครื่องโดยไม่มีโหลดหรือเดินเบา เช่น ในเครื่องอัดลมเป็นต้น ซึ่งอาจดำเนินการโดยใช้วิธีดับเครื่องในช่วงดังกล่าว โดยอาศัยอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติในการตัด-ต่อสวิตช์

3.2 ใช้ให้มีประสิทธิภาพ

นอกจากเทคนิคบริการที่กระทำได้รวดเร็ว และเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่กล่าวมาแล้ว การลงทุนจัดซื้ออุปกรณ์ หรือเทคโนโลยีที่ช่วยให้เครื่องทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ก็ควรได้รับการพิจารณา ดัวอย่างเช่น

- ก. ปั๊ม ปั๊มหาอาจเกิดจากการใช้ปั๊มขนาดโตเกินไป หรือควบคุมการทำงานไม่ดี แนวทางการปรับปรุง อาจเริ่มนโดยการเลือกใช้ปั๊มที่มีขนาดถูกต้อง และเหมาะสมกับงาน การใช้ปั๊มขนาดโตเกินไปอาจทำให้พลังงานที่สูญเสียมีค่ามากถึง 20% ในกรณีที่อัตราการไหลที่ต้องการมีค่าไม่คงที่ในช่วงการทำงาน ในแต่ละวันการใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วของ การหมุนของใบพัดปั๊มแทนการหีบหักว้าที่ทางออกจะทำให้สามารถประหยัดพลังงานที่ใช้ขับปั๊มได้มาก ความคุ้มค่ากับเงินลงทุนที่ใช้ขึ้นกับลักษณะการทำางานและขนาดปั๊ม การดูแลบำรุงรักษาปั๊มให้อยู่ในสภาพดีเสมอ จะช่วยประหยัดพลังงานได้ร้อยละ 5-10 ทั้งนี้โดยการดูแลรักษาใบพัดปั๊มให้อยู่ในสภาพดี ปราศจากสิ่งสกปรกและตะกรันเกาะจับ ป้องกันการร้าวซึม ทำการหลอดลื่นเป็นประจำ และคอยปรับศูนย์ของเพลาภัยมอเตอร์ให้อยู่ในแนวเดียวกันเสมอ
- ข. เครื่องอัดลม กำหนดขนาดให้เหมาะสมกับงาน ถ้าโตเกินไป ประสิทธิภาพจะมีค่าต่ำลง ถ้าความต้องการลมอัดไม่คงที่อาจพิจารณาใช้เครื่องอัดลม 2 ตัว โดยที่ตัวแรกให้เดินเครื่องตลอดเวลา และรับโหลดฐาน ส่วนตัวหลังใช้รับโหลดช่วงสูง ราคาเครื่องขนาดเล็ก 2 ตัวรวมกันจะไม่แตกต่างมากจาก การใช้เครื่องขนาดใหญ่ตัวเดียว มาตรการประหยัดอย่างอื่นที่นำมาใช้ได้ คือ การใช้ถังลม ควบคู่กับอุปกรณ์ควบคุมการเปิด-ปิดเครื่อง

เมื่อความดันลมมีค่าตามที่ได้ตั้งไว้ล่วงหน้า การปรับลดค่าความดันทำงานของเครื่องให้เท่ากับความดันที่ต้องการโดยไม่เพื่อไว้มากเกินไปก็จะช่วยได้เช่นกัน ตัวอย่างเช่น ถ้าลดความดันของเครื่องจาก 10 บาร์ เหลือ 7.5 บาร์ จะทำให้ประสิทธิภาพดีขึ้นประมาณร้อยละ 20 การประหยัดอย่างอื่นอาจกระทำได้โดยการอุดดูรู้ว่าที่ห้องและข้อต่อต่างๆ รวมทั้งการทำความสะอาดท่อ จัดให้มีระบบภายในน้ำคงทนในท่อ ทำความสะอาดหม้อน้ำของ และการหันปากทางเข้าหรือห่อคุณลักษณะเครื่องไปยังบริเวณที่มีอากาศเย็น เป็นต้น

- ค. ไฟฟ้าแสงสว่าง มาตรการประหยัดมีหลายวิธี เช่น ใช้หลอดและคอมไฟที่มีประสิทธิภาพ คือ ให้ปริมาณความสว่างต่ออัตราการกินไฟสูง ปิดไฟในช่วงและบวิเวณที่ไม่จำเป็นโดยอาศัยการนาใช้ระบบควบคุมการปิด-เปิดอัตโนมัติ (เช่น วิธีตั้งเวลาใช้ Photo sensor, Movement sensor) เปิดเฉพาะบริเวณและตำแหน่งที่ต้องการใช้สำหรับงานลงทะเบียน ให้ติดตั้งคอมไฟใกล้ลำตัวแห่งที่ทำงาน
- ง. การทำความเย็นและปรับอากาศ เพิ่มอุณหภูมิการทำงานของคอมบอยล์เย็น (Evaporator) และลดอุณหภูมิของคอมบอร์โคน (Condenser) อย่าตั้งคุณภูมิในห้องเย็น/ตู้เย็นต่ำเกินไป และป้องกันไม่ให้น้ำแข็งเกาะคอมบอยล์เย็นเพิ่มพื้นที่ผิวน้ำเย็น เทคความร้อน (ระบบความร้อน) ของคอมบอร์โคน เพิ่มอัตราการระบายความร้อนออกจากคอมบอยล์ร้อนโดยการใช้พัดลมเป่าหรือดูด หรือให้วิธีระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-cooled condenser) ทำความสะอาดแผงท่อหลังตู้เย็นอยู่เสมอ ลดการสูญเสียความเย็นที่ประดู่หรือซ่อง

เปิด และพื้นผิวที่ไม่ได้บุ淳วน สำหรับประตูเปิดอาจ ประหด โดยการลดขนาดประตูหรือใช้ม่านพลาสติก เส้น/m่านอากาศ เพื่อป้องกัน หรือลดการสูญเสีย ความเย็น ใช้อุปกรณ์ทำน้ำแข็ง หรือทำน้ำเย็นล่วง หน้า ในช่วงที่ไฟฟ้าภาคฤดูหนาวไว้ในถัง แล้วนำออก มาใช้ทำความเย็น หรือปรับอากาศในช่วงที่ไฟฟ้า มีราคาแพง ในกรณีของห้องเย็น อาจแพงห้องออก เป็นส่วนๆ ช่วงที่มีผลิตภัณฑ์เข้ามายอย ก็ให้จัดเข้า เฉพาะส่วนย่อย แล้วทำความเย็นเฉพาะส่วนนั้น

3.3 การใช้เตาประสิทธิภาพสูง

ไม่จำเป็นเตาแก๊สหุงต้ม หรือเตาถ่าน ปัจจุบันมีเตา ประสิทธิภาพสูงวางขายในห้องตลาด การเลือกใช้เตาประเภทนี้ จะช่วยให้ประหยัดแก๊สหรือถ่าน

3.4 การนำความร้อนปล่อยทิ้งกลับมาใช้ใหม่

ความร้อนที่ปล่อยทิ้งจากอุปกรณ์ใช้ความร้อน ยังมีคุณค่า หลงเหลืออยู่ และมีศักยภาพที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้ในหลายๆ กรณี เช่น ไอเสีย หรือแก๊สร้อนจากเตา น้ำร้อนทิ้งจากอุปกรณ์ ไอ้น้ำ เป็นต้น ทั้งนี้ โดยการใช้เครื่องแยกเปลี่ยนความร้อนแบบ ของเหลวกับของเหลว (ความร้อนในกระแสของเหลวร้อน ถ่ายเท ให้กับกระแสของเหลวเย็น) หรือแบบที่แยกเปลี่ยนความร้อน ระหว่างกระแสของแก๊สร้อนกับกระแสของแก๊สเย็น ความร้อนที่ได้อำนน้ำไปคุณน้ำเพื่อใช้ในโรงแรม หรือโรงพยาบาล หรืออุ่นน้ำ ป้อนหม้อน้ำ อุปกรณ์ขึ้นหลังอาคารใช้คุณอากาศเข้ามาในมันและ อบแห้งวัสดุ สิ่งของ เช่น ใช้ในห้องอบสี เป็นต้น

3.5 ใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง

ชีวมวลในที่นี้หมายถึง วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ชานอ้อย แกลบ ไม้พิน ขี้กับ และครอบคลุมถึงแก๊สชีวภาพที่ได้ จากน้ำเสีย มูลสัตว์ด้วย เชื้อเพลิงประเภทนี้ราคาถูก และการ

นำมาใช้ในบางกรณี ช่วยแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมด้วย อาจนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำ หรือเดินเครื่องยนต์ บันไฟ (กรณีแก๊สเชื้อเพลิง)

3.6 การใช้พลังงานงานทดแทนอย่างอื่น

ปัจจุบันเชื้อเพลิงหรือพลังงานที่ใช้กันอยู่ทั่วไป เช่น น้ำมันแก๊สหุงต้ม ไฟฟ้า มีราคาแพง หรือมีแนวโน้มราคาสูงขึ้น จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนวิธีคิดและวิธีใช้ใหม่ เพื่อลดค่าใช้จ่าย การใช้พลังงานอื่นทดแทนเชื้อเพลิงพลังงานข้างต้นเป็นมาตรการที่สมควรได้รับการพิจารณา ซึ่งได้กล่าวถึงมาบ้างแล้ว ในที่นี้จะกล่าวถึงพลังงานทดแทนอย่างอื่นอีก 3 ชนิด ที่สำคัญความร้อนจากแสงแดด ชนิดแรก คือ เครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ ซึ่งมีผู้ทำขายในประเทศไทย ส่วนใหญ่จะติดตั้งบนหลังคาบ้าน หรืออาคารโรงพยาบาล โรงเรียนต่างๆ เพื่อผลิตน้ำร้อนสำหรับใช้ในบ้านและอาคารต่างๆ ข้างต้น อุปกรณ์ชนิดที่สอง เป็นเครื่องอบแห้งพลังแสงอาทิตย์ ซึ่งใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ในการอบแห้งผลิตผลต่างๆ เช่น กล้วยตาก ปลาหมึกแห้ง ปลาแห้ง เป็นต้น ซึ่งก็มีอย่างงานของรัฐหลายแห่งที่จะให้คำแนะนำในเรื่องอุปกรณ์และการซื้อมาใช้ได้ ชนิดสุดท้ายคือ เซลล์แสงอาทิตย์ ใช้ผลิตไฟฟ้า ซึ่งปัจจุบันรัฐบาลกำลังประชาสัมพันธ์ เผยแพร่ และติดตั้งทดลองในหมู่บ้าน อาคาร โรงงาน และที่พักอาศัยแห่ง

หากทางเลือกที่ดีที่สุด

เมื่อดำเนินการตามขั้นตอนที่{o} อธิบายในข้อ 4.1-4.3 แล้ว จะช่วยให้สามารถรู้ถึงสถานภาพการใช้พลังงานในบ้าน อาคาร หรือสถานประกอบการ ที่พิจารณาศึกษา จะรู้ว่าที่ไหน อุปกรณ์ใด มีการใช้พลังงานไม่มีประสิทธิภาพมากเกินไป และมีการสูญเสียพลังงานเป็นจำนวนมากจะปรับปรุงแก้ไขอย่างไร ถึงดูนี้ อาจลงมือดำเนินการประหดตามมาตรการและวิธีการง่ายๆ และเสียค่าใช้จ่ายน้อย ที่ได้อธิบายในข้อ 4.1 และ 4.2 สำนักเทคนิคิวธีการในข้อ 4.3 นั้น ต้องเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมากขึ้น จำเป็นต้องมีการตรวจสอบและพิจารณาว่า จะเลือกวิธีใด เหมาะสมหรือไม่ อย่างไร สิ่งที่{o} อธิบายต่อไปนี้ เป็นแนวทางและขั้นตอนในการตรวจตัดเลือก

- ประเมินผลการประหดที่คาดว่าจะได้จากการดำเนินมาตรการประหดที่พิจารณาจะนำมาใช้ เช่น ค่าใช้ค่าใช้จ่าย พลังงานที่ลดลง ค่าใช้จ่ายที่ลดลง ใช้คนน้อยลง ซึ่งจะทำให้เสียเงินเดือน ค่าจ้าง น้อยลง ทั้งหมดนี้ควรจะคำนวณปริมาณต่อปี
- ประเมินผลตอบแทนในการลงทุนดำเนินการ สำหรับมาตรการประหดที่ไม่ต้องใช้จ่ายเงินในการดำเนินงานมาตรการประหดนี้ สมควรลงมือทำโดยเร็ว เพราะจะให้ผลตอบแทนทันทีที่ปฏิบัติ ถ้าเลือก มาตรการประหดที่ต้องใช้เงินลงทุน หรือเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน จำเป็นจะต้องมีการวิเคราะห์ คำนวณ เพื่อให้แน่ใจว่าผลการประหดที่ได้จากการดำเนินการตามมาตรการที่พิจารณา มีความคุ้มค่ากับค่าใช้จ่ายที่เสียไป โดยใช้ไปเมื่อไหร่ ก็จะได้เงินที่ลงทุนใช้จ่ายไปคืนในรูปของผลการประหด หรือ ให้ผลการประหด ซึ่งคิดเป็นร้อยละของเงินลงทุนแล้ว เป็นจำนวนที่สูง เช่น ร้อยละ 30 เป็นต้น
- การตรวจสอบความคุ้มค่าของมาตรการ โดยใช้เกณฑ์ระบบ เวลาคืนทุน ดังที่กล่าวในข้อ ๑. เป็นแนวปฏิบัติที่ใช้กันแพร่หลาย ซึ่งจะใช้ข้อมูลค่าใช้จ่ายเริ่มต้น ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์หรือเทคโนโลยีประหด รวมค่าติดตั้ง และค่า

ใช้จ่ายอย่างอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น การฝึกผู้ควบคุม/ใช้ หรือเดินเครื่องระบบ/อุปกรณ์ นอกจากนี้ อาจมีค่าใช้จ่ายอย่างอื่นเพิ่มเติม เช่น ดอกเบี้ยเงินกู้ (ถ้ากู้เงินมาดำเนินการ) ค่าซือมบำรุงรักษาให้ และอุปกรณ์ ค่าจ้างพนักงานเพิ่ม เป็นต้น ค่าใช้จ่ายต่างๆ ตามที่ก่อมาเป็นลำดับ (ยกเว้นค่าใช้จ่ายเริ่มต้น) ให้คำนวณในรอบ 1 ปี และนำไปเทียบกับผลการประหยัด

๔. คำนวณหาผลการประหยัดสูตรต่อปี ซึ่งเท่ากับผลการประหยัดที่ได้ใน 1 ปี - ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ 1 ปี หลังจากนั้น คำนวณหาระยะเวลาคืนทุนจากสมการข้างล่าง

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (ปี)} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น}}{\text{ผลการประหยัดสูตรใน 1 ปี}}$$

ค่าที่ได้มีความมากกว่า 3-5 ปี ตามเกณฑ์ทั่วไป

๕. ถ้าสถานประกอบการไม่มีเงินลงทุน ก็อาจกู้ยืมเงินจากธนาคารโดยอาศัยหลักประกันของตนเอง หรือขอภัยจากธนาคาร ตามโครงการของทุนให้กู้เพื่อการประหยัดพลังงานของรัฐบาล ซึ่งจะช่วยให้เสียดอกเบี้ยต่ำกว่าปกติ ทางเลือกอย่างอื่น คือ ติดต่อ บริษัทที่ให้บริการปรึกษาด้านพลังงาน (Energy service company) ซึ่งอาจช่วยลงทุนส่วนหนึ่งให้ แล้วนำผลการประหยัดที่ได้มาแบ่งกัน

๖. ปัจจัยอย่างอื่นที่สมควรได้รับการพิจารณาในการคัดเลือกมาตรการประหยัดที่จะนำมาใช้ เพื่อให้การดำเนินงานมีความละเอียดครบถ้วนปัจจัยและผลกระทบต่างๆ ครบถ้วน และสามารถปฏิบัติได้โดยปราศจากอุปสรรคและปัญหาที่จะทำให้ผลตอบแทนมีค่าน้อยลงกว่าที่ประเมิน หรือทำให้การดำเนินงานเป็นไปได้อย่างยากลำบาก เช่น ปัญหาการปรับปรุง หรือปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ กระบวนการ และวิธีทำงาน ที่อาจมีผลกระทบอย่างมากต่อการทำงาน และผลผลิต ปัญหาเกี่ยวกับความรู้และความชำนาญของคนที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุง

ดังกล่าว ว่ามีความสามารถเพียงพอที่จะติดตั้ง และควบคุม การใช้งานของอุปกรณ์ที่ปรับปูนได้หรือไม่? ถ้าหากเป็นปัญหา จะทำอย่างไร? จะต้องมีการฝึกอบรมมากหรือไม่? อุปกรณ์หรือ เทคโนโลยีที่จะนำมาใช้หาซื้อและซ่อมได้ในประเทศไทยหรือไม่? และ อุปกรณ์ดังกล่าวมีความเสื่อมถูกไฟไหม้มากน้อยแค่ไหน? ในบางครั้ง การปรับเปลี่ยนจะต้องใช้ทรัพยากรามากขึ้น เช่น ถ้าเปลี่ยน มาใช้เชื้อเพลิงชีวนิว จะต้องพิจารณาว่า การจัดซื้อ จัดหา และ การกองเก็บกระทำได้สะดวกหรือไม่? การปรับปูนเปลี่ยนแปลง มีผลกระทบต่อต้นทุนและราคาจำหน่ายผลิตภัณฑ์ สภาพ แวดล้อมการทำงาน และการปลดปล่อยมลพิษหรือไม่? แค่ไหน? อย่างไร? ลิงต่างๆ เหล่านี้ จะต้องนำมาพิจารณาประกอบด้วย ก่อนตัดสินใจดำเนินการ

การลงมือปฏิบัติ การติดตามและประเมินผล

1. การลงมือปฏิบัติ

การนำมาตรฐานหรือเทคนิคหรือวิธีการประยุกต์ไปดำเนินการ ถ้าเป็น บริษัท หรือสถานประกอบการ ก็ควรมีการจัดทำแผนดำเนินงาน ซึ่งจะให้ ทิศทาง และโปรแกรมของการดำเนินงาน แผนที่ดีควรประกอบด้วย วัตถุประสงค์ที่เฉพาะเจาะจง วัดได้ ประเมินได้ ปฏิบัติได้ และสามารถ ทำได้ผลตามที่ตั้งเป้าไว้ภายในระยะเวลาที่กำหนด เช่น ลดการใช้พลังงาน ลงร้อยละ 20 ภายใน 1 ปี เป็นต้น ส่วนต่อไป คือ กิจกรรมต่างๆ ที่จะต้อง กระทำภายใต้แผนการดำเนินงานนี้ โดยระบุวันที่เริ่มต้นดำเนินการ และวัน แล้วเสร็จ สำหรับแต่ละกิจกรรม พร้อมทั้งระบุผลที่คาดว่าจะได้หรือผล ผลกระทบในระยะสั้น ปานกลาง และยาว งบประมาณที่คาดว่าจะใช้ในแต่ละ กิจกรรมและทั้งหมด รวมถึงการแบ่งความรับผิดชอบในกิจกรรมแต่ละอย่าง ให้แก่ผู้ร่วมงาน

เมื่อได้แผนการดำเนินงานดังข้างต้นแล้ว ก็จะถึงขั้นตอนของการนำ แผนไปปฏิบัติซึ่งจะต้องมีการปรับระบบและกำหนดเวลาการทำงานของหน่วย

งานให้สอดรับกับมาตรการที่จะนำมาปฏิบัติ (ถ้าจำเป็น) จัดเตรียมคนเพื่อรับมาราบทราบประหดต่างๆ ที่กำหนดไว้ในแผน ซึ่งอาจจำเป็นต้องมีการฝึกอบรม ต่อจากนั้นจะเป็นขั้นตอนของการสั่งซื้อและติดตั้งระบบและอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับแต่ละมาตรการ ซึ่งอาจดำเนินการเอง หรืออาศัยความช่วยเหลือจากผู้ชำนาญการของภาครัฐหรือเอกชน ซึ่งอาจต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่ม ที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ สมควรสนับสนุนการทำงานเป็นทีม โดยให้พนักงานเข้ามามีส่วนร่วมด้วย เพื่อให้การดำเนินงานมีความสัมฤทธิ์ผลมากขึ้น

2. การติดตามผล

วัตถุประสงค์หลักของงานส่วนนี้ก็เพื่อตรวจสอบว่าโปรแกรมการประหดต์ที่จัดทำนั้นมีความคุ้มกับค่าใช้จ่ายเวลาและทรัพยากรที่เสียไปหรือไม่นอกจากนั้นแล้ว ยังจะให้ข้อมูลการใช้พลังงานในแต่ละส่วนของโรงงาน หรือสถานประกอบการ บริเวณที่ใช้พลังงานมาก และบริเวณที่มีการสูญเสียพลังงานสูงซึ่งจะเป็นจุดที่มีศักยภาพในการที่จะให้ได้ผลการประหดต์เพิ่มขึ้นจากเดิม ระบบติดตามผลที่ดีควรประกอบด้วย

- ก. การตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด
- ข. การวิเคราะห์หาค่าปริมาณการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต
- ค. การบันทึกค่าปริมาณการใช้พลังงานต่อการดำเนินงานในแต่ละครั้ง
- ง. การวิเคราะห์และอธิบายการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง
- จ. การเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าของบริษัทอื่นที่ผลิตของอย่างเดียวกัน
- ฉ. การเปรียบเทียบผลที่ได้กับค่ามาตรฐานอ้างอิงต่างๆ
- ช. การแสดงให้เห็นผลกระทบของมาตรการประหดต์ต่อค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน

3. การประเมินผล

วัตถุประสงค์สำคัญของงานส่วนนี้ก็เพื่อตรวจสอบว่าโปรแกรมการประหดต์ที่ดำเนินการนั้นเป็นไปตามแผนหรือไม่? ถ้าไม่ เพราะเหตุใด? และจะทำให้เป็นไปตามแผนได้อย่างไร?

การประเมินผล คือ การตรวจสอบสมฤทธิผลของการดำเนินงาน ปัญหา คุณภาพในการดำเนินงาน และเสนอแนะวิธีการที่จะปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น ผลที่ได้จะเป็นประโยชน์สำหรับการวางแผนจัดทำโปรแกรมครั้งต่อไป เนื่องจาก การประยุกต์พัฒนาเป็นกระบวนการต่อเนื่องที่หน่วยงานจะต้องหาทางเพิ่ม ประสิทธิภาพการใช้พลังงานอยู่เสมอ

โดยลักษณะของงาน การประเมินควรจะทำให้ครอบคลุมทุกๆ ด้าน ของมาตรการที่ดำเนินการไป เช่น สมรรถนะทางเทคนิค ความสะอาดใน การใช้และการดูแลบำรุงรักษา ความเสื่อมถูกใจ ผลการประยุกต์จริงที่ได้ ผลตอบแทนทางการเงิน กิจกรรมการดำเนินงาน และระยะเวลาเป็นไปตาม แผนหรือไม่? พนักงานได้เรียนรู้และมีความชำนาญมากขึ้น?

โดยย่อ การประเมินอาจหมายความถึง การบันทึก ประสบการณ์ที่ได้จากการดำเนินโปรแกรมการประยุกต์ ชี้รวมถึง ผลประโยชน์ที่ได้ ปัญหา และวิธีแก้ไข



บทที่ 3

การใช้พลังงานในการขับส่ง

สมชาย จันทร์ชាណา¹

การจัดการด้านการคุณภาพของมนุษย์เป็นภารกิจที่มีความสำคัญในระดับต้นๆ ของประเทศต่างๆ ความสามารถในการจัดการการขับส่งคนและสินค้าจำนวนมากได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นสิ่งหนึ่งที่บ่งบอกความเป็นประเทศที่พัฒนาแล้ว ปัจจุบันความต้องการในภาคการขนส่งเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในหลายด้าน ได้แก่ ความต้องการการขนส่งทางถนน โครงสร้างพื้นฐานที่รองรับการขนส่ง ประชากรростโดยสารและรถบรรทุกที่ใช้สำหรับการขนส่ง จำนวนความต้องการเดินทางที่มากขึ้นและระยะทางในการเดินทางที่เพิ่มขึ้น ในแต่ละปี สิ่งเหล่านี้ได้ทำให้เกิดความสนใจและการเติบโตด้านการคุณภาพของมนุษย์ยังไงไปได้อย่างไร? และในปัจจุบันปัญหานี้ก็หาคำตอบที่ชัดเจนยังไม่ได้ เมื่อการเติบโตด้านการขนส่งเพิ่มขึ้น ปริมาณพลังงานที่จะ

¹ ห้องปฏิบัติการวิจัยเครื่องยนต์และการเผาไหม้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ต้องใช้สำหรับการขนส่งก็เพิ่มขึ้นเป็นเงาตามตัวการจัดหาพลังงานในปริมาณที่เพียงพอและในราคาน้ำมันที่สมเหตุสมผลจะกระทำได้อย่างไร? การขนส่งด้วยยานยนต์ยังก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศ ซึ่งต้องการการดูแลรักษาให้อยู่ในระดับมาตรฐานจะกระทำอย่างไร? ห้ามที่สุดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากภาคการขนส่งในอัตราที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ได้ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก จะมีมาตรการในการควบคุมกันอย่างไร?

ปัจจัยกีเพล็กดันให้มีการพัฒนาอย่างยั่งยืน

1. ประชากรโลก

จำนวนประชากรโลกที่เพิ่มมากขึ้นเป็นสาเหตุหลักประการหนึ่งที่ทำให้อัตราความต้องการใช้พลังงานสูงมากขึ้นเป็นเงาตามตัว ข้อมูลขององค์การสหประชาชาติ ระบุว่าในปี พ.ศ. 2493 (ค.ศ. 1950) ประชากรโลกมีจำนวน 3,000 ล้านคน ปัจจุบันจำนวนประชากรโลกมีประมาณ 6,000 ล้านคน และคาดว่าในอีก 50 ปีข้างหน้า ประมาณปี พ.ศ. 2593 (ค.ศ. 2050) ประชากรโลกจะมีประมาณ 9,000 ล้านคน เป็นที่สังเกตได้ว่าในช่วงเวลาประมาณ 100 ปี (พ.ศ. 2493-2593) จำนวนประชากรโลกเพิ่มขึ้น 3 เท่า ยิ่งกว่านั้น ประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่ไม่ได้อาศัยอยู่ในประเทศที่พัฒนาแล้วแต่อยู่ในประเทศที่กำลังพัฒนาและประเทศด้อยพัฒนา ซึ่งต้องการใช้พลังงานต่อหัวในอัตราที่เพิ่มขึ้น

พลังงานที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์โลกมาจากการเชื้อเพลิงหลักประเภท ได้แก่ ถ่านหิน น้ำมันน้ำมันบริโภค เกass ธรรมชาติ ไฟฟ้า และอื่นๆ โดยการใช้พลังงานมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี ในปี พ.ศ. 2546 มีค่าประมาณ 7,300 ล้านตันเทียบเท่าน้ำมันดิน ซึ่งพลังงานที่ได้มาจากน้ำมันน้ำมันบริโภคเพิ่มสัดส่วนมากที่สุด คือ ประมาณร้อยละ 43 ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมดทั้งนี้ ภาคการขนส่งและภาคอุตสาหกรรมเป็นส่วนที่ใช้น้ำมันน้ำมันบริโภคเพิ่มมาก

เป็นสองลำดับตันๆ ตามลำดับ โดยภาคการขันส่งมีการใช้น้ำมันปิโตรเลียมในสัดส่วนร้อยละ 42 ในปี พ.ศ. 2516 และเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 58 ในปี พ.ศ. 2546

2. แหล่งเชื้อเพลิงปิโตรเลียม

ปัจจุบันมีความคิดเห็นที่ขัดแย้งกันเกี่ยวกับปริมาณสำรองเชื้อเพลิงปิโตรเลียมที่ยังเหลืออยู่ให้พื้นโลก โดยหัวข้อได้แบ่งก็คือ น้ำมันจะมีใช้ได้ต่อไปอีกนานสักเท่าไร? ฝ่ายหนึ่งเป็นกลุ่มนักธรณีวิทยาซึ่นนำมีความเห็นว่าปริมาณน้ำมันสำรองน่าจะมีใช้ต่อไปได้อีกประมาณ 40 ปี และแก๊สธรรมชาติสามารถใช้ต่อไปได้อีกประมาณ 60 ปี อีกฝ่ายหนึ่งเป็นกลุ่มนักเศรษฐศาสตร์ที่เชื่อว่าความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีจะช่วยให้มนุษย์โลกมีน้ำมันและแก๊สใช้ต่อไปได้ในช่วงเวลาที่นานกว่านั้น

3. การปล่อยแก๊สร้อนกระจก

ช่วงก่อนยุคอุตสาหกรรมปริมาณความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศมีค่าประมาณ 280 ส่วนในล้านส่วน เนื่องจากความก้าวหน้าทางด้านอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีให้เกิดความต้องการผลิตงานและการใช้เชื้อเพลิงอย่างมากมาย ในปัจจุบันบรรยากาศได้รับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไว้จนกระทั่งมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น 375 ส่วนในล้านส่วน และมีแนวโน้มว่าถ้าไม่มีการดำเนินมาตรการใดๆ แล้ว แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศจะมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ได้มีความพยายามในหลายประเทศและหลายองค์กร ที่รณรงค์ให้มีการควบคุมการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ให้อยู่ในระดับ 500 ± 50 ส่วนในล้านส่วน ภายในปี พ.ศ. 2593 หรือภายในกึ่งศตวรรษนี้ เชื่อกันว่าถ้ามนุษย์โลกไม่ร่วมมือร่วมใจกัน ในการควบคุมการปล่อยแก๊สร้อนกระจก ปัญหา Climate change และ Global warming ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และที่ความรุนแรงขึ้นเรื่อยๆ จะก่อให้เกิดความหายใจอย่างใหญ่หลวงกับมวลมนุษยชาติ

การใช้พลังงานในการขนส่ง ของประเทศไทย

ประเทศไทยมีการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (final energy consumption) เพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 6 ในช่วงห้าปีที่ผ่านมา โดยในปี พ.ศ. 2547 การใช้พลังงานมีค่า 60,269 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ จากข้อมูลในตารางที่ 3.1 ถ้าจำแนกการใช้พลังงานตามสาขาเศรษฐกิจ พบว่าการใช้พลังงานในภาคการขนส่งมีสัดส่วนมากที่สุดประมาณร้อยละ 37-38 ของการใช้พลังงานทั้งหมด ของประเทศไทย และเมื่อพิจารณาการขนส่งทั้งทางถนน ทางรถไฟ ทางน้ำ และทางอากาศ นับว่าการขนส่งทางถนนมีการใช้พลังงานมากที่สุดประมาณร้อยละ 78-79 เทียบได้เป็นพลังงานจำนวน 14,244-17,862 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ในระยะเวลาห้าปีที่ผ่านมา

ตารางที่ 3.1 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ
หน่วย: พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ร้อยละ)

สาขา	2543	2544	2545	2546	2547
เกษตรกรรม	2,791 (5.8)	2,847 (5.7)	3,032 (5.7)	3,308 (5.9)	3,443 (5.7)
อุตสาหกรรม	16,442 (34.4)	17,143 (34.7)	18,934 (35.8)	20,255 (36.0)	1,683 (36.0)
บ้านอยู่อาศัย	7,433 (15.6)	7,483 (15.1)	7,909 (14.9)	8,173 (14.5)	8,370 (13.9)
ธุรกิจการค้า	3,118 (6.5)	3,437 (6.9)	3,468 (6.5)	3,626 (6.4)	3,866 (6.4)
การขนส่ง	18,022 (37.7)	18,632 (37.6)	19,636 (37.1)	20,927 (37.2)	2,907 (38.0)
รวม	47,806 (100)	49,542 (100)	52,979 (100)	56,289 (100)	60,269 (100)

แหล่งข้อมูล: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

เชื้อเพลิงที่ใช้เป็นพลังงานของการขนส่งทางถนนสำหรับประเทศไทย ได้แก่ น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน แก๊สโซฮอล์ ไบโอดีเซล แอลพีจี และแก๊สธรรมชาติ โดยมีการใช้น้ำมันดีเซลมากที่สุดในสัดส่วนร้อยละ 50-53 และน้ำมันเบนซินมากเป็นอันดับสองในสัดส่วนร้อยละ 24.0-27.5 ของปริมาณ พลังงานที่ใช้ในภาคการขนส่ง ส่วนการใช้แก๊สโซฮอล์ ไบโอดีเซล แอลพีจี และแก๊สธรรมชาติสำหรับการขนส่งทางถนนนับได้ว่ามีสัดส่วนที่น้อยมาก โดยในปี พ.ศ. 2547 เชื้อเพลิงทั้งสี่ชนิดมีสัดส่วนการใช้เพียงร้อยละ 1.5 ของปริมาณพลังงานที่ใช้ในภาคการขนส่งเท่านั้น

การใช้พลังงานในการขนส่งทางถนนเชื่อได้ว่าแอลพีจีไม่น่าจะมีปริมาณ การใช้ที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากไม่มีนโยบายจากภาครัฐสนับสนุนให้มีการใช้ แอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับภาคการขนส่ง ส่วนแก๊สธรรมชาติ แก๊สโซฮอล์ และไบโอดีเซล น่าจะมีปริมาณการใช้ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากมีนโยบายสนับสนุน

ตารางที่ 3.2 การใช้พลังงานในสาขาวิชาการขนส่งจำแนกตามประเภท หน่วย: พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ร้อยละ)

พ.ศ.	LPG	ULG 87	ULG 91	ULG 95	Gasohol	Jet Fuel	HSD	LSD	Palm Diesel	Fuel Oil	NGV	Electricity	Total
2543	192	36	2,388	2,535	-	2,856	9,246	76	-	688	2	3	18,022
	(1.1)	(0.2)	(13.3)	(14.1)		(15.8)	(51.3)	(0.4)		(3.8)	(0.0)	(0.0)	(100)
2544	295	6	2,809	2,223	2	3,038	9,459	78	1	716	2	3	8,632
	(1.6)	(0.1)	(15.1)	(11.9)	(0.0)	(16.3)	(50.8)	(0.4)	(0.0)	(3.8)	(0.0)	(0.0)	(100)
2545	267	-	3,177	2,213	1	3,088	9,958	83	1	839	6	3	19,636
	(1.4)		(16.2)	(11.3)	(0.0)	(15.7)	(50.7)	(0.4)	(0.0)	(4.3)	(0.0)	(0.0)	(100)
2546	245	-	3,327	2,286	2	3,074	10,810	70	1	1,096	13	3	20,927
	(1.2)		(15.9)	(10.9)	(0.0)	(14.7)	(51.7)	(0.3)	(0.0)	(5.2)	(0.1)	(0.0)	(100)
2547	263	-	3,375	2,197	45	3,467	12,126	75	2	1,326	27	4	22,907
	(1.2)		(14.7)	(9.6)	(0.2)	(15.1)	(53.0)	(0.3)	(0.0)	(5.8)	(0.1)	(0.0)	(100)

แหล่งข้อมูล: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ให้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับภาคการขนส่งต่างๆ ขยายปริมาณการใช้แก๊สธรรมชาติให้มากขึ้นนั้น จะต้องมีการเพิ่มปริมาณสถานีบริการจำหน่ายแก๊สธรรมชาติให้มากขึ้น ตลอดจนควรให้ข้อมูลและความเข้าใจในการใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงยานยนต์กับประชาชนอย่างต่อเนื่อง ส่วนการเพิ่มปริมาณการใช้แก๊สโซฮอล์ และไบโอดีเซลให้มากขึ้นนั้น ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ในการผลิตเชื้อเพลิง และไบโอดีเซล เนื่องจากวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงทั้งสองนั้นจะต้องแบ่งปันมาจากวัตถุดิบที่จะใช้ในการบริโภค

การเลือกเชื้อเพลิงยานยนต์ของประเทศไทย

1. แก๊สโซฮอล์

เชื้อเพลิงยานยนต์ที่ใช้กันเป็นส่วนใหญ่ในปัจจุบัน คือ น้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล โดยน้ำมันเบนซินมักเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้กับรถยนต์นั่ง และรถจักรยานยนต์ประเทศไทยได้มีการพัฒนาคุณภาพและองค์ประกอบของน้ำมันเบนซินมาเป็นลำดับโดยมีเหตุผลในการพัฒนาคุณภาพน้ำมันเพื่อลดมลพิษที่ออกมากับ ไอเสียของเครื่องยนต์ อันนำไปสู่การรักษาคุณภาพอากาศในเมืองใหญ่ๆ ที่มีปริมาณรถยนต์หนาแน่น จนกระทั่งน้ำมันเบนซินที่เคยมีสารตะกั่วเป็นส่วนผสมได้ถูกยกมาเป็นน้ำมันเบนซินชนิดไร้สารตะกั่วทั่วทั้งประเทศแล้ว ในกรณีน้ำมันเบนซินได้สารตะกั่วมาใช้จำเป็นต้องใช้สาร MTBE ทดแทนสารตะกั่ว เพื่อรักษาคุณภาพของน้ำมันเบนซิน โดยเฉพาะค่าออกเทนของน้ำมันให้อยู่ในระดับเดิมที่เครื่องยนต์ต้องการ อย่างไรก็ตาม สาร MTBE ที่ต้องเติมในน้ำมันเบนซิน (โดยเฉพาะน้ำมันออกเทน 95) ต้องใช้ในปริมาณไม่เกินร้อยละ 10 นั้น เป็นสารที่ต้องนำเข้ามาจากการต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ และได้มีข้อมูลในวงการวิชาการว่าสาร MTBE ในน้ำมันเบนซินที่ร่วงออกจากรถยนต์และซึมผ่านไปสู่แหล่งน้ำได้ติดน้ำได้ก่อให้เกิดการปนเปื้อนน้ำได้ติดได้ต่อมากว่าได้มีการพิจารณาที่จะใช้สารเพิ่มค่าออกเทนในน้ำมันเบนซินที่มาทดแทนสาร MTBE ได้ดีที่สุด นั่นก็คือ เอกานอล ซึ่งสามารถผลิตได้จากผลิตผลทางการเกษตร เช่น กากน้ำตาล มันสำปะหลัง และสามารถตั้ง

โรงงานผลิตได้ในประเทศไทยจากนั้นการนำผลผลิตทางการเกษตรมาใช้ผลิต เอกทานอลยังเป็นการช่วยพยุงราคาพืชผลทางการเกษตรได้ด้วย จึงเป็นที่มาของเชื้อเพลิงชนิดใหม่ในประเทศไทย ก็คือ แก๊สโซฮอล์ ซึ่งมีองค์ประกอบ เป็นน้ำมันเบนซินร้อยละ 90 และekoทานอลร้อยละ 10 โดยปริมาณ

ในปี พ.ศ. 2547 การจำหน่ายแก๊สโซหอล์มีปริมาณ 60 ล้านลิตร และในช่วง 7 เดือนแรกของปี พ.ศ. 2548 (มกราคม-กุมภาพันธ์) มีปริมาณ 209 ล้านลิตร ปัจจุบันมีผู้ประกอบการที่ได้รับอนุญาตจากรัฐบาลให้ตั้งโรงงานผลิตและจำหน่ายekoทานอลจำนวน 8 ราย และคาดว่าในปี พ.ศ. 2548 โรงงานผลิตekoทานอล ทั้งหมดจะก่อสร้างเสร็จเรียบร้อย และจะมีกำลังผลิตรวมกัน 1,502,000 ลิตร/วัน อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันไม่สามารถผลิตekoทานอลได้ตามแผนที่วางไว้ เนื่องจากอุปสรรคด้านวัตถุดิบและต้นทุนของวัตถุดิบที่สูงกว่าที่คาดการณ์ไว้ทำให้ต้องมีการนำเข้าekoทานอลจากต่างประเทศด้วย

การนำแก๊สโซหอล์ไปใช้งานกับรถยนต์เบนซิน อาจส่งผลกระทบให้แรงบิด กำลังเครื่องยนต์ และประสิทธิภาพเชิงความร้อนมีค่าลดลงได้บ้าง เนื่องจากแก๊สโซหอล์มีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันเบนซินเล็กน้อย นอกจากนั้นอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถยนต์ที่ใช้แก๊สโซหอล์มีค่าสูงกว่ารถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินได้ ด้วยสาเหตุของค่าความร้อนของแก๊สโซหอล์ที่ต่ำกว่าน้ำมันเอง

2. แก๊สธรรมชาติ

การนำแก๊สธรรมชาติมาใช้เป็นเชื้อเพลิงยานยนต์สำหรับประเทศไทยที่มีแหล่งแก๊สธรรมชาติ จะเป็นการลดการนำเข้าน้ำมันปิโตรเลียมได้อีกทางหนึ่ง และเป็นการเพิ่มความมั่นคงในการจัดหาพลังงานของประเทศไทย ข้อได้เปรียบททางเทคนิคในการที่จะนำแก๊สธรรมชาติมาใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เบนซินก็คือ

- แก๊สธรรมชาติมีสถานะเป็นแก๊ส ซึ่งทำให้เครื่องยนต์ติดได้ง่าย แม้ในสถานที่ที่มีอากาศเย็นมากได้ และลดการปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์ให้น้อยลงในช่วงการติดเครื่องยนต์
- แก๊สธรรมชาติมีค่าออกเทน ประมาณ 120 RON สูงกว่าน้ำมันเบนซิน ซึ่งมีค่าออกเทน 91-95 RON ทำให้คุณสมบัติในการต้านทานการ

นือคของแก๊สธรรมชาติได้ว่า น้ำมันเบนซิน นอกจากนั้นเครื่องยนต์ที่จะใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียว สามารถดัดแปลงโดยการเพิ่มค่าอัตราส่วนอัดให้สูงขึ้นกว่าเดิมได้ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ด้วย ตัวอย่างที่ได้มีการดำเนินการแล้ว ก็คือ รถยนต์โดยสารที่ใช้แก๊สธรรมชาติขององค์กรขนส่งมวลชน กรุงเทพฯ (ขสมก.) จำนวน 82 คัน ที่ได้ดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซล เพื่อมาใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติเพียงอย่างเดียว

แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงที่ประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอน จำพวกมีเทนเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนั้นยังมีไฮโดรคาร์บอนจำพวก อีเทน โพรเพน มิวเทน เพนเทน และเอกเซน ในปริมาณอีกเล็กน้อย นอกจากรถสารไออกอิโอดิคราร์บอนแล้วในแก๊สธรรมชาติยังมีแก๊สที่ไม่เผาไหม้จำพวกคาร์บอนไดออกไซด์ และไนโตรเจนด้วย แก๊สธรรมชาติ จากแหล่งต่างๆ จะมีองค์ประกอบที่แตกต่างกันได้บ้าง ยังกว่านั้น องค์ประกอบจากแหล่งเดียวกันอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามระยะเวลา ด้วย ตัวอย่างขององค์ประกอบของแก๊สธรรมชาติของประเทศไทยที่ได้จากการวิเคราะห์ของภาณุวิศวกรรมแห่งประเทศไทย ช่วงเดือน เมษายนถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2544 แสดงในตารางที่ 3.3

การนำแก๊สธรรมชาติมาใช้กับรถยนต์นั้นที่เป็นเครื่องยนต์เบนซิน เป็นระบบที่เรียกว่า ระบบ Bi-fuel โดยเครื่องยนต์สามารถใช้เชื้อเพลิงได้สองชนิด กันส่วนคือ สามารถเลือกใช้น้ำมันเบนซินหรือแก๊สธรรมชาติก็ได้ ซึ่งเป็นการใช้งานเชื้อเพลิงที่หลากหลาย ไม่ได้ใช้เชื้อเพลิงทั้งสองพร้อมกัน ผู้ขับขี่จะเป็นผู้เลือกว่าจะใช้เชื้อเพลิงชนิดใด การดัดแปลงเครื่องยนต์และรถยนต์เบนซิน ให้สามารถใช้เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติได้นั้นจะทำได้โดยการติดตั้งถังเชื้อเพลิง แก๊สธรรมชาติ ระบบท่อ อุปกรณ์ปรับความดันแก๊ส วาล์ว และคาร์บิวเรเตอร์ แก๊สหรือหัวฉีดแก๊ส การเลือกใช้เทคโนโลยีในการดัดแปลงเครื่องยนต์และรถยนต์ มีผลกระทบอย่างมากต่อสมรรถนะ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง การสึกหรอ และความปลดปล่อยของรถยนต์ที่ดัดแปลงแล้ว เนื่องด้วยแก๊สธรรมชาติที่อุณหภูมิและความดันบรรยายกาศมีสภาพเป็นแก๊ส ดังนั้น เมื่อบรรจุในถังเชื้อเพลิงจะอยู่ในสภาพแก๊สที่ความดันสูงประมาณ 200 บาร์

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างองค์ประกอบของแก๊สธรรมชาติของประเทศไทย

Component (Mole %)	April 2001	May 2001	June 2001
Methane	72.9761	72.6925	71.6915
Ethane	6.9182	6.7399	6.6695
Propane	2.1052	2.0663	2.1170
i-Butane	0.4619	0.4483	0.4633
n-Butane	0.4510	0.4253	0.4287
i-Pentane	0.1562	0.1547	0.1462
n-Pentane	0.1017	0.0986	0.0905
Hexane	0.1096	0.0984	0.0896
Carbon dioxide	14.8486	15.9397	16.4571
Nitrogen	1.8381	1.8497	1.8468
Total	100.00	100.00	100.00
Specific gravity	0.7819	0.7901	0.7951
HHV (BTU/cu.ft)	963.326	948.584	943.150

แหล่งข้อมูล: สำนักงานปัจจุบัน บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)

โดยทั่วไปเครื่องยนต์เบนซินหลังจากที่ได้รับการดัดแปลงให้สามารถใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงได้แล้วนั้น มีข้อดีที่สังเกตได้คือ เครื่องยนต์สามารถติดได้ง่าย แม้ในสภาวะที่มีอากาศเย็น เครื่องยนต์จะไม่มีการเผาไหม้ให้สังเกตได้ ข้อเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง จะมีกำลังที่ลดลงประมาณร้อยละ 16-30 ส่วนความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงอาจมีค่าใช้จ่ายสูงกว่าการใช้น้ำมันเบนซินได้ ถ้าได้รับการดัดแปลงอย่างเหมาะสม และเลือกใช้ระบบจ่ายเชื้อเพลิงที่เป็นชนิดหัวฉีดก็จะควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ นอกเหนือนั้นในบางกรณีการใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงอาจก่อให้เกิดการสึกหรอของป่าวล์วิโอล์เซียเร็วกว่าปกติ เนื่องจากอุณหภูมิไออกไซด์ที่สูงกว่าการใช้น้ำมันเบนซิน และขาดการหล่อลื่นวาวล์วิโอล์เซียจากสารเติมแต่งที่อยู่ในน้ำมันเบนซิน เมื่อเปลี่ยนมาใช้แก๊สธรรมชาติ

การนำไปโอดีเซลไปใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซลนั้น การใช้ไปโอดีเซลอย่างเดียวดูจะไม่คุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากต้นทุนในการผลิตไปโอดีเซลยังคงมีราคาที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลมาก ดังนั้น ในการนำมาใช้งานในกรณีของประเทศไทยจึงใช้ผสมกับน้ำมันดีเซล ในปัจจุบันใช้สัดส่วนไปโอดีเซลไม่เกิน 5 ส่วน ต่อน้ำมันดีเซล 95 ส่วน โดยมีรหัสที่เรียกว่า B5 เหตุผลในการผสมไปโอดีเซลในน้ำมันดีเซลก็เพื่อช่วยให้การเผาไหม้มีความสมบูรณ์มากขึ้น ลดสารมลพิษในไอเสียได้ เนื่องจากไปโอดีเซลมีอุกซิเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย นอกจากนั้นยังอาจช่วยให้ประเทศไทยลดการนำเข้าน้ำมันปิโตรเลียมได้ จากผลการวิจัยพบว่า การผสมไปโอดีเซล LME ร้อยละ 20 ในน้ำมันดีเซล เป็นสัดส่วนการผสมที่เหมาะสมที่สุด ช่วยให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพทางความร้อนเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.5 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและค่าน้ำดầuลดลงด้วย

กรณีของประเทศไทย ปาล์มน้ำมันมีปริมาณผลผลิตสูงและราคาถูก จึงเหมาะสมในการนำมาผลิตไปโอดีเซล แต่ในการผลิตควรคำนึงถึงปริมาณและความต้องการใช้น้ำมันในการบริโภคและในอุตสาหกรรมด้วย จากรายงานในปี พ.ศ. 2545 ประเทศไทยมีผลผลิตปาล์มน้ำมัน 4 ล้านตัน หรือน้ำมันปาล์ม 68,000 ตันต่อเดือน ตลาดมีความต้องการใช้ 55,000 ตันต่อเดือน เหลือ

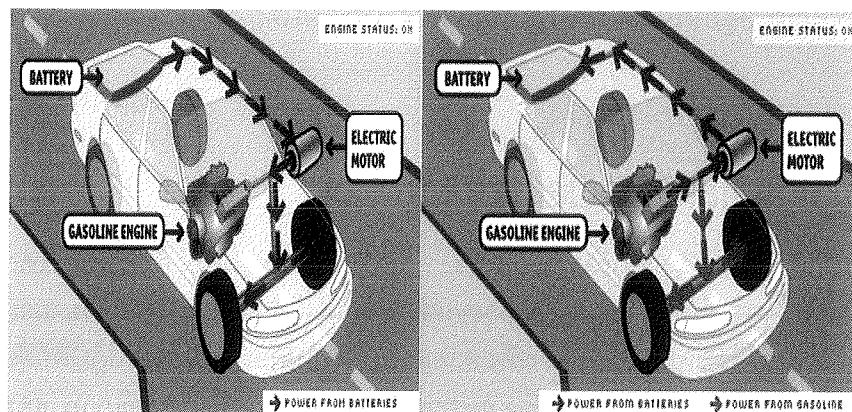
น้ำมันปาล์มส่วนเกิน 13,000 ตันต่อเดือน ซึ่งหมายความว่าปริมาณของน้ำมันนั้นที่จะนำมาผลิตเป็นไบโอดีเซลในเชิงพาณิชย์ไม่มากนักปัจจุบันประเทศไทยได้หันมาให้ความสนใจที่จะให้น้ำมันจากสูญด้วยผลิตเป็นไบโอดีเซลเนื่องจากน้ำมันจากสูญด้วยสามารถนำมาใช้สำหรับการบริโภคได้ และสูญด้วยยังสามารถปลูกได้ในหลาย ๆ ภูมิประเทศของประเทศไทย

เทคโนโลยียานยนต์ไฮบริด

ปัญหาด้านวิกฤตการณ์พลังงานและการปลดปล่อยแก๊สร้อนระดับโลกจากการขันส่ง โดยเฉพาะการขันส่งทางถนน ได้ก่อให้เกิดความพยายามในการแก้ไขปัญหา ซึ่งวิธีการที่หลักฝ่ายให้ความยอมรับในทางปฏิบัติคือมาตรการในการประหยัดพลังงาน การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และการลดการสูญเสียพลังงาน นอกจากนั้นยังได้มีความพยายามในการพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์แบบใหม่ที่จะมาทดแทนรถยนต์เบนซิน และรถยนต์ดีเซล ความหวังที่คนส่วนใหญ่คือ กันมาก็คือ เซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell) ซึ่งกำลังเป็นหัวข้อการวิจัยและพัฒนาที่หลักประเทคโนโลยีกำลังดำเนินการอย่างเข้มข้น และคาดว่าจะนำมาใช้แก้ปัญหาด้านพลังงานได้ในอนาคต แต่จากการคาดการณ์อย่างละเอียดรอบคอบของหลาย ๆ ฝ่ายสูงได้ว่า อนาคตในระยะสั้นและระยะกลางยังไม่น่าจะสามารถนำเซลล์เชื้อเพลิงมาใช้งานได้ช่วงเวลาอย่างเร็วที่สุดที่จะนำมาใช้งานได้คงจะอีกประมาณ 25 ปีข้างหน้า นั่นคือเป็นช่วงเวลาหลังปี พ.ศ. 2573 (ค.ศ. 2030) และเทคโนโลยียานยนต์ที่ควรได้รับการพิจารณานำมาใช้งานในปัจจุบันและอนาคตอันใกล้นี้ คือ ยานยนต์ไฮบริด

ยานยนต์ไฮบริด หมายถึง ยานยนต์ที่มีห้องตันกำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนและมีระบบที่สามารถเปลี่ยนกำลังงานส่วนเกินให้กลับมาเก็บเป็นพลังงานในรูปอื่นได้ ตัวอย่างเช่น การเก็บพลังงานในถังเก็บความดันการใช้ล้อช่วยแรงสำหรับเก็บพลังงานจนน์และแบตเตอรี่สำหรับเก็บพลังงานไฟฟ้า ในทางปฏิบัติ การเก็บกำลังงานในรูปพลังงานไฟฟ้าเป็นที่นิยมมากที่สุดปัจจุบันยานยนต์ไฮบริดมีต้นกำลังเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายใน

และแหล่งพลังงานไฟฟ้า (แบตเตอรี่ และมอเตอร์ไฟฟ้า) ยานยนต์ไฮบริดจึงเป็นยานยนต์ที่อยู่กึ่งกลางระหว่างรถยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน และรถยนต์ไฟฟ้า



ยานยนต์ไฮบริดที่ใช้ในการขับเคลื่อนและมีระบบที่สามารถเปลี่ยนกำลังงานส่วนเกินให้กลับมาเก็บเป็นพลังงานไฟฟ้า

ที่มา: http://reviews.cnet.com/4520-10845_7-6212547-1.html

รถยนต์ไฮบริดมีประสิทธิภาพสูงกว่ารถยนต์ทั่วไป ปล่อยสารมลพิษออกสู่บรรยากาศน้อยกว่า และปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าโดยการนำพลังงานไฟฟ้ามาแทนหรือเสริมกำลังที่มาจากการเครื่องยนต์ (ตารางที่ 3.4) รถยนต์ไฮบริดในปัจจุบันสามารถจำแนกตามการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มาทดแทนกำลังจากเครื่องยนต์ดังนี้

- เมื่อรถยนต์หยุด สามารถดับเครื่องยนต์ได้ เพื่อประหยัดเชื้อเพลิง และลดการปล่อยมลพิษ โดยมอเตอร์ไฟฟ้าจะช่วยติดเครื่องยนต์ในเวลาที่ต้องการ
- เมื่อต้องการลดความเร็วหรือเบรครถยนต์ พลังงานจลน์ของรถยนต์จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าและเก็บไว้ในแบตเตอรี่ โดยพลังงานไม่ต้องสูญเสียไปเป็นความร้อน

- เมื่อรถยนต์ต้องการกำลังเพียงเล็กน้อย ระบบควบคุมสามารถให้เครื่องยนต์ทำงานที่สภาวะที่เหมาะสม (ผลิตกำลังมากกว่าที่รถยนต์ต้องการ) กำลังส่วนเกินจะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานไฟฟ้าและเก็บไว้ในแบตเตอรี่ได้ ในทางกลับกันเมื่อรถยนต์ต้องการกำลังงานสูง เครื่องยนต์จะทำงานในสภาวะที่เหมาะสมผลิตกำลังงานบางส่วนและกำลังอีกส่วนหนึ่งได้มาจากการเตอร์ไฟฟ้าในการนี้เครื่องยนต์ไม่ต้องทำงานที่ภาวะสูงมาก ซึ่งเป็นการลดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ และปล่อยสารมลพิษมาก หรือสามารถลดขนาดของเครื่องยนต์ให้เล็กลงได้
- ถ้ามอเตอร์ไฟฟ้าและแบตเตอรี่มีขนาดใหญ่เพียงพอ รถยนต์สามารถขับเคลื่อนได้ด้วยพลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวได้ในระยะทางช่วงหนึ่ง เช่น เมื่อรถยนต์เคลื่อนตัวจากตำแหน่งหยุดนิ่ง สามารถขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า และเมื่อรถยนต์มีความเร็วถึงระดับหนึ่งแล้วจึงเป็นการขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ต่อไป

ตารางที่ 3.4 การจำแนกประเภทของรถยนต์ไฮบริด

Type of Hybrid	Functions	Power rating	CO ₂ gain
Mini-hybrid	1 (Engine off at low engine speed)	2 kW	8%
Stop & start			
Generator-starter system			
Stop & go	1 + 2 (Regenerative energy of braking captured)	3 kW	13%
Mild-hybrid	1 + 2 + 3 (downsized ICE, assisted acceleration)	10 kW	30%
Full hybrid Series or parallel	1 + 2 + 3 + 4 (pure electric)	30 kW	45%

รถยนต์ไฮบริดได้รีเมิลผลิตจำนวนมากในท้องตลาดแล้ว โดยบริษัท โตโยต้า มอเตอร์ จำกัด ได้ผลิตรถยนต์ Toyota Prius ออกจำหน่ายครั้งแรกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ในเวลาต่อมาบริษัทผู้ผลิตรถยนต์รายอื่นๆ ก็ได้ทยอยผลิตรถยนต์ไฮบริด ออกจำหน่าย ได้แก่ Honda-Insight, Honda-Civic, Ford-Escape, Nisson-Tino, Citroen-C3, GMC-Sierra รถยนต์ไฮบริดได้รับความสนใจเป็นอย่างสูงในประเทศไทย แหล่งห้ามเรียกเงินและสหราชอาณาจักรเนื่องจากมีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ต่ำมาก เมื่อเทียบกับรถยนต์ทั่วไปที่มีขนาดเดียวกัน จากผลการทดสอบของ CAFE พบว่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงโดยเฉลี่ยของรถยนต์ไฮบริด Toyota Prius และ Honda Insight มีค่าประมาณ 24 และ 31 กิโลเมตรต่อลิตร ตามลำดับ ปัจจุบันรถยนต์ไฮบริดยังมีราคาต้นทุนการผลิตสูงกว่ารถยนต์ธรรมดากว่า 10-15% อย่างไรก็ตามราคاجานขายของรถยนต์ไฮบริดก็ขึ้นอยู่กับจำนวน การผลิตซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งด้วย มีการคาดการณ์ว่า ประเทศไทยจะมีจำนวนรถยนต์ไฮบริดเป็นสัดส่วนร้อยละ 4-7 ในปี พ.ศ. 2551 และเพิ่มสัดส่วนเป็นร้อยละ 10-15 ในปี พ.ศ. 2555 ส่วนการเพิ่ม จำนวนรถยนต์ไฮบริดในประเทศไทยฯ ยังมีอุปสรรคที่บริษัทผู้ผลิตจะต้อง หาทางแก้ไขก็คือ จะต้องมีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีด้านแบตเตอรี่ให้ ก้าวหน้ายิ่งขึ้นกว่าในปัจจุบัน และปัญหาด้านราคาก็ของรถยนต์ไฮบริดที่ยัง มีราคาสูงกว่ารถยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายในทั่วไป

บทสรุป

ปัญหาวิกฤตการณ์ด้านพลังงาน ทั้งด้านความมั่นคงในการจัดหา พลังงาน และภาคพลังงานที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปัญหามลพิษจากไอเสีย ยานยนต์ และการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ส่งผลกระทบต่อการ เปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกทำให้หลายประเทศมีการปรับเปลี่ยนกลยุทธ์ ให้มีการพึ่งพาการใช้แหล่งพลังงานภายในประเทศมากยิ่งขึ้น รวมทั้งมีการใช้ Biofuel มากขึ้นด้วย ประเทศไทยมีการใช้พลังงานภาคการขนส่งในสัดส่วน ที่มากที่สุด ประมาณร้อยละ 38 ของการใช้พลังงานทั้งหมดของประเทศ โดยเฉพาะภาคการขนส่งทางถนนนับได้ว่ามีสัดส่วนที่มากที่สุดเกือบถึงร้อยละ 80 ซึ่งสามารถคำนวณเป็นพลังงานได้ถึง 17.8 ล้านตันเทียบเท่าไนโตรเจนดิบ

เชื้อเพลิงที่เข้มมากที่สุดในภาคการขนส่งยังคงเป็นน้ำมันดีเซลและน้ำมันเบนซินประมาณร้อยละ 81 ของปริมาณพลังงานที่ใช้ในภาคการขนส่ง ซึ่งได้มีความพยายามและรณรงค์ที่จะให้ประชาชนปรับเปลี่ยนการใช้เชื้อเพลิงยานยนต์มาเป็น แก๊สโซฮอล์ ไปโอดีเซล และแก๊สธรรมชาติให้มากขึ้น แต่ในปัจจุบันการใช้เชื้อเพลิงดังกล่าวก็ยังคงมีเพียงร้อยละ 1.5 ของพลังงานที่ใช้ในภาคการขนส่งเท่านั้น สาเหตุของการใช้เชื้อเพลิงดังกล่าวในปริมาณที่ไม่มากนัก เนื่องมาจากจำนวนสถานีบริการที่มีจำกัด ปริมาณวัตถุดิบที่จะนำมาผลิตนอกจากน้ำมันแล้วโอดีเซลที่ไม่เพียงพอ รวมทั้งราคาวัสดุของวัตถุดิบที่เพิ่มขึ้นด้วย การติดตั้งระบบเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติมีค่าใช้จ่ายสูง นอกจากนั้น การให้ความรู้ความเข้าใจข้อจำกัดและข้อควรระวังในการใช้เชื้อเพลิงทดแทนครั้มมีความชัดเจน ถูกต้อง และต่อเนื่อง

การเพิ่มประชากรยานยนต์ไบบิริดทดแทนรถยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน จะช่วยลดการนำเข้าน้ำมันบิโตรเลียมของประเทศไทย ลดปัญหามลพิษทางอากาศ และลดการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคการขนส่งได้ในอนาคต ประเทศไทยควรปรับดำเนินมาตรการประชาสัมพันธ์ ให้ข้อมูล ความรู้ความเข้าใจกับประชาชนอย่างตรงไปตรงมา ปรับปรุงกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ เพื่อเอื้ออำนวยภัยกับเลือกใช้ยานยนต์ไบบิริดโดยเร็ว นอกจากนั้นการดำเนินการเพื่อให้ประสบผลสำเร็จนั้น การสนับสนุนจากภาคอุตสาหกรรมยานยนต์ ภาคอุตสาหกรรมเชื้อเพลิง และผู้เกี่ยวข้องในส่วนต่างๆ เป็นสิ่งที่จะขาดเสียไม่ได้



บทที่ 4

การใช้พลังงาน ในการคุณภาพกรรม อาคารธุรกิจ

อภิชิต เทอดโยธิน¹

ภาคอุตสาหกรรมและอาคารธุรกิจ เป็นภาคการผลิตที่สำคัญต่อ ระบบเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก เพราะเป็นหน่วยหลักที่ก่อให้เกิดรายได้ของประเทศไทย และจากอดีตที่ผ่านมาภาคอุตสาหกรรมการผลิตและภาคอาคารธุรกิจเป็นภาคส่วนที่ใช้พลังงานเป็นปริมาณมาก โดยปี พ.ศ. 2546 ภาคอุตสาหกรรมใช้พลังงานทั้งสิ้น 19,988 KTOE หรือเทียบเท่าร้อยละ 36.0 ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมดของประเทศไทย ส่วนภาคอาคารธุรกิจใช้พลังงานรวม 3,626 KTOE หรือเทียบเท่าร้อยละ 6.4 ของการใช้พลังงานรวม

การใช้พลังงานของภาคอุตสาหกรรม

ภาคอุตสาหกรรมเป็นภาคที่ผลิตผลผลิตต่างๆ เพื่อทดแทนการนำเข้าและเพื่อส่งออก สามารถนำways ได้เข้าสู่ประเทศไทยได้อย่างมาก จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศไทย นอกจากนั้นยังเป็นแหล่งจ้างงานขนาดใหญ่ที่

¹ นักวิชาการที่ได้รับอนุญาตให้เข้าร่วมในโครงการนี้

รองรับแรงงาน ทำให้มีการกระจายรายได้สู่สังคม อย่างไรก็ดี การที่มีการใช้ พลังงานสูงมากในภาคอุตสาหกรรมการผลิต ทำให้ต้องนำเข้าพลังงานจาก ต่างประเทศเป็นจำนวนมากด้วยเช่นกัน

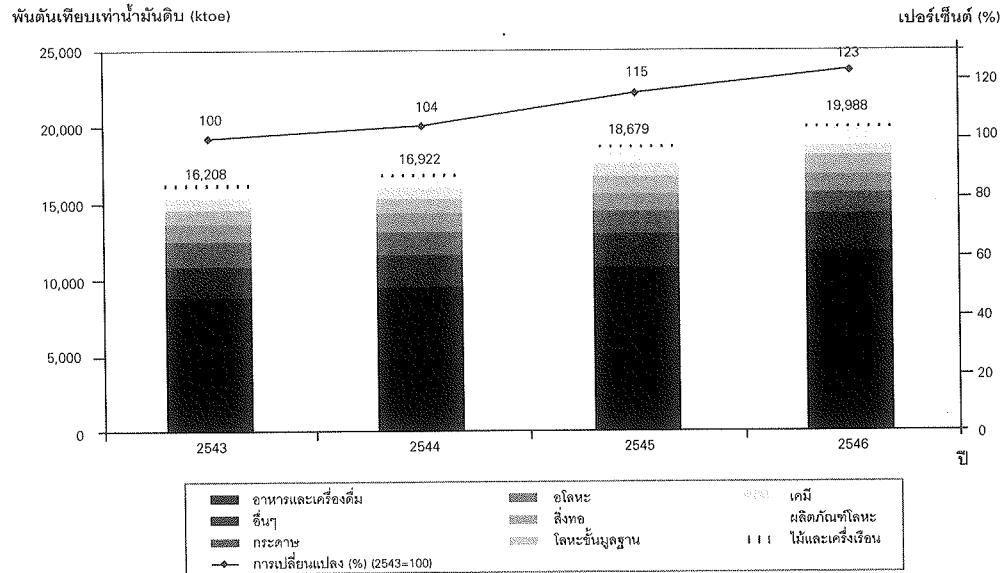
ในช่วงปี พ.ศ. 2542-2546 ปริมาณการใช้พลังงานของภาคอุตสาหกรรม เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 29 โดยมีค่าเป็น 19,988 KTOE ในปี 2546 (รูปที่ 4.1)

ปริมาณการเพิ่มขึ้นของพลังงานที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรมส่งผลให้เกิดการขยายตัวของ GDP ของภาคอุตสาหกรรม โดยในช่วงปี พ.ศ. 2542-2546 GDP ของภาคอุตสาหกรรมขยายตัวร้อยละ 27 ซึ่งเกือบเท่ากับการขยายตัวของ การใช้พลังงานเช่นกัน จึงอาจสรุปได้ว่า **ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของภาคอุตสาหกรรมมีค่าคงที่เมื่อเทียบกับการขยายตัวของ GDP ของภาคอุตสาหกรรมเอง**

เนื่องจากในภาคอุตสาหกรรมเรามีความหลากหลายและมีจำนวนมาก จึงได้มีการแบ่งออกเป็น 9 กลุ่มย่อย ได้แก่ กลุ่มอาหารและเครื่องดื่ม สิ่งทอ ไม้ และเครื่องเรือน กระดาษ เคมี อโลหะ โลหะขั้นพื้นฐาน ผลิตภัณฑ์โลหะ และอื่นๆ ซึ่งแต่ละกลุ่มจะมีการใช้พลังงานดังแสดงในรูปที่ 4.1

พลังงานที่ใช้ในแต่ละกลุ่มย่อยนั้นต่างกันสูงผลให้มีการผลิตในกลุ่มย่อย นั้นๆ ทำให้เกิดรายได้ขึ้นของกลุ่มย่อยนั้นมาก-น้อย ต่างกัน รูปที่ 4.2 ได้แสดงถึง GDP ของกลุ่มอุตสาหกรรมย่อยทั้ง 9 กลุ่ม

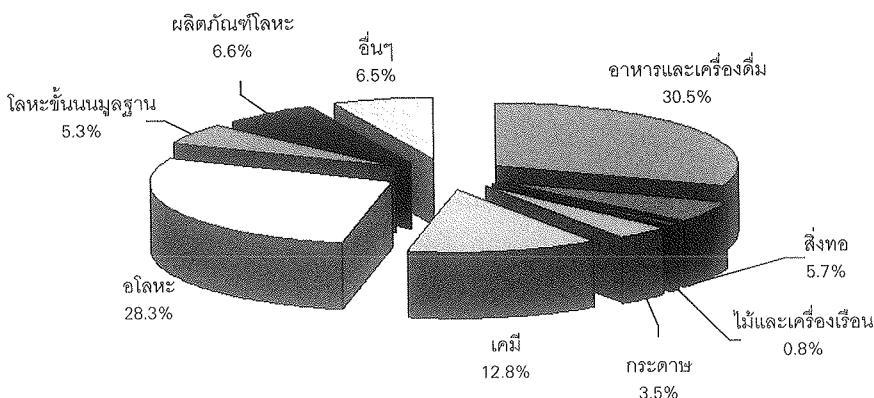
สัดส่วนการใช้พลังงานของแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรมค่อนข้างคงที่ในช่วงปี พ.ศ. 2546 แสดงในรูปที่ 4.3 ซึ่งจะเห็นได้ว่า กลุ่มอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม มีการใช้พลังงานสูงที่สุด รองลงมาได้แก่กลุ่มอโลหะ ซึ่งทั้งสองกลุ่มนี้มีการใช้พลังงานรวมกันมากกว่าครึ่งหนึ่งของการใช้พลังงานของภาคอุตสาหกรรม ทั้งหมด แต่เมื่อพิจารณาถึง GDP ที่เกิดจากกลุ่มย่อยแต่ละกลุ่มแล้วจะเห็น ว่ากลุ่มผลิตภัณฑ์โลหะมี GDP สูงมากถึงร้อยละ 32.8 ของ GDP ทั้งหมด ในขณะที่มีการใช้พลังงานเพียงร้อยละ 6.6 เท่านั้น แสดงว่ากลุ่มผลิตภัณฑ์โลหะสามารถใช้พลังงานในการสร้าง GDP ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วน กลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มนั้น ใช้พลังงานเป็นปริมาณมาก แต่สร้าง GDP ได้ไม่มาก เนื่องจากอุตสาหกรรมอาหารนั้นต้องการความร้อนเป็นจำนวนมาก มากในกระบวนการผลิต และยังมักต้องใช้ห้องเย็นในการเก็บรักษาทำให้ค่า การใช้พลังงานยิ่งสูงขึ้น



รูปที่ 4.1 ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการอุตสาหกรรม

ที่มา : รายงานพลังงานของประเทศไทยปี 2546 กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

การใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 19,988 ktoe



รูปที่ 4.2 มูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวม (GDP) ของกลุ่มย่อยในภาคอุตสาหกรรม (ณ ราคาปีฐาน พ.ศ. 2531)

ประสิทธิภาพของการใช้พลังงาน ในการคุณภาพรวม

การพิจารณาถึงประสิทธิภาพของการใช้พลังงานสามารถทำได้หลายรูปแบบ หลายระดับ เช่น การดูที่ค่าความเสื่อมหดของ การใช้พลังงาน ซึ่งหมายถึง สัดส่วนของร้อยละการเพิ่มของพลังงานที่ใช้ต่อเปอร์เซ็นต์การเพิ่มของ GDP โดยในช่วงเวลาที่ผ่านมาค่าเฉลี่ยของประเทศไทยนั้นจะต้องใช้พลังงานเพิ่มร้อยละ 1.4 จึงจะสามารถเพิ่ม GDP ได้ร้อยละ 1 ซึ่งนับว่าสูง และถ้า หากยังไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้สูงขึ้นได้แล้วการเพิ่ม GDP ขึ้นก็จะยังทำให้การใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก

ดังนี้วัดแบบความยืดหยุ่นเป็นดัชนีที่นิยมใช้กันทั่วไป แต่ก็มีข้อเสียคือ ไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่า แต่ละภาคหรือกลุ่มธุรกิจใดที่เป็นตัวส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีขึ้นหรือแย่ลง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีดัชนีที่ชี้เฉพาะมากขึ้น เช่น ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC) ซึ่งจะบ่งชี้ได้ว่าผลิตภัณฑ์ใดมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่สูงขึ้นหรือต่ำลงเท่าใด

ค่าการใช้พลังงานจำเพาะนี้มีประโยชน์มากกับภาคอุตสาหกรรม เพราะจะทำให้อุตสาหกรรมแต่ละกลุ่มย่อยรู้สถานภาพว่ามีประสิทธิภาพดีขึ้นหรือไม่เพียงใด แต่ในภาพรวมของประเทศไทย เมื่อต้องประเมินในภาพรวมซึ่งเกิดจากผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันหลากหลายชนิดนั้น จะเป็นจะต้องมีวิธีการรวมผลของค่าการใช้พลังงานจำเพาะเข้าด้วยกันให้เป็นภาพรวม โดยการใช้ค่าที่เรียกว่าการใช้พลังงานสัมพัทธ์ ซึ่งหมายถึง สัดส่วนระหว่างพลังงานที่ใช้ทั้งหมดในปีนี้เทียบกับพลังงานทั้งหมดในปีข้าง前 เมื่อผลิตสินค้าเหมือนกับปีก่อนๆ บันทึกประการ ซึ่งหากได้สัดส่วนมากกว่า 1 ก็แสดงว่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่ำลง และในทางตรงกันข้ามถ้าหากสัดส่วนดังกล่าวมีค่าน้อยกว่า 1 ก็แสดงว่ามีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงขึ้น

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการใช้พลังงานสัมพัทธ์ของอุตสาหกรรมการผลิตทั้ง 9 กลุ่ม ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากุญแจผลิตภัณฑ์โดยจะ กลุ่มเคมี และกลุ่มกระดาษ ต่างมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงขึ้น ส่วนกลุ่มอื่นๆ นั้นมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ต่ำลง

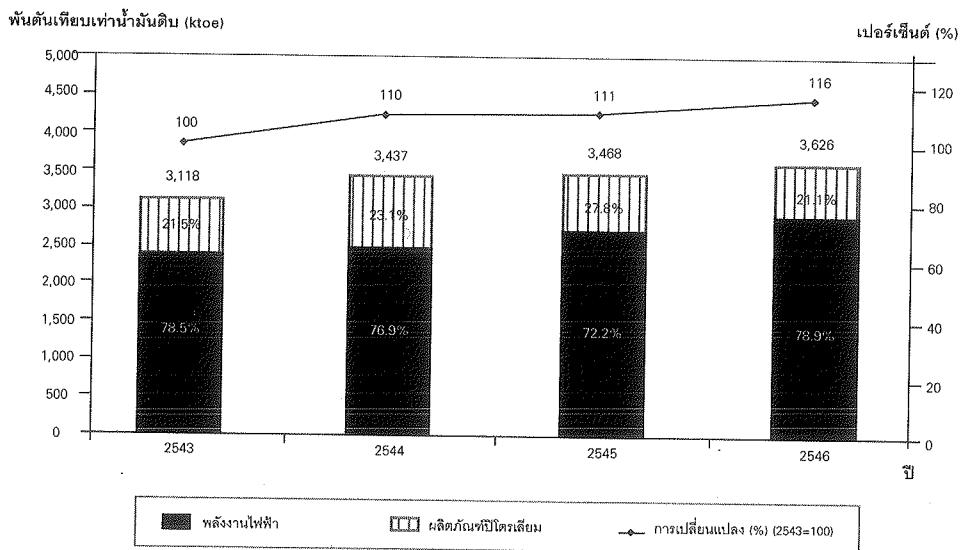
ตารางที่ 4.1 ค่าการใช้พลังงานสัมพัทธ์ของอุตสาหกรรมการผลิตทั้ง 9 กลุ่มเปรียบเทียบระหว่างปี พ.ศ. 2545 และ 2546

ประเภทอุตสาหกรรมรวม	ค่าการใช้พลังงานสัมพัทธ์ (REC)
อาหารและเครื่องดื่ม	1.07
ผิ่งทอง	1.05
ไม้และเครื่องเรือน	1.18
กระดาษ	0.94
เคมี	0.77
อิเล็กทรอนิกส์	1.55
โลหะขั้นกลาง	1.58
ผลิตภัณฑ์โลหะ	0.64
อื่นๆ	2.55

การใช้พลังงานของอาคารควบคุม

อาคารควบคุมเป็นกลุ่มอาคารขนาดใหญ่ที่ต้องปฏิบัติตาม พรบ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ประกอบด้วย อาคารภาคเอกชน ภาครัฐ และองค์กรไม่แสวงหากำไร มีจำนวนทั้งสิ้น 1,841 อาคาร ซึ่งอาจแบ่งออกได้เป็น 6 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ กลุ่มศูนย์การค้า 259 อาคาร โรงเรียน 275 อาคาร สำนักงาน 715 อาคาร โรงพยาบาล 227 อาคาร สถานศึกษา 210 อาคาร และอาคาร อื่นๆ ลักษณะ 155 อาคาร อาคารควบคุมทั้งหมดนี้ใช้พลังงานรวม 890 KTOE ในปี พ.ศ. 2546 โดยพลังงานที่ใช้ประกอบด้วย ไฟฟ้าร้อยละ 89 น้ำมันดีเซลร้อยละ 2.3 น้ำมันเตารีอยล์ 4.2 และแก๊สบีโตรเลียมเหลวร้อยละ 4.5

การใช้พลังงานของอาคารควบคุมระหว่างปี พ.ศ. 2544-2546 มีปริมาณเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 4.3



**รูปที่ 4.3 ปริมาณพลังงานที่ใช้ในอาคารควบคุม
ระหว่างปี พ.ศ. 2544-2546**

ที่มา : รายงานพลังงานของประเทศไทยปี 2546 กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

ประสิทธิภาพของการใช้พลังงาน ในอาคารควบคุม

ดัชนีที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของการใช้พลังงานของอาคารควบคุมจะแตกต่างกันระหว่างอาคารประเภทต่างๆ เช่น ในกลุ่มศูนย์การค้า สำนักงาน สถานศึกษา จะใช้ดัชนีในรูปของพลังงานที่ใช้ต่อตารางเมตรของพื้นที่ใช้งาน ส่วนโรงพยาบาลจะใช้ดัชนีเป็น พลังงานต่อห้อง-วัน และโรงเรือนใช้ดัชนีเป็น พลังงานต่อห้อง-วัน

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าดัชนีของอาคารประเภทต่างๆ ระหว่างปี พ.ศ. 2544-2546 ซึ่งจะเห็นได้ว่าอาคารประเภทโรงพยาบาลและสถานศึกษามีดัชนีการใช้พลังงานที่ลดลง (แสดงว่ามีประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีขึ้น) ส่วนกลุ่มอื่นๆ มีค่าดัชนีคงที่

ตารางที่ 4.2 ดัชนีการใช้พลังงานของอาคารควบคุมประเภทต่างๆ

ประเภทอาคาร	หน่วย	ค่าดัชนีในแต่ละปี		
		2544	2545	2546
ศูนย์การค้า	MJ/m ² -ปี	1,206	1,211	1,227
โรงเรียน	MJ/ห้อง-วัน	428	418	358
สำนักงาน	MJ/m ² -ปี	457	473	499
โรงพยาบาล	MJ/เดียว-วัน	531	609	423
สถานศึกษา	MJ/m ² -ปี	218	226	200
อื่นๆ	MJ/m ² -ปี	258	296	747

เพื่อให้ดัชนีสามารถชี้ถึงประสิทธิภาพได้อย่างแม่นยำ จึงได้แบ่งกลุ่มย่อยลงไปอีก เช่น ประเภทศูนย์การค้าก็จะแบ่งเป็นกลุ่มย่อยตามลักษณะที่แตกต่างกันได้เป็น 2 กลุ่มย่อย ได้แก่ ศูนย์การค้า และร้านค้าส่ง (ซุปเปอร์มาร์เก็ต) ดังตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4.3 ค่าดัชนีการใช้พลังงานของอาคารแยกเป็นกลุ่มย่อยต่างๆ
(ข้อมูลปี พ.ศ. 2546)**

	จำนวน อาคาร	ดัชนี ต่ำสุด	ดัชนี สูงสุด	ดัชนี เฉลี่ย	หน่วย
อาคารศูนย์การค้า					
ศูนย์การค้า	61	1,793	358	997	MJ/m ² - ปี
ต้าส่งและหุบเปอร์มาเก็ต	61	2,516	768	1,457	MJ/m ² - ปี
อาคารสำนักงาน					
สำนักงานของธนาคาร	21	1,214	279	735	MJ/m ² - ปี
อาคารราชการ/ธุรกิจ	77	1,057	95.3	404	MJ/m ² - ปี
อาคารในสังกัดกระทรวงกลาโหม	86	634	48.8	189	MJ/m ² - ปี
สถานีโทรทัศน์และวิทยุกระจายเสียง	3	1,118	759	952	MJ/m ² - ปี
อาคารสื่อสารและโทรคมนาคม	6	2,303	1,034	1,416	MJ/m ² - ปี
อาคารโรงพยาบาล					
โรงพยาบาลของรัฐ	41	591	78.1	210	MJ/ เตียง-วัน
โรงพยาบาลของเอกชน	39	1,347	263	612	MJ/ เตียง-วัน
อาคารสถาบันการศึกษา					
มหาวิทยาลัยของรัฐ	18	869	132	312	MJ/m ² - ปี
มหาวิทยาลัยเอกชน	11	510	162	317	MJ/m ² - ปี
มหาวิทยาลัยราชภัฏ	16	282	102	180	MJ/m ² - ปี
สถานศึกษาในสังกัด กระทรวงกลาโหม	4	266	67.2	142	MJ/m ² - ปี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล	31	203	47.3	111	MJ/m ² - ปี
วิทยาลัยเทคนิค					
โรงเรียนพาณิชยกรรม					
โรงเรียนมัธยมศึกษา					
อาคารอื่นๆ					
คอนโดมิเนียมและพาร์ทเม้นท์	27	813	125	372	MJ/m ² - ปี
สนับสนุนก่อสร้าง	7	1,923	388	996	MJ/m ² - ปี
ศูนย์ประชุม - นิทรรศการ	1	813	813	813	MJ/m ² - ปี
ท่าอากาศยาน	10	683	153	339	MJ/m ² - ปี
อาคารพัก - ขนาดถ่ายสินค้า	6	1,774	321	808	MJ/m ² - ปี

แนวการในอนาคต

เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต ตัวอย่างแนวทางที่ควรจะเร่งจัดทำ ประกอบด้วย

1. การผลักดันมาตรฐานการใช้พลังงานของอาคารให้เกิดผลอย่างจริงจัง โดยกำหนดค่าการใช้พลังงานของอาคารทั้งที่ใช้อยู่ และที่จะเกิดขึ้นใหม่ไม่ใช่สูงเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้
2. การส่งเสริมธุรกิจ บริษัทจัดการพลังงาน ซึ่งเป็นหน่วยงานภายนอกที่เข้ามาปรับปรุงหรือแม้แต่ลงทุนปรับปรุงให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน แล้วจึงนำผลการประหยัดน้ำมันแบ่งระหว่างอาคาร/โรงงานและบริษัทจัดการพลังงานดังกล่าว โดยหลักการแล้วบริษัทจัดการพลังงานจะรับประกันผลประหยัดขั้นต่ำให้ด้วย ซึ่งถ้าหากการประหยัดไม่เป็นไปตามสัญญา บริษัทจัดการพลังงานจะชดเชยในส่วนที่ขาดนั้นให้
3. การจัดทำกลากประหยัดพลังงานสำหรับอุปกรณ์ที่มีการใช้เพร่หlays ซึ่งในช่วงที่ผ่านมาได้มีการจัดทำกลากชั่นนี้อยู่บ้างแล้ว และควรต้องทำในอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้พลังงานมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อุปกรณ์ที่ใช้กันอย่างเพร่หlaysอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรม
4. การจัดให้มีการอนุรักษ์พลังงานแบบสมัครใจ โดยโรงงาน/อาคารที่มีศักยภาพในการประหยัดพลังงานสามารถยื่นข้อเสนอมาบังหน่วยงานของรัฐเพื่อขอการสนับสนุน ซึ่งในประเทศไทยยังไม่มีมาตรการนี้โดยตรง แต่เป็นแนวทางที่ดีที่จะกระตุ้นให้ผู้ที่มีศักยภาพสามารถใช้ศักยภาพของตนได้อย่างเต็มที่

สรุป

การใช้พลังงานของประเทศไทยยังคงอยู่ในระดับสูงมากเมื่อเทียบกับต่างประเทศ ดังนั้น จึงมีศักยภาพอยู่มากในการที่จะประหยัดพลังงาน ซึ่งนอกจากจะช่วยให้โรงงาน/อาคารประหยัดพลังงานแล้วยังจะช่วยให้ประเทศชาติสามารถประหยัดเงินตราต่างประเทศได้อย่างมากด้วย



บทที่ 5

พลังงานแสงอาทิตย์ ในรูปความร้อน

วารุณี เติย¹
สมชาติ โสภณรณฤทธิ์²

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของโลกมนุษย์ได้ใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ในชีวิตประจำอย่างมากมาย เช่น แสงสว่าง และความร้อน ความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่นำมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่อีตีตึ่งปัจจุบันที่คุ้นเคย กันเป็นอย่างดี คือ การตากแห้งในที่กลางแจ้ง ตั้งแต่วิกฤตการณ์น้ำมันโลก ครั้งที่ 1 ได้มีความพยายามคิดค้นที่จะใช้แหล่งพลังงานอื่นเพื่อทดแทนน้ำมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไทยที่ต้องนำเข้ามานั้น เช่น ประเทศไทย ดังนั้น จึงได้มีการใช้แหล่งพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่มีอยู่มากในธรรมชาติ โดยเปลี่ยนรูปพลังงานแสงอาทิตย์ให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในหลายๆ ด้าน ให้ได้มากที่สุด ในบทความนี้จะกล่าวถึงการใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน ซึ่งจะกล่าวถึงหลักการทำงานและการประยุกต์ใช้งานในรูปแบบต่างๆ

¹ คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

² คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

॥เสงอาทิตย์

แสงอาทิตย์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ส่งผ่านชั้นบรรยากาศคลื่นสูญพันโลกา แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ รังสีที่ไม่ได้มีการเปลี่ยนทิศทาง เรียกว่า รังสีตรง ส่วนรังสีที่ตกรอบอนุภาคในชั้นบรรยากาศ เช่น ฝุ่น แล้วเกิดการเปลี่ยนทิศทาง เรียกว่า รังสีกระจาย ประมาณร้อยละ 98 ของค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกรอบชั้นบรรยากาศมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 0.3 ไมโครเมตรถึง 3 ไมโครเมตร ซึ่งประมาณร้อยละ 47 เป็นรังสีช่วงที่ตามองเห็น (Visible: 0.39 - 0.78 ไมโครเมตร) ร้อยละ 46 เป็นรังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น (Near-Infrared: 0.79 - 3.00 ไมโครเมตร) ที่เหลือประมาณร้อยละ 7 เป็นรังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet: 0.20 - 0.39 ไมโครเมตร) เมื่อแสงอาทิตย์ตกรอบบนพื้นโลก จะดูคลื่นแสงอาทิตย์ไว้ ทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น และเพื่อให้โลกเข้าสู่สภาวะสมดุลก็จะปล่อยรังสีในช่วงอินฟราเรดซึ่งเป็นคลื่นความร้อนออกสู่บรรยากาศ

ศักยภาพของพลังงาน॥เสงอาทิตย์ ในประเทศไทย

พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยมีความเข้มแสงอาทิตย์สูงสุดอยู่ในช่วงเดือนเมษายน และพฤษภาคม โดยมีค่าอุณหภูมิช่วง 20 - 24 เมกะจูล/ตารางเมตร·วัน พื้นที่ที่ได้รับความเข้มแสงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยตั้งปี ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางบางส่วน ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 18.5 เมกะจูล/ตารางเมตร·วัน ศักยภาพแสงอาทิตย์ เมื่อคิดจากร้อยละ 1 ของพื้นที่ทั้งหมดคิดเป็น 554,071 พันดันที่ยับเท่าน้ำมันดิบ

การถ่ายเทความร้อน

ตามธรรมชาติความร้อนจะเกิดการถ่ายเทเนื่องจากมีความแตกต่างของอุณหภูมิ โดยจะถ่ายเทจากที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังที่มีอุณหภูมิ

ต่ำกว่า การใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน อาศัยหลักการถ่ายเทคความร้อนทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่

- การนำความร้อน คือ การถ่ายเทคความร้อนผ่านตัวกลาง โดยอาศัยการสั่นสะเทือนของโมเลกุลเมื่อสารได้รับความร้อน โมเลกุลของสารจะเกิดการสั่นสะเทือนซึ่งจะส่งผ่านพลังงานไปยังโมเลกุลข้างเคียงของสาร เช่น ถ้านำปลาดองแห้งลงด้านหนึ่งไปบนไฟต่อมาก็จะรู้สึกว่าปลายอีกด้านหนึ่งของแห้งจะร้อนขึ้นเนื่องจากเกิดการนำความร้อนในแห้งโดยจากด้านที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่ด้านที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า
- การพาความร้อน คือ การถ่ายเทคความร้อนผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลว เมื่อสารตัวกลางที่เป็นของเหลวเคลื่อนที่ไปสัมผัสกับสารที่มีอุณหภูมิต่างจากสารตัวกลางที่ไปสัมผัสก็จะเกิดการถ่ายเทคความร้อน การถ่ายเทคความร้อนในลักษณะนี้เรียกว่าการพาความร้อน เช่น ลมเย็นพัดผ่านวัตถุร้อน ก็จะเกิดการถ่ายเทคความร้อนออกจากผิววัตถุร้อนไปสู่ลมเย็น ทำให้ลมมีอุณหภูมิสูงขึ้นจากเดิม และผิววัตถุร้อนลดลง
- การแผ่รังสีความร้อน คือ การถ่ายเทคความร้อนโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางใดๆ ปริมาณการแผ่รังสี ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของแหล่งที่แผ่รังสีและอุณหภูมิของพื้นผิวที่รังสีไปตกกระทบ เช่น การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์

การใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์

การใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์สามารถจำแนกตามวิธีการใช้ได้ 2 รูปแบบ คือ วิธีทางตรง และวิธีทางอ้อม การใช้แสงอาทิตย์ทางตรง เช่น การผลิตความร้อนและไฟฟ้า ส่วนการใช้แสงอาทิตย์ทางอ้อมเป็นการใช้เพื่อให้เกิดพลังงาน พลังลม ชีวมวล และพลังงานจากทะเล ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงการใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์โดยวิธีทางตรงในรูปความร้อนเท่านั้น

การใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ในรูป ความร้อน

อุปกรณ์สำคัญในการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน คือ แผงรับแสงอาทิตย์ (Solar collector) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ดูดกลืนแสงอาทิตย์แล้วเปลี่ยนรูปให้เป็นความร้อนเพื่อถ่ายเทให้กับสารตัวกลาง เช่น น้ำ อากาศ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น น้ำร้อนสำหรับการทำน้ำ ลมร้อนสำหรับการทำแห้งวัสดุ จากหลักการนี้จึงได้มีการออกแบบและรับแสงอาทิตย์หลายรูปแบบ เพื่อให้เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งาน

1. ตัวรับแสงอาทิตย์

ส่วนที่สำคัญของตัวรับแสงอาทิตย์ คือ ส่วนที่ดูดกลืนแสงอาทิตย์ ซึ่งโดยทั่วไปมีลักษณะเป็นแผ่นราบทำด้วยโลหะทองแดง หรืออัลูมิเนียมเพื่อให้เกิดการนำความร้อนได้ดี และถ่ายเทความร้อนไปให้สารตัวกลางที่จะนำความร้อนไปใช้ประโยชน์ พื้นผิวแผ่นดูดกลืนแสงอาทิตย์ส่วนใหญ่เป็นสีดำ เพื่อให้ดูดกลืนแสงอาทิตย์ได้ดี ทำการเพิ่มประสิทธิภาพของดูดกลืน แสงให้สูงกว่าร้อยละ 90 และลดการสูญเสียจากการแพร่รังสีความร้อน ทำได้โดยการเคลือบผิวด้านรับแสงด้วยสารที่มีสมบัติสามารถดูดกลืนรังสีได้ เช่น black chrome, black nickel และ aluminum oxide กับ nickel โดยทั่วไปด้านหน้าผิวรับแสงจะมีกระจกใสปิดอยู่เพื่อลดการสูญเสียความร้อน

กระเจกไม่มีสมบัติที่สำคัญเกี่ยวกับแสงอาทิตย์คือยอมให้แสงอาทิตย์ ความยาวคลื่นใน ช่วง 0.3-3 ไมโครเมตร ผ่านได้ ส่วนรังสีอินฟราเรดที่ความยาวคลื่น 3-4 ไมโครเมตร ผ่านกระเจกได้ประมาณร้อยละ 25 แต่รังสีอินฟราเรดลี่นยาวยังตั้งแต่ 4 ไมโครเมตรขึ้นไป (ช่วงคลื่นความร้อน) จะผ่านกระเจกไม่ได้ ดังนั้นกระเจกจึงช่วยลดการสูญเสียความร้อนเนื่องจาก การพากความร้อนและการแพร่รังสีความร้อนได้

2. การประยุกต์ใช้งาน

การใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์สามารถจำแนกตามระดับอุณหภูมิ ได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ ระดับอุณหภูมิต่ำลีบ้านกลาง (ต่ำกว่า 150 องศา

เซลเซียส) และระดับอุณหภูมิสูง (สูงกว่า 150 องศาเซลเซียส) สามารถนำความร้อนไปผลิตไฟฟ้าได้ การใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ที่ระดับอุณหภูมิต่ำถึงปานกลางนั้น ได้มีการนำความร้อนไปใช้ประโยชน์ในหลายรูปแบบ เช่น การทำงานน้ำร้อนสำหรับที่พักอาศัยซึ่งมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย การอบแห้งการกลั่น

การทำงานน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ แผงรับแสงอาทิตย์ และถังเก็บน้ำร้อน ระบบทำงานน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ที่ใช้แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นราบ (Flat-plate collector) มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย และมีการผลิตออกจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ส่วนใหญ่นิยมใช้ทำน้ำร้อนสำหรับที่พักอาศัย โดยมีหลักการทำงาน คือ เมื่อแสงอาทิตย์ (ทั้งรังสีตรง และรังสีกระจาย) ตกกระทบบนแผงรับแสงจะสามารถส่งผ่านกระจากมาต่อกลังก์น้ำ แผ่นดูดกลืนแสง ทำให้แผ่นดูดกลืนแสงมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศแวดล้อม แผ่นดูดกลืนแสงจึงจะปรับตัวเข้าสู่สมดุลโดยการแผ่รังสีอินฟราเรดซึ่งคลื่นยาวออกมาน แต่รังสีนี้ไม่สามารถเดินทางผ่านกระจกได้ ความร้อนก็จะสะสมอยู่ในแผงรับแสง และถ่ายเทความร้อนไปสู่น้ำที่ในหลังท่อที่อยู่ใต้แผ่นดูดกลืนแสง ทำให้น้ำร้อน นอกจากรักษาระยะห่างลดการสูญเสียความร้อนเนื่องจากการพากความร้อนอีกด้วย เพราะช่วยป้องกันไม่ให้ลมในบรรยากาศเคลื่อนที่มาสัมผัสพื้นผิวที่ดูดกลืนแสงอาทิตย์ ส่วนด้านข้างและด้านใต้แผงรับแสงอาทิตย์จะลดการสูญเสียความร้อนโดยการทำหม้อนร้อน

น้ำร้อนที่ออกจากแผงจะไหลเข้าไปเก็บไว้ในถังการหมุนเวียนของน้ำผ่านแผงรับแสงมี 2 แบบ คือ การไหลแบบธรรมชาติ และการไหลแบบบังคับสำหรับการไหลแบบธรรมชาติจะอาศัยหลักการของเทอร์โมไซฟอน คือ น้ำร้อนมีความหนาแน่นอย่างกว่าน้ำเย็น ดังนั้น เมื่อน้ำเย็นไหลเข้าแผงรับแสง จะได้รับความร้อนจากแผ่นดูดกลืนแสงอาทิตย์ ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น น้ำร้อนก็จะลอยสูงขึ้นไหลออกไปนอกแผงรับแสง และน้ำเย็นจากภายนอกแผงรับแสงก็จะไหลเข้ามาแทนที่ ส่วนการไหลแบบบังคับต้องใช้ปั๊มน้ำจากน้ำอาจมีระบบความร้อนเสริม เช่น ชุดลดความร้อนที่ใช้ไฟฟ้าหรือแก๊สเชื้อเพลิงให้พลังงาน เพื่อให้สามารถใช้น้ำร้อนได้ตลอดเวลาถึงแม้ในบางวันที่มีฝนตกหนักไม่มีแสงอาทิตย์เพียงพอที่จะผลิตน้ำร้อนตามความต้องการได้

นอกจากนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแรงรับแสงให้มีการออกแบบแบบแผงรับแสงแบบท่อสูญญากาศ (Evacuated-tube collector) เพื่อลดการสูญเสียความร้อนเนื่องจากการพากความร้อนโดยทำให้ช่องว่างระหว่างกระจุกับแผ่นดูดกลืนแสงอาทิตย์เป็นสูญญากาศ ได้มีการออกแบบท่อสูญญากาศหลายรูปแบบ เช่น ท่อสูญญากาศแบบท่อแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งประกอบด้วยท่อแก้วปิด ภายในมีแผ่นดูดกลืนแสงอาทิตย์ ซึ่งมีท่อแลกเปลี่ยนความร้อนอยู่ตรงกลางภายในท่อระหว่างท่อแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งมีท่อแลกเปลี่ยนความร้อนอยู่ต่อตัว ปลายท่อด้านบนสอดเข้าไปในท่อที่วางในแนวขวาง (แนวตั้งฉาก) โดยจะมีสารทำงานไอลพ่านมารับความร้อนจากท่อสูญญากาศเพื่อไปใช้ประโยชน์

ท่อสูญญากาศแบบท่อแลกเปลี่ยนความร้อนมีหลักการทำงานเบื้องต้นดังนี้เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบบนท่อจะทำให้แผ่นดูดกลืนแสงมีอุณหภูมิสูงขึ้นแล้วถ่ายเทความร้อนให้กับของเหลวภายในท่อ ทำให้ของเหลวถูกดึงดูดโดยเคลื่อนที่ไปยังปลายด้านบนของท่อ เพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับสารทำงานที่ไอลพ่านผิวท่อด้านนอก จากนั้นไอก็จะควบแน่นเป็นของเหลว แล้วเคลื่อนที่กลับมายังปลายด้านล่างของท่อ ตัวรับแสงแบบท่อสูญญากาศสามารถทำความร้อนได้อุณหภูมิสูงถึง 150 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าแรงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นราบ แต่ก็มีราคาสูงกว่าด้วยเช่นกัน

การตอบแห่งด้วยแสงอาทิตย์ เป็นการใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์เพื่อระบายความชื้นออกจากวัสดุ ใน การใช้งานมีทั้งให้ความร้อนแก้วัสดุ อบแห้งโดยทางตรง และโดยทางอ้อมผ่านลมร้อน ได้มีการออกแบบเครื่องอบแห้งหลายรูปแบบ เช่น กล่องอบแห้งแสงอาทิตย์ เป็นเครื่องอบแห้งแบบง่าย มีลักษณะเป็นกล่องรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทำด้วยไม้ทาสีดำ ภายในมีตะแกรงสำหรับวางวัสดุอบแห้ง ด้านบนปิดด้วยกระจุกวางแผนหมุน吹ลม เครื่องติดตั้งห้องที่นั่นเพื่อให้สามารถรับแสงอาทิตย์ได้มากที่สุด ด้านหลังเป็นประตูเพื่อนำวัสดุเข้า-ออกจากกล่อง กล่องอบแห้งมีหลักการทำงานดังนี้คือ เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบบนกล่อง จะสามารถเคลื่อนที่ผ่านกระจาดเข้ามายังภายในกล่องเพื่อให้ความร้อนแก้วัสดุอบแห้งโดยตรง และให้ความร้อนแก่อากาศภายในกล่อง นอกจากนี้บริเวณด้านข้างและพื้นด้านล่างกล่องอบแห้งจะดูดกลืนรังสีอาทิตย์ แล้วปล่อยรังสีอินฟราเรดซึ่งคลื่นยาวອกมา ซึ่งก็จะถูก

เก็บกักโดยกระจก เพื่อให้ความร้อนแก่สต๊อกบแห้ง ความชื้นที่ระเหยออกจากวัสดุจะถูกระบายนอกจากกล่องทางด้านหลัง การให้เหลวเย็นของอากาศเป็นแบบธรรมชาติโดยลมผ่านเข้าทางด้านหน้าและออกทางด้านหลังของกล่อง

ตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ เป็นเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่มีขนาดใหญ่กว่ากล่องอบแห้ง ประกอบด้วยแผงรับแสงอาทิตย์ และตู้ไส้ผลิตภัณฑ์ที่จะทำการอบแห้ง แผงรับแสงอาทิตย์มีลักษณะเป็นแผ่นราบสำหรับทำอากาศร้อน (Flat-plate air collector) มีหลักการทำงานเช่นเดียวกับแผงทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ ด้านบนปิดด้วยกระจกใส่ด้านล่างของแผ่นดูดกลืนรังสีทำเป็นช่องว่างเพื่อให้ลมเคลื่อนที่เข้ามารับความร้อน ตู้อบแห้งมีประตูอยู่ด้านหลังเพื่อนำผลิตภัณฑ์เข้า-ออกจากตู้ ภายในตู้มีตะแกรงสำหรับวางผลิตภัณฑ์ ด้านข้างของตู้อบแห้งอาจทำด้วยสต๊อกบไปร์งแสง หรือทึบแสง ขึ้นอยู่ว่าต้องการให้สต๊อกบแห้งได้รับความร้อนโดยตรงจากแสงอาทิตย์หรือไม่ หลักการทำงานของตู้อบแห้ง คือ ลมร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ จะผ่านเข้าตู้อบแห้ง วัสดุอบแห้งได้รับความร้อนจากลมร้อน และได้รับความร้อนโดยตรงจากแสงอาทิตย์ที่สองฝาด้านข้างตู้ในกรณีที่ด้านข้างตู้เป็นกระจกใส ความชื้นจากวัสดุจะถูกระบายนอกจากตู้โดยธรรมชาติทางช่องลมที่อยู่ทางส่วนบนของด้านหลังตู้ และสามารถเพิ่มอัตราการให้เหลวของอากาศภายในตู้ได้โดยติดพัดลมระหว่างอากาศนอกจากนี้อาจติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนเสริมเพื่อให้ได้อุณหภูมิลมร้อนคงที่ตลอดช่วงเวลาที่ใช้งาน

การกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์ เป็นการใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์เพื่อระเหยน้ำให้กลายเป็นไอ แล้วไปตกกระแทบบนพื้นผิวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าก็จะเกิดการควบแน่น เครื่องกลั่นน้ำแสงอาทิตย์แบบอ่างซึ่งเป็นเครื่องกลั่นน้ำแบบง่ายๆ มีลักษณะเป็นค่างสี่เหลี่ยมพื้นผ้า ด้านบนปิดด้วยกระจกใส่ทางเป็นมุนเอียงในแนวระนาบ ภายในค่างเป็นพื้นผิวสีดำ เพื่อทำให้น้ำที่ดูดกลืนแสงอาทิตย์ เมื่อไส้น้ำที่ต้องการกลั่นเข้าไปในค่าง แสงอาทิตย์ตกกระแทบบนกระจกจะผ่านเข้าไปให้ความร้อนแก่น้ำโดยตรง และนอกจานนี้น้ำยังได้รับความร้อนจากผิวดูดกลืนแสงอาทิตย์ด้วยทำให้น้ำเกิดการระเหยกลายเป็นไอโดยตัวชี้น้ำไปตกกระแทบกับกระจกซึ่งมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าเนื่องจากมีลมจากอากาศแฉดล้อมภายนอกพัดพาความร้อนไปจากกระจก ดังนั้น ไอน้ำจึงเกิดการควบแน่นบนผิวกระจกด้านใน เป็นหยดน้ำให้ลดตามความเอียงของ

กระบวนการตอกบันรงรับน้ำก้อนที่อยู่ภายใต้กล่องด้านหน้า ซึ่งมีห่อต่อให้น้ำไหลออกมาจากเครื่องกลั่นน้ำเข้าเก็บไว้ในภาชนะ

การใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ระดับอุณหภูมิสูง สำหรับการใช้งานที่ระดับอุณหภูมิสูงจำเป็นที่จะต้องมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพิ่มค่าความเข้มแสง ที่มาตากกระทบบแพนดูดกลีนแสงอาทิตย์ ซึ่งจะติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งไฟกั๊กของอุปกรณ์สะท้อนแสงดังนี้ แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้ประโภชันส่วนใหญ่จะเป็นรังสีตัวเรเดียมที่ต้องทราบพิศทางที่แน่นอนเพื่อการออกแบบ อุปกรณ์สะท้อนแสง และหาตำแหน่งของจุดรวมแสงที่จะติดตั้งแพนดูดกลีนแสงได้ ได้มีการออกแบบอุปกรณ์สะท้อนแสงหลายรูปแบบ เพื่อความเหมาะสมของการใช้งาน

ชุดรับแสงอาทิตย์แบบรวมแสงด้วยแรงพาราโบลิก (Parabolic-trough concentrating collector) ประกอบด้วยแรงสะท้อนแสงรูปพาราโบลิก มีห่อดูดกลีนแสงอาทิตย์ซึ่งภายในห่อมีของไอลามารับความร้อนเพื่อนำไปใช้งาน และมีระบบขับเคลื่อนแรงพาราโบลิก เมื่อรังสีตัวเรเดียมมาตักกระทบบแพนรังสีตัวเรเดียมที่สามารถรับแสงที่อยู่ในตำแหน่งไฟกั๊กของร่างพาราโบลิกจะถูกสะท้อนไปรวมไว้ท่อรับแสงที่อยู่ในตำแหน่งไฟกั๊กของร่างพาราโบลิก ทำให้ห่อมีอุณหภูมิสูงก็จะเกิดการถ่ายเทความร้อนจากห่อไปสู่ของไอลามาร์กที่สามารถรับแสงที่อยู่ในตำแหน่งไฟกั๊กของร่างพาราโบลิกได้สูงถึง 400 องศาเซลเซียส ของไอลามาร์นี้จะนำไปใช้เป็นแหล่งให้ความร้อนในงานต่างๆ ได้ตามต้องการ และเนื่องจากดวงอาทิตย์มีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา จึงต้องมีระบบขับเคลื่อนแรงพาราโบลิกให้หันไปตามพิศทางการเคลื่อนที่ของแสงอาทิตย์ เพื่อรับรังสีตัวเรเดียมที่ได้ตามมุมที่ออกแบบไว้ ให้ตำแหน่งไฟกั๊กของร่างสะท้อนแสงยังคงอยู่ที่ห่อรับแสงตลอดเวลา

ชุดรับแสงอาทิตย์แบบรวมแสงด้วยจานพาราโบลิก (Paraboloid concentrating collector) ประกอบด้วยจานสะท้อนแสงรูปพาราโบลิก มีแพนดูดกลีนแสงอาทิตย์ซึ่งภายในแพนมีของไอลามารับความร้อนเพื่อนำไปใช้งาน และมีระบบขับเคลื่อนจาน มีหลักการทำงานเช่นเดียวกับตัวรับแสงอาทิตย์แบบรวมแสงด้วยแรงพาราโบลิก ต่างกันตรงที่ตัวรวมแสงมีลักษณะเป็นจานพาราโบลิก แสงก็จะถูกสะท้อนไปรวมไว้ที่ตัวรับแสงที่อยู่ในตำแหน่งไฟกั๊กของจานสามารถทำความร้อนอุณหภูมิได้สูงถึง 650 องศาเซลเซียส เกิดการถ่ายเทความร้อนไปสู่ของไอลามาร์ในตัวดูดกลีนแสง และมีระบบขับ

เคลื่อนพาราโบลิกให้หันไปตามทิศทางการเคลื่อนที่ของแสงอาทิตย์ เช่นกัน สามารถผลิตไฟฟ้าได้

ชุดรับแสงอาทิตย์แบบรวมแสงด้วยแผ่นสะท้อนแสงที่วางกระจายตามลำดับแคลว (Central receiver system with distributed reflectors) ตัวรวมแสงลักษณะนี้จะใช้แผ่นสะท้อนแสงแบบที่มีความโค้งเล็กน้อยที่เรียกว่า heliostats จำนวนมาก วางเรียงตามลำดับแคลวและกระจายไปโดยรอบเพื่อรวมรังสีตรงของแสงอาทิตย์โดยการสะท้อนไปที่ตำแหน่งโฟกัสเดียวกันซึ่งมีตัวดูดกลืนแสงติดตั้งอยู่ ระบบนี้สามารถทำความร้อนอุณหภูมิได้สูงถึง 1000 องศาเซลเซียส และมีระบบขับเคลื่อนแผงสะท้อนแสงให้หันไปตามทิศทาง การเคลื่อนที่ของแสงอาทิตย์ เช่นกัน

การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน ในประเทศไทย

ในปี พ.ศ. 2546 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อนรวมทั้งสิ้น 5,799,125 เมกะจูล และไฟฟ้า 5,918.2 เมกะวัตต์ชั่วโมง ส่วนใหญ่ใช้ในภาคเหนือ ในด้านเศรษฐกิจ บ้านอยู่อาศัย และธุรกิจการค้า

ในปัจจุบันเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นที่ยอมรับในเชิงพาณิชย์แล้ว โดยมีใช้ในบ้านเรือน โรงเรือน โรงพยาบาล มียอดจำหน่ายประมาณ 5,000-10,000 ตารางเมตรต่อปี รวมทั้งที่ติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นราบประมาณ 50,000 ตารางเมตร ซึ่งมีทั้งที่นำเข้าจากต่างประเทศ และผลิตเองในห้องถีนแต่จำนวนยอดจำหน่ายในแต่ละปียังเพิ่มขึ้นไม่มากนัก แสดงว่าการยอมรับมีจำกัดและยังไม่แพร่หลายเท่าที่ควร เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น มีราคาสูงกว่าเครื่องทำน้ำร้อนจากไฟฟ้า และแก๊สหุงต้ม ความไม่สม่ำเสมอของการใช้งานหรือต้องใช้งานควบคู่กับพลังงานชนิดอื่น เครื่องที่ผลิตในประเทศไทยของบางบริษัทมีคุณภาพดี ทำให้ขาดความต้องการ ในระยะยาว บริการหลังการขายยังไม่ดี รวมทั้งมาตรการสนับสนุนจากภาครัฐยังมีความจุใจไม่เพียงพอ

เครื่องคอมพิวเตอร์พลังงานแสงอาทิตย์ยังไม่เป็นที่ยอมรับในเชิงพาณิชย์โดยมีการใช้งานสำหรับคอมพิวเตอร์เพื่อผลทางการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ มีขนาดเล็ก การยอมรับยังอยู่ในวงจำกัดและยังไม่สามารถใช้ในเชิงอุตสาหกรรมได้ การอุปกรณ์ติดตั้งต้องติดตั้งในปริมาณที่ไม่มากนัก และระยะเวลาที่ใช้ใกล้เดียงกับวิธีตากกลางแจ้งแต่มีการลงทุนสูงกว่า

สำหรับเครื่องกลันน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ยังไม่มีข้อมูลการนำไปใช้งาน ประสมิทธิภารยังไม่สูงเพียงพอที่จะนำไปใช้งานได้จริงและไม่คุ้มค่า ในเชิงพาณิชย์ รวมถึงยังไม่มีความต้องการและความจำเป็นในการนำมาใช้งานสำหรับประเทศไทย และยังมีปัญหาด้านคุณภาพของน้ำกลันที่ผลิตได้ว่าจะเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ด้านใด

ส่วนเครื่องทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย ยังอยู่ในขั้นตอนของการวิจัยเพื่อศึกษาสมรรถนะเท่านั้น ยังไม่มีข้อมูลสำหรับการนำมาใช้งานจริง เนื่องจากหลักการทำงานของระบบจะค่อนข้างซับซ้อนต้องใช้คุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานและทันสมัย รวมถึงความก้าวหน้าของเทคโนโลยีที่ยังไม่ได้รับการพัฒนาเท่าที่ควรจึงทำให้เครื่องทำความเย็นพลังงานแสงอาทิตย์ยังมีประสิทธิภาพต่ำ มีราคาค่อนข้างสูงกว่าเครื่องทำความเย็นในระบบเดิมอย่างมาก

ส่วนการใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ระดับอุณหภูมิสูงในประเทศไทย ยังไม่มีการใช้ในเชิงพาณิชย์ มีรายงานจากต่างประเทศว่าค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าต่ำกว่ากรณีใช้เซลล์แสงอาทิตย์ประมาณ 3-6 เท่า และต่ำกว่ากรณีใช้เทคโนโลยีด้านหินสodalite ที่รวมการกักเก็บแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ยังสูงกว่ากรณีการผลิตไฟฟ้าตามรูปแบบ

ปัจจัยดีและปัจจัยการใช้พลังงาน ในอาชีวศึกษาของประเทศไทย

ถึงแม่ว่าประเทศไทยจะมีศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์เพียงพอสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ แต่ยังมีการใช้งานไม่มากเท่าที่ควรเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอและความไม่แน่นอนของแหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ทำให้เกิดปัญหาในการใช้งานและข้อจำกัดต่างๆ ดังนี้ไม่สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตามต้องการซึ่งจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อกุญแจภาพผลิตภัณฑ์ เช่น เครื่องอบแห้งและเครื่องทำความเย็นด้วยแสงอาทิตย์ ดังนั้นถ้าจะแก้ไขปัญหาเหล่านี้จะต้องติดอุปกรณ์เพิ่มเพื่อใช้แหล่งพลังงานอื่นเสริม ซึ่งจะทำให้ระบบมีต้นทุนสูงขึ้น นอกจากนี้สมรรถนะของบางอุปกรณ์ยังต่ำอยู่มาก เช่น เครื่องกัลลันน้ำ และเครื่องทำความเย็นทำให้ไม่ประสิทธิภาพในการใช้งาน



บทที่ 6

ชีวมวลเพื่อพลังงาน

สุวิทย์ เตีย¹
วรินทร์ สงคศิริ²

มนุษย์ใช้ชีวมวลเพื่อผลิตพลังงานมาตั้งแต่สมัยดึกดำบรรพ์ โดยเริ่มจากการที่มนุษย์ถ้าไม่โกลาภิเ__; ให้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงในการจุดไฟ ซึ่งนับว่าเป็นจุดเริ่มต้นของวัฒนธรรมโลก ประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรมที่อุดมสมบูรณ์ด้วยแหล่งทรัพยากร มีผลผลิตและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเหล่านี้นับเป็นส่วนหนึ่งของทรัพยากรที่เรียกว่า ชีวมวล (Biomass)

ชีวมวล คือ อินทรีย์สารที่เป็นแหล่งพลังงานตามธรรมชาติ ซึ่งมีมาตรฐานเป็นองค์ประกอบหลักและสามารถนำมาผลิตพลังงานได้ เช่น ชีวมวลน้ำรวมถึงสตอร์ พีช หั้งที่มีชีวิตและตายแล้ว อีกทั้งวัสดุเหลือทิ้งต่างๆ อาทิ เชเชไม้ น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำตาล ของเสียจากฟาร์มสุกร และขยะจากโรงงานอาหาร ชีวมวลหลักที่สำคัญของประเทศไทยซึ่งสามารถนำมาเปลี่ยน

¹ สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานอิริยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

² หน่วยปฏิบัติการชีวเคมีและโรงงานด้านแบบ ศูนย์พัฒนวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ

รูปเป็นผลิตภัณฑ์แบบออกได้เป็น 5 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ (1) วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (2) ชีวมวลเหลือทิ้งเพื่อผลิตแก๊สชีวภาพ (3) ขยะชุมชน (4) ชีวมวลเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมไม้แปรรูปและเฟอร์นิเจอร์ และ (5) ไม้โตเรียว

ศักยภาพของเชื้อมวลในประเทศไทย

ในการประเมินศักยภาพชีวมวลสำหรับผลิตภัณฑ์ของประเทศไทยนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้สำหรับการจัดเก็บชีวมวล ความเป็นไปได้ทางเทคนิค ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อม และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการแปรสภาพชีวมวลต่อผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้อีกด้วย ในบทความนี้จะนำเสนอศักยภาพของชีวมวลและการเปลี่ยนรูปเป็นผลิตภัณฑ์ด้วยกระบวนการที่เห็นว่าเหมาะสมกับประเทศไทย โดยรวมข้อมูลจากแหล่งต่างๆ โดยเฉพาะรายงานของกรมพัฒนาผลิตภัณฑ์และอนุรักษ์ผลิตภัณฑ์มูลนิธิพัฒนาเพื่อสิ่งแวดล้อม กรมโรงงานอุตสาหกรรม กรมปศุสัตว์ สำนักงานสถิติแห่งชาติ และสถาบันการศึกษาต่างๆ

1. ชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร

ประเทศไทยมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีศักยภาพนำมาใช้เป็นผลิตภัณฑ์แทนได้แสดงในตารางที่ 6.1 สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติการเผาไหม้ได้รวมรวมจากเอกสารต่างๆ สรุปไว้ในตารางที่ 6.2 ซึ่งเป็นข้อมูลจากทั้งในและต่างประเทศ ในการผลิตผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรใช้กระบวนการทางเคมี/ความร้อนเป็นหลัก

ผลการศึกษาของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ด้วยการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติรายงานถึงปริมาณชีวมวลเหลือทิ้งของพืชเศรษฐกิจ และการนำไปใช้งานในรูปแบบต่างๆ รวมถึงผลิตภัณฑ์ชั้นมูลด้านราคาของชีวมวลเหลือทิ้งมีรายงานในเอกสารอ้างอิง เช่น ราคาเฉลี่ย 500-1,000 บาท/ตัน กะลามะพร้าว และปาล์ม 4,000-5,000 และ 550-680 บาท/ตัน ตามลำดับ เป็นไม้ยาง 300-400 บาท/ตัน และเศษไม้ยางที่ทิ้งในสวน (ขนาด < 5 นิ้ว) 600-700 บาท/ตัน

ຕາມທາງທີ່ 6.1 ສັກຍາພາບຂອງຊົວມາລປະເກດວັສດຸເໜືອໃຫ້ທາງການເກະຫຼາດ

ຜລຜລິດ ທາງການ ເກະຫຼາດ	ປຣິມານ ຜລຜລິດ (ພັນຕັນ ຕອປີ)	ປຣິມານ ຊົວມາລ ຕົວປີ)	ປຣິມານ ຊົວມາລ (ພັນຕັນ ຕອປີ)	ຮັບຍະລື້ ເໜືອ ເພື່ອຜລິດ ພລັງງານ	ຄ່າຄວາມ ຮັນ (MJ/kg)	ຕິດເປັນຄ່າ ພລັງງານ (PJ ຕອປີ)
ຊ້າວ	26,057	ຝ່າງຊ້າວ ແກລນ	11,647 5,993	70 50	14.27 10.24	83.5 42.8
ອ້ອຍ	74,258	ດັນແລະໄບ ຫານ	22,426 21,610	98 20	17.39 14.40	382.2 62.2
ປາລົມນໍ້າມັນ	4,605	ທະລາຍ ເແລ້ນໄຍ ກະລາ	1,971 677 226	60 13 4	17.86 17.62 18.46	21.1 1.2 0.3
ຊ້າວໂພດ ມັນ	4,230 16,868	ໜັງ ດັນ	1,155 1,484	65 40	18.04 18.42	13.5 11.1
ສຳປະກັບ						
ມະພາວັງ	1,418	ເປົ້າລູກ ກະລາ	148 94	60 40	16.23 17.93	5.0 1.5

ທີ່ມາ: ສຳນັກງານສົດິແຮ່ງໝາດີ ສົດິຜລຜລິດທາງການເກະຫຼາດຂອງ ພ.ສ. 2546

ວັສດຸເໜືອທີ່ຈາກຊ້າວແລະອ້ອຍ ໄດ້ແກ່ ຫານອ້ອຍ ແລະແກລນ ມີ
ສັກຍາພາບສູງແລະມີການນຳມາໃຊ້ເພື່ອຜລິດພລັງງານທດແທນອຸ່ນແລ້ວ ຊຶ່ງຫານອ້ອຍ
ໃນໂຮງງານຜລິດນໍ້າຕາລຈະຄຸກນໍາໄປເພາເພື່ອຜລິດໄຟຟ້າແລະໄອນໍ້າສຳຫັບໃຫ້
ກາຍໃນໂຮງງານ ສຳຫັບແກລນ ຊຶ່ງສື່ອວ່າເປັນເຂົ້າເພີ້ມຊົວມາລທີ່ດີທີ່ສຸດ ເນື່ອຈາກ
ຄວາມຊື່ນຕໍ່າ ແລະໄມ່ຈະເປັນດ້ອງຜ່ານເຄື່ອງຍ່ອຍກ່ອນນຳໄປເພາໄໝ້ກີໄດ້ມີ
ການນຳໄປໃຫ້ໃນການຜລິດຄວາມຮັນແລະໄຟຟ້າ ການນຳຊົວມາລມາໃໝ່ເປັນເຂົ້າ
ເພີ້ມມີປຸ່ນຫາອຸ່ນທີ່ການເພາໄໝ້ເນື່ອງມາຈາກເຄົາຫລອມຕັກກະຈາຍຂອງຊົວມາລ
ແລະເທັກໂນໂລຢີໃນການເກີນຈຸມຈາກຊົວມາລນັ້ນໆ ດັ່ງຕ້ວຍໆຢ່າງໃນການນື້ອງຝ່າງຊ້າວ
ຕັນ ແລະໄປອ້ອຍ ດັ່ງນັ້ນການສົງເສລີມໃໝ່ໃຫ້ເສຍວັສດຸເໜືອທີ່ຈາກອ້ອຍແລະຊ້າວ

จำเป็นต้องคำนึงถึงการกระจายตัวของพื้นที่การปลูก และตำแหน่งที่ต้องการใช้พัสดุงานเป็นสำคัญ เนื่องจากปัญหาการจัดเก็บและขนส่งเป็นปัจจัยหลักด้านความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์

สิ่งที่ต้องศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจใช้ชีวนะเหล่านี้ผลิตพัสดุงาน ได้แก่ การเก็บข้อมูลการใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ ให้ละเอียดมากขึ้น ราคาน้ำที่ผันแปรตามเวลาและระยะทางการขนส่ง การกระจายตัว สมรรถนะเชิงแม่ในหมู่ของชีวนะเหล่านี้ และปัญหาเชิงเทคนิคที่เกิดจากการใช้ผลิตพัสดุงาน

โดยสรุป ศักยภาพของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรต่างๆ คิดเป็นพัสดุงานได้ประมาณ 620 PJ

ຕາງຮາງທີ 6.2 ຂອງປະປະກອບປາຂອງເຫຼືອເພີ້ແລະຄໍາຄວາມຮອ່ອນ

ສມັປີ	ນາລະ	ພາຈັກ	ຫານ	ເຄຫະຫຼຸນ	ໄມ້ຍາງ	ໄຟ	ກະລາ	ຫະລາຍ	ກະລາ	ຮັນໄມ້	ເປົ້ອກ
ຄວາມສ້າງ %	8.20	10.0	50.73	9.2	45.0	31.84	12.0	29.60	7.0	19.0	41.01
ເຄົາ, %	13.20	10.39	1.43	6.1	1.59	6.35	3.5	20.4	1.4	0.5	7.30
ສາງຮະຫຍາ %	58.90	60.7	41.98	67.8	45.7	48.61	68.2	38.28	70.4	64.0	43.18
ຄາງປົງອິນຄົງຕົວ, %	19.70	18.9	5.86	16.9	7.71	13.2	16.3	11.72	21.2	16.5	8.51
ຄາງປົງໃນ, %	39.10	38.17	21.33	41.6	25.57	31.35	44.44	26.37	43.7	40.89	25.7
ຢືນເຕັກຈຸນ, %	4.59	5.02	3.06	5.08	3.19	4.57	3.01	1.68	5.27	4.69	2.68
ອອກສຶກຈຸນ, %	34.70	35.28	23.29	37.42	24.47	25.63	34.7	21.68	42.5	34.89	22.63
ໄຟເຕັກຈຸນ, %	0.17	0.58	0.12	0.4	0.14	0.02	0.28	0.25	0.19	0.07	0.66
ຫຼັກພ່ອດົກ, %	0.04	0.09	0.03	0.17	0.02	0.06	0.02	0.015	0.04	0.02	0.03
HHV (kJ/kg)	15,400	13,650	9,243	16,794	10,365	13,548	18,257	10,630	17,510	16,200	11,220
LHV (kJ/kg)	14,204	12,330	7,368	15,479	8,600	11,800	16,900	8,747	16,220	15,166	9,330
											6,834

- ໂຮກສາກເນື້ອກຕ່າງໆ “Introduction to conversion of biomass to electricity and thermal” - revision date: April 2005, www.efe.gov.hk
- ຮາຍງານກາງຈຳຫຼັກສອນເປັນວຽກຮະຫຍາປະນູມອ້ອນແນບຫຼືປົງເປົ້າ ບ້າກສູ່ຜົດໜ້າພວເຮັດ ປຣິເນັດ ສາງປັນພື້ນມາແລະສຶກປອມໂຮງງານຕົ້ນແນບ ມາກວິທະລົງ
- ທັກໂນໂລຢີພະຈະຈຸມກຳນົກນິ້ງ, 2547
- Ayhan Demirbas, 2004, “Effects of temperature and particle size on bio-char yield from pyrolysis of agricultural residues”, J. Anal. Appl. Pyrolysis, Vol 72, pp.243-248.
- ຮາຍງານກາງຈຳຫຼັກສອນເປັນວຽກຮະຫຍາປະນູມອ້ອນແນບຫຼືປົງເປົ້າ ສາງປັນພື້ນມາແລະສຶກປອມໂຮງງານຕົ້ນແນບ ມາກວິທະລົງ

2. ชีวมวลเหลือทิ้งเพื่อผลิตแก๊สชีวภาพ

จากศักยภาพของชีวมวลเหลือทิ้งเพื่อผลิตแก๊สชีวภาพ เมื่อพิจารณาจากมูลสัตว์ และน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม จะได้ว่ามูลจากโคเนื้อมีศักยภาพสูงสำหรับการผลิตแก๊สชีวภาพ แต่ระบบผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลโคยังไม่แพร่หลาย ทั้งนี้ เนื่องจากจำนวนโคต่อฟาร์มต่ำ มีปัญหาในการจัดเก็บมูลอีกทั้งมูลโคมีปริมาณมาก เชลลูโลสซึ่งอยู่ในรากทำให้ระบบผลิตแก๊สชีวภาพมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูง ในทางตรงกันข้าม การเลี้ยงสุกรในประเทศไทยเป็นระบบฟาร์มซึ่งทำให้การจัดเก็บมูลสะดวกมาก ยิ่งขึ้นและมูลสุกรมีการเซลลูโลสอยู่น้อยอย่างสูง ผลให้เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรสามารถสร้างระบบผลิตพลังงานจากแก๊สชีวภาพที่คุ้มค่าต่อการลงทุนได้ชัดเจน บ่งชี้ว่าโรงงานผลิตแบ่งมันสำปะหลังมีศักยภาพสำหรับผลิตเป็นพลังงานทดแทนจากกาก伙ชีวภาพสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ โรงงานผลิตน้ำตาล และโรงงานปาล์มน้ำมัน ซึ่งขณะนี้ได้มีการพัฒนาระบบด้านแบบการผลิตแก๊สชีวภาพสำหรับโรงงานแบ่งมันสำปะหลังและปาล์มน้ำมัน

อย่างไรก็ตาม การกระจายตัวของฟาร์มและโรงงานขนาดเล็ก ทำให้มีปัญหาการนำศักยภาพของเหลวที่มามาใช้งาน การประเมินศักยภาพที่สามารถนำมาใช้งานได้จริงและมีความเป็นไปได้ทั้งทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ จึงเป็นเรื่องจำเป็นที่ต้องดำเนินการ ศักยภาพทางด้านพลังงานของมูลสัตว์จากฟาร์ม น้ำเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรและอาหารมีค่า 13 และ 10 PJ/y ตามลำดับ

3. ขยะชุมชน

ผลการสำรวจพบว่า ปี พ.ศ. 2546 ประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นทั่วประเทศประมาณปีละ 14.4 ล้านตัน เนพาะในเขตกรุงเทพมหานครมีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณวันละ 9,340 ตัน ในขณะที่ในเขตเทศบาลและเมืองพัทยามีประมาณวันละ 12,100 ตัน และพื้นที่นอกเขตเทศบาล ประมาณวันละ 17,800 ตัน รวมเป็นปริมาณขยะมูลฝอยทั่วประเทศไทย 39,240 ตัน/วัน

ในชุมชนเขตเทศบาลแต่ละภาคของประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยในภาคเหนือ (17 จังหวัด) 2,137.60 ตัน/วัน ภาคใต้ (14 จังหวัด) มี 1,991.11 ตัน/วัน ภาคกลางและภาคตะวันออก (25 จังหวัด) 5,464.61 ตัน/วัน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (19 จังหวัด) 2,838.61 ตัน/วัน และกรุงเทพมหานคร มีปริมาณขยะมูลฝอย 9,340 ตัน/วัน ทั้งนี้ ขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2546 มีสัดส่วนขยะมูลฝอยที่มีศักยภาพในการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ซึ่งประกอบด้วยรีไซเคิลและขยายอุปสงค์ (อินทรีย์สาร) ประมาณ 13.3 ล้านตัน แบ่งเป็นขยายอุปสงค์ที่เหมาะสมแก่การทำปุ๋ยอินทรีย์/ปุ๋ยน้ำชีวภาพ ประมาณ 6.8 ล้านตัน และประเภทรีไซเคิล (แก้ว กระดาษ พลาสติก เหล็ก อลูมิเนียม และยางรถยก) ประมาณ 6.5 ล้านตัน จากการคาดการณ์ ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่จะเกิดขึ้นทั่วประเทศไทยในอนาคตโดยรวมควบคุมมลพิษ พบร่วม ปริมาณขยะมูลฝอยจะเพิ่มขึ้นจากประมาณวันละ 40,961 ตัน ในปี พ.ศ. 2547 เป็นประมาณวันละ 47,000 ตัน ในปี พ.ศ. 2554 หรือมีอัตราเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 2 ต่อปี คิดเป็นปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้นประมาณวันละ 700-900 ตัน เมื่อเปลี่ยนขยายเหล่านี้เป็นพลังงานไฟฟ้า จะมีศักยภาพดังตารางที่ 6.3 อย่างไรก็ได้ การประเมินศักยภาพที่สามารถนำมาใช้งานได้จริง และมีความเป็นไปได้ทั้งทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์เป็นเรื่องจำเป็นที่ต้องดำเนินการ

ชุมชนนั้นสามารถนำมาเปลี่ยนรูปโดยใช้กระบวนการทางเคมี ความร้อนหรือทางชีวภาพ อย่างไรก็ตาม การผลิตพลังงานจากขยะชุมชนนั้นอาจยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากยังมีปัญหาด้านการจัดการ ขยะ และการปลดปล่อยมลพิษรูปแบบต่างๆ ทั้งจากการกระบวนการทางชีวเคมีและเคมีความร้อน

ตารางที่ 6.3 ศักยภาพของขยะมูลฝอยในการผลิตไฟฟ้า

แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยชุมชน	ตันต่อวัน	ไฟฟ้า (WM) 2546
ภาคเหนือ	2,138	21 - 43
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	2,839	28 - 57
ภาคกลางและภาคตะวันออก	5,465	55 - 109
ภาคใต้	1,911	19 - 38
กรุงเทพมหานคร	9,340	93 - 187
รวม	21,692	217 - 434

4. ชีวมวลเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมไม้แปรรูปและเฟอร์นิเจอร์

ปัจจุบันอุตสาหกรรมไม้แปรรูปและเฟอร์นิเจอร์ส่วนใหญ่จะเป็นไม้ยางพารา ซึ่งได้จากการตัดโค่นสวนยางที่หมดอายุ (25-30 ปี) ขณะนี้ยังไม่มีข้อมูลปริมาณที่แท้จริงของไม้ยางที่ถูกตัดโค่น โดยประเทศไทยปัจจุบันยางพาราเป็นพื้นที่ทั้งหมด 13 ล้านไร่ ส่วนใหญ่อยู่ทางภาคใต้และตะวันออก และภายในปี พ.ศ. 2549 จะส่งเสริมเพิ่มอีกประมาณ 1 ล้านไร่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ผลการประเมินที่สภากวงดัว ค่าวมีการตัดโค่นร้อยละ 3-4 ของพื้นที่ปลูกต่อปี หรือประมาณ 0.4-0.5 ล้านไร่ ซึ่งจะทำให้ได้เนื้อไม้ 18-22.5 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี (45 ล้านลูกบาศก์เมตร/ไร่) และประมาณร้อยละ 46 ของเนื้อไม้ที่ถึงโรงงานแปรรูป มีการสูญเสียอีกประมาณร้อยละ 30 เมื่อนำไปทำเฟอร์นิเจอร์จะสูญเสียอีกประมาณร้อยละ 6 ดังนั้น เนื้อไม้จะถูกใช้งานประมาณร้อยละ 10-11 เศษไม้ที่เหลือประมาณ 16-20 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี หรือคิดเป็นพลังงานได้ 160-200 PJ/y (ความหนาแน่น 650 kg/m³, ค่าความร้อน 15-16 MJ/kg) ถ้าไม่คิดส่วนที่ทิ้งในสวนยาง จะมีเศษไม้ประมาณ 2.83-3.54 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี คิดเป็นพลังงานได้ 28-35 PJ/y จากการศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ เช่น ค่าขนส่ง ราคาและคุณภาพเชื้อเพลิงที่มีผลกระทบต่อค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าที่ใช้เศษไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิง ได้มีการเสนอทำเลที่ตั้งของโรงไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สามารถผลิตไฟฟ้าในราคายอดเยี่ยมได้ซึ่งก่อสร้างได้ทั้งสิ้น 8 โรง นับตั้งแต่จังหวัดสุราษฎร์ธานีลงไป คิดเป็นกำลังไฟฟ้าทั้งหมดได้ 186.5 MWe

5. ไม้โตเร็ว

กรมพัฒนาพาลังงานทดแทนและอนุรักษ์พาลังงานได้ศึกษาค่าความร้อนของไม้โตเร็วตากแห้งเพื่อใช้เป็นพื้น ซึ่งไม้โตเร็วทั้งเด็ดชนิดเหมาะสมในการใช้เป็นเชื้อเพลิงดังแสดงใน ตารางที่ 6.4 สำหรับไม้โตเร็วที่นิยมปลูกในประเทศไทย ได้แก่ ยูคาลิปตัส ซึ่งใช้ในการผลิตเยื่อกระดาษ (ผลผลิต 100-270 ตัน/ไร่ ราคา 900-1,200 บาท/ตัน) ส่วนเหลือทิ้ง เช่น เศษไม้ และเปลือก จะใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไฟฟ้า ดังนั้นการปลูกไม้โตเร็วเพื่อผลิตเป็นพาลังงานจึงควรพิจารณาถึงการใช้ประโยชน์อื่นที่ให้ผลคุ้มค่ากว่า

ในการศึกษาถึงพื้นที่ที่ใช้ปลูกพืชชีวมวลเพื่อพาลังงาน การลงทุน และความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจเพื่อตอบสนองการใช้งานที่เพิ่มขึ้นของไม้โดยใช้ข้อมูลของกรมป่าไม้ จากเงื่อนไขต่างๆ ที่กำหนด เช่น ไม่บุกรุกพื้นที่ป่าสงวน วิธีการปลูก ฯลฯ พบว่า ศักยภาพด้านพาลังงานในปี 2010 ของพืชปลูกประมาณ 174-1600 PJ/y คิดเป็นร้อยละ 3.4-31.2 ของพาลังงานที่ใช้ทั้งหมดของประเทศไทยปัจจุบัน โดยมีต้นทุนการผลิต 241-533 บาท (US\$ 6-13.3) ต่อตัน (air dry wood) หรือ 16.1-35.5 บาท (0.4-0.89 US\$) ต่อ GJ เมื่อจากประเทศไทยใช้ไม้พื้น และถ่านเป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือน (8.5 ล้านตัน/ปี) และในโรงงานทั้งขนาดเล็ก/กลาง (0.2 ล้านตัน/ปี) การปรับปรุงประสิทธิภาพเตาเผาจะช่วยให้ประหยัดพาลังงานได้ โดยในปี พ.ศ. 2553 ภาคครัวเรือนและอุตสาหกรรมจะประหยัดพื้นและถ่านได้ 2.96 ล้านตัน (57.98 PJ) และ 66.3 กิโลตัน (1.06 PJ) ตามลำดับ

ตารางที่ 6.4 ค่าความร้อนของไม้โตเร็ว

ชนิดของไม้โตเร็ว	ค่าความร้อน (แคลอรีต่อกรัม)		อัตราที่ใช้ เป็นเชื้อเพลิง (%)
	ฟืน	ถ่าน	
กระดินแดงร์	4,000 - 5,000	-	2
กระดินเทpa	4,800 - 4,900	-	2
ขี้เหล็ก	4,500	7,000	1
ประดู่	5,022	7,539	5
ยูคาลิปตัส	4,500 - 4,800	7,400	2
สะเดาบ้าน	4,244 - 5,043	-	1 - 2
สะเดาเทียม	4,000 - 4,500	-	2
เฉลี่ย	4,609	7,313	2

ตารางที่ 6.5 ศักยภาพการประหยัดพลังงานของเชื้อเพลิงไม้ในเตาเผา
การหุงต้ม

ช่วงเวลา	ปริมาณที่ใช้ (ล้านตัน)	ประสิทธิภาพ (%)			ศักยภาพการประหยัด			
		2540	2548	2553	(พันตัน)	(PJ)		
		2548	2553	2548	2553			
ในครัวเรือน								
ไม้	5.06	15	20.5	26	1.36	2.14	21.70	34.22
ถ่าน	3.51	22.2	25.6	29	0.47	0.82	13.46	23.76
รวม	8.57				1.82	2.96	35.16	57.98

**ตารางที่ 6.5 ศักยภาพการประยัดพลังงานของเชื้อเพลิงไม่ในเตาเผา
การหุงต้ม (ต่อ)**

ชีวมวล	ปริมาณที่ใช้ (ล้านตัน)	การประยัด ที่ประเมิน (%)	ศักยภาพการประยัด			
			(พันตัน)	(PJ)	2548	2553
ในอุตสาหกรรม						
หม้อไอน้ำ	157	30	23.5	47.1	0.38	0.75
เตาอบ	5.4	30	0.8	1.6	0.01	0.03
เตาเผา	58.4	30	0.47	8.8	17.6	0.28
รวม	221		33.1	66.3	0.53	1.06

6. สรุป

ชีวมวลเหลือทิ้ง เช่น พ่างข้าว กะลา และหะลายปาล์ม นับว่ามีศักยภาพสูง แต่จำเป็นต้องศึกษาหาข้อมูลการใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ ของชีวมวลเหลือทิ้งให้ละเอียดมากขึ้น รวมถึงราคาที่ผันแปรตามเวลาและระยะทางการขนส่ง การกระจายตัวและปัญหาเชิงเทคนิคที่เกิดจากการใช้ชีวมวลเหล่านี้ผลิตพลังงานในส่วนชีวมวลเหลือทิ้งเพื่อผลิตแก๊สชีวภาพที่มีศักยภาพได้แก่ น้ำทิ้งจากโรงงานแบ่งมันสำปะหลัง ปาล์ม และโรงงานน้ำตาล/สุรา และฟาร์มสัตว์ขนาดใหญ่ รัฐก็ควรให้การสนับสนุน ทั้งนี้ ปัญหาการกระจายตัวของฟาร์มและโรงงานขนาดเล็ก ทำให้มีปัญหาในการนำศักยภาพของแหล่งเหล่านี้มาใช้งาน โดยการประเมินศักยภาพที่สามารถนำมาใช้งานได้จริง และมีความเป็นไปได้ทั้งทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ เป็นเรื่องจำเป็นที่ต้องดำเนินการ ในกรณีของขยะชุมชนถ้ามีการบริหารจัดการด้านจัดเก็บและคัดแยกที่ดี ก็สามารถนำมาผลิตพลังงานด้วยการเผาไหม้ตรงหรือผลิตเป็นแก๊สชีวภาพจะประสบที่ดีจะช่วยลดปัญหาการต่อต้านจากชุมชน

ชีวมวลเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมไม้บรรลุน้ำใจและเพื่อรักษาเมืองพารา มีศักยภาพสูงในการนำมาผลิตพลังงานเช่นกัน อย่างไรก็ตาม การจัดหาและราคาของเชื้อเพลิงจะมีผลกระทบต่อการนำไปใช้งาน

สำหรับไม้ไผ่เริ่วเพื่อพลังงานนั้นจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติม เพราะมีตลาดย่อยกระดาษเป็นคู่แข่ง การส่งเสริมให้ปลูกเพื่อใช้เป็นไม้ฟืนหรือถ่าน

สำหรับอุตสาหกรรมชุมชนและหุ้นต้มในครัวเรือน ควบคู่ไปกับการใช้เตาประสิทธิภาพสูงจะช่วยลดการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าได้มาก อีกทั้งเทคโนโลยีที่ใช้พัฒนาได้ในประเทศไทยทั้งหมด จึงควรสนับสนุนอย่างจริงจัง

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานภายใต้ประเทศที่มีศักยภาพสูงและราคาถูกหากมีการส่งเสริมอย่างจริงจังพลังงานจากชีวมวลจะเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่สำคัญของประเทศไทยได้ ทั้งนี้ในการพัฒนาผลิตพลังงานจากชีวมวลจำเป็นต้องคำนึงถึงความเหมาะสมสมของเทคโนโลยีและการอนุรักษ์ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

พลังงานจากเชื้อเพลิง

1. กระบวนการเปลี่ยนชีวมวลเป็นพลังงาน

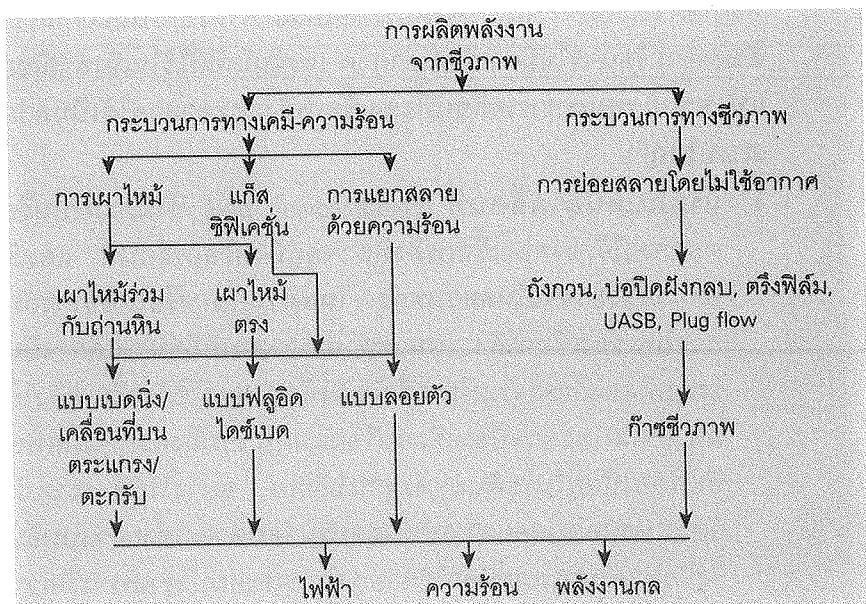
การใช้ประโยชน์จากพลังงานชีวมวลสามารถใช้ได้ทั้งในรูปของพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า ซึ่งพลังงานเหล่านี้เกิดจากกระบวนการทางเคมีความร้อน (Thermo-chemical process) หรือเกิดจากกระบวนการทางชีวภาพ (Biological process) เพื่อผลิตแก๊สชีวภาพ สำหรับเทคโนโลยีเพื่อเปลี่ยนชีวมวลเป็นพลังงานดูได้จากรูปที่ 6.1 ในที่นี่จะไม่รวมการทำงานก่อและไบโอดีเซล

กระบวนการทางเคมี-กายภาพ

การเปลี่ยนชีวมวลโดยกระบวนการทางเคมี-ความร้อนนั้นได้แก่ การเผาไหม้โดยตรง (Direct combustion) การแยกสลายด้วยความร้อนแบบไม่มีออกซิเจน (Pyrolysis) และแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการออกซิเดชันบางส่วนกับออกซิเจน โน่นำ หรือคาร์บอนไดออกไซด์ สองกระบวนการหลังเปลี่ยนชีวมวลที่มีองค์ประกอบหลัก คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ให้กลายเป็นแก๊สที่เผาไหม้ได้ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน และเป็นของเหลวไฮโดรคาร์บอน และถ่าน เชื้อเพลิงที่ได้เหล่านี้จะถูกเผาไหม้เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนแล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า กังหันแก๊ส ได้เข็นเดี่ยวกับการเผาไหม้ตรงหรือป้อนให้เครื่องยนต์สันดาปภายใน

กระบวนการทางชีวภาพ

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ของเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรและขยะหมูน สามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อผลิตแก๊สชีวภาพโดยใช้กระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic digestion) ซึ่งเป็นกระบวนการที่จุลทรีyah หลายกลุ่มทำงานร่วมกันและพึงพาอาศัยกัน โดยประกอบด้วยขั้นตอนการไฮโดรไลซิสที่เปลี่ยนสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ เช่น โปรตีน ไขมันให้เป็นสารอินทรีย์โมเลกุลเดี่ยวที่เล็กลง เช่น น้ำตาลกูโคส และกรดอะมิโน ขั้นตอนการผลิตกรดหรืออะซิไดเคนซิส (Acidogenesis) ที่เปลี่ยนสารอินทรีย์โมเลกุลเดี่ยวให้เป็นกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ เช่น กรดโพโรโนนิก กรดบิวทิริก และไฮโดรเจน และขั้นตอนการผลิตกรดอะซิติก และมีเทน เป็นการย่อยต่อเพื่อให้ได้กรดอะซิติก และเกิดการผลิตมีเทนขึ้นโดยจุลทรีyah กลุ่มผลิตมีเทนแก๊สชีวภาพที่ได้มีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้ มีเทน (50-75% โดยปริมาตร) คาร์บอนไดออกไซด์ (25-45%) น้ำ (2-7%) ไฮโดรเจนชัลไฟฟ์ (20-20,000 ppm) ไฮโดรเจน (<1%) และอื่นๆ



รูปที่ 6.1 การเปลี่ยนรูปชีวมวลเป็นพลังงานด้วยวิธีต่างๆ

โดยปกติมีเทนบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน จะมีค่าความร้อนประมาณ 34,000 กิโลจูลต่อลูกบาศก์เมตร ปริมาณพลังงานไฟฟ้าหรือความร้อนที่ผลิตได้จากแก๊สซีวภาพขึ้นอยู่กับปริมาณองค์ประกอบของมีเทน สำหรับแก๊สซีวภาพที่มีมีเทนร้อยละ 60 โดยปริมาตร ปริมาณ 1 ลูกบาศก์เมตรที่สภาวะมาตรฐานสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 1.2 kWh หรือเทียบเท่าพลังงานความร้อนจากน้ำมันเตา 0.46 ลิตร

2. เทคโนโลยีการเปลี่ยนซีวมวลเป็นพลังงาน

เทคโนโลยีของกระบวนการเคมีความร้อน

การเผาไหม้โดยตรงหรือเผาให้มีร่วมกับถ่านหิน แก๊สซีฟิเดชัน และการแยกสลายด้วยความร้อน จะใช้เทคโนโลยีที่มีหลักการเหมือนกัน โดยในระบบการเผาให้มันนั่นจะป้อนอากาศให้พอสำหรับการเผาให้มันที่สมบูรณ์ส่วนระบบแก๊สซีฟิเดชันจะป้อนอากาศน้อยกว่าเนื่องจากต้องการให้เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ได้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนมอนออกไซด์ และไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก สำหรับระบบแยกสลายด้วยความร้อนจะไม่มีการป้อนอากาศ เทคโนโลยีที่ใช้ในเชิงพาณิชย์แบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่ของเชื้อเพลิงและอากาศได้เป็นสามระบบใหญ่ๆ

- แบบเบตันนิ่ง/เคลื่อนที่ (Fixed/Moving bed) ซึ่งมีตระกรับหรือตะแกรงไว้รองกองเชื้อเพลิงที่อาจอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ และมีอากาศซึ่งอาจจะไหลสวนทาง ไหลตามกัน หรือไหลขวางกับการไหลของเชื้อเพลิง เหมาะสมสำหรับระบบที่มีขนาดเล็ก เป็นระบบที่ต้องการการเตรียมเชื้อเพลิงน้อย และใช้กับเชื้อเพลิงได้หลายชนิดโดยอาจป้อนเดียวหรือผสมกัน รวมถึงควบคุมมลพิษที่ปล่อยให้อよyu ในระดับมาตรฐานได้ง่าย อย่างไรก็ได้ ระบบมีอัตราการปลดปล่อยความร้อนต่อบริมาตรเตาเผาต่ำกว่าแบบอื่น จึงมีขนาดใหญ่ และมีค่าใช้จ่ายสูงในการซ่อมบำรุง เพราะมีส่วนเคลื่อนที่ (ตระกรับ) ที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิสูง

- แบบฟลูอิเดช์เบด (Fluidized bed) เหมาะสำหรับระบบที่มีขนาดใหญ่ โดยอากาศจะถูกป้อนเข้าทางด้านล่าง และทำให้เบดของอนุภาคเคลื่อนย้าย แรง ทราย กับอนุภาคของเชื้อเพลิงซึ่งมีอุณหภูมิประมาณร้อยละ 2-5 โดยน้ำหนักของเบดเกิดการเคลื่อนที่คล้ายของไอล ทำให้เชื้อเพลิงเกิดการสัมผัสนับอากาศได้ดีและมีการถ่ายเทนวัลสารและความร้อนที่สูง เมื่อใช้เป็นห้องเผาให้มีเบดจะช่วยให้การเผาไหม้เสถียรและทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ 700-850 องศาเซลเซียส ซึ่งช่วยลดปัญหาการปลดปล่อยแก๊สในโทรศัพท์ ระบบจึงมีประสิทธิภาพสูง สามารถใช้กับเชื้อเพลิงได้หลากหลายและที่มีความซึ่นสูงข้อเสียของระบบนี้คืออุปกรณ์เกิดการสึกกร่อนสูงเนื่องจากการเสียดสีของอนุภาค และพัดลมใช้พลังงานมากเพื่อป้อนอากาศ
ปัจจุบันมีการพัฒนาระบบฟลูอิเดช์เบดแบบความดันสูง ซึ่งมีทั้งแก๊สซิฟิเคชันและเผาไหม้ โดยออกแบบให้ทำงานเป็นวัฏจักร พลังความร้อนร่วม (Combine cycle) ประสิทธิภาพผลิตพลังงานไฟฟ้าที่คาดจะสูงกว่าร้อยละ 50 และจะสามารถใช้งานในเชิงพาณิชย์ได้ในปี พ.ศ. 2553
- แบบลอยตัว (Entrained bed) เหมาะสำหรับระบบที่มีขนาดใหญ่ โดยเชื้อเพลิงที่ใช้จะมีขนาดเล็กมากเพื่อให้สามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีขณะลอยไปกับอากาศหรือแก๊สร้อนได้ ซึ่งมวลที่จะใช้กับระบบนี้มักต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบดย่อย ยกเว้นพาวเวอร์เลือด หรือแกลน แต่ก็ต้องระวังในการออกแบบ เพราะขนาดอนุภาคเชื้อเพลิงที่ใหญ่เกินไปจะทำให้เผาไหม้ครับอนในเชื้อเพลิงไม่หมดประสิทธิภาพทางความร้อนที่ได้จะต่ำ ถ้าประยุกต์ใช้กับการเผาไหม้มักมีปัญหานี้ในโทรศัพท์ที่ปล่อยออกมากับไอเสียสูงเกินมาตรฐาน เพราะระบบทำงานที่อุณหภูมิสูง (1200-1400 องศาเซลเซียส)
ประเทศไทยมีการใช้เทคโนโลยีระบบตะกรับและฟลูอิเดช์เบดทั้งของภายในและภายนอกประเทศไทยในการผลิตความร้อนและไฟฟ้าใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ โรงสีข้าว โรงงานน้ำتاล และโรง

เพอร์นิเจอร์เมี้ยงพรา เป็นต้น

เทคโนโลยีของกระบวนการทางชีวภาพ

เทคโนโลยีที่ใช้กระบวนการทางชีวภาพอย่างสลายชีวมวล มีหลายประเภทและได้รับการพัฒนามากมาย ปัจจุบันระบบที่มีการใช้งานในเชิงพาณิชย์ ได้แก่

- **Conventional anaerobic system** เป็นระบบบำบัดแบบเดิมที่มีการทำงานอย่างง่ายๆ มีระยะเวลาการกักเก็บชีวมวลนาน รับภาระสารอินทรีย์ได้ค่อนข้างต่ำ และมีความสามารถกักเก็บ เชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ จำกัด ให้ระบบมีขนาดใหญ่ระบบที่นิยมใช้สำหรับ ขยายชุมชน คือ การฝังกลบ ส่วนน้ำเสียจะใช้ระบบบ่อปิด (Covered lagoon) ถังกวาน (Completely mixed reactor) ถังแบบ Plug flow และถังที่มี Baffles เป็นต้น
- **ระบบ High rate anaerobic system** เป็นระบบที่พัฒนาขึ้น เพื่อให้รับภาระสารอินทรีย์ได้สูง มีระยะเวลาการกักเก็บน้ำเสียสั้น และมีประสิทธิภาพการบำบัดสูง ปัจจัยหลักของการทำงาน ของระบบ คือ ต้องเก็บกักจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการ ย่อยสลายสูงไว้ในระบบในปริมาณมากและนาน ระบบที่นิยมใช้ คือ Upflow anaerobic sludge blanket (UASB) ซึ่งเก็บกักเชื้อไว้ ในรูปอนุภาค และ แบบตึงฟิล์ม (Anaerobic fixed film, AFF) ที่ เก็บกักเชื้อโดยให้ยึดเกาะกับตัวกลางที่บรรจุไว้ภายในระบบ

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพ ได้แก่

- ก. อุณหภูมิ ซึ่งจะขึ้นกับชนิดของจุลินทรีย์ แต่ไม่ควรเกิน 60 องศา เชลเซียส เพราะจะยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียที่เรียกที่ผลิตมีเทน สำหรับประเทศไทยเรามักใช้จุลินทรีย์ที่ทำงานที่อุณหภูมิห้อง เพื่อลดปัญหาการให้หรือดึงความร้อนออกจากระบบ
- ข. ความเป็นกรด-ด่างหรือพีเอช ซึ่งค่าที่เหมาะสมกับแบคทีเรีย ที่ผลิตมีเทนจะอยู่ระหว่าง 6.5-7.5 ถ้าต่ำหรือสูงกว่านี้ประสิทธิภาพ การผลิตแก๊สชีวภาพจะลดลงอย่างรวดเร็ว ถ้าพีเอชต่ำกว่า 5 จะ

ເປັນຂັ້ນຕາຍຕ່ອບແບຄທີເຮືຍ

- ค. **อาหารเสริม** ໄດ້ແກ່ ສາຮອາຫາຈຳພວກໃນໂຕຣເຈນ ພອສົກອົຮສ ເປັນດັ່ນ ເຕີມເພື່ອຊ່ວຍໃຫ້ແບຄທີເຮືຍເຈົ້າຢູ່ເຕີມ ທັນນີ້ ປິຣິມານທີ່ເຕີມ ຈະເຂົ້າກັບປະເທດຂອງຊົ່ວມາລທີ່ຈະຍ່ອຍສລາຍ
- ດ. **ສາຮອາຫາ** ດື່ອ ສາຮອິນທຣີຍທີ່ຢ່ອຍສລາຍໄດ້ໃນຊົ່ວມາລ ຜຶ່ງຕ້ອງມີ ປິຣິມານຂອງຄາຕຸອາຫາທີ່ຈະເປັນຕ່ອງການເຈົ້າຢູ່ເຕີມ ຈຸລິນທຣີຍໃນອັດຕາສ່ວນທີ່ເໝາະສມ ສໍາຮັບຮະບນແບບໄມ້ໃໝ່ ອາກາສອັດຕາສ່ວນຂອງ ດາວບອນ : ໃນໂຕຣເຈນ : ພອສົກອົຮສ ທີ່ ເໝາະສມໃນສກວະຄອງຕ້ວາ (Steady state) ດື່ອ 600 : 5 : 1

ໃນປະເທດໄທຍ ອຸດສາຫາກຮົມສູງແລະເປົຍຮົຈະໃຫ້ຮະບບ UASB ໂງງານ ແປ້ມັນສຳປະລັດຈະໃຫ້ທັງຮະບບປ່ອປົດ UASB ແລະ ດົງເຈິງຟິລົມ ສ່ວນຝາຮົມໜຸ່ມ ໃຫ້ຮະບບ Plug flow ລ້ວມກັບ UASB ແກ້ສຊົ່ວມາລທີ່ໄດ້ມີທັງນໍາໄປຜລິດຄວາມຮ້ອນ ໃຫ້ໃນໂງງານຫົ່ອໃນຝາຮົມ ແລະ ນຳໄປຜລິດໄຟຟ້າສໍາຮັບໃໝ່ເອງຫົ່ອຂາຍກັບ ໄທກາໄຟຟ້າ

3. ສມຮຮັດນະແລະຮາຄາ

ການປະຢູກຕີໃຫ້ເທັກໂນໂລຢີແຕ່ລະຫຼິດດັ່ງກ່າວຂ້າງຕົ້ນ ຈະເປັນຕ້ອງ ພິຈາລະນາຖື່ງປິຣິມານແລະສົມບົດຂອງຊົ່ວມາລ ຖຸ່ມແບບຂອງພລັງງານທີ່ຕ້ອງການໃຫ້ ປະສິທິກາພຂອງຮະບບ ຮາຄາຂອງເທັກໂນໂລຢີ ກາຮ່ອມນຳຈຸງ ແລະ ຄວາມເສື່ອງເຫັນເທັກໂນໂລຢີຂອງຮະບບ ຮວມຖິ່ງຜລກຮະບບທາງດ້ານສິງແວດລ້ອມແລະສັງຄມ ຕາງໆທີ່ 6.6 ສຸບປະສິທິກາພເຊັງຄວາມຮ້ອນແລະປະສິທິກາພຮົມຂອງ ເທັກໂນໂລຢີແບບຕ່າງໆ ເນື່ອໃຫ້ຜລິດໄຟຟ້າ ຮວມຖິ່ງຕັ້ງທຸນກາຣຕິດຕັ້ງແລະຮາຄາ ໄຟຟ້າທີ່ຜລິດໄດ້ ຈະເຫັນວ່າເທັກໂນໂລຢີກາເພາໄໝ້ຕຽ່ງແລະຮ່ວມກັບຄ່ານິນຈະ ໃຫ້ຮາຄາຄ່າໄຟຟ້າຕໍ່ກວ່າແບບອື່ນໆແລະຮະບບເພາໄໝ້ທີ່ເຮີ່ມໃຫ້ກັນອ່າງແພວ່ນຫຍາຍ ດື່ອ ພຸລືອີເດືອນເບີດ ສ່ວນຮະບບຜລິດແກ້ສຊົ່ວກາພເພື່ອໃຫ້ຜລິດໄຟຟ້າແລະ/ຫົ່ອ ຄວາມຮ້ອນ ມີຮາຄາຄ່ອນຂ້າງແພງສໍາຮັບຮະບບທີ່ຕໍ່ກວ່າ 1 MWe ແຕ່ຈະຄູກລົງ ດ້ວຍຮະບບໃໝ່ກ່າວ່ານີ້ໃນປະເທດໄທຍເຮີ່ມມີການໃຫ້ຮະບບຜລິດແກ້ສຊົ່ວກາພມາກີ່ນ ໂດຍດັ່ນທຸນຜລິດໄຟຟ້າ ໂດຍແພວ່ນໃນອຸດສາຫາກຮົມແປ້ມັນ ແລະ ຝາຮົມໜຸ່ມ ໂດຍດັ່ນທຸນຜລິດໄຟຟ້າ

ประมาณ 2,000-3,500 \$/kW ส่วนระบบการผลิตพลังงานจากขยะทั้งแบบเคมี-ความร้อน และชีวภาพในประเทศไทยในปัจจุบันมีขั้นสาหริทและมีราคาแพงเมื่อเทียบกับชีวมวลประเภทอื่นเนื่องจากต้องควบคุมมลพิษที่ปล่อยให้ได้มาตรฐาน การพิจารณาต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อมจะช่วยให้ระบบเปลี่ยนขยะเป็นพลังงานคุ้มทุนมากขึ้น

ปัญหาและอุปสรรค

การใช้ชีวมวลเพื่อผลิตพลังงานของไทยได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐอย่างจริงจังเมื่อมีการออกกฎหมายและกองทุนเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในปี พ.ศ. 2535 และมีการจัดตั้งกระทรวงพลังงานในปี พ.ศ. 2545 แต่การนำชีวมวลมาใช้ยังไม่สามารถดำเนินการได้ตามแผน เนื่องมาจากปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ซึ่งจำเป็นต้องแก้ไขควบคู่กับการใช้ประโยชน์อย่างที่เหมาะสม ในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะกรณีของไทยเท่านั้น

1. อุปสรรคด้านองค์กร กฎหมาย และระบบ

การประสานงานระหว่างองค์กรภาครัฐที่มีหน้าที่ด้านพลังงานซึ่งมีหลายหน่วยงานยังไม่เดียวกัน ทำให้การทำงานล่าช้า โดยเฉพาะด้านการอนุรักษ์พลังงานและพลังงานหมุนเวียน การตั้งกระทรวงพลังงานช่วยแก้ปัญหาการประสานงานของหน่วยงานระดับกรมภายในกระทรวงได้ระดับหนึ่ง แต่ประโยชน์ด้านพลังงานชีวมวลเกี่ยวข้องกับหลายกระทรวง เช่น อุตสาหกรรม เกษตรและสหกรณ์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม จึงทำให้ประโยชน์หลายอย่างดำเนินการได้ค่อนข้างช้า

2. อุปสรรคด้านนโยบาย

ปัจจุบันภาครัฐมีนโยบายส่งเสริมการใช้ชีวมวลเพื่อผลิตพลังงานหลายรูปแบบ แต่หลายนโยบายไม่เริ่มแนวทางปฏิบัติที่ครอบคลุมทั้งกระบวนการ เช่น การขายไฟฟ้าที่ผลิตได้ให้ภาครัฐที่ประสบกับปัญหามาตรฐานการเชื่อมต่อ

สายสูงและโครงเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่าย การคิดภาษี VAT ของการขายไฟฟ้าให้รัฐ จึงควรมีหน่วยงานที่รับผิดชอบตรวจสอบและมีอำนาจเต็มในการตัดสินใจเรื่องที่เกี่ยวข้อง นอกจากรัฐนี้นโยบายชุดเดียวกันเพื่อพยุงราคาแก๊สหุงต้มของภาครัฐ ทำให้การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากชีวมวลแข่งขันได้ยาก เพราะมีราคาถูกกว่า

3. อุปสรรคด้านเทคโนโลยี

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพลังงานจากชีวมวลทั้งที่นำเข้าจากต่างประเทศ และที่พัฒนาขึ้นภายในประเทศไทย มักมีราคาแพง ทำให้ราคาพลังงานที่ผลิตได้สูงกว่าที่ได้จากการเชื้อเพลิงฟอสซิล อีกทั้งผู้ใช้เทคโนโลยีเองก็ขาดความมั่นใจและเห็นว่ามีความเสี่ยงสูง ภาครัฐจึงควรสนับสนุนให้มีการพัฒนาระบบที่มีราคาถูก ประสิทธิภาพสูง และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อสาหร่ายและเผยแพร่ให้ก่อรุ่มเป้าหมายทราย ขณะเดียวกันก็ต้องมีการพัฒนาบุคลากรควบคู่กันไปเพื่อให้การบริการที่ดีในการติดตั้งและซ่อมบำรุง

ตารางที่ 6.6 สมรรถนะและราคาของเทคโนโลยีการเปลี่ยนชีวมวลเป็นพลังงานที่มีการใช้ในเชิงพาณิชย์

ระบบ	ชีวมวล	พิกัด (MW _e)	ประสิทธิภาพ (%)	ประสิทธิภาพรวม (%)	ต้นทุน (ติดตั้ง) (\$/kW)	ราคาไฟฟ้า (\$/kWh)
การเผาไหม้			70-95			0.05-0.12
- ผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม	ชีวมวล เหลือทิ้ง,	0.1-1 1-10		60-90 80-95	1,600-2,500	
- ผลิตไฟฟ้า	ไม้, ขยะ	20-100 5-20		20-40 (ไฟฟ้า) 30-40 (ไฟฟ้า)	1,600-2,500 เพิ่มอีก 250	
- เผาไหม้ร่วมกับถ่านหิน						

ตารางที่ 6.6 สมรรถนะและราคาของเทคโนโลยีการเปลี่ยนชีวมวลเป็น พลังงานที่มีการใช้ในเชิงพาณิชย์ (ต่อ)

ระบบ	ชีวมวล	พิกัด (MW _{th})	ประสิทธิภาพ เชิงความร้อน (%)	ประสิทธิภาพรวม (%)	ต้นทุน (ติดตั้ง) (\$/kW)	ราคา ไฟฟ้า (\$/kWh)
แก๊สซีฟิเคชัน			70-75			
- ผลิตความร้อน ชีวมวล					1,000-1,500	
- ดีเซล เหลือทึ้ง, ไม้	เหลือทึ้ง, ไม้	0.1-1		15-25 (ไฟฟ้า)	900-3,000	0.08-0.12
- กังหันแก๊ส		1-10		25-30 (ไฟฟ้า)	900-3,000	0.08-0.12
การผลิต แก๊สชีวภาพ				10-15 (ไฟฟ้า)	5,000	0.08-0.12
- ผังกลบ ขยะน้ำเสีย,	ขยะน้ำเสีย,	0.1-5				
- ถังปอยไร อากาศ	มูลสัตว์	0.1-2				

4. อุปสรรคด้านการเงิน

ความไม่แน่นอนของปริมาณและคุณภาพชีวมวล ความเสี่ยงด้านเทคโนโลยีและต้นทุนระบบที่สูง ทำให้สถาบันการเงินเห็นว่าโครงการผลิต พลังงานจากชีวมวลเป็นโครงการลงทุนที่มีความเสี่ยงสูง ทำให้ผู้ประกอบการขาดแหล่งเงินกู้

5. อุปสรรคด้านความยอมรับจากสาธารณะและการเผยแพร่ข้อมูล

ข้อมูลที่ถูกต้องทั้งทางด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงผลสำเร็จของโครงการผลิตพลังงานจากชีวมวล จำเป็นต้องมีการเผยแพร่ทั้งในวงกว้างและให้กับกลุ่มเป้าหมายเพื่อสร้างความเข้าใจ

และตระหนักถึงผลที่เกิดขึ้น และให้การยอมรับในเทคโนโลยีนั้นๆ กลไกการมีส่วนร่วมในการให้ข้อคิดเห็นและเสนอแนะในประเด็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการของชุมชนที่อยู่ในบริเวณนั้นจะช่วยให้เกิดการยอมรับมากขึ้นและช่วยลดปัญหาต่างๆ ที่จะเกิดตามมา

นโยบายส่งเสริมการใช้ชีวมวล พลิตพลังงาน

นโยบายของรัฐที่ส่งเสริมระบบผลิตพลังงานจากชีวมวลที่ดำเนินการอยู่ขณะนี้ เช่น การช่วยเหลือเงินลงทุนแบบให้เปล่า เงินกู้ดูกเบี้ยต่อ การรับซื้อไฟกลับเข้าสายส่งการลดหย่อนภาษีเครื่องจักรและการประชาสัมพันธ์อย่างสม่ำเสมอ มีส่วนกระตุ้นให้เกิดระบบการผลิตพลังงานจากชีวมวลมากขึ้นในประเทศ แต่ยังมีอุปสรรคต่างๆ ดังได้กล่าวข้างต้น การประสานงานและแก้ไขอุปสรรคในทางปฏิบัติที่เกิดขึ้นจะเป็นต้องทำอย่างรวดเร็วเพื่อให้ผู้ประกอบการมั่นใจ

เพื่อกระตุ้นให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนมากขึ้น รัฐได้ประกาศนโยบายและกำหนดค่า Renewable portfolio standard (RPS) ไว้ทั้งหมด 5 แต่ยังมีปัญหาอุด kull เพราะผู้ผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลรายเล็กมีโอกาสสนับสนุนที่จะแข่งขันได้ดีกว่ามีการพิจารณาไว้ปฏิบัติที่เหมาะสม

นโยบายชดเชยราคาไฟฟ้าที่ผลิตจากชีวมวล (Feed-in tariff) อย่างเหมาะสมโดยอิงกับค่าใช้จ่ายที่เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของเชื้อเพลิงฟอสซิล ความมีการประกาศใช้โดยเร็ว และมีการลดการชดเชยเป็นระยะๆ จะช่วยให้ระบบผลิตพลังงานจากชีวมวลคุ้มทุนมากขึ้น

รัฐควรสนับสนุนให้เกิดโครงการสาธิตและเผยแพร่ผลสำเร็จอย่างจริงจัง เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้ลงทุนหรือผู้ใช้เทคโนโลยี รวมถึงสนับสนุนการวิจัยและการพัฒนาบุคลากรที่จำเป็นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการเมื่อมีการใช้ชีวมวลเป็นพลังงานมากขึ้น

สรุป

จากศักยภาพที่สำรวจและเทคโนโลยีที่มีข่ายในเชิงพาณิชย์ ชีวมวลสามารถตอบสนองการใช้พลังงานของประเทศได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร ขยะ และน้ำทิ้งฟาร์มสูกรและโรงงานแบ่งมันสำปะหลัง รัฐควรมีการประสานกันระหว่างหน่วยงานเพื่อแก้ไขอุปสรรคให้การใช้พลังงานจากชีวมวลมีประสิทธิผลและรวดเร็วส่งเสริมนโยบายชดเชยราคาไฟฟ้า และเงินค่าดูกอเบี้ยต่อ เพื่อให้พลังงานจากชีวมวลแข่งขันกับเชื้อเพลิงฟอสซิลได้

บทที่ 7

การผลิตอาชานอล

กล้านรงค์ ศรีรอต¹

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่ต้องพึ่งพาอาศัยพลังงานเชื้อเพลิงจากภารนำเข้าเป็นส่วนใหญ่ มีการนำเข้าน้ำมันดิบเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงประมาณ 50,622 ล้านลิตรหรือคิดเป็น 139 ล้านลิตรต่อวัน (ปี พ.ศ. 2547) ซึ่งทำให้ประเทศไทยต้องสูญเสียเงินตราจำนวนมาก ทั้งนี้ ประเทศไทยมีการใช้พลังงานสูงมาก โดยมีปริมาณการใช้ผลิตภัณฑ์น้ำมันสำเร็จรูป ได้แก่ น้ำมันเบนซินประมาณ 20 ล้านลิตรต่อวัน และน้ำมันดีเซลประมาณ 40 ล้านลิตรต่อวัน

จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจและปัญหาพลังงานของประเทศไทยรัฐบาลจึงมีนโยบายที่จะพัฒนาแหล่งพลังงานทดแทนอื่น เพื่อเป็นการสร้างความมั่นคงด้านเศรษฐกิจและพลังงานให้กับประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้พลังงานทดแทนที่ได้จากการเกษตรที่มีอยู่อย่างมากในประเทศไทย เพื่อเป็นการสร้างเสถียรภาพด้านราคาให้กับรัฐดูดบทางการเกษตรและสร้างรายได้และความมั่นคงให้กับเกษตรกรดังนั้นนอกจากจะจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของพลังงานทดแทนที่น่าสนใจ

¹ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุดิบในการผลิตเอทานอล

สถานการณ์เอทานอลที่ผลิตได้ทั่วโลกในปี พ.ศ. 2548 มีประมาณ 46,000 ล้านลิตรซึ่งสูงกว่าที่คาดการณ์ไว้ (45,600 ล้านลิตร) และสูงกว่าที่ผลิตได้ในปี พ.ศ. 2547 (41,300 ล้านลิตร) กระบวนการผลิตเอทานอลสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ กระบวนการสังเคราะห์ทางเคมี และกระบวนการหมักก

1. เอทานอลที่ผลิตจากการกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมี

เป็นการผลิตจากอนุพันธ์สารปฏิกริยาเมื่อเข้าสู่กระบวนการชีวภาพ เช่น เอทิลีน เป็นต้น เริ่มผลิตครั้งแรกในปี พ.ศ. 2404 โดยในระยะแรกเป็นการผลิตจากปฏิกิริยาทางอ้อมของเอทิลีน ซึ่งทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริกได้ออกซิลซัลเฟต จากนั้นจึงให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรคลอโรไซด์ได้เอทานอล ซึ่งเทคโนโลยีการหมักเอทานอลได้รับการพัฒนาขึ้น ประกอบกับกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีมีราคาต้นทุนต่ำสุดเป็นที่สูงและกระบวนการผลิตค่อนข้างยุ่งยาก ทำให้ในปัจจุบันปริมาณเอทานอลที่ผลิตได้จากการกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีมีปริมาณน้อยมาก คิดเป็นประมาณร้อยละ 7 ของปริมาณเอทานอลที่ผลิตได้ทั้งหมด

2. เอทานอลที่ผลิตจากการหมัก

เป็นการผลิตเอทานอลจากน้ำตาลโดยกระบวนการหมักด้วยเชื้อยีสต์ โดยยีสต์จะใช้น้ำตาลเป็นอาหารและเปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอทานอลโดยผ่านกระบวนการที่เรียกว่า ไกโลโคไลซิส (Glycolysis) ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ซึ่งตามทฤษฎีแล้วในกระบวนการหมักน้ำตาลกลูโคสของยีสต์นั้นน้ำตาลกลูโคสร้อยละ 100 จะถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 48.89 และเอทานอลร้อยละ 51.11 โดยน้ำหนัก แต่ในทางปฏิบัติจะเกิดการสูญเสียได้เป็นสารประกอบอื่นๆ หรือใช้ในการสร้างเซลล์ของยีสต์ได้โดยน้ำตาลเพียงร้อยละ 95 เท่านั้นที่จะสามารถถูกเปลี่ยนไปเป็นเอทานอล ส่วนที่เหลือยีสต์จะใช้สำหรับการเจริญเติบโตของตัวมันเองและเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ

เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการหมักน้ำตาลด้วยเชื้อยีสต์แล้วน้ำหมักที่ได้จะผ่านเข้าสู่กระบวนการกรองลันเพื่อทำให้เอทานอลมีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้น (ร้อยละ 95 โดยปริมาตร) ในระหว่างการกรองลันนี้ผลิตภัณฑ์อื่นที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักจะถูกแยกออกไป เอทานอลที่เข้มข้นนี้จะถูกส่งต่อไปยังกระบวนการกำจัดน้ำ เพื่อทำให้ได้เอทานอลบริสุทธิ์ที่ไร้น้ำ (Anhydrous ethanol) ที่เข้มข้นมากกว่าร้อยละ 99.5 โดยปริมาตร ปัจจุบันการผลิตเอทานอลในระดับอุตสาหกรรมทั่วโลกประมาณร้อยละ 93 จะใช้กระบวนการหมัก

สถานภาพวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวอยู่ในโครงสร้างโมเลกุลซึ่งสามารถใช้ในการผลิตเอทานอลได้ สามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. **วัตถุดิบประเภทน้ำตาล** ได้แก่ อ้อย กากน้ำตาล และปีทน้ำตาล ยีสต์สามารถใช้วัตถุดิบประเภทนี้ได้โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการการไดๆ โดยวัตถุดิบเหล่านี้จะมีน้ำตาลซูโคส เป็นองค์ประกอบหลัก
2. **วัตถุดิบประเภทแป้ง** ได้แก่ มันสำปะหลัง (รวมทั้งมันเส้น) ข้าวโพด ข้าวสาลี รัฐพืชอื่นๆ และมันฝรั่ง เป็นต้น ซึ่งแป้งเป็นผลิตภัณฑ์ของน้ำตาลกลูโคส เมื่อนำแป้งมาผ่านกระบวนการไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์จะได้น้ำตาลกลูโคสที่สามารถเข้าสู่กระบวนการหมักได้โดยทั่วไปการย่อยแป้งเป็นน้ำตาลด้วยเอนไซมนี้ ประกอบด้วยการย่อย 2 ครั้ง คือ
 - **การย่อยครั้งแรกหรือการทำให้เหลว (Liquefaction)** ขั้นตอนนี้จะใช้กรดหรือเอนไซม์กากลุ่มแอลฟ่า-อะมิเลส (α amylase) ที่มีกิจกรรมการย่อยแป้งที่อุณหภูมิสูงประมาณ 90 ถึง 100 องศาเซลเซียส ให้ได้โมเลกุลขนาดเล็กลงที่เรียกว่า เด็กซ์ทริน และมีความหนืดลดลง
 - **การย่อยครั้งสุดท้ายหรือการเปลี่ยนเป็นน้ำตาล (Saccharification)** ขั้นตอนนี้จะใช้เอนไซม์กากลุ่มแอลฟ่า-อะมิเลส (Glucoamylase) ย่อยเด็กซ์ทรินให้ได้น้ำตาลที่ยีสต์สามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งโดยทั่วไปเอนไซม์ในกลุ่มนี้จะมีกิจกรรมที่อุณหภูมิสูงปานกลาง คือประมาณ 55 ถึง 65 องศาเซลเซียส

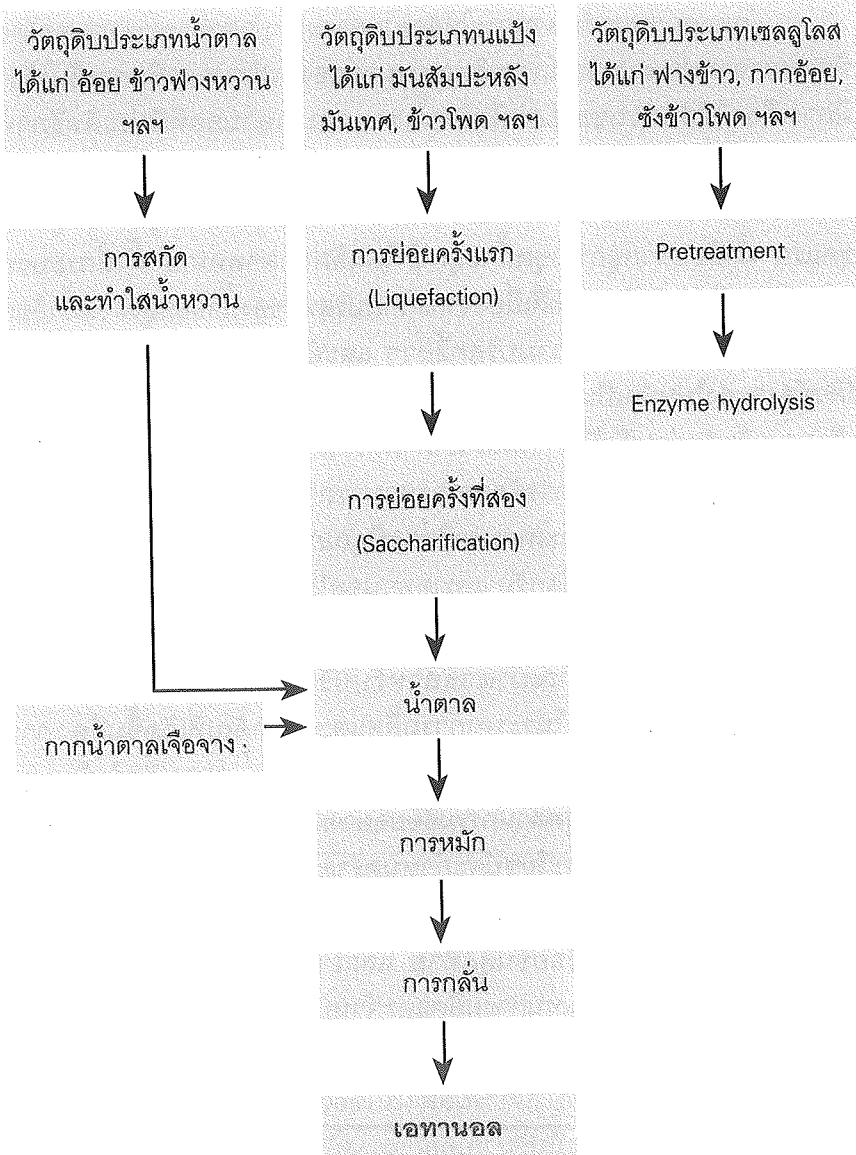
3. วัตถุดิบประเภทลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulose) ส่วนมาก วัตถุดิบประเภทนี้จะเป็นผลิตผลพolloยได้จากเกษตรกรรม และ อุตสาหกรรมเกษตร ได้แก่ ฟางข้าว กากอ้อย ซังข้าวโพด และของ เสียจากอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ เป็นต้น วัตถุดิบประเภทลิกโนเซลลูโลสประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 3 ชนิด คือ เซลลูโลส เยมิเซลลูโลส และลิกนิน ส่วนใหญ่วัตถุดิบในกลุ่มนี้จะทนต่อการ ย่อยสลายอย่างมาก

กระบวนการผลิตเชื้อทานอลโดยกระบวนการหมักจากวัตถุดิบทาง การเกษตรทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ วัตถุดิบประเภทน้ำตาล วัตถุดิบประเภทเบร์ และ วัตถุดิบประเภทลิกโนเซลลูโลส สามารถสรุปได้ดังรูปที่ 7.1

การผลิตเชื้อทานอล

1. การผลิตเชื้อทานอลจากอ้อย

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งของไทย ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลทรายและอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกน้ำตาลอันดับ 4 ของโลก โดยมีสหภาพญี่ปุ่นเป็นผู้ส่งออกมากที่สุด รองลงมา คือ บราซิล 同胞 เอสเตเดีย และไทย โดยที่ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยประมาณ 7.5 ล้านไร่ (ปี พ.ศ. 2547-48) มีผลผลิตอ้อยสดประมาณ 47.82 ล้านตัน และผลิตน้ำตาลทรายได้ประมาณ 5.18 ล้านตัน แต่จากการประมาณการณ์ ปี 2-3 ปีข้างหน้า (ปี พ.ศ. 2547-49) เนื้อที่เพาะปลูกอ้อยจะลดลง ในทุกภาค เนื่องจากปีที่ผ่านมาเกษตรกรประสบปัญหาสภาพอากาศแห้งแล้ง ทำให้อ้อยไม่แข็งแรง ทำให้ไม่มีอ้อยที่ตอบโจทย์ความต้องการในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม 2547 ซึ่งเป็นอ้อยข้ามแล้งจึงลดลง โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



รูปที่ 7.1 การผลิตเชื้อทานอลโดยกระบวนการหมัก
จากวัตถุดิบทางการเกษตร

ในการกำหนดสัดส่วนการใช้ก๊อชีนในการผลิตน้ำตาลและเอทานอลโดยพิจารณาจากประสมการณ์การผลิตเอทานอลของประเทศไทยซึ่งเห็นได้ว่า มีการเลือกใช้สัดส่วนของก๊อชีนที่ผลิตน้ำตาลและเอทานอลที่มีประสิทธิภาพ ก่อตัวคือ มีการแบ่งปันสัดส่วนกันภายในโรงงานผลิต โดยก๊อชีนที่มีคุณภาพ ปกติ เมื่อเข้ากระบวนการหีบสักดิ์ จะให้น้ำก๊อชีนที่มีคุณภาพดีที่สุดในชุดลูกทีบ ชุดแรก นำก๊อชีนจากลูกทีบชุดนี้จะถูกนำไปผลิตน้ำตาลทราย ทั้งนี้กระบวนการ การผลิตจะมีประสิทธิภาพที่ดีเมื่อจากความบริสุทธิ์ของน้ำก๊อชีนสูงส่วนน้ำก๊อชีน ที่ถูกสักดิ์ในชุดต่อไปที่มีความบริสุทธิ์ต่ำๆ และยังมีความเข้มข้นของน้ำตาล รีดิวชันสูง จะส่งไปหมักเป็นเอทานอลซึ่งยังคงให้ประสิทธิภาพการหมักที่ดี ดังนั้น ปริมาณหรือสัดส่วนที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลหรือเอทานอลจึงขึ้นอยู่กับคุณภาพ ของก๊อชีนเป็นสำคัญ และการจัดสร้างสามารถจัดการได้ภายใต้ภาระในโรงงานเอง สภาพอ้อยโดยปกติของประเทศไทยจะมีคุณภาพเฉลี่ยคือ อ้อย 1 ตันจะ ผลิตน้ำตาลทรายได้ 70 กิโลกรัม และเอทานอลได้ 30 ลิตร

การคำนวณราคากองของก๊อชีนและราคากองของก๊อชีนเฉลี่ยพบว่า ในอดีตที่ผ่านมา เกิดปัญหาเกี่ยวกับปริมาณน้ำตาลสำหรับบริโภคนหลายครั้ง จนทำให้ รัฐบาลต้องเข้ามาควบคุมในระบบการผลิตและสิงสำคัญที่เกิดขึ้นคือ การ กำหนดเป็นพระราชบัญญัติอ้อยและน้ำตาลทราย พ.ศ. 2527 สิงสำคัญของ พระราชบัญญัติที่เกี่ยวกับอุตสาหกรรมอ้อยอย่างมากคือการกำหนดราคาอ้อย ซึ่งจากระบบแบ่งปันผลประโยชน์จะกำหนดราคาอ้อยโดยคิดจาก 70 ส่วน ของรายรับสุทธิที่ได้จากการผลิตของอ้อย ปัจจุบันราคาอ้อยจะมี 3 ราคา คือ ราคาอ้อยเบื้องต้น ราคาอ้อยขั้นสุดท้าย และราคาอ้อยที่เกษตรกรจะได้รับ โดยราคาอ้อยและผลตอบแทนการผลิตและจำนวนน้ำตาลทราย

โรงงานผลิตเอทานอลโดยส่วนใหญ่ในประเทศไทยที่ได้รับอนุญาต จะใช้กาแก่น้ำตาลเป็นวัตถุติดไฟในการผลิต (ไม่ใช้อ้อย) แต่ถ้าจะดำเนินการผลิต เอทานอลจากอ้อย จะต้องมีปริมาณอ้อยอย่างน้อย 75 ล้านตัน เพื่อรองรับ ความต้องการของโรงงานน้ำตาลทั้งหมด 46 โรงงาน โดยจะสามารถผลิต น้ำตาลได้ประมาณ 7 ล้านตัน และกากน้ำตาลได้ 3.75 ล้านตัน (ร้อยละ 5 ของ ปริมาณอ้อย) ซึ่งกาแก่น้ำตาลนี้หลังจากการบริโภคคืนๆ แล้วจะมีส่วนเหลือ ใช้ในอุตสาหกรรมเอทานอลอย่างน้อย 2 ล้านตัน (ผลิตเอทานอลได้ 1.39 ล้านลิตรต่อวัน)

2. การผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลหรือไมลาส

กากน้ำตาล (Molasses) คือ ผลผลิตที่เป็นผลผลอยได้จากการผลิตน้ำตาล มีลักษณะขี้นเนื้อยางสีน้ำตาลปนดำ หรือลักษณะคล้ายซีอิ๊วสีดำข้น โดยทั่วไปการผลิตน้ำตาลในประเทศไทยจะให้กากน้ำตาลในสัดส่วนร้อยละ 5 กก/กรัมคือ อ้อย 100 เมตริกตันจะมีศักยภาพในการผลิตกากน้ำตาลได้ประมาณ 5 เมตริกตันโดยเฉลี่ย ซึ่งในปี พ.ศ. 2547-48 มีปริมาณอ้อยเท่ากับ 47 ล้านตัน และสามารถผลิตกากน้ำตาลได้ประมาณ 2.26 ล้านตัน สำหรับการใช้กากน้ำตาลพบว่า ในปี พ.ศ. 2546-47 มีการใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตสุราประมาณร้อยละ 60 ของปริมาณกากน้ำตาลทั้งหมด ส่วนที่เหลือนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ร้อยละ 30 และอีกร้อยละ 10 จะเป็นการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผงชูรส/ไลชีน ดังนั้น การนำกากน้ำตาลมาใช้ในการผลิตเอทานอลจึงเป็นการเพิ่มคุณสมบัติของวัตถุดิบ แต่กากน้ำตาลในประเทศไทยไม่มีระบบการกำหนดและควบคุมราคาที่ชัดเจน การกำหนดและควบคุมราคาอ้อยและน้ำตาลนั้นเกิดขึ้นเพื่อรักษาเสถียรภาพของราคา น้ำตาลทรายที่ใช้ในการบริโภค เพื่อผลประโยชน์ของผู้บริโภคและชาวกาอ้อย และเพื่อใช้ราคาที่กำหนดในการคำนวณการแบ่งปันผลประโยชน์จากรายรับสุทธิของการจำหน่ายน้ำตาลทรายทั้งในประเทศไทย และต่างประเทศ ระหว่างชาวกาอ้อย (ร้อยละ 70) และโรงงานน้ำตาล (ร้อยละ 30)

อย่างไรก็ตามปัจจุบันนี้ราคาของกากน้ำตาลในประเทศไทยได้ถูกกำหนดโดยคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล และไม่ได้ถูกกำหนดไปใช้ในการคำนวณการแบ่งผลประโยชน์ระหว่างชาวกาอ้อยและโรงงานน้ำตาลโดยตรง (แต่มีการตั้งรายรับไว้) ราคาของกากน้ำตาลจึงถูกกำหนดจากปริมาณความต้องการซื้อกากน้ำตาลหรือคุณสมบัติ (Demand) และปริมาณความต้องการขายกากน้ำตาลหรือคุณสมบัติ F.O.B. และราคามีความผันผวนสูงจากภาวะที่ราคาของผู้ค้าจะเป็นราคาที่ F.O.B. และราคามีความผันผวนสูงจากภาวะที่ราคาของกากน้ำตาลโลกมีค่าสูงขึ้นจึงส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการผลิตเอทานอล ทำให้ต้นทุนสูงตามไปด้วย สำหรับกระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลสามารถทำได้โดยการเจือจางกากน้ำตาลให้ได้ความเข้มข้นที่เหมาะสม ทำการฆ่าเชื้อและหมักในขันตอนต่อไป

จากแผนยุทธศาสตร์ของการใช้แก๊สโซเชลในปี พ.ศ. 2554 กำหนดให้มีการใช้ Ethanol 3 ล้านลิตรต่อวัน โดย Ethanol ลดส่วนหนึ่งผลิตได้จาก甘กาน้ำตาล ซึ่งกำลังการผลิต Ethanol จากผู้ประกอบการที่ได้รับอนุญาตทั้งหมด 24 โรงงาน มีจำนวน 4,685 ล้านลิตรต่อวัน แต่จะมีเพียง 18 โรงงานเท่านั้นที่ใช้甘กาน้ำตาลเป็นวัตถุดิบในการผลิต Ethanol มีกำลังการผลิต Ethanol รวมทั้งสิ้น 2,565 ล้านลิตรต่อวัน ดังนั้น หากโรงงานที่ได้รับอนุญาตดำเนินการผลิตพร้อมกันทั้ง 18 โรงงาน จะต้องใช้甘กาน้ำตาลทั้งสิ้น 4,489 ล้านตันต่อปี (12,470 ตันต่อวัน) Ethanol ที่ผลิตได้จากการ甘กาน้ำตาลจึงยังไม่เพียงพอ กับความต้องการและจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบชนิดอื่นๆ เช่น มันสำปะหลัง หรือผลิตภัณฑ์ (มันเส้น) มาใช้ในการผลิตด้วย

3. การผลิต Ethanol จากมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์

มันสำปะหลัง เป็นพืชเศรษฐกิจขั้นหนึ่งที่มีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้ในอุตสาหกรรม Ethanol โดยจะมีผลกระทบต่ออุตสาหกรรมอื่นที่ใช้มันสำปะหลัง เป็นวัตถุดิบอยู่แล้ว อย่างที่สุด ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาถึงความสามารถ และกำลังการผลิตหัวมันสำปะหลัง กับอุตสาหกรรมแปรรูปที่ใช้หัวมันสำปะหลัง (ที่สำคัญ ได้แก่ มันเส้น มันอัดเม็ด และแบ่งมันสำปะหลัง) นอกจากนี้ มันสำปะหลังยังเป็นวัตถุดิบที่ง่ายต่อการจัดการ โดยมันสำปะหลังที่จะนำมา เป็นวัตถุดิบ ความมีการแปรรูป ให้ออยูในรูปของมันเส้น สำหรับการประมาณการณ์ผลผลิตของมันสำปะหลัง และผลิตภัณฑ์ ในปี พ.ศ. 2548-49 มีประมาณผลผลิตมันสำปะหลังประมาณ 19 ล้านตัน ซึ่งลดลงจากปี พ.ศ. 2547-48 (21.44 ล้านตัน) สำหรับราคาหัวมันสำปะหลังสดที่เกษตรกรขายได้ออยูในเกณฑ์ ประมาณ กิโลกรัมละ 0.80-1.80 บาท ซึ่งเป็นเหตุจูงใจให้เกษตรกรขยายพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังมากยิ่งขึ้น มันสำปะหลัง เป็นวัตถุดิบที่ง่ายต่อการจัดการ โดยสามารถนำไปแปรรูป ให้ออยูในรูปของมันเส้น ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ ที่ได้จากการสับหัวมันสด และตากแห้ง ให้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 16 การใช้มันเส้น เป็นวัตถุดิบในการผลิต Ethanol มีข้อดี หลายประการ ได้แก่ สะดวกต่อการเก็บรักษา ทำให้เก็บรักษาได้นาน ขึ้น สามารถเก็บสต็อกได้ เพิ่มประสิทธิภาพ การขนส่ง และการป้องกันวัตถุดิบ มันเส้น ให้โรงงานที่ตั้งอยู่ใกล้ส่วนมันอัดเม็ด เป็น

การแปรรูปมันเส้นเพื่อลดปริมาณฟอง ทำให้ค่าขนสลดลงและลดปริมาณผุ่นปัจจุบันมีผู้ประกอบการที่ได้รับอนุญาตให้ผลิตอาหารออลที่ใช้มันสำปะหลัง เป็นวัตถุดิบจำนวน 6 โรงงาน ซึ่งมีกำลังการผลิตรวมทั้งสิ้น 2,120 ล้านลิตร ต่อวัน หากโรงงานเปิดดำเนินการพร้อมกันทั้งหมดจะมีความต้องการใช้มันสำปะหลังเท่ากับ 3,694 ตันต่อปี (12,260 ตันต่อวัน) ดังนั้นจากการประมาณการณ์หัวมันสดที่จะผลิตได้ในปี พ.ศ. 2554 จะต้องมีปริมาณเท่ากับ 30 ล้านตัน โดยใช้ผลิตอาหารสัตว์ ผลิตอาหารออล และผลิตแป้งมันสำปะหลัง เท่ากับ 7.5 ล้านตัน 10 ล้านตัน และ 12.5 ล้านตัน ตามลำดับ ซึ่งส่วนต่างของ มันสำปะหลังที่เหลือจากการต้องการใช้ในประเทศไทยนี้นำมาผลิตเป็นอาหารออล ได้ไม่ต่ำกว่า 2 ล้านลิตรต่อวันตลอดปีในการพิจารณาผลผลิตของอาหารออลที่ได้ จะขึ้นอยู่กับปริมาณแป้งที่มีในวัตถุดิบเป็นสำคัญ โดยการคำนวณผลผลิต ของอาหารออลที่ได้จากหัวมันสำปะหลัง มีขั้นตอนดังแสดงในตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 การคำนวณอาหารออลที่ผลิตได้จากหัวมันสำปะหลัง

1.	จากทฤษฎี 511 กรัมของอาหารออลจะผลิตได้จาก น้ำตาลกลูโคส 1 ลิตรอาหารออล (ประมาณ 789.3 กรัม) ผลิตได้จากน้ำตาลกลูโคส	1 กิโลกรัม 1.5446 กิโลกรัม
2.	หัวมันสำปะหลัง 100 กิโลกรัม จะมีปริมาณแป้งแป้ง 27 กิโลกรัม จะผลิตเป็นน้ำตาลกลูโคส	27 กิโลกรัม* 30 กิโลกรัม
3.	จะนั้นน้ำตาลกลูโคส 30 กิโลกรัมจะได้จาก หัวมันสำปะหลังจากน้ำตาลกลูโคส 1.5446 กิโลกรัม จะได้จากหัวมันสำปะหลัง	100 กิโลกรัม 5.15 กิโลกรัม
4.	ในการผลิตควรได้ประเทืองร้อยละ 85 ของผลได้ทางทฤษฎีนั้น 1 ลิตรอาหารออล ควรผลิตได้จากหัวมันสำปะหลัง	6.1 กิโลกรัม

* แป้งและโพลีแซคคาไรด์คือฯ ที่ย่อยเป็นน้ำตาลกลูโคสได้

เทคโนโลยีการผลิตอาหารอลจาก บันสำปะหลังหรือวัตถุดิบกีบจากแป้ง

การผลิตอาหารอลจากวัตถุดิบที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ เช่น มันสำปะหลัง ด้วยกระบวนการผลิตแบบปกติ (Conventional process) มีขั้นตอนต่างๆ ที่สำคัญ ดังนี้

1. การเตรียมวัตถุดิบ

ในขั้นตอนนี้จะมีสิ่งสำคัญคือการไม่เพื่อลดขนาดของวัตถุดิบเพื่อช่วยในเรื่องของการผสม และการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ จากนั้นจะเป็นการผสมน้ำแป้ง ทั้งนี้จะต้องคำนึงถึงความเข้มข้นของวัตถุดิบที่เหมาะสม ต่อมาจะต้องมีขั้นตอนที่ให้ความร้อนแก่น้ำแป้งเพื่อทำให้แป้งสุก ดังนั้นโดยทั่วไปในกระบวนการผลิตอาหารอลจากวัตถุดิบที่เป็นแป้งจะต้องมีขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ โดยการผสมน้ำแล้วให้ความร้อนเพื่อทำให้แป้งสุก เกิดการละลายได้ดีขึ้น ซึ่งจะช่วยให้การทำงานของเอนไซม์ง่ายขึ้นด้วย

2. การย่อยแป้งเพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำตาล

ในกระบวนการผลิตอาหารอลจากวัตถุดิบที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบนั้น แป้งในวัตถุดิบจะต้องถูกย่อยให้ได้น้ำตาลที่มีโมเลกุลขนาดเล็กก่อน ซึ่งโดยทั่วไปการย่อยแป้งจะประกอบด้วยการย่อย 2 ครั้ง คือ การย่อยครั้งแรกหรือการทำให้แป้งเหลวด้วยเอนไซม์แอลฟ้า-อะมิเลส และการย่อยครั้งสุดท้ายหรือการเปลี่ยนเป็นน้ำตาลด้วยเอนไซม์กลูโคอะมิเลส

- การย่อยครั้งแรกหรือการทำให้เหลว** ขั้นตอนนี้จะใช้กรดหรือเอนไซม์กลุ่มแอลฟ้า-อะมิเลสในการทำปฏิกิริยาโดยแอลฟ้า-อะมิเลสเป็นเอนไซม์ที่มีกิจกรรมเกิดขึ้นภายในโมเลกุลแป้งที่ตัดพันธะระหว่างโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส ลักษณะการทำงานเป็นการสุมตัดภายใน (endo-acting enzyme) ซึ่งเอนไซม์ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมมักสามารถแทนต่ออุณหภูมิสูงได้โดยจะมีกิจกรรมย่อยแป้งที่อุณหภูมิ

ประมาณ 100-105 องศาเซลเซียส อันเป็นอุณหภูมิที่ทำให้แป้งสูญและเอนไซม์สามารถเข้าทำงานปฏิกิริยาได้ง่าย ทำให้ได้โมเลกุลแป้งที่มีขนาดเล็กลงและมีความหนืดลดลงอย่างรวดเร็ว ของเหลวที่ได้จะมีค่าสมมูลย์เด็กซ์ไทรส (Dextrose equivalent, DE หมายถึง ร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำตาลรีดิวซ์ เมื่อคิดเป็นน้ำตาลกลูโคสที่มีในตัวอย่าง ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายนำ ได้ทั้งหมด) ออยู่ในช่วง 10 ถึง 20 เรียกวัสดุที่ได้นี้ว่า молโทเด็กซ์ทริน (Maltodextrin)

2. การย่อยครั้งสุดท้ายหรือการเปลี่ยนเป็นน้ำตาล สารละลายน้ำตาลที่ได้จากการย่อยแป้งครัวมีสมมูลย์เด็กซ์ไทรสูง ซึ่งบ่งบอกว่าโมเลกุลแป้งส่วนใหญ่ถูกย่อยเป็นน้ำตาล ยีสต์จึงทำงานได้ดี ในขั้นตอนนี้จะใช้เอนไซม์กลูโค糜เลส ใน การย่อย molto-dekx-trin ได้น้ำตาลที่มีความหวานเพิ่มขึ้น โดยทั่วไปในขั้นตอนการย่อยครั้งสุดท้ายนี้จะใช้เวลาในการย่อยประมาณ 10-24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส (ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของเอนไซม์ที่ใช้ รวมทั้งสภาพในการย่อย) เมื่อสิ้นสุดการย่อยจะใช้ความร้อนเพื่อยุติ กิจกรรมเอนไซม์และฆ่าเชื้อที่อาจปนเปื้อนก่อนที่จะเข้ากระบวนการ หมักด้วยยีสต์เพื่อเปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอทานอลในสภาพปราศจากอากาศ (หรือมีอากาศจำกัด)

3. การย่อยเซลลูโลสเพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำตาล

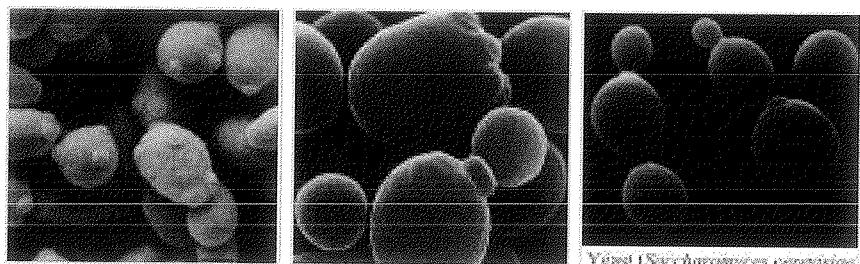
ประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ 2 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การปรับสภาพตุติบ เป็นการทำลายพันธะที่เซลลูโลสจับกับสารประกอบอื่นๆ ออก เพื่อให้เอนไซม์เซลลูโลส สามารถเข้าถึงและย่อยเซลลูโลสได้ง่ายขึ้น วิธีการทำการปรับสภาพตุติบมีหลายวิธี ทั้งวิธีทางเคมี ได้แก่ การย่อยด้วยกรดเจือจาง กรดเข้มข้น และด่าง เป็นต้น วิธีทางกายภาพ ได้แก่ การระเบิดด้วยไอน้ำ เป็นต้น หรือ อาจใช้ทั้งสองวิธีร่วมกันได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของตุติบเป็นสำคัญ
2. การย่อยด้วยกรดหรือเอนไซม์ การย่อยด้วยกรดจะมี 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกจะเป็นการย่อยเยมิเซลลูโลสให้ได้น้ำตาลเพนตอส จาก

นั้นขึ้นที่สองจะเป็นการย่อยเซลลูโลสให้ได้น้ำตาลกลูโคส ส่วนการย่อยด้วยเอนไซม์เทคโนโลยีที่ใช้ปัจจุบัน คือ Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) ซึ่งเป็นการย่อยและการหมักในถังเดียวกัน

4. การหมักน้ำตาลเป็นเอทานอลด้วยเชื้อยีสต์

ปกติโดยทั่วไปการหมักทำได้โดยการเติมน้ำหมัก (Mash) ที่มีความเข้มข้นของน้ำตาล (ที่ยีสต์ใช้ได้) ประมาณร้อยละ 14-18 ที่สภาพความเป็นกรดด่างประมาณ 4.5-5.0 เพื่อให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ (รูปที่ 7.2) และป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียชนิดอื่นๆ จากนั้นผลมีเชื้อยีสต์ที่เตรียมไว้ประมาณร้อยละ 5-8 โดยปริมาตร แล้วหมักในสภาพจำดอากาศที่อุณหภูมิประมาณ 25-35 องศาเซลเซียส ประมาณ 30-72 ชั่วโมง จะได้น้ำหมักที่มีความเข้มข้นของเอทานอลประมาณร้อยละ 6-9 โดยประมาณ เมื่อได้น้ำหมักแล้ว สามารถนำน้ำหมักที่ได้ไปผ่านกระบวนการกลั่นและกำจัดน้ำเพื่อผลิตเอทานอลบริสุทธิ์ต่อไป



รูปที่ 7.2 ลักษณะเซลล์ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*

เทคโนโลยีการหมักมี 2 แบบ คือ

- แบบ *batch* หมายถึง การผสมหัวเชื้อลงในน้ำหมักและการหมักเกิดขึ้นในถังหมักใบเดียวกับคนเสร็จสิ้นการหมักใน 72 ชั่วโมง
- แบบต่อเนื่อง หมายถึง มีการผสมหัวเชื้อและนำหมักในถังหมักใบแรก และปล่อยให้มีการไหลของน้ำหมักไปสู่ถังที่ 2, 3, 4 หรือ 5 จน

กระทั่งได้ความเข้มข้นของอาหารออลที่ต้องการ น้ำหมักจะผ่านเครื่องแยกเซลล์อกนำเซลล์ยีสต์มาล้างด้วยกรดและบางส่วนกลับมาป้อนตังหมักถังแรกกับน้ำหมักที่เข้ามาใหม่ต่อไป

ในการผลิตอาหารออลจากวัตถุดิบที่เป็นแป้งน้ำมีการพัฒนากระบวนการผลิตโดยมีการรวมขั้นตอนการย่อยครัวสุดท้ายเพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำตาลด้วยเอนไซม์กลูโคэмิเลส พร้อมกับหมักด้วยเชื้อยีสต์ในขั้นตอนเดียวกัน โดยในกระบวนการผลิตแบบนี้ หลังจากขั้นตอนการย่อยแป้งครัวส์แลกฟ้า-อะมิเลส จากนั้นจะทำการเติมเอนไซม์กลูโคэмิเลสพร้อมกับเชื้อยีสต์ ทำให้การย่อยแป้งครัวส์สุดท้ายด้วยเอนไซม์เกิดขึ้นพร้อมกับการทำหมักด้วยเชื้อยีสต์ในขั้นตอนเดียวกัน ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาและประหยัดพลังงาน ของกระบวนการผลิต จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตอาหารออล จากวัตถุดิบที่เป็นแป้งได้มากยิ่งขึ้น

5. การทำอาหารออลบริสุทธิ์

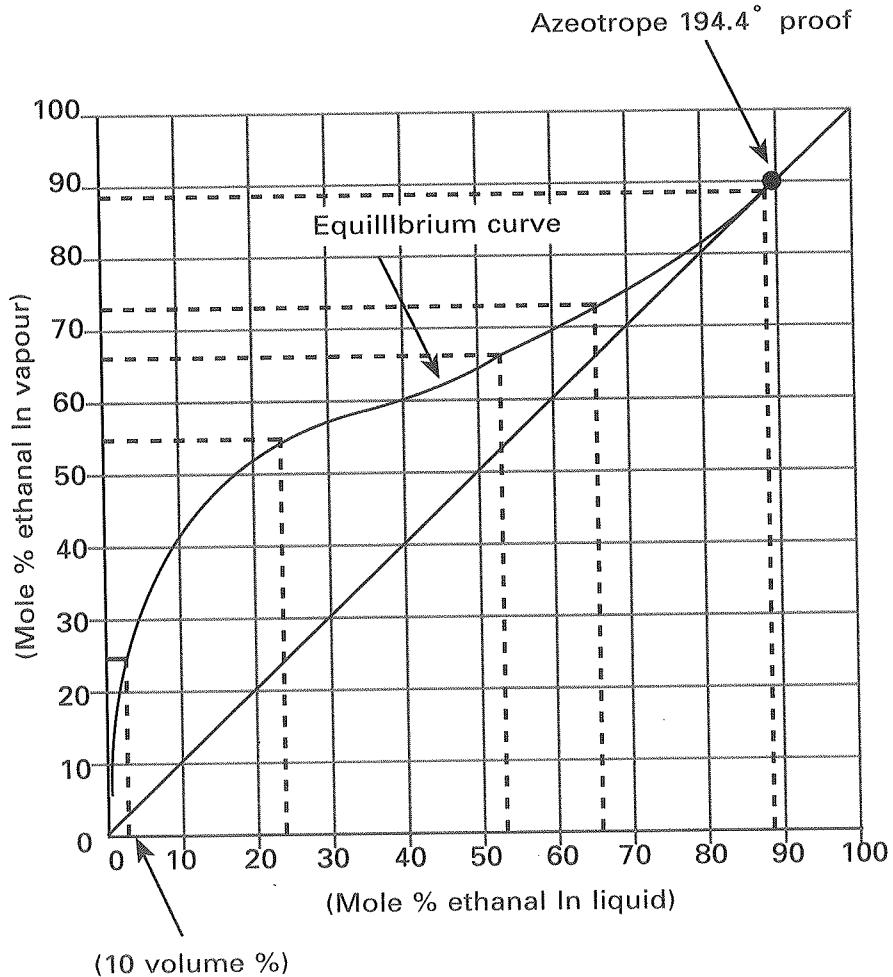
ในกระบวนการกลั่นนี้จะเป็นการทำให้อาหารออลมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น และจากนั้นจึงจะมีขั้นตอนการกำจัดน้ำเพื่อให้ได้อาหารออลบริสุทธิ์

1. การกลั่นลำดับส่วน

การกลั่นแอลกอฮอล์ คือ การแยกแอลกอฮอล์ ซึ่งในที่นี้คือ เอทานอล ออกจากน้ำหมักที่หมักเสร็จแล้ว และมีอาหารออลอยู่พร้อมที่จะกลั่น โดยอาศัยหลักการให้ความร้อนแก่น้ำหมัก เอทานอลซึ่งมีจุดเดือดต่ำกว่าน้ำจะระเหยกลายเป็นไออกไซด์มากกว่า เมื่อไออกไซด์เป็นของเหลวจะได้ของเหลวที่มีความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่สูงขึ้น

ในอุตสาหกรรมการกลั่นเป็นแบบลำดับส่วนสามารถอธิบาย ประกอบรูปที่ 7.3 ซึ่งเป็นแผนภาพระหว่างความเข้มข้นของอาหารออลที่อยู่ในของเหลว (แกน X) กับความเข้มข้นของอาหารออลที่อยู่ในส่วนของไออกไซด์ (แกน Y) โดยมีเส้นสมดุล เป็นตัวสร้างความสมพันธ์ ของทั้งสองแกน) ได้ดังนี้คือ น้ำหมักหรือน้ำสา ปกติจะมีความเข้มข้นของอาหารออลอยู่ประมาณร้อยละ 10 โดยปริมาตร (10GL หรือ

10%v/v) ซึ่งเทียบเป็นร้อยละของมอลในน้ำสาได้ประมาณ 3.3 (mol % ethanol ของ $[C_1] = 3.3$) เมื่อถูกความร้อนเอทานอลก็จะระเหยเป็นไอ แต่จะมีปริมาณน้อยกว่า ฉะนั้น ความเข้มข้นของเอทานอลในไอ $[C_2]$ ก็จะมีมากกว่า $[C_1]$ เมื่อ Lakag เส้นจากค่า 3.3 mole% $[C_1]$ บนแกน X ขึ้นไปที่เส้นสมดุล และ Lakag ไปทางแกน Y จะได้ความเข้มข้นของเอทานอลในไอที่ประมาณร้อยละ 24 โดยสัดส่วนจำนวนมอล (mol % ethanol ของ $[C_2] = 24$) เมื่อไอ C_2 ถูกกลั่นตัวเป็นของเหลวทั้งหมดก็จะยังมีความเข้มข้นเท่ากับร้อยละ 24 โดยสัดส่วนจำนวนมอล (mol % ethanol ของ $[C_1] = 24$) และเมื่อถูกความร้อนจะระเหยเป็นไอครั้งต่อไป เมื่อ Lakag เส้นจากค่า 24 mole% ที่แกน X ไปยังเส้นสมดุล และ Lakag ไปทางความเข้มข้นของเอทานอลในไอจะมีค่าประมาณร้อยละ 55 โดยสัดส่วนจำนวนมอล (mol % ethanol ของ $[C_3] = 55$) หรือประมาณร้อยละ 83 โดยปริมาตร ถ้าทำการควบแน่นไอของ $[C_3]$ เป็นของเหลวที่มีความเข้มข้น C_3 และต้มระเหยต่อไปก็จะได้เอทานอลที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่จุดเดือดของไออกไซด์ลดลงเรื่อยๆ แต่ความเข้มข้นของเอทานอลจะไม่ได้สูงตลอดไป เพราะที่ความเข้มข้นไออกไซด์ 90 โดยสัดส่วนจำนวนมอล (90 mole% หรือ 97.2°GL หรือร้อยละ 97.2 โดยปริมาตรหรือ $194.4^{\circ}\text{Proof}$ หรือร้อยละ 95.57 โดยน้ำหนัก) ความเข้มข้นของเอทานอลในของเหลวทั้งหมดก็จะลดลงเรื่อยๆ แต่ความเข้มข้นของเอทานอลในไอที่ระเหยได้จะมีค่าเท่ากันและมีจุดเดือดคงที่ที่ 78.15 องศาเซลเซียส จุดนี้จะเรียกว่าเกิดอะเซอโรป (Azeotrope) ของสารละลายของเหลวของเหลวผสมนี้จะเรียกว่า Azeotropic mixture หรือบางครั้งเรียกว่า Constant boiling mixture (CBM) ถ้ายังดำเนินการควบแน่นและกลั่นต่อไป ก็จะไม่ทำให้ความเข้มข้นของเอทานอลเพิ่มขึ้นได้อีก อาจจะลดลงกว่าเดิม เพราะจะมีไอน้ำระเหยเพิ่มขึ้นมา ฉะนั้นในการผลิตเอทานอลเพื่ออุตสาหกรรมจึงผลิตที่ความเข้มข้นประมาณ $95\text{-}96^{\circ}\text{GL}$



รูปที่ 7.3 ความเข้มข้นของเชกานอลในส่วนของไอก และในส่วนของ
ของเหลวขณะระเหยและควบแน่น

2. กระบวนการกำจัดน้ำ

เอทานอลที่สามารถใช้สมกับน้ำมันเบนซินได้โดยตรง หรือที่ใช้ผลิตเป็น ETBE (Ethyl tertiary butyl ether) แทน MTBE (Methyl tertiary butyl ether) นั้น จะหมายถึง เอทานอลที่ไม่มีน้ำ (Anhydrous Ethanol) ซึ่งคือ เอทานอลที่มีน้ำอยู่เพียง 200 ส่วนในล้านส่วน (ppm) หรือมีเอทานอลอยู่ร้อยละ 99.98 และมีค่า octane เท่ากับ 113 ปกติ ในการใช้เอทานอลในน้ำมันรถยนต์ หรือที่เรียกว่า Motor Fuel Grade Ethanol (MFGE) สามารถใช้ได้ตั้งแต่ 99.5°GL ขึ้นไป

การทำให้น้ำในเอทานอลที่ผลิตโดยทั่วไป (95°GL) เป็น 99.5°GL นั้นทำได้หลายวิธี แต่ที่ปฏิบัติกันในระดับอุตสาหกรรม มีเพียง 3 วิธี คือ

Azeotropic Distillation

วิธีนี้ถือได้ว่าเป็นวิธีที่เก่าแก่ที่สุดที่ใช้ในการทำบริสุทธิ์ เอทานอล ตั้งแต่เริ่มต้นการผลิตในระดับอุตสาหกรรม หลักการของวิธีนี้ เป็นการใช้ทฤษฎีของการเกิดสารประกอบ Azeotropic mixture เช่นเดียวกันกับ Azeotrope ของเอทานอลกับน้ำ กล่าวคือในขณะที่ความเข้มข้นของเอทานอลเข้าใกล้ร้อยละ 90 โดยสัดส่วนจำนวนโมล (90 Mol% ethanol หรือ 97.2°GL) เอทานอลกับน้ำจะรวมตัวกันเป็นของผสม Azeotropic mixture ที่มีจุดเดือดจุดเดียว (Constant boiling mixture, CBM) จึงทำให้ความเข้มข้นของเอทานอลและทำให้ไม่สามารถที่จะเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอล แต่ถ้าหากเอทานอล/น้ำมีสมมติกับสารจำพวกเบนซิน Heptane, Cyclohexane, n-Pentane, Diethyl ether สารเหล่านี้สามารถเกิดเป็นสารประกอบ Azeotropic mixture กับน้ำและเอทานอล (บางส่วน) ได้ซึ่งจะมีจุดเดือดต่างกว่าจุดเดือดของ CBM

หลักการปฏิบัติของวิธีนี้ คือ เมื่อป้อนเอทานอล (95°GL หรือ 190°proof ซึ่งมีจุดเดือดที่ 78.15 องศาเซลเซียส) เข้าไปในห้องลับ ในช่วงบนของห้องลับ เอทานอล/น้ำจะผสมกับไอของเบนซิน

(ในกรณีที่เบนซินเป็นตัวช่วย) เกิดเป็นสารประกอบ Azeotrope ของเอทานอล-น้ำ-เบนซิน (185/75/74) ระหว่างออกจากห้องลับไปในช่วงบน (Rectifying) ที่ 64.80 องศาเซลเซียส ส่วนเอทานอลที่เหลือจะไม่มีน้ำ (หรือมีน้ำน้อยมาก ถือเป็น Anhydrous ethanol) แล้วก็จะเหลลงมา เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้ สารประกอบเบนซิน เอทานอล/น้ำจะถูกกลั่นตัวและแยกเบนซิน/เอทานอล/น้ำ ออกจากกันโดยการกลั่นตัวหรือใช้ Decanter เบนซินจะถูกนำกลับมาใช้ในกระบวนการการกลั่นต่อไป

Molecular Sieve Dehydrators (MSD)

ลักษณะการทำงานของ Molecular Sieve Dehydrators คือ การสร้างเม็ด (bead) ของสารจำพวกซิโอลาร์ท เช่น Potassium aluminum-silicates เม็ดซึ่งมีลักษณะกลมจะมีรูพรุน (pores) อุปบนพื้นผิว รูพรุนเหล่านี้จะถูกัดเลือกหรือสร้างให้มีขนาดเท่ากับ 3 Angstroms (\AA , $1\text{\AA} = 10^{-8}$ เซนติเมตร) ซึ่งไม่เกลุของน้ำมีขนาด 2.8 \AA จึงมีความชอบ (Affinity) กับรูพรุนเหล่านี้ และจะถูกจับเข้าไว้ในรูพรุน ในขณะที่เอทานอลจะมีขนาดของไม่เกลุ 4.4 \AA จึงไม่มี Affinity กับรูพรุน และไม่สามารถเข้าไปในรูพรุนเหล่านี้ได้ การดูดซับน้ำเกิดขึ้นเมื่อมีการป้อนไออก (เปียก) ของเอทานอลที่มีน้ำเข้าไปในเครื่อง Dehydrator ที่บรรจุเม็ดซิโอลาร์ทเหล่านี้อยู่ไม่เกลุของน้ำจะถูกดูดซับอยู่ในเม็ด และไอของเอทานอลที่ถูกดูดซับน้ำออกไปแล้วจะผ่านออกมายัง Dehydrator ในการดูดซับน้ำของซิโอลาร์ทนั้นจะเป็นกระบวนการทางกายความร้อน กล่าวคือทุกๆ 1 ปอนด์ที่น้ำถูกดูดซับจะมีการรายความร้อนออกมาก 1,800 BTU ปกติซิโอลาร์ทเหล่านี้สามารถดูดซับน้ำได้มากถึงร้อยละ 22 ของน้ำหนักของเม็ด เมื่อซิโอลาร์ทเหล่านี้ดูดซับน้ำไว้มากพอแล้ว ก็จะต้องทำการถ่ายเทน้ำออก (Regeneration) ทั้งนี้ทำได้โดยการผ่านไออกซันของแก๊สเข้าไปเพื่อระเหยน้ำออกมานะ

การพัฒนา Molecular Sieve Dehydrators ในอุตสาหกรรม Anhydrous ethanol ไม่ได้ผลดีในช่วงแรก เพราะมีปัญหาเกี่ยวกับ

การอบแห้งหรือการถ่ายเทน้ำออกของซีโอลีตซึ่งมักจะเกิดการเสียหายระหว่างการอบแห้ง และทำให้อายุการใช้งานของซีโอลีตสั้นต้องเปลี่ยนทุกๆ ปี และการควบคุมการให้ผลและคุณภาพของไอกเปียกอาจทำได้ไม่ดีจึงทำให้สามารถออกแบบได้เพียงงานที่มีกำลังการผลิตขนาดเล็กๆ

Membrane Pervaporator

ผู้บุกเบิกเครื่อง Membrane Pervaporator คือบริษัท GFT ประเทศเยอรมัน ในปี ค.ศ. 1984 ปัจจุบันนี้เปลี่ยนชื่อมาเป็นบริษัท Sulzer Chemtech โดยหลักการจะใช้การทำงานของเมมเบรนร่วมกับการระเหย เอกหานอลชั้มขั้นร้อยละ 95 (ซึ่งมีน้ำมันร้อยละ 5) จะถูกให้ความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส (ต่ำกว่าจุดเดือด) และทำการแยกผ่านเมมเบรน น้ำจะถูกแยกในสภาพที่เป็นไอกโดยผ่านเมมเบรนแล้วควบแน่นออกมานีด้านของข้าวออก (permeate) โดยใช้ผลต่างของความดันเป็นแรงขับดันในการแยก ซึ่งความดันด้านข้าวออกเป็นสูญญากาศโดยใช้ปั๊มดูดอากาศออก นำจึงถูกแยกออกจากระบบ ในส่วนของเอกหานอลซึ่งไม่สามารถผ่านเมมเบรนออกไปได้จะถูกแยกน้ำออกด้วยเมมเบรนชุดต่อไปจนมีความบริสุทธิ์สูงถึงร้อยละ 99.5 ข้อดีของกระบวนการทำเอกหานอลให้บริสุทธิ์โดยระบบ Membrane Pervaporation ก็คือ แก้ปัญหาการเกิดตะขีโอลิโตรป์ ไม่ต้องใช้สารช่วยกลั่น และง่ายต่อการทำางาน ในปัจจุบันได้นำเอาเอกหานอลที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 ไปทดสอบกับน้ำมันเบนซินในอัตราส่วน 1 ต่อ 9 เพื่อใช้เป็นน้ำมันแก๊สโซฮอล์ สำหรับมาตรฐานของน้ำมันแก๊สโซฮอล์นั้นจะต้องเป็นไปตามประกาศกรมธุรกิจพลังงานเรื่องกำหนดและคุณภาพของน้ำมันแก๊สโซฮอล์ ฉบับที่ 4 พ.ศ. 2548

3. สถานภาพของการผลิตอาหารออลในประเทศไทย

ในปี พ.ศ. 2548 มีผู้ประกอบการที่ได้รับอนุญาตให้จัดตั้งโรงงานผลิตอาหารออลเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงแล้วจำนวน 24 โรงงาน โดยมีกำลังการผลิตรวมทั้งสิ้น 4.685 ล้านลิตรต่อวัน เพื่อรองรับการบริโภคภายในประเทศและการส่งออก แบ่งออกเป็นใช้วัตถุดิบจำพวกกากน้ำตาล มีกำลังการผลิตเท่ากับ 2.565 ล้านลิตรต่อวัน จะต้องใช้กากน้ำตาลทั้งหมด 3.694 ล้านตันต่อปี แต่ปัจจุบัน (ปี พ.ศ. 2548/49) มีผลผลิตอ้อยเท่ากับ 42 ล้านตัน สามารถผลิตกากน้ำตาลได้ประมาณ 2.10 ล้านตัน และยังขาดกากน้ำตาลอีกประมาณ 1.60 ล้านตัน จึงจะเพียงพอ กับความต้องการของโรงงาน ซึ่งจะต้องเพิ่มผลผลิตอ้อยอีกประมาณ 32 ล้านตัน ดังนั้นจะต้องมีปริมาณอ้อยอย่างน้อย 75 ล้านตันสำหรับการผลิตน้ำตาลและการผลิตกากน้ำตาลเพื่อใช้ในการผลิตอาหารออล ส่วนโรงงานอาหารออลที่ใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบจำเป็นต้องใช้มันสำปะหลังทั้งหมด 4.489 ล้านตันต่อปี สำหรับการผลิตอาหารออลที่มีกำลังการผลิต 2.120 ล้านลิตรต่อวัน ซึ่งในปัจจุบัน มันสำปะหลังมีผลผลิตเท่ากับ 19 ล้านตัน แต่สามารถนำมาใช้ในการผลิตอาหารออลได้เพียง 0.7 ล้านตันเท่านั้น ซึ่งยังขาดอีกประมาณ 3.8 ล้านตัน ดังนั้น ควรจะมีปริมาณมันสำปะหลังอย่างน้อย 30 ล้านตัน จึงจะเพียงพอ กับความต้องการ และไม่ส่งผลกระทบกับอุดสาหกรรมมันสำปะหลัง/มันขัดเม็ด และแบ่งมันสำปะหลัง จากสถานภาพของการผลิตอาหารออลของประเทศไทย ในปัจจุบันยังมีปริมาณอ้อยและมันสำปะหลังไม่เพียงพอ กับความต้องการ ดังนั้น จึงต้องเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น ตลอดจนการใช้เทคโนโลยีการผลิตอาหารออลที่มีประสิทธิภาพ เพื่อได้อาหารออลที่มีความบริสุทธิ์สูง เพื่อนำไปผลิตแก๊สโซฮอล์ และให้สอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ส่งเสริมการใช้แก๊สโซฮอล์ ในปี พ.ศ. 2554 ซึ่งจะต้องมีปริมาณการใช้อาหารออล 3 ล้านลิตรต่อวัน จากปัจจัยเหล่านี้จะเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญยิ่งต่อการพัฒนาอุดสาหกรรมการผลิตเชื้อเพลิง เอกทานออลจากวัตถุดิบทางการเกษตร ซึ่งจะมีส่วนช่วยในการพัฒนาการเกษตรและอุดสาหกรรมเกษตรของประเทศไทยอีกด้วย



บทที่ 8

การผลิตไบโอดีเซล

กล้านรงค์ ศรีรอต¹

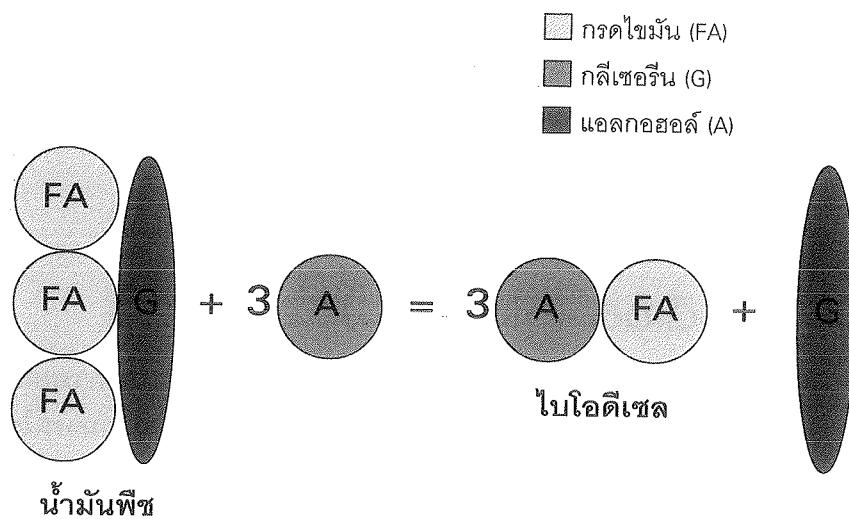
1. ไบโอดีเซล (Biodiesel)

ไบโอดีเซล (Biodiesel) หมายถึง น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการผสมระหว่างน้ำมันดีเซลกับน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ น้ำมันพืชนั้นสามารถใช้ผสมกับน้ำมันดีเซลได้โดยตรง หรือถูกย่อยสลาย และเปลี่ยนกรดอิสระเป็นเอสเทอร์ก่อนก็ได้ (รูปที่ 8.1) ในขณะที่ไขมันสัตว์จะต้องถูกย่อยและเปลี่ยนกรดอิสระเป็นเอสเทอร์ก่อนเท่านั้น

การใช้น้ำมันพืชเพื่อเป็นเชื้อเพลิงนั้นไม่ใช่เรื่องใหม่ รูดอฟท์ ดีเซล (Rudolph Diesel) ผู้ผลิตเครื่องยนต์ดีเซลได้แสดงการใช้น้ำมันถั่วลดิสก์เป็นเชื้อเพลิงในงานเอกสารไปที่กรุงปารีสในปี ค.ศ.1900 [2] แต่เนื่องจากขาดน้ำมัน นำน้ำมันพืชมาใช้ไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากราคาของน้ำมันดีเซลเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันพืชยังไม่เป็นที่น่าสนใจ จนกระทั่งในช่วงปี ค.ศ.1970 เป็นต้นมา เวim มีเหตุการณ์วิกฤติทางด้านน้ำมันเชื้อเพลิง ในช่วงปี ค.ศ.1980 เมื่อประเทศในอเมริกาได้ถูกกดดันในด้านการเมืองและถูกปิดล้อมการขนส่งน้ำมัน (Oil

¹ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

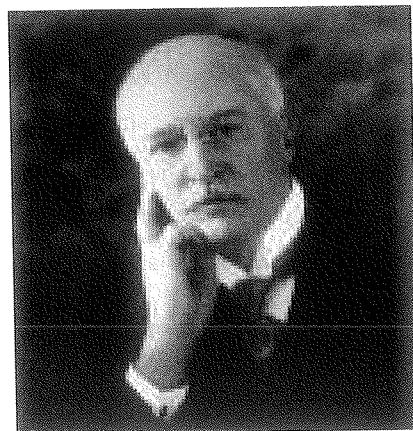
Embargo) ก็ได้ใช้น้ำมันเม็ดทานตะวันผสมน้ำมันเบนซินในการทำน้ำมันเชื้อเพลิงปีค.ศ.1982 เริ่มมีการประชุมวิชาการนานาชาติเกี่ยวกับน้ำมันพืชที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงครั้งแรก (The First International Conference on Plant and Vegetable Oils as Fuels) ที่ North Dakota สหรัฐอเมริกา (Ma and Hanna, 1999) ต่อมาในปีค.ศ.1991 เกิดส่วนรวมอ่าวเปอร์เซีย สาภาระวิกฤติของน้ำมันเชื้อเพลิงจึงได้ขยายตัวและเป็นตัวเร่งให้มีการใช้น้ำมันพืชผสมน้ำมันดีเซลมากขึ้น



รูปที่ 8.1 ปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันพืชและแอลกอฮอล์ได้ผลผลิตคือ ใบโอดีเซล และกลีเซอรีน

การพัฒนาอย่างเป็นรูปธรรมของใบโอดีเซลเกิดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1985 เมื่อออสเตรียตั้งโรงงานต้นแบบในการผลิตใบโอดีเซลจากเมล็ดธูป (rape seed) เป็นครั้งแรก และมีการผลิตทางการค้าเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1990 ในระยะแรกตั้งใจจะใช้ใบโอดีเซลกับเครื่องจักรกลทางการเกษตรซึ่งได้รับการรับรองจากผู้ผลิตตราเพชรเตอร์เกิลทุกยี่ห้อเป็นอย่างดี ต่อมา มีการเปลี่ยนแปลง

ตลาดไปเป็นยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลซึ่งได้รับการสนับสนุนอย่างดีจากกลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ต่างๆ เช่น Ford, Mercedes, Massey-Ferguson, John Deere นอกจากนี้เพื่อให้เกิดความเรื่องมันต่อผู้บริโภค ออสเตรียยังได้ออกมาตรฐานไปโอลีดเชลฉบับแรกสำหรับเมล็ดрап-เมทิล เอสเทอร์ (Rape seed-methyl ester) (ON C 1190) ในปี ค.ศ. 1991 และสำหรับกรดไขมัน-เมทิล เอสเทอร์ (Fatty acid-methyl ester) (ON C 1191) ในปี ค.ศ. 1997 ประเทศอื่นๆ ก็ออกมาตรฐานไปโอลีดเชลของแต่ละชาติตามมา ได้แก่ ฝรั่งเศส และอิตาลี ในปี ค.ศ. 1993 สาธารณรัฐเช็กโกสโลวะเกียในปี ค.ศ. 1994 สวีเดนในปี ค.ศ. 1996 (SS 15 54 36) และสหราชอาณาจักร (ASTM) มีผลงานวิจัยตีพิมพ์เกี่ยวกับสมบัติของไปโอลีดเชล เช่น ผลการทดลองใช้กับเครื่องยนต์ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ฯลฯ ออกแบบอย่างต่อเนื่อง และในปี ค.ศ. 1996 ได้มีการจัดตั้ง European Biodiesel Board ซึ่งมีสมาชิกเป็นประเทศผู้ผลิตไปโอลีดเชลที่สำคัญของโลก ทำหน้าที่ในการกำหนดทิศทางการพัฒนาไปโอลีดเชล ขณะนี้สหภาพยุโรป อนุมัติห่วงการพิจารณาร่างมาตรฐานไปโอลีดเชลซึ่งเมื่อพิจารณาเสร็จจะใช้รหัส EN 14214 และจะใช้เป็นมาตรฐานทั่วทั่วไป



รูปที่ 8.2 Rudolf Christian Karl Diesel (1858-1913)

ที่มา <http://vi.wikipedia.org>

วัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลในปัจจุบันได้จากน้ำมันพืชชนิดต่างๆ ได้แก่ เมล็ดเรป ที่มีมากแกร่งยูโรปและอเมริกา ทานตะวัน ฯ ฝ้าย ถั่วลิสง ถั่วเหลือง ละหุ่ง สนุุ่ดำ มะพร้าว ปาล์ม และน้ำมันเหลือใช้หลังการปฐุ อาหารจากภาคใต้ ฯ และร้านอาหารประเภทอาหารด่วน (fast food) แล้ว นำมาเข้ากระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเป็นเมทิล เอสเทอร์ เอทิล เอสเทอร์ หรือบิวทิล เอสเทอร์ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “ไบโอดีเซล” ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนปิโตรเลียมดีเซลในสัดส่วนผสมต่างๆ ได้โดยไม่เกิดผลกระทบต่อระบบต่างๆ กับเครื่องยนต์ดีเซล แม้จะใช้เป็นระยะสั้นหรืออย่างการใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงจะไม่เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สามารถย่อยสลายได้โดยกระบวนการทางชีวภาพ และเกิดมลพิษทางอากาศน้อยกว่าน้ำมันดีเซล

ในประเทศไทยนี้มีไบโอดีเซลที่ออกจำหน่ายโดยกลุ่มเกษตรกรต่างๆ เป็นลักษณะของการผลมน้ำมันพืช เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม ลงไบ ในน้ำมันดีเซลโดยตรง หรืออาจมีการผสมสารอื่นๆ เช่น น้ำมันหล่อลื่นเพิ่มลงไปด้วยมีการเสนอให้เรียกไบโอดีเซลชนิดนี้ว่า ไบโอดีเซลแบบพื้นบ้าน ส่วนไบโอดีเซลชนิดที่น้ำมันพืช/ไขมันสัตว์ถูกย่อยและเปลี่ยนเป็นเอสเทอร์ ก่อนจะนำไปผสมน้ำมัน เสนอให้เรียกว่า ไบโอดีเซลแบบคุณภาพรวม

ปัจจุบันเทคโนโลยีผลิตไบโอดีเซล (เมทิล เอสเทอร์ เอทิล เอสเทอร์) ในอเมริกาและยูโรปมีหลายกระบวนการ โดยในอเมริกามี 3 วิธีคือ (1) Based catalyzed transesterification (2) Direct acid catalyzed esterification of oil with methanol (3) Conversion of the oil to fatty acids, and then to alkyl esters with acid catalysis ในยุโรปมี 6 วิธี แต่ที่นิยมใช้มากคือ (1) Batchwise operating technologies (2) Henkel technology for transesterification (3) CD process for transesterification

ประโยชน์ของการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงนิتروเลียม

ในปี พ.ศ. 2547 ประเทศไทยมีการนำเข้าพลังงานเชิงพาณิชย์ทั้งสิ้น 55,589 กิโลตัน เทียบเท่าน้ำมันดิบ คิดเป็นมูลค่ามากกว่าสี่แสนล้านบาท โดยเฉพาะน้ำมันดิบที่นำมากลั่นเป็นน้ำมันสำเร็จรูปมีปริมาณนำเข้ามากถึงร้อยละ 74 ของการนำเข้าพลังงานเชิงพาณิชย์ทั้งหมด เมื่อพิจารณาปริมาณ การใช้น้ำมันดีเซลในปี พ.ศ. 2547 มีประมาณ 55 ล้านลิตร/วัน หากกำหนดให้ราคาน้ำมันดีเซลมีราคาเฉลี่ยประมาณ 16 บาท/ลิตร พบร่วมจะต้องจ่ายค่าน้ำมันถึง 880 ล้านบาท/วัน หรือ 321,200 ล้านบาท/ปี นับเป็นเม็ดเงินจำนวนมหาศาลที่ต้องจ่ายไปและทำให้ดุลการค้าของประเทศไทยลดลง เมื่อรัฐบาลได้ประกาศนโยบายเกี่ยวกับการใช้พลังงานทดแทน โดยได้ตั้งเป้าหมายให้ในปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยจะสามารถผลิตเชื้อเพลิงเป็นไบโอดีเซล ปี 10 (B10; น้ำมันดีเซลร้อยละ 90 ผสมกับเมทิล เอสเทอร์ ร้อยละ 10) จำนวน 85 ล้านลิตร/วัน (น้ำมันดีเซล 76.5 ล้านลิตรผสมกับเมทิล เอสเทอร์ 8.5 ล้านลิตร) หากเป็นไปตามที่คาดการณ์ได้จะสามารถลดการนำเข้าน้ำมันดิบ คิดเป็นมูลค่าประมาณ 62,050 ล้านบาท/ปี ได้

2. ลดมลภาวะ

ไบโอดีเซลมีสมบัติทางกายภาพคล้ายกับน้ำมันดีเซลปกติ แต่ให้การเผาไหม้ที่สะอาดกว่าน้ำมันดีเซล ไอเสียมีคุณภาพดีกว่า ทั้งนี้ เพราะมีออกซิเจนอยู่ในไบโอดีเซล ทำให้การสันดาปสมบูรณ์กว่าน้ำมันดีเซลปกติ จึงมีคาร์บอน-มอนอกไซด์น้อยกว่าและเนื่องจากไม่มีกำมะถันในไบโอดีเซลจึงไม่มีปัญหารื่นสาหัสเพต นอกจากนี้ยังมีมีคาร์บอนน้อย จึงไม่ทำให้เกิดการอุดตันของระบบไอเสียได้ สมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ เป็นสารหล่อลื่น ช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ ไบโอดีเซลสามารถนำไปใช้เติมในเครื่องยนต์ดีเซลได้ทันทีโดยใช้ได้ทั้งรูปแบบไบโอดีเซลร้อยละ 100 หรือใช้ผสมกับน้ำมันดีเซล แต่เนื่องจากสมบัติเป็นตัวทำละลายของไบโอดีเซล อาจจะเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนท่อส่งเชื้อเพลิงบางส่วน ผลกระทบสนับสนุน

ของสถาบันวิศวกรรมเกษตรของอุตสาหกรรมที่ได้รับการพัฒนาให้มีน้ำมันไปโอดีเซลสามารถหล่อลื่นเครื่องยนต์ได้ดี และอัตราการสึกหรอของเครื่องยนต์เทียบเท่ากับการทำงานของกรณีใช้น้ำมันดีเซล แต่สิ้นเปลืองกว่า ข้อดีหลักของการในด้านความปลดภัย คือ มีจุดวางไฟสูง ไม่วะเบิดง่าย มีความเป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์ต่ำมากและย่อยสลายได้ง่ายในธรรมชาติ ไปโอดีเซลจึงเป็นทางเลือกอีกชนิดหนึ่งสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล ในหลายประเทศได้มีการผลิตไปโอดีเซลให้แล้ว เช่น สหรัฐอเมริกา อังกฤษ ฝรั่งเศส เยอรมนี ออสเตรีย และญี่ปุ่น

3. ช่วยพยุงราคาผลิตผลการเกษตร

ในระยะสั้นไปโอดีเซลจะช่วยกระตุ้นราคาน้ำมันให้สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เกษตรกรจะได้รับผลประโยชน์ในทันที และจะมีผลกระทบต่อต้นกำลังซื้อในภาคเกษตรกรรม ซึ่งจะมีส่วนผลักดันให้เศรษฐกิจของชาติฟื้นตัวเร็วขึ้น ถ้าเราสามารถปลูกพืชใดๆ ที่ผลิตเป็นทั้งอาหาร น้ำมัน และแอลกอฮอล์ หากนำมาผลิตไปโอดีเซลหรือไปโอดีบันชิน จะช่วยผลักดันให้มีแหล่งตลาดขนาดใหญ่สำหรับผลิตผลทางการเกษตรดังกล่าวทั่วโลก ในประเทศไทย ซึ่งจะก่อให้เกิดเศรษฐกิจที่ดี มีความสำคัญยิ่งกับคนระดับราษฎร์ที่เป็นคนส่วนใหญ่ของประเทศไทย มีเสถียรภาพ และไม่ผูกพันกับการห้ามเพื่อไม่ให้ตามความผันแปรทางด้านพลังงานของโลก

4. สร้างความมั่นคงทางภาคเกษตรกรกร ромพืชน้ำมันและอุตสาหกรรมการเกษตรในระยะยาว

เมื่อมีตลาดเชื้อเพลิงรองรับที่ใหญ่มาศาลถึง 15,300 ล้านลิตร ในปี พ.ศ. 2544 และอาจขยายถึง 30,000 ล้านลิตร ในปี พ.ศ. 2563 ภาคเกษตรกรรมที่เกี่ยวข้องยอมสามารถวางแผนในการผลิตและการขยายตัวได้อย่างมั่นคง อีกทั้งเป็นตลาดภายใต้การห้ามเพื่อไม่ให้ตามความผันแปรทางด้านพลังงานในทุกด้านได้ล่วงหน้า และสามารถเลิกพึ่งกลไกตลาดของต่างประเทศได้ การประยุคเงินตราต่างประเทศเป็นเงินปีละ 100,000 ล้านบาทเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่ง แต่การผลักดันให้เกิดธุรกิจภาคเกษตรกรกร ที่มี

เสถียรภาพในระดับปีละหลายแสนล้านบาท จะยังมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจอีกหลายเท่านัก ดังนั้นรากรถานที่จะเกิดจากอุตสาหกรรมไปโอดีเซลจึงมีความสำคัญยิ่งต่อเศรษฐกิจโดยรวม

5. สร้างความมั่นคงแก่ประเทศชาติ

น้ำมันดีเซลและเบนซินจะหมดจากโลกนี้ภายใน 30 ปีข้างหน้าอย่างแน่นอนหากไม่หาทางลดการใช้ลง โดยมีผลงานชีวภาพหรือพลังงานอื่นมาเสริมและทดแทนการใช้ในปัจจุบัน อีกทั้งน้ำมันเชื้อเพลิงจากปิโตรเลียมจะแพงขึ้นเรื่อยๆ เพราะปริมาณสำรองลดลงเรื่อยๆ ที่สำคัญยิ่งกว่าน้ำน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพจะเป็นเชื้อเพลิงที่สร้างใหม่ได้ทุกปีโดยไม่หมดละประเทศชาติผลิตเองได้ ไม่ต้องส่งซื้อจากต่างประเทศ และไม่ต้องพึ่งพาความอยู่รอดจากต่างชาติ ไปโอดีเซลจึงเป็นพลังงานชีวภาพที่ไม่ใช่แต่เมืองต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของชาติเท่านั้นหากแต่มีผลต่อความมั่นคงของชาติทั้งภาคเศรษฐกิจและยังรวมถึงการทหารด้วย

6. ทำให้เกิดการส่งเสริมการปลูกป่าเศรษฐกิจเพื่อฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม

พื้นที่ในการปลูกพืชไร่ เช่น มันสำปะหลัง และอ้อย สามารถจะเปลี่ยนมาปลูกปาล์มน้ำมันมะพร้าว หรือพืชน้ำมันยืนต้นอื่น ถ้ามีความเหมาะสมกว่าพื้นที่ป่าเศรษฐกิจจะถูกสร้างขึ้นหลายสิบล้านไร่ในทุกภาค ความอยู่รอดของชาติซึ่งต้องพึ่งป้าไม่ให้ช่วยสร้างฝนจะเริ่มดีขึ้นกว่าในปัจจุบัน สภาพแวดล้อมโดยรวมของชาติจะได้รับการปรับปรุงอย่างจริงจังจากอุตสาหกรรมไปโอดีเซลไปโดยปริยาย การปลูกป่าที่พยายามสร้างกันมาหลายสิบปีจะสามารถเป็นจิวได้จากการส่งเสริมพืชน้ำมันปาล์มและมะพร้าวซึ่งให้ผลตอบแทนสูงกว่าพืชไร่อื่น อีกทั้งจะมีเสถียรภาพในเรื่องราคาและการปรับกันราคา จะทำได้ดีกว่าอ้อยและมันสำปะหลังหรือยางพารา ซึ่งถูกกำหนดโดยตลาดต่างชาติ และถ้ารัฐบาลจะส่งเสริมป่าเศรษฐกิจเพื่อปลูกปาล์มน้ำมันและมะพร้าวหรือพืชน้ำมันยืนต้นอื่น พร้อมทั้งสนับสนุนเงินและสถาบันไปค่าป่าเศรษฐกิจก็อาจจะสามารถเกิดในพื้นที่เสื่อมโทรมได้ด้วยดังเช่นประเทศไทยสารอโอลที่ปลูกป่าในทะเลราย

การผลิตไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลสามารถเตรียมได้ตั้งแต่ในลักษณะของไบโอดีเซลแบบพื้นบ้านจนถึงไบโอดีเซลแบบอุตสาหกรรม ในกรณีที่จะกล่าวถึงขั้นตอนของการผลิตแบบต่างๆ สิ่งสำคัญที่จะต้องกล่าวควบคู่ไปด้วย คือ สมบัติเบื้องต้นของน้ำมันดีเซล และน้ำมันพีช/ไขมันสัตว์

1. สมบัติเบื้องต้นของน้ำมันดีเซล และน้ำมันพีช/ไขมันสัตว์

น้ำมันดีเซล

น้ำมันดีเซลเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในกลุ่มพาราฟินซึ่งมีสูตรโครงสร้างทางเคมี C_nH_{2n+2} สมบัติที่สำคัญๆ ที่ควรพิจารณาดังตารางที่ 8.1 คือ ความหนืดที่วัดเป็นเซนติสโตค (Centistoke; CST) เช่น ค่าความหนืดเฉลี่ยของน้ำมันดีเซลขั้นเทากับ 4.2 CST ซึ่งน้ำมันไบโอดีเซลไม่ควรที่จะมีค่าความหนืดมากกว่านี้มากนัก และค่า ซีเทนเนมเบอร์ (Cetene number) ของน้ำมันดีเซลขั้นเฉลี่ยเท่ากับ 30 หมายถึงน้ำมันดีเซลนี้มีค่าเทียบได้กับสารผสมที่มีซีเทนอยู่ร้อยละ 30 ซีเทน (Cetene; $C_{16}H_{34}$) เป็นสารประกอบที่มีการจุดระเบิดต่ำสุด และตั้งค่าเป็น 100]

น้ำมันพีช/ไขมันสัตว์

น้ำมันพีช/ไขมันสัตว์ คือ สารประกอบอินทรีย์จำพวกไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งเมื่อย่อยสลายจะได้กลีเซโรล กับกรดไขมันอิสระในน้ำมันพีช โดยทั่วไปมีการย่อยสลายของในธรรมชาติ แต่ยังไม่สมบูรณ์ จึงมีส่วนประกอบของไตรกลีเซอไรด์เป็นส่วนประกอบหลัก มีไตรกลีเซอไรด์ในไตรกลีเซอไรด์ และกรดไขมันอิสระอยู่บ้าง น้ำมันพีชจะมีไตรกลีเซอไรด์ที่มีกรดไขมันที่จับตัวอยู่เป็นจำพวกกรดไขมันไม่อิมตัว ลักษณะเด่นคือ จุดหลอมเหลวต่ำ เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ส่วนไขมันสัตว์จะเป็นจำพวกกรดไขมันอิมตัว มีจุดหลอมเหลวสูง จึงเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ยกเว้นน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันปาล์มน้ำมันสัตว์จะเป็นกรดไขมันอิมตัวอยู่สูง ที่มีกรด Lauric acid ซึ่งเป็นกรดไขมันอิมตัวอยู่สูง

ตารางที่ 8.1 สมบัติของน้ำมันดีเซลชนิดต่างๆ

สมบัติ	น้ำมันดีเซลใส		น้ำมันดีเซลปานกลาง		น้ำมันดีเซลข้น	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าแปลงผัน	ค่าเฉลี่ย	ค่าแปลงผัน	ค่าเฉลี่ย	ค่าแปลงผัน
ความถ่วงจำเพาะ (^o API)	42	42 ถึง 43	36	33 ถึง 41	28	22 ถึง 31
อุณหภูมิการกลั่นตัว ASTM						
จุดเดือดเริ่มต้น (^o F)	345	330 ถึง 390	370	350 ถึง 460	390	360 ถึง 430
10% recovered	395	380 ถึง 420	450	420 ถึง 510	470	460 ถึง 480
50% recovered	445	430 ถึง 460	510	465 ถึง 550	540	520 ถึง 560
90% recovered	500	490 ถึง 515	550	530 ถึง 675	660	590 ถึง 680
จุดเดือดสุดท้าย (^o F)	535	525 ถึง 625	620	600 ถึง 740	720	650 ถึง 750
จุดควบไฟ (^o F)	135	130 ถึง 160	190	140 ถึง 220	185	160 ถึง 200
ความหนืด						
SSU ที่ 100 ^o F	-	-	-	-	40	38 - 43
เช่นติสโตรคที่ 100 ^o F	1.8	1.4 ถึง 2.0	27	2.1 ถึง 5.5	4.2	3.6 ถึง 5.2
จุดไฟล (^o F)	-30	20 ถึง -40	0	20 ถึง -15	0	25 ถึง -30
จุดถูกเผาบนนิสิน (^o F)	150	145 ถึง 155	150	140 ถึง 160	130	110 ถึง 140
น้ำหนักกำมะถัน (%)	0.05	0.005 ถึง 0.5	0.2	0.04 ถึง 1.0	0.4	0.2 ถึง 2.0
การกัดกร่อน ใช้แผ่นทองแดง						
จุ่มที่อุณหภูมิ 212 ^o F นาน 1 ชั่วโมง	ผ่าน	-	ผ่าน	-	ผ่าน	-
สี						
เชย์โนบลต์	-	16 ถึง 27	-	-	-	-
มาตรฐาน ASTM	Nil	-	1.5	1 ถึง 7	6	4 ถึง - 8
ปริมาณทรัพย์ของน้ำและตะกอน (%)	-	-	Nil	Nil ถึง 0.1	0.01	0 ถึง 0.5
เขม่าตอกค้าง						
น้ำหนักสารตอกค้าง (%)	0.01	0 ถึง 0.015	0.003	0.01 ถึง 0.35	0.1	0.01 ถึง 0.2
รีเทนนิ่งเบอร์	50	40 ถึง 54	50	40 ถึง 35	30	25 ถึง 40

2. วัตถุดิบเพื่อผลิตไบโอดีเซล

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล คือ น้ำมันพืช ซึ่งชนิดจะแตกต่างกันไปตามสภาพภูมิศาสตร์ของแหล่งผลิต เช่น ในยุโรปตอนเหนือจะผลิตไบโอดีเซลจากเมล็ดเรป ทางยุโรปตอนใต้จะผลิตจากน้ำมันเมล็ดทานตะวัน อเมริกา และแคนาดาจะผลิตจากน้ำมันถั่วเหลืองและเมล็ดเรป มาเลเซีย ผลิตจากน้ำมันปาล์มนิคร้ากัว ใช้น้ำมันเมล็ดสนุุ่ดำ (*Jatropha curcas*) ปริมาณการผลิตพืชน้ำมันที่สำคัญของโลกแสดงในตารางที่ 8.2 และกำลังการผลิตและปริมาณการผลิตไบโอดีเซลของโลกแสดงในตารางที่ 8.3

ประเทศที่มีการผลิตและจำหน่ายไบโอดีเซล เช่น สหรัฐอเมริกา เบลเยียม สวีเดน ฝรั่งเศส ออสเตรีย เยอรมนี นิยมนำไปผสมเป็นสูตรต่างๆ เช่น B2 (ไบโอดีเซลร้อยละ 2 : ดีเซลร้อยละ 98) มีจำหน่ายมารัฐมิวนิชตา B20 (ไบโอดีเซลร้อยละ 20 : ดีเซลร้อยละ 80) มีจำหน่ายในรัฐไอโอวา ประเทศสหราชอาณาจักร B5 (ไบโอดีเซลร้อยละ 5 : ดีเซลร้อยละ 95) มีจำหน่ายในประเทศฟรังเศส และ B100 (ไบโอดีเซลร้อยละ 100) มีจำหน่ายในประเทศเยอรมนีและออสเตรีย

ตารางที่ 8.2 การผลิตเมล็ดพืชน้ำมันของโลกในปี พ.ศ. 2547

Oilseed	Production (Million Metric Tons)
Soybeans	216.9
Rape seed	45.6
Cotton seed	45.1
Peanut	33.2
Sunflower seed	25.4
Palm Kernel	8.8
Copra	5.4
Total	380.3

**ตารางที่ 8.3 กำลังการผลิตและปริมาณการผลิตใบโอลีเยลของโลก
ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534-2541**

ปี	กำลังการผลิตเต็มที่		กำลังการผลิตจริง	
	พันตัน/ปี	เปอร์เซ็นต์	พันตัน/ปี	เปอร์เซ็นต์
2534	111	-	10	-
2535	128	15.32	78	680.00
2536	458	257.81	115	47.44
2537	615	34.28	228	98.26
2538	875	42.28	417	82.89
2539	1,187	35.66	591	41.73
2540	1,286	8.34	661	11.84
2541	1,366	6.22	741	12.10

ปาล์มน้ำมัน ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Elaeis guineensis* เป็นไม้ยืนต้น มีถิ่นกำเนิดทางตะวันตกของทวีปแอฟริกา เป็นพืชที่ปลูกได้ตลอดปีเริ่มให้ผลผลิตเมื่ออายุ 2 ปีครึ่งถึง 3 ปี และเก็บเกี่ยวผลผลิตได้นาน ถึง 25 ปี ต้นปาล์มที่ปลูกในพื้นที่ 1 เอกเตอร์ (6.25 ไร่) สามารถให้น้ำมันปาล์มได้ถึง 5 ตันต่อปี หรือร้อยละประมาณ 800 กิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าพืชน้ำมันอื่นๆ 5 เท่า ผลปาล์มน้ำมัน สามารถให้ผลผลิตน้ำมัน 2 ชนิด คือ

- น้ำมันปาล์ม (*Palm oil*) สกัดจากเนื้อปาล์ม
- น้ำมันเมล็ดในปาล์ม (*Palm kernel oil*) สกัดจากเมล็ดปาล์ม

ผลปาล์ม 1 ผลจะมีน้ำมันปาล์ม 9 ส่วน และน้ำมันเมล็ดในปาล์ม 1 ส่วน น้ำมันที่สกัดจากผลปาล์มสดจะมีเป็นต้า-เคโรทีน โปรวิตามินเอ และวิตามินอี ในปริมาณสูง น้ำมันปาล์มประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิมตัวและกรดไขมันที่อิมตัวในสัดส่วนที่สมดุล และด้วยเหตุที่มีวิตามินอีสูง จึงทำให้น้ำมันปาล์มมีเสถียรภาพสูง สำหรับกรดไขมันไม่อิมตัวนั้น ส่วนใหญ่จะ

ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิมตัวพันธุ์เดี่ยวโอลีอิค (mono-unsaturated oleic acid) ร้อยละ 40 ขณะที่กรดไขมันอิมตัวประกอบด้วยกรดปาล์มเมติก ร้อยละ 44 และกรดสเตียริก ร้อยละ 5 ด้วยสัดส่วนของส่วนผสมดังกล่าว ทำให้น้ำมันปาล์มมีสมบัติพิเศษ เหมาะสมสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร หลายประเภท สมบัติอีกประการหนึ่งของน้ำมันปาล์มคือ สามารถใช้ผลิตเป็นไขมันพีชที่มีสภาพเป็นของแข็ง โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการไฮโดรเจนasiation (Hydrogenation) เป็นการหลีกเลี่ยงการก่อตัวของกรดไขมันทรานส์ (Trans fatty acids) ที่เกิดจากกระบวนการซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ สมบัติพิเศษของน้ำมันปาล์มจึงนำไปใช้ในการปรุงอาหารได้หลากหลาย โดยปราศจากโคเลสเตอรอล และเป็นแหล่งพลังงานของร่างกายนอกจากนี้ยังมีผลลดอยู่ได้จากน้ำมันปาล์มในการนำไปเป็นส่วนผสมของเนยเหลืองหรือมาการีน อาหารที่ยอดด้วยน้ำมันปาล์มจะเก็บได้นาน ผลลดอยู่ได้ถาวร ยังมีอีกมากหลายโดยเฉพาะใช้เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมผลิตสบู่ ผงซักฟอก เครื่องสำอาง ยา ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในครัวเรือน และอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มแดงที่สกัดออกในกระบวนการกลั่น ยังมีปริมาณแคลโรทีนสูงถึงร้อยละ 80 และมีวิตามินอีในสัดส่วนที่สูงมาก จากผลการวิจัยพบว่ามีสมบัติในการป้องกันการเรียวย่างของเซลล์ผิวหนัง โรคหัวใจ และโรคมะเร็ง จึงมีการนำมารผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ เช่นวิตามินแคปซูลสำเร็จรูป อาหารเสริม เครื่องสำอาง

- **มะพร้าว ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera*** มีการปลูกแพร่หลาย ในเขตต้อนร้อนทั่วโลก เป็นพืชยืนต้นในตระกูลปาล์มสามารถให้ดอกผลได้จนอายุ 80-90 ปี เนื่องจากมะพร้าวเป็นพืชยืนต้นที่มีอายุยืนยาวมาก การคัดเลือกพันธุ์ก่อนการปลูกจะเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่งเพื่อให้ได้ผลตอบแทนคุ้มค่า น้ำมันมะพร้าวสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอุปโภคและบริโภคโดยจะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมสบู่ เนยเทียม ขันหมากวน นมขันหวาน และโอลิโอดิเมติกอล เป็นต้น สำหรับอุตสาหกรรมโอลิโอดิเมติกอลจะแปรรูปไข่หรือน้ำมันพีชเป็นกรดไขมันเพื่อใช้เป็นวัตถุดินในอุตสาหกรรมอุปโภค น้ำมันมะพร้าวจะมี กรดลอริก และกรดไมริสติก (Myristic acid) มากประมาณร้อยละ 50 และ 17 โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรด ลอริกจะพบในน้ำมันมะพร้าวเท่านั้น ซึ่งจะนำมาผลิตเครื่องสำอางและเรซิน

- ถัวเหลือง หนึ่งในพืชตระกูลถัวที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในหลายรูปแบบ เช่น การบริโภคโดยตรงในรูปของน้ำมันถัวเหลืองเพื่อทดแทนการบริโภคນ้ำมันดầuธรรมชาติ ใช้ในการทำเต้าหู้ เต้าเจี้ยว ซีอิ้ว และสกัดน้ำมันถัวเหลือง จากข้อมูลของสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2536 พบว่า ปริมาณน้ำมันถัวเหลืองที่ผลิตได้นี้ ปริมาณร้อยละ 60 จะใช้ไปเพื่อการประกอบอาหารบริโภคในครัวเรือน ร้อยละ 28 จะใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม ร้อยละ 8 จะใช้ในอุตสาหกรรมสี และส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 4 จะใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น การทำน้ำพริกเผา และการทำอาหารจากน้ำมันถัวเหลืองภายหลังการผ่านกระบวนการสกัดน้ำมันจะถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์อีกด้วย
- ละหุ่ง เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ประกอบด้วย น้ำมันร้อยละ 50-55 น้ำมันละหุ่งมีความแตกต่างจากน้ำมันพืชชนิดอื่น คือ มีความหนืดสูง ละลายช้าในน้ำมันเบนซินและในสารละลายอินทรีย์ ไม่แข็งตัวในอุณหภูมิที่เย็นจัด (-12 ถึง -18 องศาเซลเซียส) จึงใช้เป็นน้ำมันหล่อลื่นในเครื่องบิน และใช้เป็นน้ำมันไฮดรอลิก นอกจากนี้ ยังนำไปใช้ประโยชน์ในรูปต่างๆ ได้มากมายในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และตอนดีียังใช้ในสหัสวรรษที่แล้วเป็นสำหรับเสียงดนตรีและน้ำไปใช้สักตึกมีพืชชื่อขาดแคลนประเทศอินเดียเป็นประเทศผู้ผลิตรายใหญ่ที่สุดของโลก รองลงมาคือประเทศไทยและบราซิล ตามลำดับ นอกจากนี้เป็นประเทศผู้ผลิตรายเล็กๆ เช่น ไทย ลาว ปากีสถาน พิลิปปินส์ และประเทศไทยในทวีปแอฟริกา
- ทานตะวัน มีชื่อสามัญว่า sunflower ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Helianthus annus* L. อุ่นในวงศ์ Compositae เป็นพืชที่ต้องผสมข้ามดอกจึงจะทำให้มีเม็ดที่สมบูรณ์ ทานตะวันเป็นพืชล้มลุก มีอายุประมาณ 100-200 วัน ลำต้นสูงประมาณ 1-3 เมตร มีลักษณะตามลำต้น ทานตะวันจัดว่าเป็นพืชที่มีความสำคัญอันดับสองรองจากถัวเหลืองที่ปลูกเพื่อสกัดน้ำมัน น้ำมันทานตะวันมีคุณภาพสูงเมื่อเทียบกับน้ำมันพืชชนิดอื่น โดยจะประกอบด้วยไขมันที่ไม่อิ่มตัว มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวและกรดไขมันเดอก็อกประมาณร้อยละ 90.8 ซึ่งการดีไซมน์ไม่อิ่มตัวดังกล่าวมี

ประโยชน์ต่อร่างกายโดยลดปริมาณโคเลสเตอรอลที่ไปอุดตันในเส้นเลือด นอกจากนี้ยังประกอบด้วยวิตามินหลายชนิด ช่วยไม่ให้เกิดกลินหินเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน หากที่เหลือจากการหันน้ำมันมีโปรตีนสูง ใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ และใช้ทำขนมหวานสำหรับรับประทาน ดอกทานตะวันที่กะเทาะเมล็ดออกแล้วจะประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 4 น้ำมันร้อยละ 4 และมีเยื่อใบน้อยกว่าพืชบางชนิด ในเมล็ดมีธาตุเหล็กสูงไม่แพ้ธาตุเหล็กจากไข่ไก่และตับเมื่อคัดเมล็ดเพื่อจะทำเป็นสีขาว มีไขมันสูง มีโปรตีนมากกว่าร้อยละ 50 ของปริมาณแป้ง ดังนั้นจึงสามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้เป็นอย่างดี

- น้ำมันพืชใช้แล้ว ในปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้น้ำมันพืชโดยครัวเรือน สถานประกอบการ โรงงานอุตสาหกรรม และผู้จำหน่ายของทอดในตลาดประมาณ 574 ล้านลิตรต่อปี โดย ร้อยละ 75 เป็นการใช้ในครัวเรือน ส่วนน้ำมันที่เหลือจากการใช้น้ำมีทั้งหมดปีละประมาณ 74.5 ล้านลิตร โดยมาจากกลุ่มครัวเรือน 47.2 ล้านลิตร (ร้อยละ 63.4) รองลงมาได้แก่ กลุ่มสถานประกอบการ 22.5 ล้านลิตร (ร้อยละ 30.3) โรงงานอุตสาหกรรม 3.4 ล้านลิตร (ร้อยละ 4.6) และผู้จำหน่ายของทอดในตลาด 1.3 ล้านลิตรต่อปี (ร้อยละ 1.7) แต่ปัญหาของการนำน้ำมันพืชใช้แล้วมาใช้ คือ การจัดหาวัตถุดิบและคุณภาพของน้ำมัน เนื่องจากหากใช้น้ำมันพืชใช้แล้วจากครัวเรือนมาผลิตไปโดยเดียว พนว่า น้ำมันมีการปนเปื้อนกากอาหารและน้ำมาก ทำให้ต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนและนำออกจากระน้ำมันก่อน

กระบวนการผลิตไบโอดีเซล

กระบวนการผลิตไบโอดีเซลทำได้โดยนำเชื้อเพลิงเหลวที่ผลิตจากไขมัน สัตว์หรือไขมันพืชหรือน้ำมันที่ใช้แล้ว ซึ่งจะมีส่วนประกอบของไตรกลีเซอไรด์ สารตั้งต้นสำหรับผลิตเมทิล เอสเทอร์ โดยนำน้ำมันจากพืชหรือน้ำมันจากสัตว์ ก่อนนำมาใช้ต้องผ่านกระบวนการสกัดยางเนียนและสิงสกุปกาออก (Degumming) ก่อน จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอเรติฟิเคชัน (Transesterification) โดยการเติมแอลกอฮอล์ เช่น เมทานอล หรือเอทานอล และมีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ภายใต้ภาวะอุณหภูมิสูง เพื่อเปลี่ยนไขมันให้เป็นเมทิล เอสเทอร์ หรือเอทิล เอสเทอร์ ขึ้นอยู่กับประเภทของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต และได้กลีเซโรอลเป็นผลพลอยได้

สำหรับปฏิกิริยาการเกิดทรานส์เอสเทอเรติฟิเคชันในการผลิตไบโอดีเซลนั้น แอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจะเป็นแอลกอฮอล์ไม่เลกุลตัวที่มีหมู่ไฮดรอกซิล 1 มิเลกุลที่ตำแหน่งแรก หรือตำแหน่งที่สอง มีจำนวน carbonyl group ในช่วง 1-8 อะตอม ได้แก่ เมทานอล เอทานอล โพพานอล บิวทานอล และเอมิล แอลกอฮอล์ (Aetyl alcohol) โดยจะใช้เมทานอล และเอทานอล มากที่สุดเนื่องจากราคากลาง หาง่าย และมีสมบัติทางเคมีและกายภาพที่เหมาะสม คือ มีความเป็นข้าวและสายไมเลกุลสั้น ทำให้สามารถทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์และตัวเร่งปฏิกิริยาให้ละลายได้ดียิ่งขึ้น

ลำดับการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอเรติฟิเคชันของไตรกลีเซอไรด์เริ่มจากไตรกลีเซอไรด์ทำปฏิกิริยากับเมทรอคไซด์ (Methoxide สารประกอบที่เกิดจากเมทานอลและโซเดียมไฮดรอกไซด์) และน้ำ ได้ไดกลีเซอไรด์ ไบโอดีเซล และโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเพื่อให้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอเรติฟิเคชันเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ อัตราส่วนของแอลกอฮอล์: ไตรกลีเซอไรด์ที่เหมาะสมจะเท่ากับ 3 : 1 ทั้งนี้เพื่อให้สมดุลเปลี่ยนไปทางให้ผลผลิตของเอสเทอรมากที่สุด ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้จะเป็นด่าง กรด หรือเอนไซม์ก็ได้ แต่ในทางอุตสาหกรรมมักนิยมใช้ด่าง เนื่องจากทำงานได้เร็วกว่า แต่แอลกอฮอล์และการดึงไขมัน ต้องมีน้ำในโมเลกุลให้น้อยที่สุด ทั้งนี้เพราะน้ำจะไปทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสนุ๊ฟ ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตเอสเทอร์ลดลง และทำให้เกิดการแยก

กลีเซอรอลออกจากการแสเทอร์ยากซิลล์ ดังนั้นการเตรียมต่างในปฏิกริยามักจะใช้ต่างละลายในเมทานอลแทนน้ำ

เมื่อสิ้นสุดปฏิกริยาจะต้องแยกแสเทอร์ออกจากการส่วนผสมเหล่านี้ เนื่องจากแสเทอร์บีสุทธิ์เท่านั้นที่มีสมบัตินในการเป็นเชือเพลิงที่ดี ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นขั้นที่ยาก เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จะประกอบด้วยส่วนผสมของสารต่างๆ มากมาย ได้แก่ แสเทอร์ กลีเซอรอล และกอฮอล์ ตัวเร่งปฏิกริยา และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเกิดปฏิกริยา

กระบวนการผลิตใบโอดีเซลเป็นที่รู้จักกันดี มีวิธีการผลิตใบโอดีเซล จากน้ำมันและไขมัน 3 วิธี ได้แก่

- (1) การใช้ต่างเป็นตัวเร่งปฏิกริยาทรานส์แสเทอริฟิเคชันของน้ำมัน
- (2) การใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกริยาทรานส์แสเทอริฟิเคชันของน้ำมัน
- (3) การเปลี่ยนน้ำมันเป็นกรดไขมัน จากนั้นจึงเปลี่ยนเป็นใบโอดีเซล

ปัจจุบันมีวิธีการผลิตใบโอดีเซลที่ทำกันมากที่สุดคือวิธีที่ใช้ต่างเป็นตัวเร่งปฏิกริยาทรานส์แสเทอริฟิเคชันของน้ำมันเนื่องจากเหตุผลหลายประการได้แก่

- (1) ใช้อุณหภูมิและความดันต่ำ
- (2) ได้ผลสูง (ประมาณร้อยละ 98) โดยมีปฏิกริยาข้างเดียวและเวลาในการทำปฏิกริยาน้อย
- (3) ปฏิกริยาการเปลี่ยนเป็นใบโอดีเซลเกิดขึ้นโดยตรง โดยไม่มีสารมัธยัณฑ์ (intermediate)
- (4) ไม่มีสารอื่นที่ไม่ต้องการมาปะปนจากภายนอก

ปฏิกริยาเคมีของการผลิตใบโอดีเซลโดยใช้ต่างเป็นตัวเร่ง ไขมันหรือน้ำมัน 100 หน่วย (โดยน้ำหนัก) ทำปฏิกริยากับแอลกอฮอล์สายสันฯ 10 หน่วย (โดยน้ำหนัก) โดยมีตัวเร่งปฏิกริยาช่วย จะได้กลีเซอรีน 10 หน่วย (โดยน้ำหนัก) และใบโอดีเซล 100 หน่วย (โดยน้ำหนัก) แอลกอฮอล์สายสันฯ เขียนอยู่ในรูปง่ายๆ ได้เป็น ROH ปกติจะใช้เมทานอล หรือเอทานอล ในปริมาณกินพอดีให้เกิดปฏิกริยาโดยเร็ว ตัวเร่งปกติจะใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ผสมกับเมทานอลเรียบร้อยแล้ว หมู่ R', R'' และ R''' เป็นสายของกรดไขมันที่รวมอยู่กับน้ำมันหรือไขมันโดยกรดไขมันส่วนใหญ่ที่พบในน้ำมันและไขมันจะเป็นปาล์มเมติก สเตียริก และลิโนเลอิก

ได้มีการพัฒนากระบวนการผลิตใหม่ เรียกว่า Supercritical method จากกระบวนการผลิตที่ใช้ทางการค้าอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งวิธีใหม่นี้จะได้กระบวนการที่ง่ายขึ้น ลดเวลาในการทำปฏิกิริยา ได้ผลผลิตสูง และสามารถแยกเอสเทอร์ บริสุทธิ์ได้ง่ายขึ้น

ต้นทุนวัตถุดิบสูงเป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้ใบโอดีเซลไม่สามารถแข่งขันอย่างเสรีกับน้ำมันดีเซลจากฟอสซิลได้ เทคโนโลยีการผลิตใบโอดีเซลในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว BDI Anlagenbau Ges.m.b.H. ได้พัฒนาเทคโนโลยีการผลิต Multi-feedstock เพื่อให้สามารถใช้ส่วนผสมของน้ำมันหลายชนิดเป็นวัตถุดิบได้ ตั้งแต่น้ำมันที่กลั่นบริสุทธิ์ไปจนถึงน้ำมันที่ใช้แล้วหรือไขมันสัตว์ซึ่งมีกรดไขมันอิสระในปริมาณสูงและไม่สามารถใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาด่างได้เพียงอย่างเดียว การที่สามารถใช้วัตถุดิบหลายชนิดได้จะเป็นกุญแจสำคัญในการลดต้นทุนใบโอดีเซลและยึดหุ่นตามอุปทานของพืชน้ำมันซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศซึ่งไม่สามารถคาดคะเนได้ นอกจากนี้เทคโนโลยีที่พัฒนาในปัจจุบันสามารถที่จะได้ผลผลิตร้อยละ 100 ไม่มีของเสียหรือน้ำเสีย ทำให้ไม่มีต้นทุนในการบำบัดซึ่งจะเป็นก้าวสำคัญในการพัฒนาใบโอดีเซลต่อไป

นอกจากนี้ยังมีวิธีอื่นๆ ที่นำมาใช้ผลิตใบโอดีเซลได้อีก เช่น การทำไมโครอิมลชัน (Microemulsion) การทำการแยกสลายโดยความร้อน หรือไฟโรไลซิส (Pyrolysis)

ในการแก้ไขปัญหาความหนืดของใบโอดีเซลชนิดผสมโดยตรง อาจทำได้โดยการใช้สารตัวทำละลายบางชนิด และทำให้เกิดการกระจายตัวที่สมดุล และสามารถเพิ่มสมบัติในการเผาไหม้ให้ดีขึ้น ใบโอดีเซลชนิดนี้จึงมีส่วนประกอบของสารมากกว่า 2 ชนิดขึ้นไป สำหรับในประเทศไทยมีสูตรผสมบางสูตรที่เป็นการผสมระหว่างน้ำมันหลายๆ ชนิดและน้ำมันปาล์มน้ำมันดีเซล/ น้ำมันก๊าด และน้ำมันหล่อลิ้น ก็อาจถือได้ว่าเป็นกลุ่มของไมโครอิมลชัน

การแยกสลายโดยความร้อน หรือไฟโรไลซิส คือ การเปลี่ยนแปลงสารจากชนิดหนึ่งไปเป็นอีกชนิดหนึ่ง โดยใช้ความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยา การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นไปด้วยความ слับซับซ้อนและจะมีการเกิดเป็นสารได้หลายๆ ชนิดพร้อมๆ กัน การเตรียมน้ำมันเชื้อเพลิงจากการไฟโรไลซิสของน้ำมันพืช

ได้ศึกษาภัณฑ์นานาและผลิตที่รายงานว่าเป็นขั้นโรงงานต้นแบบเมื่อปี ค.ศ. 1947 โดยใช้น้ำมันทัง (Tung oil) หลังจากผ่านปฏิกรณ์ Saponification และทำการไฟโรไอลซีสเพลิดภัณฑ์ที่ได้จะเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงกลุ่มดีเซลเป็นส่วนใหญ่ มีแก๊สโซลีนและเครื่องบินปั๊งเล็กน้อย

คุณภาพและความบริสุทธิ์ของน้ำมันพืช หรือไขมันที่ใช้

ดังที่กล่าวไว้แล้วว่าน้ำมันพืช/ไขมันสัตว์เป็นไตรกลีเซอไรด์ที่มีกรดไขมัน เกาะอยู่ในสูตรโครงสร้างของกรดไขมันมี R เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่ง R จะ มีสูตรโครงสร้าง เท่ากับ C_nH_{2n+1} ซึ่งจะมีลักษณะใกล้เคียงกับสูตรโครงสร้าง ของไขโตรคาร์บอนในกลุ่มพาราฟิน ซึ่งมีสูตรโครงสร้างเป็น C_nH_{2n+2} จึงทำให้ เกิดสมบัติในการเป็นเชื้อเพลิงได้ใกล้เคียงกัน การเอาน้ำมันพืชมาผสมกับ น้ำมันดีเซลทำได้ง่าย เพราะน้ำมันพืชในอุณหภูมิปกติเป็นของเหลวจึงผสม เข้ากันได้ทันที น้ำมันໄบโอดีเซลสูตรต่างๆ ที่เกษตรกรผลิตออกกว้างจำหน่าย ในประเทศไทยเป็นการสมโดยใช้วิธีนี้ซึ่งถือว่าเป็นการผลิตໄบโอดีเซลอย่าง ง่ายที่สุด แต่จากสมบัติที่แตกต่างกันระหว่างน้ำมันดีเซลกับน้ำมันพืชจะ ทำให้เกิดปัญหาดังต่อไปนี้

1. ความหนืด

ในการผสมน้ำมันพืชกับน้ำมันดีเซลนั้นสามารถผสมได้ตั้งแต่ร้อยละ 10 ถึง 50 ปัจจัยสำคัญ ที่กำหนดปริมาณของน้ำมันพืช คือ ค่าความหนืด และความบริสุทธิ์ของน้ำมัน จากการเบริกบเทียบໄบโอดีเซลที่เก็บตัวอย่าง จากแหล่งต่างๆ ของประเทศไทย กับน้ำมันมะพร้าว จะเห็นได้ว่าน้ำมันมะพร้าว มีความหนืดสูงมาก และໄบโอดีเซลที่ผลิตได้จากแหล่งต่างๆ ก็ยังมีความหนืด ที่สูง ความหนืดแปรผันกับอุณหภูมิเป็นอย่างมาก เมื่ออุณหภูมิต่ำความหนืด ยิ่งสูง ทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำมันเป็นไปได้ไม่สะดวก ทำให้การสตาร์ท เครื่องทำได้ยาก และเป็นต้นเหตุสำคัญของปัญหาในเครื่องยนต์

2. องค์ประกอบและสิ่งเจือปน

สิ่งเจือปน เช่น น้ำ หรือ กัม (Gum) ก็เป็นสาเหตุให้การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดเขม่าในเครื่องยนต์ ชนิดของน้ำมันพืชที่แตกต่างกันก็จะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวแตกต่างชนิดกัน กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวเหล่านี้เมื่อถูกความร้อนสามารถกัดหรือพอลิเมอร์ไซซ์ชัน (Polymerization) เป็นสารไม่เหลวในสูญ สารเหล่านี้จะเผาไหม้ไม่สมบูรณ์และทำให้เกิดเขม่าเช่นกัน ปกติน้ำมันพืชจะมีคุณภาพ 2 ลักษณะ คือ น้ำมันพืชที่ยังไม่ผ่านกระบวนการทำบริสุทธิ์ ซึ่งหมายถึงน้ำมันพืชที่ถูกแรงกลบบดออกมานอกมา ซึ่งจะเรียกว่า "น้ำมันและไขมันธรรมชาติ" องค์ประกอบของน้ำมันและไขมันชนิดนี้ ก็จะมีทั้งไตรกลีเซอไรด์และการด้วยมันอิสระ ปริมาณกรดไขมันอิสระที่ไม่ได้จับตัวเป็นไตรกลีเซอไรด์ หรือกรดไขมันอิสระที่แตกตัวออกจากไตรกลีเซอไรด์นั้น จะทำปฏิกิริยาได้เร็วมาก และจะเกิดพอลิเมอร์ไซซ์ชันได้ง่าย ตามมาตรฐานของประเทศไทยกำหนดให้น้ำมันพืชประเภทนี้มีค่าของกรด (acid value) ได้ไม่เกิน 4 (หมายถึงปริมาณมิลลิกรัมของด่าง (KOH) ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในน้ำมัน 1 กรัมในสภาพเป็นกลาง) ส่วนน้ำมันพืชที่ผ่านกระบวนการบริสุทธิ์แล้ว (เช่นน้ำมันพืชปุ๋ยอาหาร) กำหนดให้มีค่าของกรดได้ไม่เกิน 0.6 (มอก.47-2533)

สถานภาพไบโอดีเซลในประเทศไทย

ตามมติคณะกรรมการวัสดุนรีเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2548 เห็นชอบอนุมัติแผนปฏิบัติการพัฒนาและส่งเสริมไบโอดีเซล โดยมอบหมายหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการดังนี้

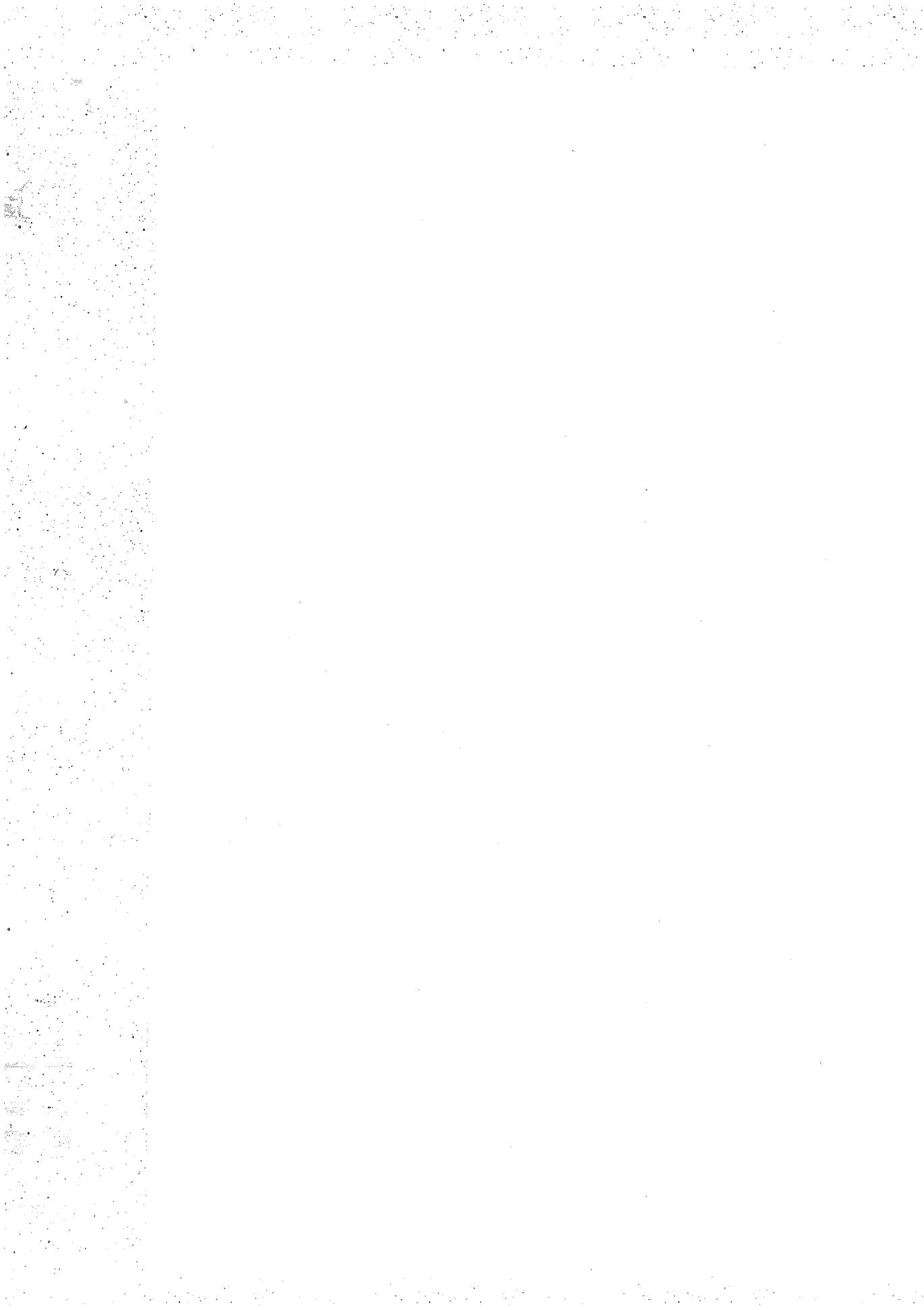
- ◎ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ – รับผิดชอบการใช้นิ่งพื้นที่ปลูกปาล์มให้แล้วเสร็จภายใน 6 เดือน ให้ภาคใต้และภาคตะวันออกเป็นฐานปลูกปาล์ม พัฒนาและทำโครงการนำร่องในภาคคีสานและเหนือ จัดทำเมล็ดพันธุ์ 送เสริมการปลูกปาล์ม และศึกษาผลการทบทวนที่จะเกิดขึ้นกับเกษตรกร รวมทั้งการประสานกับประเทศเพื่อนบ้านเพื่อปลูกปาล์มในลักษณะ Contract Farming ด้วย

- **กระทรวงการคลัง -** จัดตั้ง SPV ปาล์ม โดยร่วมมือกับกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงอุตสาหกรรม และกระทรวงพาณิชย์ เพื่อส่งเสริมการปลูกปาล์มและพืชน้ำมัน และการผลิตไบโอดีเซล และให้นาครการเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตรสนับสนุนสินเชื่อแก่ SPV เพื่อดำเนินธุรกิจปาล์มน้ำมันโดยกระทรวงการคลังค้ำประกันทั้งนี้ เป็นไปตาม พรบ.มาตรา 10(17) ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ในกรณีดำเนินงานดังกล่าวต้องได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการรัฐมนตรี
- **กระทรวงอุตสาหกรรม และกระทรวงพลังงาน -** รับผิดชอบการผลิตและส่งเสริมการใช้ไบโอดีเซลให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ โดยกำหนดนโยบายการก่อสร้างโรงงานไบโอดีเซลสอดคล้องกับการทำหนี้ที่เหมาะสมปลูกปาล์ม ที่ตั้งคลังน้ำมัน เพื่อป้องกันผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับน้ำมันใช้ประกอบอาหาร และลดต้นทุนค่าขนส่งในการผสมไบโอดีเซล ทั้งนี้ โรงงานผลิตไบโอดีเซลเชิงพาณิชย์ขนาดกำลังผลิต 100,000 ลิตร/วัน จำนวน 3 แห่ง จะเริ่มก่อสร้างในปี พ.ศ. 2548 และจำหน่ายไบโอดีเซลได้ในต้นปี พ.ศ. 2550 เป็นต้นไป โดยในระยะแรกซึ่งเป็นช่วงส่งเสริมการตลาดให้ประชาชนรู้จักและเชื่อมั่นในการใช้ไบโอดีเซล ความมีมาตรฐานจะเพื่อให้ราคาจำหน่ายขายปลีกไบโอดีเซลแตกต่างจากน้ำมันดีเซลปกติ ส่วนการผสมและจำหน่าย เนื่องจากวัตถุดิบจำกัด และต้องสร้างความเชื่อมั่นแก่ประชาชน ในระยะแรกจะผสมไบโอดีเซลในอัตราส่วนร้อยละ 5 (น้ำมันดีเซลร้อยละ 95 ไบโอดีเซลร้อยละ 5) โดยจำหน่ายในบางพื้นที่ เช่น ภาคใต้ และกรุงเทพฯ ก่อน และจะผสมไบโอดีเซลในอัตราส่วนร้อยละ 10 และจำหน่ายทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2555

ประเทศไทยนับว่ามีต้นทุนของวัตถุดิบพืชน้ำมันในการผลิตไบโอดีเซล หลายชนิด ออาทิ ปาล์มน้ำมัน มะพร้าว ถั่วเหลือง ทานตะวัน ถั่วเหลือง เป็นต้น แต่เมื่อพิจารณาจากปริมาณผลผลิตและความต้องการบริโภค จะพบว่า ผลผลิตที่ได้นั้นพอเพียงสำหรับความต้องปริมาณในประเทศไทย แต่ไม่พอสำหรับ ผลิตไบโอดีเซล เช่น ถั่วเหลือง แม้ว่าจะมีผลผลิตมากแต่ยังมีการนำเข้าทุกปี

เนื่องจากผลผลิตในประเทศไทยไม่พอต่อความต้องการใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งมีผลิตผลที่สามารถนำไปผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซลก็ถูกนำมาใช้ในการปรุงอาหาร เช่น กุ้งเผา ไข่เจียว เป็นต้น

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ให้น้ำมันในสัดส่วนต่อมวลสูงกว่าพืชอื่นทั้งหมดในญี่ปุ่น ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันประมาณ 1.39 ล้านไร่ ได้ผลผลิตปาล์มน้ำมันปีละ 3.4 ล้านตัน ผลผลิตดังกล่าวถูกนำไปใช้ในการบริโภคเกือบทั้งหมด แต่ปาล์มน้ำมันยังเป็นพืชที่มีศักยภาพสูงที่สุดในกลุ่มของพืชน้ำมันที่จะนำมาผลิตไบโอดีเซล เนื่องจากรากสูบala ได้จัดทำแผนพัฒนาปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์ม พ.ศ. 2543-2549 และการกำหนดเขตเกษตรเศรษฐกิจสำหรับการปลูกปาล์มน้ำมัน พ.ศ. 2543 เพียงแต่ต้องมีการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงแผนพัฒนาให้มีความสอดคล้องกับแผนปฏิบัติการพัฒนาและส่งเสริมไบโอดีเซล ให้มีปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันเพียงพอสำหรับผลิตไบโอดีเซล B10 ในปี พ.ศ. 2555 จำนวน 8.5 ล้านลิตร/วัน ซึ่งปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ปลูกได้ในทุกภาคของประเทศไทยมีการจัดการชลประทาน ซึ่งจะทำให้มีพื้นที่ที่สามารถปลูกปาล์มน้ำมันได้ถึง 18 ล้านไร่ ในทุกภาคของประเทศไทย



บทที่ 9

เทคโนโลยีด้านหินสีสะอาด

นศร วรสุวรรณรักษ์¹

ถ่านหินเป็นแหล่งทรัพยากรพลังงานที่สำคัญมาก เนื่องจากมีปริมาณสำรองทั่วโลกมากพอที่จะใช้ประโยชน์ได้มากกว่า 200 ปี เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันและแก๊สธรรมชาติซึ่งมีปริมาณสำรองทั่วโลกเพียงประมาณ 40-50 ปี แต่ปัจจุบันของการใช้ถ่านหิน คือ ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงแข็งซึ่งมีสิ่งเจือปนต่างๆ (กำมะถัน เก้า ความชื้น ฯลฯ) ในปริมาณตั้งแต่น้อยจนถึงมากและลักษณะสมบูรณ์ของถ่านหินแต่ละแหล่งก็แตกต่างกันได้มาก ด้วยเหตุนี้ประเทศต่างๆ จึงให้ความสนใจในการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean coal technology) หรือการใช้ถ่านหินอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด สำหรับประเทศไทยนั้นถ่านหินส่วนใหญ่มีคุณภาพอยู่ในชั้นของลิกไนต์จนถึงชั้นบิทูมินัส ซึ่งส่วนใหญ่แล้วใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ส่วนที่เหลือจะใช้ในอุตสาหกรรมซีเมนต์ อุตสาหกรรมอาหาร และบ่มใบยาสูบ

¹ บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกำแพงบูรี

ด้านหินกায์ในประเทศไทย

1. ประวัติความเป็นมาในการสำรวจและพัฒนาถ่านหินกা�ย์ในประเทศไทย

ประวัติความเป็นมาในการสำรวจและพัฒนาถ่านหินกা�ย์ในประเทศไทยได้เริ่มขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2440 เมื่อสำรวจพบถ่านหินที่จังหวัดกรุงปี และต่อมาในปี พ.ศ. 2441 บรรษัทถ่านคิลากะบีเป็นผู้ริเริ่มเหมืองถ่านหินขึ้นที่บริเวณบ้านปูด้า จังหวัดกรุงปี แต่ก็ได้เลิกกิจการไปในปี พ.ศ. 2448 จากนั้นในปี พ.ศ. 2460 ได้มีการสำรวจถ่านหินอีกครั้ง เพื่อหาเชื้อเพลิงแทนไม้ฟืนในการเดินรถไฟ โดยกรรมการรถไฟหลวง ซึ่งได้ค้นพบลิกไนต์เป็นจำนวนมากมากในแหล่งกรุงปี และอย่างแม่น้ำ

ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2493-2497 กรมโลหภัณฑ์ร่วมกับองค์กรยุทธ์คอม (USOM, USA) ได้ดำเนินการสำรวจรายละเอียดบริเวณแหล่งแม่น้ำ และได้รายงานสรุปปริมาณสำรองไว้ 120 ล้านตัน และในปี พ.ศ. 2495-2496 กรมทรัพยากรธรรมชาติได้เริ่มดำเนินการสำรวจในภาคใต้อีกครั้งหนึ่ง และพบว่าปริมาณสำรองในแหล่งกรุงปีไม่น้อยกว่า 100 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2497-2498 รัฐบาลได้ตั้งรัฐวิสาหกิจขึ้นมาทำเหมืองที่แหล่งแม่น้ำเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งผลิตลิกไนต์ได้ 22,018 ตัน จึงได้สถาปนา “การลิกไนต์แห่งประเทศไทย” ขึ้นในปี พ.ศ. 2503 ต่อมาในปี พ.ศ. 2506 ได้มีการทำเหมืองในบริเวณแหล่งกรุงปี เพื่อผลิตไฟฟ้าโดยเฉพาะ ซึ่งได้ผลิตถ่านหินจำนวน 4,384.4 ตัน หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2512 รัฐบาลจึงได้รวมการลิกไนต์แห่งประเทศไทย การไฟฟ้ายังคงดำเนินการผลิตและส่งออกไปยังประเทศต่างๆ ทั่วโลก จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2538 ได้มีการห้ามการขุดเหมืองในแหล่งกรุงปี เนื่องจากผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่รุนแรง ทำให้การผลิตไฟฟ้าลดลงอย่างมาก

ຕາມທີ 9.1 ແລ້ວຄ່ານິນໃນປະເທດທີມກາຣົພລືໃນປີ ພ.ສ. 2545

ຊື່ອໜ່ວຍ	ທີ່ຕັ້ງແລ້ວ	ຜູ້ຮັບສັນປາການ	ປະມານສໍາຮອງ (Reserves) (ລ້າມຕົ້ນ)			
			ຜູ້ລົດ	Geological	Mineable	Remaining*
1. ແມ່ນເມານ	ອ.ແມ່ນເມານ ຈ.ລຳປາງ	ກົກຟ.		1,047	771	570
2. ບ້ານນູ່ (LP2)	ອ.ສົນປາວ ຈ.ລຳປາງ	ບ.ບ້ານນູ່ ຈຳກັດ (ມາຫານ)		28	26.7	9
3. ລຳພູນ (BP)	ອ.ລື້ ຈ.ລຳພູນ	ບ.ບ້ານນູ່ ຈຳກັດ (ມາຫານ)		10	-	0.5
4. ປ່າຄາ	ອ.ລື້ ຈ.ລຳພູນ ຈຳກັດ (ມາຫານ)	ບ.ລານນາຫາ		-	-	0.8
5. ແມ່ທານ	ອ.ແມ່ທະ ຈ.ລຳປາງ	ບ.ນູ່ນີ້ເມັນຕີໄທ ຈຳກັດ		-	1.5	1
6. ບ້ານບອນ	ອ.ແມ່ທະ ຈ.ລຳປາງ	ບ.ສາຍາມຄາງບອນ ຈຳກັດ		-	-	2.65
7. ເໝີຍງມ່ວນ	ອ.ເໝີຍງມ່ວນ ຈ.ພະເຍາ	ບ.ເໝືອງ ເໝີຍງມ່ວນ ຈຳກັດ		30	4.97	0.5
8. ນາທຽຍ	ອ.ນາທຽຍ ຈ.ລຳພູນ	-		-	-	0.3
9. ສຸຈ	ອ.ຕາກ	ບ.ສຸເຈີກໄນ້ ຈຳກັດ		-	-	0.2
10. ກະປີ	ອ.ເມືອງ ຈ.ກະປີ	ກົກຟ.		128.44	8.9	0.4
ຮວມປະມານສໍາຮອງທີ່ຜົດໄດ້ໃນປັຈນັນ					586.25	

ໜາຍເຫດ * ເປັນຄ່າປະມານຂອງປະມານ Remaining Reserve ທີ່ເໜືອ ຄະ ໄຕຮມາສທີ 2 ຂອງປີ

ພ.ສ. 2545

2. แหล่งผลิตและปริมาณสำรองถ่านหินภายในประเทศ

แหล่งถ่านหินในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นแหล่งถ่านหินทางภาคเหนือ พบน้ำงาในภาคใต้ โดยมีผู้ผลิตซึ่งแบ่งออกได้ 2 กลุ่ม

กลุ่มที่ 1 เป็นการผลิตจากเหมืองของ กฟผ. ได้แก่ เหมืองแม่เมาะ เมืองกระปี้ ถ่านหินมีค่าความร้อนประมาณ 2,500-4,000 kcal/kg (AR) มีปริมาณกำมะถันประมาณร้อยละ 3-5

กลุ่มที่ 2 เป็นการผลิตจากเหมืองบริษัทเอกชนในประเทศ ได้แก่ บริษัทบ้านๆ บริษัทล้านนาฯ ฯลฯ ถ่านหินมีค่าความร้อนประมาณ 2,800-4,500 kcal/kg (AR) มีปริมาณกำมะถันค่อนข้างต่ำประมาณร้อยละ 1-3

3. ปริมาณและการใช้ถ่านหินภายในประเทศ

ปัจจุบันความต้องการและการใช้ถ่านหินของประเทศไทยส่วนใหญ่เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมผลิตกระเบ้าไฟฟ้าเป็นหลัก โดยมีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 70-75 ของปริมาณการใช้ถ่านหินทั้งประเทศ (เป็นปริมาณการใช้รวมทั้งหมดของถ่านหินที่ผลิตจากแหล่งในประเทศไทย และที่มีการนำเข้าจากต่างประเทศ) ส่วนอุตสาหกรรมผลิตชีเมนต์จะมีปริมาณการใช้รองลงมาในสัดส่วนประมาณร้อยละ 20-25 และที่เหลืออีกประมาณร้อยละ 5 ของปริมาณการใช้ทั้งหมด จะเป็นการใช้ถ่านหินในอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่มีขนาดเล็กลงมาตามลำดับ

สถานภาพการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินในอุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้า ระหว่างถ่านหินที่ผลิตจากแหล่งในประเทศไทยกับถ่านหินนำเข้าจะมีสัดส่วนอยู่ที่ 90 : 10 ทั้งนี้ เป็นสัดส่วนเฉพาะการใช้ถ่านหินในโรงไฟฟ้าแม่มาะของ กฟผ. และผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อย (SPP) แต่ในอนาคตถ้าโรงไฟฟ้า IPP สามารถดำเนินการผลิตได้ตามแผนและมีการใช้ถ่านหินในปริมาณที่ใกล้เคียงกับค่าที่ประมาณไว้ สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงจะเปลี่ยนเป็น 60 : 40 (เนื่องจากโรงไฟฟ้า IPP จะใช้ถ่านหินนำเข้าเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด)

ກາພຮອມດໍານຄວາມຕ້ອງກາຣໃຊ້ດ່ານທິນໃນປະເທດໄທ

1. ອຸດສາຫກຮ່ວມໄຟຟ້າ	70 - 75%
2. ອຸດສາຫກຮ່ວມເຈື່ອມນົດ	20 - 25%
3. ອຸດສາຫກຮ່ວມທີ່ໃຊ້ໜ້ອຂອນ້າ (Paper, Fiber, Food, etc.)	4 - 6%
4. ອຸດສາຫກຮ່ວມອື່ນໆ (Tobacco curring, Lime, etc.)	1%

ສມບັດຂອງດ່ານເກີນກີ່ພບໃນປະເທດ

ແລ້ວດ່ານທິນສ່ວນໃໝ່ທີ່ພບໃນປະເທດ ມັກຈະພບຂັ້ນດ່ານວາງຕ້ວອຍໆ ສລັບກັບ Clay Stone ຄວາມໜາງຂອງຂັ້ນດ່ານມັກຈະໄມ້ແນ່ນອນ ຈື້ນອູ້ງກັບຕໍ່ແໜ່ງ ແລ້ງທີ່ເກີດ ແລະສິ່ງເຈື້ອປັນທີ່ເກີດອູ້ງກັບດ່ານທິນ ນອກຈາກຂັ້ນຂອງ Clay Stone ແລ້ວ ຍັງມີໄຟໄຣທ໌ ແລະທິນເຊລ໌ ສມບັດທາງກາຍກາພຈະມີຮອຍແຕກເປັນແບບກັ້ນໂຂຍ (Conchoidal) ໄປຈານຄືແຕກອອກເປັນແຜ່ນມີຄວາມວັນຈນກະທັ້ງສີດ້ານຄລ້າຍທິນ

ດ່ານທິນສ່ວນໃໝ່ທີ່ພບໃນປະເທດໄທມີຄຸນກາພອູ້ໃນຂັ້ນຄຸນກາພລິກໄນ້ຕົວຈຶ່ງຂັບປົງມີນັສຕາມມາຕຽບສານ ASTM ຕ້ວຍຢ່າງດ່ານທິນສ່ວນໃໝ່ ຈະໄມ່ເກາະເປັນກ້ອນ ພັນຈາກກາເພາໄໝມ້າແລະບາງແລ້ງຈະແຕກຮ່ວນຈ່າຍໃນ ບຽນາກາສປກປີ ແລະດ່ານທິນທີ່ພບມາກທີ່ສຸດ ໄດ້ແກ່ ດ່ານທິນຂັ້ນຄຸນກາພລິກໄນ້ຕີ ພົກກາຣີເຄຣາະໜ້າທາງເຄມື່ອງດ່ານທິນຈາກຫລາຍທ້ອງທີ່ແສດງໃນຕາຮາງທີ່ 9.2 ອອຍ່າງໄຈກີຕາມ ສມບັດຂອງດ່ານທິນຢ່ອມແຕກຕ່າງກັນແລ້ວແຕ່ຄວາມຂັບຂ້ອນທາງ ອຽນວິທາຍາຂອງແອ່ງນັ້ນໆ ແມ່ແຕ່ດ່ານທິນຈາກແອ່ງເດືອຍກັນເງິນມີຄວາມແຕກຕ່າງ ກັນແລ້ວແຕ່ຕໍ່ແໜ່ງຂອງຂັ້ນດ່ານທິນທີ່ຜລິຕິນັ້ນ

ເກຄໂນໂລຢີດ່າບເກີນສະອາດ

ປັຈຈຸນກາຣວິຈັຍພົມນາເທດໂນໂລຢີເກີນກີ່ພບໃນປະເທດໄທ ເພື່ອພົມກັບດ່ານທິນເຊັ່ນກາຣໃຊ້ດ່ານທິນ ເພື່ອພົມກັບດ່ານທິນເຊັ່ນເພື່ອແກ້ປົ້ມຫາພລກຮະຫບທີ່ເກີດຕ່ອລີ່ງ ແວດລ້ອມ ໂດຍມູ່ງທີ່ຈະລັດປ່ອມານສາຮພິບທີ່ຈະປ່ອລ່ອຍສູ່ບຽນາກາສ ນອກຈາກນີ້

ยังมีการศึกษาวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการแปลงรูปถ่านหินด้วยกระบวนการใหม่ๆ เช่น กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน กระบวนการทำให้เป็นเชื้อเพลิงเหลว (Coal liquefaction) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการวิจัยและพัฒนาปรับปรุงคุณภาพถ่านหินก่อนเข้าสู่ระบบเผาไหม้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการเผาไหม้ และพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อลดปริมาณสารพิษในแก๊สปลดปล่อยจากการเผาไหม้ ในที่นี้จะสรุปเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ เทคโนโลยีการเตรียมถ่านหิน เทคโนโลยีการใช้ถ่านหิน และ เทคโนโลยีการบำบัดแก๊สปลดปล่อยจากการเผาไหม้ถ่านหิน

ตารางที่ 9.2 สมบัติทางเคมีของถ่านหินที่พบในประเทศไทย

แหล่ง	ความชื้น (%)	เดา (%)	ค่าความร้อนสุทธิ (kcal/kg)	ภาระตัน (%)
แม่เมาะ	23.6	28.5	2,201	2.9
กรวย	26.1	36.5	1,976	2.0
สะบ้าย้อย	25.7	37.4	2,069	1.2
สินปุ่น	32.7	21.1	2,715	5.5
เดียงแวง	28.0 - 32.0	13.0 - 15.0	3,700	0.4 - 1.0
ลี	11.6 - 36.4	17.8 - 44.7	1,295 - 2,662	0.05 - 2.32

1. เทคโนโลยีการเตรียมถ่านหิน

เทคโนโลยีการเตรียมถ่านหินหมายถึง เทคโนโลยีที่ใช้ในการทำความสะอาดถ่านหินก่อนการนำถ่านหินไปใช้ประโยชน์ เป็นเทคโนโลยีในการลดปริมาณสิ่งเจือปน เช่น กำมะถัน หิน และแร่ธาตุ ออกจากถ่านหินก่อนการนำไปใช้ประโยชน์ รวมถึงการเตรียมถ่านหินโดยวิธีการล้าง โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มด้วยกัน ตามลักษณะของหลักการที่ใช้ ดังนี้

1. กลุ่มเทคโนโลยีที่ใช้หลักการทางกายภาพ ใช้หลักการคัดแยกสิ่งเจือปนจากถ่านหิน โดยอาศัยความแตกต่างทางกายภาพในด้านความหนาแน่น สมบัติพื้นผิว และสมบัติทางแม่เหล็กหรือไฟฟ้า เทคโนโลยีในกลุ่มนี้ได้แก่ Jigs, Hydrocyclones (water-based cyclones), Hydrosizers, Electrostatic (Non-Corona) techniques, Electrodynamic (corona) techniques และ High-gradient magnetic separation (HGMS)
2. กลุ่มเทคโนโลยีที่ใช้หลักการทางเคมี ใช้หลักการเปลี่ยนเนื้อถ่านหินด้วยสารเคมี เพื่อกำจัดซัลเฟอร์ (Organic sulfur, Pyritic sulfur) และแร่เจือปนบางชนิด หมายความว่าเป็นขั้นตอนต่อจากการทำความสะอาดถ่านหินด้วยวิธีทางกายภาพ
3. กลุ่มเทคโนโลยีที่ใช้หลักการทางชีวภาพ อาศัยเทคโนโลยีชีวภาพ ในการกำจัดกำมะถันจากถ่านหินโดยใช้จุลทรรศน์บางชนิด เนื่องจากมีการค้นพบว่าแบคทีเรียที่เรียบง่ายสามารถออกซิไดซ์ส่วนที่เป็น Ferrous ของ Iron pyrite แล้วแปลงเป็นพลังงานเพื่อใช้ในเซลล์ของตัวเองได้ ข้อดีของเทคโนโลยีนี้คือ สามารถดำเนินการได้ที่อุณหภูมิต่ำ และกำจัดกำมะถันได้ดีโดยเฉพาะ Pyritic sulfur โดยไม่มีการสูญเสียปริมาณคาร์บอนในถ่านหิน

2. เทคโนโลยีการใช้ถ่านหิน

เทคโนโลยีการใช้ถ่านหิน หมายถึง เทคโนโลยีในการเปลี่ยนถ่านหินให้เป็นพลังงานที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ปัจจุบันหลักของการใช้ถ่านหิน คือ ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงแข็งซึ่งมีสิ่งเจือปนต่างๆ (กำมะถัน แร่ ความชื้น ฯลฯ) ในปริมาณตั้งแต่น้อยจนสูง และโครงสร้างทางเคมีของถ่านหิน มีอัตราส่วนระหว่างไฮโดรเจนอะตอมต่อคาร์บอนอะตอมน้อยกว่าเชื้อเพลิงน้ำมันและแก๊สธรรมชาติมาก ดังนั้นการใช้ถ่านหินเพื่อผลิตพลังงาน จำเป็นต้องมีเทคโนโลยีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ มีฉนั้นจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้มาก โดยทั่วไปกระบวนการผลิตพลังงานจากถ่านหิน ได้แก่ กระบวนการทางเคมีความร้อนที่เปลี่ยนพลังงานเคมีในถ่านหินให้เป็นพลังงานความร้อน หรือพลังงานในรูปของแก๊สเชื้อเพลิง ปัจจุบันมีการวิจัย

และพัฒนาเทคโนโลยีการใช้และเปลี่ยนรูปถ่านหินด้วยกระบวนการใหม่ๆ ได้แก่ เทคโนโลยีการเผาไหม้ถ่านหิน และเทคโนโลยีแก๊สซูฟิเคมีถ่านหิน เป็นต้น

2.1 เทคโนโลยีการเผาไหม้ถ่านหิน

กระบวนการการเผาไหม้ เป็นกระบวนการเปลี่ยนรูปพลังงานคุณภาพที่อยู่ในเชื้อเพลิงให้กล้ายเป็นพลังงานความร้อน โดยอาศัยออกซิเจน เป็นตัวช่วยให้เกิดปฏิกิริยาภายในตัวถ่านหินที่เหมาะสม

การเผาไหม้ถ่านหินเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน มีหลายขั้นตอน นับตั้งแต่ขั้นตอนการเกิดไฟโรไอลซิส หรือการสลายตัวด้วยความร้อน ให้สาระเหลือออกมา การเผาไหม้ของสาระเหลือ และการเผาไหม้ของถ่านชาาร์ กระบวนการการเผาไหม้ยังแตกต่างกันเนื่องจากชนิดของถ่านหินและเทคโนโลยีที่ใช้ เช่น การเผาไหม้ผงถ่านหินละเอียด (Pulverized coal combustion) การเผาไหม้ในฟลูอิดเบด (Fluidized bed combustion) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) การเผาไหม้ผงถ่านหินละเอียด

เป็นเทคโนโลยีการเผาไหม้ถ่านหินที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น การผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน ถ่านหินจะถูกบดให้มีขนาดเล็กมาก แล้วพ่นเข้าไปในเตาเผาพร้อมอากาศ เมื่อกลางถ่านหินติดไฟจะให้ความร้อนแก่หม้อไอน้ำซึ่งไอน้ำจะไปหมุนกังหันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีของเตาเผาทำให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ถ่านหินเพิ่มขึ้นถึงประมาณร้อยละ 40 ระบบเตาเผาผงถ่านหินละเอียดประกอบด้วยระบบย่อยสามส่วน คือ ระบบการบด หัวเผา และเตาเผา นอกจากนี้ยังมีเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดที่มีประสิทธิภาพสูงโดยในระบบนี้ผงถ่านหินจะถูกเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำโดยไอน้ำที่ผลิตได้จะจ่ออยู่ในสภาพของน้ำวิกฤติยาดซิร์คิวเรติก (Supercritical water) กล่าวคือ อยู่ในสภาพที่มีความดันและอุณหภูมิสูงกว่าจุดวิกฤติของน้ำ (22.4 MPa, 374 องศาเซลเซียส) เช่น ความดัน 30 MPa และอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปประสิทธิภาพ

ຂອງລະບົບນີ້ຈະສູງກວ່າລະບົບກາຮເພາໄໝໜັງດ່ານທິນລະເອີຍດແບບ ດຽວມດາ ດືອ ສູງກວ່າຮ້ອຍລະ 47 ແມ່ວ່າເທິນໄລຍືນີ້ເປັນເທິນໄລຍື ທີ່ມີປະສິທິກາພສູງ ແລະສາມາຮັດພັດນາໃຫ້ມີປະສິທິກາພມາກ ກວ່າຮ້ອຍລະ 50 ໄດ້ໃນອານັດ ແຕ່ປົ້ງຫາທີ່ທ້າທາຍດືອກລົມລົມພິ່ນ ດ້ານສິ່ງແວດລໍ້ອມໂດຍເຂພາະອຍ່າງຍິ່ງແກ້ສ້າລີ່ເຟອຣີໄດ້ອອກໄຊ໌ ແລະ NO_x ໃຫ້ໄກລ້ສູນຢູ່ ແລະສາມາຮັດແຂ່ງຫັນເຫັນເຕີງເຕີງເຫຼືອສຸດຕໍ່ໄດ້ ນອກຈາກນີ້ກາຮດປົມາຜຸນລະອອງໃຫ້ຕໍ່ກວ່າ 50 ມິລືລົກຮັມຕ່ອ ອຸກບາສກົມເມຕຣ ກີ່ຕ້ອງໃໝ່ຢ່າຍຂຶ້ນ ໂດຍເຂພາະດ່ານທິນທີ່ມີປະມານ ເຄົ້າສູງ

ຂະນີ້ທີ່ໄລກກຳລັງມຸ່ງພັດນາແລະວິຈີຍເທິນີກາຮເພີ່ມສກວະ ຂອງໄອນ້ໃຫ້ຍູ້ໃນສກວະທີ່ມີຄວາມດັນແລະອຸນຫຼາມສູງກວ່າສກວະ ວິກຖິຍາວົດຍິ່ງ ຢ່ວ່າເໜື່ອວິກຖິຍາວົດຍິ່ງ (Ultrasupercritical) ດືອ ໄອ ນໍ້າທີ່ພືລືດໄດ້ຈະຍູ້ໃນສກວະທີ່ມີຄວາມດັນສູງກວ່າ 37.5 MPa ແລະ ອຸນຫຼາມ 700 ອອງສາເລຊເຕີຍສ ສິ່ງມີກາຮຄາດກາຮນີ້ວ່າປະສິທິກາພໃນກາຮພືລືດໄຟຟ້າຈະສູງຄື່ງຮ້ອຍລະ 50-52 ແຕ່ປະເດີນປົ້ງຫາ ທີ່ສຳຄັງ ດືອ ວັດທິທີ່ໃໝ່ໃນກາຮພືລືດໜ້າໂໄອນ້ຕ້ອງສາມາຮັດທນ ຄວາມດັນແລະອຸນຫຼາມຂອງສກວະເໜື່ອວິກຖິຍາວົດຍິ່ງໄດ້ ໃນ ປະເທີສຫວັດສູ່ອເມຣິກາມີແຜນກາຮວິຈີຍແລະພັດນາຫຼຸປເປົອຮັດ ລອຍໜິດໃໝ່ສໍາຮັບສກວະເໜື່ອວິກຖິຍາວົດຍິ່ງທີ່ຄວາມດັນ 37.9 MPa ແລະອຸນຫຼາມ 760 ອອງສາເລຊເຕີຍສ ໂດຍມີປະມານ 20 ລ້ານ ເທິງຢູ່ໃນຮະບະເວລາ 5 ປີ

2) ກາຮເພາໄໝໃນຝູ້ໂດ້ເບດ

ໜັກກາຮຂອງຝູ້ໂດ້ເບດ ດືອ ປັບປຸນແກ້ສຳເນົາດ້ານລ່າງຂອງເບດ ທີ່ບ່າງຈຸອນກາຂອງເຂົ້າທີ່ຄວາມເງົາຮະດັບໜົ່ງ ກະແສດັກລ່າງຈະເພີ່ຍພອທີ່ຈະດັນໃຫ້ເບດຂ່າຍດ້ວຍໜົ່ງ ຈົກກະທັງອຸນຫຼາມອູ້ໃນສກວະແຂວນລອຍແລະໜຸນວນອູ້ໃນກະແສດັກແກ້ສົບຢ່າງສົມໍາເສມອ ໂດຍຢັ້ງຄົງຮັກໝາຮະດັບຄວາມສູງຂອງເບດໄວ້ຄົງທີ່ ຄວາມເງົານີ້ເຮັດກວ່າ ຄວາມເງົາຕໍ່ສູດທີ່ທໍາໃຫ້ເກີດສກວະຝູ້ໂດ້ເບດຂັ້ນຕໍ່ການເງົາສູງໜົ່ງ ເບດຈະປ່ຽບຕ້ວອູ້ໃນສກວະທີ່ມີໜົ່ອງວ່າງກະຈາຍອູ້ທີ່ໄປ ເຮັດກວ່າ

เบดเดือดเป็นฟอง (Bubbling bed) ที่ความเร็วสูงขึ้นอีกอนุภาค จะเริ่มถูกเป่าໄล้ออกไปจากเบดซึ่งนำกลับมาป้อนเบดใหม่ได้ เรียกว่า เบดหมุนเวียน (Circulating bed) และที่ความเร็วสูง มากแก๊สจะทำหน้าที่เป่าໄล้ออนุภาคไปตามท่อส่ง (Transport reactor) ในสภาวะฟลูอิดิซ์คงตัว อนุภาคของแข็งจะหมุนเวียน โดยมีกระแสแก๊สหมุนวน และพัดผ่านตลอดเวลา ทำให้เกิด การถ่ายโอนมวลและความร้อนที่พื้นผิวอย่างต่อเนื่อง มีผลให้อัตรา การเกิดปฏิกิริยาสูงมากและสม่ำเสมอต่อตลอดทั้งช่วงความสูง และพื้นที่หน้าตัดของเบด

ฟลูอิดิซ์เบดที่ใช้ในการเผาไหม่ถ่านหินมักจะบรรจุวัสดุเนื้อยื่น ทรวย และถ่านหิน ตลอดจนปูนขาว และมีถ่านหินอยู่ในเบดเพียงประมาณร้อยละ 1-5 ปีก่อนเข้าเพลิงขนาดเล็ก (< 32 มิลลิเมตร) เข้าไปในเบดที่มีอากาศพ่นเข้ามาอากาศที่ใช้อยู่ในช่วง 122-366 เซนติเมตรต่อวินาที ทำให้ถ่านหินหมุนอยู่ในเบดที่มีสภาพล้ายของไอล การเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลาความสูงของเบด

ถ่านหินที่ป้อนเข้ามาใหม่หนักกว่าจะจมสูดด้านล่างของเบด เกิดไฟโรไลซิสและติดไฟในบริเวณสูงขึ้นมา และเกิดการเผาไหม่ในโซนออกซิเดชัน ถ่านชาร์มีขนาดเล็กลงและมีความพุดูมมากขึ้น จึงลดอัตราเผาไหม่ในระดับกลาง และถูกต้องในโซนรีดิวซ์กลายเป็น เส้นใยบางๆที่สุดจึงถูกเป่าให้หมุนอยู่ระดับบน ขณะที่ถ่านหิน ส่วนพร้อมกับถ่านชาร์มขนาดเล็กถูกเป่าออกมายังเบดขึ้นมา อยู่ในช่องว่างเหนือเบดบางส่วนทำปฏิกิริยากับอากาศส่วนที่สอง บางส่วนออกไประบกแก๊สปล่องไฟ

ระดับอุณหภูมิในเบดไม่สูง อยู่ระหว่าง 750-1,000 องศาเซลเซียส ทำให้อัตราการปลดปล่อยแก๊สก่อให้เกิดไขดูดซึ่งในตอรเจนตานอกจากนี้สามารถเติมสารดูดซึบ เช่น ปูนขาว เข้าไปทำปฏิกิริยากับแก๊สชัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเบดได้อีกด้วย

สำหรับการจับแก๊สชัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยเติมสารดูดซึบ เช่น หินปูน หรือโดโลไมต์ (แร่มีทั้ง CaCO_3 และ MgCO_3) พบร่วม

ສາມາດຈັບແກີສັ້ລເພອງວິໄດ້ອອກໄຊດໍໄດ້ຕັ້ງແຕ່ຮູບຍະ 80 ຊື່ນີ້ປັບປຸງ
ອູ່ກັບອຸນຫກມີທີ່ເໝາະສມ (800-850 ອົງສາເຊລເຫີຍສ) ແລະ
ສປາວະອາກາສເກີນພອ

ໃນປັຈຸບັນມີການໃໝ່ເຕາເພັກຟຸລູອີໄດ້ຫຼັບດັບ ທັງໃນຂະນາດໃໝ່ ເຊັ່ນ
ໂຈງໄຟຟ້າຂະນາດ 360 ເມກະວັດຕີ ໄປຈົນເຖິງຂະນາດເລີກທີ່ໃໝ່ກັບໜົມ້ອ
ໄອນ້ ຩ້ວຍເຕາເພັກທຳລາຍຂອງເສີຍ ເຊັ່ນ ຕະກອນຈາກນຳທີ່ ຂອງເສີຍ
ໃນໂຈກລັ້ນ ເປັນຕົ້ນນອກຈາກນີ້ຍັງມີການພັ້ນນາເຕາເພັກຟຸລູອີໄດ້ຫຼັບດັບ
ໃໝ່ມີປະສິທິວາພມາກີ່ນີ້ ເຕາເພັກມີຂະນາດເລີກລົງ ຈຶ່ງມີແນວໃນນີ້ທີ່
ຈະມີການໃໝ່ເຕາເພັກຟຸລູອີໄດ້ຫຼັບດັບຍ່າງກວ່າງຂວາງມາກີ່ນີ້ໃນອາຄາຕ
ໃນທີ່ນີ້ຈະແນະນຳເທັກໂນໂລຢີການເພາໄໝ້ນຳແບບຟຸລູອີໄດ້ຫຼັບດັບທີ່ຄືວິເປັນ
ເທັກໂນໂລຢີຂັ້ນສູງ ໄດ້ແກ່ ເທັກໂນໂລຢີການເພາໄໝ້ນຳໃໝ່ໃນຟຸລູອີໄດ້ຫຼັບດັບ
ໜຸນເວີຍນ ແລະເທັກໂນໂລຢີການເພາໄໝ້ນຳໃໝ່ໃນຟຸລູອີໄດ້ຫຼັບດັບກາຍໄດ້
ຄວາມດັ່ນ ໂດຍມີຮາຍລະເອີຍດັ່ນນີ້

ເທັກໂນໂລຢີການເພາໄໝ້ນຳໃໝ່ໃນຟຸລູອີໄດ້ຫຼັບດັບໜຸນເວີຍນ

ເທັກໂນໂລຢີການເພາໄໝ້ນຳໃໝ່ນີ້ເໝາະສມກັບຄ່ານິນທີ່ມີຄຸນກາພຳດໍາ
ໂດຍຄ່ານິນທີ່ຈະຖຸກບັດໃໝ່ມີຂະນາດເລີກປະມານ 3-6 ມິລິລີເມຕຣາ
ແລ້ວປ້ອນເຂົ້າໄປໃນໜົມ້ອໄອນ້ ຄ່ານິນທີ່ຈະແຂວນລອຍອູ່ໃນຫັ້ນຂອງ
ເກົ້າໃນໜົມ້ອໄອນ້ ໂດຍມີອາກາສຮ້ອນຄອຍພຸ່ງໄວ້ ໂດຍອາກາສຮ້ອນ
ຈະໄລດັ່ງນີ້ຈະແປ່ງອອກເປັນ 2 ສ່ວນ ເພື່ອລົດກາຮົດແກີສ
NO_x ພົງຄ່ານິນທີ່ທຸດໄປກັບແກີສຈະຖຸກວິໄຊເຄີລກລັບມາຍັງຫັ້ນຂອງ
ເກົ້າໃນໜົມ້ອໄອນ້ ແລະເກົ້າຈະຖຸກເອົາອອກເພື່ອໃຫ້ປະມານຫັ້ນຂອງ
ເກົ້າຄົງທີ່ ຄວາມຮ້ອນທີ່ເກີດຈາກການເພາໄໝ້ນຳຄ່ານິນຈະນຳມາຕົ້ມນ້ຳ
ຜົດໄອນ້ໄປຈັບເຄື່ອນກັງທັນຂອງເຄົ່ອງກຳນົດໄຟຟ້າ

ຂ້ອຍດີຂອງເທັກໂນໂລຢີນີ້ຄື່ອງ ສາມາດເຕີມທິນຸ່ນໄປໃນຫັ້ນຂອງເກົ້າ
ໃນໜົມ້ອໄອນ້ເພື່ອຈັບກຳນະຄັນທີ່ເກີດຂຶ້ນຮ່ວ່າງການເພາໄໝ້ນຳຄ່ານິນ
ໃນໜົມ້ອໄອນ້ໄດ້ ໂດຍກະບວນການນີ້ສາມາດລັດປ່ອມານກຳນະຄັນ
ທີ່ຈະຖຸກປັບປຸງຂອງມາຈາກການເພາໄໝ້ນຳໄດ້ມາກເຖິງຮູບຍະ 90
ນອກຈາກນີ້ ເນື່ອຈາກອຸນຫກມີກາຍໃນໜົມ້ອໄອນ້ຂອງເທັກໂນໂລຢີນີ້

ต่ำกว่าอุณหภูมิในหม้อไอน้ำของเทคโนโลยีการเผาไหม้ผงถ่านหินจะเอื้อต่อการลดปริมาณแก๊ส NO_x ได้โดยปริมาณของแก๊ส NO_x ที่ปลดปล่อยออกมายังกระบวนการเผาไหม้ในฟลูอิเด็ซเบดหมุนเรียนจะต่ำกว่า 400 mg/m^3

เมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีการเผาไหม้ผงถ่านหินจะเอื้อต่อการลดปริมาณของแก๊ส SO_2 และ NO_x อย่างไรก็ตาม กลับพบว่ามีการปล่อยแก๊ส N_2O มากกว่าเทคโนโลยีการเผาไหม้ในฟลูอิเด็ซเบดหมุนเรียนในปัจจุบันจะมุ่งเน้นไปที่การลดการสูญเสียปริมาณคาร์บอนไปกับเส้า และการปรับปรุงเทคนิคในการเผาร่วมกับเชื้อเพลิงที่ไม่ใช่ถ่านหิน ซึ่งเทคโนโลยีการเผาไหม้ในฟลูอิเด็ซเบดหมุนเรียน มีความคล่องตัวในการใช้เชื้อเพลิงกว่าเทคโนโลยีการเผาไหม้ผงถ่านหินจะเอื้อต่อการใช้เชื้อเพลิงกว่าเทคโนโลยี IGCC (Integrated gasification combined cycle)

เทคโนโลยีการเผาไหม้ในฟลูอิเด็ซเบดภายใต้ความดัน

เป็นเทคโนโลยีการเผาไหม้ถ่านหินแบบฟลูอิเด็ซเบดภายใต้ความดันสูงที่อุณหภูมิประมาณ 850 องศาเซลเซียส ความดัน 1.0-1.5 MPa โดยโรงไฟฟ้าส่วนใหญ่จะผ่านกระบวนการบดก่อนนำไปกับการใช้เทคโนโลยีวัฏจักรร่วม กล่าวคือ การเผาไหม้ถ่านหินในเตาเผาจะให้ความร้อน ซึ่งใช้ในการผลิตไอน้ำเพื่อขับกังหันไอน้ำ ส่วนแก๊สร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เป็นแก๊สที่มีความดันและอุณหภูมิสูงสามารถนำไปขับกังหันแก๊สเพื่อผลิตไฟฟ้าได้โดยตรง

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากกำลังข้าอกกลางและประสิทธิภาพของกังหันแก๊สจะแปรผันโดยตรงกับอัตราส่วนความดันและอุณหภูมิ ขนาดของกังหันแก๊สกล่าวคือยิ่งอัตราส่วนความดันและอุณหภูมิขนาดของกังหันแก๊สยิ่งมาก กำลังข้าอกกลางและประสิทธิภาพของ

ກັງທັນແກ້ສຈະຍື່ງສູງຂຶ້ນ ແຕ່ເນື່ອງຈາກຄວາມດັນແລະອຸນຫຼວມໃຫ້ເຂົ້າ
ກັງທັນແກ້ສຖຸກຈຳກັດໂດຍຕົວເຫຼາເພາເອງ ດື່ອ ປະມານ 1.5 MPa ແລະ
ອຸນຫຼວມຕໍ່ກວ່າ 900 ອົງສາເໜລເຊີຍສ ຈຶ່ງທຳໄຫ້ກັງທັນແກ້ສທີ່ຈະໃຫ້ກັບ
ເຫຼາເພາຟຸອີໄດ້ເຊື້ອເບດກາຍໄຕ້ຄວາມດັນ ຈະຕ້ອງໄດ້ຮັບກາຣອອກແບນ
ມາໂດຍເນັພະເພື່ອໃໝ່ໃນຂ່າງຄວາມດັນແລະອຸນຫຼວມດັ່ງກ່າວ ແລະ
ເມື່ອເປົ້າຍິນເຫັນໄດ້ເບດກາຍໄຕ້ຄວາມດັນຈະໄຫ້ກຳລັງນ້ອຍກວ່າແລະ
ມີປະສິທິກາພດ້ອຍກວ່າ

ແນວທາງໃນກາຣເພີມປະສິທິກາພຂອງຮະບບກາຣເພາໄໝ້ໃນຟຸອີ-
ໄດ້ເບດກາຍໄຕ້ຄວາມດັນອີກແນວທາງໜຶ່ງ ດື່ອ ກາຣພນວກເຂາ
ເທັກໂນໂລຢີເສື່ອນໄຂໄອນ້ວິກຸດຕິຍາດຍຶ່ງມາໃໝ່ໃນສ່ວນຂອງກັງທັນໄອນ້ໆ
ແລະອີກແນວທາງໜຶ່ງທີ່ກຳລັງມີກາຣຕຶກຂາອຸ່ກີ ດື່ອ ກາຣໃໝ່ຮະບບ
ເພາໄໝ້ ອີກຸດໜຶ່ງທີ່ຕໍ່ແນ່ງກ່ອນເຂົ້າກັງທັນແກ້ສເພື່ອເພີມຄວາມ
ດັນແລະອຸນຫຼວມຂອງແກ້ສເພາໄໝ້ ສໍາຫັກແນວທາງທີ່ສອນນັ້ນ ຈະ
ເໜີນໄດ້ກ່າວໜ້າໃຈຂອງກາຣພື້ນນາອຸ່ກີທີ່ເທັກໂນໂລຢີກາຣທຳຄວາມສະອາດ
ແກ້ສທີ່ອຸນຫຼວມສູງ ປະມານ 750-820 ອົງສາເໜລເຊີຍສ ທີ່ເທັກໂນໂລຢີ
ທີ່ມີກາຣພື້ນນາອຸ່ກີ ດື່ອ ກາຣກຮອງແກ້ສຮ້ອນ ໂດຍເທັກໂນໂລຢີນີ້ມີ
ປະສິທິກາພສູງກວ່າແລະມີຄວາມດັນລດນ້ອຍກວ່າກາຣໃໝ່ໄໂຄລນ
ແຕ່ປັ້ງໝາດໍາຄັບຂອງເທັກໂນໂລຢີນີ້ ໄດ້ແກ່ ກາຣເກີດກາຮຸດຕັນເນື່ອງ
ມາຈາກເຄົາກາຍໃນຕົວ ceramic candle filters ແລະ mechanical fail-
ure ຂອງຮະບບກາຣກຮອງແກ້ສຮ້ອນ ມີກາຣວິຈັຍແລະພື້ນນາວັດດູຕ້າ
ກຮອງໂລໜແຫນເໜຣາມິກ ແຕ່ກີ່ຍັງໄມ່ປະສົບຄວາມສໍາເວົ້າເນື່ອງຈາກ
ປັ້ງໝາມີ Hot strength ໄມພອ ແລະປັ້ງໝາກາຮເຊື່ອມ

2.2 ເທັກໂນໂລຢີແກ້ສສືຟີເຄີບຄ້ານຄົນ

ເທັກໂນໂລຢີແກ້ສສືຟີເຄີບຄ້ານຄົນ ຮ່ອເທັກໂນໂລຢີກາຣເປັ້ນ
ຄ້ານຄົນໃຫ້ເປັນແກ້ສ ມີກາຣໃໝ່ມານານຕັ້ງແຕ່ປີ ດ.ສ. 1800 ແຕ່ຍັງເປັນ
ຮະຕັບເລັກ ເປັນກາຣຜົລິຕແກ້ສຄ້ານຄົນ (Coal gas) ເພື່ອໃໝ່ຄວາມຮ້ອນ

และแสดงสว่าง เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันถ่านหินขนาดใหญ่ได้มีการพัฒนาขึ้นครั้งแรกที่ประเทศเยอรมนี ประมาณปี ค.ศ. 1930 และได้มีการพัฒนาในระยะที่สองประมาณปี ค.ศ. 1970 เนื่องจากวิกฤติการณ์น้ำมันในช่วงเวลาหนึ่น

เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันถ่านหินเป็นกระบวนการการทำให้เชื้อเพลิงแข็งกล้ายเป็นแก๊สโดยการทำปฏิกิริยาสันดาปแบบไม่สมบูรณ์ กล่าวคือ สารไออกไซเดต์ของอนินถ่านหินจะทำปฏิกิริยากับอากาศหรือออกซิเจนในปริมาณจำกัด และไอ้น้ำที่ป้อนเข้าไปในเครื่องปฏิกรณ์ทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และแก๊สไออกไซಡเจน หรือที่เรียกว่า แก๊สสังเคราะห์ (Synthesis gas) ซึ่งเป็นแก๊สเริ่มต้นสำหรับอุตสาหกรรมเคมี เช่น อุตสาหกรรมแคมโมเนีย เป็นต้น หรือสามารถนำไปเผาไหม้เพื่อขับเคลื่อนกังหันแก๊สสำหรับการผลิตไฟฟ้า

ในกรณีที่ใช้อากาศเป็นแก๊สทำปฏิกิริยา แก๊สสังเคราะห์ที่ได้จะมีค่าความร้อนที่ค่อนข้างต่ำ ประมาณ 3-5 MJ/Nm³ เมื่อใช้ออกซิเจนเป็นแก๊สทำปฏิกิริยาจะได้แก๊สสังเคราะห์ที่มีค่าความร้อนสูงกว่าคือ ประมาณ 15-20 MJ/Nm³ (แก๊สธรรมชาติมีค่าความร้อน 37 MJ/Nm³) ในที่นี้จะแนะนำเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันถ่านหินที่เป็นเทคโนโลยีขั้นสูง ได้แก่ เทคโนโลยี IGCC และเทคโนโลยี IGCC-fuel cell

Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC)

เทคโนโลยี IGCC เป็นเทคโนโลยีที่รวมสองเทคโนโลยี คือ วัฏจักรร่วม และแก๊สซิฟิเคชัน เข้าด้วยกัน ถ่านหินจะถูกทำให้เป็นแก๊สเชื้อเพลิง (CO และ H₂ เป็นหลัก) โดยการทำปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชันในภาวะที่มีอากาศจำกัด ซึ่งจะเติมไอน้ำเสริมด้วยก็ได้ เนื่องจากสารประกอบกำมะถันในถ่านหินจะถูกเปลี่ยนรูปเป็น HS ส่วนใหญ่ และ SO₂ ตลอดจน COS ด้วย นอกจากนั้นแก๊สเชื้อเพลิงที่ออกจากการเครื่องปฏิกรณ์จะมีสารอนุภาคหลุดติดมาด้วย จึงมีความจำเป็นต้องกำจัดสารประกอบกำมะถันและสารอนุภาคออกจากแก๊สเชื้อเพลิงก่อนที่จะนำไปเผาไหม้และขับเคลื่อนกังหันแก๊ส เพื่อผลิตไฟฟ้าโดยใช้วัสดุกรร่วม

ข้อดีที่สำคัญของโรงไฟฟ้า IGCC เมื่อเทียบกับโรงไฟฟ้าที่วิปที่เผาถ่านหินผงและติดตั้งระบบการจัดกำมะถันในแก๊สปล่องไฟ คือประสิทธิภาพรวมในการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินจะสูงถึงร้อยละ 45-47 ไม่มีปัญหามลพิษด้านอากาศ และลดการเกิดแก๊สเรือนกระจก โดยเฉพาะแก๊ส CO_2 ต่อหน่วยไฟฟ้าให้น้อยลงหลายสิบเปอร์เซนต์

กระบวนการทำความสะอาดแก๊สเชื้อเพลิงก่อนที่จะนำไปเผาใหม่ แล้วขับเคลื่อนกังหันแก๊สมีความสำคัญยิ่งและไม่สามารถละเลยได้ เนื่องจากเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมและสามารถช่วยทำให้ปัญหาระดับเครื่องจักรมีน้อยลง และปะการสำคัญเป็นการป้องกันปัญหามลภาวะที่จะส่งผลกระทบต่อชุมชนในบริเวณใกล้เคียงโรงไฟฟ้าได้ โดยกระบวนการทำความสะอาดที่แก๊สเชื้อเพลิงสามารถแบ่งออกตามอุณหภูมิของกระบวนการที่ใช้ได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. การทำความสะอาดแก๊สที่อุณหภูมิสูง (Hot gas cleanup)
2. การทำความสะอาดแก๊สที่อุณหภูมิต่ำ (Cold gas cleanup)

โดยหลักการเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดแล้ว กระบวนการทำความสะอาดแก๊สควรจะทำที่อุณหภูมิของแก๊สที่ออกมาจากเครื่องปฏิกรณ์ คือ ที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากแก๊สที่ได้นี้จะถูกส่งต่อไปใช้กับกังหันแก๊ส นอกจากนั้นการทำความสะอาดแก๊สที่อุณหภูมิสูงยังเป็นการป้องกันการสูญเสียพลังงานความร้อนอย่างไรก็ตาม ระบบการทำความสะอาดแก๊สที่อุณหภูมิสูง สำหรับกำจัด H_2S และ SO_2 ออกจากแก๊สเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิสูง ยังประสบปัญหาที่แก้ไม่ตก โดยเฉพาะปัญหาระดับ Attrition ของเม็ดสารดูดซับที่ใช้ และปัญหาการกำจัดผุนละอองโดยใช้ตัวกรองเซรามิกที่อุณหภูมิสูงกับประสิทธิภาพการอุดตันของเก้าและ Mechanical failure ของระบบการกรองแก๊สร้อนทั้งนี้ โครงการโรงไฟฟ้า IGCC ยังไม่สามารถแข่งขันในด้านเศรษฐกิจศาสตร์กับโรงไฟฟ้าที่ใช้วัสดุจกรร่วมที่ใช้แก๊สธรรมชาติหรือ

โรงไฟฟ้าที่ใช้วัสดุจกรไอน้ำที่เผาถ่านหินผง และติดระบบการขัดกำมะถันในแก๊สปล่องไฟได้ เนื่องจากต้องใช้เงินลงทุนสูง

IGCC-Fuel Cells

การพัฒนาใช้เทคโนโลยี IGCC ร่วมกับเทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิงแบบอุณหภูมิสูงจะให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าสูงกว่าการใช้เทคโนโลยี IGCC เพียงอย่างเดียว ซึ่งเทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิงแบบอุณหภูมิสูงได้แก่ Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC) ซึ่งใช้งานที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส และ Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) ซึ่งใช้งานที่อุณหภูมิประมาณ 1,000 องศาเซลเซียส ซึ่งแก๊สเชื้อเพลิงที่จะใช้ในเซลล์เชื้อเพลิงจำเป็นต้องมีความสะอาดและบริสุทธิ์สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องไม่มีกำมะถัน ดังนั้นกระบวนการทำความสะอาดแก๊สเชื้อเพลิงก่อนเข้าเซลล์เชื้อเพลิง จึงมีความสำคัญมาก โดยถ่านหินจะถูกทำให้เป็นแก๊สเชื้อเพลิง (CO และ H₂ เป็นหลัก) โดยการทำปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชันในภาวะที่มีอุณหภูมิสูง จากนั้นแก๊สเชื้อเพลิงที่ออกจาก Gasifier จะผ่านกระบวนการทำความสะอาดเพื่อกำจัดสารอุ่นภาคร H₂S และ SO₂ แก๊สเชื้อเพลิงบางส่วนจะนำไปเผาใหม่ และขับเคลื่อนกังหันแก๊สเพื่อผลิตไฟฟ้า แก๊สเชื้อเพลิงส่วนที่เหลือจะถูกนำไปเข้าเซลล์เชื้อเพลิงแบบอุณหภูมิสูงเพื่อผลิตไฟฟ้า

เมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีการเผาไนโตรสบخارเวกเตคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันมีความคล่องตัวสูงกว่า เนื่องจากผลิตภัณฑ์ คือ แก๊สสีและเคราะห์ ซึ่งสามารถนำไปเผาใหม่ในกังหันแก๊ส หรือเป็นสารตั้งต้นสำหรับอุตสาหกรรมเคมี ในขณะที่เทคโนโลยีการเผาใหม่ให้พลังงานในรูปของความร้อนซึ่งใช้ในการต้มน้ำในหม้อไอน้ำ เมื่อคำนึงถึงประสิทธิภาพและปัญหาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันยังได้เปรียบเทคโนโลยีการเผาใหม่ เนื่องจากประสิทธิภาพของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันสูงกว่าเทคโนโลยีการเผาใหม่แบบดั้งเดิมมาก โดยเฉพาะเมื่อรวมเข้ากับเทคโนโลยีวัสดุจกรร่วมเป็นเทคโนโลยี IGCC ประสิทธิภาพจะสูงถึง

ร้อยละ 50 และในแบ่งของผลการเผาด้านสิงแวดล้อม แก๊สมลพิชที่เกิดจากการเผาเชื้อเพลิงสามารถจัดการง่ายกว่าที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ เนื่องจากแก๊สปลดปล่อยมีปริมาตรน้อยกว่า และกำมะถันจะอยู่ในรูปของ H_2S ซึ่งจะกำจัดได้ง่ายกว่า SO_2 แต่ประเด็นปัญหาของเทคโนโลยีแก๊สฟิเศ้น คือ การทำความสะอาดแก๊สที่อุดมภูมิสูงโดยเฉพาะสารอนุภาคละเอียด (Particulate Matter) และ H_2S ตารางที่ 9.3 สรุปการเปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยีการเผาไหม้กับการเผาเชื้อเพลิงเทคโนโลยีแก๊สฟิเศ้นถ่านหิน

ตารางที่ 9.3 Differences between coal combustion and gasification

	Coal Combustion	Coal Gasification
Operating temperature	Lower	Higher
Operating pressure	Usually atmospheric	Often high pressure
Ash condition	Often dry	Often slagging
Feed gases	Air	Steam and oxygen or air
Product gases	CO_2 , H_2O	CO , H_2 , CH_4 , CO_2 , H_2O
Gas cleanup	Post-scrubbing	Intermediate scrubbing
Pollutants	SO_2 , NO_x	H_2S , HCN , NH_3
Char reaction rate	Fast (with O_2)	Slow (with CO_2 , H_2O)
Oxidizer	In excess	Deficient
Tar production	None	Sometimes
Purpose	High-temperature gas	Fuel-rich gas

2.3 เทคโนโลยีการนำบัดแก๊สปลดปล่อยจากการเผาไหม้ถ่านหิน

เนื่องจากถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงแข็งที่มีสิ่งเลือปน เช่น กำมะถัน เต้า ฯลฯ การใช้ประโยชน์ถ่านหินในการผลิตพลังงานไม่ว่าจะเป็นกระบวนการเผาไหม้ หรือกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันก็ตาม ส่วนประกอบของถ่านหินที่เป็นกำมะถันจะทำปฏิกิริยา กับอากาศเกิดเป็น SO_2 , H_2S และ CO_2 ปนไปกับแก๊สปลดปล่อย ซึ่งแก๊สเหล่านี้เป็นพิษ นอกจากนี้ส่วนประกอบที่เป็นสารอนินทรีย์ในถ่านหินหลังจากการเผาไหม้จะเกิดเป็นแก๊สปฏิกิริยา ไบปิกนิก แก๊สปลดปล่อย ก่อให้เกิดปัญหาการสึกกร่อนของเครื่องจักร และก่อให้เกิดปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีการนำบัดแก๊สปลดปล่อยจากการเผาไหม้ถ่านหิน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) กระบวนการขัดกำมะถัน

สารประกอบกำมะถันเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่พบมากในถ่านหิน โดยเฉพาะถ่านหินคุณภาพต่ำ เช่น ลิกไนต์ ในการเผาไหม้ถ่านหิน สารประกอบกำมะถันในถ่านหินจะทำปฏิกิริยา กลาย เป็น SO_2 ในขณะที่กระบวนการแก๊สซิฟิเคชันถ่านหินจะเกิดเป็น H_2S ดังนั้น จะเป็นต้องแยกแก๊สเหล่านี้ออกจากแก๊สปลดปล่อย จากการเผาไหม้ถ่านหินก่อนปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศ เช่น การทำให้อุ่นในรูปของชาตุกำมะถัน หรือผลิตภัณฑ์ของกำมะถัน เช่น กรดกำมะถัน หรือยิปซัม

เทคโนโลยีการขัด SO_2 และ H_2S ได้มีการพัฒนาเพื่อใช้ใน ชุดสา hakrumpi โทรคมีและอยู่ในระดับเชิงพาณิชย์ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

- การขัดกำมะถันในแก๊สปล่องไฟแบบเบี่ยง เป็นการ ทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายหินปูน และ SO_2 ได้เป็น สารประกอบยิปซัม และการใช้กระบวนการดูดซึม โดย สารดูดซึมที่เป็นของเหลว (Absorbent) โดยสารดูดซึมที่ นิยมใช้ ได้แก่ เมธิลไคเอทราโนอลามีน (MDEA)

- การขัดกำมะถันในแก๊สปล่องไฟแบบแห้ง เป็นกระบวนการขัดแก๊สชัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่อุณหภูมิสูง โดยใช้กระบวนการกรุดซับโดยสารกรุดซับที่นิยมใช้ ได้แก่ มोเลคิวลาร์ซีฟีโอไลท์ (Molecular Sieve Zeolite) ถ่านกัมมันต์ หรือซิงค์ไททาเนต (Zinc Titanate)

2) การกำจัดสารอนุภาค

เทคโนโลยีการกำจัดสารอนุภาคที่ปนมากับแก๊สปลดปล่อยจาก การเผาไหม้ถ่านหิน หรือแก๊สเชื้อเพลิงจากการกระบวนการแก๊สซีฟิเคชันถ่านหิน สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

- ระบบกำจัดสารอนุภาคที่อุณหภูมิต่ำ ได้แก่ การกำจัดสารอนุภาคออกจากแก๊สที่อุณหภูมิต่ำกว่า 200 องศาเซลเซียส ได้แก่ ไฮคลอน ถุงกรอง และเครื่องตกรตะกอนอนุภาคด้วยไฟฟ้าสถิต
- ระบบกำจัดสารอนุภาคที่อุณหภูมิสูง ได้แก่ การกำจัดสารอนุภาคออกจากแก๊สที่อุณหภูมิสูงกว่า 200 องศาเซลเซียส ซึ่งโดยมากจะทำที่อุณหภูมิสูงกว่า 500 องศาเซลเซียส เช่น ในการทำความสะอาดแก๊สที่ได้จากกระบวนการแก๊สซีฟิเคชัน ซึ่งในระบบนี้จำเป็นต้องใช้วัสดุที่สามารถทนความร้อนสูงมากได้ ได้แก่ ไฮคลอน เครื่องตกรตะกอนอนุภาคด้วยไฟฟ้าสถิต และเครื่องกรองแบบเซรามิก

3) การกำจัดไอของสารอัลคาไลน์

เนื่องจากการกระบวนการแก๊สซีฟิเคชันถ่านหินเกิดที่อุณหภูมิสูงมาก ($> 1,400$ องศาเซลเซียส) สารประกอบของโลหะอัลคาไลน์ในถ่านหิน เช่น โซเดียม บีตัลสเซียม แคลเซียม จะเปลี่ยนสถานะกล้ายเป็นไอแล้วหลุดออกมาร้อนกับแก๊สเชื้อเพลิง และจะควบแน่นเกาะติดบนที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยเฉพาะในกังหันแก๊ส ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องจักร จึงจำเป็น

ต้องกำจัดได้ของสารอัลคาไลน์ โดยเฉพาะในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันถ่านหินที่อุณหภูมิสูง โดยทั่วไปการป้องกันที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ การเตรียมถ่านหิน และการควบคุมเงื่อนไขในการแก๊สซิฟิเคชันให้อุณหภูมิกายในเครื่องปฏิกรณ์ไม่ให้สูงกว่า อุณหภูมิจุดเดือดของโลหะอัลคาไลน์นั้นๆ

4) การกำจัดสารประกอบคลอไรด์และฟลูออไรด์

สารประกอบคลอไรด์และฟลูออไรด์ตรวจพบในถ่านหินบางแหล่ง เมื่อเผาไหม้แล้วสารประกอบคลอไรด์และฟลูออไรด์ในถ่านหิน จะทำปฏิกิริยาเป็นสารประกอบที่มีฤทธิ์เป็นกรด เช่น ไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF) ซึ่งสามารถทำให้เกิดการกัดกร่อนของเครื่องจักรได้ แต่เนื่องจาก HCl และ HF ต่างก็เป็นแก๊สที่ละลายน้ำได้ดี วิธีการกำจัดสารประกอบเหล่านี้ ส่วนใหญ่จึงนิยมใช้หอพ่นฟอยหือเวนทูรีสครับเบอร์ แต่บางกรณีอาจใช้สารละลายที่มีฤทธิ์เป็นต่าง เช่น สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นประมาณร้อยละ 5-10 แทนน้ำก็ได้

แนวการการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี ถ่านหินในอนาคต

ถ่านหินยังคงเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในอนาคตแต่ปัจจุบันที่ท้าทายคือ การใช้ถ่านหินอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด ซึ่งแนวทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดในอนาคตอาจสรุปได้ดังนี้

เทคโนโลยี Supercritical Pulverized Coal Combustion

เทคโนโลยี Pressurized Pulverized Coal Combustion (PPCC)

เทคโนโลยี Circulating Fluidized Bed Combustion (CFBC)

เทคโนโลยี Pressurized Fluidized Bed Combustion (PFBC)

เทคโนโลยี Pressurized Circulating Fluidized Bed Combustion (PCFBC)

เทคโนโลยี Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC)

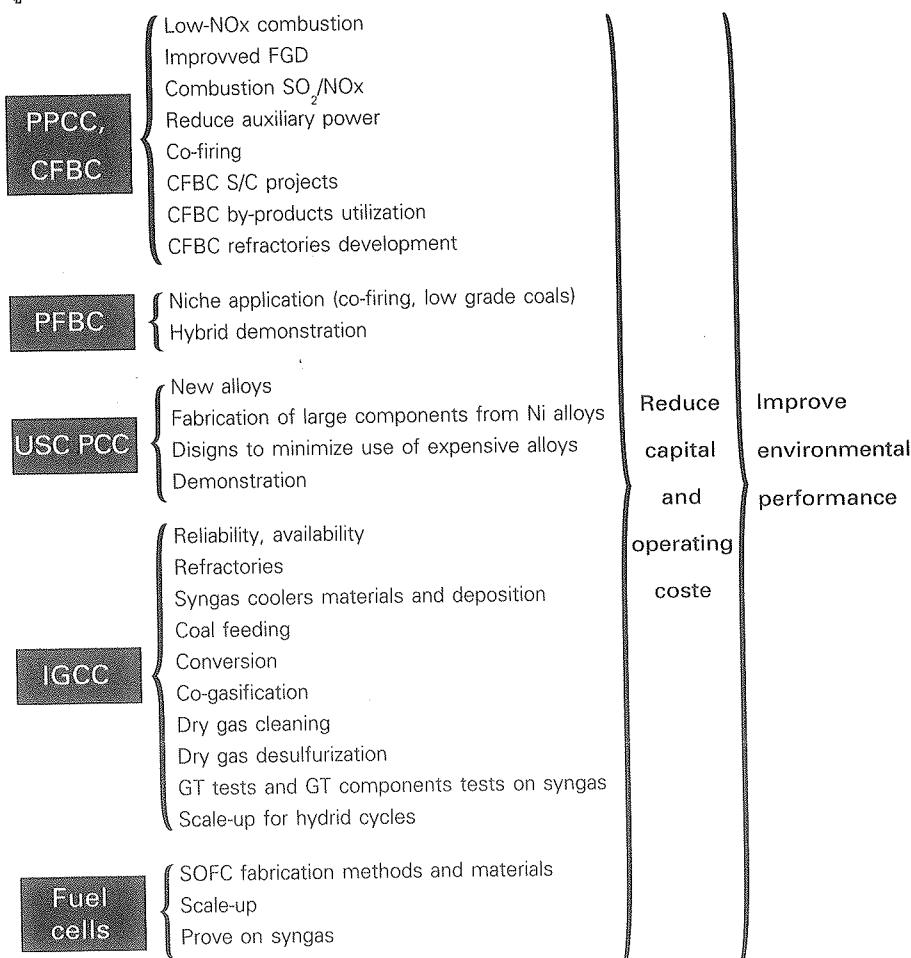
เทคโนโลยี IGCC-fuel Cells

เทคโนโลยี Hybrid Gasification/Combustion Systems

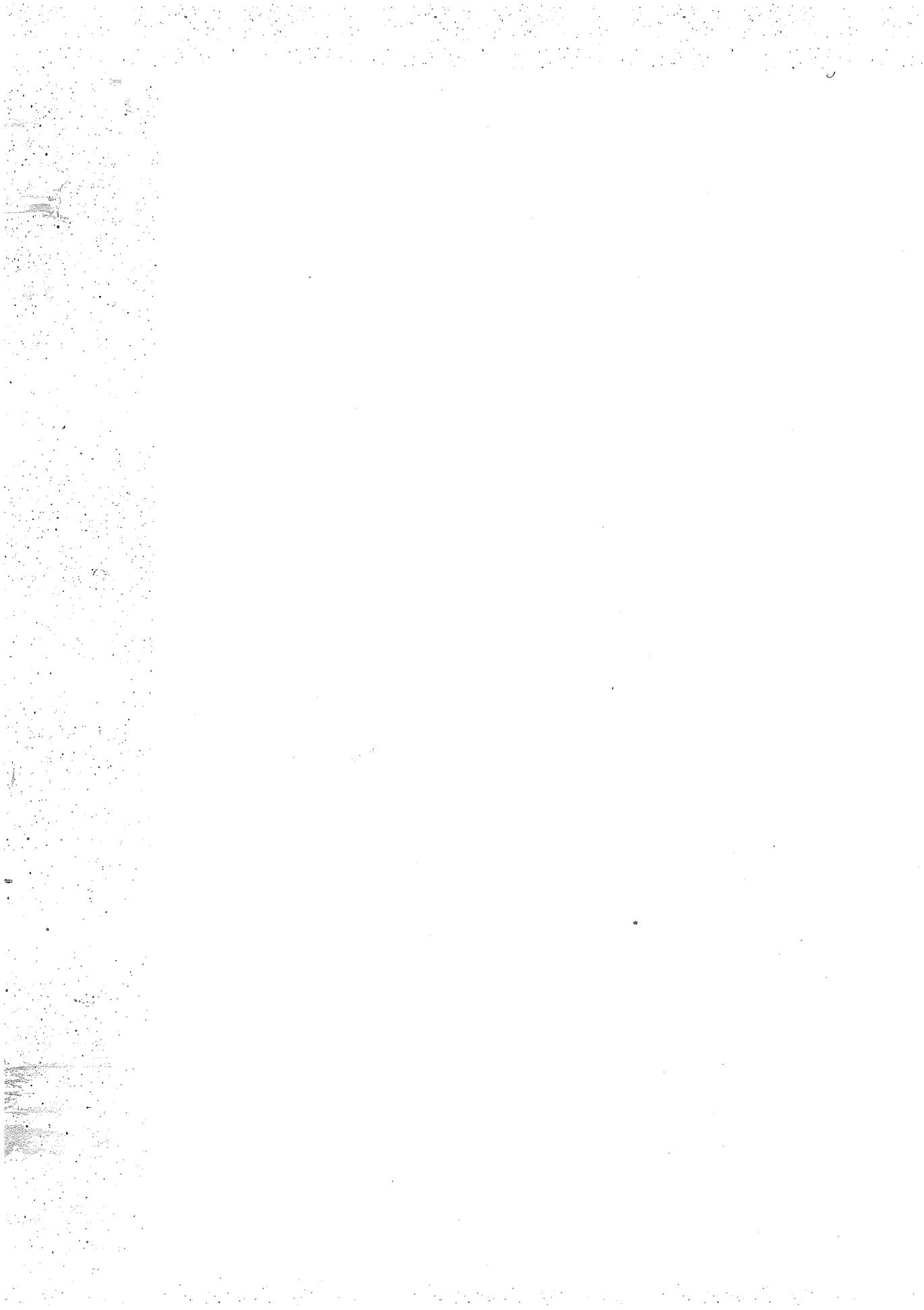
เทคโนโลยี Zero Emission หรือ Near-Zero Emission

โดยสามารถสรุปแนวทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดได้ดัง

รูปที่ 9.1



รูปที่ 9.1 แนวทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด



บทที่ 10

การแปลงสภาพเชื้อเพลิง ในอนาคต

นวลด เหล่าศิริพจน์¹

การพัฒนาเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่

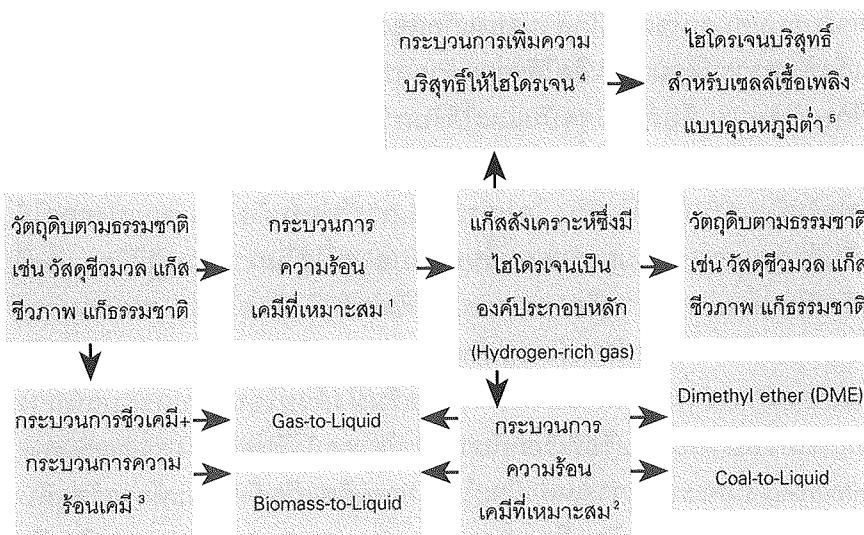
เนื่องจากสถานการณ์ราคาและภาวะภารณ์ขาดแคลนน้ำมันของโลก ในปัจจุบัน การพัฒนาเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่ (Alternative fuels) ขึ้นมาใช้งานแทนที่น้ำมันดิบเป็นสิ่งที่ประเทคโนโลยีและต่างๆ ทั่วโลก เช่น สหรัฐอเมริกา เยอรมนี อังกฤษ และญี่ปุ่นกำลังให้ความสนใจดำเนินงานวิจัยเพื่อสังเคราะห์ เชื้อเพลิงประเภทใหม่จากการตقطุดิบต่างๆ กันอย่างแพร่หลาย ตัวอย่างของ เชื้อเพลิงชนิดสำคัญที่ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจเช่น ก๊าซโซฮอล์ ไดแก่ ไฮโดรเจน ซึ่งจะต้องนำไปใช้ควบคู่กับเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell) เพื่อผลิตไฟฟ้า หรือเพื่อขับเคลื่อนรถยนต์ นอกจากนั้นเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่ เช่น ที่ได้รับ ความสนใจเช่นกัน ไดแก่ GTL (Gas to Liquid), BTL (Biomass to Liquid) และ CTL (Coal to Liquid) ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน รวมถึง DME (Dimethyl Ether) ซึ่งสามารถใช้งานแทนที่น้ำมันดีเซลได้ อนึ่ง เชื้อเพลิงทางเลือกใหม่เหล่านี้สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้จากวัตถุดิบตาม

¹ บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ธรรมชาติมากมาย เช่น วัสดุชีวมวล (Biomass) แก๊สชีวภาพ (Biogas) แก๊สธรรมชาติ และถ่านหิน ซึ่งกระบวนการแปลงคุณวัตถุดิบตามธรรมชาติเหล่านี้ไปเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่ดังกล่าวสามารถดำเนินการได้หลายกระบวนการในปัจจุบันกระบวนการที่สำคัญและมีความเป็นไปได้ที่จะใช้ในเชิงพาณิชย์มากที่สุดกระบวนการนี้ คือ กระบวนการความร้อนเคมี (Thermo-Chemical Process) ซึ่งใช้ความร้อนในการแปลงสภาพวัตถุดิบต่างๆ ไปเป็นเชื้อเพลิงไฮโดรเจน, GTL, BTL, CTL และ DME โดยมากแล้วกระบวนการความร้อนเคมีจำต้องใช้สารตัวเร่งปฏิกิริยาเข้าช่วย เพื่อลดพลังงานหรือความร้อนที่ต้องใช้ในการแปลงสภาพวัตถุดิบ ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาจะช่วยลดพลังงานก่อภัยมั่นต์ (Activation energy) ลงได้ในระดับนึง กระบวนการความร้อนเคมีแต่ละกระบวนการอาจจะมีเชื้อและชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมแตกต่างกันไป เช่น กระบวนการผลิตไฮโดรเจนจากวัตถุดิบที่เป็นแก๊สหรือของเหลว (ได้แก่ แก๊สชีวภาพ แก๊สธรรมชาติ และเอทานอล) คือ กระบวนการรีฟอร์มมิ่ง (Reforming process) ส่วนกระบวนการผลิตไฮโดรเจนจากวัตถุดิบที่เป็นของแข็ง (ได้แก่ วัสดุชีวมวล และถ่านหิน) คือ กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน กระบวนการที่ใช้ในการผลิต GTL, BTL, และ CTL คือ กระบวนการ Fischer-Tropsch (FT) Process กระบวนการผลิต DME ได้แก่ กระบวนการ Dehydration ผ่านชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการกระบวนการต่างๆ จะแตกต่างกันไปแต่โดยมากจะอยู่ในรูปสารประกอบของแข็งประเทืองออกไซด์ เช่น $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{Rh}/\text{Ce}-\text{ZrO}_2$, Co/SiO_2 , หรือ $\text{Cu}/\text{Zn}/\text{Al}_2\text{O}_3$

รูปที่ 10.1 แสดงสรุปกระบวนการและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์เชื้อเพลิงทางเลือกใหม่ทุกชนิดที่ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจและได้รับรายงานว่าจะสามารถใช้งานได้จริงในเชิงพาณิชย์ในอนาคตอันใกล้ โดยกระบวนการที่สำคัญ ได้แก่ รีฟอร์มมิ่ง แก๊สซิฟิเคชัน Fischer-Tropsch, Dehydration, Dehydration/ Hydrogenation/Aldol condensation, Cracking/Hydrogenation/Oligomerization, Water gas shift และ CO oxidation ส่วนเทคโนโลยีในการเปลี่ยนเชื้อเพลิงไปเป็นพลังงานไฟฟ้าที่สำคัญในอนาคตได้แก่ เทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิง ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ เซลล์เชื้อเพลิงแบบอุณหภูมิต่ำ ตัวอย่างสำคัญ คือ เซลล์เชื้อเพลิงชนิด PEMFCs (Proton Exchanged Membrane Fuel Cell) โดยเซลล์เชื้อเพลิงประเภทนี้จะใช้

เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับเครื่องมือขนาดเล็ก เช่น โทรศัพท์มือถือ หรือ คอมพิวเตอร์ และใช้ในรถยนต์ ส่วนเซลล์เชื้อเพลิงอีกประเภทหนึ่ง คือ เซลล์เชื้อเพลิงแบบอุณหภูมิสูง ตัวอย่างสำคัญ คือ เซลล์เชื้อเพลิงชนิด SOFCs (Solid Oxide Fuel Cells) ซึ่งเซลล์เชื้อเพลิงประเภทนี้จะถูกใช้เพื่อเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ในโรงไฟฟ้า



¹ กระบวนการรีฟอร์มวัตถุดิบที่เป็นแก๊ส หรือของเหลว และกระบวนการแก๊สชีฟิคेचันสำหรับวัตถุดิบที่เป็นของแข็ง

² กระบวนการ Fischer-Tropsch (FT) เพื่อผลิต GTL, BTL และ CTL; กระบวนการ Dehydration เพื่อผลิต DME

³ กระบวนการ Dehydration/Hydrogenation/Aldol condensation เพื่อผลิต BTL จาก วัสดุชีวมวล; กระบวนการ Cracking/Hydrogenation/Oligimerization เพื่อผลิต GTL จากแก๊สธรรมชาติ และแก๊สชีวภาพ

⁴ กระบวนการ Water gas shift และ CO oxidation หรือ ระบบ Membrane separation

⁵ เซลล์เชื้อเพลิงประเภท Proton Exchanged Membrane Fuel Cells (PEMFCs)

⁶ เซลล์เชื้อเพลิงประเภท Solid Oxide Fuel Cells (SOFCs)

ขุปที่ 10.1 สรุปกระบวนการและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการ สังเคราะห์เชื้อเพลิงทางเลือกใหม่

รายละเอียดของกระบวนการที่ใช้ในการ แปลงสภาพเชื้อเพลิงก๊าซให้เป็นบิดต่างๆ

1. กระบวนการที่ใช้ในการผลิตแก๊สสังเคราะห์

แก๊สสังเคราะห์เป็นแก๊สที่มีองค์ประกอบหลักคือ ไฮโดรเจน และคาร์บอนมอนอกไซด์ซึ่งสัดส่วนของแก๊สสองชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบเริ่มต้น แก๊สสังเคราะห์สามารถผลิตได้จากหลากหลายกระบวนการ แต่กระบวนการที่มีการศึกษาวิจัยมากที่สุดในปัจจุบันและได้รับการคาดหมายว่าจะสามารถใช้งานจริงในเชิงพาณิชย์ได้ง่ายที่สุด คือกระบวนการความร้อนเคมี เช่น กระบวนการรีฟอร์มมิ่งและแก๊สซิฟิเคชัน โดยกระบวนการรีฟอร์มมิ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นอีกหลายกระบวนการรายอย่าง ขึ้นอยู่กับสารที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ซึ่งที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายคือ กระบวนการรีฟอร์มมิ่งด้วยไอน้ำ กระบวนการรีฟอร์มมิ่งด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ กระบวนการออกซิเดชันบางส่วน และกระบวนการร่วมของกระบวนการรีฟอร์มมิ่งด้วยไอน้ำกับกระบวนการออกซิเดชันบางส่วน หรือที่เรียกว่า ออโตเทอมาลรีฟอร์มมิ่ง (Autothermal reforming) ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะใช้ในการผลิตแก๊สสังเคราะห์จากวัตถุดิบตั้งต้นที่เป็นของเหลวหรือแก๊ส เช่น เอทานอล เมทานอล แก๊สธรรมชาติ แก๊สชีวภาพ และแก๊สหุงต้ม ในส่วนของการผลิตแก๊สสังเคราะห์จากสารตั้งต้นที่เป็นของแข็ง เช่น ถ่านหินหรือวัสดุเชิงมวลนั่น จะใช้กระบวนการทางความร้อนอีกประเภทคือ กระบวนการไฟโรไลซีสและกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน กระบวนการต่างๆ ที่กล่าวมาเหล่านี้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- กระบวนการรีฟอร์มมิ่งด้วยไอน้ำ เป็นกระบวนการที่ให้ประสิทธิภาพในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนสูง เสียค่าใช้จ่ายน้อย และมีการนำมาใช้ทางการค้าแล้ว หลักการของกระบวนการนี้คือ การป้อนน้ำเข้าสู่ระบบในสภาพที่เป็นไอน้ำ เพื่อทำปฏิกิริยากับสารไฮโดรคาร์บอนที่เป็นแก๊สหรือของเหลวในสภาพที่เป็นไอ เช่น แก๊สธรรมชาติ แก๊สชีวภาพและเอทานอล โดยระหว่างกระบวนการจะเกิดการดึงธาตุไฮโดรเจนจากไฮโดรคาร์บอนและออกซิเจนที่เหลือจะรวมตัวกันเกิดเป็นแก๊สส่วนธาตุคาร์บอนและออกซิเจนที่เหลือจะรวมตัวกันเกิดเป็นแก๊ส

คาร์บอนมอนอกไซด์ ในกรณีที่สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ใช้ คือ มีเทน ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในแก๊สธรรมชาติและแก๊สชีวภาพ) โดยกระบวนการดังกล่าวต้องอาศัยตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็งเข้าช่วยเพื่อลดความต้องการพลังงานของปฏิกิริยานั้น โดยปกติแล้วกระบวนการรีฟอร์มมิ่งด้วยไอน้ำมักจะมีปฏิกิริยาร่วมเกิดขึ้นด้วยเสมอ คือ ปฏิกิริยา Water gas shift โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อทำการป้อนไอน้ำเข้าสู่ระบบในปริมาณสูง

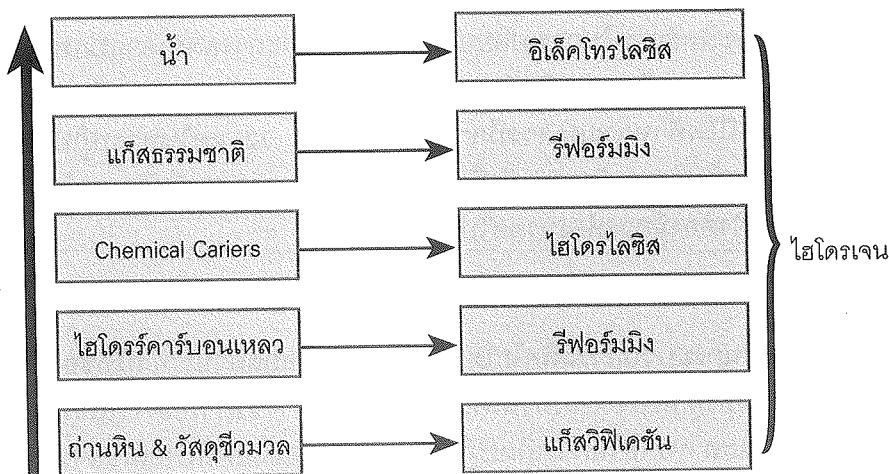
- กระบวนการรีฟอร์มมิ่งด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นกระบวนการที่คล้ายคลึงกับกระบวนการรีฟอร์มมิ่งด้วยไอน้ำ แต่มีข้อแตกต่างที่ใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวทำปฏิกิริยาแทนที่ไอน้ำ และสารไฮโดรคาร์บอนที่ใช้มักจะเป็นแก๊ส เช่น มีเทน ข้อดีของกระบวนการนี้คือ สามารถใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นพิษต่อสภาพแวดล้อมเป็นวัตถุดีในการผลิตไฮโดรเจนซึ่งเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่ได้ และการควบคุมการทำงานของระบบทำได้ง่ายกว่ากระบวนการรีฟอร์มมิ่งด้วยไอน้ำที่ต้องมีระบบการระเหยน้ำให้กล้ายเป็นไอเข้ามาเกี่ยวข้อง แต่ข้อเสียของกระบวนการดังกล่าว คือ ตัวเร่งปฏิกิริยาในระบบมีโอกาสเสื่อมสภาพได้ง่ายกว่ากระบวนการรีฟอร์มมิ่งด้วยไอน้ำ อีกทั้งอัตราส่วนของไฮโดรเจนที่ผลิตได้จากกระบวนการนี้จะต่ำกว่ากระบวนการรีฟอร์มมิ่งด้วยไอน้ำ
- กระบวนการออกซิเดชันบางส่วน คือ กระบวนการความร้อนเคมีระหว่างสารไฮโดรคาร์บอนกับออกซิเจนหรืออากาศในสัดส่วนที่ไม่สูงพอที่จะเกิดกระบวนการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ กระบวนการออกซิเดชันบางส่วนมีข้อได้เปรียบเหนือกว่ากระบวนการรีฟอร์มมิ่งด้วยไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์คือ ไม่จำเป็นต้องป้อนพลังงานจากภายนอก เนื่องจากกระบวนการออกซิเดชันบางส่วนเป็นกระบวนการแบบคายความร้อน แต่ข้อจำกัดหรือข้อควรระวังของกระบวนการนี้คือ บริมาณออกซิเจนที่ป้อนเข้าสู่ระบบต้องไม่สูงจนเกินไป เนื่องจากออกซิเจนที่เหลือจากการเผาไหม้สามารถทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนที่ผลิตได้กล้ายเป็นน้ำ นอกจากนั้นข้อจำกัดที่สำคัญอีกประการของการใช้กระบวนการนี้ในเชิงพาณิชย์ คือ ราคา

ค่าดำเนินการสำหรับกระบวนการนี้จะสูงกว่ากระบวนการภารีฟอร์ม มิงปกติ เนื่องจากจำเป็นต้องมีระบบแยกออกซิเจนจากอากาศหากต้องการป้อนออกซิเจนเข้าสู่ระบบ ถ้าเลือกที่จะป้อนอากาศเข้าสู่ระบบโดยตรงก็จะตัดรายจ่ายตรงส่วนนี้ไปได้แต่ปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนที่ผลิตได้จะลดลงไปด้วยเนื่องจากอากาศมีปริมาณในตัวเรนสูง

- กระบวนการร่วมของกระบวนการภารีฟอร์มมิงด้วยไอน้ำกับกระบวนการการทำออกซิเดชันบางส่วนหรืออ Tottemal ฟอร์มมิง เป็นกระบวนการใหม่ซึ่งนำข้อดีของกระบวนการปฏิวูปด้วยไอน้ำและกระบวนการออกซิเดชันบางส่วนมารวมกัน โดยการป้อนทั้งน้ำและออกซิเจนเพื่อทำปฏิกริยา กับสารไฮโดรคาร์บอน ข้อดีของกระบวนการนี้สามารถผลิตไฮโดรเจนได้ในอัตราส่วนมากกว่ากระบวนการออกซิเดชันบางส่วนและใช้พลังงานน้อยกว่ากระบวนการปฏิวูปด้วยไอน้ำ ในปัจจุบันนี้กระบวนการดังกล่าวกำลังเป็นที่นิยม และเริ่มมีการใช้งานจริงในเชิงพาณิชย์อย่างแพร่หลาย
- กระบวนการไฟโรไลซิสและกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน เป็นกระบวนการให้ความร้อนแก๊สดูของแข็ง เช่น ชีวมวล หรือถ่านหินภัย ได้ความดันในเครื่องปฏิกรณ์เคมี โดยทั่วไปแล้วกระบวนการไฟโรไลซิสและแก๊สซิฟิเคชันมักจะเกิดพร้อมกันเสมอ โดยกระบวนการไฟโรไลซิสคือ กระบวนการแตกตัวของวัสดุของแข็งกล้ายเป็นแก๊สเนื่องจากความร้อนของระบบ ส่วนกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันคือกระบวนการแตกตัวของวัสดุของแข็งจากปฏิกริยาออกซิไดซ์บานส่วนกับออกซิเจนที่ป้อนเข้ามา แก๊สที่เกิดจากกระบวนการนี้จะประกอบด้วยคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ในตัวเรน มีเทน และไฮโดรเจน อนึ่งกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันของชีวมวลและถ่านหินมีความคล้ายคลึงกันยกเว้นการออกแบบเครื่องปฏิกรณ์เคมี ซึ่งหากเบริกบที่ยังไม่สำหรับการผลิตที่เท่ากันแล้ว เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตไฮโดรเจนจากชีวมวลจะมีขนาดใหญ่กว่าการผลิตจากถ่านหิน ทั้งนี้

เพราะคุณค่าทางความร้อนต้องหนึ่งหน่วยมวลของชีวมวลมีค่าต่ำกว่าของถ่านหิน

- กระบวนการผลิตแก๊สสังเคราะห์โดยวิธีการอื่น ๆ นอกจากกระบวนการความร้อนเคมีดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แก๊สไฮโดรเจนยังสามารถถูกสังเคราะห์ขึ้นโดยกระบวนการอื่นๆ อีก ได้แก่ กระบวนการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า กระบวนการแตกโมเลกุln้ำโดยพลังงานแสงอาทิตย์ และกระบวนการผลิตไฮโดรเจนโดยวิธีทางชีวเคมี แต่โอกาสที่จะใช้งานจริงในเชิงพาณิชย์ยังมีอยู่กว่ากระบวนการความร้อนเคมีดังที่กล่าวมา รูปที่ 10.2 แสดงสัดส่วนของไฮโดรเจนที่ผลิตได้จากวัตถุดิบนานาชนิด



สัดส่วนของไฮโดรเจนที่ผลิตได้

รูปที่ 10.2 สัดส่วนของไฮโดรเจนที่ผลิตได้จากการวัตถุดิบนานาชนิด
โดยใช้กราฟ
กระบวนการที่เหมาะสมที่สุด

กระบวนการแยกน้ำด้วยไฟฟ้าหรือกระบวนการอิเล็กทรอลิซิส เพื่อผลิตไฮโดรเจน เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนามาตั้งแต่ราวปี ค.ศ. 1980 แล้ว วัตถุดิบที่ใช้เพื่อผลิตไฮโดรเจนคือ น้ำบริสุทธิ์ และพลังงานไฟฟ้า แต่ในปัจจุบันเทคนิคดังกล่าวยังไม่คุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับการผลิตไฮโดรเจนในระดับใหญ่ซึ่งราคาต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนด้วยวิธีนี้แพงกว่าการผลิตโดยตรงจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ถึง 3-5 เท่า

กระบวนการผลิตไฮโดรเจนจากการแตกโมเลกุln้ำโดยพลังงานแสงอาทิตย์

เข่นเดียวกับกระบวนการอิเล็กทรอลิซิส ปัจจุบันหลักของการผลิตไฮโดรเจนจากการกระบวนการนี้คือ ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจซึ่งกระบวนการดังกล่าวยังต้องมีการปรับปรุงทั้งในแง่ของการเพิ่มประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานแสงและการลดราคาอุปกรณ์ในทางทฤษฎีค่าประสิทธิภาพของการเปลี่ยนพลังงานแสงของระบบเคมีไฟฟ้าทางแสงควรมีค่าเท่ากับร้อยละ 32 แต่ในทางปฏิบัติค่าประสิทธิภาพดังกล่าวยังมีค่าต่ำอยู่เพียงร้อยละ 13 ดังนั้น เทคโนโลยีนี้ยังต้องมีการพัฒนาต่อไป

กระบวนการผลิตไฮโดรเจนโดยวิธีทางชีวเคมี

เป็นกระบวนการผลิตไฮโดรเจนโดยการย่อยสลายน้ำ หรือของเสียอินทรีย์ หรือจากชีวมวลโดยกระบวนการทางชีวภาพ ซึ่งใช้แบคทีเรียและสาหร่ายในการเกิดปฏิกิริยา กลุ่มของแบคทีเรียและสาหร่ายที่ได้รับความสนใจในการทำวิจัยได้แก่กลุ่ม Anaerobic bacteria, Photo synthetic bacteria, Cyanobacteria และ Green algae โดยหลักการ กว้างๆ แล้วแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นด้วยกระบวนการทางชีวภาพอาจเกิดได้จากสองกระบวนการหลักๆ คือ (1) Bio-photolysis ของน้ำ และ (2) การหมัก โดยมีเอนไซม์ที่สำคัญสองกลุ่ม คือ Hydrogenases และ Nitrogenases ปัจจุบันประสิทธิภาพของการผลิตไปโอน้ำไฮโดรเจนยังต่ำอยู่ แต่ก็มีข้อดีของกระบวนการนี้คือต้องการพลังงานต่ำซึ่งจะทำให้ราคาในการลงทุนต่ำลงได้

2. กระบวนการนำบัดแก๊ส

กระบวนการนำบัดแก๊สสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ กระบวนการกำจัดสารพิษหรือสิ่งปฏิกูล เช่น สารประกอบชั้ลเฟอร์ออกจากแก๊ส และกระบวนการเพิ่มความเข้มข้นและความบริสุทธิ์ของแก๊สไฮโดรเจน

- **กระบวนการกำจัดสารพิษ มีความจำเป็นสำหรับแก๊สที่มีสิ่งปฏิกูล ประปนอยู่ ตัวอย่างสำคัญ เช่น ในกรณีของแก๊สซีวภาพหรือแก๊ส ธรรมชาติซึ่งจะมีสารประกอบชัลเฟอร์ เช่น ไฮโดรเจนชัลไฟต์ ประปน อยู่นั้น จำเป็นต้องมีกระบวนการกำจัดสารประกอบชัลเฟอร์ออกจากอน จะป้อนแก๊สเหล่านี้เข้าสู่กระบวนการการทำงานความร้อนเคมีเพื่อผลิตแก๊ส ไฮโดรเจนหรือแก๊สสังเคราะห์ เนื่องจากการมีอยู่ของสารประกอบ ชัลเฟอร์เหล่านี้สามารถลดประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาลงได้โดย กระบวนการกำจัดชัลเฟอร์ออกจากแก๊สทำได้โดยการผ่านแก๊สดัง กล่าวเข้าสู่ระบบที่บรรจุด้วยซิงค์ออกไซด์ หรือถ่านกัมมันต์ ซึ่ง สามารถดูดซับชัลเฟอร์ได้ กระบวนการกำจัดสารประกอบชัลเฟอร์ ที่ประปนอยู่ในแก๊สอาจทำได้โดยใช้ตัวทำละลายจำพวกกราวบอเนต และเอมีน ซึ่งกระบวนการดังกล่าวได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง เพื่อใช้กำจัดสารพิษในกระบวนการ Hydroprocessing โดยใช้สารได โอดิโอพรพิล เอเมjn และเมทิลเอเทิล เอเมjn เป็นตัวดูดซับ**
- **กระบวนการเพิ่มความเข้มข้นและความบริสุทธิ์ของแก๊ส ไฮโดรเจน จำต้องมีการดำเนินการโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องการ ใช้แก๊สดังกล่าวในเซลล์เชื้อเพลิงแบบอุณหภูมิต่ำ (PEMFCs) ซึ่ง ต้องการใช้ไฮโดรเจนที่มีความเข้มข้นสูงเป็นเชื้อเพลิง กระบวนการ ดังกล่าวสามารถดำเนินการโดยผ่านแก๊สที่ได้จากการกระบวนการผลิต แก๊สสังเคราะห์ซึ่งอาจประกอบไปด้วยแก๊ส H₂ และ CO เข้าสู่เครื่อง ปฏิกิริยแปลงสาร (Shift conversion) เพื่อกีดปฏิกิริยา Water-Gas Shift และผลิต H₂ ได้เพิ่มขึ้นซึ่งจากการนี้ปริมาณ CO จะ สามารถลดลงได้เหลือประมาณร้อยละ 0.2-0.4 โดยปริมาตร จาก นั้นแก๊สที่ออกมายากเครื่องปฏิกิริย์ Shift Conversion จะถูกส่งผ่าน เข้าหน่วยทำให้แก๊สบริสุทธิ์ เพื่อจะกำจัด CO₂ และ CO ที่เหลือจาก Shift Reaction รวมถึงแก๊สอื่นๆ ออก ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็น**

แก๊สไฮโดรเจนที่มีความบริสุทธิ์สูง วิธีการกำจัดแก๊ส CO₂ สามารถทำได้หลายวิธีวิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยมคือกระบวนการจับแบบเปียก (Wet Scrubbing) ที่ใช้สารเคมีจำพวกโมโนเอทานอล (Sulfonol) และโซเดียมคาร์บอเนตร้อน ในกรณีที่ยังมีแก๊ส CO และ CO₂ หลงเหลืออยู่อีก แก๊สเหล่านี้สามารถถูกกำจัดออกโดยปฏิกริยาเมทานชัน (Methanation) กระบวนการการทำหงุดนี้จะทำให้แก๊สไฮโดรเจนที่ได้ในขั้นตอนสุดท้ายมีความบริสุทธิ์ถึงร้อยละ 97-98

3. กระบวนการที่ใช้ในการผลิต GTL, BTL, และ CTL

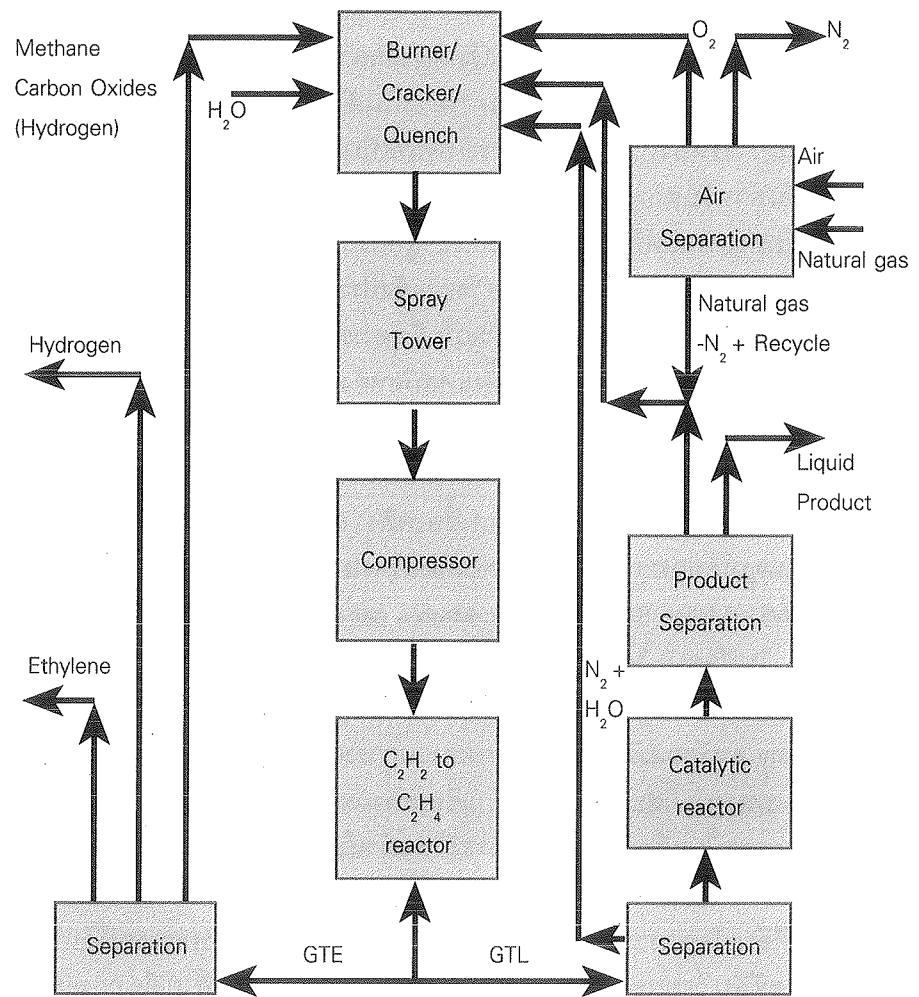
GTL, BTL, และ CTL คือ เชื้อเพลิงเหลวที่มีคุณสมบัติเหมือนหรือใกล้เคียงกับน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เชื้อเพลิงเหล่านี้สามารถสังเคราะห์ได้จากวัตถุดิบทางธรรมชาติหลายชนิด ได้แก่ แก๊สธรรมชาติ วัสดุชีวมวล และถ่านหิน โดยถ้าวัตถุดิบที่ใช้อยู่ในสถานะแก๊ส เชื้อเพลิงที่ได้จากการกระบวนการผลิตจะถูกเรียกว่า GTL หากวัตถุดิบที่ใช้คือวัสดุชีวมวล เชื้อเพลิงที่ผลิตได้จะถูกเรียกว่า BTL และถ้าวัตถุดิบที่ใช้ในการสังเคราะห์คือถ่านหิน เชื้อเพลิงที่ผลิตได้จะถูกเรียกว่า CTL นั้นเอง

เชื้อเพลิงทั้งสามชนิดนี้มีข้อได้เปรียบกว่าเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่ประเภทอื่นๆ เช่น ไฮโดรเจน และ DME คือ ไม่จำเป็นต้องทำการเปลี่ยนแปลงระบบการใช้เชื้อเพลิง โดยในส่วนของการใช้ไฮโดรเจน และ DME หรือแม้แต่การใช้แก๊สธรรมชาติมาเป็นเชื้อเพลิงแทนที่น้ำมัน (Compressed Natural Gas; CNG, และ Liquefied Natural Gas; LNG) นั้น จะเป็นต้องทำการดัดแปลงเครื่องยนต์ที่ใช้ให้เป็นเครื่องยนต์เซลล์เชื้อเพลิงและเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงตามลำดับ แต่เนื่องจากเชื้อเพลิง GTL, BTL และ CTL มีสถานะและคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันเชื้อเพลิงเหลวที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ดังนั้น ระบบเครื่องยนต์สำหรับเชื้อเพลิงเหล่านี้รวมถึงระบบขันส่งและระบบจ่ายน้ำมันจึงไม่มีความจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลง ซึ่งข้อดีดังกล่าวเป็นส่วนสำคัญที่มีการคาดหมายว่าเชื้อเพลิง GTL, BTL, และ CTL จะมีโอกาสใช้งานจริงอย่างแพร่หลายในอนาคตอันใกล้

กระบวนการในการผลิต GTL, BTL, และ CTL มีความคล้ายคลึงกัน คือต้องทำการแปลงสภาพวัตถุดิบเริ่มต้นให้กลายเป็นแก๊สสังเคราะห์เสียก่อน ซึ่งกระบวนการแปลงสภาพจะแตกต่างกันดังที่กล่าวในข้างต้น คือ ใช้กระบวนการรีฟอร์มมิกสำหรับสารตั้งต้นที่เป็นแก๊สและใช้กระบวนการแก๊สซิฟิเคชันสำหรับสารตั้งต้นที่เป็นของแข็ง หลังจากการแปลงสภาพขั้นต้นแล้วแก๊สสังเคราะห์ที่ได้จะถูกส่งต่อเข้าสู่อุปกรณ์หนึ่งเพื่อเกิดกระบวนการ Fischer-Tropsch บนเตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็งประเทตเหล็กหรือโคบล็อต และเปลี่ยนสภาพกลายเป็นเชื้อเพลิงเหลวในที่สุด กระบวนการ Fischer-Tropsch นั้นได้รับการพัฒนามาเป็นเวลากว่า 100 ปี แต่สมัยหลังส่วนรวมโดยครั้งที่ 2 ซึ่งปัจจุบันของกระบวนการดังกล่าว คือ ความคุ้มค่าทางเชิงเศรษฐศาสตร์ มีรายงานว่ากระบวนการดังกล่าวจะมีความคุ้มค่าในเชิงพาณิชย์เมื่อมีการสร้างในระดับที่ใหญ่เท่านั้น และการผลิตเชื้อเพลิง GTL จากแก๊สธรรมชาติให้มีความคุ้นทุนโดยกระบวนการนี้นั้นจะต้องสร้างโรงงานที่มีกำลังการผลิตสูงกว่า 3 MSCMD (Million Standard Cubic Metres per Day)

ในปัจจุบันได้มีความพยายามที่จะคิดค้นเทคโนโลยีใหม่ๆ ในการแปลงรูปเชื้อเพลิง โดย Texas A&M University สหรัฐอเมริกา ได้เสนอกระบวนการผลิต GTL ในรูปแบบใหม่ ด้วยทำการแปลงรูปแก๊สธรรมชาติไปเป็นเชื้อเพลิงเหลวโดยตรงไม่ผ่านกระบวนการแปลงสภาพเป็นแก๊สสังเคราะห์ซึ่งจะมีการดำเนินการเป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ ขั้นตอนการเปลี่ยนแก๊สธรรมชาติซึ่งมีเทนเป็นองค์ประกอบหลักไปเป็นอะเซททีลีน โดยกระบวนการ Cracking จากนั้นแปลงสภาพอะเซททีลีนที่ได้ไปเป็นอะเซททีลีนโดยกระบวนการไฮโดรเจนชั้น และขั้นตอนสุดท้าย คือ การแปลงสภาพอะเซททีลีนไปเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่ หรือน้ำมันเชื้อเพลิง ผ่านกระบวนการ Oligomerization ดังแสดงในรูปที่ 10.3 ซึ่งการผลิตเชื้อเพลิง GTL โดยใช้กระบวนการดังกล่าวจะคุ้มค่าในการลงทุนเมื่อมีการสร้างโรงงานที่มีกำลังการผลิตสูงกว่า 300 KSCMD (Kilo Standard Cubic Metres per Day) ซึ่งมีขนาดเล็กกว่ากระบวนการผลิตแบบดั้งเดิมมาก

นอกจากการผลิต GTL โดยกระบวนการใหม่ดังที่ได้กล่าวมาแล้วเมื่อต้นปี ค.ศ. 2005 ได้มีงานวิจัยดีพิมพ์ในวารสาร Science เกี่ยวกับการเปลี่ยนวัสดุชีวมวลไปเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง BTL โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการ Fischer-Tropsch



รูปที่ 10.3 กระบวนการใหม่ที่ใช้ในการผลิต GTL จากแก๊สธรรมชาติ
(Texas A&M University)

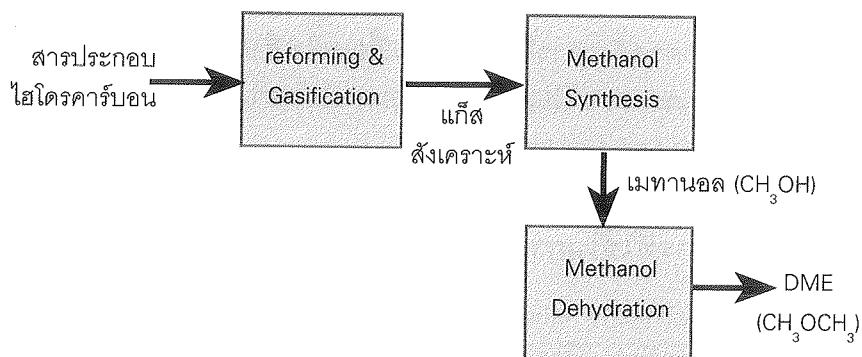
กระบวนการดังกล่าวเริ่มจากการเปลี่ยนวัสดุชีวมวลไปเป็นสารประกอบที่อยู่ในรูปของน้ำตาลเสียก่อน (Biomass-derived carbohydrates) โดยกระบวนการชีวเคมีซึ่งใช้เอนไซม์เข้าช่วยในการแปลงสภาพ จากนั้นจึงใช้กระบวนการความร้อนเคมีต่อเนื่อง 3 กระบวนการ บนตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็งในการเปลี่ยนสารประกอบน้ำตาลดังกล่าวไปเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งกระบวนการทั้งสามนี้ประกอบด้วยกระบวนการดีไฮเดรชันกระบวนการไฮโดรเจน และกระบวนการ Aldol (Crossed & Self) Condensation

4. กระบวนการที่ใช้ในการผลิต DME

DME (Dimethyl ether) เป็นสารประกอบอีเทอร์ที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนที่น้ำมันดีเซลหรือแก๊สหุงต้มได้เนื่องจากมีค่าชีวтенสูงถึง 55-60 และมีข้อดีเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล หรือแก๊สหุงต้ม คือ DME เป็นเชื้อเพลิงที่มีความสะอาดสูงมากและเมื่อเกิดกระบวนการเผาไหม้ขึ้นจะปลดปล่อยแก๊ส SO₂ และ NO_x ในปริมาณที่ต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงในปัจจุบัน ถือทั้งข้อได้เปรียบในการใช้งานของ DME เมื่อเปรียบเทียบกับแก๊สธรรมชาติ CNG คือ การกักเก็บซึ่งดำเนินการได้ง่ายกว่ามากเนื่องจาก DME มีความหนาแน่นค่อนข้างสูง

ในส่วนของกระบวนการผลิตนั้น DME สามารถผลิตได้จากวัตถุดิบหลากหลายชนิดแต่วัตถุดิบที่นิยมใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิต DME คือ แก๊สธรรมชาติ และถ่านหินซึ่ง เช่นเดียวกับการผลิต GTL และ CTL โดยกระบวนการ Fischer-Tropsch การผลิต DME จากสารประกอบไฮdrocarบอน จำเป็นต้องมีกระบวนการแปลงรูปสารประกอบเหล่านี้ไปเป็นแก๊สสังเคราะห์เสียก่อนซึ่งสามารถดำเนินการได้โดยกระบวนการรีฟอร์มมิ่ง และกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันดังที่กล่าวมาข้างต้น ในส่วนของการเปลี่ยนแก๊สสังเคราะห์ซึ่งมีองค์ประกอบหลัก คือ ไฮdroเจน และคาร์บอนมอนอกไซด์ไปเป็น DME นั้น ต้องอาศัยกระบวนการทางเคมี 2 กระบวนการ คือ การเปลี่ยนแก๊สสังเคราะห์ไปเป็นเมทานอลโดยกระบวนการ Methanol Synthesis ซึ่งสามารถดำเนินการได้โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา Cu/ZnO/Al₂O₃ ภายใต้ความดัน 30-50 บรรยากาศ

หลังจากนั้นจึงทำการเปลี่ยนเมทานอลที่ได้ไปเป็น DME โดยใช้กระบวนการการดีไซเครชันบนตัวเร่งปฏิกิริยา $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ดังแสดงในรูปที่ 10.4



รูปที่ 10.4 กระบวนการใหม่ที่ใช้ในการผลิต DME (Dimethyl Ether)

5. กระบวนการผลิตแก๊สธรรมชาติเหลว

แก๊สธรรมชาติเหลว (Liquefied Natural Gas: LNG) เป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีที่คาดว่าจะมีการใช้งานอย่างแพร่หลายมากขึ้นในอนาคตอันใกล้ ซึ่งกระบวนการผลิต LNG จากแก๊สธรรมชาติจะแตกต่างจากการผลิตเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่ทั้งหลายที่กล่าวมาในข้างต้นที่สามารถผลิตได้จากกระบวนการความร้อนเคมี แต่ LNG จะผลิตได้จากการลดอุณหภูมิของแก๊สธรรมชาติลงไปที่อุณหภูมิประมาณ 153 K to 111 K ซึ่งจะทำให้แก๊สธรรมชาติกลายสภาพเป็นของเหลว ดังนั้น ระบบกักเก็บ LNG เพื่อใช้งาน จำต้องเป็นระบบที่มีการหุ้มชุวนกันความร้อนอย่างดี ซึ่งโดยมากจะระบบกักเก็บดังกล่าวต้องทำจากวัสดุ Stainless Steel

ข้อดีของ LNG คือ เป็นเชื้อเพลิงที่สะอาดเนื่องจากสารปนเปื้อนทั้งหลายที่อยู่ในแก๊สธรรมชาติ เช่น สารประกอบชั้นเฟอร์และน้ำ จะถูกกำจัดออกไปหมดในระหว่างกระบวนการ Liquefaction อีกทั้งระบบการขนส่ง LNG จะทำได้เงียบและในปริมาณที่สูงกว่าการขนส่งแก๊สธรรมชาติในรูปของแก๊สธรรมชาติอัด CNG แต่ข้อจำกัดหรือข้อควรระวังในการใช้เชื้อเพลิง LNG คือ

ระบบกักเก็บต้องมีมาตรฐานที่ดี เนื่องจากหากระบบดังกล่าวมีการรั่วไหล จะมีโอกาสเกิดการระเบิดได้สูง

6. ข้อจำกัดที่สำคัญของเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่

ดังที่ได้กล่าวมาในปัจจุบันมีความพยายามที่จะนำเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่หลายๆ ชนิด มาใช้ในเชิงพาณิชย์เพื่อแทนที่น้ำมันดิบ แต่การนำเชื้อเพลิงเหล่านี้มาใช้งานจริงยังมีข้อจำกัดหรือปัญหางานประจำซึ่งข้อจำกัดที่สำคัญสามารถแบ่งได้ดังต่อไปนี้

- ข้อจำกัดของระบบการผลิต ในปัจจุบันราคาต่อหน่วยของเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่เกือบทุกประเภทที่ผลิตได้ยังมีราคาสูงกว่าเชื้อเพลิงในปัจจุบันอยู่มาก ซึ่งกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่เหล่านี้ เช่น กระบวนการรีฟอร์มมิ่ง หรือกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน ยังจำเป็นต้องทำการพัฒนาและปรับปรุงอีกมากเพื่อให้สามารถผลิตเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และราคาถูกมากกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน
- ข้อจำกัดของระบบการขนส่ง ปัญหาเรื่องการขนส่งจะพบกับเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่ที่มีสถานะเป็นแก๊สหรือของเหลว ก๊อกแก๊ส เช่น ไฮโดรเจน DME และ LNG การที่จะใช้ประโยชน์จากเชื้อเพลิงดังกล่าว ในเชิงพาณิชย์จึงจำเป็นที่จะต้องมีระบบการขนส่งหรือแยกจ่ายที่ดี ซึ่งระบบและวิธีการขนส่งแก๊สที่มีอยู่ในปัจจุบันยังมีราคาแพงและมีความอันตรายค่อนข้างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขนส่งไฮโดรเจน อิกทั้งการขนส่งแก๊สเพื่อใช้ประโยชน์ในงานขนาดเล็กนั้นยังไม่คุ้มค่า เนื่องจากมีราคาค่าขนส่งที่สูงมาก
- ข้อจำกัดของระบบกักเก็บ เช่นเดียวกันกับปัญหาเรื่องระบบการขนส่งระบบการกักเก็บแก๊สเชื้อเพลิงเพื่อประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ยังจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยอีกเพื่อให้ประสิทธิภาพในการเก็บดีขึ้น และราคาถูกลง รวมถึงต้องมีระบบรักษาความปลอดภัยที่ดี เช่น ในกรณีของถังกักเก็บ LNG นั้นจะต้องมีระบบการหุ้มฉนวนกันความร้อนที่ดีเพื่อป้องกันการระเหยของ LNG ซึ่งจะทำให้เกิดความดันสูงในถังและเกิดระเบิดได้ ในส่วนของการกักเก็บไฮโดรเจนนั้นควรข้อด

ความตันหรือทำให้เป็นไฮโดรเจนเหลวเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในการขับเคลื่อนหรือรถยนต์ แต่ราคาของถังแก๊สบีบยังคงสูงอยู่มาก ในปัจจุบันนี้มีงานวิจัยด้านวัสดุศาสตร์ที่พยายามเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บไฮโดรเจนให้ดีขึ้นโดยใช้วิธี Hydrides และ Carbon adsorption materials

เทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิง

เซลล์เชื้อเพลิงเป็นเครื่องมือที่ให้กำเนิดไฟฟ้าได้จากการburning ไฟฟ้าเคมี ตัวอย่างการใช้งานของเซลล์เชื้อเพลิงเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เริ่มเป็นที่รู้จัก เช่น การใช้งานในคุปกรโนเล็กทรอนิกส์ (เครื่องคอมพิเตอร์ และโทรศัพท์มือถือ) และการใช้งานในอุตสาหกรรมยานยนต์ นอกจากรันน์เซลล์เชื้อเพลิงยังสามารถใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้กับบ้านเรือน หรือโรงงานอุตสาหกรรมได้อีกด้วย

เซลล์เชื้อเพลิงให้กำเนิดกระแสไฟฟ้าได้โดยอาศัยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี คล้ายกับหลักการทำงานของแบตเตอรี่ ข้อแตกต่าง คือ แบตเตอรี่ทำงานที่เป็นเพียงตัวเก็บและจ่ายประจุซึ่งจะทำงานได้เมื่อมีการชาร์จไฟฟ้าหรือป้อนไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าภายนอกเข้าสู่ระบบ ในขณะที่เซลล์เชื้อเพลิงสามารถผลิตและจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ในตัวเอง โดยกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากเซลล์เชื้อเพลิงนั้นมาจากการเกิดออกซิเดชันและรีดักชันของเชื้อเพลิงที่ข้าวไฟฟ้า ซึ่งเมื่อต่อข้าวไฟฟ้าเข้าด้วยกันจะก่อให้เกิดการไหลเวียนของอิเล็กตรอนขึ้นโดยทั่วไปแล้วเชื้อเพลิงหลักของเซลล์เชื้อเพลิง คือ แก๊สไฮโดรเจน โดยจะต้องมีแก๊สออกซิเจนเป็นสารออกซิเดนต์ ตั้งที่ได้กล่าวมาข้างต้น เซลล์เชื้อเพลิงอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ เซลล์เชื้อเพลิงแบบอุณหภูมิต่ำ เช่น PEMFCs ซึ่งใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับเครื่องมือขนาดเล็กหรือในรถยนต์ ส่วนเซลล์เชื้อเพลิงอีกประเภทหนึ่งคือเซลล์เชื้อเพลิงแบบอุณหภูมิสูง เช่น SOFCs ซึ่งเซลล์เชื้อเพลิงประเภทนี้จะถูกใช้เพื่อเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ซึ่งเซลล์เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดมีหลักการทำงานที่แตกต่างกัน

ข้อแตกต่างที่สำคัญของเซลล์เชื้อเพลิงทั้งสองประเภท คือ ชนิดของ อิオนที่แพร่ผ่านอิเล็กโทรอลายที่โดยอิเล็กโทรอลายที่จะทำหน้าที่คล้ายกับเมมเบรน ซึ่งยอมให้อิออนบางชนิดผ่านเท่านั้น ในกรณีของเซลล์เชื้อเพลิงประเภท PEMFCs เชื้อเพลิงไฮโดรเจนที่ป้อนเข้ามาทางข้างนอกจะแทรกตัวกลาญ เป็นไฮโดรเจนอิโอน (H^+) และอิเล็กตรอน (e^-) โดยไฮโดรเจนอิโอนจะแพร่ ผ่านอิเล็กโทรอลายที่ปะยังข้าวแคโทด ส่วนอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ไปยังข้าว แคโทดผ่านทางสายไฟภายนอก จากนั้นทั้งไฮโดรเจนอิโอนและอิเล็กตรอน จะเข้าทำปฏิกิริยา กับออกซิเจนที่ป้อนเข้ามาเกิดเป็นน้ำ ในกรณีของเซลล์ เชื้อเพลิงประเภท SOFCs อิโอนที่แพร่ผ่านอิเล็กโทรอลาย คือ ออกซิเจโนิโอน (O^{2-}) ซึ่งเกิดจากการแตกตัวของออกซิเจนทางข้าวแคโทด โดยออกซิเจโนิโอน จะเคลื่อนที่จากข้าวแคโทดไปยังข้าวเอนด์และทำปฏิกิริยา กับไฮโดรเจนเกิดเป็น น้ำและได้อิเล็กตรอนออกมานา จากนั้นอิเล็กตรอนที่ได้จะเคลื่อนที่ไปยังข้าว แคโทดผ่านทางสายไฟภายนอกเช่นเดียวกับเซลล์เชื้อเพลิงแบบ PEMFCs ข้อ แตกต่างที่สำคัญอีกข้อระหว่างเซลล์เชื้อเพลิงสองประเภทดังแสดงในรูป คือ เซลล์เชื้อเพลิงแบบ SOFCs จะสามารถใช้คาร์บอนมอนอกไซด์เป็นเชื้อเพลิง ได้เช่นเดียวกับไฮโดรเจนเนื่องจากคาร์บอนมอนอกไซด์สามารถทำปฏิกิริยา กับออกซิเจโนิโอนได้เช่นเดียวกับไฮโดรเจน แต่ตามทฤษฎีแล้วไฮโดรเจน จะเป็นเชื้อเพลิงที่ดีกว่าคาร์บอนมอนอกไซด์ในเรื่องของประสิทธิภาพไฟฟ้าที่ ผลิตได้และอุปกรณ์ใช้งานของเซลล์เชื้อเพลิง

ข้อดีที่สำคัญของเซลล์เชื้อเพลิง คือ เป็นเทคโนโลยีสะอาด ที่ ปล่อยแก๊สเสียออกมาน้อยกว่าในปัจจุบันที่ต่ำกว่าแก๊สเสียซึ่งปล่อยออกจาก เครื่องยนต์สันดาปภายใน อีกทั้งประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้า ของเซลล์เชื้อเพลิงจะสูงกว่าเครื่องกำเนิดพลังงานจากความร้อนในปัจจุบันมาก เนื่องจากประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงนั้นเกิดจากประสิทธิภาพทางเคมี โดยอาศัยหลักการทำงานเทอร์โมไดนามิกส์และไม่เกี่ยวข้องกับวัสดุกราร์โนต์ (Carnot cycle) ซึ่งเป็นตัวควบคุมประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องกำเนิด พลังงานจากความร้อน เช่น ระบบกังหันแก๊สและเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน โดยตามทฤษฎีแล้วประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงสามารถสูง ถึงร้อยละ 85 เต็มทั้งนี้เชื้อเพลิงที่นำมาใช้จะต้องนำมายาดัดหาค่าประสิทธิภาพที่ แท้จริงด้วยหากมีการแปลงสภาพก่อนการใช้งาน โดยกระบวนการรีฟอร์ม

มิ่งหรือแก๊สซีฟิเดชัน เป็นต้น) ในปัจจุบันเซลล์เชื้อเพลิงหลายชนิดกำลังได้รับความสนใจจากบริษัทต่างๆ มากมายทั่วโลก โดยบริษัทผลิตรถยนต์ในหลายประเทศกำลังทำการพัฒนาเพื่อผลิตรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง เช่น บริษัท Honda และบริษัท Toyota ของประเทศญี่ปุ่น บริษัท Fiat ของประเทศอิตาลี บริษัท General Motor และ บริษัท Chrysler-Daimler ของประเทศสหรัฐอเมริกา นอกจากนี้ยังมีบริษัทและโรงงานอุตสาหกรรมอีกมากมายทั่วในアメリカอุปและเอเชีย กำลังทำการพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้งานที่อุณหภูมิสูง SOFCs เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจ่ายให้กับที่อยู่อาศัยรวมไปถึงโรงงานอุตสาหกรรม ในกระบวนการผลิตไฮโดรเจนน้ำมันวัตถุดิบที่มักนำมาใช้กันประกอบด้วยแก๊สธรรมชาติ และวัตถุดิบจากแหล่งพลังงานทดแทนต่างๆ เช่น แก๊สชีวภาพ เมทานอล และเอทานอล

1. ประวัติความเป็นมา และชนิดของเซลล์เชื้อเพลิงที่ถูกพัฒนาขึ้น

ปฏิกริยาของเซลล์เชื้อเพลิงนั้นมีการรายงานครั้งแรกโดยศาสตราจารย์คริสเตียน เฟรเดอริก เชอนบาย (Christian Friedrich Schoenbein) ในปี ค.ศ. 1839 ว่ามีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นจากปฏิกริยาระหว่างไฮโดรเจนและออกซิเจน โดยใช้กรดซัลฟูริกและลวดแพลตินัม จากนั้น เชอร์วิลเลียม โกรว์ (Sir William Grove) รายงานในอีก 1 เดือนถัดมาถึงแบตเตอรี่ที่ใช้แพลตินัมและสังกะสี เมื่อใช้กรดซัลฟูริกและไนตริกเป็น อิเล็กโทรไลท์ ซึ่งถือว่าเป็นเซลล์เชื้อเพลิงเครื่องแรกในโลก ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมาเซลล์เชื้อเพลิงหลายชนิดได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเซลล์เชื้อเพลิงได้ถูกออกแบบและพัฒนาจำแนกได้เป็น 5 ประเภท คือ

- Alkaline Fuel Cell (AFC) ในเซลล์เชื้อเพลิงประเภทนี้อิเล็กโทรไลท์ที่ใช้คือ ไบแคตเตอร์เซียมไฮดรอกไซด์เหลว โดยจะต้องใช้แก๊สออกซิเจนบริสุทธิ์และแก๊สไฮโดรเจนบริสุทธิ์เป็นสารออกซิเดนท์และเชื้อเพลิงตามลำดับ การใช้งานจำกัดอยู่ในงานทางด้านอวกาศ เช่น ในยานอวกาศอยู่ในอุณหภูมิที่ต่ำอยู่ในช่วง 60-120 องศาเซลเซียส
- Phosphoric Acid Fuel Cell (PAFC) เซลล์เชื้อเพลิงประเภทนี้ใช้กรดฟอฟอริกเป็นอิเล็กโทรไลท์สามารถทนต่อเชื้อเพลิงไฮโดรเจนที่มีสารอื่นเจือปนได้มากกว่า AFC อุณหภูมิการใช้งานอยู่ที่ประมาณ

200 องศาเซลเซียส ปัญหาของเซลล์เชือกเพลิงชนิดนี้ คือ การกัดกร่อนของกรดที่อุณหภูมิการใช้งาน ในปัจจุบันได้มีการใช้ในเชิงพาณิชย์แล้วโดยมีขนาดกำลังไฟฟ้าประมาณ 200 กิโลวัตต์

- **Proton Exchanged Membrane Fuel Cell (PEMFC)** เซลล์เชือกเพลิงชนิดนี้ประกอบด้วยเมมเบรน โพลิเมอร์ของแข็งซึ่งทำหน้าที่เป็นอิเล็กโทรไลต์โดยชั้นเมมเบรนโพลิเมอร์ที่ถูกประบനหั้งสองด้านด้วยชั้วอิเล็กโทรดซึ่งทำจากแพลตินัมหรือโลหะผสมของแพลตินัมเพื่อให้ปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าที่ชั้วแอนโอดและชั้วแคโทดสามารถดำเนินไปอย่างรวดเร็ว เซลล์เชือกเพลิงแบบนี้ต้องใช้แก๊สไฮdroเจน และออกซิเจนที่มีความชื้นในการทำปฏิกิริยา เนื่องจาก PEMFC เป็นเซลล์เชือกเพลิงชนิดที่ใช้โพลิเมอร์เมมเบรนเป็นอิเล็กโทรไลต์ ดังนั้น จึงไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการกัดกร่อนของอิเล็กโทรไลต์ที่เป็นของเหลว เซลล์เชือกเพลิงชนิดนี้ใช้งานที่อุณหภูมิไม่เกิน 120 องศาเซลเซียส ใช้แก๊สไฮdroเจนและออกซิเจนในการทำปฏิกิริยาเป็นเซลล์เชือกเพลิงที่นำมาใช้กับรถยนต์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ นอกจากนี้ได้มีการพัฒนาเมมเบรนโพลิเมอร์เพิ่มเติม เพื่อให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้จากเชือกเพลิงเมทานอล หรือเออลกออลโดยไม่ต้องเปลี่ยนเป็นไฮdroเจนก่อน จึงเรียกเซลล์เชือกเพลิงชนิดใหม่นี้ว่าเซลล์เชือกเพลิงที่ใช้เมทานอลหรือเออลกออลได้โดยตรง (Direct Methanol Fuel Cells; DMFCs or Direct Alcohol Fuel Cells; DAFCs) เนื่องจากบริษัทรถยนต์ต่างๆ ตระหนักถึงปัญหาทางการขาดแคลนน้ำมันรวมถึงปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ จึงได้มีการพัฒนา PEMFC เพื่อใช้ในรถยนต์สำหรับอนาคตซึ่งได้เริ่มทำมาหลายปีแล้วคาดว่าในอนาคตอันใกล้นี้จะมีรถยนต์เซลล์เชือกเพลิงออกสู่ตลาดในเชิงพาณิชย์ทั้งในรูปของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลและรถบัส บริษัทที่มีการพัฒนา เช่น Daimler Chrysler トイโยต้า ฟอร์ด จีเอ็ม ยอนด้า นิสสัน และมาสด้า
- **Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)** เป็นเซลล์เชือกเพลิงที่ใช้สารเชาว์มิกเป็นอิเล็กโทรไลต์ซึ่งสารที่ใช้มาก คือ สารประกอบของเซอร์โคเนียม (ZrO_2) โดยมีช่วงอุณหภูมิการใช้งานอยู่ที่ 650-1000 องศาเซลเซียส ขึ้น

อยู่กับการออกแบบและสารที่ใช้เป็นอิเล็กโทรไลท์ เช่นเดียวกับเซลล์เชือกเพลิงแบบเกลือคาร์บอนเนตหลอม สารไอก๊อโรคาร์บอนต่างๆ และคาร์บอนมอนอกไซด์สามารถถูกนำมายังเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเซลล์เชือกเพลิงชนิดนี้ได้ SOFC ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้เป็นเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าทั้งขนาดเล็กภายใน 1-2 kW โดยบริษัท Sulzer Hexis สวิสเซอร์แลนด์ และบริษัท Ceramic Fuel Cells Limited ของออสเตรเลีย และถูกพัฒนาขึ้นเป็นเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าในชุมชนโดยบริษัท Siemens Westinghouse ของสหรัฐอเมริกา ในอนาคตแนวโน้มการพัฒนาเซลล์เชือกเพลิงชนิดนี้จะมุ่งเน้นเพื่อเป็นโรงไฟฟ้าขนาดย่อมเพื่อผลิตไฟฟ้าขนาดรั้วยกิโลวัตต์ต่อตึ่งห้องนึง大概瓦特。รวมถึงได้มีการพัฒนาเซลล์เชือกเพลิงชนิดนี้ให้สามารถทำงานร่วมกับการผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันแก๊สหรือกังหันไอน้ำโดยใช้ความร้อนหรือไอน้ำร้อนที่เหลือจากปฏิกรณ์ในเซลล์เป็นเชื้อเพลิง

- Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC) สำหรับเซลล์เชือกเพลิงประเทนนีอิเล็กโทรไลท์ที่ใช้ คือ เกลือคาร์บอนเนตหลอมของโซเดียมและไปಡेसเซียมในเชรามิกเมทริกซ์ของลิเทียมออกซิเดียม (LiAlO_2) โดยอุณหภูมิที่ใช้งานอยู่ที่ประมาณ 650 องศาเซลเซียส ปัญหาสำคัญของเซลล์เชือกเพลิงประเทนนีคือ การกัดกร่อนเนื่องจากอิเล็กโทรไลท์เหลวเซลล์เชือกเพลิงชนิดนี้นิยมใช้ในการผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ (เมกะวัตต์)

2. อุปสรรคของเทคโนโลยีเซลล์เชือกเพลิง

จากรายงานความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของเซลล์เชือกเพลิงที่สหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 2003 (Fuel Cell Report to Congress 2003) พบว่าการนำเทคโนโลยีเซลล์เชือกเพลิงไปใช้งานจริงมีข้อจำกัดมากมายทั้งในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยข้อจำกัดที่สำคัญมีดังนี้

- ข้อจำกัดเรื่องราคา ราคาเป็นข้อจำกัดของเซลล์เชือกเพลิงทุกประเภทและทุกการใช้งาน เป็นจุดบกพร่องสำคัญที่ผลิตจากเซลล์เชือกเพลิงสูงกว่าราคายังไห้ที่ผลิตได้จากการกังหันแก๊สค่อนข้างมาก ดังนั้น จึงมีความพยายามที่จะลดค่าใช้จ่ายทั้งในแง่ของการสร้าง

เซลล์เชื้อเพลิงและในเบื้องต้นของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์เชื้อเพลิง ลง โดยในเบื้องต้นของการสร้างเซลล์เชื้อเพลิงได้มีความพยายามที่จะใช้วัสดุราคาถูกในการสร้างเซลล์เชื้อเพลิงหรือลดปริมาณการใช้วัสดุที่มีราคาแพงลง เป็นต้น ในส่วนของการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยเซลล์เชื้อเพลิงนั้นมีความพยายามที่จะลดการใช้พลังงานของเซลล์เชื้อเพลิง ระหว่างการทำางานลงหรือทำให้ประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงสูงขึ้น เช่น การรวมหน่วยผลิตไอกิจกรรมเข้ากับเซลล์เชื้อเพลิง เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งกันและกันและสามารถลดปริมาณพลังงานที่ต้องจ่ายลง

- ข้อจำกัดด้านเสถียรภาพและประสิทธิภาพ เพื่อจะแข่งขันกับเทคโนโลยีผลิตพลังงานอื่นๆ ประสิทธิภาพ และอายุการใช้งานของเซลล์เชื้อเพลิงเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในเชิงพาณิชย์ โดยปกติแล้วอายุการใช้งานของอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าเพื่อประโยชน์ในโรงงานอุตสาหกรรม หรืออาคารบ้านเรือนควรสูงกว่า 40,000 ชั่วโมง ส่วนการใช้ประโยชน์ในยานยนต์ควรสูงกว่า 5,000 ชั่วโมง แต่ในปัจจุบันเสถียรภาพหรืออายุการใช้งานของเซลล์เชื้อเพลิงยังไม่สูงขนาดนั้น ซึ่งปัจจัยที่ทำให้เซลล์เชื้อเพลิงมีอายุการทำงานสั้นลงกว่าที่ควรจะเป็นคือ ความสะอาดของเชื้อเพลิงที่ใช้และอุณหภูมิการใช้งาน
- ข้อจำกัดในเบื้องต้นของระบบควบคุม เนื่องจากการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงประกอบด้วยส่วนต่างๆ มากมาย ดังนั้น ระบบการควบคุมที่ดี เช่นระบบควบคุมเชื้อเพลิงที่ใช้ระบบควบคุมการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงที่ประกอบกันและระบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จึงเป็นสิ่งสำคัญซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาและรายงานผลความสำเร็จในเรื่องเหล่านี้มากนัก

สรุปและข้อเสนอแนะ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการพัฒนาแล้วต่างๆ ทั่วโลก กำลังเร่งพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อสังเคราะห์เชื้อเพลิงทดแทนหรือเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่ขึ้นมาเพื่อใช้แทนที่น้ำมันดิบซึ่งกำลังจะหมดลง นอกจากนั้นเซลล์เชื้อเพลิงก็เป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีที่แต่ละประเทศทั่วโลกกำลังศึกษาวิจัยกันอย่างแพร่หลายเพื่อให้สามารถใช้งานได้จริงในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากข้อดีในแง่ของประสิทธิภาพและความหลากหลายของเชื้อเพลิงที่สามารถเลือกใช้ได้ รวมถึงการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ในส่วนของเทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิงนั้นประเทศไทยเพิ่งจะเริ่มศึกษาและทำการวิจัยเทคโนโลยีดังกล่าวเมื่อไม่นานมานี้ ดังนั้นศักยภาพความก้าวหน้าของงานวิจัยจึงเป็นรองประเทศที่มีเงินสนับสนุนงานวิจัยและทำการวิจัยเทคโนโลยีดังกล่าวมาเป็นเวลานานอยู่มาก สิ่งที่ประเทศไทยน่าจะทำได้ในสถานการณ์ปัจจุบันคือ การศึกษาเทคโนโลยีดังกล่าวจากต่างประเทศ และนำมาปรับปรุงให้สามารถใช้งานได้ในสภาวะที่เหมาะสมกับประเทศไทยมากที่สุด ซึ่งประเทศไทยมีข้อได้เปรียบของการใช้เทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิง คือ ประเทศไทยมีเชื้อเพลิงที่สามารถใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีดังกล่าวเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้ามากมาย เช่น แก๊สธรรมชาติ แก๊สชีวภาพ วัสดุชีวมวล ถ่านหิน หรือแม้แต่ไบโอดอกานanol ซึ่งหากประเทศไทยสามารถสร้างเทคโนโลยีในการเปลี่ยนวัตถุดิบดังกล่าวไปเป็นแก๊สสังเคราะห์ หรือไฮโดรเจน เพื่อใช้งานในเซลล์เชื้อเพลิงได้ ถึงแม้ในอนาคตประเทศไทยต้องซื้อเทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิงจากต่างประเทศเข้ามา ก็จะเป็นการลดต้นทุนของประเทศไทยซึ่งมากมาย อีกทั้งการสร้างเทคโนโลยีการแปลงสภาพเชื้อเพลิงขึ้นมาเองเพื่อใช้กับวัตถุดิบที่มีอยู่ในประเทศไทย จะทำให้ประสิทธิภาพของระบบโดยรวมสูงกว่าการซื้อเทคโนโลยีทั้งระบบมาจากต่างประเทศเนื่องจากสมบัติที่แตกต่างกันของวัตถุดิบในแต่ละประเทศ เช่น ในกรณีของแก๊สธรรมชาติของประเทศไทยซึ่งมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงมากเมื่อเทียบกับประเทศอื่นๆ การเลือกสภาวะของระบบผลิตไฮโดรเจนและการเลือกตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้เพื่อให้สามารถผลิตไฮโดรเจนให้ได้มากที่สุด จะแตกต่างกับเทคโนโลยีการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากแก๊สธรรมชาติที่มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อยู่น้อย

ในอนาคตหากประเทศไทยประสบความสำเร็จในการสร้างเทคโนโลยีเพื่อแปลงสภาพวัตถุดิบต่างๆ ไปเป็นแก๊สสังเคราะห์แล้ว ขั้นต่อมาที่ควรเร่งศึกษาวิจัยคือ การเปลี่ยนวัตถุดิบที่มีอยู่หรือเปลี่ยนแก๊สสังเคราะห์ที่ผลิตได้ไปเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่ชนิดต่างๆ โดยอาศัยการต่อยอดงานวิจัยที่ประเทศพัฒนาแล้วได้ทำการวิจัยมาบนอกจากนั้นประเทศไทยควรมีการศึกษาความเป็นไปได้กว่าเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่ชนิดใดที่มีความเหมาะสมในการใช้งานในประเทศไทยที่สุดควบคู่กันไปด้วย



บทที่ 11

พลังงานนิวเคลียร์

สุทธิศัน พาก沙ນ¹

หากพิจารณาการค้นพบวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมาทั้งหมด จะเห็นว่าการพนบประภากฎธรรม์แบ่งแยกนิวเคลียสหรือนิวเคลียร์ฟission (nuclear fission) เมื่อ 67 ปีก่อน เป็นการค้นพบที่ให้ผลกระทบกว้างไกล เพราะทันทีที่นักฟิสิกส์และนักเคมีเข้าใจรวมชาติของประภากฎธรรม์นี้ดี เขาก็รู้ความสำคัญของมันภายในเวลารวดเร็วว่ามีคือแหล่งกำเนิดพลังงานชนิดใหม่ของมนุษย์ ประจุบขนาดนั้นเกิดส่วนรวมโลกครั้งที่สอง บรรดาคนวิทยาศาสตร์จึงระดมพลังคิดประยุกต์ประภากฎธรรม์นี้สร้างระบบเปิดป্রมาณูเพื่อพิชิตส่วนรวม การค้นพบนี้ จึงเปลี่ยนสถานภาพของสมดุลทางทหารและการเมืองของโลกอย่างถาวร และเมื่อสังคมยุติสารกัมมันตรังสีที่เกิดจากปฏิกิริยาฟissionก็ยังถูกนำไปใช้เป็นประโยชน์ทั้งในการแพทย์ การเกษตร และการวิจัยวิทยาศาสตร์ต่างๆ รวมทั้งสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ด้วย

ประวัติศาสตร์ได้บันทึกไว้ว่าโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในโลก ถือกำเนิดเมื่อ 50 ปี ก่อนนี้ เพาะะในปี พ.ศ. 2499 เตาปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่ Calder Hall ในอังกฤษได้เริ่มจ่ายกระแสไฟฟ้าให้คนอังกฤษใช้ และอีก 1 ปีต่อมา

¹ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สหรัฐอเมริกาสร้างมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์โรงแรกที่เมือง Shippingport ในรัฐ Pennsylvania ในปี พ.ศ. 2502 ฝรั่งเศสก็เป็นประเทศที่สามที่มีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์อีก 5 ปีต่อมา รัสเซียก็เริ่มมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์บ้าง โดยชาติที่พัฒนาแล้วเหล่านี้ทุกชาติเชื่อว่า ถ้านำเทคโนโลยีนิวเคลียร์ออกขายให้แก่ประเทศที่ด้อยพัฒนา ภารชาตย์จะนำเงินมหาศาลเข้าประเทศ

แต่ในสายตาของสังคมที่ไม่เห็นด้วยกับความคาดหวังในแรกนี้ก็มีมาก โดยได้ตั้งข้อกังขาไว้หลายประเด็น เช่น การก่อสร้างโรงไฟฟ้านินดน้ำต้องใช้เงินมาก และถ้าเกิดอุบัติเหตุ ภัยอันตรายจากกัมมันตรังสีร้ายกาลจะมาคลั่งนอกจานนี้ เตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ก็ยังสามารถนำไปดัดแปลงใช้ในการผลิตระเบิดปรมาณูได้ด้วย ซึ่งนั่นก็หมายความว่า นักวิทยาศาสตร์สามารถดัดแปลงโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ไปสร้างระเบิดหมาประลัยได้ ถ้าต้องการ !

ณ วันนี้ กว่า 30 ประเทศทั่วโลกมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ 441 โรง วิศวกรประมาณว่า ในปัจจุบันร้อยละ 20 ของไฟฟ้าที่ผลิตในอังกฤษ และสหรัฐอเมริกาได้จากพลังงานนิวเคลียร์ หรือถ้าคำนวนปริมาณการใช้ไฟฟ้าของคนทั่วโลก ก็จะพบว่าร้อยละ 16 ของไฟฟ้าที่โลกใช้ได้จากพลังงานนิวเคลียร์ โดยเฉพาะในฝรั่งเศสซึ่งมีเรွโนเมียมมากพอสมควร วิศวกรประมาณว่าร้อยละ 78 ของไฟฟ้าที่ฝรั่งเศสผลิตได้มาจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ สำหรับประเทศไทยในตะวันออกกลางและแอฟริกาที่ยากจนก็ยังมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ถึง 2 โรง สถิติชี้บอกแนวโน้มว่า ในอนาคตโลกจะใช้ไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มากเป็น 3 เท่าของการใช้เมื่อ 20 ปีก่อน

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศไทยต่างๆ นักจากในอินเดีย ในทุกวันนี้ ต่างก็ใช้เรโนเมียมเป็นเชื้อเพลิงทั้งสิ้น อยู่เรโนเมียมในรวมชาติมีเลขอะตอม 92 (เลขอะตอมคือ จำนวนprotoon ที่มีในนิวเคลียส ดังนั้นนิวเคลียสของเรโนเมียม จึงมีอนุภาคprotoon 92 ตัว) จึงนักจากจะเป็นชาติธรรมชาติที่หนักที่สุดแล้ว ยังเป็นชาติกัมมันตรังสีด้วย ดังที่ Henri Becquerel ได้พบในปี พ.ศ. 2439 ว่า สารประกอบ potassium uranyl sulfate เปล่งรังสีแกรมมา อัลฟ่า และเบตา

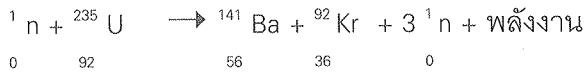
สำหรับนักธรณีวิทยานั้นก็ได้พบว่า โลกมีเรโนเมียมประมาณ 2.7 ส่วนในล้านส่วน ดังนั้นโลกจึงมีเรโนเมียมมากกว่าดีบุก แต่เรโนเมียมที่โลกมีมีได้อยู่ในสภาพบริสุทธิ์ แต่จะแห้งเป็นองค์ประกอบอยู่ในแร่ pitchblende ซึ่งแร่

ชนิดนี้อาจมีญูเรเนียมปนอยู่ตั้งแต่ร้อยละ 1-10 การสำรวจทางธรณีวิทยา ยังแสดงให้เห็นอีกว่า ประเทศที่มีแร่ญูเรเนียมมาก คือ แคนาดา ออสเตรเลีย ในจีเรีย รัสเซีย คาซัคสถาน และญูเครน

ปฏิกิริยาฟิชัน (Fission)

ตามปกติญูเรเนียมมีไอโซโทป (isotope) สองรูปแบบ คือ U-238 กับ U-235 (ไอโซโทป คือ กลุ่มธาตุที่มีจำนวนprotoon ในนิวเคลียสเท่ากัน ดังนั้น U-238 กับ U-235 จึงต่างก็มีจำนวนprotoon ในนิวเคลียสเท่ากับ 92 แต่มีจำนวนนิวตรอนต่างกันคือ $238 - 92 = 146$ และ $235 - 92 = 143$ ตัว (ตามลำดับ) ญูเรเนียมที่พบในธรรมชาติ ประมาณร้อยละ 99.3 เป็น U-238 ส่วนที่เหลือร้อยละ 0.7 เป็น U-235 และนักวิทยาศาสตร์ยังพบอีกว่า U-238 มีครึ่งชีวิตเท่ากับ 4500 ล้านปี ซึ่งนานประมาณคราบุกโลก ส่วน U-235 นั้นมีครึ่งชีวิตนาน 0.71 พันล้านปี ซึ่งนั่นก็หมายความว่าตั้งแต่โลกถือกำเนิด ครึ่งหนึ่งของ U-238 ที่โลกเคยมี ได้สลายไปแล้ว และร้อยละ 99 ของ U-235 ที่โลกเคยมี ก็ได้สลายไปแล้วเช่นกัน การวัดปริมาณ U-235/ U-238 ณ เวลาต่างๆ จึงทำให้มักวิทยาศาสตร์สามารถถืออุปทานของโลกได้ เพราะเหตุว่า U-238 มีครึ่งชีวิตที่นาน ดังนั้น มันจึงสลายตัวช้า มีผลให้พลังงานที่เกิดจากการสลายตัวน้อยและนีกีดีอ่อนเพลีย แต่เมื่อ U-238 มีอุณหภูมิสูงมาก ในขณะที่ U-235 สลายตัว “เร็ว” ดังนั้น กระบวนการปล่อยพลังงานที่เกิดอย่างรวดเร็ว จึงทำให้อุณหภูมิของสารประกอบของ U-235 ค่อนข้างสูง

ทั้งๆ ที่เป็นธาตุญูเรเนียมเหมือนกัน แต่ก็มีเพียง U-235 เท่านั้นที่ให้พลังงานนิวเคลียร์ ทั้งนี้เพราะนิวเคลียสของ U-238 จะไม่แบ่งแยกตัวเวลารับนิวตรอนเข้าไป แต่นิวเคลียสของ U-235 เมื่อถูกยิงด้วยอนุภาคนิวตรอนที่มีความเร็วไม่สูง มันจะหลอมรวมเป็นนิวเคลียสใหม่ที่ไม่เสถียร แล้วในเวลาต่อมา จึงจะแบ่งตัวเป็นนิวเคลียสขนาดเล็กสองนิวเคลียส และพร้อมกันนั้นก็มีอนุภาคนิวตรอนตัวใหม่เกิดขึ้น 3 ตัวด้วย ดังสมการ



(สัญลักษณ์นิวเคลียร์ที่ใช้นี้กำหนดให้ตัวอักษรแทนธาตุ ก คือ neutron, U คือ uranium, Ba คือ barium และ Kr คือ krypton ตัวเลขบน เช่น 235 คือ มวลอะตอม (atomic mass) ซึ่งบอกจำนวนโปรตอนและนิวตรอนในนิวเคลียส ตัวเลขล่าง เช่น 92 คือ เลขมวล (mass number) ซึ่งบอกจำนวนโปรตอนในนิวเคลียส ดังนั้น $^{235}_{92}\text{U}$ คือ นิวเคลียสของยูโรเนียม ซึ่งมีโปรตอน 92 ตัว และนิวตรอน $235 - 92 = 143$ ตัว)

สมการข้างบนจึงหมายความว่า นิวเคลียสของยูโรเนียม 1 ตัว เมื่อถูกอนุภาคนิวตรอนพุ่งชน ได้แยกตัวเป็นแบบเรียบกับคริบตอน และมีอนุภาคนิวตรอนเกิดขึ้นอีก 3 ตัว เพราะมวลของ U-235 และนิวตรอนเวลารวมกันมีค่ามากกว่ามวลของ Ba-141 กับ Kr-92 และนิวตรอนทั้ง 3 ตัว ดังนั้น มวลที่หายไป จึงถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงาน ตามสมการ $E = mc^2$ ของ Einstein (เมื่อ E คือ พลังงานที่เกิดขึ้น m คือ มวลที่หายไป และ c คือ ความเร็วแสง)

ปฏิกิริยานิวเคลียร์ข้างบนทำให้เราเห็นได้ว่าก่อนปฏิกิริยาเรามีอนุภาคนิวตรอน 1 ตัว และหลังปฏิกิริยา เรา มีนิวตรอนเกิดใหม่ 3 ตัว ดังนั้น นิวตรอนที่เกิดใหม่จะพุ่งชนนิวเคลียสของ U-235 ที่ยังไม่แบ่งแยกตัวต่อไป ซึ่งก็จะทำให้เกิดอนุภาคนิวตรอนตัวใหม่อีก เช่นนี้ไปเรื่อยๆ นี่คือปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) และเมื่อได้ก็ตามที่นิวเคลียส U-235 แบ่งแยกตัว (fission) พลังงาน ก็จะเกิด ด้วยเหตุนี้ปฏิกิริยาลูกโซ่จึงให้พลังงานมหาศาล ซึ่งถ้าควบคุมได้ก็จะเป็นประโยชน์คือใช้ในการสร้างเตาปฏิกิริยานิวเคลียร์แต่ถ้าควบคุมไม่ได้ ก็จะเป็นประโยชน์เช่นกัน คือ ใช้ในการสร้างระเบิดปรมาณุ

เตาปฏิกิริยานิวเคลียร์

ถ้าจำนวนนิวตรอนที่เกิดในปฏิกิริยาลูกโซ่เริ่มควบคุม หรือไร้การจำกัดจำนวน พลังงานจะถูกปล่อยออกมากถึงระดับระเบิด ดังนั้น เตาปฏิกิริยานิวเคลียร์จึงต้องมีระบบความปลอดภัยควบคุมจำนวนนิวตรอนที่เกิดใหม่ให้จำนวนนิวตรอนในเตาปฏิกิริยานิ่งเปลี่ยนแปลง เพื่อให้พลังงานที่เกิดขึ้นถูกปล่อยออกมาย่างสม่ำเสมอซึ่งสามารถกระทำได้โดยนำแท่งควบคุม (control rod) ที่อาจมีลักษณะเป็นแผ่นหรือห่อ ซึ่งทำด้วย boron หรือ cadmium

หรือ hafnium เพราะธาตุเหล่านี้สามารถดูดกลืนนิวตรอนได้ดี ดังนั้น เมื่อวิศวกรนำแท่งควบคุมที่เลื่อนขึ้น-ลงได้นี้ เสียบลงท่ามกลางแท่งญูเรเนียม หากแท่งควบคุมถูกหย่อนลึกในแกนของเตาปฏิกิริยานั้นจะดูดกลืนนิวตรอนไปเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ปฏิกิริยาฟิชชันเกิดช้าลง แต่ถ้าดึงแท่งควบคุมขึ้น นิวตรอนที่เกิดใหม่จะถูกดูดกลืนน้อยมีผลให้ปฏิกิริยาฟิชชันเกิดเร็วขึ้น

ตามปกติเตาปฏิกิริยานิวเคลียร์ทุกเตาได้รับการออกแบบให้แท่งควบคุมสามารถยับยั้งปฏิกิริยาฟิชชันให้หยุดทำงานอย่างสมบูรณ์ภายในเวลา rádiation ก่อนที่เตาปฏิกิริยานั้นจะระเบิด แต่คุบติดเหตุที่เกิดเมื่อ 20 ปีก่อน เมื่อเตาปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่ Chernobyl ในรัสเซียระเบิดในเดือนเมษายน พ.ศ. 2529 การสอบสวนสาเหตุทำให้รู้ว่าอุบัติเหตุเกิดเพราะเจ้าน้ำที่ดึงแท่งควบคุมออกจากแกนจนเกือบหมดทำให้ปฏิกิริยาฟิชชันเกิดอย่างไร้การควบคุมทำให้แกนของเตาปฏิกิริยามีอุณหภูมิสูงมากจนไฟลุกใหม่ ก้มมันตั้งสีจิ้งรักไว้ให้อกมา มีผลทำให้คนที่อยู่ในบริเวณโรงไฟฟ้า 9,000 คน ต้องเสียชีวิต เพราะพิษก้มมันตั้งสีในเวลาต่อมา

เพราะเหตุว่าอนุภาคนิวตรอนที่เกิดใหม่ในปฏิกิริยาฟิชชันทุกปฏิกิริยา มีความเร็วสูง มันจึงไม่ทำปฏิกิริยากับ U-235 ซึ่ง Fermi ได้พบว่า จะมีแต่นิวตรอนความเร็วต่ำเท่านั้นที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ได้ ดังนั้นกระบวนการทำให้นิวตรอนเคลื่อนที่ช้าลงจึงเป็นเรื่องจำเป็น ด้วยเหตุนี้บริเวณรอบแท่งควบคุม และแท่งเชือเพลิง จึงต้องมีตัวหน่วงความเร็ว (moderator) ของนิวตรอนห้องล้อมตัวหน่วงนี้ทำหน้าที่หน่วงความเร็วของนิวตรอนที่เกิดจากปฏิกิริยาฟิชชันให้เคลื่อนที่ช้าลง ตัวหน่วงความเร็วนี้นิยมใช้คือน้ำ หรือน้ำวัลหนัก (heavy water) ซึ่งประกอบด้วยธาตุ deuterium กับ oxygen (deuterium คือ isotope หนึ่งของไฮโดรเจนซึ่งนิวเคลียสของมันมี proton และนิวตรอนอย่างละตัว) หรือกราไฟท์ ซึ่งทำหน้าที่ช่วยลดความเร็วของนิวตรอน จนกระทั่งมีอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิของแกนเชือเพลิง เราเรียกนิวตรอนประเภทนี้ว่า นิวตรอนร้อน (thermal neutron) เพราะมีพลังงานตั้งแต่ 0.02-0.5 eV (electron volt) หรือมีความเร็วประมาณ 2,200 เมตร/วินาที ที่อุณหภูมิห้อง และนิวตรอนช้านี้ คือ ปั๊จจัยสำคัญที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่

เพรະตามปกติเตาปฏิกรณ์ปرمາณจะปลดปล่อยพลังงานปริมาณมหาศาล เช่น ถ้าใช้เชื้อเพลิงออกไซด์ผสม (mixed oxide fuel MOX) ที่มีมุนเรนี้มร้อยละ 96 กากร้อยละ 3 และพัลลาเดียมร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก จะพบว่า MOX ที่น้ำหนัก 6 กรัมจะให้พลังงานมากเท่ากัน 1 ตัน และเชื้อเพลิง MOX ที่น้ำหนัก 18 กรัม สามารถให้พลังงานแก่ครอบครัว 1 ครอบครัว ได้นาน 1 ปี ดังนั้น การมีของเหลวเย็นๆ หล่อเลี้ยงแกนกลางเพื่อรับความร้อนออกจากการแกนจะเป็นเรื่องจำเป็น ด้วยเหตุนี้เตาปฏิกรณ์บางเตาจึงใช้น้ำที่ถูกอัดด้วยความดันสูงเป็นสารทำให้เย็น (coolant) และเป็นตัวห่วงความร้อน นิตรอนด้วย แต่บางเตาอาจใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์หรือโซเดียมเหลว หรือโลหะผสมโซเดียมโพแทสเซียมเป็นตัวทำให้เย็นก็ได้ และเมื่อสารทำให้เย็นมีอุณหภูมิสูงขึ้น มันจะถูกดูดออกโดยผ่านตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger) ซึ่งจะถ่ายโอนความร้อนที่เกิดสูญเสียให้เกิดไอน้ำที่มีความดันสูงมาก จากนั้นไอน้ำความดันสูงนี้ก็จะถูกส่งไปหมุนเทอร์บิน (turbine) เพื่อขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (generator) ที่จะให้กำเนิดกระแสไฟฟ้าต่อไป ในภาพรวมเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์จะเบรียบเสมือนเครื่องจักรความร้อนที่ทำหน้าที่นำความร้อนจากแกนเตาสู่น้ำเย็นที่ทำหน้าที่หล่อเลี้ยงแกน และถ้าอุณหภูมิของแกนกับอุณหภูมิของน้ำหล่อเลี้ยงแกนแตกต่างกันมาก พลังงานความร้อนที่จะถูกนำไปสร้างพลังงานไฟฟ้าก็จะยิ่งมาก เตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ส่วนมากมีอุณหภูมิที่แกนกลางสูงประมาณ 300 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของน้ำที่ใช้หล่อเลี้ยงแกนสูงประมาณ 20 องศาเซลเซียส แต่ในบางเตาอุณหภูมิอาจแตกต่างกันถึง 550 องศาเซลเซียส และสำหรับคำถามที่ว่า เหตุใดประสิทธิภาพการทำงานของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จึงเป็นเพียงร้อยละ 30 เท่ากันของ คำตอบก็มีว่า สองในสามของพลังงานที่เกิดขึ้นในเตาชนิดนี้ถูก白白ย่อออกในรูปของความร้อนและพลังงานหนึ่งในสามที่เหลือถูกนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้า ส่วนในกรณีโรงไฟฟ้าถ่านหินนั้น ประสิทธิภาพการทำงานอาจสูงถึงร้อยละ 40

นอกจากข้อด้อยนี้แล้ว ในทางปฏิบัติจะพบว่า เมื่อโรงงานจะผลิตกระแสไฟฟ้า เจ้าน้ำที่ผู้ควบคุมเตาต้องใช้เวลาหลายวันในการตรวจสอบความพร้อมของเตา หรือเมื่อต้องการหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้า กระบวนการปิดเตาแก้ต้องใช้เวลานานหลายวันเนื่องกัน ด้วยเหตุนี้วิศวกรรมจึงใช้วิธีปล่อยให้เครื่องเดินอย่างสม่ำเสมอ มากกว่าจะปิดๆ เปิดๆ เครื่อง

ปัญหารังสีแกรมมาที่เกิดจากเตาปฏิกรณ์เป็นปัญหาสำคัญที่จะต้องป้องกันไม่ให้รั่วไหลถึงผู้คน เพราะจะทำให้คนเหล่านั้นเป็นมะเร็งได้ซึ่งก็ทำได้โดยใช้แผ่นตะกั่วหนาขอบล้อมเตาโดยรอบ

คนที่ว่าไปเล่าได้ยินคำว่า “กัมมันตรังสี” มักคิดถึงระเบิดปรมาณูหรือโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ และมักคิดต่อไปว่า เมื่อประเทคโนโลยีมีถูกใจมตีด้วยระเบิดนิวเคลียร์ และไม่มีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ กัยกัมมันตรังสีก็ยังไม่มี แต่ความจริงมีว่า ร่างกายคนได้รับกัมมันตรังสีตลอดเวลา ทั้งนี้เพราะนักวิทยาศาสตร์ประมาณว่าร้อยละ 87 ของกัมมันตรังสีที่ร่างกายได้รับ เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และร้อยละ 13 ที่เหลือเกิดจากฝีมือมนุษย์ โดยเฉพาะเกล้ายเรเนียมและทอยเรียมได้โลกลสลายตัว มันจะปล่อยพลังงานความร้อนออกมานะ และพลังงานความร้อนนี้เองที่ทำให้สิ่งมีชีวิตชนิดแรกๆ ของโลกถือกำเนิด ณ วันนี้ การปล่อยพลังงานความร้อนที่ได้จากการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีได้มากถึงด้านในและด้านภายนอก แต่หากใช้ในแต่ละวันด้วย

นอกจากกัมมันตรังสีแล้วร่างกายยังได้รับกัมมันตรังสีจากสิ่งต่างๆ บนโลก และเนื้อโลกด้วย เช่น จากจรวดทัศน์จากเอกซ์เรย์ และจากรังสีคอสมิก กัมมันตรังสีเหล่านี้อาจเข้าสู่ร่างกายคนในลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรืออนุภาค หรือทั้งสองอย่าง การสำรวจทำให้นักวิทยาศาสตร์รู้ว่าร่างกายได้รับรังสีโดยเฉลี่ย 0.0022 Sv ทุกวปี (Sv เป็นอัตราเรย์มจากคำ *silvert* ซึ่งเป็นหน่วยวัดกัมมันตรังสี) และตลอดชีวิตร่างกายจะได้รับกัมมันตรังสี รวมชาติเท่ากับ 0.150 Sv ซึ่งไม่มากพอที่จะทำให้คนล้มป่วยหรือล้มตาย เมื่อครั้งที่โรงไฟฟ้า Chornobyl ในรัสเซียระเบิด ปริมาณรังสีในบริเวณที่เกิดเหตุมีมากเท่ากับ $0.006-0.06 \text{ Sv}$ ซึ่งนับว่าสูงมาก จนวัสดุบรรจุรังสีที่ต้องสังเคราะห์ คน 270,000 คน ออกจากพื้นที่อันตรายทันที

ถึงแม้อุบัติเหตุจะสามารถเกิดได้ และการล้วงภัยกัมมันตรังสีเป็นเรื่องสมควรแต่เจ้าก็ไม่ควรกลัวจนเกินไปโดยไม่คำนึงว่าภัยนั้นจะน้อยเพียงใด แม้เมื่อกับการล้วงว่าอาการที่ร้อน 30 องศาเซลเซียส จะฆ่าเราได้จากสาเหตุ เพราะอุณหภูมิผิดวงอาทิตย์สูงถึง 6,000 องศาเซลเซียส จนสามารถเผา夷เราทั้งเป็นได้ สำหรับประเด็นภัยกัมมันตรังสีที่จะทำให้ร่างการล้มเจ็บนั้นงานวิจัยทางการแพทย์ได้แสดงให้เห็นชัดว่า เวลาเซลล์สร้างพลังงานและร่างกายกำลังเติบโต DNA ในเซลล์จะถูก “ทำร้าย” ด้วยอนุนุลิสระ 70 ล้าน

ครั้งต่อไป แต่ร่างกายเรามีระบบภูมิคุ้มกันที่ทำหน้าที่ซ่อมแซม DNA ตลอดเวลา เราจึงมีชีวิตอยู่ได้ รังสีที่ร่างกายได้รับก็เข่นกัน ตามปกติสามารถทำร้าย DNA ได้ เช่น ถ้าร่างกายได้รับรังสี 0.0022 Sv ต่อปี ซึ่งจะเท่ากับการที่ DNA ถูกทำร้าย 5 ครั้ง ใน 1 ปี เรายังไม่ควรกังวลในเรื่อง DNA ถูกทำร้ายมากและเมื่อข้อมูลเกี่ยวกับก้มมันตัวรังสีเป็นเช่นนี้ คำเตือนจึงมีว่า แล้วเหตุใดคนทั่วไปจึงกลัวภัยชนิดนี้มาก Z. Jaworoski แห่ง Central Laboratory for Radiological Protection ที่กรุง Warsaw ในโปแลนด์ ได้ให้เหตุผลหลายประการว่า

1. ความกลัวว่า ถ้าระเบิดปรมาณูจะเบิดอีก ผู้คนจะล้มตายเหมือนกรณีที่เกิดที่เมือง Hiroshima กับ Nagasaki ในปี พ.ศ. 2488
2. การรณรงค์เชิงจิตวิทยาของนักการเมือง ให้ประชาชนกลัวอาชญากรรมเคลื่อนย้าย
3. บริษัทนำมันซึ่งมีผลประโยชน์ได้โฆษณาให้ผู้คนกลัวโรงไฟฟ้าปรมาณู
4. นักวิทยาศาสตร์ที่ทำงานวิจัยด้านนี้ (บางคน) ได้กระตุ้นสังคมให้กลัวภัยโรงไฟฟ้าปรมาณู เพื่อของบประมาณในการทำวิจัยของตน
5. หนังสือพิมพ์ต้องการซื้อขายสำหรับขายขาด เพราะข่าวร้ายขายดี
6. นักการเมือง (บางคน) กลัวก้มมันตัวรังสีจนเกินควร
7. ความเชื่อผิดๆ ที่ว่า ที่ได้ก็ตามมีก้มมันตัวรังสี ร่างกายจะเป็นอันตราย

การไม่รู้จริงเกี่ยวกับก้มมันตัวรังสี และคิดว่าก้มมันตัวรังสีจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะฆ่าชีวิตทุกชีวิตจนหมดสิ้นนั้น สามารถทำให้บุคคลวิตกกังวลมาก แต่ความจริงก็มีว่าในระหว่างปี พ.ศ. 2488-2523 โลกได้เห็นการทำทดลองระเบิดปรมาณูในอากาศ 541 ครั้ง ซึ่งคิดเป็นระเบิด TNT ที่หนัก 440 ล้านตัน ซึ่งมีผลทำให้บรรยายกาศของโลกล่มพลุโตเนียม 3 ตัน ถึงกระนั้นผลโลกรุกวนนี้ก็ยังมีชีวิตอยู่ หาได้ล้มตายไม่ เพราะปริมาณรังสีที่ได้รับ จากการทดลองมีค่า 0.001 Sv เท่านั้นเอง และถึงแม้จะระเบิดปรมาณู 50,000 ลูก จะระเบิดพร้อมกันในสถานที่เดียวกันก็ตามแต่คนที่ถูกก็จะได้รับก้มมันตัวรังสีเพิ่มอีกเพียง 0.055 Sv เท่านั้นเอง ซึ่งนับว่าน้อยกว่า 3 Sv ที่สามารถฆ่าคนได้ทันที ด้วยเหตุนี้ ถ้าวันหนึ่งประเทศไทยจำต้องมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เพราะราคาน้ำมันแพงมาก เรายังมั่นใจว่า ถ้าเรามีมาตรการควบคุมเดาปฏิกรณ์ ปรมาณูที่ภัยก้มมันตัวรังสีจากชาติอื่นจะมีบ้างแต่ก็สามารถป้องกันได้

ปฏิกิริยาฟิวชัน (fusion)

พิชชันมีได้เป็นกระบวนการสร้างพลังงานจากปฏิกิริยานิวเคลียร์แต่เพียงวิธีเดียว เพราะนักฟิสิกส์ได้พบว่า เมื่อนิวเคลียลีสของธาตุเบา เช่น ไฮโดรเจน ถูกอัดให้หดลงรวมกันเป็นนิวเคลียลีสของธาตุที่หนักกว่า เช่น ไฮเดรียม ปฏิกิริยานี้จะให้พลังงานมหาศาล นักฟิสิกส์เรียกปฏิกิริยานี้ว่า พิวชัน ซึ่งนอกจากจะให้พลังงานและใช้ทำระเบิดไฮโดรเจนแล้ว พิวชันยังเป็นวิธีที่ดีของอาทิตย์ ใช้ในการให้กำเนิดพลังงานแสงและความร้อนแก่โลกด้วย

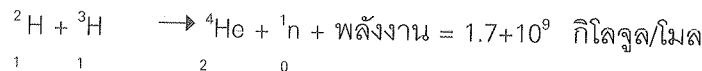
การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากพิวชันและพิชชันแสดงให้รู้ว่าพิวชันปล่อยพลังงานได้มากกว่าพิชชัน และนอกจากประเด็นนี้แล้ว พิวชันก็ยังไม่ทำให้เกิดสารกัมมันตรังสีที่มีพิษต่อชีวิตด้วย หรือแม้แต่ธาตุที่จำเป็นต้องใช้ในการสร้างปฏิกิริยาพิวชัน ได้แก่ ไฮโดรเจน ที่มีอยู่ในน้ำทะเล ซึ่งมากพอให้มนุษย์มีพลังงานใช้ได้อีกนาน 5,000 ล้านปี ในขณะที่โลกมีอายุเรเนียมให้มนุษย์ใช้ในการทำพิชชันอีกนานเพียง 200 ปีเท่านั้นเอง

นอกจากเหตุผลเหล่านี้ จุดเด่นนิวเคลียร์ที่ Chernobyl การก่อการร้ายระเบิดโรงไฟฟ้าปรมาณู และการขาดแคลนน้ำมันในอนาคต ที่นับจะทวีความรุนแรงขึ้นทุกวัน ภัยเช่นนี้ล้วนทำให้นักวิทยาศาสตร์หันมาสนใจการสร้างพลังงานโดยพิวชันมากขึ้น แต่ความรู้เรื่องนี้ยังก้าวหน้าไม่มากพอยที่จะนำพิวชันมาผลิตกระแสไฟฟ้าให้มนุษย์ใช้ได้ตลอดเวลา 50 ปีที่ผ่านมา呢 ทั้งนี้เพราะการที่จะทำให้นิวเคลียลีสต่างๆ หลอมรวมกันนั้นยากมาก สิบเนื่องจากการที่นิวเคลียลีสของธาตุทุกชนิดมีประจุบวก เมื่อถูกอัดให้รวมกัน แรงไฟฟ้าระหว่างประจุบวกจะต่อต้านการร่วมกันทุกวิถีทาง แต่ถ้าเราทำให้尼วเคลียลีสมีอุณหภูมิสูงถึง 100 ล้านองศาเซลเซียส ซึ่งมากกว่าอุณหภูมิที่จุดศูนย์ก菽ของดวงอาทิตย์รวม 6 เท่า นิวเคลียลีสจะพุ่งชนกันอย่างรุนแรง การใช้สนามแม่เหล็กความเข้มสูงควบคุมการหลอมรวม หรือการใช้เลเซอร์ พลังงานสูงระดมยิงเม็ด lithium deuteride จนอุณหภูมิของเม็ดสูงถึง 1 ล้านองศาเซลเซียส จะทำให้อะตอมที่ผิวของเม็ดระเหยออก มีผลให้เกิดความดัน 100 ล้านล้านบรรยากาศคัดเม็ดจนมีขนาดเล็กลง 2,000 เท่า ในภาวะที่อุณหภูมิและความดันสูง เช่นนี้ นักฟิสิกส์ได้พบว่า นิวเคลียลีสของ deuterium (ซึ่งเป็นไฮโดรเจนหนึ่งของไฮโดรเจน ที่นิวเคลียลีสของมันมีนิวตรอนและโปรตอนอย่าง

(ลดัก) ให้พลังงานได้น้อยคือ ประมาณร้อยละ 1 ของพลังงานที่ให้ ดังนั้น โครงการพิวชันลักษณะนี้จึงให้ผลได้ไม่คุ้มเสีย สำหรับการทดลองสร้างพิวชันอีกกรูปแบบหนึ่งนั้น นักพิสิกส์ใช้อุปกรณ์รูปโดนักทดลองนี้มีข้อเรียกว่า Tokamak และก็ได้พบว่า เวลาอุ่นหดลองปล่อยแสงเลเซอร์พลังงานสูงผ่านแก๊สผสมของ deuterium กับ lithium แก๊สจะมีอุณหภูมิสูงมากจนอะตอมแตกตัวเป็นไอออน นั่นคือ อะตอมได้ถูกแยกออกจากเด็กอน พลазมา (plasma) และถ้าพลasma มาถูกสนามแม่เหล็กความเข้มสูงอัดช้ำ นิวเคลียสของดิวทีเรียมกับทวิเทียม จะพุ่งชนกันอย่างรุนแรง จนทำให้เกิดอีกน้ำหนึ่งกับนิวตรอน เพราะนิวตรอนไม่มีประจุไฟฟ้าใดๆ ดังนั้นมันจะไม่ถูกสนามแม่เหล็กควบคุม และจะพุ่งออกจากการสนามแม่เหล็กไปชนผนังของ Tokamak ทำให้ผนังมีอุณหภูมิสูงจากนั้นวิศวกรจะนำความร้อนที่เกิดขึ้นนี้ไปต้มน้ำ ทำให้ได้อ่อนน้ำที่สามารถขับเคลื่อนเครื่องยนต์ท่อรีบันที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้อีกด้วย

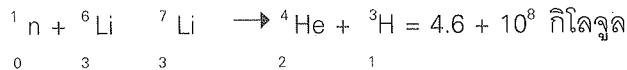
แต่นักพิสิกส์ได้พบว่า ณ วันนี้ เทคนิคนี้ยังไม่สามารถให้พลังงานได้อย่างพอเพียงและต่อเนื่องเป็นเวลานาน ถึงกระนั้นโครงการสร้างพลังงานโดยอาศัยปฏิกริยาพิวชันก็เป็นโครงการที่มีแนวโน้มว่าจะประสบความสำเร็จในอนาคตคือ อีก 30 ปี ทั้งนี้เพราะทะเบียนโลหะ deuterium และ tritium มาก ดังนั้น ปัญหาการขาดแคลนเชื้อเพลิงสำหรับปฏิกริยาพิวชันจึงไม่มีนอกจากนี้ปัญหาด้านกัมมันตรังสีก็ไม่มี เช่นกัน เพราะธาตุที่เกิดจากการรวม deuterium กับ tritium คือ helium ซึ่งไม่เป็นอันตรายใดๆ

ส่วนข้อเสียของการสร้างพลังงานลักษณะนี้คือ เมื่ออนุภาคนิวตรอนพุ่งชนผนัง tokamak ผนังจะถูกยิงเป็นสารกัมมันตรังสี ดังนั้น ในทุก 2-3 ปี ผนังของ tokamak จะต้องถูกเปลี่ยนเพื่อความปลอดภัยของโรงไฟฟ้า และสำหรับแก๊สร้อนใน tokamak นั้นก็จะต้องได้รับการควบคุมไม่ให้สัมผัสผนัง เพราะจะทำให้ผนังหลอมเหลว ซึ่งก็สามารถทำได้โดยใช้สนามแม่เหล็กความเข้มสูงควบคุม ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงได้พบว่า ถ้าใช้ปฏิกริยาพิวชันที่มี deuterium กับ tritium ก็จะได้อีกน้ำหนึ่งกับนิวตรอนและพลังงาน



จากนั้น อนุภาคนิวตรอนที่เกิดขึ้นก็จะรวมกับลิเทียม (^6Li) เป็น ^7Li
 3 3
 ซึ่งจะกลายให้成 tritium

ไฮเดรียม และพลังงานอีกหอดหนึ่งดังปฏิกิริยา



แล้วอนุภาค tritium (^3H) ที่เกิดก็จะรวมกับ deuterium (^2H) อีก
 1 1

เช่นนี้ไปเรื่อยๆ ดังนั้นพลาสม่าใน tokamak จึงประกอบด้วย ^2H , ^3H , ^6Li
 และอิเล็กตรอนมากมาย

ข้อเสียที่สำคัญของเทคโนโลยีฟิวชันคือ พลังงานที่ได้จากการปฏิกิริยา
 นี้ ณ วันนี้ ยังน้อยกว่าพลังงานที่ให้เข้าไปมาก ดังนั้นมันจึงยังไม่เหมาะสม
 สำหรับการนำไปใช้ในการเป็นพลังงานทางเลือกใหม่ของมนุษย์

เมื่อ 50 ปีก่อนที่นักวิทยาศาสตร์ได้เริ่มรู้จักปฏิกิริยาฟิวชัน และโลกมี
 ความหวังมากว่าปฏิกิริยานี้คงสร้างพลังงานให้มนุษย์ใช้อย่างพอเพียง แต่
 เมื่อถึงวันนี้ ความผันผวนนี้ไม่เป็นจริง เพราะเทคโนโลยีฟิวชันเป็น อัลตรา
 ไฮเทค ดังนั้นประเทศไทยต่างๆ ที่ขาดความสามารถไม่ด้านใดด้านหนึ่ง จึงยัง
 ต้องพึ่งพาพลังงาน fosซิล พลังงานให้พิภาค พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงาน
 แสงแดด ฯลฯ ที่ประสิทธิภาพยังไม่สูงต่อไป และเมื่อเดือนมิถุนายน
 ที่ผ่านมา โครงการ ITER ซึ่งเป็นโครงการความร่วมมือระหว่างสหราชอาณาจักรและ
 จีน ญี่ปุ่น รัสเซีย และเกาหลีใต้ มูลค่า 5 แสนล้านบาท ซึ่งมีจุดมุ่งหมายจะ
 ผลิตกระแสไฟฟ้าจากปฏิกิริยาฟิวชันให้ได้ใน 10 ปี โดยมีเตาปฏิกิริณ์ที่เมือง
 Cadarache ในฝรั่งเศส โครงการนี้เป็นโครงการวิทยาศาสตร์ที่มีราคาแพง
 มากที่สุดโครงการหนึ่งคือ แพงพอๆ กับ International Space Station และ
 เมื่อบรรดาประเทศไทยกำลังวางแผนการและเศรษฐกิจตกลงกันได้ใน

เรื่องสถานที่สิ่งที่มนุษย์ต้องค่อยต่อไปคือ ความร่วมมือและร่วมสมองกัน ผลิต พลังงานที่ได้ถูกต้องการให้ได้ก่อนที่โลกจะประสารปัญหาขาดแคลนพลังงาน

โรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์ในอาเซียน

นับเป็นเวลา 60 ปีแล้ว ที่โลกหันจากปรากฏการณ์ฟิชชันว่า เมื่อ นิวเคลียสของ U-235 รับอนุภาคนิวตรอนเข้าไป จะแบ่งแยกตัวและมีพลังงาน ปริมาณมหาศาลเกิดขึ้น ซึ่งพลังงานนี้สามารถนำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ เมื่อถึงปัจจุบันนี้โลกมีเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่ผลิตกระแสไฟฟ้าใช้งานทั้งสิ้น 441 เตา สูติธรรมบุ่าว่า โรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์ในสหัสฯ มี 104 โรง ถึงแม้รั่งเศส จะมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มากเป็นอันดับสอง คือ 59 โรง แต่รั่งเศสก็ใช้ไฟฟ้า จากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มากถึงร้อยละ 80 ของไฟฟ้าที่ผลิตได้ในประเทศทั้งหมด และหากนับจำนวนโรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์ที่มีในทวีปต่างๆ แล้ว ก็จะเห็นว่า ทวีปเอเชียและเมริกาเหนือมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ 121 โรง อเมริกากลางและใต้มี 6 โรง ยุโรปมี 205 โรง ตะวันออกกลางและแอฟริกาเหนือมี 2 โรง เอเชียมี 106 โรง องค์การประมาณระหว่างประเทศ (IAEA) รายงานว่า ประเทศที่มีเตาปฏิกรณ์ นิวเคลียร์ซึ่งกำลังผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ คือ จีน ปากีสถาน อินเดีย บราซิล เนเธอร์แลนด์ เม็กซิโก แอฟริกาใต้ อาร์เจนตินา โรมานี แคนาดา รัสเซีย อังกฤษ สหัสกอเมริกา สเปน พินแลนด์ ญี่ปุ่น สาธารณรัฐเชก เยอรมนี สังกาวี เกาหลีใต้ สโล伐เกีย สาธารณรัฐเชก สาธารณรัฐเชก บุล加เรีย ยูเครน สวีเดน เบลเยียม สโลวาเกีย ลิธัวเนีย และรั่งเศส

ทั้งที่ค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์สูงมากและภัยอันตรายจากกัมมันตังสี กัมมันตัง ดังจะเห็นได้จากการณ์อุบัติเหตุที่เกิดเมื่อปี พ.ศ. 2522 ที่ Three Mile Island ในสหัสกอเมริกา และในปี พ.ศ. 2529 ที่ Chernobyl ในรัสเซีย แต่ ประเทศต่างๆ โดยเฉพาะในเอเชียก็กำลังก่อสร้างโรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์เพิ่มเข่น อยู่ก็ตาม ที่สำคัญคือ 8 โรง จีนอีก 2 โรง ไต้หวันอีก 2 โรง ญี่ปุ่นอีก 3 โรง และปากีสถานอีก 1 โรง

ทั้งนี้เพราความต้องการไฟฟ้าของประชากรเอเชียกำลังเพิ่มตลอดเวลา และผู้คนเอเชียมีความคิดว่า ไฟฟ้าจากพลังงานนิวเคลียร์ ไม่ทำให้เกิดแก๊ส

ควรบ่อนไดออกไชร์ หรือแก๊สพิช เชน ชัลเฟอร์ไดออกไชร์ ซึ่งมีบทบาทในการทำให้เกิดปรากฏการณ์เรื่องกระจากอีกทั้งราคน้ำมันและแก๊สก็มีแนวโน้มจะเพิ่มลดลงเวลา ดังนั้นหลายคนจึงมีความหวังจะพึ่งพาโรงงานไฟฟ้า นิวเคลียร์ในการผลิตไฟฟ้าป้อนความต้องการ และนิเก็ตคือเหตุผลที่ว่า เหตุใด เอเชียจึงกำลังสร้างโรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์อีก 16 โรง

ในภาพรวมจีนเป็นประเทศที่มีแผนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานนิวเคลียร์ที่ก้าวหน้าที่สุด โดยมีเกาหนีและอินเดีย กำลังตามติด เพราะณ วันนี้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ 9 โรงของจีนผลิตกระแสไฟฟ้าได้ร้อยละ 2 ของไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งประเทศและโรงไฟฟ้าอีก 2 โรงกำลังสร้างที่มณฑลเจียงซู ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการของคนจีนได้ดีขึ้น และจีนก็มีโครงการสร้างโรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์เพิ่มอีก 30 โรงในอนาคตข้างหน้าอีก 15 ปี และนั่นก็หมายความว่า จีนต้องการเงินงบประมาณในการนี้ประมาณ 2 ล้านล้านบาท โดยจีนคาดหวังว่าความต้องการนี้มีทางสัมฤทธิผล เพราะจีนมีน้ำเงคในโลยีและนักวิทยาศาสตร์เพียงพอ อีกทั้งมีความพร้อมที่จะจ้างผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศ เช่น ผู้ร่วมเศส วัสดุเชิง และศรีสุโขเมริกามาให้ความช่วยเหลือในการก่อสร้างด้วย

จีนได้เป็นประเทศเดียวในเอเชียที่ต้องการโรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์เพิ่มญี่ปุ่นก็เป็นอีกประเทศหนึ่งที่มีโครงการสร้างโรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์เพิ่ม เมื่อ 3 ปีก่อนนี้ ญี่ปุ่นซึ่งใช้ไฟฟ้าร้อยละ 25.5 จากโรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์ มีแผนในปี พ.ศ. 2556 จะผลิตไฟฟ้าจากโรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์เพิ่มเป็นร้อยละ 40.4 ปัจจุบันโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่ญี่ปุ่นจัดสร้างใหม่ 3 โรงกำลังจะเสร็จ และอีก 12 โรงกำลังอยู่ในขั้นเตรียมการ ส่วนอินเดียนั้นก็กำลังสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เพิ่มอีก 8 โรง และเกาหนีก็กำลังวางแผนสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์อีก 8 โรงเช่นกัน

โครงการผลิตไฟฟ้าด้วยโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ของอินเดียนั้นแตกต่างจากชาติอื่น เพราะอินเดียไม่ได้ลงนามในสนธิสัญญาไม่เผยแพร่การใช้อากาศนิวเคลียร์ และการที่อินเดียมีระเบิดนิวเคลียร์ในครอบครอง ทำให้ไม่ได้รับความร่วมมือในการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จากชาติอื่น ด้วยเหตุนี้ อินเดียจึงต้องพึ่งพาเทคโนโลยีของตนเองซึ่งไม่รู้ว่าเหมือนและไม่เหมือนโครง

คือแทนที่จะใช้ยูเรเนียมเป็นเชื้อเพลิงเหมือนชาติอื่นอินเดียกลับใช้ธาตุ Thorium-232 ที่เบากว่า เพราะอินเดียมีธาตุชนิดนี้อยู่ถึง 225,000 ตัน และมียูเรเนียมเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเอง ตามปกติ thorium-232 เวลาถูกกระดุมยิงด้วยอนุภาคนิวตรอน จะไม่มีแทกตัวเหมือน U-235 แต่ขอเรียบง่ายด้วยว่า U-235 ที่แบ่งแยกตัวได้เมื่อได้รับนิวตรอน U-233 จึงเป็นเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ที่ให้ปฏิกิริยาลูกโซ่ได้

ในปี พ.ศ. 2501 รัฐบาลอินเดียได้ประกาศแผน 3 ขั้นตอนที่จะนำอินเดียมาใช้เป็นประ邈ชน์ โดยในขั้นตอนแรก อินเดียได้สร้างเตาปฏิกิริณ์ที่ใช้ยูเรเนียมเป็นเชื้อเพลิงก่อน ซึ่งเมื่อยูเรเนียมถูกกระดุมยิงด้วยนิวตรอน ยูเรเนียมบางตัวจะเปลี่ยนไปเป็น plutonium และขั้นตอนที่สองคือ สร้าง plutonium ออกจากแกนกลางของเตาปฏิกิริณ์ มาใช้เป็นแหล่งผลิตนิวตรอนสำหรับระดุมยิง thorium ซึ่งจะให้ U-233 และในขั้นตอนสุดท้าย ของผู้สมควรห่วง U-233 กับ thorium ก็จะถูกนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ต่อไป

การผลิตพลังงานในลักษณะนี้บรรดาประเทศอื่นๆ เช่น สหรัฐอเมริกาวัสดุ เยอรมนี และอิสราเอล ได้ศึกษาแล้ว และก็มีชาติใดนำแผนนี้ไปใช้ ถึงกระนั้นเจ้าหน้าที่และผู้บริหารขององค์การพลังงานประมาณของอินเดียก็มีความมั่นใจว่าเทคโนโลยีของอินเดียจะไม่สร้างปัญหาใดๆ และขณะนี้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่ Kalpakkam กำลังอยู่ในระหว่างการสร้าง ด้วยงบประมาณราคาก่อสร้าง 30,000 ล้านบาท แต่เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2547 อินเดียถูกคลื่นสึนามิถล่ม กระแทกน้ำได้แหลมท่อมบริเวณฐานของเตาปฏิกิริณ์ ทำให้การก่อสร้างต้องล่าช้าไป 4 เดือน ถึงกระนั้นอินเดียก็คาดหวังว่าเตาปฏิกิริณ์จะสามารถเดินเครื่องได้ในปี พ.ศ. 2553 แต่อินเดียก็ใช้ว่าจะดำเนินการเรื่องนี้ได้โดยไม่ต้องพึ่งพาชาติอื่นเพื่อความจริงมีว่าอินเดียจำต้องมียูเรเนียมเป็นเชื้อเพลิงเริ่มต้นบ้าง และนี่ก็คือเหตุผลที่ทำให้อินเดียสนใจจะเปิดการค้าเชื้อเพลิงนิวเคลียร์กับต่างชาติ ดังนั้น เมื่อเดือนกรกฎาคมปีที่ผ่านมา นายนาราธามันตีรี Manmohan Singh ของอินเดียกับประธานาธิบดี Bush ของสหรัฐฯ จึงได้พบปะสนทนาเรื่องนี้ และผลการสนทนาที่ได้ทำให้เกิดสัญญาแลกเปลี่ยนบุคลากรและเทคโนโลยี (ซึ่งอาจหมายถึงเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ด้วย) ระหว่างประเทศไทยและ Singh ก็ได้กล่าวแสดงต่อรัฐสภาว่า ข้อตกลงนี้ไม่ทำให้ความสามารถด้านนิวเคลียร์ของคินเดียลดแม้แต่น้อย

นอกจากปัญหาด้านการก่อสร้างที่ต้องการความรู้ ความสามารถ เงิน ทุน และความรับผิดชอบเรื่องภัยอันตรายจากกัมมันตรังสีร้าว ให้แล้ว ปัญหา ภาคกัมมันตรังสีก็เป็นปัญหาใหญ่อีกเรื่องหนึ่งในการใช้ไฟฟ้าจากพลังงาน นิวเคลียร์ ซึ่งภัยนี้ยังเป็นภัยที่รุนแรงและเป็นพิษยารนาน สำหรับวิธีการ แก้ปัญหานั้นทุกคนก็มีความเห็นแนวเดียวกันว่า ต้องขุดหลุมลึกเพื่อกีบ ภาคกัมมันตรังสีในภาชนะที่แข็งแรง และทนทาน จากนั้นก็ภารนาว่า แผ่นดิน บริเวณนั้นไม่แตกแยกเป็นเวลานานหมื่นปี หากทำเช่นนี้ได้ผู้คนในประเทศ ก็จะปลอดภัย

สำหรับสหรัฐอเมริกาเองซึ่งได้กำหนดให้ภูเขา Yucca ในรัฐ Nevada เป็น สถานที่เก็บฝังภาคกัมมันตรังสี มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 และกระทรวง พลังงานของสหรัฐได้ใช้เงินบประมาณในการนี้ไปแล้ว 20,000 ล้านบาท แต่ ยังไม่มีกำหนดปิดให้ภูเขา Yucca อย่างเป็นทางการ เพราะตามแผนเดิมภูเขา Yucca ถูกกำหนดให้เป็นสถานที่เก็บฝังภาคกัมมันตรังสีที่หนัก 51,000 ตัน แต่ สหรัฐอเมริกา มีภาคกัมมันตรังสีในโครงการมากถึง 120,000 ตัน จึงเกิน ความสามารถของภูเขารับได้ ดังนั้นรัฐบาลจึงมีแผนจะขยายพื้นที่ใน บริเวณภูเขาร่วมกับภาคส่วนที่เกิน แต่ก็ต้องระวังปัญหาน้ำซึมเข้าบริเวณกีบ และปัญหาน้ำท่วมภูเขาระดับสูงซึ่งจะทำให้กัมมันตรังสีร้าว หลอกอกสู่โลกภายนอก ที่ส่วนพินแลนด์กับสวีเดนนั้นได้สร้างที่เก็บฝังภาคในลักษณะที่แตกต่างจาก ของอเมริกา โดยฝังภาคในหินแกรนิต สำหรับอีกหลายประเทศก็มีโครงการ จะลดปริมาณภาคกัมมันตรังสี โดยการระดมยิงภาคด้วยอนุภาคนิวตรอน เพื่อเปลี่ยนญูเรเนียมให้เป็นธาตุที่เป็นภัยต่อชีวิตน้อยลง แต่บริษัทนี้ออกจากสิ้น เป็นล่องและแพลงมากแล้ว ยังปฏิบัติยากด้วย ด้วยเหตุนี้องค์การป्रมาณู ระหว่างประเทศ (IAEA) จึงคาดหวังจะนำภาคกัมมันตรังสีจากทุกชาติมาฝัง รวมกันในที่เดียวกัน เพื่อลดโซห์ยของชาติแต่ละชาติ และง่ายต่อการดูแล และควบคุม

เหล่านี้คือปัญหาที่นับว่าเล็กน้อย เพราะปัญหาที่ใหญ่กว่ามาก คือ การยอมรับจากสังคมว่าจะอนุญาตให้พื้นที่บางส่วนของประเทศไทยเป็นที่เก็บ สารพิษชนิดนี้ และถ้าคนอเมริกัน คนพินแลนด์ และคนสวีเดน ยอมรับได้ คนชาติอื่นๆ ก็มีแนวโน้มว่าจะยอมรับได้เช่นกัน



บทที่ 12

การผลิตไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์¹
นักศิทธิ์ คุณวนาชัย²
ศุภชาติ จงพัฒนาไพบูลย์³

สถานะการผลิตและใช้ไฟฟ้า

ไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการดำเนินชีวิตในการให้แสงสว่างในอาคาร ที่อยู่อาศัย การสื่อสาร การคมนาคม การศึกษา การให้ข่าวสาร การกระจายความเจริญสุขอนบด และการเพิ่มผลผลิต ความสามารถในการแข่งขันในด้านการผลิตและการขายสินค้าในตลาดโลกจะเป็นไปได้ยากขึ้น ถ้าเราขาดความมั่นคงด้านไฟฟ้า เช่น ต้องใช้ไฟฟ้าในราคาแพง หรือมีราคาและอุปทานที่ไม่แน่นอน ด้วยอัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจในปัจจุบันที่ค่อนข้างสูง ประเทศไทยจึงมีอัตราขยายตัวการใช้ไฟฟ้าปีละไม่ต่ำกว่า 1,500 เมกะวัตต์ประเด็นจึงมีอยู่ว่าการจัดหาพลังงานพื้นฐานเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้า เช่น พลังงานน้ำในประเทศไทย น้ำมัน แก๊สธรรมชาติ และพลังงานทดแทนอื่นๆ จะมีความเสี่ยงต่อการเพิ่มราคา หรือมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากน้อยเพียงใด

¹ มหาวิทยาลัยชินวัตร

² สำนักงานโครงการบริณญาณากิจกรรมสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

³ สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การที่ไฟฟ้าเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่ส่งและควบคุมได้สะดวก จึงเป็นที่นิยมของภาคเศรษฐกิจต่างๆ ในปี พ.ศ. 2547 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ มีกำลังติดตั้งถึง 15,351 เมกะวัตต์ ส่วนภาคเอกชนสามารถซื้อyleผลิตได้อีกไม่น้อยกว่า 15,000 เมกะวัตต์ โดยที่ความต้องการกำลังผลิตสูงสุดมีค่าถึง 19,326 เมกะวัตต์ ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 70 ได้มาจากแหล่งพลังงานในประเทศ ได้แก่ แก๊สธรรมชาติ ลิกไนต์ พลังงานน้ำ และชีวมวล เนื่องจาก การใช้ลิแก๊สและเชื้อกำลังน้ำขนาดใหญ่มีปัญหาสิ่งแวดล้อมมาก และแก๊สธรรมชาติได้ถูกแบ่งไปใช้ในภาคชนบทเนื่องจากมีความเหมาะสมในด้านราคา และสิ่งแวดล้อม ดังนั้น พลังงานน้ำขนาดเล็กและชีวมวลจึงน่าจะมีบทบาทในการผลิตไฟฟ้ามากขึ้น

ในปี พ.ศ. 2547 การใช้ไฟฟ้าในประเทศมีปริมาณ 120,567 ล้านกิกิโลวัตต์ ชั่วโมง เพิ่มจาก พ.ศ. 2546 เป็นร้อยละ 7.2 ในขณะที่อัตราการเติบโตของ ผลิตผลรวมในประเทศมีค่าร้อยละ 6.1 ซึ่งแสดงว่าการประหยัดไฟฟ้ายังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ถึงแม้ว่าอัตราการเพิ่มไฟฟ้าในส่วนภูมิภาคจะต่ำกว่า ในนครหลวง ในปีเดียวกัน ภาคอุตสาหกรรมมีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้ามากที่สุด ถึงร้อยละ 44.4 การใช้ไฟฟ้าในอาคารพาณิชย์มีสัดส่วนร้อยละ 24.8 ภาคที่อยู่อาศัยมีสัดส่วนร้อยละ 21.5 ส่วนที่เหลือใช้ในภาคเกษตรกรรมและอื่นๆ

ข้อจำกัดของแหล่งพลังงานปัจจุบัน

การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น แก๊สธรรมชาติน้ำมันปิโตรเลียม และลิกไนต์ผลิตcarบอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นแก๊สหลักที่ทำให้เกิดผลเรือนกระจก ลิกไนต์ในประเทศมีกำมะถันเป็นปริมาณที่สูงมาก ชัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้เป็นอันตรายต่อสุขภาพโดยตรงนอกจากนี้หากขาดการควบคุม ที่ดีพอ ฝุ่นกรดที่จะเกิดในระยะยาวจะเป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อพืช แหล่งน้ำ ดิน ฯลฯ เทคโนโลยีที่นำมาใช้กำจัดชัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกจากไออกไซด์ ทำให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสูงขึ้นกว่าร้อยละ 20

ชีวมวลที่เหลือจากอุตสาหกรรมเกษตร ได้แก่ ข้าวอ่อน แกลบ และ กากผลปาล์ม ได้ถูกนำมาผลิตกำลังใช้ในโรงน้ำตาล โรงสีข้าว และโรงหีบ

ผลปาล์ม การเผาไหม้ชีวมวลอาจถือได้ว่าปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่น้อยมาก แต่ในอนาคตชีวมวลเหล่านี้คงไม่เพิ่มมากนัก เพราะพื้นที่เพาะปลูกในประเทศไทยจำกัด

ถึงแม้ว่าปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ประเทศไทยปล่อย มีค่าไม่ถึงร้อยละ 2 ของปริมาณแก๊สที่ปล่อยออกห้องหมอดของโลก แต่ถ้าประเมินปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกต่อผลผลิตรวมในประเทศ (GDP) แล้วประเทศไทยจะมีดัชนีที่มีค่าสูงมาก เนื่องจากประเทศไทยมีรายได้ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น แต่ถ้าใช้ค่าผลผลิตรวมในประเทศโดยคิด purchasing-power-parity (PPP-GDP) ด้วย ก็ได้เปรียบของประเทศไทยที่พัฒนาแล้วก็จะลดลง ถ้าประเมินโดยดัชนีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกต่อประชากรแล้ว ค่าเกียรติสูงกว่าดัชนีของจีนและอินเดีย และสูงกว่าค่าเฉลี่ยของโลกต่อประชากรในปีส้าน พ.ศ. 2533 ซึ่งเป็นปีที่คาดว่าประชาคมโลกจะใช้จำกัดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกในที่สุด

ประเทศไทยได้ให้สัตยานรตนในอนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกแล้ว เมื่อเดือนธันวาคม พ.ศ. 2537 ซึ่งรวมถึงการจำกัดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกด้วย ประเทศไทยอาจจำเป็นที่จะต้องหาแหล่งพลังงานอื่นแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อจำกัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นแก๊สเรือนกระจกที่ปล่อยออกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในอนาคต เมื่อดัชนีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าค่าเฉลี่ยของโลก พลังงานทดแทนดังกล่าวอาจเป็นพลังงานหมุนเวียน เช่น น้ำ ชีวมวล ลม แสงอาทิตย์ และพลังงานนิวเคลียร์ในที่สุด

ผลลัพธ์

1. กำลังผลิตติดตั้งในประเทศไทย

โรงไฟฟ้าพลังน้ำมันมีการติดตั้งแล้วประมาณ 2,972 เมกะวัตต์ หรือร้อยละ 14 ของกำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2547 ไฟฟ้าที่ได้จากพลังน้ำมีปริมาณ 5,915 ล้านกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง หรือประมาณร้อยละ 47 ของไฟฟ้าที่ได้จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ (กฟผ.) เขื่อนขนาดใหญ่ในประเทศไทย

ที่มีกำลังผลิตรวมกันประมาณ 2,820 เมกะวัตต์ก็เป็นของ กฟผ. ทั้งหมด กำลังผลิตไฟฟ้าพลังน้ำที่เหลือนั้นได้จากเขื่อนขนาดเล็กและขนาดเล็กมาก ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและกรมพัฒนาทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 8 และ 42 เมกะวัตต์ตามลำดับ

ผลกระทบที่สำคัญของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่ต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การสูญเสียป่าไม้ การโยกย้ายประชากร การสูญเสียพื้นที่เพาะปลูก ฯลฯ ประชากรจำนวนจำนวนมากไม่เห็นด้วยกับโครงการพลังน้ำขนาดใหญ่ เช่น แก่งเสือเต้น ถึงแม้จะมีผลพลอยได้หลายประการ เช่น การเกษตร การป้องกันน้ำท่วม การประมง การทดสอบเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งผลิตมลพิษทางอากาศ ระบบพลังน้ำขนาดเล็กที่ได้รับการยอมรับมากในประเทศญี่ปุ่น และญี่ปุ่นจะนำมาใช้กับการพัฒนาศักยภาพของแหล่งพลังน้ำที่เหลือในประเทศได้ดี

2. พลังน้ำขนาดเล็ก

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้จัดทำแผนงานพัฒนาโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก และเล็กมาก เพื่อเป็นกรอบการลงทุน โดยยึดหลักว่าโครงการที่มีความคุ้มค่าในเชิงพาณิชย์ให้การไฟฟ้าหรือเอกชนดำเนินการ ส่วนโครงการที่คุ้มค่าเฉพาะด้านสังคมพพ. จะเป็นผู้ดำเนินการ ทั้งนี้จะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไข คือ ขนาดกำลังผลิตติดตั้งจะต้องอยู่ระหว่าง 200-6,000 กิโลวัตต์ ที่ตั้งโครงการต้องไม่อยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติ หรือเขตอนุรักษ์พันธุ์สัตว์ป่า

การใช้เกณฑ์ดังกล่าวทำให้ได้โครงการที่นำไปบรรจุในแผนหลักโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กขั้นสุดท้ายของ (กฟผ.) 3 โครงการที่มีกำลังการผลิตประมาณ 28 เมกะวัตต์ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) 4 โครงการที่มีกำลังการผลิตประมาณ 27 เมกะวัตต์ และโครงการที่เหลือเป็นของ พพ. 98 โครงการ รวมกำลังการผลิตประมาณ 350 เมกะวัตต์

ในระดับหมู่บ้าน พพ. ได้พัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำหมู่บ้านรวม 75 โครงการ มีกำลังผลิตติดตั้งประมาณ 2,500 กิโลวัตต์ หลักเกณฑ์ในการดำเนินงานคือ พัฒนาชุมชนแบ่งการก่อสร้างและดำเนินการในชุมชนกรรณ์ เปิดโอกาสให้ชาวชุมชนที่ร่วมเป็นเจ้าของ โดย พพ. จะเป็นผู้จัดหา

เงินลงทุนและวัสดุอุปกรณ์หลัก เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า การออกแบบและ การก่อสร้าง สวนราชภารังสีที่ด้านแรงงานที่นิทรรยาฯ และ ประ匕ชณ์ที่ได้รับ คือ ราชภารังสีที่พื้นที่ชนบทจะมีไฟฟ้าใช้เร็วขึ้น ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อ เสริมสร้างความรู้ และมีอุตสาหกรรมในครัวเรือนเกิดขึ้น ลดการลงทุนของรัฐ และประหยัดเงินตราต่างประเทศในการนำเข้าพลังงาน เสริมสร้างความ ร่วมมือระหว่างประชาชนกับรัฐ

นอกจากนี้การติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่เขื่อนหรือฝายชลประทานที่มีอยู่ แล้วประมาณ 50 แห่ง คาดว่าจะให้กำลังการผลิตกว่า 180 เมกะวัตต์ การ เพิ่มประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กที่มีอยู่โดยการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง อุปกรณ์เครื่องกลไฟฟ้าในแผน 10 ปี กำหนดไว้ว่าจะผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาด เล็กเพิ่มอีกประมาณ 86 เมกะวัตต์

3. พลังน้ำจากประเทศเพื่อนบ้าน

ประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ ลาว กัมพูชา และพม่า มีศักยภาพด้านพลัง น้ำค่อนข้างสูง เดิมความต้องการกำลังผลิตในประเทศไทยค่อนข้างต่ำ ประเทศ ไทยจึงควรขยายพัฒนาพลังน้ำกับประเทศเหล่านี้ และแบ่งปันผลประโยชน์ กันอย่างเป็นธรรมโดยดำเนินถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในประเทศเหล่านี้ด้วย ปัจจุบันประเทศลาวได้จ่ายไฟฟ้าเข้าระบบของ กฟผ. แล้ว 2 โครงการ คือ โครงการน้ำเทิน และห้วยເຂາຍ ซึ่งมีกำลังการผลิต 187 และ 126 เมกะวัตต์ ส่วนโครงการน้ำเทิน 2 ขนาดกำลังการผลิตประมาณ 1,000 เมกะวัตต์ คาดว่า จะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ กฟผ. ประมาณ พ.ศ. 2552 นอกจากนี้ยังมีโครงการ ชื่อขายไฟฟ้าในอนาคตอีกหลายโครงการ เช่น น้ำจิม 2, 3 ประมาณ 1,000 เมกะ วัตต์ เชปี้ยน 365 เมกะวัตต์ และเชคามาน 407 เมกะวัตต์ ประเทศไทย คาดมีแผนจะรับซื้อไฟฟ้าจากพม่าจำนวน 5,400 เมกะวัตต์ จาก 3 โครงการ และจากยุนนานจำนวน 3,000 เมกะวัตต์ จาก 2 โครงการ แต่เนื่องจาก ปัจจุบันประเทศไทยมีโครงการเขื่อนพลังน้ำขนาดใหญ่ที่กันแม่น้ำสาละวินในจีน โครงการเขื่อนแม่น้ำสาละวินจึงต้องได้รับการทบทวนอย่างรอบคอบ เพื่อให้มีโครงการไฟฟ้าพลังน้ำที่เป็นรูปธรรม

ประเทศไทยมีแม่น้ำโขงไหลผ่านที่ความแตกต่างของระดับประมาณ 200 เมตร จากเชียงแสนถึงอุบลราชธานี ศักยภาพของพลังน้ำจากแม่น้ำโขง

ช่วงนี้สูงถึงประมาณ 10,000 เมกะวัตต์ และยังมีได้นำมาใช้เลย การสร้างชุดเขื่อนแบบขันบันไดหรือฝายระดับต่ำโดยใช้กังหันน้ำแบบไฮดรอลิก จะอำนวยประโยชน์ให้แก่ประเทศไทยในลุ่มแม่น้ำโขงตอนล่างได้แก่ กัมพูชา ลาว ไทย และเวียดนาม ทั้งด้านการผลิตไฟฟ้า การชลประทาน การประมง การเกษตร และการเดินเรือในแม่น้ำโขง ชุดเขื่อนแบบฝายระดับต่ำของแม่น้ำดาบูที่แหล่งน้ำท่าจีนในประเทศไทยเป็นมีมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อมสูงมาก นับว่าเป็นตัวอย่างที่ควรศึกษา

เชิงบวก

1. สถานภาพของการใช้ชีวมวลในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

ปัจจุบันชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญมากเป็นอันดับสองที่นำมาใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้ารองจากพลังน้ำ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากชีวมวลทั่วโลกมีกำลังผลิตสูงถึงประมาณ 40,000 MW ในประเทศไทยกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยชีวมวลที่ติดตั้งไปแล้วสูงกว่า 2,000 MW ในปัจจุบัน

เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและได้กับชีวมวลที่หลากหลายขึ้นนอกจากไม่แล้ว ยังมีชีวมวลที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้ารวมถึงวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร รวมทั้งชีวมวลที่แยกาก และมีความซึ่นสูง เช่น นูลส์ตอร์ และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

2. เทคโนโลยีที่สำคัญที่ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวล

2.1 กังหันไอน้ำ

กังหันไอน้ำ (Steam turbine) ถูกใช้ในการเปลี่ยนพลังงานในชีวมวลให้เป็นพลังงานไฟฟ้ามากกว่า 100 ปีแล้ว และปัจจุบันก็ยังเป็นเทคโนโลยีที่มีความแม่นอนแต่ใช้กันกว้างขวางที่สุดกับชีวมวล เตาเผาของหม้อไอน้ำของระบบกังหันไอน้ำได้รับการพัฒนาให้

เหมาะสมกับการเผาชีวมวลหลากหลายชนิด ซึ่งมีขนาดและสมบัติแตกต่างกันมาก เช่น แกลบ ชานอ้อย ขี้เลื่อย นอกจากนี้ได้มีการพัฒนาเตาเผาชีวมวลแบบฟลูอิเดซ์เบดเพื่อเผาชีวมวลที่เผาได้ยากมาก เพราะมีขนาดเล็กและความชื้นสูงมาก เช่น ขยะ ประสิทธิภาพของระบบกังหันไอน้ำในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลอยู่ในช่วงร้อยละ 20-25 เนื่องจากระบบกังหันไอน้ำที่ใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงมีขนาดกำลังการผลิตต่ำ (อยู่ในช่วง 1-25 MWe)

2.2 กังหันแก๊ส

กังหันแก๊ส (Gas turbine) จะต้องใช้เชื้อเพลิงที่อยู่ในรูปของแก๊ส หรือของเหลว เทคโนโลยีที่ทำให้การใช้ชีวมวลซึ่งเป็นของแข็งเป็นเชื้อเพลิงของกังหันแก๊สได้ คือ เทคโนโลยีการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งให้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงหรือแก๊สสิปิเคชัน ในกระบวนการแก๊สสิปิเคชันนี้เชื้อเพลิงแข็งจะถูกเผาโดยจำกัดอากาศในเตาผลิตแก๊สให้ได้แก๊สเชื้อเพลิงซึ่งประกอบด้วย คาร์บอนมอนอกไซด์ไฮโดรเจน มีเทน ฯลฯ ซึ่งมีค่าความร้อนประมาณ 5 MJ/m^3 หากต้องการแก๊สที่มีค่าความร้อนสูงขึ้น จะมีการใช้ออกซิเจนแทนอากาศ เตาผลิตแก๊สที่ใช้อยู่พร้อมๆ ในปัจจุบัน มี 2 แบบ คือ แบบ fixed bed และแบบฟลูอิเดซ์เบด

การใช้แก๊สจากชีวมวลในกังหันแก๊สนั้นจะต้องทำความสะอาดแก๊สเสียก่อน ซึ่งต้องใช้ระบบทำความสะอาดแก๊สที่ซับซ้อน และมีราคาแพงมาก หากต้องการให้ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงขึ้น อาจใช้แก๊สไอเสียจากกังหันแก๊สผลิตไอน้ำในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และฉีดไอน้ำที่ได้ผ่านกังหันแก๊สเพื่อเพิ่มพลังงานจากกังหันแก๊ส ระบบดังกล่าวเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่มีชื่อว่า steam injected gas turbine ซึ่งจะทำให้การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลมีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 40

2.3 การใช้ชีวมวลในระบบวัฏจักรร่วม

แก๊สไอเสียจากกังหันแก๊สซึ่งมีคุณภาพมิตรจะถูกนำมาผลิตไอน้ำ และหากมีการใช้ไอน้ำในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพิ่มเติมใน

กังหันไอน้ำ จะได้ระบบที่เรียกว่า ระบบวัฏจักรร่วม (Combined cycle systems) ซึ่งจะทำให้การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลมีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 42

2.4 เชลล์เชื้อเพลิงและกังหันแก๊สร่วมกัน

ในปัจจุบันกำลังมีการพัฒนาระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เทคโนโลยีเชลล์เชื้อเพลิง และกังหันแก๊สร่วม กัน โดยการผลิตแก๊สชีวมวลด้วยกระบวนการแก๊สสิฟิเคชันแล้วแยกแก๊ส H_2 ออกจากการแก๊สผสมที่ได้ เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงของเชลล์เชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้า แก๊สที่เหลือทั้งหมดจะถูกใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพิ่มเติม ในกังหันแก๊ส เนื่องจากเชลล์เชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพสูงมาก โดยไม่ต้องจำกัดโดยกฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์ ระบบเชลล์เชื้อเพลิงและกังหันแก๊สร่วมกันนี้จึงอาจมีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 75

2.5 เทคโนโลยีแก๊สชีวภาพ

ชีวมวลที่เป็นของเหลว (น้ำเสียจากอุตสาหกรรม และที่อยู่อาศัย) และที่เป็นของแข็งที่มีความชื้นสูง (มูลสัตว์ และขยะ) จะถูกแปรสภาพไปเป็นแก๊สชีวภาพ ในกระบวนการที่เรียกว่า anaerobic digestion แก๊สชีวภาพประกอบด้วยส่วนผสมที่สำคัญ คือ มีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้โดยใช้เครื่องยนต์แบบลับดาป้ายใน

3. การผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนร่วม

อุตสาหกรรมหลายประเภท (การผลิตน้ำตาล และอาหาร) มีความต้องการทั้งพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนพร้อมกันในกระบวนการชีวมวลจะสามารถผลิตทั้งพลังงานไฟฟ้าและความร้อนร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้กังหันไอน้ำ ไอน้ำที่ผลิตได้ถูกใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากความดันและอุณหภูมิของไอน้ำลดลงถึงค่าที่ต้องการใช้ แล้วจึงปล่อยไอน้ำออกมานอกให้ความร้อนในกระบวนการผลิตตามที่ต้องการ กังหันไอน้ำแบบนี้เรียกว่า back pressure turbine กังหันไอน้ำที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้า

และพลังงานความร้อนได้มีประสิทธิภาพสูงมากคือ condensing extraction steam turbine ซึ่งมีความเหมาะสมมากกับอุตสาหกรรมน้ำตาลแต่มีราคาสูง

4. การใช้ชีวมวลสมกับถ่านหินในการผลิตงานไฟฟ้า

การใช้ชีวมวลในการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่สะเดกาและลงทุนน้อยที่สุดคือการใช้ชีวมวลผลิตพลังงานไฟฟ้าในโรงงานผลิตพลังงานไฟฟ้าถ่านหินที่มีอยู่โดยการผสมชีวมวลกับถ่านหินที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงระบบดังกล่าวเรียกว่า cofiring system และกำลังได้รับความนิยมมากขึ้น

5. การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะชุมชน

การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากกระบวนการกำจัดขยะกำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเทคโนโลยีที่สามารถนำมาใช้ได้รวมไปถึงการเผาโดยตรง และผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากขยะ แล้วใช้ความร้อนที่ได้จากการเผาและแก๊สเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำเพื่อใช้ในกังหันไอน้ำ อีกทีหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะอย่างแพร่หลายคือ การผลิตแก๊สชีวภาพจากขยะ และใช้แก๊สชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์แบบสันดาปภายในเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากขยะเป็นของผู้คนจำนวนมากและมีคุณภาพดี จึงสามารถนำไปใช้ได้มาก แต่ต้องใช้เตาเผาแบบฟูลอิเดอร์เบด และต้องมีระบบบริหารจัดการสำหรับการแยกขยะที่เหมาะสม

พลัง||แสงอาทิตย์

1. บทนำ

รังสีอาทิตย์ที่ตกมาถึงพื้นผิวโลก ณ บริเวณแบบเส้นศูนย์สูตร ในตอนเที่ยงของวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสปริมาณจากเมฆ จะมีความเข้มเหลือประมาณ 1000 W/m^2 เมื่อรวมพลังงานจากรังสีตัดออกด้วย จะมีค่าประมาณ 6 kWh/m^2 หากท้องฟ้ามีเมฆ ค่าดังกล่าวจะลดน้อยลง ประเทศไทยอยู่ในเขตลมมรสุม ท้องฟ้าจึงมีเมฆปะปนกับอากาศค่อนข้างบ่อย ทำให้ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี

ตกลงประมาณ 5 kWh/m^2 ต่อวัน จึงอาจเป็นอุปสรรคต่อความคุ้มค่าในการใช้ อุปกรณ์รวมรังสีตรวจ

- การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังแสงอาทิตย์ในปัจจุบันแบ่งได้เป็นสองระบบดังนี้
- ก. ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar photovoltaic power) ระบบนี้ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แปลงรังสีอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง ระบบนี้ถูกนำมาใช้งานในด้านยานพาหนะมานานเกือบ 50 ปีแล้ว เมื่อต้นทุนถูกลดลงและประสิทธิภาพสูงขึ้น จึงนำมาประยุกต์ใช้งานประเภทต่างๆ มากมายบนพื้นโลก โดยเฉพาะในท้องถิ่นชนบทที่ห่างไกลจากสายส่งไฟฟ้า ปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างมากจนสามารถผลิตไฟฟ้าป้อนเข้าสู่สายส่ง รวมทั้งนำมาสร้างเป็นโรงไฟฟ้า
 - ข. ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนรังสีอาทิตย์ (Solar thermal power) ระบบนี้จะแปลงรังสีอาทิตย์ให้เป็นความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงด้วยอุปกรณ์รับแสงก่อน เพื่อนำไปผลิตให้ความร้อนสูง ไปขับกังหันหรือเครื่องยนต์ความร้อน แล้วหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกทอดหนึ่ง ระบบดังกล่าวได้รับการพัฒนาจนเป็นโรงไฟฟ้ามาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 ปัจจุบันเทคโนโลยีนี้ได้รับการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จนในบางท้องที่ เช่น แอบบะเทรา สามารถผลิตไฟฟ้าด้วยต้นทุนที่ พอกจะ แข่งขันกับโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงฟอสซิลได้

2. ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

2.1 การพัฒนาระบบเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ มีชื่อเรียกว่า ก้อนอีกอย่างหนึ่งว่า เซลล์ไฟฟ้า-ไอลตาอิค หรือเซลล์พีวี (photovoltaic cell or PV cell) สร้างขึ้นเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1954 โดยกลุ่มนักวิจัยของห้องปฏิบัติการเบลล์ ประเทศสหรัฐอเมริกา หลังการสร้างทรายซิสเตอร์จากสารกึ่งตัวนำได้สำเร็จเมื่อปี ค.ศ. 1948 เซลล์แสงอาทิตย์เริ่มนำไปใช้กับยานอวกาศครั้งแรกในปี ค.ศ. 1958

จากการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถนำเซลล์แสงอาทิตย์มาผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้งานประเภทต่างๆ บนพื้นโลก เช่น สถานีถ่ายทอดสัญญาณสื่อสาร ไฟประปาอาคาร หรือทุ่นไฟกระพริบแสดงร่องน้ำต่อมาเริ่มใช้กันแพร่หลายในคุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป ขนาดเล็ก เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกา และวิทยุ ปัจจุบันมีการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาติดตั้งในเมืองเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าป้อนเข้าสู่สายส่งของการไฟฟ้า รวมทั้งมีการสร้างโรงไฟฟ้าพลังเซลล์แสงอาทิตย์ อย่างไรก็ตาม ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ในปัจจุบันยังสูงกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิลหรือแม้แต่พลังงานทดแทนอื่นๆ ค่อนข้างมาก

เซลล์แสงอาทิตย์เป็นคุปกรณ์ที่มีโครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วยแผ่นสารกึ่งตัวนำต่างชนิดกันสองแผ่นประกอบติดกัน แผ่นหนึ่งจะเป็นชนิดประจำวง (positive-type หรือ p-type) อีกแผ่นหนึ่งเป็นชนิดประจำลบ (negative-type หรือ n-type) สารกึ่งตัวนำที่ใช้กันในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นธาตุซิลิโคน (silicon) ซึ่งเป็นธาตุที่มีมากบนโลก เช่น ในราย หินต่างๆ หรือแม้แต่ชี้เท้าแกะบน แต่เนื่องจากซิลิโคนที่จะนำมาใช้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์นั้นต้องทำให้มีริสูทธิ์มากและเป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานมากพอควร ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง

2.2 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่ (มากกว่าร้อยละ 90) ผลิตจากซิลิโคนบริสุทธิ์ โดยสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิดหลัก ตามลักษณะการผลิต ดังนี้

ก. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิโคนผลิตเดี่ยว

(Monocrystalline silicon solar cell)

เซลล์ชนิดนี้ผลิตจากซิลิโคนที่มีโครงสร้างไม่แตกต่างจากเซลล์เดี่ยวโดยใช้กระบวนการผลิตผลลัพธ์สารกึ่งตัวนำ กระบวนการผลิตจะปลูกผลึก โดยค่อยๆ ดึงผลึกต้นแบบขึ้นมาจากซิลิโคนบริสุทธิ์ที่กำลังหลอมเหลวอยู่ จนได้แท่งผลึกเดี่ยวทวงระบบออก ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 15-20 เซนติเมตร และวันนำไปตัดเป็นแผ่นกลม

บาง มีความหนาประมาณ 300 ไมโครเมตร เรียกว่า เวเฟอร์ (wafer) จากนั้นเจือสารมอลทินเข้าไปเพื่อกำตุ้นให้เกิดเป็น p-n junction และฝังข้าไฟฟ้าลงบนเวเฟอร์ เพื่อนำกระแสไฟฟ้าออกไปใช้งาน ขั้นตอนสุดท้าย เป็นการเคลือบฟิล์มทับผิวน้ำเพื่อป้องกันการสะท้อนแสง กระบวนการผลิตต้องใช้พลังงานมาก และยังสูญเสียเนื้อวัสดุซิลิกอนไปเป็นจำนวนมากในการตัดแผ่น เวเฟอร์ จึงส่งผลทำให้ต้นทุนในการผลิตเซลล์ผลึกเดี่ยวค่อนข้างสูงมาก อย่างไรก็ตาม เซลล์ซิลิกอนผลึกเดี่ยวมีประสิทธิภาพสูงสุดในการเปล่งรังสีอาทิตย์มาเป็นไฟฟ้าประมาณร้อยละ 15-24

ข. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนผลึกรวม (Polycrystalline silicon solar cell)

เพื่อลดต้นทุนสูงในการผลิตเซลล์ชนิดผลึกเดี่ยว จึงผลิตซิลิกอนชนิดผลึกรวมขึ้นโดยสามารถทำได้หลายวิธี วิธีแรกคือ ใช้การเทซิลิกอนเหลวลงไปในแบบหล่อ เมื่อปล่อยให้เย็นตัวลง จะเป็นก้อนแล้วจึง นำไปตัดเป็นแผ่นเวเฟอร์ ทำ p-n junction วิธีต่อมาจะใช้ผลึกตันแบบดึงซิลิกอนเหลวขึ้นมาในแบบหล่อ (die) ที่มีลักษณะเป็นแผ่นเดย เรียกว่า แผ่นริบบอน (ribbon) โดยไม่ต้องใช้ขั้นตอนการตัดเป็นแผ่นเวเฟอร์ สรุนอีกวิธีหนึ่ง จะใช้วิธีพอกซิลิกอนเหลวจนเป็นฟิล์มอยู่บนแผ่นฐานรอง (substrate) เซรามิกหรือแก้ว โดยพิลิ่งที่ได้จะค่อนข้างหนา จะเห็นว่า เซลล์ชนิดผลึกรวมใช้กรวยวิธีผลิตที่ถูกกว่าชนิดผลึกเดี่ยว แต่ประสิทธิภาพของเซลล์จะต่ำเพียงประมาณร้อยละ 10-17

ค. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอน超薄膜 (Amorphous silicon or thin film cell)

เซลล์ชนิดนี้ทำมาจากซิลิกอน超薄膜ฐานซึ่งไม่ได้มีโครงสร้างที่เป็นผลึก กระบวนการผลิตจะสร้างแผ่นฟิล์มบางๆ ของซิลิกอนลงบนแผ่นฐานรองด้วยเทคนิคการพอกผิวด้วยการแพร์แก๊สที่มีส่วนประกอบของซิลิกอน เช่น ไฮเลน (SiH_4) แก๊สนี้เมื่อถูกกระตุ้นซิลิกอนจะแยกตัวออกไปจับตัวทับกันบนแผ่นฐานรองจนเกิด

เป็นแผ่นฟิล์มซิลิกอนอสัณฐาน ในขั้นตอนนี้ หากผสมแก้วที่มีบอรอน เช่น B_2H_6 เข้าไป จะได้แผ่นฟิล์มแบบ p และหากผสมแก้วที่มีฟอสฟอรัส เช่น PH_3 เข้าไปจะได้แผ่นฟิล์มแบบ n จุดเด่นของซิลิกอนอสัณฐานก็คือ ใช้พลังงานในการผลิตน้อยกว่า เนื่องจากผลิตที่ระดับอุณหภูมิต่ำกว่า และใช้วัตถุดิบซิลิกอนน้อยกว่า เพราะเป็นแบบพิล์มนบางหนาเพียงประมาณ 1 ไมโครเมตร ส่วนจุดอ่อนของเซลล์ซิลิกอนอสัณฐานก็คือ มีประสิทธิภาพของเซลล์ต่ำมาก ประมาณร้อยละ 8-13 นอกจานี้ ยังเสื่อมประสิทธิภาพเร็วกว่าเมื่ออายุใช้งานมากขึ้น

๓. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกแกลเลี่ยมออกซไนด์

(Polycrystalline GaAs solar cell)

แกลเลี่ยมออกซไนด์ (GaAs) เป็นสารประกอบกึ่งตัวนำที่มีสมบัติดูดกลืนแสงได้ดีกว่า และครอบคลุมทุกความยาวคลื่นของรังสีอาทิตย์ จึงมีประสิทธิภาพสูงกว่า โดยจะอยู่ประมาณร้อยละ 18-30 นอกจานี้ ยังสามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้โดยประสิทธิภาพจะไม่ลดลงมากเหมือนเซลล์ที่ทำจากผลึกซิลิกอน จึงเหมาะสมสำหรับใช้กับระบบรวมแสงเพื่อเพิ่มความเข้มรังสีอาทิตย์บนตัวเซลล์ อย่างไรก็ตาม ต้นทุนการผลิตเซลล์จาก GaAs ยังสูงมาก และหาตุ้นากลเลี่ยมและออกซินิก้าไม่ได้มีมาก many เหมือนซิลิกอน ดังนั้น จึงได้นำไปใช้เฉพาะในงานประเภทที่ต้องการประสิทธิภาพสูงโดยไม่คำนึงถึง ต้นทุนมากนัก เช่น งานที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีอวกาศ

๔. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดพิล์มนบางอ่อน ๆ

สารประกอบกึ่งตัวนำอ่อน ๆ ที่มาทำเป็นเซลล์ฟิล์มนบางได้ในปัจจุบันได้แก่ copper indium diselenide, copper indium gallium diselenide และ cadmium telluride เทคโนโลยีผลิตมอดูลเซลล์ที่ใช้สารประกอบกึ่งตัวนำเหล่านี้ได้รับการพัฒนาจนสามารถอยู่ในสายการผลิตแล้ว แต่ปัจจุบันการผลิตยังน้อยอยู่ เซลล์ฟิล์มนบางเหล่านี้จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าเซลล์ฟิล์มนบางชนิดซิลิกอนขอ

สัมฐาน เซลล์ชนิด CdTe ใช้กรรมวิธีการผลิตแบบ electroplating ซึ่งค่อนข้างง่ายและมีต้นทุนต่ำ สามารถให้ประสิทธิภาพสูง ประมาณร้อยละ 10-15 แต่จะมีปัญหารื่องสิ่งแวดล้อม เนื่องจาก แคดเมียมเป็นสารพิษร้ายแรง จึงต้องมีมาตรการที่เข้มงวดทั้งในกระบวนการผลิตและการกำจัดหลังสิ้นสุดอย่างไร้ข้อบกพร่อง

๙. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรายต่อหกายชั้น

(Multi-junction solar cell)

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรายต่อหกายชั้นนี้ สามารถดูดกลืนรังสีได้ ในทุกช่วงความยาวคลื่นของแสงอาทิตย์ และทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าสูงขึ้น เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดที่มีรายต่อเพียง 2 ชั้น มักถูกเรียกว่า tandem module เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรายต่อหกายชั้นมีหลายรูปแบบ เช่น (ก) แบบ a-Si ที่มี p-n junction สามชั้น โดยชั้นบนจะผสมคาร์บอนเข้าไป ทำให้ดูดกลืนรังสีคลื่นสั้นได้ดี ส่วนชั้นล่างจะผสมเยกโmeneyim ทำให้ดูดกลืนรังสีคลื่นยาวได้ดี และชั้นกลางจะเป็น p-n junction ปกติทั่วไปซึ่งดูดกลืนรังสีคลื่นช่วงกลางได้ดี (ข) แบบ p-n junction ชนิดซิลิกอนผลึกเดี่ยวที่ถูกประกอบด้านบนและล่างด้วย p-n junction ชนิด a-Si ซึ่งนอกจากราคาจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพแล้ว ยังสามารถลด วัตตุดิบและพลังงานในการกระบวนการผลิตได้ด้วย เนื่องจากสามารถใช้ซิลิกอนผลึกเดี่ยวที่บางลงได้ (ค) แบบ p-n junction ชนิด a-Si ที่วางชั้nonบน p-n junction ชนิดซิลิกอนผลึกรวมที่มีโครงสร้างผลึกขนาดเล็กมาก (เส้นผ่านศูนย์กลางผลึกน้อยกว่า 1 ไมโครเมตร) ที่เรียกว่า micro-crystalline silicon

2.4 ลักษณะการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้ดังนี้

- ระบบโดดเดียว หรือระบบที่ไม่เชื่อมต่อกับสายส่ง (Stand-alone or off-grid system)

ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 3 ชนิด คือ มอดูลเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ และตัวควบคุมการประจุ แบตเตอรี่ทำหน้าที่เก็บกักไฟฟ้าที่ผลิตได้ในเวลากลางวันแล้วจ่ายให้แก่เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ในตอนกลางคืน หรือช่วงวันที่มีแดดไม่เพียงพอ ตัวควบคุมประจุทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้ให้เหมาะสม เช่น การจ่ายไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปยังอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและหมุดจ่ายเมื่อพลังงานที่สะสมอยู่ในแบตเตอรี่ไม่เพียงพอการคั่นหาจุดทำงานของระบบที่จะได้พลังไฟฟ้าสูงสุด หากเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้เป็นชนิดกระแสสลับ ระบบจำเป็นต้องมีตัวแปลงกระแสไฟฟ้า เพื่อแปลงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ หรือแบตเตอรี่ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับก่อน

ตารางที่ 12.1 การประยุกต์ใช้งานประเภทต่างๆ ของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดโดยเดี่ยว

งานเกษตรกรรม	การสูบนำสำหรับกลประธานาธินากรและสวน รั่วไฟฟ้าสำหรับคอกปศุสัตว์
งานชุมชน หมู่บ้านและ สาธารณะ	การสูบนำเพื่อใช้ในชุมชน การทำน้ำสะอาดสำหรับดื่ม ไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับโรงเรียน วัด ศาลาอนุกิจประสงค์ และถนน ไฟฟ้าสำหรับหอกระจายเสียง ไฟป้ายสัญญาณจราจร ไฟฟ้าในอุทยานแห่งชาติ ทุ่นไฟกระพริบแสดงร่องนำ
งานครัวเรือน	ไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับเรียนหนังสือ และกิจกรรมเสริมรายได้ ตอนกลางคืน ไฟฟ้าสำหรับวิทยุ โทรทัศน์ เครื่องเล่นแท็บและชีดตู้เย็น เครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็กอื่นๆ เช่น ปั๊มสูบนำขนาดเล็ก
งานสุขอนามัย	ไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับตัวสถานีอนามัย ไฟฟ้าสำหรับเครื่องมือแพทย์ ตู้แช่เย็นและวัสดุห้อง โทรศัพท์และวิทยุสื่อสาร
งานธุรกิจและ อุตสาหกรรม ครัวเรือน	สถานีประจุแบตเตอรี่ สถานีถ่ายทอดสัญญาณโทรศัพน์ ไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับร้านค้า สำนักงานและสถานประกอบการ ไฟฟ้าสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น ตู้แช่เย็น จักรเย็บผ้า เครื่องซักผ้า เครื่องบดเม็ด เป็นต้น

ระบบโดยเดี่ยวนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานประเภทต่างๆ ดังตารางที่ 12.1 และหากเป็นระบบที่ติดตั้งตามหมู่บ้าน ยังสามารถแบ่งตามลักษณะของการบริหารจัดการได้ 2 แบบ แบบแรกเป็นแบบศูนย์รวม โดยระบบเซลล์แสงอาทิตย์จะติดตั้งไว้ที่ชุมชนหมู่บ้าน เพื่อประจุแบตเตอรี่เก็บไว้ และให้ชาวบ้านนำแบตเตอรี่ที่ใช้หมดแล้วมาแลกแบตเตอรี่ที่ประจุเต็มแล้วกลับไปใช้งานที่บ้าน หรือบางแห่งอาจเดินเป็นสายส่งไฟฟ้าจากระบบไปตามบ้านได้เลย ส่วนแบบหลังจะติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กให้แก่บ้านแต่ละหลังใช้กันเอง ซึ่งเรียกว่า ระบบครัวเรือนแบบเดี่ยว

การประยุกต์ใช้งานบางประเภท เช่น ระบบสูบน้ำ ไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่ เนื่องจากสามารถสูบน้ำเข้าถังเก็บน้ำเพื่อสำรองใช้ได้เลย ซึ่งช่วยลดต้นทุนของระบบได้มาก และคุ้มทุนเร็วกว่างานประเภทอื่น ดังนั้น จึงมีการนำระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบโดดเดี่ยวไปใช้สูบน้ำในชนบทเป็นจำนวนมาก

- ระบบเชื่อมต่อ กับ สาย ส่ง (Grid-connected or on-grid system)

ในพื้นที่ที่มีสายส่งไฟฟ้าเข้าถึงอยู่แล้ว ระบบเซลล์แสงอาทิตย์สามารถใช้สายส่งเป็นแม่ขอนทั้งแบตเตอรี่และระบบสำรองขนาดใหญ่ได้ ระบบเชื่อมต่อ กับ สาย ส่งนี้จะมีตัวแปลงแบบซิงโครนัส (synchronous inverter) เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่สอดคล้องกับของสายส่ง รวมทั้งจะมีมาตรฐานพลังงานไฟฟ้า 2 ตัว ดัวหนึ่งสำหรับซื้อ อีกดัวหนึ่งสำหรับขาย มีทั้งระบบขนาดเล็กกำลังผลิตประมาณ 1-5 kWp สำหรับบ้านอยู่อาศัย และระบบที่มีขนาดใหญ่กว่า นั้นที่ติดตั้งบนหลังคาของอาคาร เนื่องจากเป็นการผลิตไฟฟ้าป้อนเข้าสายส่งด้วยระบบย่อยๆ กระจายอยู่ตามที่ต่างๆ จึงเป็นลักษณะการผลิตที่เรียกว่า distributed grid-connected power generation

ปัจจุบันมีการออกแบบมодูลเซลล์แสงอาทิตย์ให้สามารถบูรณาการ (integrated) เข้ากับส่วนของอาคาร เช่น หลังคา ผนัง กระเจき ปังಡเดหรือกันสาด มодูลเซลล์แสงอาทิตย์ที่ออกแบบบูรณาการนี้ เรียกว่า Building integrated Photovoltaics หรือ BiPV การพัฒนาต้าน BiPV มีความก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ต้นทุน มีแนวโน้มลดลงอย่างมากในอนาคต นอกจากนี้มีการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาติดตั้งบนแผงรับรังสีอาทิตย์ในรูปความร้อนลูกผสม (hybrid PV-Thermal collector) ทำให้สามารถผลิตพลังงานได้ทั้งไฟฟ้า และความร้อนพร้อมกัน เซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้จะเป็นแบบฟิล์มบาง เนื่องจากประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าลดลง เพียงเล็กน้อยแม้คุณภาพมีการทำงานจะช้าลงถึง 70-80 องศาเซลเซียส

การสร้างระบบเซลล์แสงอาทิตย์เป็นโครงไฟฟ้าขนาดใหญ่ในระดับหลายร้อยกิโลวัตต์ หรือระดับเมกะวัตต์ ในลักษณะแบบศูนย์

รวม เพื่อป้อนเข้าสายส่งไฟฟ้าหลักของภูมิภาค มีชื้อด้วยในเรื่องของขนาดเชิงเศรษฐศาสตร์ แต่มีข้อเสียในเรื่องพลังงานสูญเสียในสายส่ง นอกจานนี้ หากโรงไฟฟ้าสร้างอยู่ใกล้เมืองก็อาจมีปัญหาเรื่องราคาที่ดินที่แพงได้

2.5 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

ต้นทุนเงินลงทุนจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ (ก) ส่วนที่เป็นมอดูลเซลล์แสงอาทิตย์ (ข) ส่วนที่เป็นอุปกรณ์ประกอบระบบ (Balance of System หรือ BoS) หรือบางที่เรียกว่า อุปกรณ์ส่วนควบ ซึ่งได้แก่ ตัวควบคุม ตัวแปลงกระแส แบตเตอรี่ สายไฟฟ้า มาตร พลังงานไฟฟ้า ตัวสลับสาย รวมทั้งโครงรองรับมอดูลและอุปกรณ์ต่างๆ และ (ค) ค่าดำเนินการติดตั้งระบบ โดยทั่วไป สัดส่วนเงินลงทุนอุปกรณ์ BoS จะประมาณสามในสี่ของเงินลงทุนมอดูลเซลล์แสงอาทิตย์ ในปี ค.ศ. 2004 ราคาขายของมอดูลเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ที่ประมาณ 2.6-3.5 USD/Wp (85-140 บาทต่อวัตต์สูงสุด)

ต้นทุนเงินลงทุนระบบเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละระบบจะขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของระบบ และอุปกรณ์ประกอบสถานที่ติดตั้ง ปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์ ประเภทงานที่ใช้ ลักษณะการต่อระบบ ระดับความมั่นคงของไฟฟ้าที่ต้องการ สำหรับระบบต่อเข้าสายส่ง จะตอกอยู่ประมาณ 4.5-6 USD/Wp (180-240 บาทต่อวัตต์สูงสุด) ส่วนระบบโดยเดียวจะแพงกว่ามาก โดยจะตอกอยู่ประมาณ 10-18 USD/Wp (400-720 บาทต่อวัตต์สูงสุด) ทั้งนี้ เมื่อจากเป็นระบบที่มีขนาดเล็กกว่า ต้องมีแบตเตอรี่สำรองและตัวควบคุมการประจุ สถานที่ติดตั้งมักอยู่ไกลและหุ้รกันดารกว่า เป็นต้น อย่างไรก็ตาม หากเป็นโครงการที่ดำเนินการติดตั้งระบบโดยเดียวขนาดเล็กให้แก่ครัวเรือนพร้อมกันเป็นจำนวนแหนงระบบ ก็สามารถทำให้ต้นทุนเงินลงทุนลดลงมาอีก ดังเช่น โครงการไฟฟ้าเชื้ออาทิตย์ของรัฐบาลไทยแก่ครัวเรือนชนบทจำนวนกว่า 200,000 ระบบ จะตอกประมาณ 200 กว่าบาทต่อวัตต์สูงสุด

ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งสูดจะอยู่ประมาณ 20-30 USD cents/kWh (8-12 บาทต่อ กิโลวัตต์-ชั่วโมง) สำหรับระบบที่ใช้เงินลงทุนตั้งสูด (4500 USD/kW หรือ 180,000 บาทต่อ กิโลวัตต์) และต้องติดตั้งในที่มีความเข้มรังสีอาทิตย์อยู่ในเกณฑ์สูง โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าประมาณ 17-18 บาทต่อ กิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งยังแพงมากเมื่อเทียบกับต้นทุนจากโรงไฟฟ้าปัจจุบันที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล หรือพลังงานหมุนเวียนชนิดอื่น เช่น พลังงานชีวมวล และพลังน้ำ ที่มีค่าประมาณ 2 บาทต่อ กิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือแม้แต่พลังงานลม ซึ่งจะอยู่ประมาณ 6 บาทต่อ กิโลวัตต์-ชั่วโมง

2.6 ผลกระทบของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อสิ่งแวดล้อม

ในการทำงานตามปกติ ระบบไม่มีการปล่อยมลพิษอากาศ คลพิษทางน้ำ หรือสารกัมมันตรังสี และเนื่องจากระบบไม่มีคุ้มครองใดๆ เคลื่อนไหว จึงไม่เกิดมลภาวะทางเสียง ในกระบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ มีการใช้แก๊สที่มีความเป็นพิษสูง ติดไฟ และระเบิดได้ง่าย เช่น แก๊สไฮโดรเจน ฟอสฟีน และเยอรมนium รวมทั้งการใช้โลหะพิษ เช่น แคนเดเมียม แม้ว่าเทคโนโลยีควบคุมมลพิษปัจจุบันสามารถจัดการกากขยะได้ และมลพิษที่ปล่อยออกมายังโลกในกระบวนการผลิตให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานยอมรับได้ แต่ก็ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง

เนื่องจากการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์เดิมมีการสิ้นเปลืองพลังงานมากโดยเฉพาะเซลล์ชนิดผลึกที่พลังงานที่ใช้นั้นได้มาจากโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ดังนั้นพลังเซลล์แสงอาทิตย์จึงอาจมีส่วนปล่อยมลพิษอยู่เบื้องหลัง อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีกระบวนการผลิตใหม่ที่ใช้พลังงานน้อยลง และเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เมื่อเทียบกับอายุใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์ที่อยู่ประมาณ 20-30 ปี ดังนั้นในเชิงสมดุลพลังงานแล้วนับว่า พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์มีความยั่งยืน

2.7 สถานภาพและแนวโน้มของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในต่างประเทศ

ปัจจุบันตลาดเซลล์แสงอาทิตย์กำลังเติบโตอย่างมาก ในปี ค.ศ. 2004 ปริมาณการผลิตทั่วโลกสูงถึงเกือบ 1200 MW ซึ่งเพิ่มมากกว่าเท่าตัวเมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 2002 ที่มีกำลังผลิตอยู่เพียงประมาณ 500 MW จากผู้ผลิตหลัก 3 กลุ่ม คือ ญี่ปุ่น (50%) ยุโรป (25%) และสหรัฐอเมริกา (10%) ส่วนตัวเลขปริมาณการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์สะสมจนถึงปี ค.ศ. 2004 มีทั้งสิ้นราว 2600 MW โดยส่วนใหญ่จะติดตั้งให้ช้านอยู่ใน 3 ประเทศหลัก ได้แก่ ญี่ปุ่น (44%) เยอรมนี (31%) และสหรัฐอเมริกา (14%) ซึ่งมีพันธกิจที่ต้องลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้เชื้อเพลิง

สำหรับประเทศไทยของการติดตั้งใช้งานนั้น แต่เดิมระบบเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่ถูกใช้งานในลักษณะระบบโดยเดียวเพื่อผลิตไฟฟ้าในชนบท หรืองานขนาดเล็กที่ห่างไกลจากสายส่งการไฟฟ้าแต่หลังปี ค.ศ. 1990 เป็นต้นมา ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อสายส่งการไฟฟ้าได้รับการติดตั้งเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยเฉพาะในประเทศไทยญี่ปุ่น เยอรมนี และสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีโครงการสนับสนุนการนำเซลล์แสงอาทิตย์แบบ BiPV ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว โครงการเหล่านั้น ได้แก่ โครงการเซลล์แสงอาทิตย์บน 100,000 หลังคาของเยอรมนี โครงการ 70,000 หลังคาของญี่ปุ่น และโครงการ 1 ล้านหลังคาของสหรัฐอเมริกา ดังนั้น สัดส่วนสะสมจนถึงปี ค.ศ. 2004 ของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วโลก จะเป็นระบบต่อเชื่อมกับสายส่งแบบกระจายสูงถึงร้อยละ 80 ばかりระบบต่อเชื่อมกับสายส่งแบบศูนย์รวม อีกประมาณร้อยละ 3 ในขณะที่ระบบโดยเดียวจะเหลือสัดส่วนอยู่เพียงร้อยละ 17

เนื่องจากการใช้เซลล์แสงอาทิตย์มีการขยายตัวเป็นอย่างมากโดยเฉพาะในส่วนของ BiPV รวมทั้งความก้าวหน้าในการพัฒนาเทคโนโลยีซึ่งทำให้สามารถผลิตเซลล์รุ่นใหม่ๆ ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จึงมีแนวโน้มว่า ต้นทุนระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จะ

สามารถลดลงได้ครึ่งหนึ่งภายใน 10 ปีข้างหน้า ดังที่แสดงในตารางที่ 1 ดังนั้นลดลงครึ่งหนึ่งทุก 10 ปี

2.8 สถานภาพและแนวโน้มของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่ติดตั้งใช้งานเป็นระบบโดยเดียว โดยมีจำนวนกำลังผลิตติดตั้งจนถึงปี พ.ศ. 2548 รวมทั้งสิ้นประมาณ 26 MW และมีการประยุกต์ใช้ในงานประเภทต่างๆ ดังตารางที่ 12.2 จำนวนกำลังผลิตติดตั้งที่เพิ่มขึ้นจากประมาณ 6 MW ในปี พ.ศ. 2546 นั้นเป็นผลจากการที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ดำเนินโครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังแสงอาทิตย์ขนาด 120 W ให้แก่ครัวเรือนที่อยู่ห่างไกลและระบบสายส่งไฟฟ้าของทางการเข้าไปไม่ถึง จำนวนประมาณ 153,000 ระบบ กำลังผลิตรวม 18.3 MW ในช่วงปี พ.ศ. 2547-48 และอีก 50,000 ระบบ กำลังผลิตรวม 6 MW ในช่วงปี พ.ศ. 2549-50 โดยใช้งบประมาณลงทุนทั้งสิ้น กว่า 5,300 ล้านบาท ระบบที่เชื่อมต่อสายส่งนั้นมาจากโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แห่งแรกขนาดกำลังผลิต 0.5 MW ที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งได้เริ่มจ่ายไฟเข้าสายส่งเมื่อกลางปี พ.ศ. 2547 ส่วนที่เหลือจะมาจากการเด็กที่ติดตั้งบนหลังคาบ้าน โรงงาน และอาคารที่ทำการรัฐ 50-60 แห่ง รวมทั้งระบบที่อยู่ในสถานีสาธิตทดลองการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

**ตารางที่ 12.2 การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้ในงานประเพณี
ต่างๆ ของประเทศไทย ณ ปี พ.ศ. 2548**

ลำดับที่	ประเภทการใช้งาน	กำลังผลิตติดตั้ง (MW)	%
1.	ระบบไฟฟ้าเพื่อใช้ในครัวเรือนแบบอิสระ	18.2	70.2
2.	ระบบประจุเบตเตอร์	2.3	8.9
3.	ระบบเชื่อมต่อสายสูง	1.7	6.4
4.	ระบบสื่อสารโทรคมนาคม	1.5	5.8
5.	ระบบสูบนำ	1.2	4.6
6.	อื่นๆ	1.0	4.1
รวม		26.0	100.0

กระทรวงพลังงานได้จัดทำแผนส่งเสริมและพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์โดยได้ตั้งเป้าหมายให้มีการใช้เซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มอีก 250 MW ในช่วงปี พ.ศ. 2548-2554 โดยจะให้เกิดจากการสนับสนุนไฟฟ้าในชนบทห่างไกล 27 MW มาตรการสนับสนุนฐาน 83 MW และมาตรการ RPS (Renewable Portfolio Standard) 140 MW มาตรการ RPS นั้นเป็นการให้เงินไฟฟ้าเชื้อเพลิงฟ้อซซิลที่จะสร้างขึ้นในอนาคตจะต้องมีการผลิตหรือจัดหาไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนตามสัดส่วนที่กำหนดไว้ประมาณร้อยละ 3-5 ของกำลังผลิตที่จะป้อนเข้าสายสูง ส่วนมาตรการสนับสนุนฐานจะประกอบด้วยการลดหย่อนภาษีเงินได้การให้เงินกู้ดอกเบี้ยต่ำ การให้เงินช่วยเหลือการลงทุน การกำหนดราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กในราคาที่ฐาน 77 MW ต่อปี โดยเป็นการนำเข้าตัวเซลล์แสงอาทิตย์จากต่างประเทศทั้งหมด ดังนั้น เพื่อลดภาระนำเข้า

ตัวเซลล์ ขณะนี้จึงมีโรงงานผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอน อสัณ്ഘานแบบพิล์มบางเกิดขึ้น 1 แห่ง และโรงงานผลิตเซลล์ แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนผลีรวมจากแผ่นเวเฟอร์นำเข้าอีกจำนวน 2 แห่ง รวมกำลังผลิตประมาณ 65 MW ต่อปี นับเป็นการเติบโตอย่างก้าวกระโดดของอุตสาหกรรมผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย

2.9 สรุปและข้อเสนอแนะในการใช้เซลล์แสงอาทิตย์

อย่างไรก็ตาม ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบันยังสูงกว่าพลังงานหมุนเวียนอื่นๆ ค่อนข้างมาก ไม่ว่าจะเป็น พลังงานมวลชีวภาพ พลังงานน้ำขนาดเล็ก หรือพลังงานลม ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานภายใต้ประเทศไทยที่มีศักยภาพในการนำมาผลิตไฟฟ้าได้ ประกอบกับประเทศไทยเองยังไม่สามารถผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้ ส่วนใหญ่จะเป็นการนำเข้ามาประกอบเป็นมอดูล ทำให้ต้องสูญเสียเงินสูตร่างประเทศจำนวนมาก ซึ่งก็คงไม่ต่างจากการนำเข้าเชื้อเพลิงฟอสซิล จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ศัษฐ์ และสิ่งแวดล้อมของพลังงานหมุนเวียนแต่ละชนิดอย่างจริงจัง ก่อนจะตัดสินใจเลือกใช้พัสดุงานชนิดใดและเป็นปริมาณสัดส่วน เท่าไร จึงจะเหมาะสมที่สุดในระยะสั้น (เช่น ใน 5 และ 10 ปีข้างหน้า) และในระยะยาว เพื่อให้สามารถทดแทนพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิลได้อย่างยั่งยืนในอนาคต

3. ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนจากการรวมรังสีอาทิตย์

ปัจจุบันมีระบบผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนจากการรวมรังสีอาทิตย์ใน 3 รูปแบบด้วยกัน ดังนี้

- แบบรางพาราโบลา (parabolic trough) โดยจะมีการติดตั้งรางพาราโบลาเหล่านี้จำนวนมาก เรียงกันเป็น列 บนบริเวณพื้นที่ราบขนาดใหญ่ระดับตราด กิโลเมตร มักเรียกว่า ฟาร์มแสงอาทิตย์ คุณภาพที่ท่อในแนวโฟกัสของรางพาราโบลาสูงประมาณ 200-400

องค์เซลเซียส ความร้อนที่ได้จากฟาร์มจะถูกนำมาเลี้ยงไปตามท่อ เพื่อส่งไปผลิตไอน้ำในโรงไฟฟ้า ปัจจุบันเป็นแบบที่ใช้กันมากที่สุด ประสิทธิภาพสูงสุด ในการแปลงรังสีอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ประมาณร้อยละ 21

- ข. แบบหอพลังงาน (power tower) ประกอบด้วยแท่นไฮโลสแตต (heliostat) จำนวนมากพื้นที่ขนาดใหญ่รายล้อมหอพลังงานที่อยู่บริเวณตรงกลางไว้ คุณหมุนที่เป้ารับแสงจะสูงประมาณ 700 องศา เซลเซียส ความร้อนที่ได้จะถูกนำมาเลี้ยงไปตามท่อเพื่อส่งไปผลิตไอน้ำ ในโรงไฟฟ้าเช่นเดียวกัน มีประสิทธิภาพสูงสุดในการแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าประมาณร้อยละ 23
- ค. แบบจานพาราโบลา (parabolic dish) คุณหมุนมีจุดโฟกัสสามารถชี้ไปสูงถึงกว่า 1000 องศาเซลเซียส ได้ ความร้อนที่ได้แทนที่จะถูกส่งไปใช้งานที่โรงไฟฟ้าซึ่งห่างออกไป จะถูกใช้งานกับเครื่องจักรไอน้ำขนาดเล็ก หรือเครื่องยนต์ความร้อนแบบสเตอร์ลิง (Stirling heat engine) ที่ติดตั้งบนจุดโฟกัสเพื่อผลิตไฟฟ้า ทำให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในการผลิตไฟฟ้าประมาณร้อยละ 29 รูปแบบนี้เหมาะสมสำหรับประยุกต์ใช้งานขนาดเล็กโดยเฉพาะระบบผลิตไฟฟ้าชนิดโดดเดี่ยว

การผลิตพลังงานก่อสร้างการรวมแสงอาทิตย์มีมานานแล้ว โดยเครื่องจักรไอน้ำพลังแสงอาทิตย์เครื่องแรกสร้างขึ้นเพื่อใช้กับแท่นพิมพ์ประเภทรังเศส ราวปี ค.ศ. 1872 ต่อมา ในปี ค.ศ. 1913 มีการสร้างเครื่องขนาด 45 kW โดยชาวอเมริกัน ในประเทศอเมริกาเพื่อสูบน้ำใช้งานคลบประทาน อุปกรณ์รวมแสงประกอบด้วยวงร่ายจากเงาแบบพาราโบลาที่หมุนตามดวงอาทิตย์เพื่อผลิตไอน้ำส่งไปยังเครื่องจักรไอน้ำ แต่ประสิทธิภาพของระบบไม่สามารถแข่งขันกับระบบที่ใช้น้ำมันที่มีราคาถูกในยุคนั้นได้ ราวปี ค.ศ. 1980-1990 มีการสร้างระบบผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนจากการรวมรังสีอาทิตย์ขนาดใหญ่ทั้งหมด 10 โรง โดยทั้งหมดสร้างอยู่เขตที่มีแดดจัด เช่น 牍拉薩แคลลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา โรงแรกแบบ solar power tower ขนาดกำลังผลิตไฟฟ้า 10 MWe ใช้ไฮโลสแตตทั้งหมด 1,818 ตัว ส่วนอีก 9 โรง ต่อมาเป็นแบบรังพาราโบลา มีขนาดตั้งแต่ 14-80 MWe รวมทั้งสิ้น 354

MWe หลังจากนั้นมา ไม่มีการสร้างเพิ่มเติมอีกเลย เนื่องจากแก๊สธรรมชาติ มีราคาถูกกว่า

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนจากการรวมรังสีอาทิตย์ซึ่งติดตั้งในที่มีความเข้มรังสีอาทิตย์สูงกว่า $1,700 \text{ kWh/m}^2$ ต่อปีนั้น จะใช้เงินลงทุนในปี ค.ศ.2005 ประมาณ 2.6-2.8 USD/MW_p (104-110 บาทต่อวัตต์สูงสุด) สำหรับแบบร่างพาราโบลาและหอยพลังแสงอาทิตย์ ส่วนต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจะอยู่ประมาณ 10-15 USD cents/kWh (4-6 บาทต่อ กิโลวัตต์-ชั่วโมง) จะเห็นว่ามีต้นทุนถูกกว่าระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ อย่างไรก็ตาม ระบบนี้จำเป็นต้องเลือกติดตั้งในบริเวณที่มีแดดจัดจึงจะให้ผลคุ้มค่า

ปัจจุบันมีการก่อสร้างระบบผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนจากการรวมรังสีอาทิตย์แบบต่างๆ อยู่ในหลายประเทศที่มีพื้นที่ที่มีแดดจัด เช่น สเปน เม็กซิโก อิบิปต์ อิสราเอล อิหร่าน อินเดีย สหรัฐอเมริกา และอื่นๆ โดยในปี ค.ศ. 2005 มีที่เพิ่มรวมทั้งสิ้น 825 MWe ซึ่งเพิ่มขึ้นกว่าเท่าตัวจากกำลังผลิตติดตั้ง 380 MWe ในปี ค.ศ. 2002 คาดว่าในปี ค.ศ. 2010 กำลังผลิตติดตั้งรวมทุกแบบจะเพิ่มเป็น 2,225 MWe และต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจะตกประมาณ 7-10 USD cents/kWh (2.8-4 บาทต่อ กิโลวัตต์-ชั่วโมง) ซึ่งสามารถแข่งขันกับเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ ประเทศไทยได้มีการพัฒนาตัวรวมแสงเพื่อผลิตความร้อนมานาน แต่ยังไม่ได้มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนจากการรวมรังสีอาทิตย์โดยอาจเป็นเพราะว่าท้องฟ้ามักมีเมฆบ่อยครั้งอยู่ค่อนข้างบ่อย ทำให้สัดส่วนทั้งปีของรังสีอาทิตย์ต่ำกว่ามาก อย่างไรก็ตาม มีพื้นที่บางแห่งในประเทศไทยที่มีความเข้มรังสีอาทิตย์ค่อนข้างสูง เช่น ในที่ราบสูงภาคตะวันออกเฉียงเหนืออาจมีความคุ้มค่าที่จะนำระบบผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนจากการรวมรังสีอาทิตย์มาใช้ได้ โดยเฉพาะในอนาคตเมื่อต้นทุนระบบลดลง จึงควรมีการศึกษาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของภาระระบบรวมรังสีอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้า

๑. บทนำ

เนื่องจากผ้าโลกประกอบด้วยพื้นที่ชายประเทศ เมื่อวังสีอาทิตย์ ตกลงมาอย่างผ้าใบพื้นที่เหล่านี้จะดูคลินรังสีไม่เท่ากันทำให้อากาศที่อยู่เหนือ พื้นที่แต่ละบริเวณร้อนไม่เท่ากัน ก่อให้เกิดความกดอากาศแตกต่างกัน โดย อากาศร้อนจะลอยตัวขึ้น และอากาศที่เย็นกว่าจะไหลเข้ามานแทนที่ จึงเกิด กระแสลม เมื่อถึงตอนกลางคืนพื้นที่เหล่านี้ก็คายความร้อนออกไม่เท่ากัน ซึ่ง ก็จะทำให้เกิดลมพัดเช่นกัน นอกจากนี้ความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ตกลงมาอย่าง พื้นที่บนโลกแต่ละแห่ง เช่น ที่ข้าวโลภกับที่เส้นศูนย์สูตรนั้น ก็ไม่เท่ากัน รวมทั้งยังแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาลอีกด้วย ดังนั้นจึงมีกระแสลมเกิดขึ้น หลากหลายตลอดเวลาบนพื้นผ้าใบทั้งกระแสลมขนาดใหญ่ที่เกิดระหว่างภูมิภาค เช่น ลมสินค้าลมมรสุม และกระแสลมขนาดย่อมที่เกิดขึ้นในท้องถิ่น เช่น ลมบก ลมทะเล ลมภูเขา ลมหุบเขา พลังงานลมจึงจัดเป็นพลังงานหมุนเวียนที่ ไม่มีวันหมดสิ้น และสะอาด

บริโภคน้ำลมขึ้นอยู่กับความเร็วลม ถ้าความเร็วลมสูงกำลัง ลมที่ได้ก็จะมาก โดยทั่วไปความเร็วลมจะเพิ่มขึ้นตามระดับความสูงจาก พื้นผ้าใบ ความเร็วลมบริเวณใกล้พื้นผ้าจะลดลงเนื่องจากแรงเสียดทาน จากต้นไม้และสิ่งปลูกสร้างต่างๆ รวมทั้งจากพื้นผ้าใบเอง นอกจากนี้ ความเร็วลมยังแปรเปลี่ยนไปตามลักษณะของสถานที่ตั้งและพื้นผ้าด้วยแหล่ง ที่มีลมความเร็วสูงๆ ได้แก่ บริเวณยอดเขา ระหว่างซ่องเขา ทุ่งรากไส้กรว้าง ในทะเลราย ริมชายทะเล และกลางทะเล

๒. ประวัติย่อของ การพัฒนา กังหันลม

เชื่อกันว่า ชาวอียิปต์โบราณนำพลังงานลมมาใช้แล่นเรือใบในแม่น้ำ ไนล์ เมื่อห้าพันปีที่แล้ว ต่อมาจึงมีการสร้างกังหันลมมาใช้สีและบดเมล็ด ขัญพืชและสูบนำกังหันลมเก่าแก่ที่สุดเท่าที่ทราบกันนั้นเป็นของชาวเปอร์เซีย ในยุคคริสตศักราชที่ 600 กังหันลมเริ่มแพร่ไปใช้ในยุโรปราชคริสตศักราชที่ 1100 ส่วนในเอเชีย มีหลักฐานบันทึกว่า จีนเริ่มมีกังหันลมใช้กันในปี ค.ศ.1219 กังหันลมยุคแรกๆ นั้นจะเป็นแบบใบหมุนรอบแกนตั้ง แต่ต่อมา มีการเปลี่ยน

มาใช้กังหันลมแบบใบหมุนรอบแกนแนวนอนอย่างมากโดยเฉพาะกังหันลมในยุโรป ในปลายยุคคริสตศวรรษที่ 1300 กังหันลมของชาวดัชท์ประกอบด้วยใบพัดผ้าใบขนาดใหญ่ 4 ใน หมุนรอบแกนนอนติดตั้งไว้บนยอดหอคอย ใจกลาง เพื่อมาขับเครื่องสีหรือบดที่อยู่ด้านล่าง ต่อมา มีการออกแบบกลไกต่อเข้ากับระหัสเพื่อสูบนำออกจากการที่ล้มอย่างได้ผล ในทวีปอเมริกา การใช้กังหันลมเริ่มราวคริสตศวรรษที่ 1500 แต่มาถึงในศตวรรษที่ 19 จึงได้รับความนิยมใช้กันอย่างมากหลังปี ค.ศ. 1854 เมื่อมีการสร้างกังหันลมขนาดเล็กกระหัตต์ที่ใช้ใบพัดทำด้วยแผ่นไม้แบบเล็กๆ หลายสิบใบเพื่อสูบนำอากาศมาใช้ในฟาร์มและคอกอปศุสัตว์

กังหันลมถูกนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าครั้งแรกที่สหรัฐอเมริกาเมื่อปี ค.ศ. 1888 โดยใช้กังหันลมแบบเมริกันซึ่งมีడีน่าศูนย์กลาง 17 เมตรผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 12 kW อีก 3 ปีต่อมาที่ประเทศเดนมาร์ก ได้นำทฤษฎีการไหลแบบอากาศ พลศาสตร์มาช่วยในการออกแบบใบพัดเพียง 4 ใน แต่หมุนเร็วเมื่อรับลม ซึ่งให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าสูงกว่าแบบใช้ใบมากແຕ่หมุนช้า กังหันลมเดนมาร์กตัวแรกนี้มีกำลังผลิตไฟฟ้า 25 kW การวิจัยพัฒนาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพยังคงดำเนินงานไปอย่างต่อเนื่องในเยอรมนี เเดนมาร์ก เนเธอร์แลนด์ อังกฤษ สเปนและสหรัฐอเมริกา โดยในปี ค.ศ. 1971 ได้มีติดตั้งฟาร์มกังหันลมนอกชายฝั่งของประเทศเดนมาร์ก ขนาดกำลังผลิตรวม 5 MW ซึ่งนับเป็นครั้งแรกของโลก

วิกฤตการณ์น้ำมันโลกในปี ค.ศ. 1973 ก่อให้เกิดการพัฒนา กังหันลมขนาดใหญ่มากกว่า 50 kW ขึ้นไป เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในหลายประเทศ เช่น เเดนมาร์ก เนเธอร์แลนด์ และสหรัฐอเมริกา และถือได้ว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนา กังหันลมในเชิงพาณิชย์เพื่อผลิตไฟฟ้าป้อนเข้าสายส่ง ตลอดช่วงปี ค.ศ. 1980-1990 ได้มีการติดตั้ง กังหันลมในแคลิฟอร์เนีย ถึง 17,000 ตัวโดยมีขนาดตั้งแต่ 20-350 kW ในแถบยุโรปเหนือที่มีลมค่อนข้างแรง นโยบายสนับสนุนให้กังหันลมสามารถผลิตไฟฟ้าในราคาน้ำคุ้มทุน ทำให้ยอดกำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมในปี ค.ศ. 1990 รวมทั้งโลก เพิ่มเป็นประมาณ 2,000 MW ในช่วงคริสตศวรรษที่ 1990 การเริ่มต้นตัวของสาธรณชนทั่วโลกเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น ผลกระทบทางอากาศและการเกิดภาวะเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ทำให้ประเทศอุตสาหกรรมต่างๆ หันมาให้ความสำคัญต่อพลังงานหมุนเวียน โดยเฉพาะพลังงานลมซึ่งมีต้นทุนที่ไม่สูงมากนัก

3. ชนิดของกังหันลม

กังหันลมที่สร้างกันขึ้นมาใช้งานตั้งแต่โบราณกาลนั้นมีหลากหลายรูปแบบมาก บางแบบมีรูปร่างค่อนข้างแปลกและดูไม่คุ้นเคย อายุยาวนาน กังหันลมสมัยปัจจุบัน โดยทั่วไปแล้ว สามารถแบ่งได้ 2 ชนิดหลักๆ ตามลักษณะการวางแผนตัวของแกนหมุนของใบพัด คือ

ก. กังหันลมชนิดแกนนอน

กังหันลมชนิดนี้จะมีแกนหมุนของใบพัดวางในแนวขวางกับพื้นผิวโลก โดยแกนใบพัดจะติดตั้งไว้บนเสาหรือหอคอยสูง แล้วมีกลไกหันใบพัดเข้าหากกระсталม ปัจจุบันเป็นชนิดที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุด และสามารถแบ่งตามลักษณะใบพัดได้เป็น 2 แบบใหญ่ๆ แบบแรกเป็นแบบใช้ใบพัดสองหรือสามใบ ซึ่งปัจจุบันมักนำมาใช้ผลิตไฟฟ้า โดยตัวใบพัดจะถูกออกแบบให้มีรูปทรงตามหลักอากาศพลศาสตร์ (aerodynamics) และมักเรียกว่า กังหันลมแบบ propeller ่วนอีกแบบหนึ่งเป็นแบบใช้ใบพัดที่มีลักษณะเป็นแผ่นบางยาวจำนวนหลายใบมาก ซึ่งจะให้แรงบิดสูงจึงเหมาะสมสำหรับใช้สูบน้ำ

ข. กังหันลมชนิดแกนตั้ง

กังหันลมชนิดนี้จะมีแกนหมุนของใบพัดตั้งอยู่ในแนวตั้ง ดังนั้น แกนหมุนจึงตั้งฉากกับพื้นทางของกระсталมที่ให้เหล้ามaha (cross flow) ลักษณะใบพัดของกังหันลมชนิดแกนตั้งจะมีหลากหลายรูปแบบมาก เช่น กังหันลมแบบแดร์เรียล (Darrieus) ซึ่งใช้ใบเล็กเรียวบางเหมือนเครื่องตีไข่ กังหันลมแบบซาโวเนียส (Savonius) ซึ่งใช้ใบแบบแผ่นเดียว กังหันลมแบบใช้ใบทำเป็นรูปถ้วยติดรอบแกนหมุน กังหันลมชนิดแกนตั้งที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาในระยะหลังนี้ เริ่มได้รับความสนใจมากขึ้น เนื่องจากมีข้อดีอย่างน้อย 2 ข้อ คือ (1) ไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ควบคุมการหันใบพัดเข้าหากลมเหมือนกังหันลมชนิดแกนนอน และ (2) ระบบส่งกำลังและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถติดตั้งในระดับแนวพื้นดินได้ โดยไม่ต้องติดบนหอคอยสูงเหมือนกังหันลมชนิดแกนนอน

4. ส่วนประกอบของระบบกังหันลม

เนื่องจากกังหันลมที่ผลิตไฟฟ้าส่วนใหญ่เป็นชนิดแกนนอนส่วนประกอบอื่นๆ ที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้จึงเป็นข้อของระบบกังหันลมชนิดแกนนอนโดยมี 3 ส่วนหลักดังนี้

ก. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและระบบส่งกำลัง

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีใช้ทั้งชนิดเหนี่ยวนำและชนิดซิงโครนัส แต่ส่วนใหญ่จะเป็นชนิดเหนี่ยวนำระบบส่งกำลังทำหน้าที่นำพลังงานกลจากเพลา กังหันไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ผ่านตัวถ่ายทอดกำลัง เช่น เพิร์ก เกียร์ สายพาน หรือเกียร์ไฮดรอลิก ซึ่งจะทดสอบความเร็วรอบที่ได้จากเพลา กังหันให้สอดคล้องกับความเร็วรอบที่กำหนดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า นอกจากนี้ยังมีเบรกสำหรับหยุดการหมุนของใบพัด

ข. ระบบควบคุม

ส่วนใหญ่ถูกออกแบบให้มีหน้าที่ควบคุมงานหลัก 2 อย่างหน้าที่แรกคือ การควบคุมให้ตัวกังหันหมุนเข้าหาทิศทางของกระแสลมตลอดเวลา เพื่อให้รับพลังงานจากลมสูงสุด ถ้าเป็นกังหันขนาดเล็กจะใช้ระบบทางเลือกเป็นตัวบังคับ ส่วนกังหันขนาดใหญ่จะใช้กลไกเซอร์โว (servomechanism) รับสัญญาณจากตัวรับรู้ทิศทางลมแล้วส่งให้มอเตอร์หมุนขับกังหันเข้าหาลม ส่วนอีกหน้าที่หนึ่ง คือ การป้องกันไม่ให้กังหันเกิดความเสียหายจากการกระแสลมที่แรงจัด โดยปกติ กังหันลมจะถูกออกแบบให้แข็งแรงเพียงพอที่จะสามารถรับความเร็วลมสูงสุดได้ที่ค่าหนึ่งเท่านั้น ลักษณะการป้องกันมี 2 แบบ โดยแบบแรกจะทำให้กังหันหมุนหน้าเหว่ไปจากทิศทางกระแสลม เช่น หันหน้าไปด้านข้าง หรือหันเงยหน้าขึ้น หรือทำให้ใบพัดหุบตัว ส่วนแบบหลัง จะให้วิธีหน่วงการหมุนของกังหันให้ช้าลง โดยอาจทำได้ด้วยการบิดมุมของใบพัดให้เกิดการหน่วงแทนการขับ หรือเพิ่มชั้นส่วนที่ทำให้เกิดแรงหน่วงเข้าไป

ค. หอcontrol และห้องเครื่อง

หอcontrol ทำหน้าที่เป็นที่ยึดของตัวกังหันลมให้อยู่ในระดับสูงเพื่อรับกระแสลมที่มีความเร็วสูงได้อย่างเต็มที่ในทุกทิศทาง ลักษณะหอcontrol มีหลายแบบ เช่น ท่อตรงขนาดใหญ่ต่อ กันขึ้นไป หรือ

โครงสร้างเหล็ก โดยอาจมีสายสิ่งโถงยึดอยู่ด้วย บรรยอดหอดอยยังเป็นที่ตั้งของห้องเครื่องซึ่งบรรจุระบบเกียร์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าระบบหมุนหันไปพัดรับลม รวมทั้งระบบควบคุม

5. พลังงานที่ได้จากการก๊าซหันลม

ก๊าซหันลมไม่สามารถสกัดอากาศกำลังงานที่อยู่ในลมมาใช้งานได้ทั้งหมด เนื่องจากลมที่ให้ผลผ่านก๊าซหันออกมานั้นยังคงมีความเร็วเหลืออยู่ การที่จะทำให้ลมหยุดตรงไปพัดก๊าซหันเพื่อสกัดอากาศกำลังลมมาให้หมุดนั้นเป็นไปไม่ได้ เนื่องจากลมเมื่อลมหยุดตรงหน้าก๊าซหันลด ่วนต่อมาก็ไม่สามารถเคลื่อนเข้าหาก๊าซหันได้ ค่ากำลังลมสูงสุดในทางทฤษฎี (P_{max}) ที่ก๊าซหันลมมีผลิตตามขีดจำกัดเบทซ์ (Betz limit) สูงสุดเพียงร้อยละ 59.5 ของกำลังลมทั้งหมดที่พัดเข้าก๊าซหัน ซึ่งเป็นค่าทางทฤษฎีที่สมมติว่าไม่มีการสูญเสียใดๆ แต่ในทางปฏิบัติแล้วก๊าซหันจะสูญเสียลมบางส่วนที่ไม่ก่อประযุชน์ต่อก๊าซหัน เพราะถูกพัดออกไปด้านข้างเนื่องจากการหมุนของไปพัด ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะการออกแบบของไปพัดก๊าซหัน ก๊าซหันลมชนิดไปพัดน้อยไป แต่ได้รับออกแบบเชิงอากาศพลศาสตร์ จะให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังสูงประมาณ 0.5 ในขณะที่ก๊าซหันลมชนิดหลายใบจะให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังค่อนข้างต่ำประมาณ 0.2 เท่านั้น

กำลังงานที่ก๊าซหันลมผลิตได้นั้น จะแปรผันตามกำลังสามของความเร็วลม โดยก๊าซหันลมแต่ละตัวจะมีลักษณะเฉพาะของตัวเอง พลังงานทั้งหมดที่จะได้จากการก๊าซหันลม ตลอดช่วงเวลาหนึ่งๆ ขึ้นอยู่กับความถี่ของระดับความเร็วลมต่างๆ ที่เกิดขึ้น ณ จุดติดตั้งก๊าซหันลมในช่วงเวลาหนึ่ง ดังนั้นก่อนติดตั้งก๊าซหันลมที่ได้ จึงควรมีการสำรวจเก็บข้อมูลสถิติความถี่ของระดับความเร็วลมต่างๆ ณ ที่ตั้งกล่าว และประเมินศักยภาพพลังงานที่จะได้จากการก๊าซหันลมตลอดปี เพื่อนำมาศึกษาความเป็นไปได้ถึงความคุ้มค่าต่อการลงทุนติดตั้ง

6. ต้นทุนระบบผลิตไฟฟ้าด้วยก๊าซหันลม

เงินลงทุนสำหรับระบบก๊าซหันลมผลิตไฟฟ้าโดยทั่วไปที่ติดตั้งบนผังจะตกประมาณ 850-950 USD/kW (34,000-38,000 บาทต่อกิโลวัตต์) โดยร้อยละ

75-80 จะเป็นค่ากังหันรวมหอดอยและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่เหลืออีกร้อยละ 20-25 จะเป็นค่าก่อสร้างโครงสร้างฐานราก และค่าเดินสายส่งไฟฟ้า หากคิดตามขนาดพื้นที่หน้าตัดรับลมของใบพัดกังหันเงินลงทุนจะอยู่ระหว่าง 400 USD/m² (16,000 บาทต่อตารางเมตร) ส่วนระบบที่ติดตั้งนอกผู้ที่อยู่กลางทะเล เงินลงทุนระบบจะสูงกว่า คือ ประมาณ 1,100-2,000 USD/kW (44,000-80,000 บาทต่อกิโลวัตต์) โดยค่าฐานรากและค่าเดินสายส่งจะสูงถึงร้อยละ 40 ของค่าลงทุนทั้งหมด

สำหรับต้นทุนผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมนั้น จะขึ้นอยู่กับเงินลงทุนติดตั้งระบบและปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี ระบบที่ติดตั้งบนฝั่งจะใช้เงินลงทุนต่ำ แต่ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปีจะน้อยกว่า เนื่องจากมีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำกว่า ส่วนระบบที่ติดตั้งนอกผู้ที่นั่นแม้จะผลิตไฟฟ้าได้มากกว่า เนื่องจากมีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำกว่า ส่วนระบบที่ติดตั้งบนฝั่งจะสูง แต่ใช้เงินลงทุนต่ำกว่ามาก โดยทั่วไปแล้ว ต้นทุนผลิตไฟฟ้าจะต่ำกว่าประมาณ 4-7 US cents/kWh (1.60-2.80 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง) สำหรับระบบที่ติดตั้งบนฝั่ง และประมาณ 7-12 US cents/kWh (2.80-4.80 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง) สำหรับระบบที่ติดตั้งนอกผู้ที่อย่างไรก็ตาม มีหลายระบบที่ตั้งอยู่ริมชายฝั่งทะเล รวมทั้งบริเวณพื้นที่ภัยในแผ่นดินที่มีลมแรงจัดสามารถทนต่อภัยน้ำท่วมได้ดี แต่ต้องมีการก่อสร้างและเดินสายส่งไฟฟ้าด้วยต้นทุนต่ำกว่า 4 US cents/kWh (1.60 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)

7. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ข้อดีของการใช้กังหันลมมีหลายประการ ประการแรกที่ทราบกันดีคือไม่มีมลพิษ เนื่องจากการเผาไหม้เกิดขึ้นโดยตรง แต่ในทางอ้อมนั้น มีมลพิษเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตกังหันลมและอุปกรณ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของที่ใช้ในการผลิต เช่น เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม พลาสติก ประการต่อมาคือระยะเวลาคืนกำไรลับพลังงานของกังหันลมค่อนข้างสั้น ประมาณ 3 ถึง 6 เดือนเท่านั้น นอกจากนี้ขึ้นส่วนต่างๆ ของกังหันลมทั้งหมดสามารถนำมารีไซเคิลได้ เนื่องจากลมมีความหนาแน่นเชิงพลังงานน้อย หากต้องการผลิตกำลังลมสูงๆ อาจต้องใช้พื้นที่ค่อนข้างมาก โดยคร่าวๆ แล้ว พาร์มกังหันลมใช้พื้นที่ประมาณ 0.06-0.08 ตารางกิโลเมตรต่อหัวน้ำเมกะวัตต์ (หรือ 12-16 MW/km²) แต่ในทางปฏิบัติ ตัวโครงสร้างกังหันลมใช้เนื้อที่บันพื้นเพียงร้อยละ 1 ของ

บริเวณพื้นที่ทั้งหมดที่ใช้ติดตั้งกังหันลม โดยยังสามารถใช้พื้นที่ได้กังหันที่เหลือเหล่านั้นมาทำเกษตรกรรม ฟาร์มปศุสัตว์ หรืออื่นๆ ได้ตามปกติ

การใช้กังหันลมแม่จั๊ดเป็นที่ยอมรับกันว่าค่อนข้างจะเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แต่ก็มีผลกระทบในแง่ลบบางประการซึ่งควรได้รับการกล่าวถึง ปัญหามลภาวะด้านเสียง เกิดจากใบพัดกังหันหมุนตัดกระแสลม ซึ่งแก้ไขค่อนข้างยาก มักต้องใช้วิธีลดผิดลองๆ อยู่ ปัญหาเสียงหัวดนี้ควรได้รับการเอาใจใส่อย่างมากหากต้องติดตั้งกังหันลมใกล้แหล่งชุมชนการติดตั้งกังหันลมขนาดใหญ่จำนวนมากในลักษณะเป็นฟาร์มกังหันลม สามารถก่อให้เกิดผลกระทบในแง่ลบต่อทัศนียภาพในบริเวณนั้นจนสังคมอาจไม่ยอมรับ การหมุนของกังหันลมอาจรบกวนสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic interference) ที่ใช้ในด้านการเดินเรือ ด้านการบินพลเรือน และด้านสื่อสารโทรคมนาคมในบริเวณใกล้เคียงรวมถึงเครื่องทางการทหารที่ใช้ในการป้องกันประเทศจากภัยทางอากาศ

8. สถานภาพและแนวโน้มของพลังงานลมผลิตไฟฟ้าในต่างประเทศ

กำลังผลิตติดตั้งของกังหันลมผลิตไฟฟ้าของโลกเมื่อสิ้นสุดปีค.ศ.2004 รวมทั้งสิ้น 47,864 MW เพิ่มขึ้นจากปีที่แล้วประมาณร้อยละ 21.5 หรือ 8,462 MW ประเทศที่มีกำลังผลิตติดตั้งสูงสุดคือ เยอรมนี (16,629 MW) รองลงมาได้แก่ สเปน (8,263 MW) สหรัฐอเมริกา (6,740 MW) เดนมาร์ก (3,118 MW) และอินเดีย (2,983 MW) โดย 5 ประเทศนี้รวมกันจะมีสัดส่วนประมาณเกือบร้อยละ 80 ของโลก ส่วนประเทศที่มีกำลังผลิตติดตั้งในระดับ 1,000 MW ได้แก่ อิตาลี (1,265 MW) แคนาดา (1,072 MW) ญี่ปุ่น (940 MW) และอังกฤษ (900 MW) หากเทียบเป็นทวีปแล้ว ยุโรปจะมีสัดส่วนถึงร้อยละ 74 ของโลกเนื่อร้อยละ 15 และเอเชียร้อยละ 10 ในจำนวนตัวเลขเหล่านี้ จะเป็นกังหันลมนอกฝั่ง (offshore) ประมาณ 577 MW หรือร้อยละ 2.3 ซึ่งเป็นของ 4 ประเทศ คือ เดนมาร์ก (406 MW) อังกฤษ (124 MW) ไอร์แลนด์ (25 MW) และสวีเดน (22 MW) ส่วนปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการกังหันลมทั่วโลกในปี ค.ศ. 2004 จะได้ประมาณ 92×10^9 กิกิواتต์ชั่วโมง โดยมีค่าปัจจัยวิสัยสามารถเฉลี่ย (average capacity factor) ประมาณร้อยละ 24 ประเทศไทย

เดนมาrk มีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากกังหันลมสูงสุด ประมาณร้อยละ 18.5 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของประเทศไทย ยังคงคาดหวังว่า กังหันลมจะเติบโตต่อเนื่องในอัตราห้อยละ 25 ต่อปี โดยคาดการณ์ว่าจะมีกำลังผลิตติดตั้งรวมราว 182 GW ในปี ค.ศ. 2010

ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีการผลิตกังหันลมเชิงพาณิชย์มีความสัมพันธ์อย่างมากกับขนาดของกังหันลม ในปี ค.ศ. 1995 มีการผลิตกังหันลมขนาดมากกว่า 500 kW เพิ่มจำนวนมากขึ้น จนทำให้ค่าเฉลี่ยขนาดกังหันลมที่ผลิตขายในปีนั้นเป็น 470 kW กังหันลมขนาดใหญ่กว่า 1,000 kW เริ่มผลิตออกมาราคาปี ค.ศ. 1998 จนถึงปี ค.ศ. 2002 ขนาดกังหันลมเฉลี่ยที่ติดตั้งกันเพิ่มเป็น 1,400 kW โดยไปพัฒนาที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาวกว่า 80 เมตร ปัจจุบันกังหันลมตัวใหญ่ที่สุดอยู่ที่ประเทศเยอรมนี มีขนาดกำลังผลิต 5 MW เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดยาว 126 เมตร ตัวกังหันสูงจากพื้น 120 เมตร บริษัทผู้ผลิตกังหันลมระดับโลก 8 ใน 10 แห่งจะเป็นของ 3 ประเทศในยุโรป ที่ใช้กังหันลมมาก คือ เยอรมนี สเปน และเดนมาร์ก โดยที่เหลือจะเป็นของสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่นประเทศละแห่ง บริษัทผู้ผลิตของเดนมาร์กและเยอรมนี มีสัดส่วนสูงของการกังหันลมไปทั่วโลกสูงมาก และเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง จึงได้หันไปผลิตกังหันลมจากโรงงานสาขาที่ตั้งอยู่ในประเทศต่างๆ แทนเป็นจำนวนมากซึ่งเรียกว่า ตั้งนั้น ญี่ปุ่นจึงเป็นผู้นำทั้งด้านวิจัยพัฒนาเทคโนโลยี กังหันลม และด้านนโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานลม

แนวโน้มของการพัฒนาเทคโนโลยีกังหันลมสามารถแบ่งได้เป็น 3 แนวทาง

แนวทางแรก มุ่งพัฒนา กังหันลมที่มีขนาดใหญ่กว่า 500 kW สำหรับฟาร์มกังหันลมทั้งที่ติดตั้งบนบกและบนอ่าวเพื่อผลิตไฟฟ้าป้อนเข้าสายสั้น

แนวทางที่สอง มุ่งพัฒนา กังหันลมขนาดเล็กที่มีกำลังผลิตไฟฟ้าต่ำกว่า 500 kW สำหรับใช้ในท้องที่ห่างไกลจากสายสั้น ในประเทศ กำลังพัฒนาทั้งหลาย รวมทั้งในประเทศไทยที่มีพื้นที่กว้างและมีชุมชนอยู่ห่างไกล เช่น สหรัฐอเมริกา สเปน และออสเตรเลีย เป็นจำนวนมาก ได้เชื่อมต่อกับสายสั้น จึงต้องมีแบบเตอร์เรียกสมัชพลังงานไว้ใช้ในช่วงลมสงบหรือลมอ่อน นอกจากราคาที่ต้องมีระบบผลิตไฟฟ้า

สำรอง ซึ่งมักจะเป็นเครื่องยนต์ดีเซล หรืออาจเป็นระบบจ่วงผลิต หากห้องที่นั่นมีแหล่งพลังงานหมุนเวียนอื่นๆ เช่น พลังงานน้ำขนาดเล็ก และพลังงานแสงอาทิตย์

แนวทางที่สาม เป็นการพัฒนา กังหันลมขนาดเล็กกว่า 100 kW ที่เรียกว่า กังหันลมในเขตเมือง สำหรับภาระจ่ายติดตั้งตามแหล่งชุมชน และแหล่งธุรกิจอุตสาหกรรมต่างๆ เพื่อผลิตไฟฟ้าเชื่อมต่อกับสายส่งโดยใช้มาตราวัดพลังงานไฟฟ้าสูทธิ ซึ่งสามารถหมุนย้อนกลับเมื่อกังหันลมป้อนไฟฟ้าเข้าสายส่ง ระบบนี้กำลังขยายตัวอย่างมากในสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นผลมาจากการนโยบายตั้งราคาครัวรับซื้อดีนไฟฟ้าเท่ากับค่าไฟฟ้าอย่างไรก็ตาม กังหันลมขนาดเล็กมีต้นทุนต่อ กิโลวัตต์ค่อนข้างสูง ตกประมาณ 2,100 USD/kW (84,000 บาทต่อ กิโลวัตต์) ซึ่งแพงกว่ากังหันลมขนาดใหญ่ประมาณสองเท่า

9. สถานภาพการใช้พลังงานลมในประเทศไทย

กระแสลมที่เกิดขึ้นในประเทศไทยได้รับอิทธิพลมาจากลมมรสุมที่พัดจากตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือ กังหันลมที่ใช้กันมากมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันมีอยู่ 3 ชนิด ได้แก่ (1) กังหันลมชนิดใบพัดไม้ หมุนค่อนข้างเร็ว ใช้หมุนระหัสเพื่อวิดน้ำจากลำคลองเข้ามาข้าวในแบบจังหวัดฉะเชิงเทรา (2) กังหันลมชนิดใบเสือลำแพน หมุนช้า ใช้หมุนระหัสเพื่อวิดน้ำเค็มจากทะเลเข้ามาเกลือ ในแบบจังหวัดสมุทรสงคราม และ (3) กังหันลมใบพัดเหล็กชนิดหลายใบใช้ต่อกันปีมสูบน้ำเพื่อสูบน้ำในแนวลึก เช่นน้ำบ่อ น้ำบาดาล ขึ้นไปเก็บไว้ในถังเก็บน้ำ ซึ่งเป็นกังหันลมที่ใช้กันมากที่สุดอยู่ตามชุมชนในห้องถินชนบทในแบบภาคกลาง ประมาณว่า กังหันลมเพื่อการสูบน้ำในประเทศไทยมีทั้งสิ้นมากกว่า 6,000 ตัว มีโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กเพียงแห่งเดียวที่ผลิตกังหันลมใบพัดเหล็กชนิดหลายใบในเชิงพาณิชย์โดยขายไปแล้วรวมทั้งสิ้นไม่ต่ำกว่า 2,500 ตัว

ส่วนกังหันลมเพื่อการผลิตไฟฟ้ามีนับ ปัจจุบันยังคงเป็นลักษณะโครงการสาธิตของบริษัท กฟผ. จำกัด (มหาชน) ที่บริเวณแหลมพระมหาเทวี จังหวัดภูเก็ต ซึ่งประกอบกังหันลมขนาด 10 kW 2 ตัวที่จัดทำมาจากประเทศไทย สหรัฐอเมริกา เมื่อปี พ.ศ. 2536 และขนาด 150 kW 1 ตัวจากประเทศเดนมาร์ก

เมื่อปี พ.ศ. 2539 กังหันลมเหล่านี้จะต่อเขื่อมกับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 10 kW เป็นระบบผสมผสาน (hybrid) โดยกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จะป้อนเข้าสายส่งของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ผลการศึกษาพบว่ากังหันลมขนาด 150 kW ดังกล่าว มีค่าประสิทธิภาพ (capacity factor) เฉลี่ยร้อยละ 14 และมีต้นทุนผลิตไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 9.44 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง

แต่เดิม สถิติข้อมูลความเร็วลมมักจะใช้สถิติภูมิอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่บันทึกไว้โดยสถานีตรวจอากาศทั่วประเทศ ซึ่งเป็นข้อมูลที่วัดในระดับความสูงเพียง 10 เมตร ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งปีที่เก็บรวบรวมได้ จึงมีขนาดอยู่ประมาณ 1.6 ถึง 3 เมตรต่อวินาทีเท่านั้น ซึ่งถือว่าค่อนข้างต่ำมาก ไม่มีศักยภาพพอที่จะนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าในเชิงพาณิชย์ได้ ค่าดังกล่าวถูกนำมาใช้เป็นเกณฑ์ทั่วไปสำหรับประเทศไทยมาโดยตลอด ทำให้การพัฒนา กังหันลมผลิตไฟฟ้าไม่ได้รับความสนใจเท่าที่ควร ต่อมาในปี พ.ศ. 2544 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้ศึกษาจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทยในระดับความสูง 50 เมตรจากพื้นดิน โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียมร่วมกับข้อมูลจากการวัดจริงบนภาคพื้นดิน ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้ คือ

ก. บริเวณที่มีศักยภาพความเร็วลมดีเฉลี่ยรายปี 6.4 เมตร/วินาที ขึ้นไป ได้แก่

- 1) ชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของภาคใต้ ตั้งแต่จังหวัดนครศรีธรรมราช สงขลา และปัตตานี
- 2) เทือกเขาด้านตะวันตก ตั้งแต่จังหวัดเพชรบุรี กาญจนบุรี และตาก
- 3) ภูเขาสูงในคุทายานแห่งชาติทางภาคใต้ เช่น แกร่งกรุง (สุราษฎร์ธานี) ศรีพังงา(พังงา) เขางлав (นครศรีธรรมราช) และเขายวน เบญญา (ยะลา)

ข. บริเวณที่มีศักยภาพความเร็วลมรองลงมาเฉลี่ยรายปี 4.4 เมตร/วินาที ขึ้นไป ได้แก่

- 1) ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยด้านตะวันตก ตั้งแต่จังหวัดเพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร และสุราษฎร์ธานี

- 2) ยอดเข้าสูงในจังหวัดเชียงใหม่ เพชรบูรณ์ และเลย
- 3) ชายฝั่งทะเลภาคใต้ด้านตะวันตก ตั้งแต่จังหวัดพังงา ภูเก็ต ตรัง และสตูล
- 4) ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยด้านตะวันออก ແບບจังหวัดระยอง และชลบุรี

กระทรวงพลังงานได้จัดทำแผนส่งเสริมและพัฒนาพลังงานลม โดยได้ตั้งเป้าหมายให้มีการนำพลังลมมาใช้ประโยชน์เพื่อสนับสน้ำสำหรับการเกษตรและเพื่อการผลิตไฟฟ้าทดแทนการใช้เชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์ประมาณ 115 MW ในช่วงปี พ.ศ. 2548-2554 ในส่วนของมาตรการบังคับ ได้มีการกำหนดให้โรงไฟฟ้าสร้างใหม่ต้องทำการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียนด้วยในสัดส่วนร้อยละ 4 ของกำลังผลิตไฟฟ้ารวม (มาตรการ Renewable Portfolio Standard: RPS) โดยเป็นการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม ประมาณ 100 MW อีกส่วนหนึ่งเป็นมาตรการส่งเสริม โดยกำหนดให้มีการทำวิจัยและพัฒนาการผลิตกังหันลมขนาดไม่เกิน 150 kW ตามศักยภาพแรงลมของไทยพร้อมกับทำการสาขิตและส่งเสริมการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าซึ่งผลิตในประเทศรวม 100 ชุด มีกำลังผลิตรวม 15 MW และส่งเสริมภาคเอกชนในประเทศทำการผลิตและติดตั้งกังหันลมสูบน้ำประมาณ 7,000 ชุด รวมกำลังผลิตประมาณ 150 kW

มีการวิเคราะห์การลงทุนและต้นทุนผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลม ในพื้นที่ที่มีการตรวจวัดศักยภาพพลังงานลมของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 4 แห่ง บริเวณชายฝั่งภาคใต้ทั้งสองด้าน โดยใช้ข้อมูลที่ตรวจวัด ณ ความสูง 40 เมตร แล้วนำมาคำนวณศักยภาพพลังงานลมที่ความสูง 70-100 เมตร โดยขนาดของกังหันลมที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย 1000, 1200 และ 1500 กิโลวัตต์ ผลการศึกษาพบว่า ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจะอยู่ในช่วง 3.77- 8.53 บาทต่อ กิโลวัตต์ - ชั่วโมง ปัจจุบัน มีภาคเอกชนแสดงความสนใจที่จะเข้ามาลงทุนติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า โดยได้ประเมินว่า หากรัฐให้การประกันราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานลมในอัตรา 5.90 บาทต่อ กิโลวัตต์ - ชั่วโมง ในระยะเวลา 6 ปีแรก และลดราคาลงร้อยละ 10 ทุกๆ 2 ปี จนถึงหลังปีที่ 12 ราคารับซื้อจะอยู่ที่ระดับ 3.50 บาทต่อ กิโลวัตต์ - ชั่วโมง จะสามารถก่อให้เกิดการลงทุนอย่างแพร่หลาย

พลังงานนิวเคลียร์

1. โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์

มีข้อดีหลายประการ เช่น เป็นโรงไฟฟ้าที่สะอาด ไม่มีเชม่า ควัน หรือแก๊สมลพิช ไม่ทำให้เกิดฝุ่นกรดหรือป่วยภารณ์เรื่องผลกระทบ นำร้ายความร้อนที่ปล่อยออกมามีลักษณะเหมือนกับที่ปล่อยออกจากโรงไฟฟ้าพลังความร้อนทั่วไป มาตรการดำเนินการเรื่องความปลอดภัยมีมากพอ การวิจัยและพัฒนามีอย่างต่อเนื่องตลอดมา ปัจจุบันมีโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์อยู่ 440 โรงใน 33 ประเทศ ให้กำลังผลิตไฟฟ้ารวมกันมากกว่า 360,000 เมกะวัตต์ หรือไม่น้อยกว่าร้อยละ 16 ของการใช้ไฟฟ้าทั่วโลก

สหราชอาณาจักรเป็นประเทศแรกที่สร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ใน ค.ศ. 1956 ประเทศฝรั่งเศสมีสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานนิวเคลียร์สูงที่สุด ในโลกถึงร้อยละ 78 สหรัฐอเมริกามีจำนวนโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มากที่สุดถึง 104 โรง ยังมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่อยู่ระหว่างการก่อสร้างในโลกอีก 30 แห่ง และมีแผนที่จะสร้างเพิ่มอีก 35 แห่ง ประเทศจีนได้ขยายการผลิตไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์มากที่สุด โดยมีโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ใช้อยู่ 9 แห่ง อยู่ระหว่างการก่อสร้าง 2 แห่ง และวางแผนการก่อสร้างอีก 30 แห่ง พร้อมทั้งกำลังพัฒนาเทคโนโลยีพลังนิวเคลียร์ประเภทใหม่ซึ่งจะกล่าวต่อไป

2. เทคโนโลยีโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์

เทคโนโลยีที่ใช้กันอยู่มี 3 ประเภทหลักคือ แบบน้ำอัดความดัน (Pressurized Water Reactor: PWR) และแบบน้ำเดือด (Boiling Water Reactor: BWR) ซึ่งมีความคล้ายคลึงกันโดยใช้ยูเรเนียมที่ทำให้เข้มข้นเป็นเชื้อเพลิง และใช้น้ำอัดความดันเป็นตัวระบายความร้อนและตัวหน่วงนิวตรอน ประเภทที่ 3 แบบ CANDU ซึ่งแตกต่างจากสองประเภทแรกตรงที่ใช้เชื้อเพลิงยูเรเนียม ครรภ์ชาติได้โดยไม่ต้องทำให้เข้มข้น และต้องใช้น้ำвлายนักเป็นตัวระบายความร้อนและตัวหน่วงนิวตรอน ทั้งสามประเภทมีระบบรักษาความปลอดภัยที่คล้ายคลึงกันเป็นส่วนใหญ่มีแตกต่างกันบ้างในรายละเอียดเท่านั้น

เตาปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่อยู่ระหว่างการพัฒนา และคาดว่าจะนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ภายในประมาณ 10 ปี มี 2 ประเภท คือ แบบ fast-breeder reactor

ที่กำลังพัฒนาในสหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส และญี่ปุ่น เตาปฏิกรณ์ประภากนี้ใช้ พลูโตเนียมเป็นเชื้อเพลิง จึงนับว่าเป็นการลดปัญหาของพลูโตเนียมที่เป็น กาก เชื้อเพลิงกัมมันตภาพสูงจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่ใช้กันในปัจจุบัน อีก ประภากนี้คือ pebble-bed reactor ที่กำลังได้รับการพัฒนาในประเทศจีน และคาดว่าจะมีความปลอดภัยสูงมากเนื่องจากเชื้อเพลิงยูเรเนียมไดออกอิโซด ซึ่งอยู่ในชุดเมล็ดขนาดเล็ก ถูกหุ้มด้วยคาร์บอนและซิลิกอกอนคาร์บอป์ วัสดุ เชิงมิเกชี่งยากที่จะหลอมละลาย

3. หลักการพิจารณาตัดสินใจเลือกใช้พลังงานนิวเคลียร์

ควรอยู่บนพื้นฐานหลักสำคัญคือ

- (1) การเพิ่มการผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับยกระดับ เศรษฐกิจและส่งคมของประเทศไทย
- (2) พลังงานนิวเคลียร์สมกับแหล่งพลังงานอื่นๆ ทำให้เกิดความมั่นคง ในการจัดหาแหล่งพลังงานเพื่อผลิตไฟฟ้า
- (3) พลังงานนิวเคลียร์จะบรรเทาการปล่อยแก๊สมลพิชชา และแก๊สเรือน กระจก จากการเผาไหม้ถ่านหินหรือแก๊สธรรมชาติ และหลีกเลี่ยง ปัญหาการขั้นส่งเชื้อเพลิงประมาณมาก เช่น ถ่านหิน
- (4) การเลือกใช้พลังงานนิวเคลียร์เพื่อผลิตไฟฟ้า ในอนาคตจะเป็นต้อง พิจารณาเรื่องการลงทุน เทคโนโลยีต่างๆ ของโรงไฟฟ้าพลังงาน นิวเคลียร์ ความปลอดภัย ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดจนการ เตรียมบุคลากรระดับต่างๆ ที่มีความรู้และความสามารถ
- (5) การทำความเข้าใจกับประชาชน เป็นประเด็นสำคัญที่ต้องมีการศึกษา และดำเนินการอย่างละเอียดการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะทำได้ยาก ถ้าประชาชนส่วนใหญ่ในประเทศไทยเห็นความจำเป็นและยอมรับ
- (6) หน่วยงานของประเทศไทยซึ่งรับผิดชอบเกี่ยวกับการกำหนดนโยบาย และการปฏิบัติ จะต้องตัดสินใจดำเนินการที่จำเป็นต่างๆ เพื่อให้มี ไฟฟ้าเพียงพอ กับการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจและการแข่งขัน ในตลาดโลก โดยเฉพาะการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ จะ ต้องกำหนดนโยบายล่วงหน้าไม่น้อยกว่า 10 ปี เพื่อเตรียมการข้าง ต้นก่อนที่จะมีโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์

เอกสารอ้างอิง

1. การประเมินผลแผนอนุรักษ์พลังงานระยะที่ 2 เอกสารประกอบการสัมมนา, สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน และบริษัทคอนซัลแทนท์อฟเทคโนโลยี จำกัด., ก.ค. 2548.
2. ชาลิต ทิชาลัย. “บทบาทของนโยบายและยุทธศาสตร์พลังงานไทย”. วารสารราชบัณฑิตยสถาน, ปีที่ 30(3), 2548, หน้า 717-731.
3. ราธนี เตีย พิมพ์ แจ้งผลอย กังสดาล ศกุลพงษ์มาลี และ สมชาติ โสภณรัตนฤทธิ์ “สถานภาพและแนวทางการวิจัยพลังงานหมุนเวียนในประเทศไทย”. วารสารราชบัณฑิตยสถาน, ปีที่ 30(3), 2548, หน้า 659-677.
4. ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์ “มาตรการเพื่อลดการใช้ปิโตรเลียมในการขนส่ง”. วารสารราชบัณฑิตยสถาน ปีที่ 30(4), 2548, หน้า 893-897.
5. พลังงานทดแทน: เอกานอลและไบโอดีเซล รายงานการประชุมระดมสมองเรื่อง “นวัตกรรมงานวิจัยเร่งด่วน” กองโครงการและประสานงานวิจัย, สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ, ก.ค. 2547.

6. รายงานน้ำมันเชื้อเพลิงของประเทศไทย 2546, รายงานพลังงานของประเทศไทย 2546 และ รายงานไฟฟ้าของประเทศไทย 2546, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน กรุงเทพฯ.
7. รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย 2546, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.
8. เสริม จันทร์ฉาย และ จุ่งแสง ลักษณบุญส่ง, “แผนที่ศักยภาพ พลังงานแสงอาทิตย์จากข้อมูลดาวเทียมสำหรับประเทศไทย”, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานร่วมกับภาควิชาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, หน้า 82-89.
9. Boyle G., Everett B. and Ramage J., “Energy Systems and Sustainability”, Oxford University Press, 2003.
10. Harvey F., “EU needs unified energy policy”, Financial Times, November 29, 2005, pp. 2.
11. Kerr R. A., “Bumpy road ahead for world's oil”, Science, Vol. 310, 2005, pp. 1106-1108.
12. Shinnar R. “The benefit of solar thermal energy”, Science Vol. 310, 2005, pp. 620.
13. Stolten D. and Emonts B., “Fuel cell systems”, World Renewable Energy Congress VII, Unesco, 2003.
14. Wibulswas P., Winyachompunart B. and Tiansuwan J., “Prediction of combustion rates of blended palm oil droplets”, World Renewable Congress VI, Elsvier Science, 2000, pp. 2410-2413.
15. Wibulswas P., “Sustainable energy development strategies for Thailand”, Asian J. Energy & Environ., Vol. 5(4), 2004, pp. 285-307.
16. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2548, Thailand Energy Statistics, 2004
17. U.S. Department of Energy, 2005, Energy Information Administration, www.eia.doe.gov

18. E. Mugueti, and et al, 1999, Energy Efficiency for SME's, Intermediate Technology Publications
19. Arscott, L., 2004, Sustainable Development in the Oil and Gas Industry, ASME Journal of Energy Resources Technology, vol. 126, pp. 1-5.
20. International Energy Agency (IEA), 2005, Key World Energy Statistic. (www.iea.org)
21. JRC, EUCAR, CONCAWE, 2004, Well-to-Wheel Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context, EU Commission's Joint Research Centre (JRC), Brussels. (<http://ies.jrc.cec.eu.int/Download/eh/31>)
22. Pacala, S., and Socolow, R. 2004, Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies, Science, vol. 305, August 13, pp. 968-972.
23. ກຽມພົດນາພລັງງານທດແກ່ນແລະອນຸກັບພລັງງານ (ພພ.), 2547, ລາຍງານພລັງງານຂອງປະເທດໄທ 2547. (www.dede.go.th)
24. Popuri, S.S.S., and Bata, R.M., 1993, A Performance Study of Iso-Butanol-, Methanol-, and Ethanol-Gasoline Blends Using a Single Cylinder Engine, SAE paper no. 932953.
25. ມານີຕາ ທອງຮູນ, 2544, ກາຣສຶກຂາກຈະບວນກາຣເກາໄໝໃນເຄື່ອງຍິນຕີທີ່ໃຊ້ເື້ອເພີ້ງເອຫານອລ, ວິທະຍານີພນົບປົງຄູ່ວິຊາວິຊາການສາສຕ່ວົງ
ມະຫານັນທິດ, ນາງວິທະຍາລັບເຖິງໂລຢີພະຈອມເກຳລ້າອນນຸ່ງ.
26. Maxwell, T.T., and Jones, J.C., 1995, Alternative Fuels: Emissions, Economics, and Performance, Society of Automotive Engineers, Pennsylvania, pp. 75-121.
27. Unich, A., Bata, R.M., and Lyons, D.W., 1993, Natural Gas: A Promising Fuel for I.C. Engines, SAE paper no. 930929.
28. Agrawal, A.K., and Das, L.M., 2001, Biodiesel Development and Characterization for Use as a Fuel in Compression Ignition Engines, ASME Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, vol. 123, pp. 440-447.

29. MacLean, H.L., and Lave, L.B., 2003, Evaluating Automotive Fuel/ Propulsion System Technologies, Progress in Energy and Combustion Science, vol. 29, pp. 1-69.
30. Romm, J., 2005, The Car and Fuel of the Future, Energy Policy, Article in press. (www.sciencedirect.com)
31. Menegazzi, P., and Vangraefschepe, F., 2005, Panorama 2005 - The Future of Hybrid Vehicle, Institut Francais du Petrole (IFP), Rueil-Malmaison, France. (www.ifp.fr)
32. World Meteorological Organization, Technical Note No.172: Meteorological Aspects of the
33. Utilization of Solar Energy as an Energy Source, WMO, Geneva, 1981.
34. แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. www2.dede.go.th/dede/renew/solar/year.html, 2005.
35. รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ 2546.
36. Anon, 2004. Refocus, Nov./Dec., pp. 4, 42-44.
37. Sukhatme S.P., 1997, Solar Energy Principles of Thermal Collection and Storage, 2nd edition,
38. Shepherd, W., Shepherd, D.W., 2003, Energy Studies, 2nd edition, Imperial College Press, Singapore, Chapter 11.
39. Solar Thermal Power Plants, published in Renewable Energy World 06/2003 pp. 109-113,
40. Shinnar, R., 2005, The Benefits of Solar Thermal Energy, Science, Vol.310, 620.
41. Handbook “Decision Support System (DSS) for the Application of Renewable Energy (RE) from Biogas and Biomass Combustion”, the ASEAN-EU University Network Programme (AUNP), June 2005.

42. วี.ไอล สนับดิลาการชี และคณะ, สถานภาพของวัสดุเหลือทิ้งจาก อุตสาหกรรมเกษตรและการใช้ประโยชน์ สำนักงานคณะกรรมการ วิจัยแห่งชาติ, 2546.
43. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, การศึกษาศักยภาพของชีมวลที่ มีอยู่ในประเทศไทยเพื่อให้เป็นแหล่งพลังงานทดแทน : กรณีศึกษา แกลบ กากปาล์ม ขี้เลือย กาบมะพร้าว และกาบอ้อม, 2548.
44. กรมควบคุมมลพิษ, สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2546, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2546.
45. กรมควบคุมมลพิษ, รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2545, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2545.
46. กรมควบคุมมลพิษ, รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยใน รอบทศวรรษ (2532-2542), กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ สิ่งแวดล้อม, 2543.
47. ปรีดา วิญญาลัยสวัสดิ์และคณะ, พลังงาน: สถานภาพและทิศทางอนาคต, 2544.
48. S. Prasertsan and P. Krukanont, Implications of fuel moisture content and distribution on the fuel purchasing strategy of biomass cogeneration power plants, *Biomass and Bioenergy*, 23, 2003, 13-25.
49. P. Krukanont and S. Prasertsan, Geographical distribution of biomass and potential sites of rubber wood fired power plants in Southern Thailand, *Biomass and Bioenergy*, 26, 2004, 47-59.
50. B. Sajjakulnukit and P. Verapong, Sustainable biomass production for energy in Thailand, *Biomass and Bioenergy*, 25, 2003, 557-570.
51. B. Sajjakulnukit et al., Assessment of sustainable energy potential non-plantation biomass resources in Thailand, *Biomass and Bioenergy*, 29, 2005, 214-224.
52. E. H. Essenhight, Coal combustion, in *Coal Conversion Technology*, Eds., C. Y. Wen and E. S. Lee, Academic Press, 1979, 171.

53. รายงานความก้าวหน้า “โครงการประเมินศักยภาพเทคโนโลยีสำหรับผลิตแก๊สชีวภาพในประเทศไทย” สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีพุทธศักราช 2548.
54. World Energy Assessment, UNDP, 2000, Chapter 7, 222-230.
55. D. D. Schmidt and V. S. Pinapati, Opportunities for small biomass power systems, U.S. DOE, Nov., 2005.
56. Renewables 2005: The Global Status Report, The REN21 Network (www.ren21.net), The Worldwatch Institute.
57. F.O. Licht, 2005. World Ethanol & Biofuel Report. Agra Europe (London) Ltd., UK.
58. F.O. Licht, 2001. World Ethanol Markets : Analysis and Outlook. Agra Europe (London) Ltd., UK.
59. กล้านรงค์ ศรีรอด, วิจารณ์ วิชชุกิจ, เอ็จ สโโรบล, เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, เกศนี อุಮรอฟิธิกุล, สิทธิโชค วัลลภาทิตย์, นิติ เติมເງົາຍານທີ່ແລະບຸນງເຮືອງ ລ້າໜ້າກຸມ. 2546. การศึกษาວิจัยເພື່ອກຳນົດແຜນການຈັດການຕໍ່ານວັດຖຸດີບສໍາຮັບອຸດສາຫກວົມເຂອທານອລ. รายงานວິຈິຍເສັນອຸດສາຫກວົມ. ສໍານັກງານຄະນະກວມກາເຂອທານອລແໜ່ງໝາດີ. ກະທຽວອຸດສາຫກວົມ. ກຽມເທິງ. 104 ນໍາ້າ.
60. กล้านรงค์ ศรีรอด, ເຈົ້າສັກົດ ໂຈນຖົງພິເສດສູງ, วิຈารณ์ ວິຊຸກິຈ, ເຈົ້າ ສໂຣບລ, ພິພັນ ວິໄລຄາວ ແລະ ເກົ່າກຸລ ປີມະຈົມຂວັງ. 2544. ການສຶກຂາສຕານກາພຂອງວັດຖຸດີບທີ່ນຳມາໃຊ້ໃນຄຸຕສາຫກວົມກາຜົດແກ້ສີໂຍອລ. รายงานວິຈິຍເສັນອຸດສາຫກວົມ. ສໍານັກງານຄະນະກວມກາເຂອທານອລແໜ່ງໝາດີ. ກຽມເທິງ. 114 ນໍາ້າ.
61. Wheals, A.E., L.C. Basso, D.M.G.Aleves and H.V.Amorim. 1999. Fuel ethanol after 25 years. TIBTECH DECEMBER (Vol.) 482-487.
62. สาโรจน์ ศิริสันสนิย়กุล และ ประวิทัย วงศ์คงคานเทพ. 2538. วิศวกรรมเคมีชีวภาพพื้นฐาน. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กຽມເທິງ. 251 ນໍາ້າ.

63. Katzen, R., P.W. Madson and G.D. Moon, Jr 1999. Ethanol distillation: the fundamentals. In Jacques, K., Lyons, T.P. and D.R. Kelsall. The Alcohol textbook 3rd Edition. Nottingham University Press. Nottingham. 269-288.
64. Kelsall, D.R. and T.P. Lyons. 1999. Grain dry milling design cooking for alcohol production: design for 23% ethanol and maximum yield In Jacques, K., Lyons, T.P. and D.R. Kelsall. The Alcohol textbook 3rd Edition. Nottingham University Press. Nottingham. 7-24.
65. Paturau, J.M. 1982. By-products of the cane sugar industry. Elsevier Scientific Publishing Company New York. 366 p.
66. Bibb Swain, R.L. 1999. Molecular sieve dehydrators: How they became the industry standard and how they work. In Jacques, K., Lyons, T.P. and D.R. Kelsall. The Alcohol textbook 3rd Edition. Nottingham University Press. Nottingham. pp. 289-293.
67. Michael S. B., 2005. December. Incorporating lessons on Biodiesel into the Science Classroom. University of New Hampshire (UNH) Biodiesel Group (Online). Available URL:<http://unh.edu/p2/biodiesel/media/NHSTA.ppt>
68. Altin, R., S. Cetinkaya, and H.S. Yucesn. 2001. The potential of using vegetable oil fuels as fuel for diesel engines. Energy Conversion and Management. 42 : 529-538.
69. Korbitz, W. 1999. Biodiesel production in Europe and North America, an encouraging prospect. Renewable Energy. 16 : 1078-1083
70. Korbitz, W. 2002. New trends in developing biodiesel world-wide. In CISCE China&International Soy Conference&Exhibition 2002, Beijing, China. November 6-9, 2002.
71. ອະລົງກວດໝູນຕົວ 2544. ແນວທາງກາວພືມນາໄປໂຄດີເຊີລໃນປະເທດໄທຍ. ເອກສາຣແຍແພຣ 3 ພັ້ນ້າ.
72. ປ່າໄມທ໌ ອ່ອນປະໄພ. 2542. ເທດໂນໂລຢີເຄົ່າອງຍົດິເຊີລ. ປະລິບັດ ຂຶ້ເອັດຈຳກັດ. 245 ພັ້ນ້າ.

73. Korbitz, W. 1998. Biodiesel development status worldwide 1997. In Proceedings of the 1998. PORIM International Biodiesel and Lubricant Conference. PORIM, Malaysia. pp. 3-22.
74. Saka, S., and D. Kusdiana. 2001. Biodiesel fuel from rapeseed oil as prepared in supercritical methanol. Fuel. 80: 225-231.
75. Anonymous. 2005b. November. Multi Feed Stock. BioDiesel International (Online). Available URL:http://biodiesel-intl.com/nutzen_e/nutzen.htm
76. Pryde, E.H., 1984. Vegetable oil as fuel alternatives-symposium overview. JAOCs 61: 1609-1610.
77. Schwab, A.W., Bagby, M.O., Freedman, B., 1987. Preparation and properties of diesel fuels from vegetable oils. Fuel 66: 1372-1378.
78. Chang , C.C., Wan, S.W., 1947. China's motor fuels from tung oil. Ind. Eng. Chem. 39: 1543-1548.
79. 2543. แผนพัฒนาปาล์มน้ำมันและน้ำมัน ปี 2544-2549. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 72 หน้า.
80. 2544. เขตเกษตรเศรษฐกิจสำหรับการปลูกปาล์มน้ำมัน พ.ศ. 2543. จดหมายข่าวปาล์มน้ำมัน. 2 (1): 15-16.
81. โครงการการศึกษาความเหมาะสมของ การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินลิกไนต์ (Lignite Gasification) เพื่อใช้กับโรงไฟฟ้าแบบ Combined Cycle, สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2541)
82. สถานภาพปัจจุบันและข้อเสนอสู่อนาคตด้านเชื้อเพลิงและเทคโนโลยีเชื้อเพลิงของประเทศไทย, บันทึกวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (2547), 98 หน้า.
83. Couch, G. (1991), Advanced Coal Cleaning Technology, IEA Coal Research, UK
84. Smoot, L. (1993), Fundamentals of Coal Combustion for Clean and Efficient Use, Elsevier, The Netherlands

85. Kristiansen, A. (1996), Understanding Coal Gasification, IEA Clean Coal Centre, UK
86. Rousaki, K. and Couch, G. (2000), Advanced Clean Coal Technologies and Low Value Coals, IEA Coal Research, UK
87. Henderson, C. (2003), Clean Coal Technologies, IEA Clean Coal Centre, UK
88. Henderson, C. (2003), Clean Coal Technologies Roadmaps, IEA Clean Coal Centre, UK
89. Collot, A. (2003), Prospects for Hydrogen from Coal, IEA Clean Coal Centre, UK
90. Per K. Bakkerud, Update on synthesis gas production for GTL, Catalysis Today, Volume 106, Issues 1-4, 15 October 2005, Pages 30-33.
91. ກາຣທີກ່າຊາເບື້ອງຕົ້ນຄວາມເປັນໄປໄດ້ ແລະ ສັກຍາພໃນກາຣພັດນາແກີສໄໂໂໂໂຣເຈນເພື່ອເປັນພັດງານທົດແທນ ໂດຍສຕາບັນພັດນາແລະ ຜຶກອບຮມໂຮງການຕົ້ນແບບ ມະຫາວິທາລີຍພະຈອມເກົ້າອຸັນບູ້, 2544.
92. ໂຄງກາຣຈັດທຳສຕານກາພ ກາພຈາຍອນາຄຕ ແລະ ແຜນທີ່ນໍາທາງກາຣພັດນາເທິນໂລຢີຂໍ້ວກາພຂອງປະເທດໄກຍ ສາຂາພັດງານແລະ ສິງແວດລ້ອມ ໂດຍບັນທຶດວິທາລີຍວ່າມ້ດ້ານພັດງານແລະ ສິງແວດລ້ອມ, 2545.
93. K.R. Hall, A new gas to liquids (GTL) or gas to ethylene (GTE)-technology, Catalysis Today, Volume 106, Issues 1-4, 15 October 2005, Pages 243-246.
94. G.W. Huber, J.N. Chheda, C.J. Barrett, and J.A. Dumesic, Production of liquid alkanes by aqueous-phase processing of biomass-derived carbohydrates, Science, Vol 308, 2005, Pages 1446-1450.
95. K. L. Ng, D. Chadwick and B. A. Toseland, Kinetics and modelling of dimethyl ether synthesis from synthesis gas, Chemical Engineering Science, Volume 54, Issues 15-16, July 1999, Pages 3587-3592
96. ສຸມືຕຣາ ຈຣສໂຈນັງກຸລ, ເຊລລີເຊື້ອເພີ້ງ: ພັດງານສະອາດທາງເລື້ອກແໜ່ງອນາຄຕ, ສູນຍົກເຕີນໂລຢີໄລໜະແລະ ວັດຖຸແໜ່ງໝາດ, 2545.

97. N.P. Brandon, Report on the progress of fuel cell technologies, Imperial College London (UK), 2003.
98. กรมชลประทาน, ฉุ่มน้ำยามกับการพัฒนาแก๊สไฮโดรเจน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรกฎาคม 2544.
99. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, รายงานโครงการจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย, เอกสารเผยแพร่ของกองพัฒนาพลังงานลม สำนักวิจัยค้นคว้าพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2547. ค้นคืนจาก <http://www2.dede.go.th/dede/report/abstract.pdf> (เข้าถึงเมื่อ 20/01/2549).
100. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, พลังงานลม เอกสารเผยแพร่ของกองพัฒนาพลังงานทดแทน สำนักวิจัยและพัฒนา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2546.
101. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย งานพัฒนาพลังงานทดแทน เอกสารเผยแพร่ของกองพัฒนาพลังงานทดแทน, สำนักวิจัยและพัฒนา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2547.
102. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ระบบประเมินผลการดำเนินงาน รายงานการให้คำปรึกษา สำนักงานคณะกรรมการนโยบายรัฐสวัสดิ์ 2549.
103. คณะกรรมการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพัฒนา, เทคโนโลยีเพื่อลดแก๊สเรือนกระจก, รายงานการพิจารณาศึกษา, วุฒิสภา, 2542.
104. ทริส, ผลการดำเนินงาน, รายงานการให้คำปรึกษาระบบประเมิน, บริษัทการไฟฟ้าฝ่ายผลิตจำกัด, 2549.
105. บริษัท รีไซเคิล เอนิจิเนียริ่ง จำกัด, ข้อมูลต้นทุนพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการขับเคลื่อนด้วยพลังงานลม, เอกสารเผยแพร่ของบริษัท รีไซเคิล เอนิจิเนียริ่ง จำกัด, 2548.
106. ประเสริฐ พิชิวิเชียร, โครงการแม่น้ำโขงจากอดีตสู่ปัจจุบัน, 2545.
107. มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, บทสรุปสำหรับผู้บริหาร โครงการศึกษาแนวทางการสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมและ

- พลังงานแสงอาทิตย์, รายงานการศึกษาขั้นสุดท้ายเสนอต่อ
สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, มีนาคม 2546. Retrieved from
http://www.efe.or.th/download/solar_wind/ex_summary.pdf. (accessed
12/02/2006).
108. วรศักดิ์ กนกนุกูลชัย และคณะ, สุปรายางานการอภิปราย ศักยภาพ
ของการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำสำหรับประเทศไทย, ราชบัณฑิตยสถาน,
2547.
109. ศุภชาติ จงพัฒนาไพบูลย์, นัยนา วรอัศวปติ, ปรีดา วิมูลย์สวัสดิ์, การ
ผลิตไฟฟ้าของไทยใน 10 ปีข้างหน้า, วารสารราชบัณฑิตยสถาน, ปีที่
29, 2547.
110. อุดุล ชายอรุณ, แผนการผลิตไฟฟ้านำเด็ก รายงานการอภิปราย
ศักยภาพของการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำสำหรับประเทศไทย, ราชบัณฑิตย-
สถาน, 2547.
111. Boyle G., "Renewable Energy: Power for a Sustainable Future", Second
edition, Oxford University Press in association with the Open University,
2004.
112. Canadian Centre of Energy Information, About Energy: Wind, Canadian
Centre of Energy Information, Canada, 2006. Retrieved from <http://www.centreforenergy.com/silos/wind/ET-W.asp> (accessed 22/01/2006).
113. Cheremisinoff, N.P., Fundamentals of Wind Energy, Ann Arbor Science
Publishers Inc., Michigan, USA, 1978.
114. Energy Information Administration, Wind power timelines, Energy
Kid's Page, Energy Information Administration, Department of Energy,
USA, 2006. Retrieved from <http://www.eia.doe.gov/kids/history/timelines/wind.html> (accessed 22/01/2006).
115. Guterl F., Another nuclear dawn, Newsweek, Feb 6, 2006, pp. 32-38.
116. Harvey F., EU needs unified energy policy.
117. Herberta G.M.J., Iniyamb S., Sreevalsanc E., Rajapandiand S., A review
of wind energy technologies, Renewable and Sustainable Energy

Reviews, Article in Press, 2006. Available online at www.sciencedirect.com (accessed 01/02/2006).

- 118.IEA Implementing Agreement on Wind, 2004. IEA Wind Energy Annual Report, International Energy Agency (IEA). Implementing Agreement for Co-operation in the Research Development, and Deployment of Wind Energy Systems (IEA-Wind), 2004. Retrieved from http://www.ieawind.org/annual_reports.html (accessed 24/01/2006).
- 119.International Energy Agency, Renewables for Power Generation 2003: Status and Prospects, International Energy Agency, Paris:OECD, 2003.
- 120.Kerr R.A., “Bumpy road ahead for world oil”, Science, Vol.310, 2005, pp.1106-1108.
- 121.Platt A. and Easson N., Energy Future, Imperial Matter, Summer 2005, pp. 10-13.