สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถ่านหิน

ถ่านหิน คือ หินตะกอนชนิดหนึ่งซึ่งสามารถติดไฟได้และมีส่วนประกอบที่เป็นสารประกอบของคาร์บอนไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก หรือ ร้อยละ 70 โดยปริมาตร และยังมีสารประกอบอื่นๆ เช่น ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และกำมะถัน เป็นต้น หากจำแนกประเภทของถ่านหินตามคุณสมบัติทางเคมี และค่าความร้อนอย่างหยาบๆ สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 ประเภทของถ่านหินที่จำแนกตามคุณสมบัติ

	ค่าความร้อน	ค่าความชื้น	ปริมาณขี้เถ้า	ปริมาณกำมะถัน
แอนทราไซท์	สูง	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
บิทูมินัส	สูง	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
ซับบิทูมินัส	ปานกลาง-สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
ลิกไนต์	ต่ำ-ปานกลาง	สูง	สูง	ต่ำ-สูง

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, (2548)

หากจำแนกประเภทของถ่านหินตามลำดับชั้น โดยมีปริมาณร้อยละของธาตุองค์ประกอบและความชื้นของถ่านหินชนิดต่างๆ เทียบกับไม้ ดังตาราง 2.2 สามารถแบ่งได้เป็น 5 ประเภท ดังนี้

1. พีต (Peat) เป็นขั้นแรกในกระบวนการเกิดถ่านหินระดับต่ำสุดประกอบด้วยซากพืช ซึ่งบางส่วนได้สลายตัวไปแล้วและสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้

2. ลิกไนต์ (Lignite) มีซากพืชหลงเหลืออยู่เล็กน้อย มีความชื้นมาก สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิง

3. ซับบิทูมินัส (Subbituminous) มีสีดำ เป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพเหมาะสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า

4. บิทูมินัส (Bituminous) เป็นถ่านหินเนื้อแน่น แข็งและมักจะประกอบด้วยชั้นถ่านหินสีดำสนิท เป็นมันวาว ใช้เป็นถ่านหินเพื่อการถลุงโลหะ

5. แอนทราไซต์ (Anthracite) เป็นถ่านหินที่มีลักษณะดำเป็นเงามันวาวมาก มีรอยแตกเว้าแบบก้นหอย ติดไฟยาก

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ - 9 ก.ย. 2554
เลขทะเบียน 242266
เลขเรียกหนังสือ

ตาราง 2.2 ปริมาณร้อยละของธาตุองค์ประกอบและความชื้นของถ่านหินชนิดต่างๆ เทียบกับไม้

ชนิดของสาร	ปริมาณขององค์ประกอบ (ร้อยละโดยมวล)					
	C	H	O	N	S	ความชื้น
ไม้	50	6	43	1	-	*
พีต	50 – 60	5 – 6	35 – 40	2	1	75 – 80
ลิกไนต์	60 – 75	5 – 6	20 – 30	1	1	50 – 70
ซับบิทูมินัส	75 – 80	5 – 6	15 – 20	1	1	25 – 30
บิทูมินัส	80 – 90	4 – 6	10 – 15	1	5	5 – 10
แอนทราไซต์	90 – 98	2 – 3	2 – 3	1	1	2 – 5

* ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ไม้

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2548

2.2 การผลิตถ่านหิน

การผลิตถ่านหินหรือการที่จะนำถ่านหินมาใช้ประโยชน์ได้นั่นคือ การทำเหมืองถ่านหิน โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. การทำเหมืองแบบเหมืองเปิด (Surface Mining)
2. การทำเหมืองแบบเหมืองใต้ดิน (Underground Mining)

การพิจารณาเลือกทำเหมืองในแต่ละแบบนั้นมีข้อจำกัด ข้อดี ข้อเสีย แตกต่างกันออกไป โดยยึดตามลักษณะทางธรณีวิทยาของแหล่งแร่และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เป็นหลัก ทั้งนี้งานวิจัยนี้เน้นศึกษาการทำเหมืองแบบเปิด ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินงาน ดังนี้ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เหมืองแม่เมาะ, 2551)

2.2.1 การทำเหมืองแบบเหมืองเปิด

ขั้นตอนการทำเหมืองเปิดหลังจากที่มีการสำรวจด้านธรณีวิทยาจนได้ข้อมูลของแหล่งแร่ทั้งทางด้านโครงสร้างทางธรณีวิทยา และปริมาณแร่ที่มีอยู่แล้ว ต้องนำข้อมูลดังกล่าวมาศึกษาความเหมาะสมในการเปิดทำเหมืองที่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งปริมาณแร่ที่แหล่งเหมืองมีอยู่อาจจะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการทำเหมืองทั้งหมดหรือเพียงบางส่วนเท่านั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธรณีวิทยาของแหล่ง ลักษณะการวางตัวของชั้นแร่ และราคาของแร่นั้นๆ โดยลักษณะการทำเหมืองจะมีระยะทางในการขนส่ง การขุดดินและแร่ออกจากบ่อเหมืองไกลขึ้น เนื่องจากความลึกของบ่อเหมืองที่ลึกลงไปเรื่อยๆ จนถึงจุดหนึ่งซึ่งค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่ใช้ในการดำเนินงานไม่คุ้มค่าใน

การผลิตโดยอาจต้องดำเนินการทำเหมืองด้วยวิธีอื่นที่คุ้มค่าต่อไป ขั้นตอนในการทำเหมืองเปิดแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมพื้นที่

พื้นที่การทำเหมืองนับได้ว่าเป็นปัญหาและอุปสรรคแรกที่ต้องดำเนินการ โดยพื้นที่สำหรับการทำเหมืองจะประกอบด้วยพื้นที่ต่างๆ ดังนี้

- พื้นที่ๆ เป็นแหล่งแร่ ซึ่งต้องขอประทานบัตรทำเหมือง
- พื้นที่ๆ จะใช้เป็นที่ทิ้งดิน (Waste Dump) และที่กอง Top Soil
- พื้นที่ๆ จะใช้ก่อสร้างโรงแต่งแร่ และ Stock Pile
- พื้นที่ๆ จะใช้ก่อสร้าง Surface Facilities เช่น สำนักงานสนามโรงซ่อมเครื่องจักรกล ถนนทางวิ่ง คลองผันน้ำ ผนังกั้นน้ำ เป็นต้น

การเลือกและการเตรียมพื้นที่ดังกล่าวโดยเฉพาะที่ทิ้งดิน ที่กอง Top Soil และโรงแต่งแร่ กองแร่ควรให้อยู่ใกล้กับพื้นที่บ่อเหมืองมากที่สุด เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งทั้งดินและแร่

ขั้นตอนที่ 2 การเลือกเครื่องจักรกล

เครื่องจักรกลที่ใช้ในการทำเหมืองเปิดแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

(1) เครื่องจักรกลหลัก (Main Equipments) เป็นเครื่องจักรกลที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตของเหมืองโดยตรง ได้แก่ เครื่องจักรกลที่นำมาใช้ในการขุดดิน-แร่ เช่น รถขุด Shovel, Back Hoe, Dragline, Front End Loader, Bucket wheel Excavator เป็นต้น และเครื่องจักรกลที่นำมาใช้ในการขนดิน-แร่ ออกจากบ่อเหมือง เช่น Truck, Belt Conveyor Systems และรถไฟ เป็นต้น

(2) เครื่องจักรกลช่วยและสนับสนุน ได้แก่ เครื่องจักรกลอื่นๆ นอกเหนือจากเครื่องจักรกลหลักที่ใช้ทำการขุดและขน เครื่องจักรกลประเภทนี้จะช่วยสนับสนุนให้การทำงานของเครื่องจักรกลหลักเป็นไปด้วยดี เช่น Tractor, Motor Grader และ รถเจาะระเบิด เป็นต้น

การพิจารณาเลือกเครื่องจักรกลที่จะนำมาใช้ในการทำเหมืองเปิดนั้นมีหลักเกณฑ์ที่ควรใช้ประกอบการพิจารณาเลือกเครื่องจักรกล ดังนี้

- เป้าหมายการทำงาน เช่น ปริมาณหน้าดินที่ต้องเปิดปริมาณแร่ที่ต้องขุด
- ความสามารถของเครื่องจักรกล
- ขนาดและจำนวนของเครื่องจักรกล
- อายุการใช้งานของเครื่องจักรกล
- ราคาของเครื่องจักรกล

ขั้นตอนที่ 3 การวางแผนการทำเหมือง

การวางแผนการทำเหมืองในขั้นนี้เป็นการวางแผนในขั้นตอนของรายละเอียดเพื่อนำไปใช้ในการทำงานจริง โดยจะจัดทำแบบแปลนเหมืองทั้งระยะยาว ระยะกลาง และระยะสั้น แบบก่อสร้างองค์ประกอบต่างๆ ของเหมือง เช่น ถนน สะพาน ผนังกั้นน้ำ คลองผันน้ำ สำนักงาน ฯลฯ ตลอดจนแผนในการฟื้นฟูสภาพเหมือง เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 4 การดำเนินการทำเหมือง

เป็นขั้นตอนที่นำแบบและแผนต่างๆ ที่จัดทำไว้มาดำเนินการทำเหมืองจริง การดำเนินงานในขั้นตอนนี้ส่วนใหญ่จะพบกับปัญหาในการทำงานที่ไม่คาดคิด เช่น ปัญหาโครงสร้างทางธรณีวิทยา การใช้เครื่องจักรกล ตลอดจนปัญหาอื่นๆ ซึ่งมีผลทำให้การดำเนินงานไม่เป็นไปตามแบบแปลนและเป้าหมายที่วางไว้จึงต้องแก้ไขแบบแปลนต่างๆ ให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงในการทำงานอยู่เสมอ

2.2.2 ประเภทการทำเหมือง

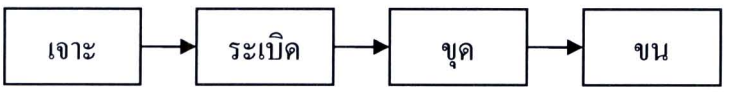
การทำเหมืองถ่านหินแบบเหมืองเปิดนั้น เป็นการทำเหมืองจากผิวดินลึกลงไปหาชั้นแร่แล้วทำการขุดขึ้นมาใช้ ซึ่งการทำเหมืองแบบนี้มีดำเนินการอยู่ 3 ประเภท ดังนี้

ก. Open Pit Mining

การทำเหมืองเปิดประเภท Open Pit Mining จะทำโดยเปิดหน้าดินเป็นบ่อลึกลงไปจนถึงชั้นแร่แล้วจึงขุดแร่ออกมาใช้งาน การทำเหมืองประเภทนี้จะแบ่งทำเป็นชั้นๆ (Bench) ซึ่งอาจจะมีชั้นเดียวหรือหลายชั้นขึ้นอยู่กับความลึกของชั้นแร่และความสามารถของเครื่องจักรกลที่จะนำมาใช้งาน ลักษณะของเหมืองจะคล้ายปีรามิดฐานกลมพุ่งลงดินหรือเหมือนกับการขุดบ่อลึกลงไปเป็นขั้นบันได การทำเหมืองเป็นชั้นๆ จะทำให้เกิดความมั่นคง (Stability) ของผนังบ่อเหมือง และมีความปลอดภัยในการทำงาน ซึ่งความสูงของ Bench จะกำหนดตามความสามารถของเครื่องจักรกลที่ใช้ขุด ส่วนความกว้างของ Bench ขณะทำงานจะต้องมีความกว้างเพียงพอสำหรับเครื่องจักรกลต่างๆ สามารถทำงานได้อย่างสะดวก การทำเหมืองประเภทนี้เหมาะสำหรับเหมืองถ่านหินที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งผลผลิตของถ่านหินส่วนใหญ่จะได้จากเหมืองประเภทนี้

ทั้งนี้ในการทำเหมืองจะเริ่มจากการเตรียมพื้นที่พร้อมทั้งสร้างโรงแต่งแร่ (กรณีจำเป็น) และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ สิ่งสำคัญในการทำเหมืองถ่านหินแบบ Open Pit Mining ได้แก่ พื้นที่ทิ้งดิน (Waste Dump) ที่กอง Top Soil และ Stockpile ซึ่งพื้นที่เหล่านี้จะมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ดังนั้นการกำหนดพื้นที่จึงต้องกำหนดให้อยู่ใกล้ขอบเขตสุดท้ายของการทำเหมือง (Proposed Final Pit) ให้มากที่สุด จากนั้นจึงเลือกเครื่องจักรกลตามความจำเป็นและเหมาะสม เนื่องจากการทำเหมืองประเภทนี้ต้องขุดดินออกจนถึงชั้นถ่านหรือชั้นแร่จึงจะสามารถขุดแร่หรือถ่านหินออกมาใช้

งานได้ ดังนั้นในการทำเหมืองจึงจำเป็นต้องเปิดหน้าดินล่วงหน้าเพื่อให้สามารถขุดแร่หรือถ่านหินออกมาใช้ได้ตามกำหนด ลักษณะงานส่วนใหญ่ที่ทำจะประกอบด้วยงาน 4 ประเภท คือ



รูป 2.1 กระบวนการหลักในการทำเหมืองแบบเปิด
ที่มา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2551

การเจาะและระเบิดนั้นจะจำเป็นหรือไม่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและความแข็งของวัสดุที่จะขุด ส่วนการขุดและขนนั้นจะต้องเลือกใช้เครื่องจักรกลให้เหมาะสมกับงาน เพื่อให้สามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เครื่องจักรกลที่ใช้ในการทำเหมืองประเภทนี้ สามารถเลือกใช้เครื่องจักรกลได้หลายประเภท นับตั้งแต่ระบบ Continuous Mining Equipment (Bucket wheel Excavator & Belt Conveyor System) ระบบ Shovel & Truck และระบบผสมระหว่าง Shovel & Truck กับ Crusher & Belt Conveyor System ตามความเหมาะสมกับลักษณะของวัสดุและงานที่จะดำเนินการ

ข. Open Cast Mining หรือ Strip Mining

การทำเหมืองแบบ Open Cast Mining เป็นการทำเหมืองเปิดอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งหลักการสำคัญของการทำเหมืองประเภทนี้ คือ ลดการขนหน้าดิน (Overburden) ออกไปทิ้งยังที่ทิ้งดินซึ่งอยู่ไกลออกไป แต่จะกองไว้ข้างบ่อเหมือง Strip เครื่องจักรกลที่ทำงานดินจะต้องเป็นเครื่องจักรกลที่รวมความสามารถในการขุดและขนไว้ในตัวเดียว เช่น Scraper และ Dragline เป็นต้น ในบางครั้งอาจมีการขนดินบางส่วนไปกองไว้นอกบ่อเหมืองด้วยรถบรรทุกหรือระบบสายพานลำเลียง เช่น ดินส่วนที่เป็นผิวดิน (Top Soil) จะต้องขนไปกองไว้นอกบ่อเหมืองเป็นการชั่วคราว เพื่อจะนำกลับมาใช้ในการฟื้นสภาพเหมืองในภายหลัง เป็นต้น

การทำเหมืองจะทำการเปิดเป็น Block หรือ Strip เล็กๆ โดยใช้รถขุด Dragline ขุดดินกองไว้ข้างๆ ถ้าหน้าดินนี้แข็งเกินความสามารถในการขุดของ Dragline อาจต้องระเบิดเพื่อเปิดหน้าดินเสียก่อน เมื่อทำการเปิดหน้าดินจนถึงชั้นถ่านหินแล้วจะดำเนินการขุดถ่านหิน โดยใช้ Shovel และขนโดยรถบรรทุกเหมือนกับในการทำเหมืองแบบ Open Pit Mining เมื่อขุดถ่านหินออกจนหมด Block หรือ Strip นั้นแล้ว จึงจะย้ายไปทำการเปิดหน้าดินใน Block หรือ Strip ถัดไปที่อยู่ข้างๆ โดยนำหน้าดินที่เปิดมาถมกลับใน Block หรือ Strip ที่ขุดถ่านหินออกหมดแล้ว

โดยการทำเหมืองลักษณะนี้จะทำให้การเปิดหน้าดินและการใช้เนื้อที่ทำเหมืองน้อยกว่าการทำเหมืองแบบ Open Pit Mining ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายทางด้านเครื่องจักรกลสำหรับขนดินและ

ค่าใช้จ่ายด้านการฟื้นฟูสภาพเหมืองได้ ลักษณะของแหล่งแร่ที่เหมาะกับการทำเหมืองแบบนี้ประกอบด้วย

- ต้องเป็นแหล่งที่มีขนาดใหญ่และชั้นถ่านหินมีความต่อเนื่องกัน
- ชั้นถ่านหินจะต้องอยู่ในแนวราบหรือมีความลาดเอียงไม่มากนัก
- ความลึกของชั้นถ่านหินต้องไม่ลึกจนเกินความสามารถของเครื่องจักรกลขุดที่ทำงานโดยไม่ต้องทำการ Rehandling

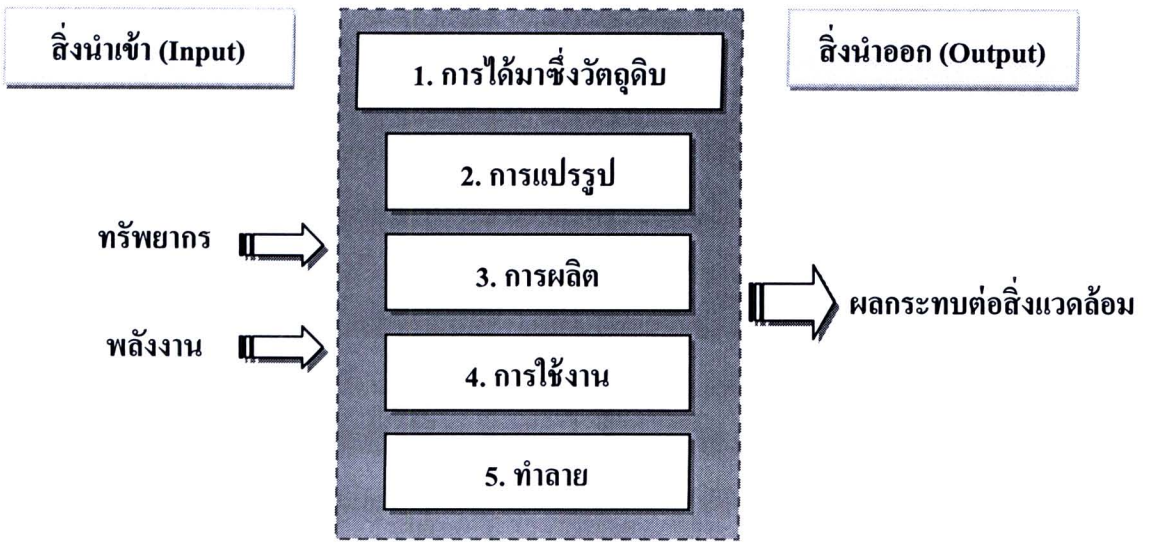
ค. Auger Mining

เป็นวิธีการขุดเจาะเพื่อเอาถ่านหินบริเวณ Highwall หรือ Outcrop ออกมา โดยใช้เครื่องเจาะแบบสว่าน (Auger Drill) ทำการเจาะเข้าไปในชั้นถ่านหิน ซึ่งตัวสว่านจะนำพาถ่านหินที่ถูกเจาะออกมาตามรูที่เจาะจากนั้นใช้รถตักตักใส่รถบรรทุกเพื่อขนไปใช้งาน

การทำเหมืองแบบนี้ไม่มีการเปิดหน้าดินจะมีเพียงการขุดเจาะเอาถ่านมาใช้เท่านั้น ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นการทำงานเสริม หรือทำต่อจากการทำเหมืองแบบ Open Pit Mining หรือ Open Cast Mining โดยมากมักจะเจาะในชั้นถ่านบางๆ ซึ่งไม่สามารถขุดคัดแยกจากการทำเหมืองโดยวิธีอื่น ซึ่งการทำเหมืองวิธีนี้ไม่ค่อยนิยมทำกันเนื่องจากมี Percent Recovery ต่ำ ยกเว้นในเหมืองที่มีถ่านหินคุณภาพสูงสามารถนำไปใช้งานอย่างอื่นที่มีราคาสูงกว่าการใช้เป็นเชื้อเพลิง

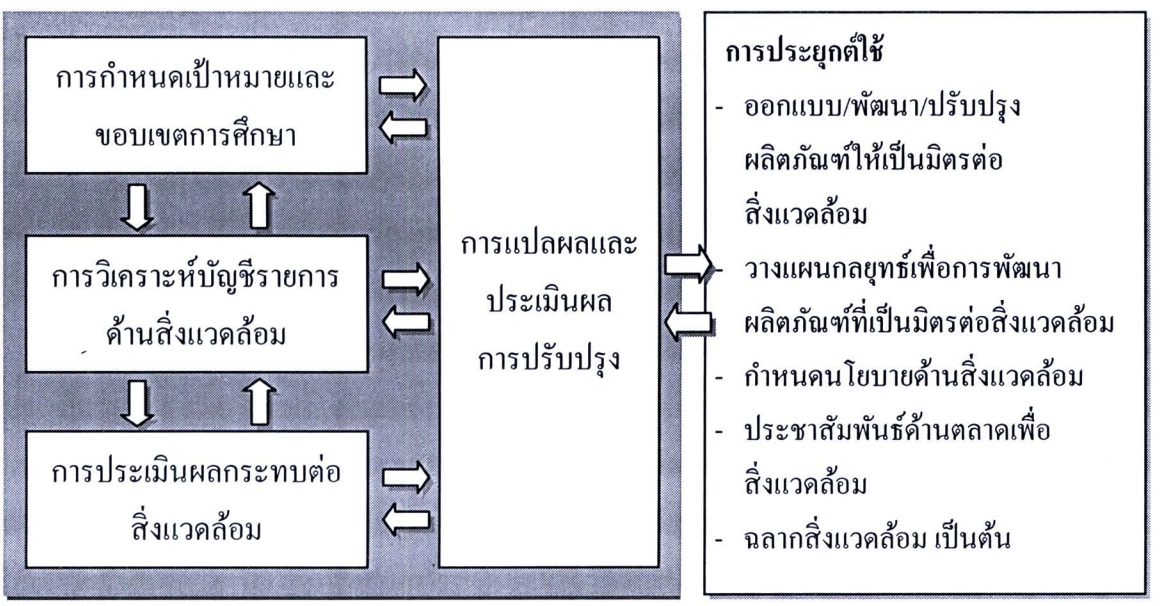
2.3 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

การประเมินวัฏจักรชีวิต เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์และประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวเนื่องกับผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การออกแบบ การสกัดวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน รวมถึงการใช้ซ้ำ การหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่และการกำจัดทิ้งหลังหมดอายุการใช้งานในเชิงปริมาณ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) ดังรูป 2.2 โดยศึกษาถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมทั้งทางอากาศ น้ำ และดิน โดยพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ครอบคลุมไปถึงระบบนิเวศน์ สุขอนามัย และปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับโลก เพื่อหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยแนวความคิดดังกล่าวนี้จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินทั้งในด้านของปริมาณและรูปแบบการใช้พลังงาน (Life Cycle Energy Analysis) การใช้วัสดุ (Life Cycle Material Analysis) และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Impact Assessment) (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ และคณะ, 2549)



รูป 2.2 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์
ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะ และวัสดุแห่งชาติ, 2549

ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลักตามมาตรฐาน ISO 14040 ดังรูป 2.3 โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้



รูป 2.3 กรอบการดำเนินการประเมินวัฏจักรชีวิต ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040
ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ และคณะ, 2549

1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope) การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตนั้นต้องทราบวัตถุประสงค์ของการศึกษาและวิธีการศึกษา ซึ่งผลศึกษาที่ได้จะถูกนำไปใช้ประโยชน์

ได้มากน้อยเพียงใดจะขึ้นอยู่กับการกำหนดขอบเขตและเป้าหมายของประเมินวัฏจักรชีวิต โดยสามารถนำไปใช้กับเป้าหมายหลักๆ ของการศึกษาวิจัยที่มีความแตกต่างกัน อาทิเช่น เพื่อการวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของผลิตภัณฑ์ เพื่อการปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดสำหรับประกอบการตัดสินใจในการเลือกซื้อ ทั้งนี้การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตประกอบด้วยประเด็นหลักที่มีความสำคัญ ดังต่อไปนี้

ก. *การกำหนดเป้าหมาย (Goal definition) ต้องมีการระบุผลของการใช้ และผู้ที่จะนำไปใช้* ซึ่งการกำหนดเป้าหมายจะต้องเข้าใจรายละเอียดต่างๆ เป็นอย่างดี อาจกล่าวได้ว่าเป้าหมายเป็นหัวใจของการศึกษารายละเอียดและการสรุปผล เพราะเป้าหมายจะทำให้สามารถแยกแยะความสำคัญของส่วนต่างๆ ในเนื้อหาได้

ข. การกำหนดขอบเขต (Scope definition) มีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ

• หน่วยการทำงาน (Functional unit) คือส่วนที่เป็นพื้นฐานของการศึกษา LCA เพราะใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ หรือเป็นตัววัดระหว่างผลิตภัณฑ์ มีการให้นิยามของหน่วยการทำงานที่หลากหลาย โดยหน่วยการทำงานของระบบต้องให้ความหมายและการวัดที่กระจ่างชัด ซึ่งผลจากการวัดจะนำไปใช้เป็นคำตอบเพื่อการวิเคราะห์ต่อไป ทั้งนี้ลักษณะสำคัญ 3 ประการของหน่วยการทำงาน ได้แก่ 1) ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ 2) ความคงทนของผลิตภัณฑ์ และ 3) คุณสมบัติพื้นฐาน ในการเปรียบเทียบระหว่างระบบสามารถทำได้โดยกำหนดหน่วยการทำงานให้มีลักษณะพื้นฐานเหมือนกัน จึงจะสามารถเปรียบเทียบระบบทั้งสองได้

• คุณภาพของข้อมูล (Data quality) ที่นำมาใช้ในการประเมินจะนำมาซึ่งคุณภาพของข้อสรุปที่ได้จากการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยคุณภาพของข้อมูลจะทำให้ทราบรายละเอียดต่างๆ ที่สำคัญ และทำให้การประเมินเป็นไปอย่างมีหลักเกณฑ์

2) การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory : LCI) เป็นขั้นตอนที่สองของการประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งจะต้องประกอบด้วยประเด็นที่สำคัญ คือ

• การคัดเลือกข้อมูล (Data collection) การวิเคราะห์บัญชีรายการจะรวมถึงการคัดเลือกข้อมูล และการจัดการข้อมูลที่จะนำมาใช้ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลการใช้วัตถุดิบ ของเสียของมลภาวะต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทั้งหมดของวัฏจักรชีวิต

• การกลั่นกรองขอบเขตระบบ (Refining system boundaries) ขอบเขตของระบบจะถูกกลั่นกรองหลังจากการเก็บข้อมูลชุดแรก ตัวอย่างของผลการกลั่นกรองข้อมูล เช่น การตัดสินใจในการเลือก หรือตัดกระกระบวนการใดออกไป การตัดวัตถุดิบบางส่วนออกไป การเพิ่มหน่วยการผลิตซึ่งแสดงว่าต้องมีความสำคัญในการวิเคราะห์ผล

• วิธีการคำนวณ (Calculation procedures) การคำนวณผลการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งอาจอยู่ในรูปโปรแกรมสำเร็จรูปหรืออื่นๆ ทั้งนี้จำเป็นต้องเลือกโปรแกรมให้เหมาะสมโดยขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของข้อมูล

• การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล (Validation of data) ต้องดำเนินการระหว่างการเก็บรวมรวมหรือคัดเลือกข้อมูลเพื่อปรับปรุงคุณภาพของข้อมูล การตรวจสอบข้อมูลอย่างมีหลักเกณฑ์จะแสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงข้อมูลหรือข้อมูลนั้นมีความใกล้เคียงกับกระบวนการอื่นๆ

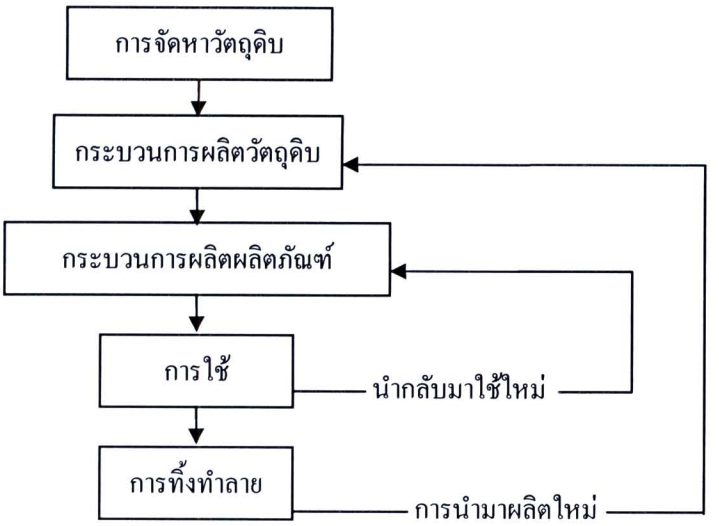
• การเชื่อมโยงข้อมูล (Relating data to the specific system) พื้นฐานของข้อมูลเข้าและข้อมูลออก บ่อยครั้งที่ข้อมูลที่ได้จากโรงงานเป็นหน่วยที่ถูกกำหนดขึ้นเอง เช่น พลังงาน ในหน่วย เมกกะจูลต่อเครื่องต่อสัปดาห์ ทั้งนี้ต้องมีการปรับเปลี่ยนให้อยู่ในรูปที่สามารถสื่อสารได้อย่างสากลโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ได้มาจากแหล่งข้อมูลจริง

• การปันส่วนข้อมูล (Allocation) เมื่อต้องทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของระบบที่มีความซับซ้อน จึงเป็นไปไม่ได้ที่จะจัดการเพื่อให้ครอบคลุมผลกระทบและผลที่ได้จากขอบเขตของระบบทั้งหมด การแก้ปัญหานี้ทำได้ 2 วิธี คือ

o การเพิ่มขอบเขตของระบบ

o การจัดสรรผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ตรงปัญหากับการศึกษา ซึ่งการจัดสรรอาจเป็นทางเลือกที่ดีกว่าการเพิ่มขอบเขตของระบบ เนื่องจากเป็นการลดปัญหาความซับซ้อนของระบบและเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง

การวิเคราะห์บัญชีรายชื่อและการเก็บรวบรวมข้อมูลสามารถพิจารณาได้อย่างชัดเจนในรูป 2.4 ในแต่ละขั้นตอนที่แตกต่างกันสามารถแยกเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลได้ เช่น ข้อมูลการผลิตวัตถุดิบซึ่งวัตถุดิบหลายๆ ชนิด สามารถนำมารวมกันได้ทีหลังที่ขั้นตอนการผลิต เห็นได้ว่าในแต่ละขั้นตอนมักเชื่อมโยงกันด้วยขั้นตอนการขนส่ง การวิเคราะห์สามารถพิจารณาได้ละเอียดมากน้อยขึ้นอยู่กับขอบเขตการศึกษาที่กำหนดไว้



รูป 2.4 ตัวอย่างขั้นตอนการวิเคราะห์อย่างง่ายที่ใช้ในการคัดเลือกข้อมูล

ที่มา: Henrick.,1997

3) การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA) การประเมินผลกระทบมีวัตถุประสงค์เพื่อแปลงข้อมูลบัญชีรายการที่ได้จากการรวบรวมสารขาเข้า และสารขาออกของระบบผลิตภัณฑ์ จากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในรูปตัวชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อม เพื่อบ่งชี้ค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อย คือ

- ขั้นตอนที่ต้องดำเนินการ ได้แก่ การจำแนกข้อมูลให้อยู่ในกลุ่มของผลกระทบ (Classification) และการแปลงข้อมูลดังกล่าวให้เป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Characterization)
- ขั้นตอนที่เป็นทางเลือกให้ศึกษาเพิ่มเติม เช่น การเทียบค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์กับขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้นๆ (Normalization) การจัดกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นหมวดหมู่ตามผลกระทบปลายทาง (Grouping) เป็นต้น

ทั้งนี้ในการแบ่งกลุ่มผลกระทบอาจแบ่งได้เป็น 3 ประเด็นหลัก คือ Resource depletion, Eco system และ Human health ซึ่งสามารถแบ่งเป็นกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ ดังนี้

- ศักยภาพที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติประเภทที่ไม่สามารถทดแทนได้ลดลง (Abiotic depletion potential) การได้มาซึ่งวัตถุดิบประเภทที่ไม่สามารถทดแทนได้
- ศักยภาพที่ทำให้ทรัพยากรพลังงานลดลง (Energy depletion potential) การได้มาซึ่งแหล่งพลังงาน

• ศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (Global warming potential) การดูดซับรังสีอินฟาเรดในบรรยากาศที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน

• ศักยภาพในการทำให้โอโซนในชั้นบรรยากาศลดลง (Ozone depletion potential) การลดลงของโอโซนในชั้นบรรยากาศ Stratosphere ที่ทำให้รังสีอินฟาเรดส่องผ่านมายังโลกของเรามากขึ้น

• การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human toxicity) การสัมผัสกับสารมลพิษทางน้ำ อากาศ และดิน ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์

• การก่อให้เกิดความเป็นพิษทางบกและน้ำ (Aquatic/Terrestrial ecotoxicity) การสัมผัสกับสารมลพิษทางน้ำ อากาศ และดิน ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อพืชและสัตว์บนบกและในน้ำ

• ศักยภาพในการทำให้เกิดฝนกรด (Acidification potential) การเกิดฝนที่มีสภาวะเป็นกรด

• การออกซิเดชั่นที่เกิดจากปฏิกิริยาแสงเคมี (Photo-chemical oxidation) การก่อให้เกิดโอโซนในชั้นบรรยากาศ Troposphere ที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ Photochemical smog

• การเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหาร (Eutrophication) การเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหารในน้ำที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของแพลนตอนพืช นำไปสู่การลดลงของออกซิเจนในน้ำ

ทั้งนี้วิธีการในการประเมินผลกระทบบางวิธีสามารถประเมินได้หลากหลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละวิธีการจะมีความแตกต่างในการให้น้ำหนักของผลกระทบ โดยขนาดและน้ำหนักของผลกระทบจะขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบของวิธีการนั้นๆ ว่าต้องการศึกษาและเน้นผลกระทบไปในทิศทางใด โดยหลังจากที่มีการวิเคราะห์และจัดแบ่งส่วนของสารประกอบให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันแล้ว จะมีการวิเคราะห์ขนาดความรุนแรงของผลกระทบและนำมาเปลี่ยนให้อยู่ในหน่วยเดียวกัน เพื่อให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบผลกระทบที่มีค่าต่างกัน โดยมีตัวอย่างของการให้ขนาดและน้ำหนักผลกระทบดังนี้

การประเมินวัฏจักรชีวิต ด้วยวิธี EDIP 2003

การประเมินด้วยวิธี The Environmental Design of Industrial Products (EDIP) เป็นวิธีการที่สามารถประเมินผลกระทบได้ทั้งหมด 18 ชนิด โดยจะเน้นการศึกษาและให้น้ำหนักของผลกระทบไปที่การลดลงของชั้นโอโซน (Ozone Depletion) โดยให้น้ำหนักผลกระทบ 63 Pt ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ชนิดผลกระทบ (Impact Category)	ขนาดของผลกระทบ (Normalization)	น้ำหนักผลกระทบ (Weighting) : Pt
Global warming 100a	0.000115	1.1

ชนิดผลกระทบ (Impact Category)	ขนาดของผลกระทบ (Normalization)	น้ำหนักผลกระทบ (Weighting) : Pt
Ozone depletion	9.71	63
Ozone formation (Vegetation)	$7.14x10^{-6}$	1.2
Ozone formation (Human)	0.1	1.2
Acidification	0.000455	1.3
Terrestrial eutrophication	0.000476	1.2
Aquatic eutrophication EP(N)	0.0833	1.4
Aquatic eutrophication EP(P)	2.44	1
Human toxicity air	$5.88x10^{-9}$	1.1
Human toxicity water	$1.69x10^{-5}$	1.3
Human toxicity soil	0.00323	1.2
Ecotoxicity water chronic	0	0
Ecotoxicity water acute	0	0
Ecotoxicity soil chronic	0	0
Hazardous waste	0.0483	1.1
Slags/ashes	0.00286	1.1
Bulk waste	0.000741	1.1
Radioactive waste	28.6	1.1

หมายเหตุ: หน่วย Point (Pt) คือหน่วยที่ใช้สำหรับเปลี่ยนค่าของผลกระทบชนิดต่างๆ ให้อยู่ในหน่วยเดียวกันเพื่อให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบ (ที่มา: ฐานข้อมูลโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro7.2, 2010)

การประเมินวัฏจักรชีวิต ด้วยวิธี Eco Indicator 95

การประเมินด้วยวิธี Eco Indicator 95 เป็นวิธีการที่สามารถประเมินผลกระทบได้ทั้งหมด 11 ชนิด โดยจะเน้นการศึกษาและให้น้ำหนักของผลกระทบไปที่การลดลงของชั้นโอโซน (Ozone Layer) โดยให้น้ำหนักผลกระทบ 100 Pt ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ชนิดผลกระทบ (Impact Category)	ขนาดของผลกระทบ (Normalisation)	น้ำหนักผลกระทบ (Weighting) : Pt
Greenhouse	$7.65x10^{-5}$	2.5

ชนิดผลกระทบ (Impact Category)	ขนาดของผลกระทบ (Normalisation)	น้ำหนักผลกระทบ (Weighting) : Pt
Ozone layer	1.08	100
Acidification	0.00888	10
Eutrophication	0.0262	5
Heavy metals	18.4	5
Carcinogens	92	10
Pesticides	1.04	25
Summer smog	0.0558	2.5
Winter smog	0.0106	5
Energy resources	$6.29x10^{-6}$	0
Solid waste	0	0

หมายเหตุ: หน่วย Point (Pt) คือหน่วยที่ใช้สำหรับเปลี่ยนค่าของผลกระทบชนิดต่างๆ ให้อยู่ในหน่วยเดียวกันเพื่อให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบ (ที่มา: ฐานข้อมูลโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro7.2, 2010)

4) การแปลผลการศึกษา (Life Cycle Interpretation) เป็นการนำผลการศึกษาที่ได้จากขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม และการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาเชื่อมโยงกัน เพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์ สรุปผล อธิบายข้อจำกัด และจัดเตรียมข้อเสนอแนะที่มาจากผลลัพธ์ของการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยการทำรายงานสรุปการแปลผลศึกษาต้องจัดทำเพื่อให้สามารถเข้าใจได้ง่าย สมบูรณ์ครบถ้วน และมีความสอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา การแปลผลการศึกษาประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

- การจำแนกประเด็นที่สำคัญที่มาจากผลลัพธ์ของขั้นตอนการวิเคราะห์ การทำบัญชีรายการ และการวิเคราะห์บัญชีรายการของการประเมินวัฏจักรชีวิต
- การประเมินค่า (Evaluation) เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ ความอ่อนไหวของผลการศึกษา และความสอดคล้องของข้อมูล
- การจัดทำบทสรุป ข้อเสนอแนะ และรายงานผล

2.4 กลไกการพัฒนาที่สะอาด (*Clean Development Mechanism: CDM*)

ความเป็นมาของโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด เกิดขึ้นจากในปัจจุบันภาวะโลกร้อนกลายเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของทุกคนบนโลก ซึ่งสถานการณ์และผลกระทบจากภาวะโลกร้อนยังก่อให้เกิดความเสียหายต่อทั้งระบบเศรษฐกิจและสังคม ทำให้ประเทศต่างๆ ทั่วโลกร่วมกันจัดตั้ง "อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ" (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) ขึ้นเพื่อเป็นแรงผลักดันให้นานาชาติหันมาร่วมป้องกันและแก้ไขสถานการณ์ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภาวะโลกร้อน โดยมีวัตถุประสงค์สูงสุดคือการรักษาระดับความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศของโลกให้คงที่และอยู่ในระดับที่ไม่รบกวนระบบภูมิอากาศและปลอดภัยจากการแทรกแซงของกิจกรรมมนุษย์ อนุสัญญาฯ ยังระบุไว้ว่า การควบคุมให้ได้ระดับต้องมีการกำหนดระยะเวลาที่แน่นอน เพื่อให้ระบบนิเวศน์สามารถปรับตัวกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศได้อย่างเหมาะสม และเพื่อให้มั่นใจว่าการผลิตอาหารของโลกไม่ถูกคุกคาม รวมทั้งการพัฒนาเศรษฐกิจของแต่ละประเทศสามารถดำเนินไปได้อย่างยั่งยืน ซึ่งจากผลการลงนามในอนุสัญญาฯ ประเทศภาคีอนุสัญญาฯ ได้เริ่มเจรจาเพื่อจัดทำพิธีสารอันเป็นข้อผูกมัดระหว่างประเทศภาคีว่าด้วยพันธกรณีต่างๆ ซึ่งเมื่อปี พ.ศ.2540 ประเทศภาคีได้ร่วมลงนามใน "พิธีสารเกียวโต" (Kyoto Protocol) ซึ่งเป็นหลักเกณฑ์แห่งกฎหมายระหว่างประเทศ เพื่อกำหนดพันธกรณีให้ประเทศต่างๆ ร่วมดำเนินการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง ซึ่งมีผลบังคับใช้อย่างเป็นทางการเมื่อวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2548 โดยมีสาระสำคัญในการกำหนดพันธกรณีของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้ง 6 ชนิด โดยก๊าซแต่ละชนิดมีศักยภาพในการทำให้เกิดสภาวะโลก แตกต่างกัน โดยประเทศภาคีจะมีเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณเป็นปริมาณเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายใต้พิธีสารเกียวโต ซึ่งการกำหนดเป้าหมายจะแตกต่างกันสำหรับแต่ละกลุ่มประเทศ และเพื่อให้สามารถบรรลุตามเป้าหมายได้ พิธีสารเกียวโตได้กำหนดกลไกที่ยืดหยุ่น (Flexible Mechanisms) ซึ่งเป็นกลไกความร่วมมือในการลดก๊าซเรือนกระจกไว้ 3 รูปแบบ ได้แก่

- การซื้อขายก๊าซเรือนกระจก (Emission Trading: ET)
- การดำเนินการร่วมกัน (Joint Implementation: JI)
- กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM)

กลไกทั้งสามจะช่วยให้ประเทศที่มีพันธกรณีสามารถบรรลุเป้าหมายในการจำกัดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของตนได้อย่างคล่องตัวและมีประสิทธิภาพของการลงทุนที่เหมาะสม ทั้งนี้ กลไกการซื้อขายก๊าซเรือนกระจก (ET) และการดำเนินงานร่วมกัน (JI) เป็นความร่วมมือกันระหว่างประเทศที่มีพันธกรณี ในขณะที่กลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) จะเปิดโอกาสให้มีการ

ร่วมมือกันระหว่างประเทศที่มีพันธกรณีและประเทศที่ไม่มีพันธกรณีได้ร่วมกันลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก ดังนั้นกลไกการพัฒนาที่สะอาดจึงเปิดโอกาสให้การพัฒนาโครงการที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศกำลังพัฒนาได้รับผลตอบแทนในทางเศรษฐศาสตร์ที่ดีขึ้นในรูปแบบของโครงการพัฒนาที่สะอาด ทั้งนี้จะมีการคิดคาร์บอนเครดิตจากหน่วยปริมาณก๊าซที่ลดได้ และได้รับการรับรองซึ่งอยู่ในรูปของ Certified Emission Reductions หรือ CERs ซึ่งประเทศพัฒนาแล้วสามารถซื้อ CERs ไปเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงของประเทศตนเองได้ โดยเงื่อนไขสำหรับการดำเนินงานคือ คาร์บอนเครดิตต้องมาจากการพัฒนาที่ยั่งยืน และเป็นโครงการที่เกิดขึ้นเพราะกลไกการพัฒนาที่สะอาด มิใช่กิจกรรมที่ดำเนินอยู่แล้วตามปกติ (องค์การบริการจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน, 2552) โดยหลักเกณฑ์ในการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.4 1 หลักเกณฑ์การดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด

จากการประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สมัยที่ 7 ได้พิจารณาหลักเกณฑ์ในการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด ขึ้นเพื่อให้ประเทศต่างๆ ได้นำหลักเกณฑ์ไปปฏิบัติใช้ในการดำเนินโครงการ CDM โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญ ดังนี้

1) ต้องเป็นโครงการที่เกิดขึ้นโดยความสมัครใจ

2) ประเทศที่ร่วมโครงการจะต้องให้สัตยาบันต่อพิธีสารเกียวโต และต้องจัดตั้งองค์กรกำกับดูแลการดำเนินงานตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Designated National Authority : DNA)

3) โครงการที่ดำเนินการจะต้องมีส่วนช่วยในการพัฒนาอย่างยั่งยืนของประเทศเจ้าบ้าน

4) หากมีเงินช่วยเหลือโครงการจากประเทศพัฒนา จะต้องไม่ใช่เงินช่วยเหลือเพื่อการพัฒนาอย่างเป็นทางการ

5) ต้องมีการสอบถามความคิดเห็นจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการ และต้องดำเนินการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

6) การลดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น จะต้องเป็นการดำเนินโครงการเพิ่มเติมจากการดำเนินงานตามปกติ

7) กระบวนการต่างๆ ในการดำเนินโครงการจะต้องมีความโปร่งใส มีประสิทธิภาพ และมีความรับผิดชอบ โดยผ่านการตรวจสอบและพิสูจน์อย่างเป็นอิสระ

2.4.2 เกณฑ์ในการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจกที่ครอบคลุมโดยพิธีสารเกียวโต ประกอบด้วยก๊าซ 6 ชนิด โดยแต่ละชนิดมีค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนแตกต่างกัน เช่น หากลดการปล่อยก๊าซมีเทนได้ 1 ตัน จะเทียบเท่าการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 21 ตัน ดังแสดงตาราง 2.3

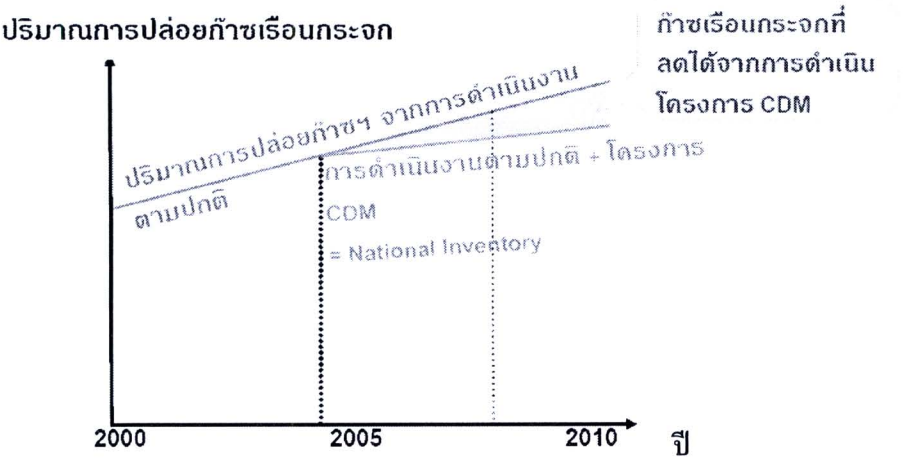
ตาราง 2.3 ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโตและค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน

ก๊าซเรือนกระจก	ศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (เท่าของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)
1. คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	1
2. มีเทน (CH_4)	21
3. ไนตรัสออกไซด์ (N_2O)	310
4. ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs)	140 - 11,700
5. เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs)	6,500 - 9,200
6. ซัลเฟอร์เฮกซาฟลูโอไรด์ (SF_6)	23,900

ที่มา: Climate Change, IPCC Second Assessment Report, 1995

โครงการที่จะได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด ต้องแสดงให้เห็นว่าสามารถนำไปสู่การลดก๊าซเรือนกระจกได้จริง นั่นคือปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นผลจากการดำเนินโครงการ (Project Emission: PE) นั้นน้อยกว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ไม่มีโครงการ กล่าวคือไม่มีโครงการเกิดขึ้นหรือกรณีฐาน (Baseline Emission: BE)

ทั้งนี้กรณีฐาน (Baseline) ภายใต้การดำเนินโครงการ CDM คือ กิจกรรมที่จะเกิดขึ้น หากไม่มีการดำเนินโครงการ CDM ที่เสนอไว้ ซึ่งในการพิจารณาถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่อาจเกิดขึ้นในกรณีฐานจะต้องครอบคลุมชนิดและแหล่งต้นกำเนิดก๊าซเรือนกระจกภายในขอบเขตโครงการ (Project boundary) อย่างครบถ้วน ในกรณีที่โครงการ CDM ที่เสนอนั้นเข้าข่ายที่จะใช้วิธีการคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือ Methodology ที่ได้รับการอนุมัติจากหน่วยงานของสหประชาชาติ (CDM Executive Board: CDM EB) แล้ว Methodology ที่เลือกใช้นั้นจะแสดงวิธีการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐานอย่างชัดเจน โดยปริมาณการปล่อยก๊าซ GHG ที่ลดลงเมื่อมีการดำเนินโครงการ CDM แสดงในรูป 2.5 คือ



รูป 2.5 ปริมาณการปล่อย GHG ลดลงเมื่อมีการทำโครงการ CDM

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2552

และการคำนวณการลดลงของก๊าซเรือนกระจก สามารถทำได้โดยอาศัยสมการ ดังนี้

GHG Emission Reduction = Baseline emission - (Project emission + Leakage)

(tCO_2eq/y) (tCO_2eq/y) (tCO_2eq/y)

จากสมการ

GHG Emission Reduction: ER = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)

Baseline Emission: BE = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)

Project Emission: PE = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)

Leakage: LE = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากโครงการแต่เกิดขึ้นภายนอกขอบเขตของโครงการ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)

2.4.3 หลักเกณฑ์อื่นๆ ของการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด

การดำเนินโครงการ CDM มีเกณฑ์สำหรับการลดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นหลักเกณฑ์ที่เรียกว่า การเกิดประโยชน์ส่วนเพิ่ม (Additionality) กล่าวคือต้องเป็นการดำเนินโครงการเพิ่มเติมจากการดำเนินงานตามปกติในด้านการเงิน (Financial additionality) การลงทุน (Investment additionality) การถ่ายทอดเทคโนโลยี (Technology additionality) และสิ่งแวดล้อม (Environmental additionality) จึงจะเป็นที่ยอมรับของ UNFCCC โดยโครงการที่เป็น CDM ได้

จะต้องทำให้เกิดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เกิดเป็นประโยชน์ส่วนเพิ่มทางด้านสิ่งแวดล้อมขึ้น และ/หรือทำให้เกิดผลประโยชน์ส่วนเพิ่มอื่นๆ ได้แก่

- *ประโยชน์ส่วนเพิ่มด้านเศรษฐกิจ (Economic additionality) เช่น*
  - o เกิดการจ้างงานมากขึ้น
  - o เกิดมีเงินหมุนเวียนในท้องถิ่นเพิ่มขึ้น
- ประโยชน์ส่วนเพิ่มด้านสังคม (Social additionality) เช่น
  - o ประชาชนในท้องถิ่นมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น
  - o เกิดศูนย์การเรียนรู้ในท้องถิ่น เป็นประโยชน์กับนักเรียน นักศึกษา และชุมชน
- ประโยชน์ส่วนเพิ่มการเงินการลงทุน (Financial additionality) เช่น
  - o การทำโครงการให้เป็น CDM ทำให้โครงการมีผลตอบแทนสูงขึ้น มีความคุ้มทุนมากขึ้น
  - o หากไม่มีรายได้จาก CDM โครงการนั้นจะไม่สามารถลงทุนได้ ดังนั้นการเป็นโครงการ CDM จึงทำให้เกิดประโยชน์ส่วนเพิ่มด้านการเงินการลงทุน

หลักสำคัญอีกประการหนึ่งของ CDM คือ ต้องเป็นการดำเนินงานเพิ่มเติมจากการดำเนินงานตามปกติ ไม่ใช่สิ่งที่ธุรกิจนั้นๆ ต้องลงทุนทำอยู่แล้ว (Business-as-usual) และไม่ใช่สิ่งที่เป็นข้อบังคับตามกฎหมาย (เช่น กฎหมายบังคับเรื่องระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีไร้อากาศ เป็นต้น)

2.4.4 ศักยภาพในการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด

กิจกรรมของมนุษย์มีผลกระทบโดยตรงทำให้ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้น ในการดำเนินโครงการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นสามารถดำเนินการได้ 15 ประเภท ดังนี้

1. อุตสาหกรรมพลังงาน (จากแหล่งพลังงานหมุนเวียน/ไม่หมุนเวียน) (Energy industries -Renewable/Non-Renewable sources) เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล เป็นต้น และพลังงานที่ไม่ใช่พลังงานทดแทน (Non-Renewable Energy) เช่น การเปลี่ยนจากการใช้พลังงานจากถ่านหิน หรือหินน้ำมันเป็นก๊าซธรรมชาติ
2. การจัดส่งพลังงาน (Energy distribution) เช่น สถานีและสายส่งไฟฟ้า
3. ความต้องการพลังงาน (Energy demand) เช่น อุปกรณ์ประหยัดไฟฟ้า
4. อุตสาหกรรมการผลิต (Manufacturing industries) การใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงาน การนำพลังงานที่เหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น การเปลี่ยนเชื้อเพลิง เช่น เปลี่ยนการใช้ถ่านหินเป็นก๊าซธรรมชาติหรือใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

5. อุตสาหกรรมเคมี (Chemical industries) เช่น กระบวนการที่สามารถลดการเลิกใช้ไนตรัสออกไซด์

6. การก่อสร้าง (Construction) เช่น มาตรการประหยัดพลังงาน การเปลี่ยนเส้นทางหรือวิธีการขนส่งวัสดุอุปกรณ์

7. การขนส่ง (Transportation) การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องยนต์ประหยัดพลังงาน การเปลี่ยนไปใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่นแทนน้ำมันจากฟอสซิล เช่น ไบโอดีเซล ก๊าซธรรมชาติ

8. เหมืองแร่และการถลุงแร่ (Mining/Mineral production) เช่น การนำก๊าซมีเทนจากเหมืองถ่านหินกลับมาใช้งาน

9. การผลิตโลหะ (Metal production)

10. การรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจกจากเชื้อเพลิง (ของแข็ง น้ำมัน และก๊าซ) (Fugitive emissions from fuels (solid, oil and gas)) เช่น การนำก๊าซจากบ่อน้ำมันมาใช้

11. การรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตและการใช้สารฮาโลคาร์บอน (Halocarbons) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ SF_6 (Fugitive emissions from production and consumption of halocarbons and sulphur hexafluoride))

12. การใช้สารละลาย (Solvent use)

13. การจัดการขยะและการกำจัด (Waste handling and Disposal) เช่น การนำก๊าซมีเทนจากการฝังกลบขยะ จากบ่อน้ำเสีย จากมูลสัตว์ มาเป็นเชื้อเพลิง

14. การปลูกป่าและการฟื้นฟูป่า (Afforestation and Reforestation)

- Afforestation คือ โครงการปลูกป่าในพื้นที่ที่ไม่เคยเป็นป่ามาก่อน
- Reforestation คือ โครงการฟื้นฟูป่าในพื้นที่ที่เคยเป็นป่าก่อนปี 1990

15. การเกษตรกรรม (Agriculture) เช่น โครงการที่ลดการย่อยสลายเป็นก๊าซมีเทน

ซึ่งแต่ละประเภทโครงการมีต้นทุนต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดได้แตกต่างกัน ดังนั้นในการประเมินศักยภาพจะต้องวิเคราะห์ข้อมูลทั้งในส่วนของประเภทโครงการ ศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และต้นทุนของโครงการ

ต้นทุนของโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด มีความหมายแตกต่างจากต้นทุนของโครงการโดยทั่วไป หมายถึงส่วนต่างของค่าใช้จ่ายในการทำโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด เทียบกับค่าใช้จ่ายของโครงการที่เป็น Baseline หรือโครงการที่จะเกิดขึ้นเองอยู่แล้ว และให้ผลลัพธ์ของโครงการเท่ากัน โดยมากแล้วโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดจะมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูงกว่าโครงการที่เป็น Baseline ดังนั้นราคาการซื้อขาย Certified Emission Reduction (CERs) ในตลาดโลกจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดศักยภาพการดำเนินโครงการ ซึ่งจะเกิดขึ้นได้เมื่อมี

ต้นทุนต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่ำกว่าราคาที่มีการตกลงซื้อขายกัน นอกจากนี้ยังมีประเด็นอื่นๆ ที่ต้องพิจารณาคือ มิติของการพัฒนาอย่างยั่งยืนซึ่งรวมถึงประเด็นด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมเข้าไปด้วย (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552)

2.4.5 ขั้นตอนการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด

ในการดำเนินโครงการ CDM ตามหลักสากลโดยทั่วไปนั้น ทางองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกได้สรุปเป็นขั้นตอนดังรูป 2.6 คือ

1) การออกแบบโครงการ (Project Design) ผู้ดำเนินโครงการจะต้องออกแบบลักษณะของโครงการและจัดทำเอกสารประกอบโครงการ (Project Design Document: PDD) โดยมีการกำหนดขอบเขตของโครงการ วิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก วิธีการในการติดตามผลการลดก๊าซเรือนกระจก การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

2) การตรวจสอบเอกสารประกอบโครงการ (Validation) ผู้ดำเนินโครงการจะต้องว่าจ้างหน่วยงานกลางที่ได้รับมอบหมายในการปฏิบัติหน้าที่แทนคณะกรรมการบริหารฯ หรือที่เรียกว่า Designated Operational Entity (DOE) ในการตรวจสอบเอกสารประกอบโครงการ ว่าเป็นไปตามข้อกำหนดต่างๆ หรือไม่ ซึ่งรวมถึงการได้รับความเห็นชอบ และอนุมัติในการดำเนินโครงการจากประเทศเจ้าบ้านด้วย โดยในประเทศไทยโครงการนั้นต้องได้รับความเห็นชอบจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) ซึ่งเป็น DNA ของประเทศไทย

3) การขึ้นทะเบียนโครงการ (Registration) เมื่อ DOE ได้ทำการตรวจสอบเอกสารประกอบโครงการและลงความเห็นว่าผ่านข้อกำหนดต่างๆ ครบถ้วน จะส่งรายงานไปยังคณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Executive Board: EB) เพื่อขอขึ้นทะเบียนโครงการ

4) การติดตามการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Monitoring) เมื่อโครงการได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นโครงการ CDM แล้ว ผู้ดำเนินโครงการจึงดำเนินโครงการตามที่เสนอไว้ในเอกสารประกอบโครงการ และทำการติดตามการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามที่ได้เสนอไว้

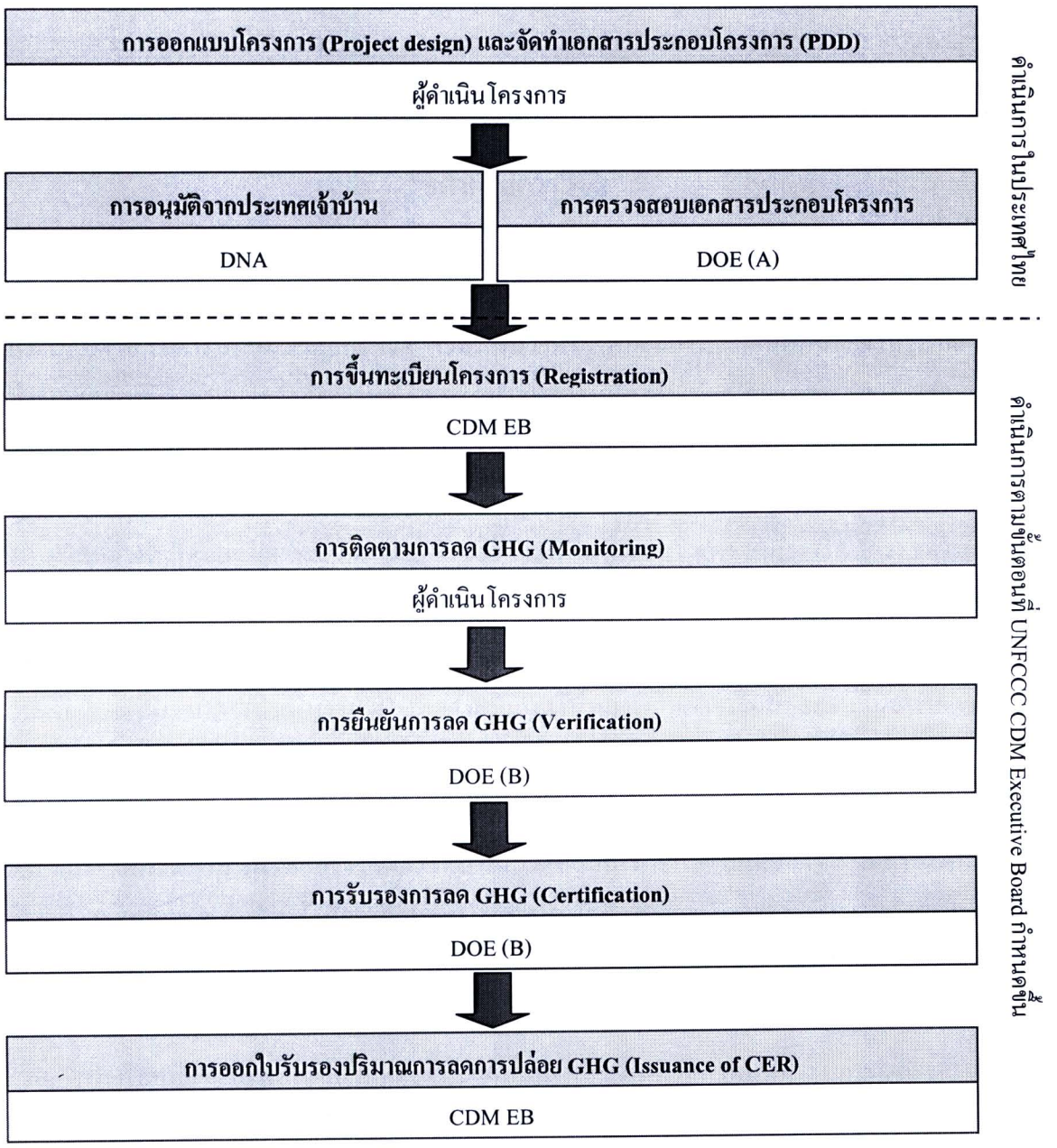
5) การยืนยันการลดก๊าซเรือนกระจก (Verification) ผู้ดำเนินโครงการจะต้องว่าจ้างหน่วยงาน DOE ให้ทำการตรวจสอบและยืนยันการติดตามการลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งต้องเป็นคนละหน่วยงานที่ทำหน้าที่ในขั้นตอนตรวจสอบเอกสารประกอบโครงการ (Validation)

6) การรับรองการลดก๊าซเรือนกระจก (Certification) เมื่อหน่วยงาน DOE ได้ทำการตรวจสอบการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้ว จะทำรายงานรับรองปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ดำเนินการได้จริงต่อคณะกรรมการบริหารฯ (CDM EB) เพื่อขออนุมัติให้ออกหนังสือรับรองปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ หรือ CERs ให้ผู้ดำเนินโครงการ

7) การออกใบรับรองปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Issuance of CER) เมื่อคณะกรรมการบริหารฯ (CDM EB) ได้รับรายงานรับรองการลดก๊าซเรือนกระจกจะพิจารณาออกหนังสือรับรองปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ หรือ CERs ให้ผู้ดำเนินโครงการต่อไป

2.4.6 การพิจารณากรณีฐาน (Baseline) ของโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด

กรณีฐานภายใต้การดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด คือ กิจกรรมที่เกิดขึ้นในขณะไม่มีการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด ซึ่งในการพิจารณาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่อาจเกิดขึ้นในกรณีฐานนั้นจะต้องครอบคลุมชนิดและแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกภายใต้ขอบเขตโครงการ (Project Boundary) อย่างครบถ้วน ในกรณีโครงการ CDM ที่เสนอนั้นเข้าข่ายวิธีการ หรือ Methodology ที่ได้รับการอนุมัติจาก CDM EB แล้ว Methodology ที่เลือกใช้นั้นจะแสดงวิธีการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐานอย่างชัดเจน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552) ซึ่งจะครอบคลุมกิจกรรมทั้ง 15 ประเภท ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่เนื่องจากรูปแบบการดำเนินงานในแต่ละกิจกรรมมีลักษณะที่แตกต่างกัน เนื่องจากการดำเนินงานต้องขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิศาสตร์ของแต่ละประเทศ อาทิเช่น กิจกรรมในหมวดที่ 8 เหมืองแร่และการถลุงแร่ (Mining/Mineral production) ที่มีการกำหนดกรณีฐานหรือการกำหนด Methodology ครอบคลุมเฉพาะการดำเนินงานในเหมืองใต้ดินเท่านั้น แต่การดำเนินงานเหมืองแร่ในประเทศไทยเกือบทั้งหมดเป็นการดำเนินงานแบบเหมืองผิวดินหรือเหมืองเปิดและยังไม่มี Methodology ที่จะรองรับกรณีฐานของการดำเนินงานในเหมืองแบบเปิด ทำให้ผู้ดำเนินโครงการจำเป็นต้องสรรหาวิธีการหรือแนวทางต่างๆ เพื่อจัดทำเป็นกรณีฐานการดำเนินโครงการ CDM โดยเฉพาะ ซึ่งจะทำให้อุตสาหกรรมเหมืองแบบเปิดได้มีส่วนร่วมในการดำเนินโครงการ CDM และได้เป็นส่วนหนึ่งในการลดก๊าซเรือนกระจกที่จะปล่อยออกสู่บรรยากาศ



หมายเหตุ

DNA คือ หน่วยงานที่มีอำนาจรับรองโครงการที่ดำเนินงานตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด

DOE คือ หน่วยงานปฏิบัติการที่ได้รับหมอบหมายในการตรวจสอบ (Designated Operational Entities)

CDM EB คือ คณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาดแห่งสหประชาชาติ (Executive Board of CDM)

PDD คือ รายงานการศึกษาออกแบบโครงการ หรือข้อเสนอโครงการ (Project Design Document)

GHG คือ ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas)

รูป 2.6 ขั้นตอนการดำเนินโครงการภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาด

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2551