บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ(Biogas)คือก๊าซที่เกิดขึ้นจากการหมักย่อยสลายของสารอินทรีย์ด้วยวิธีทางชีววิทยา (Biological Treatment) ภายใต้สภาวะไร้อากาศ (Anaerobic Condition)ก๊าซชีวภาพประกอบด้วยก๊าซหลายชนิดส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ70-50% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ50-30% ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซชนิดอื่นๆเช่นไฮโดรเจน (H_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ออกซิเจน (O_2) ไนโตรเจน (N_2) และไอน้ำ

ก๊าซมีเทนบริสุทธิ์ น้ำหนักโมเลกุล 16.04 ละลายน้ำได้เล็กน้อย ไม่มีรส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ก๊าซมีเทน 1 ลูกบาศก์เมตรที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่น 0.668 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ก๊าซชีวภาพปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตรที่สภาวะมาตรฐาน(อุณหภูมิศูนย์องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ) ให้ค่าพลังงานความร้อน 23.40 เมกกะจูล(มีเทนร้อยละ 65)สามารถทดแทนก๊าซหุงต้ม (LPG) 0.46 กิโลกรัมน้ำมันเบนซิน 0.67 ลิตร น้ำมันดีเซล 0.60 ลิตร น้ำมันเตา 0.55 ลิตร และพลังงานไฟฟ้า 1.2 – 1.4 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)

2.1.1 หลักการทำงานของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

ระบบก๊าซชีวภาพประกอบด้วยสิ่งก่อสร้างหลายส่วน ซึ่งแต่ละส่วนมีหน้าที่แตกต่างกันไป การทำงานของระบบก๊าซชีวภาพมีขั้นตอนการทำงานร่วมกันของส่วนประกอบต่างๆ ของระบบก๊าซชีวภาพมีดังนี้

2.1.1.1 น้ำเสียจากโรงเรือนเลี้ยงสัตว์จะถูกลำเลียงลงสู่รางระบายน้ำเสียผ่านตะแกรงดักขยะแล้วถูกรวบรวมส่งเข้าสู่บ่อรวมน้ำเสีย

2.1.1.2 บ่อรวมน้ำเสีย จะสูบน้ำเสียส่งไปยังบ่อดักทรายซึ่งทำหน้าที่แยกทรายขนาดใหญ่ออกจากน้ำเสียเพื่อป้องกันการสะสมของทรายในบ่อพักน้ำเสียภายในบ่อดักทรายนี้มีตะแกรงดักขยะอยู่ด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.1.3 น้ำเสียจากบ่อดักทรายจะถูกส่งต่อไปยังบ่อพักน้ำเสียซึ่งบ่อนี้มีหน้าที่ 2 ประการ คือ เป็นบ่อที่ใช้ในการเก็บกักน้ำเสียที่ถูกส่งมาในแต่ละวัน เพื่อให้สามารถส่งป้อนเข้าสู่บ่อได้ตลอด 24 ชั่วโมง และทำหน้าที่เป็นตัวกักเก็บก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากบ่อหมักเพื่อรอการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

2.1.1.4 บ่อสูบเป็นบ่อที่มีการต่อเชื่อมท่อกับบ่อพักน้ำเสีย ภายในมีเครื่องสูบน้ำเสียเพื่อสูบน้ำเสียป้อนส่งเข้าบ่อหมักน้ำเสียแบบไร้อากาศอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง และมีท่อน้ำล้น (Over Flow) ในกรณีที่มีน้ำเสียสูบเข้ามามากในช่วงเวลานั้น

2.1.1.5 บ่อหมัก มีองค์ประกอบหลายอย่างที่ทำงานเกี่ยวเนื่องกัน เป็นบ่อที่ทำหน้าที่หมักย่อยสารอินทรีย์ในน้ำเสียแล้วเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซชีวภาพ โดยการป้อนน้ำเสียเข้าทางด้านล่างของถังหมัก แล้วไหลย้อนผ่านชั้นตะกอนของแบคทีเรียขึ้นมา ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจะถูกดักโดยชุดเบนตะกอน แล้วส่งไปเก็บไว้ในส่วนบนของบ่อพักน้ำเสีย น้ำเสียส่วนใสจะไหลลอดช่องว่างของชุดเบนตะกอนแต่ละตัวขึ้นมา แล้วส่งผ่านไปยังระบบบำบัดขั้นหลัง (Wetland) ต่อไป ส่วนตะกอนที่อยู่ด้านล่างของบ่อหมักจะถูกสูบออกโดยเครื่องสูบน้ำเสียที่แขวนอยู่กับรางกลางบ่อตลอดแนวความยาวของบ่อ โดยจะสูบส่งไปยังลานกรองของแข็งเพื่อตากให้แห้งและนำไปใช้เป็นปุ๋ยสำหรับการเพาะปลูกพืชต่อไป

2.1.1.6 ลานกรองของแข็งหรือลานตากตะกอนเป็นลานที่ประกอบไปด้วยชั้นทรายและกรวดแล้วปูทับด้วยบล็อกช่องลมซึ่งจะช่วยให้สะดวกในการเก็บตะกอนที่ตากแห้ง แล้วตะกอนที่แห้งดีแล้วจะถูกกวาดเก็บเพื่อนำไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์สำหรับปรับปรุงบำรุงดินต่อไป

2.1.1.7 ระบบบำบัดขั้นหลัง มีหน้าที่ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีเหลืออยู่เล็กน้อยจากน้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบก๊าซชีวภาพแล้ว ซึ่งน้ำจากระบบบำบัดขั้นหลังนี้สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยน้ำสำหรับการเพาะปลูกพืช หรือทำการบำบัดต่อโดยระบบสระเปิดจนค่าคุณภาพผ่านมาตรฐานที่กฎหมายกำหนด สามารถปล่อยออกสู่ภายนอกฟาร์มได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 2.1 ลานตากตะกอน

2.2 เทคโนโลยีระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

2.2.1 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ CMU-CD (Chiang Mai University Chanel Digester)

ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบ CMU-CD เป็นระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการจัดการของเสียภายในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ซึ่งคิดค้นและพัฒนาโดยสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

CMU-CD เป็นเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้รับการยอมรับว่ามีราคาถูกในการก่อสร้าง ก่อสร้างได้ง่ายและรวดเร็วมีประสิทธิภาพสูงและง่ายต่อการดูแลรักษา โดยมีลักษณะเป็นบ่อคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการบังคับการไหลของน้ำเสียให้ไหลตามแนวยาวของบ่อ (Plug flow) ด้านบนของบ่อจะติดตั้งแผ่นพลาสติก พีวีซี เพื่อทำหน้าที่เก็บกักก๊าซชีวภาพ สำหรับนำไปใช้ประโยชน์ ส่วนด้านล่างของบ่อจะมีท่อสำหรับดึงกากตะกอนที่ไม่สามารถย่อยสลายได้หรือตะกอนส่วนเกินออกจากบ่อตลอดความยาวของบ่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ CMU-CD

2.2.1.1 ระบบการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้เทคโนโลยี บ่อหมักแบบ CMU-CD สำหรับของเสียในฟาร์มเลี้ยงไก่

มีส่วนประกอบของระบบ และหลักการทำงาน สามารถอธิบายได้ดังนี้

1.บ่อผสมมูล ทำหน้าที่รองรับมูลไก่และผสมน้ำกับมูลไก่ให้เข้ากัน โดยอาจมีการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับกวนผสมอยู่ภายในบ่อเพื่อช่วยในการกวนผสมมูลกับน้ำให้เข้ากันได้ดียิ่งขึ้น

2. บ่อคัดแยกและบ่อเติมน้ำเสีย ทำหน้าที่ส่งน้ำเสียเข้าสู่ระบบการผลิตก๊าซชีวภาพและแยกสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ เช่นเศษขน หินเกล็ด แกลบ และขยะที่ปะปนมากับมูลสัตว์ ออกจากน้ำเสียก่อนเข้าสู่บ่อหมักแบบไร้อากาศ เพื่อเป็นการป้องกันการสะสมของวัสดุอันไม่พึงประสงค์ภายในบ่อหมักและป้องกันการอุดตันของระบบท่อภายในระบบ

3. บ่อหมักแบบไร้อากาศ CMU-CD (Chiang Mai University Channel Digester) ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย โดยอาศัยกลุ่มจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ น้ำเสียภายในบ่อหมักรางจะถูกบังคับทิศทางการไหลจากด้านหัวบ่อมายังด้านท้ายบ่อตามแนวความยาวของบ่อหมักแบบราง ผลพลอยได้จาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระบวนการนี้คือก๊าซชีวภาพ ซึ่งก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจะถูกเก็บกักไว้ภายใต้ผืนพลาสติกคลุมบ่อก่อนที่จะถูกนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป บริเวณก้นบ่อหมักจะติดตั้งท่อดึงกากไว้เป็นจุด ตามแนวยาวของบ่อหมัก เพื่อนำตะกอนที่ไม่สามารถย่อยสลายได้แล้วออกจากบ่อหมักและนำไปตากยังลานตากตะกอนต่อไป ในการดึงกากตะกอนอาศัยความแตกต่างของระดับน้ำภายในบ่อหมักและภายนอกบ่อหมักในการดันกากตะกอนเหล่านั้นออกมา น้ำใสที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลออกจากบ่อหมักผ่านทางบ่อรับน้ำใส ซึ่งอยู่บริเวณท้ายของบ่อหมัก ก่อนที่จะไหลต่อไปยังระบบบำบัดขั้นหลัง เพื่อบำบัดให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนดต่อไป

4. บ่อดึงกาก ทำหน้าที่รับตะกอนที่มาจากท่อดึงกากภายในบ่อหมักไร้อากาศ เพื่อส่งต่อไปยังลานตากตะกอนหรือบ่อเก็บตะกอนต่อไป

5. บ่อรับน้ำส่วนใส ทำหน้าที่รับน้ำส่วนใสที่ออกมาจากบ่อหมักรางแบบไร้อากาศ เพื่อส่งต่อไปยังบ่อเก็บปุ๋ยน้ำหรือ ระบบบำบัดขั้นหลังต่อไป

6. ลานตากตะกอน (Sand Bed Filter)เป็นลานที่ประกอบไปด้วยชั้นทรายและกรวดแล้วปูทับด้วยบล็อกช่องลม ซึ่งจะช่วยให้สะดวกในการเก็บตะกอนที่ตากแห้งแล้ว ตะกอนที่แห้งดีแล้วจะถูกกวาดเก็บเพื่อนำไปใช้เป็นปุ๋ยต่อไป

7. ระบบบำบัดขั้นหลัง (Post Treatment)ทำหน้าที่บำบัดและลดปริมาณสารอินทรีย์ที่ยังคงมีหลงเหลืออยู่ในน้ำเสียที่ออกจากระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ ให้ผ่านเกณฑ์ตามที่กฎหมายกำหนด ก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ โดยอาศัยหลักการทำงานที่เลียนแบบธรรมชาติ เช่น บ่อเติมออกซิเจน (Oxidation Pond) สระปรับสภาพน้ำ (Stabilization Pond) บึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland) และสระพักเก็บน้ำ (Water Reservoir) น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วสามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ทำความสะอาดคอกสัตว์เลี้ยงได้อีก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้งซึ่งจะเป็นการช่วยประหยัดแหล่งน้ำธรรมชาติและน้ำใต้ดินได้อีกทางหนึ่ง อนึ่งสำหรับฟาร์มที่มีพื้นที่ทางการเกษตรสามารถนำน้ำเสียที่ออกจากระบบการผลิตก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นปุ๋ยน้ำได้โดยตรง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 2.3 ระบบก๊าซชีวภาพแบบ CMU-CD

ที่มา:สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,2553

2.3 การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลไก่ไข่

การเลี้ยงไก่ไข่เป็นอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากความนิยมของผู้บริโภคที่เพิ่มสูงขึ้น ปัญหาที่สำคัญสำหรับการเลี้ยงไก่ไข่คือ ของเสียที่เกิดขึ้น เช่น มูลไก่ไข่ และน้ำจากโรงเชือด หากปล่อยทิ้งไว้ของเสียเหล่านี้จะส่งกลิ่นเหม็นรบกวน ก่อให้เกิดมลพิษด้านต่างๆ ดังนั้นปัจจุบันได้มีการนำมูลไก่ไข่มาใช้มากในด้านการเกษตร คือใช้ทำปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากปริมาณสารอาหารที่มีอยู่มาก ใช้ได้ทั้งแบบสดและแบบแห้ง โดยโรยหรือหว่านลงในบริเวณที่ต้องการ ซึ่งกลิ่นเหม็นอาจจะทำให้ผู้ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงได้รับโดยตรง เพราะว่ามูลไก่ไข่มีปริมาณสารอาหารมาก โดยเฉพาะไนโตรเจน ซึ่งทำให้เกิดก๊าซแอมโมเนียในมูลไก่ไข่ ทำให้มีกลิ่นเหม็น เป็นอันตรายต่อสุขภาพ หากมีการเปลี่ยนรูปให้เป็นขี้เถ้า หรือทำลายไนโตรเจนให้หมดไป ซึ่งทำให้หมดปัญหาเรื่องกลิ่นของแอมโมเนีย แต่ยังคงสารองค์ประกอบจำพวกฟอสเฟต และโปรแตสที่จำเป็นต่อพืช เมื่อถูกน้ำฝนชะล้างและไหลลงสู่แม่น้ำหรือแหล่งน้ำผิวดิน จะทำให้แหล่งน้ำนั้นมีปริมาณออกซิเจนลดลง เพราะฟอสฟอรัสและไนโตรเจนมีผลทำให้การเจริญเติบโตมากเกินไปของสาหร่าย เมื่อสาหร่ายตาย จะทำลายออกซิเจนที่อยู่ในน้ำ ส่งผลให้จุลินทรีย์ในน้ำขาดออกซิเจน ถ้านำมูลไก่ไข่มาใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยการเผาจะได้ค่าความร้อน 1 ใน 3 ของถ่านหินในก๊าซเทอร์ไบน์(18,000-20,000 kJ/kg dry ash free) หรือเปลี่ยนเป็นก๊าซมีเทนโดยการย่อยสลายของชีวมวล

2.3.1วิธีการผสมมูลไก่

นำมูลไก่ที่ตักใส่กระสอบปุ๋ย หรือ กระบุง ที่เตรียมไว้ไปที่จุดผสมมูลไก่ไข่ จากนั้นนำมูลไก่ไข่เทลงที่จุดผสมมูลไก่ไข่ พร้อมกับผสมน้ำ (โดยทั่วไปจะผสมในอัตราส่วนมูลไก่ไข่ 1 กิโลกรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

: น้ำ 10 ลิตร) ทั้งนี้อาจจะใช้ไม้กวนเพิ่ม เพื่อเป็นการกวนผสมมูลกับน้ำให้คลุกเคล้ากันในปริมาณที่เหมาะสม (ตามจำนวนปริมาณน้ำเสียที่ออกแบบ) จากนั้นน้ำเสียที่ผ่านการผสมก็จะผ่านรางระบายลำเลียง และเข้าสู่กระบวนการต่อไปโดยหน้าที่บ่อผสมมูลไก่ไข่ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. **จุดผสมมูลไก่** ทำหน้าที่ผสมระหว่างมูลไก่กับน้ำ เนื่องจากมูลไก่เป็นของเสียที่แห้ง ต้องมีน้ำเป็นตัวทำละลายนำก่อนเข้าสู่ระบบ และผ่านรางระบายลำเลียง เข้าสู่จุดดักทราย
2. **จุดดักทราย** มีหน้าที่ดักทรายหรือหินเกล็ดออก เนื่องจากมูลไก่มีหินเกล็ดมาก หากมีการนำตะกอนในส่วนนี้ออก จะทำให้เกิดปัญหากับตัวระบบในอนาคต
3. **ตะแกรง** ในชุดบ่อผสมมูลไก่ทำหน้าที่ดักขยะและขนไก่ที่หลุดเข้ามากับมูลไก่ก่อนไปยังบ่อรวบรวมน้ำเสีย

2.3.2มูลไก่กับการผลิตก๊าซชีวภาพ

ในแง่ของพลังงานชีวภาพมูลไก่มีศักยภาพที่จะใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพโดยย่อยสลายสารอินทรีย์มูลไก่ด้วยเชื้อจุลินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ ดังแสดงในตารางที่ 2.1โดยทั่วไปแล้ว ก๊าซชีวภาพที่ได้ ประกอบด้วย มีเทนร้อยละ 50-70 คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 30-40 และที่เหลือเป็นก๊าซอื่น ๆ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 ศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพของมูลสัตว์ชนิดต่าง ๆ

ชนิดของมูลสัตว์	**ปริมาตรก๊าซชีวภาพ (m3) ต่อจำนวน กก. ของมูลสัตว์**
วัว ควาย	0.023 – 0.040
หมู	0.040 – 0.059
ไก่	0.065 – 0.116
Source: Updated Guidebook on Biogas Development, 1984	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซ	สัญลักษณ์	เปอร์เซ็นต์
มีเทน	CH_4	50 – 70
คาร์บอนไดออกไซด์	CO_2	30 – 40
ไฮโดรเจน	H_2	5 – 10
ไนโตรเจน	N_2	1 – 2
ไอน้ำ	H_2O	0.3
ไฮโดรเจนซัลไฟต์	H_2S	Traces
แหล่งที่มา : Yadav and Hesse		

ก๊าซมีเทนสามารถจุดไฟติดและให้เปลวไฟสีฟ้าคล้ายคลึงกับก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ให้ค่าความร้อนสูงถึง 20 เมกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อใช้ในเตาเผาก๊าซชีวภาพที่มีประสิทธิภาพ 60 เปอร์เซ็นต์ หากผลิตก๊าซได้ปริมาณมากสามารถนำไปใช้แทนก๊าซหุงต้มได้

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ว่า ข้อดีของเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพคือ การที่เราได้ก๊าซชีวภาพจากของเสียอินทรีย์ นอกเหนือจากมูลสัตว์แล้ว วัตถุดิบจากพืชก็สามารถนำมาใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพได้

2.4 ทฤษฎีการคำนวณด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ผู้วิเคราะห์โครงการจำเป็นต้องคำนึงถึง ความเป็นไปได้ของโครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์ว่า โครงการที่กำลังพิจารณาอยู่จะให้ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์โดยส่วนรวมของประเทศได้หรือไม่ เพื่อประกอบการพิจารณาตัดสินใจในการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด ผลการวิเคราะห์จะแสดงออกมาในรูปของผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับสูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่จ่ายไป ถ้าผลตอบแทนที่ได้รับสูงกว่าค่าใช้จ่ายในการลงทุนถือว่าเป็นโครงการที่ดี แต่ถ้าผลตอบแทนที่ได้รับต่ำกว่าค่าใช้จ่ายในการลงทุนเป็นโครงการที่ไม่ดีในทางเศรษฐศาสตร์ ดังนั้นการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ จึงมีส่วนช่วยอย่างสำคัญในการตัดสินใจที่จะยอมรับหรือปฏิเสธโครงการ(ฐาปนา ฉิ่นไฟศาล และอัจฉรา ชีวิตระกูลกิจ,2542)

ตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการมีความสำคัญอย่างมากต่อการตัดสินใจในการลงทุน เนื่องจากตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการสามารถบอกได้ว่าโครงการที่ทำการวิจัยนี้จะมีความคุ้มค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต่อการลงทุนหรือไม่และยังสามารถบอกให้ทราบ ถึงลำดับความสำคัญของโครงการ โดยจะใช้ตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ คือ

2.4.1การคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value)คือ ผลบวกของรายรับทั้งหมดและรายจ่ายทั้งหมดที่ได้จากโครงการ แสดงดังสมการ 2.1

$$NPV = \sum_{n=o}^{N} \frac{R_n - C_n}{(1+i)^n} = \sum_{n=1}^{N} \frac{R_n - C_n}{(1+i)^n} - TIC \qquad (2.1)$$

โดยที่ R_n = ผลตอบแทนในปีที่ n (บาท)

C_n = ค่าใช้จ่ายในปีที่ n (บาท)

N = ระยะเวลาโครงการ (ปี)

i =อัตราส่วนลด (Discount Rate)หรืออัตราดอกเบี้ยในโครงการ(%)

TIC = เงินลงทุนทั้งหมด ณ เวลาปัจจุบัน

2.4.2อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal rate of return : IRR)

การประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนอีกวิธีหนึ่งที่จะใช้ในการตัดสินใจว่าสมควรลงทุนในระบบก๊าซชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงไก่ไข่หรือไม่ โดยดูจากอัตราผลตอบแทนในการลงทุน ถ้าหากมีมากกว่าอัตราที่ยอมรับได้(ในที่นี้จะใช้อัตราดอกเบี้ยธนาคาร เป็นตัวเทียบ)สมควรลงทุน ค่า IRR คือค่า iที่ทำให้ NPV = 0 แสดงดังสมการ 2.2

$$NPV = \sum_{n=1}^{N} \frac{R_n - C_n}{(1+i)^n} - TIC = 0 \qquad (2.2)$$

โดยที่ R_n = ผลตอบแทนในปีที่ n (บาท)

C_n = ค่าใช้จ่ายในปีที่ n (บาท)

N = ระยะเวลาโครงการ (ปี)

i = อัตราส่วนลด (Discount Rate)หรืออัตราดอกเบี้ยในโครงการ(%)

TIC = เงินลงทุนทั้งหมด ณ เวลาปัจจุบัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.3ระยะเวลาคืนทุน (Simple Payback Period)

คือระยะเวลาที่รายได้รวมจากการลงทุนเท่ากับเงินที่ได้ลงทุนไป เป็นวิธีที่ใช้คำนวณปีที่คุ้มทุน (break even) ว่าฟาร์มมีระยะเวลาคืนทุนเท่าใด โครงการใดที่มีระยะเวลาลงทุนยิ่งสั้น ยิ่งสมควรลงทุน แสดงดังสมการ 2.3

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน(ปี)} = \frac{\text{เงินลงทุนทั้งหมด (TIC)}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิสะสมรายปี(NCF)}} \qquad (2.3)$$

NCF = กระแสเงินสดที่ได้รับต่อปี– กระแสเงินสดที่จ่ายต่อปี

โดยที่ เงินลงทุนทั้งหมด= ราคาระบบผลิตก๊าซชีวภาพ + ระบบผลิตไฟฟ้า

รายรับต่อปี = ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ + ปุ๋ยอินทรีย์ที่ขายได้

รายจ่ายต่อปี = ค่าบำรุงรักษา + ค่าดำเนินการ

2.4.4การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) เป็นวิธีการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนที่ง่ายและแพร่หลายมากที่สุด เพื่อศึกษาข้อสมมุติและเหตุการณ์ต่างๆที่กำหนดไว้เดิมหากมีการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลกระทบต่อโครงการอย่างไร โดยส่วนมากปัญหาของการพยากรณ์เรื่องต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการในอนาคตนั้นเกิดขึ้นมาจากความไม่แน่นอนซึ่งมีสาเหตุมากมายเช่น ต้นทุนของปัจจัยการผลิต ผลประโยชน์ที่เปลี่ยนแปลงไป เป็นต้น ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวโดยการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน (switching value test) ซึ่งวิเคราะห์จากการเปลี่ยนแปลงในรูปร้อยละของปัจจัยที่เชื่อว่ามีอิทธิพลต่อผลลัพธ์ของโครงการที่ทำให้โครงการอยู่ ณ เกณฑ์การตัดสินใจขั้นต่ำที่สุดที่จะยอมรับได้โดยแบ่งเป็น 2 วิธี คือ

1. การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนทางด้านต้นทุน(SVT_C) หมายความว่า ต้นทุนของโครงการสามารถเพิ่มขึ้นได้ร้อยละเท่าใดก่อนที่จะทำให้ มีค่าเท่ากับศูนย์แสดงดังสมการ 2.4

$$SVT_C = NPV \times 100/PVC \qquad (2.4)$$

2. การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนทางด้านผลประโยชน์ (SVT_B) หมายความว่า ผลประโยชน์ของโครงการสามารถลดลงได้ร้อยละเท่าใด ก่อนที่จะทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์ แสดงดังสมการ 2.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$SVT_B = NPV \times 100/PVB \quad (2.5)$$

ถ้า SVT_Cหรือ SVT_Bที่คำนวณมีค่าสูงแสดงว่าความเสี่ยงภัยของโครงการอยู่ในระดับต่ำ นั่นคือ โครงการมีความคุ้มค่าแม้ว่าจะมีต้นทุนสูงขึ้นหรือเมื่อผลประโยชน์ของโครงการลดลง โครงการยังคงมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนแต่ถ้าค่าSVT_Cหรือ SVT_Bที่คำนวณมีค่าต่ำ แสดงความเสี่ยงภัยของโครงการมีค่ามากเนื่องจาก หากต้นทุนของโครงการเพิ่มขึ้นหรือผลประโยชน์ของโครงการลดลงเพียงเล็กน้อยก็อาจมีผลให้โครงการไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุนได้

2.5 การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA)

2.5.1การประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิต หรือ Life Cycle Assessment (LCA) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวิเคราะห์เพื่อประเมินค่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิตหรือกิจกรรมอื่นๆ โดยครอบคลุมตลอดวงจรชีวิต LCA ถูกนำมาใช้ทั่วโลกโดยรัฐบาลและองค์กรอุตสาหกรรม เพื่อให้ได้รู้ถึงความเป็นมาของผลกระทบระหว่างกิจกรรมกับสิ่งแวดล้อม โดยการสนับสนุนการเรียนรู้เพื่อให้เข้าใจถึงผลิตภัณฑ์และกระบวนการต่างๆของวัฏจักร เพื่อที่จะหาหนทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้นและทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด (ปฐม จองปิ่นหย่า, 2545)

2.5.2ความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นวิธีการประเมินผลกระทบของผลิตภัณฑ์ในเรื่องการใช้ทรัพยากรธรรมชาติผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาและผลกระทบต่อสุขภาพตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบการผลิตการบริโภครวมไปถึงการกำจัดขั้นสุดท้ายนิยามของ LCA คือ“กระบวนการที่ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยพิจารณารวมถึงกระบวนการผลิต และรวมถึงกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวเนื่องในลักษณะของวัตถุดิบและพลังงานซึ่งการประเมินนี้จะรวมทั้งวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์อย่างละเอียดไม่ว่ากระบวนการต่างๆ ในการผลิต บรรจุคัดแยก การบำรุงรักษา และการนำกลับมาใช้ใหม่ รวมถึงกิจกรรมอื่นๆที่เกี่ยวข้องทั้งหมด โดยที่ยึดหลักของทางนิเวศวิทยา สุขอนามัย และการนำทรัพยากรสิ้นเปลืองมาใช้เป็นหลัก” หรืออาจกล่าวได้ว่า LCA คือการรวบรวมและประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ตลอดทั้งวงจรชีวิต โดยเริ่มจากการนำวัตถุดิบมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ การขนส่ง การผลิต การเก็บ การใช้ การทิ้ง และการกำจัด หรือการประเมินผลกระทบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนหมดอายุ โดยจะพิจารณาในแง่ของการใช้ทรัพยากร การใช้พลังงาน สุขภาพอนามัยของมนุษย์และผลกระทบต่อระบบนิเวศ เป็นต้น

2.5.3ขั้นตอนในการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิตสามารถวิเคราะห์ได้หลายวิธีโดยอยู่บนหลักการดังนี้

1. การกำหนดเป้าหมายและกำหนดขอบเขต

ก. การกำหนดเป้าหมาย (Goal Definition)

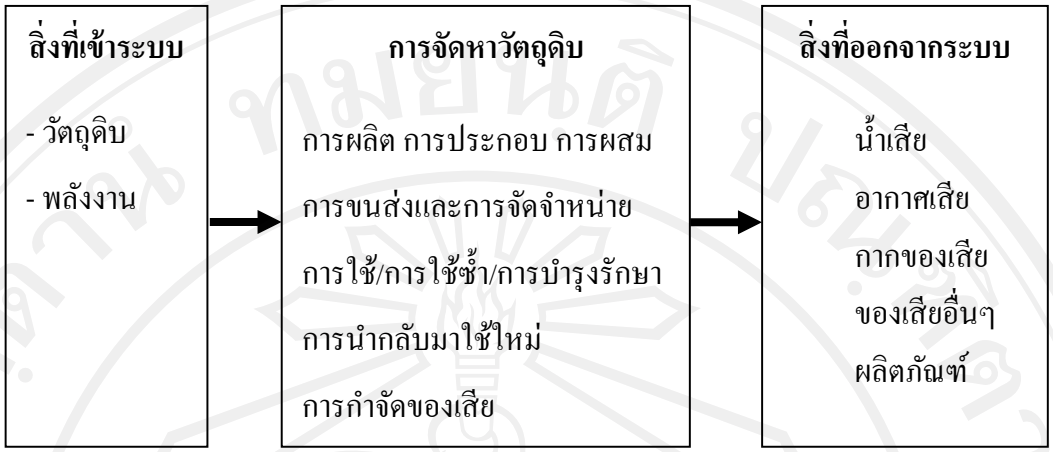
ขั้นตอนแรกในการทำ LCA คือการกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์รวมทั้งพิจารณาถึงเหตุผลในการศึกษา การนำผลไปใช้ ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญเพราะในส่วนของวิธีทำ LCA ขึ้นอยู่กับการกำหนดเป้าหมาย ซึ่งผลการวิเคราะห์อาจเกิดการผิดพลาด ถ้าเป้าหมายไม่ได้ถูกกำหนดไว้อย่างเหมาะสมเป้าหมายจึงต้องระบุผลของการใช้ ผู้ใช้จำเป็นต้องเข้าใจรายละเอียดต่างๆ เป็นอย่างดี เป้าหมายเป็นหัวใจของการศึกษารายละเอียดและการสรุปผลรายงาน ซึ่งการกำหนดเป้าหมาย ควรคลอบคลุมการตอบปัญหาเหล่านี้

- จะนำผลการวิเคราะห์ของLCA ไปใช้ทำอะไร
- การตัดสินใจใดที่ควรทำซึ่งควรอยู่บนพื้นฐานของ LCA
- การเปลี่ยนแปลงใดที่จะเกิดขึ้น เมื่อมีการตัดสินใจทำ LCA
- ผลิตภัณฑ์ใหม่จะได้รับการปรับปรุงในเรื่องใดบ้างซึ่งทำให้เกิดผลอย่างไรต่อสิ่งแวดล้อม

ข. การกำหนดขอบเขต (Scope Definition)

ขอบเขตของระบบ หมายถึง ขอบเขตระหว่างผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อมหรือระบบผลิตภัณฑ์อื่นๆ โดยระบบผลิตภัณฑ์คือ หน่วยที่รวบรวมวัสดุและพลังงาน ที่มีการเชื่อมโยงกันเป็นหน่วยงาน ที่ทำหน้าที่อย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง โดยที่สามารถแบ่งกระแสขั้นตอนของทรัพยากรวัตถุดิบหรือพลังงาน จากสิ่งแวดล้อมที่เข้าสู่ระบบก่อนถูกเปลี่ยนแปลงในกระบวนการต่างๆ แสดงดังรูป 2.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2.4 ขอบเขตของระบบ
ที่มา:เทวินทร์,2542

หน้าที่ ที่ถูกเลือกมาเพื่อทำการศึกษา LCA ขึ้นอยู่กับเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา ดังนั้นในการกำหนดจึงต้องระบุหน้าที่ของระบบที่กำลังศึกษานั้นให้ชัดเจน

หน่วยวัดผลงานของระบบ (Functional unit) ใช้เป็นพื้นฐาน สำหรับสิ่งเข้าและสิ่งออกจากระบบ มีความสำคัญในการใช้เปรียบเทียบผลของ LCA โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้เปรียบเทียบระหว่างระบบที่ต่างกัน ซึ่งถือว่าเป็นพื้นฐานของ LCA เพราะตัว Functional unit จะเป็นตัวเปรียบเทียบ หรือตัววัดระหว่างผลิตภัณฑ์ หรือหลายผลิตภัณฑ์ที่รวมเป็นผลิตภัณฑ์เดียวมีหลายคำจำกัดความต่างๆกันดังนี้

- เป็นมาตรฐานของสิ่งเข้าและสิ่งออกที่เป็นกลาง หน้าที่ของระบบจะให้ความหมายและการวัดที่เข้าใจง่าย
- การเปรียบเทียบระหว่างระบบ จะกระทำได้ด้วยหน้าที่ที่มีพื้นฐานเหมือนๆกัน มีลักษณะ 3 ประการ (ปฐม จองปิ่นหย่า, 2545) ที่ต้องกล่าวถึงคือ

1. ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์
2. ความคงทนของผลิตภัณฑ์
3. คุณสมบัติพื้นฐาน

คุณภาพของข้อมูลใน LCA ถูกกำหนดโดยปริมาณความเชื่อมั่นที่ได้มาจากแต่ละข้อมูลนำเข้าและส่งออกกลุ่มข้อมูลทั้งหมด และการตัดสินใจสุดท้ายที่ขึ้นอยู่กับพื้นฐานของข้อมูลที่นำมาใช้ในการประเมินคุณภาพของข้อมูล ซึ่งจัดเป็นส่วนร่วมของ LCA นอกจากนี้การทบทวนโดยกลุ่มผู้ร่วมงาน (Peer review) ก็มีบทบาทที่สำคัญในการประเมินคุณภาพของการศึกษา LCA โดยมีการกำหนดเป้าหมายทางคุณภาพของข้อมูลให้เกิดความชัดเจนในขั้นนี้ ในการทำ LCA การหา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องการใช้ผลของ LCA เพื่อเปรียบเทียบซึ่งกันและกัน การกำหนดคุณภาพของข้อมูลตามมาตรฐานควรคำนึงถึงประเด็นดังต่อไปนี้

- ช่วงระยะเวลาที่ต้องการศึกษา
- เทคนิคที่ต้องการศึกษา
- พื้นที่ที่ต้องการศึกษา
- ความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูล
- แหล่งที่มาของข้อมูล
- สอดคล้องต่อเนื่องและสามารถให้ได้ผลเหมือนเดิมของวิธีการทำ
- ความหลากหลายและความไม่แน่นอนของข้อมูลและวิธีที่ใช้

2. การทำบัญชีรายการ (Inventory)

การทำบัญชีรายการ คือ การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการที่ได้มีการนิยามไว้แล้วในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต (Scope definition) รวมทั้งการสร้างแบบจำลองของระบบผลิตภัณฑ์ (Product system) การคำนวณหาปริมาณของสิ่งเข้าและสิ่งออกจากระบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจรวมถึงทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ หรือการปล่อยของเสียสู่อากาศ น้ำและดิน เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้จะใช้ในการหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ กระบวนการเป็นการทำซ้ำไปซ้ำมา โดยเรียนรู้จากข้อมูลที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจทำให้ต้องมีการเปลี่ยนแปลงวิธีเก็บข้อมูลหรือประเด็นปัญหาเพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายของการศึกษาที่ได้ตั้งไว้ โดยขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการประกอบด้วย

- การสร้างหน่วยของข้อมูล(Data unit) และตั้งหน่วยของกระบวนการ (Process unit)
- เก็บข้อมูลการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากระบบผลิตภัณฑ์

การเก็บข้อมูลในบัญชีรายการจะทำสำหรับแต่ละหน่วยงานที่อยู่ในระบบ วิธีการเก็บข้อมูลจะเปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับเป้าหมายและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยมีขีดจำกัดตามความจริงที่สามารถปฏิบัติได้ เพราะการรวบรวมข้อมูลอาจจะยากที่จะทำให้สมบูรณ์ทั้งหมด เนื่องจากต้องใช้เวลาและงบประมาณมาก การวิเคราะห์บัญชีรายการเกี่ยวข้องกับประเด็นต่อไปนี้

- การคัดเลือกข้อมูล (Data collection)
- การกลั่นกรองขอบเขตระบบ (Refining system boundaries)
- การคำนวณ (Calculation)
- การได้ข้อมูลที่ถูกต้อง (Validation of data)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การเชื่อมโยงข้อมูล (Relating data)
- การลงบัญชีรายการ (Allocation)

การวิเคราะห์บัญชีรายชื่อและการเก็บรวบรวมข้อมูลสามารถพิจารณาได้อย่างชัดเจนในรูป 2.4ในแต่ละขั้นตอนที่แตกต่างกันสามารถแยกเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลได้ เช่น ข้อมูลการผลิตวัตถุดิบซึ่งวัตถุดิบหลายๆชนิด สามารถนำมารวมกันได้ทีหลังที่ขั้นตอนการผลิต เห็นได้ว่าในแต่ละขั้นตอนมักเชื่อมโยงกันด้วยขั้นตอนการขนส่ง การวิเคราะห์สามารถพิจารณาได้ละเอียดมากน้อยขึ้นอยู่กับขอบเขตการศึกษาที่กำหนดไว้

ก. การคัดเลือกข้อมูล (Data collection)

กระบวนการวิเคราะห์รายการ จะรวมถึงการคัดเลือกและการจัดการกับข้อมูลของวัตถุดิบที่ใช้ของเสีย และสิ่งที่แพร่กระจายสำหรับทุกขั้นตอนของวงจรชีวิต โดยข้อมูลสามารถจัดหาได้จากหน่วยงาน สถานที่ต่างๆ ส่วนข้อมูลของกระบวนการเฉพาะที่หาไม่ได้ ควรจะพิจารณาระบุแหล่งข้อมูลอื่นจากข้อมูลต่อไปนี้

- นักออกแบบกระบวนการ
- การคำนวณทางวิศวกรรมที่ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยี และเคมีของกระบวนการ
- การประมาณจากการดำเนินงานที่คล้ายกัน
- แหล่งที่จัดพิมพ์และฐานข้อมูลทางการค้าที่หาได้

โดยข้อมูลต้องคัดเลือกจากทุกกระบวนการข้อมูลเหล่านี้สามารถให้รายละเอียดทั้งคุณภาพและปริมาณโดยข้อมูลเชิงปริมาณมีประโยชน์ในการเปรียบเทียบกระบวนการหรือวัตถุดิบต่างๆ แต่บ่อยครั้งที่ข้อมูลเชิงปริมาณนี้จะไม่สามารถให้รายละเอียดในส่วนคุณภาพได้ดีนัก

ข. การกลั่นกรองขอบเขตระบบ (Refining system boundaries)

ขอบเขตระบบจะถูกกำหนดเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการกำหนดขอบเขตหลังจากการเก็บข้อมูลชุดแรกเสร็จสิ้นแล้ว ขอบเขตของระบบจะสามารถถูกกลั่นกรองได้ เช่น การตัดสินใจในการเลือกขั้นตอนของวงจรชีวิตหรือการยกเว้นข้อมูลของวัตถุดิบบางอย่างที่ไม่เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากเท่าใดนัก อาจวิเคราะห์ได้โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity analysis)

ค. การคำนวณ (Calculation)

กระบวนการคำนวณสามารถที่จะกระทำได้โดยหลายวิธีเช่น วิธี Numerical Environmental Total Standards [NETS] นอกจากนี้ยังมีวิธี LCA ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้โปรแกรมด้านคอมพิวเตอร์สำหรับประเมิน ดังนั้นการนำไปใช้งานควรเลือกใช้ได้ตามชนิดและข้อมูลของงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ง. การได้ข้อมูลที่ถูกต้อง (Validation of Data)

กระบวนการนี้ต้องควบคุมระหว่างกระบวนการคัดเลือกข้อมูลจนถึงการปรับปรุงข้อมูล รวมถึงการสรุปข้อมูลที่ได้อย่างมีหลักเกณฑ์ อาจจะแสดงให้เห็นว่าข้อมูลต้องปรับปรุงหรือข้อมูลที่ใกล้เคียงกันในกระบวนการอื่นๆ

จ. การเชื่อมโยงข้อมูล (Relating Data)

พื้นฐานของสิ่งเข้าและสิ่งออก บ่อยครั้งที่ได้จากโรงงานแต่ละหน่วยการผลิตเครื่องจักรหรือมลภาวะเช่นน้ำเสียนั้น มักจะไม่ค่อยสัมพันธ์กับกระบวนการผลิตในการพิจารณาผลิตภัณฑ์แต่เพียงอย่างเดียว แต่บ่อยครั้งที่ผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกันนั้นจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต

ฉ. การลงบัญชีรายการ (Allocation)

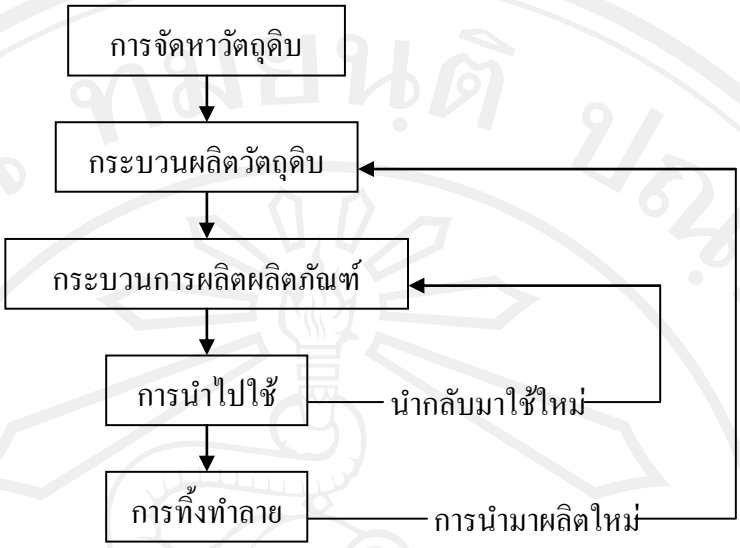
เมื่อวิเคราะห์ Life Cycle Assessment ในระบบเสร็จเรียบร้อยอาจจะยังไม่สามารถประเมิน และได้ผลลัพธ์ทั้งหมดตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดย

- เพิ่มขอบเขตของระบบ (System boundary) โดยรวมสิ่งเข้า (Input) และสิ่งออก (Output) ที่มีทั้งหมดเข้าไว้
- จัดทำรายการที่มีความสัมพันธ์ในการศึกษาการประเมินผลกระทบ

3. การประเมินผลกระทบ (Impact Assessment)

ตามอนุกรมมาตรฐานการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ISO 14042 (1998) ได้กำหนดวิธีการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 2 ขั้นตอน คือการจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการให้เข้ากลุ่มผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Selection of impact categories, Category indicators, and Characterization models) และการแปลงข้อมูลดังกล่าวให้เป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่เนื่องจากวิธีการที่สามารถนำมาใช้ในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นการคำนวณเองหรือการอาศัยการประเมินผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป จึงทำให้เกิดขั้นตอนนอกเหนือจากอนุกรมมาตรฐาน ซึ่งจะมีกี่ขั้นตอนนั้นก็ขึ้นกับวิธีการที่นำมาประเมินนั่นเอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



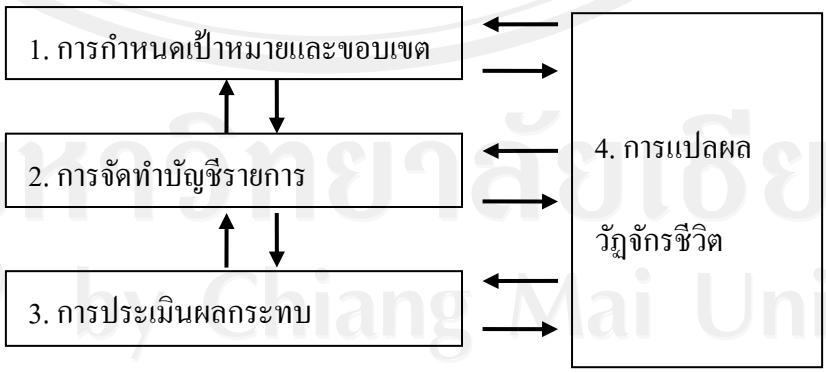
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างขั้นตอนการวิเคราะห์อย่างง่ายที่ใช้ในการคัดเลือกข้อมูล

ที่มา:Henrick,1997.

4. การแปลผลวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Interpretation)

ขั้นตอนการแปลผลวงจรชีวิต หมายถึง การนำผลจากการทำรายการบัญชีข้อมูลและการประเมินผลกระทบมารวมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุป และข้อเสนอแนะตามเป้าหมาย และขอบเขตการศึกษาที่ได้ระบุไว้ การแปลผลอาจเป็นการทำซ้ำไปซ้ำมาเพื่อพิจารณาทบทวนจากข้อมูลและอาจต้องเปลี่ยนแปลงขอบเขตการศึกษา เพื่อให้สอดคล้องกับความเป็นจริงและคุณภาพของข้อมูลที่รวบรวมมาได้ตามเป้าหมายที่กำหนด การแปลผลของการศึกษาควรจะคำนึงถึงความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์ด้วย

จากขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตทั้ง 4 ขั้นตอนสามารถสรุปเป็นแผนภาพเพื่อให้เข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้นดังรูป 2.6



รูปที่ 2.6 Life Cycle Assessment Frameworks

ที่มา: Thomas E. Graedel, 1998

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHGs)

ก๊าซเรือนกระจกเป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อนหรือรังสีอินฟาเรดได้ดีก๊าซเหล่านี้มีความจำเป็นต่อการรักษาอุณหภูมิในบรรยากาศของโลกให้คงที่ซึ่งหากบรรยากาศโลกไม่มีก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศดังเช่นดาวเคราะห์ดวงอื่นๆในระบบสุริยะแล้วจะทำให้อุณหภูมิในตอนกลางวันนั้นร้อนจัดและในตอนกลางคืนนั้นหนาวจัดเนื่องจากก๊าซเหล่านี้ดูดคลื่นรังสีความร้อนไว้ในเวลากลางวันแล้วทำการแผ่รังสีความร้อนออกมาในเวลากลางคืนส่งผลให้อุณหภูมิในบรรยากาศโลกไม่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันมีก๊าซจำนวนมากที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อนและถูกจัดอยู่ในกลุ่มก๊าซเรือนกระจกซึ่งมีทั้งก๊าซที่เรือนกระจกที่สำคัญคือไอน้ำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โอโซนมีเทนไนตรัสออกไซด์และสารซีเอฟซีเป็นต้น

ชนิดของก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจกหมายถึงก๊าซชนิดต่างๆที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของภาวะโลกร้อนก๊าซเรือนกระจกสำคัญที่ถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโตมีเพียง 6 ชนิดโดยจะต้องเป็นก๊าซที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Anthropogenic greenhouse gas emission) เท่านั้นได้แก่คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และสารประกอบจำพวกฟลูออไรด์ 3 ชนิดคือไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (Hydrofluorocarbon: HFC) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (Perfluorocarbon: PFC) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (Sulfurhexafluoride: SF_6) ทั้งนี้ยังมีก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งคือสารซีเอฟซี (Chlorofluorocarbon: CFC) ซึ่งใช้เป็นสารทำความเย็นและใช้ในการผลิตโฟมแต่ไม่ถูกกำหนดในพิธีสารเกียวโต

ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP)

การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกส่งผลให้ชั้นบรรยากาศมีความสามารถในการกักเก็บรังสีความร้อนได้มากขึ้นทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นด้วยแต่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกนั้นไม่ได้เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นอีกทั้งก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดยังมีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจกที่แตกต่างกันค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนของโมเลกุลและอายุของก๊าซในบรรยากาศและจะคิดเทียบกับการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงระยะเวลาหนึ่งเช่น 20 100 หรือ 500 ปีค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนประเมินได้จากการวัดหรือคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นจริงและแปลงค่าให้อยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนในรอบ 100 ปีของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

onClimate Change: IPCC) หรือ GWP_{100}ที่เป็นค่าล่าสุดเป็นเกณฑ์ (IPCC, 2007) โดยค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจกต่างๆในช่วงเวลา 100 ปีแสดงดังตาราง 2.3 ตัวอย่างเช่นก๊าซมีเทนมีค่า GWP_{100} เท่ากับ 25 หมายความว่าก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัมมีศักยภาพในการทำให้โลกร้อนเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 25 กิโลกรัมดังนั้นการปล่อยก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัมคิดเป็นศักยภาพในการทำให้โลกร้อนเท่ากับ 25 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเป็นต้น

ก๊าซที่มีผลต่อภาวะเรือนกระจก หรือภาวะโลกร้อนประกอบด้วยก๊าซ 6 ประเภท ซึ่งจะมีผลต่อภาวะโลกร้อน Global Warming Potential (GWP) ในขนาดที่แตกต่างกัน จึงมีการกำหนดปริมาณวัดเทียบเป็นกี่เท่าของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หนึ่งตัน ทั้งนี้ โดยทั่วไปการใช้ค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจกจะใช้อยู่ที่ 100 ปี แสดงได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ศักยภาพในการทำให้โลกร้อนของก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจก	**ศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (เทียบเท่ากับคาร์บอนไดออกไซด์) (Global Warming Potential: GWP)**
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	1
มีเทน (CH_4)	25
ไนตรัสออกไซด์ (N_2O)	298
ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน-23 (HFC-23)	124-14,800
ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน-134a (HFC-134a)	7,390-12,200
ซัลเฟอร์เฮกซาฟลูออไรด์ (SF_6)	22,800

ที่มา: IPCC Working Group I Report Climate Change, 2007

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์

ในการคำนวณหาค่าการปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ควรใช้วิธีการดังนี้

1. ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิต้องถูกแปลงให้อยู่ในรูปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการคูณเข้ากับปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor:EF) ของประเภทวัสดุพลังงานหรือกระบวนการนั้นๆและบันทึกในรูปของปริมาณก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. แปลงค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยการนำไปคูณกับค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) ของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดการคำนวณแสดงดังสมการแสดงดังสมการ 2.6 โดยมีสูตรคำนวณดังนี้

$$GHG_i = \sum \left(C_i \times EF_{ij} \right) \qquad (2.6)$$

โดยที่ GHG = ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ชนิด i

C_i = ปริมาณกิจกรรมActivity Data (หรือ ปริมาณของสิ่งของหรือของใช้ที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม ชนิด i)

EF = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ของก๊าซชนิด j ปัจจัยชนิด iอ้างอิงตามมาตรฐาน 2007 IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories และข้อมูลจาก องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (TGO)

จากนั้นแปลงปริมาณก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยนำไปคูณกับค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด ซึ่งใช้ค่า GWP 100 แสดงดังสมการ 2.7 โดยมีสูตรคำนวณดังนี้

$$GHG_t = \sum \left(E_i \times GWP_{ij} \right) \qquad (2.7)$$

โดยที่ GHG_t = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวม

GWP_{ij} = ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน เมื่อเทียบเท่ากับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (Global warming potential) ของก๊าซชนิด j ปัจจัยชนิด Iซึ่งเป็นค่าตัวเลขที่ระบุถึงผลกระทบของสารทำความเย็นในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมีค่าดัชนีเท่ากับ 1.0 และใช้เปรียบเทียบผลลัพธ์กับชนิดอื่นๆ โดยค่า GWP มีการอ้างอิงข้อมูลตามมาตรฐาน IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007

6. การคำนวณหาปริมาณมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ก๊าซชีวภาพ

สมการการเผาไหม้เพื่อคำนวณหา CH_4 และ CO_2ที่เกิดจากการเผาไหม้ ซึ่งกำหนดให้การเผาไหม้เป็นการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ ดังสมการ (2.8) และ (2.9)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$CH_4 + O_2 = CO_2 + H_2O \quad (2.8)$$

ดุลสมการ

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O \quad (2.9)$$

เนื่องจากก๊าซชีวภาพมีองค์ประกอบของมีเทนเป็นส่วนใหญ่และโดยธรรมชาติของมีเทนซึ่งเป็นก๊าซที่ไม่มีสีและกลิ่นทั้งยังมีน้ำหนักเบากว่าอากาศซึ่งยากในการตรวจหาหากเกิดการรั่วไหลของก๊าซมีเทนสมมติฐานของงานวิจัย ปริมาณมีเทนเกิดการรั่วไหลของสู่ชั้นบรรยากาศ คิดการรั่วไหลคิดเป็นร้อยละ 10 ของปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved