

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไบโอดีเซล

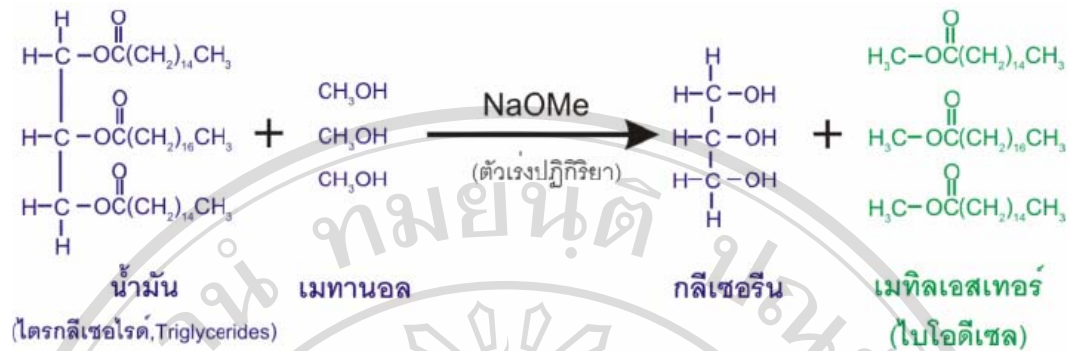
เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำน้ำมันพืชชนิดต่างๆ หรือน้ำมันสัตว์มาสกัดเอาอย่างเหนียว และสิ่งสกปรกออก (Degumming) จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการทางเคมี โดยการเติมแอลกอฮอล์ เช่น เอทานอล หรือเมทานอล และตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ ภายใต้สภาวะที่มีอุณหภูมิสูง เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างของน้ำมันจาก Triglycerides เป็น Organic Acid Esters เรียกว่า ไบโอดีเซล และได้กลีเซอรอล เป็นผลพลอยได้ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรม ยา สบู่ และเครื่องสำอาง ฯลฯ วัตถุประสงค์ของกระบวนการดังกล่าวคือ ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมันในเรื่องความหนืดให้เหมาะสมกับการใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซลและเพิ่มค่า cetane number

2.1.1 ประเภทของไบโอดีเซล สามารถแบ่งตามประเภทของน้ำมันได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

2.1.1.1 น้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ ไบโอดีเซลประเภทน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ หมายถึงน้ำมันพืชแท้ๆ เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันถั่วเหลือง หรือน้ำมันจากไขมันสัตว์ เช่น น้ำมันหมู ซึ่งสามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลโดยไม่ต้องผสม เดิมสารเคมีหรือไม่ต้องนำมาเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมัน

2.1.1.2 ไบโอดีเซลแบบผสม เป็นการผสมระหว่างน้ำมันพืช หรือน้ำมันจากไขมันสัตว์กับน้ำมันก๊าดหรือน้ำมันดีเซล ทำให้ไบโอดีเซลที่ได้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลให้มากที่สุด ตัวอย่างเช่น โคโคดีเซล (Coco-diesel) ที่ อ.ทับสะแก ประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งเป็นการผสมกันระหว่างน้ำมันมะพร้าวกับน้ำมันก๊าด หรือปาล์มดีเซล (Palm-diesel) เป็นการผสมระหว่างน้ำมันปาล์มกับน้ำมันดีเซล

2.1.1.3 ไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ เป็นไบโอดีเซลที่แท้จริงที่ต่างประเทศใช้กันทั่วไป สำหรับไบโอดีเซลประเภทนี้ต้องผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ทำให้ได้เอสเทอร์โดยจะเรียกชนิดของไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ตามชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เช่น เมทิลเอสเทอร์ หรือเอทิลเอสเทอร์ ไบโอดีเซลที่ได้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลที่กลั่นจากน้ำมันปิโตรเลียมสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลได้โดยไม่ต้องทำการดัดแปลงเครื่องยนต์ สามารถเขียนปฏิกิริยาทางเคมีได้ดังรูป 2.1



รูป 2.1 ปฏิกิริยาการเกิดเมทิลเอสเทอร์

ที่มา : สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2.1.2 ข้อดีของไบโอดีเซล

2.1.2.1 ประโยชน์ของการใช้ไบโอดีเซลด้านสิ่งแวดล้อม การใช้ไบโอดีเซลสามารถลดมลพิษในอากาศอันเนื่องมาจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์สมบูรณ์ กรมอุทกหารเรือได้ทำการทดลองใช้น้ำมันไบโอดีเซลกับเครื่องยนต์ดีเซลพบว่ารถที่ใช้ น้ำมันไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงสามารถลดวันดำได้มากกว่าร้อยละ 50 และสามารถลดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ได้ร้อยละ 20 ลดฝุ่นละออง ได้ร้อยละ 39 ลดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ได้ร้อยละ 99 นอกจากนี้การใช้ไบโอดีเซลทดแทนน้ำมันดีเซลนั้นสามารถลดวงจรชีวิต (life-cycle) ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ร้อยละ 78 ซึ่งเป็นผลให้ลดภาวะโลกร้อน (U.S.Department of Energy, 2004)

2.1.2.2 ประโยชน์การใช้ไบโอดีเซลด้านสมรรถนะเครื่องยนต์ การใช้ไบโอดีเซลในเครื่องยนต์จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ เนื่องจากไบโอดีเซลมีออกซิเจนผสมอยู่ประมาณร้อยละ 10 ทำให้การผสมระหว่างอากาศกับน้ำมันมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ และเป็นการเพิ่มอัตราส่วนปริมาตรของอากาศต่อน้ำมันได้เป็นอย่างดี จึงทำให้เผาไหม้ในกระบอกสูบเป็นไปอย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ ค่าแรงบิดเพิ่มขึ้นประมาณ ร้อยละ 7.5 และให้กำลังเพิ่มขึ้น ร้อยละ 12 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล

2.1.2.3 ด้านเศรษฐศาสตร์ การใช้ไบโอดีเซลช่วยสร้างงานในชนบทด้วยการสร้างตลาดพลังงานไว้รองรับผลผลิตทางการเกษตรที่เหลือจากการบริโภค การใช้ไบโอดีเซลสามารถช่วยลดการนำเข้าน้ำมันดิบจากต่างประเทศได้บางส่วน ซึ่งในแต่ละปีประเทศไทยสูญเสียเงินตราต่างประเทศเพื่อการนำเข้าน้ำมันดิบกว่า 300,000 ล้านบาท

2.1.2.4 ด้านการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงภายในประเทศ ประเทศไทยมีสัดส่วนการใช้ น้ำมันดีเซลสูงกว่าน้ำมันเบนซินมาก ตลาดน้ำมันดีเซลในประเทศไทยมีมูลค่ามากกว่าน้ำมันเบนซิน กว่า 2 เท่า และในอนาคตมีแนวโน้มที่โรงกลั่นอาจจะผลิตน้ำมันดีเซลไม่เพียงพอต่อการ ใช้ภายในประเทศ ดังนั้นการใช้ไบโอดีเซลจึงช่วยลดความไม่สมดุลของการผลิตของโรงกลั่นได้ การผสมน้ำมันไบโอดีเซลในอัตราส่วน ร้อยละ 1-2 สามารถเพิ่มความหล่อลื่นในน้ำมันดีเซลได้ โดยเฉพาะกรณีที่จะมีการลดปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซล

2.1.2.5 ด้านความมั่นคง การใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ ถือเป็นการเสริมสร้างความมั่นคงและเสถียรภาพทางด้านพลังงานของประเทศ

2.1.3 ข้อดีของไบโอดีเซล

- เป็นของแข็งที่อุณหภูมิสูงกว่าน้ำมันดีเซล
- ปลดปล่อยแก๊สในโตรเจนออกไซด์ สูงกว่าน้ำมันดีเซล
- ชิ้นส่วนจากยางของปั๊มน้ำมันจะเสื่อมคุณภาพเร็ว
- ค่าพลังงานความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์

2.2 ประวัติความเป็นมาของการประเมินวัฏจักรชีวิต

การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ เป็นเครื่องมือวิเคราะห์และประเมินค่า ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจาก ผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต หรือ กิจกรรมอื่น ๆ ครอบคลุมตลอดวัฏจักรชีวิตของสิ่งที่ต้องการศึกษา LCA ถูกนำมาใช้ทั่วโลกโดยรัฐบาลและองค์กร อุตสาหกรรม เพื่อให้ได้รู้ถึงความเป็นมาของผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละกระบวนการที่ เกี่ยวข้อง เพื่อที่จะหาหนทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้นและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย ที่สุด ตัวอย่างแรกในการทำ LCA ของผลิตภัณฑ์ที่ประสบความสำเร็จ คือการศึกษาเกี่ยวกับบรรจุ ภัณฑ์ของน้ำดื่มประเภทหนึ่ง และได้มีการประชาสัมพันธ์ให้ทราบอย่างแพร่หลายตั้งแต่ปี 1960 วิธีการในตอนแรกถูกเรียกว่า Resource and Environmental Profile Analyses (REPAs) ได้เน้นที่ การศึกษาในเรื่อง การใช้พลังงาน การใช้ทรัพยากรธรรมชาติ และการควบคุมของเสีย แต่สมัยนั้น ความรู้เกี่ยวกับการจัดการสิ่งแวดล้อมยังมีไม่เพียงพอ การศึกษาเรื่องนี้จึงลดลง และได้เริ่มศึกษาขึ้น อีกในช่วงปี ค.ศ. 1970 เนื่องมาจากการเกิดวิกฤตการณ์ด้านพลังงาน ประกอบกับนโยบายการ ประหยัดพลังงานของรัฐบาลประเทศต่างๆ นั้นดำเนินไปในการปลูกจิตสำนึกและการตระหนัก ถึงปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมให้กับประชาชนมากยิ่งขึ้น การศึกษาเกี่ยวกับการประเมินวัฏจักรชีวิต จึงถูกพัฒนาขึ้นควบคู่ไปกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ที่ต้องการค้นคว้า และวิเคราะห์ความ

ต้องการในการใช้พลังงานของทางภาคอุตสาหกรรมแต่ละประเภทอย่างละเอียด และต่อมาก็ได้มีการนำไปประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์ทางด้านทรัพยากรอื่นๆ รวมถึงการวิเคราะห์ผลกระทบจากการปล่อยมลพิษและของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต หรือบริการตามไปด้วย เริ่มมีการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตอย่างจริงจังในปี ค.ศ.1980 เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ 2 ประการคือ

- การที่ภาครัฐของประเทศต่างๆ เริ่มนำผลจากการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตไปใช้มากขึ้น ทั้งในทางการค้าและการส่งเสริมทางด้านสิ่งแวดล้อม
- มีการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์เพื่อนำผลที่ได้จากการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ เปรียบเทียบกันทั้งในด้านความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นในด้านต่างๆ เช่น ปัญหาโลกร้อน และการลดลงของการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ เป็นต้น

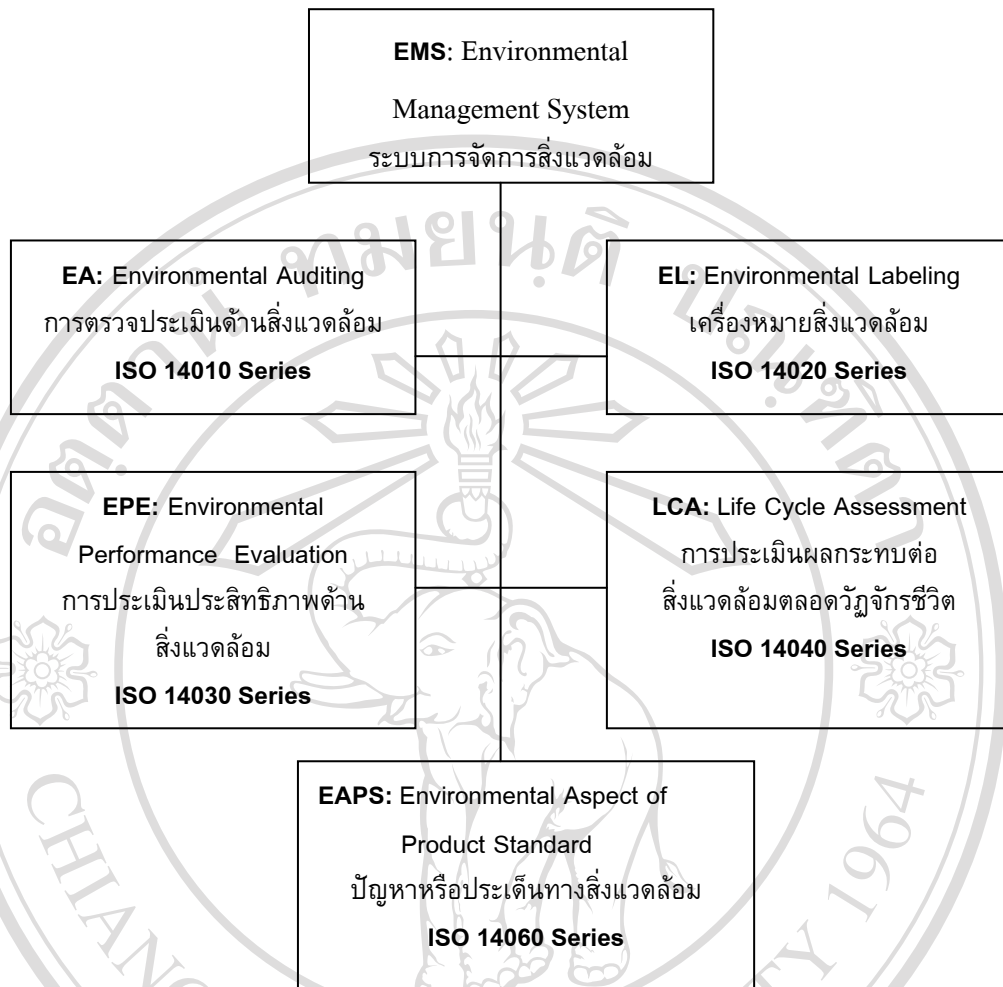
อย่างไรก็ตาม เทคนิคที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์และประเมินวัฏจักรชีวิตนั้นมีหลายวิธีผลที่ได้จึงแตกต่างกันไปตามวิธีการ ข้อมูล การตีความของผู้ทำการวิเคราะห์หรือประเมิน รวมถึงการใช้งานข้อมูล ที่แตกต่างกันไป ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนทำให้ผลที่ได้ต่างกัน แม้จะเป็นการวิเคราะห์หรือประเมินผลิตภัณฑ์เดียวกันก็ตาม จากปัญหาที่กล่าวมาแล้วนั้นทำให้การกำหนดมาตรฐานในการจัดทำรายงานทางสิ่งแวดล้อมถูกจัดตั้งขึ้นมาอย่างเป็นสากล โดยจากการจัดการประชุมวิชาการในระดับนานาชาติ เกี่ยวกับวิธีการ และหลักเกณฑ์การปฏิบัติสำหรับการทำ LCA โดยปัจจุบันอยู่ในการดูแลของสมาคมพิษวิทยาสิ่งแวดล้อมและสารเคมี (The Society of Environmental Toxicology and Chemistry: SETAC)

SETAC เป็นองค์กรนานาชาติแห่งแรกที่ทำผังโครงสร้างสำหรับการทำ LCA ซึ่งเป็นผังโครงสร้างที่เป็นรากฐานสำหรับการทำ LCA ในสถานศึกษา โรงงานอุตสาหกรรม และในองค์กรของรัฐ ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานสำหรับการพัฒนาวิธีการทำ LCA ในหลายวิธีการในปัจจุบัน ซึ่งจุดมุ่งหมายของ SETAC คือการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องเฉพาะทางและการพัฒนาการประยุกต์ใช้ผลลัพธ์ในการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม (อนุวัตร, 2548)

ISO (International Organization for Standard) องค์กรระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน ISO เป็นองค์กรเอกชนที่เป็นผู้ให้การรับรองด้านมาตรฐานที่เป็นที่รู้จักและได้รับการยอมรับทั่วโลก โดยที่เรารู้จักกันดี ได้แก่ การพัฒนาและกำหนดอนุกรมมาตรฐาน ISO 9000 ที่ว่าด้วยมาตรฐานการจัดการองค์กร หรืออนุกรมมาตรฐาน 14000 ที่ว่าด้วยการจัดการสิ่งแวดล้อม ในส่วนของ LCA นั้น จัดอยู่เป็นหนึ่งในอนุกรมมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO14000 และ 14001 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของอนุกรมมาตรฐานต่างๆ ดังรูป 2.2 จะเห็นว่าอนุกรมมาตรฐานการประเมินวัฏจักร-

ชีวิตของผลิตภัณฑ์ชุด ISO 14040 นั้นมีการกำหนดรูปแบบวิธีการและขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นมาตรฐานเพื่อใช้ในการศึกษา ดังนี้

- ISO 14040 - Principles and Framework เป็นมาตรฐานกล่าวถึงหลักการและกรอบแนวคิด
- ISO 14041 - Life Cycle Inventory Analysis เป็นมาตรฐานกล่าวถึงการวิเคราะห์และทำบัญชีรายการ
- ISO 14042 - Life Cycle Impact Assessment เป็นมาตรฐานกล่าวถึงการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม
- ISO 14043 – Interpretation เป็นมาตรฐานกล่าวถึงการแปลผลข้อมูลข้อมูลที่ได้จาก LCI และ LCIA
- TR 14047 Illustrative examples on how to apply ISO 14042 - Life cycle assessment - Life cycle impact assessment เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้อนุกรมมาตรฐาน ISO14042 สำหรับวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์
- TS 14048-Data Documentation Format เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างรูปแบบเอกสารของข้อมูลด้าน LCA
- TR 14049 - Technical Report on “Illustrative examples on how to apply goal and scope definition and inventory analysis” เป็นรายงานวิชาการการแสดงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้อนุกรมมาตรฐาน ISO14041 สำหรับจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (Green camp, 2006)

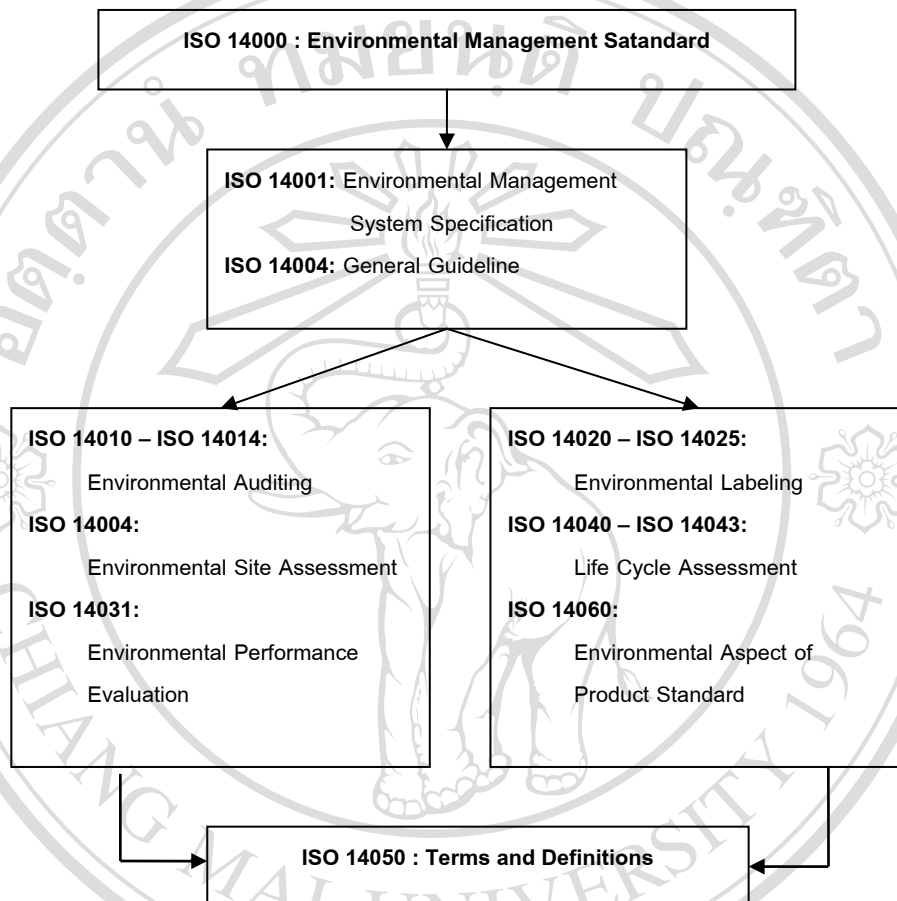


รูป 2.2 แสดงความสัมพันธ์ในอนุกรม ISO 14000 (S. Sate, 2005)

มาตรฐาน ISO 14000 นี้แบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ แนวทางปฏิบัติรวมถึงข้อกำหนดของ ISO และคำนิยามที่เกี่ยวข้องกับแนวทางในการปฏิบัติหรือข้อกำหนดนั้นๆ ซึ่งอนุกรมทั้งหมดของกลุ่ม ISO 14000 ยกเว้น ISO 14001 ที่เป็นแนวทางในการปฏิบัติในรูปของเอกสารเชิงบรรยายมากกว่าข้อกำหนด สำหรับระบบการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม ระบบมาตรฐาน ISO 14000 สามารถแบ่งหมวดหมู่ได้เป็น 2 กลุ่มดังแสดงในรูป 2.3 คือ

- ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม (Environmental Management System: EMS) การตรวจประเมินด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Auditing: EA) และการประเมินประสิทธิภาพด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Performance Evaluation: EPE)
- มาตรฐานการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Product-oriented Standards Life Cycle Assessment: LCA) ได้แก่ เครื่องหมายทางสิ่งแวดล้อม

(Environmental Labeling: EL) และ ปัญหาสิ่งแวดล้อม (Environmental Aspects in Product Standards: EAPS)



รูป 2.3 แสดงความสัมพันธ์ของอนุกรม ISO 14000 ในแต่ละอนุกรม และความสัมพันธของอนุกรมที่เกี่ยวกับการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตกับอนุกรมทั้งหมด (S. Sate, 2005)

ถ้ารับมาตรฐานของ ISO ในด้าน LCA นั้นให้ความสนใจทั้งในมุมมองด้านเทคนิค (Technical Aspects) และมุมมองด้านการจัดการในองค์กร (Organization Aspects) สำหรับมุมมองด้านการจัดการนั้น จะมุ่งเน้นในด้านการออกแบบกระบวนการที่เป็นจุดวิกฤติที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และให้ความสนใจเป็นพิเศษต่อการเปรียบเทียบหาสิ่งที่เป็นประโยชน์เพื่อเปิดเผยสู่สาธารณชน อีกทั้งยังครอบคลุมเนื้อหาที่เกี่ยวกับการบริหารจัดการ

กลยุทธ์ที่จะทำให้บรรลุถึงเป้าหมายวางไว้ รวมทั้งข้อกำหนดในการรายงานผล มาตรฐานที่เป็นตัวแสดงถึงการจัดการประเมินวัฏจักรชีวิต หรือ Environmental Management-Life Cycle Assessment อีกด้วย

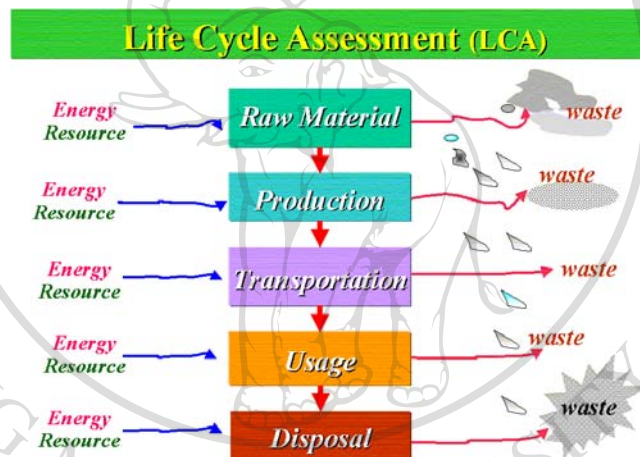
UNEP (The United Nations Environmental Program) โครงการด้านสิ่งแวดล้อมขององค์การสหประชาชาติ UNEP ได้นำ LCA ไปใช้ในการกำหนดกลยุทธ์ และนโยบายทางสิ่งแวดล้อม และได้ส่งเสริมการจัดทำ LCA ภายใตโครงการ Life Cycle Initiative และได้มีการเผยแพร่ หลักการโดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนาได้นำเอา LCA ไปใช้ ตลอดจนกลุ่มคนที่สนใจเรื่อง LCA หลายๆกลุ่มทั่วโลกซึ่งมุมมองที่แตกต่างกันเกี่ยวกับ LCA ได้รวมตัวกันเป็นกลุ่มความร่วมมือระหว่างกันเช่น กลุ่ม LCA ในประเทศสหรัฐอเมริกา และ CML ในประเทศเนเธอร์แลนด์ ซึ่งอยู่ภายใต้การดูแลของ UNEP อีกด้วย (อนุวัตร, 2548)

2.2.1 การนำวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์มาใช้ในประเทศไทย

สำหรับในประเทศไทยมีหน่วยงานต่างๆ ที่ให้ความสำคัญ สนับสนุน และเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับ LCA เข้าสู่ภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย โดยสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (TISI) สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (TEI) และกรมโรงงานอุตสาหกรรม ได้ทำการเผยแพร่ความรู้ด้าน LCA เข้าสู่ภาคอุตสาหกรรมไทยตั้งแต่ปี 2540 เนื่องจาก LCA เป็นชุดมาตรฐานในอนุกรมมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO14000 โดยเริ่มต้นจากการประชุมสัมมนา หรือการประชุมเชิงปฏิบัติการผ่านกลุ่มของคณะกรรมการนักธุรกิจเพื่อสิ่งแวดล้อม (Thailand Business Council for Sustainable Development: TBCSD) องค์กรเอกชนต่างๆ สถาบันการศึกษา หน่วยงานราชการ และกลุ่มนักวิชาการที่สนใจ ต่อมา LCA ได้รับความสนใจมากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งปี 2545 ได้มีการรวมกลุ่มของผู้ที่สนใจด้าน LCA ของประเทศไทย เรียกว่า Thai LCA forum / network เพื่อเป็นศูนย์กลางในการแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้รวมเผยแพร่กิจกรรมต่างๆ ด้าน LCA ดำเนินการผ่านเว็บเพจ (<http://www.Thailca.net>) ปัจจุบันพบว่าส่วนใหญ่ความสนใจและความรู้ด้าน LCA นั้นได้กระจายออกไปมากขึ้น โดยเฉพาะกลุ่มนักวิจัย เช่น มหาวิทยาลัยต่างๆ สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (สสท.) ได้มีบทบาทสำคัญในการผลักดันองค์ความรู้ด้าน LCA สู่ภาคธุรกิจและสาธารณะ โดยผ่านกิจกรรมการอบรมสัมมนาและการทำโครงการวิจัยเรื่อง LCA และหน่วยงานราชการที่มีบทบาทสำคัญต่อการผลักดัน LCA ในประเทศไทย ได้แก่ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (NSTDA) โดยกลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสะอาด ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ปัจจุบันทั้ง 2 หน่วยงานได้ดำเนินกิจกรรมด้าน LCA ในเรื่องต่างๆ มากมาย

2.2.2 นิยามและความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิต คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยเริ่มตั้งแต่การสกัดหรือได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การนำกลับมาใช้ใหม่หรือการแปลงสภาพ และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุ หรืออาจกล่าวได้ว่า LCA จะมีการพิจารณาผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการนั้นๆ ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัสดุทั้งหมดที่ใช้ รวมทั้งของเสียทั้งหมดที่มีการปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมภายใต้ขอบเขตที่กำหนด ทั้งนี้เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการหาวิธีปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการเพื่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ดังแสดงในรูป 2.4



รูป 2.4 การพิจารณาวัฏจักรชีวิตของกระบวนการและผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในด้านการใช้วัสดุ การใช้พลังงาน และของเสียที่ออกจากระบบ

องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน ได้ให้นิยามของ LCA ไว้ในอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 ว่า

“เป็นการเก็บรวบรวมและการประเมินค่าของสารขาเข้า (Input) และสารขาออก (Output) รวมถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มีโอกาสเกิดขึ้นในระบบของผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต” (ทองเกียรติ, 2548)

สมาคมพิชวิทยาด้านสิ่งแวดล้อมและสารเคมี ได้ให้นิยามของ LCA ไว้ว่า “เป็นกระบวนการที่ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยการพิจารณาครอบคลุมกระบวนการผลิตและกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวเนื่องกันในรูปของวัตถุดิบและพลังงาน ซึ่งการประเมินนี้จะทำตลอด

ทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์อย่างละเอียด เช่น กระบวนการผลิต การบรรจุ การคัดแยก การบำรุงรักษา และการแปรรูปใช้ใหม่ รวมถึงกิจกรรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด โดยยึดหลักของระบบนิเวศ สุขอนามัย และการนำทรัพยากรมาใช้เป็นหลัก”

2.3 วัตถุประสงค์ในการทำ LCA

วัตถุประสงค์ของ LCA คือการรวบรวมและประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ บริการ การใช้งาน หรือกระบวนการที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำผลที่ได้จาก LCA ไปปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้สมบูรณ์ ตลอดจนก่อให้เกิดการจัดการขึ้นอย่างเป็นระบบและยั่งยืน โดยใช้มุมมองทางสิ่งแวดล้อมมาสนับสนุนอีกทางหนึ่ง ในการนำเอา LCA มาประยุกต์ใช้นั้นมีจุดมุ่งหมายหลัก 3 ประการซึ่งได้แก่

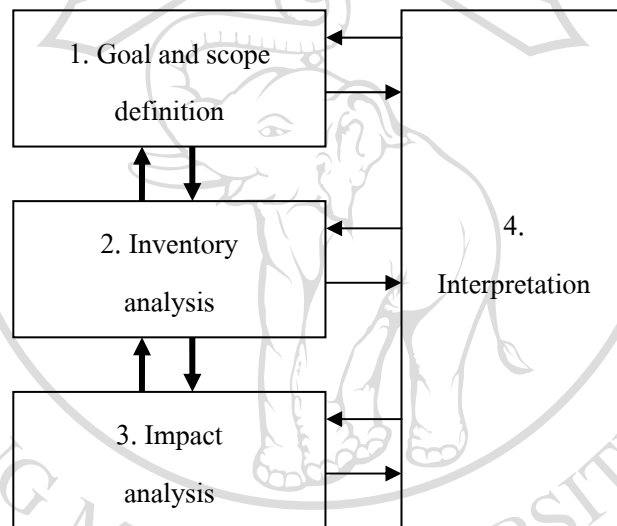
- การปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ผลที่ได้จาก LCA นั้นสามารถทำให้เห็นถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้งหมดตลอดช่วงชีวิต ทำให้มองเห็นปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างตรงจุด ทำให้สามารถตัดสินใจในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ได้ชัดเจน และสามารถวางแผนกลยุทธ์ผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้ในทิศทางที่ถูกต้องต่อไป
- การมองผลกระทบโดยรวม สามารถมองภาพรวมที่เกิดขึ้นจาก LCA ได้ทั้งหมดและสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของผลกระทบ ตลอดจนปัญหาได้อย่างชัดเจน
- เป็นการศึกษาที่ละเอียดและเป็นระบบ เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถใช้ให้ถึงเหตุที่เกิดจากผลที่สามารถพิสูจน์ได้ โดยอาศัยข้อมูลที่เป็นรูปธรรมหรือในเชิงปริมาณ จึงเป็นเครื่องมือที่มีความน่าเชื่อถือในการนำมาวิเคราะห์ ไม่ได้เป็นเพียงการตัดสินใจของผู้ที่ทำการศึกษาเท่านั้น

หรืออาจกล่าวได้ว่า วัตถุประสงค์หลักของการศึกษา LCA คือ เพื่อประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการนั้นๆ ตลอดจนกระบวนการที่เกี่ยวข้อง หรือหน้าที่การใช้งานของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ และยังสามารถนำผลการวิเคราะห์มาเป็นแนวทางในการเปรียบเทียบและตัดสินใจทั้งในการเลือกผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ โดยมีปัจจัยในทางสิ่งแวดล้อมเข้ามาประกอบการตัดสินใจอีกด้วย

2.4 ขั้นตอนในการศึกษาวัฏจักรชีวิต

เพื่อให้การดำเนินไปของ LCA เป็นไปในทิศทางเดียวกันและง่ายต่อการศึกษาจึงยึดขั้นตอนในการศึกษา LCA ดังรูป 2.5 ตามโครงสร้างของ ISO 14040 (1997E) ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนการศึกษา LCA ออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope definition)
2. การทำบัญชีรายการ (Inventory analysis)
3. การประเมินผลกระทบ (Impact assessment)
4. การแปลผลวัฏจักรชีวิต (Interpretation)



รูป 2.5 ขั้นตอนและโครงข่ายในการทำ LCA ตามหลัก ISO (ISO 14040, 1997)

2.4.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต

ขั้นตอนแรกในการทำ LCA ก็คือการกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญเพราะผลการศึกษาก็จะออกมาในทิศทางใดขึ้นอยู่กับข้อกำหนดวัตถุประสงค์ โดยต้องพิจารณาถึงเหตุผลในการศึกษา ลักษณะในการนำผลที่ได้ไปใช้ ไม่ว่าจะเป็นไปปรับปรุงกระบวนการ หรือนำไปเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการอื่นๆ ภายใต้อขอบเขตที่เรากำหนดไว้ เป็นต้น

การกำหนดขอบขอบเขต คือการบ่งชี้และกำหนดสิ่งที่ต้องการประเมินและจำกัดรวบรวมสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อเป้าหมายของ LCA ซึ่งจะประกอบด้วย

2.4.1.1 ขอบเขตของระบบ (System boundary) หมายถึง ขอบเขตระหว่างผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อม ตลอดจนปัจจัย หรือกระบวนการที่มีความเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการศึกษา ไม่ว่าจะเป็น วัสดุหรือพลังงาน ที่นำเข้าในระบบ ของเสีย หรือผลพลอยได้ที่ออกจากระบบ เป็นต้น

2.4.1.2 หน่วยการทำงานของระบบ (Functional unit) คือ หน่วยวัดผลงานของระบบที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบหรือเป็นตัววัดค่าระหว่างผลิตภัณฑ์ สำหรับสิ่งเข้า และสิ่งออกจากระบบ มีความสำคัญในการใช้เปรียบเทียบผลของ LCA โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อใช้เปรียบเทียบระหว่างระบบที่ต่างกัน โดยลักษณะสำคัญของหน่วยการทำงานของระบบ คือ (1)บอกถึงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ (2)บอกถึงความทนทานของผลิตภัณฑ์ และ (3)บอกถึงคุณสมบัติพื้นฐานในการเปรียบเทียบระหว่างระบบที่สามารถทำได้ด้วยการทำหน้าที่พื้นฐานของระบบที่เหมือนกัน

2.4.1.3 คุณภาพของข้อมูล (Data quality) คือ การกำหนดคุณภาพของข้อมูลที่ต้องการในการทำ LCA เพื่อเป็นพื้นฐานในการหาข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการศึกษา และทำให้เกิดการได้มาของข้อมูลที่เป็นระบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องการใช้ผลของ LCA เพื่อเปรียบเทียบซึ่งกันและกัน ลักษณะของข้อมูลที่ดีนั้นต้องมีความละเอียด และชัดเจน ซึ่งต้องสามารถระบุถึงการได้มาของข้อมูลว่าได้จากวิธีใด ไม่ว่าจะเป็นจากการเก็บข้อมูล การคำนวณ หรือเป็นการอ้างอิงข้อมูลจากที่ได้มีผู้ศึกษาไว้แล้ว เป็นต้น

2.4.2 การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม

การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม คือ การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมจากระบบการที่ได้มีการนิยามไว้แล้วในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต รวมทั้งการสร้างแบบจำลองของระบบผลิตภัณฑ์ (Product system) การคำนวณหาปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกจากระบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจรวมถึง ทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ หรือการปล่อยของเสียเข้าสู่ อากาศ น้ำ และดิน เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้จะใช้ในการหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ การเก็บข้อมูลควรอยู่ในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย สอดคล้องกับการไหลของกระบวนการโดยมีสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงคือ

- ต้องมีการคัดเลือกข้อมูลที่เหมาะสมทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ
- ต้องมีการถ่วงรอกขอบเขตของข้อมูลให้สอดคล้องกับระบบ
- ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการคำนวณได้
- ความถูกต้องและแม่นยำของข้อมูลสูง มีความน่าเชื่อถือ
- สามารถทำให้เห็นถึงความสอดคล้องและเชื่อมโยงของข้อมูลที่ได้

- สามารถนำไปใช้ได้ในการที่ที่ต้องการการป็นส่วนของข้อมูล

สำหรับวิธีการเก็บและการวิเคราะห์ข้อมูลตามหลักของ ISO 14040 (1997) และ ISO 14041 (1998) การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลได้ถูกแบ่งออกเป็นขั้นตอนการดำเนินการดังนี้ (อนุวัตร์, 2548)

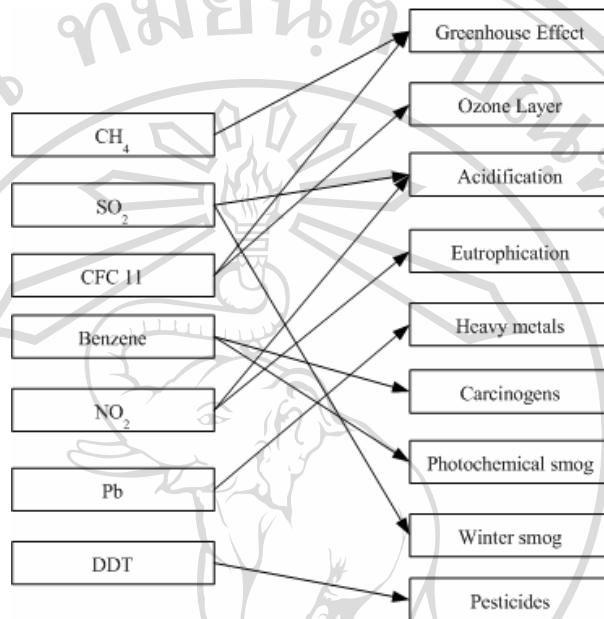
- การจัดเตรียมการรวบรวมข้อมูล
- รวบรวมข้อมูล
- ตรวจสอบและทวนสอบข้อมูลที่ได้เพื่อให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง
- หาความสัมพันธ์กับหน่วยของกระบวนการ
- หาความสัมพันธ์กับหน่วยวัดผลงานของระบบ
- พิจารณาเรื่องการใช้พลังงานทดแทน และ การนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ (Allocation and recycling) เพื่อนำไปหักลบออกจากผลกระทบ
- สรุปผลที่ได้รับจากการวิเคราะห์
- ปรับปรุงขอบเขตของระบบให้เหมาะสม

2.4.3 การประเมินผลกระทบ

ตามอนุกรมมาตรฐานการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ISO 14042 (1998) ได้กำหนดวิธีการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 2 ขั้นตอน คือการจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการให้เข้ากลุ่มผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Selection of impact categories, Category indicators, and Characterization models) และการแปลงข้อมูลดังกล่าวให้เป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่เนื่องจากวิธีการที่สามารถนำมาใช้ในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นการคำนวณเองหรือการอาศัยการประเมินผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป จึงทำให้เกิดขั้นตอนนอกเหนือจากอนุกรมมาตรฐาน ซึ่งจะมีที่ขั้นตอนนั้นก็ขึ้นกับวิธีการที่นำมาประเมินนั่นเอง สำหรับในงานวิจัยนี้ได้อาศัยการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากโปรแกรมสำเร็จรูป โดยใช้หลักการคำนวณโดยวิธี EDIP (Environmental Design of Industrial Products) ซึ่งมีขั้นตอนในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมดังนี้

2.4.3.1 การจำแนกประเภทและการกำหนดบทบาท (Classification and characterization) การจำแนกประเภท คือขั้นตอนการจำแนกกลุ่มของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากข้อมูลที่ได้ในการจัดทำบัญชีรายการหรือ LCI โดยจะดูถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลกับผลกระทบ

ที่เกิดขึ้น ยกตัวอย่างเช่น NO_2 ที่เกิดขึ้นในช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้นสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งในด้าน การเกิดฝนกรด (Acidification) และการเจริญเติบโตที่มากเกินไปของพืชชั้นต่ำในแหล่งน้ำ (Eutrophication) ดังรูป 2.6



รูป 2.6 การจำแนกสารตามประเภทของผลกระทบ (Goedkoop *et al.*, 1996)

การกำหนดบทบาท (Characterization) คือ การแปลงข้อมูลที่ถูกจำแนกประเภทว่าก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางด้านใดแล้วจากขั้นตอนที่ 1 ให้อยู่ในรูปค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของสารดังกล่าวกับสารอ้างอิงพื้นฐานหรือที่เรียกว่า Equivalent or Characterization factors: EF โดยสามารถหาได้จากสมการที่ (2.1)

$$EP_j = \sum (Q_i \times EF_{ij}) \quad (2.1)$$

EP_j = (Environmental impact potential) คือค่าศักยภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม สำหรับผลกระทบประเภท j ใด ๆ (kg substance equivalent)

Q_i = (Quantity of substance) คือปริมาณมลภาวะสาร j ที่ปล่อยออกมา (kg substance j)

EF_{ij} = (Equivalency factor) คือค่าเทียบเท่าของสาร i ที่ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j (kg substance equivalent/ kg substance j)

2.4.3.2 การหาขนาดของผลกระทบ (Normalization) คือ ขั้นตอนการแสดงขนาดของผลกระทบของผลิตภัณฑ์หรือการบริการที่ศึกษา กับขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ในระดับประเทศ ภูมิภาค ระดับโลก หรือกับผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ต้องการอ้างอิง โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.2)

$$NP_{j(\text{product})} = EP_j / (T \times ER_j) \quad (2.2)$$

$NP_{j(\text{product})}$ = (Normalized environment impact potential) ค่าปกติทางศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆของผลิตภัณฑ์ (Person)

T = (Lifetime of product) คืออายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ (Year)

ER_j = (Normalization reference) คือค่าอ้างอิงปกติของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ j ใดๆ ที่เกิดจากการกระทำของคนหนึ่งคนต่อปี (kg substance equivalent/person/year)

2.4.3.3 การให้น้ำหนัก (Weighting) คือ ขั้นตอนในการให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแต่ละชนิดจะต่างกันไป ขึ้นกับมุมมองของผู้ประเมินว่าจะกำหนดค่ามลภาวะ (Weighting Factor: WF) ว่าเป็นเท่าใด ซึ่งสามารถหาค่าได้จากสมการที่ (2.3)

$$WP_j = WF_j \times NP_j \quad (2.3)$$

WP_j = (Weighted environmental impact potential) คือ ค่าศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใด ๆ หลังการให้น้ำหนักความสำคัญแล้ว (Person for target year: Pt.)

WF_j = (Weighting factor) คือค่าสัดส่วนน้ำหนักความสำคัญของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใด ๆ ในปีที่ตั้งเป้าหมายเอาไว้

สำหรับในโปรแกรมสำเร็จรูปนั้นได้ใช้ข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมของทวีปยุโรป ค่าที่ได้หลังจากขั้นตอนการให้น้ำหนัก เรียกว่า คะแนนเชิงเดี่ยว (Single score) มีหน่วยวัดเป็น Pt. หรือ Person for target year หน่วยเดียวกับค่า NP_j ซึ่งหน่วย Pt. เกิดจากกระบวนการหาขนาดของผลกระทบที่ต้องการจะรวม ค่าในกลุ่มผลกระทบที่มีหน่วยต่างกัน เช่น ภาวะโลกร้อนมีหน่วย kg CO₂ ภาวะการลดลงของชั้นบรรยากาศมีหน่วย kg CFC11 โดยการหาดูด้วยค่ากลาง ดังนั้นค่า Pt. จะเป็นการแสดงจำนวนเท่าของค่ากลาง จะสามารถรู้ว่าคุณนั้นมีค่ามากหรือน้อยจะต้องทำการเปรียบเทียบกับค่ากลาง หรือใช้ในการเปรียบเทียบกับค่า Pt ด้วยกัน

2.4.4 การแปลผลวัฏจักรชีวิต

การแปลผลและการประเมินเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์ของ LCA คือ การนำเอาข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนการทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมหรือ LCI แล้วทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น มาสรุป รวบรวม ดีความหมาย และแปลค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการนั้นๆ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะทำให้ทราบว่าในช่วงใดของวัฏจักรชีวิตที่เกิดผลกระทบมากที่สุด ความรุนแรงของผลกระทบนั้นเป็นเท่าใด และสามารถทำให้ทราบถึงที่มาของผลกระทบนั้นเพื่อที่จะนำไปสู่ ผลสรุป และข้อเสนอแนะต่อไป ซึ่งในขั้นตอนการแปลความหมายของผลกระทบนี้ต้องทำด้วยความระมัดระวัง และอยู่ภายใต้เป้าหมายวัตถุประสงค์ และขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนแรกด้วย

วัตถุประสงค์ของการแปลผลและการประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์นั้นก็เพื่อ จำแนกแนวทางและหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการลดผลกระทบที่เกิดขึ้นได้อย่างตรงประเด็น หรือสามารถนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับประกอบการตัดสินใจเลือกใช้ผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่สามารถทดแทนกันได้ โดยอาศัยมุมมองทางสิ่งแวดล้อมในการตัดสินใจต่อไป สำหรับขั้นตอนการแปลผลและการประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์นั้น ประกอบด้วยขั้นตอนหลักสามขั้นตอนได้แก่

- การจำแนกทางเลือกในการปรับปรุงทางสิ่งแวดล้อมที่เป็นไปได้ โดยทั่วไปจะพิจารณาเลือกช่วงในวัฏจักรชีวิตที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดเป็นหลัก ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการหรือปัจจัยที่เป็นสาเหตุ เพื่อจะนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขให้ผลกระทบลดลงต่อไป
- การวิเคราะห์เพื่อประเมินทางเลือกในการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อมประกอบกัน โดยมองถึงความเป็นไปได้ถึงแนวทางทั้งหมดที่จะนำมาปรับปรุง โดยสอดคล้อง

คล่อง กันกับกระบวนการ ทั้งในด้านเทคนิคและต้นทุนประกอบกันเพื่อเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุด

- คัดเลือกทางเลือกในการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม โดยทำการคัดเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุดโดยเรียงลำดับจากวิธีที่เป็นไปได้มากที่สุดจากมากไปหาน้อยในการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม ประกอบกับความเหมาะสมของเทคนิคและต้นทุนในทางเลือกนั้นๆ โดยจัดทำเป็นบทสรุป ข้อเสนอแนะ และรายงานผลที่ได้ให้ผู้เกี่ยวข้องทราบต่อไป

2.5 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับความหมายของต้นทุนแบบเดิม

ต้นทุน คือ จำนวนที่วัดได้ในรูปของเงินตราการจ่ายเงินสดหรือการโอนสินทรัพย์ให้ การออกหุ้นสามัญไป การได้รับบริการ หรือ การเกิดขึ้นของหนี้สินในการได้รับมาซึ่งสินค้าหรือบริการ ในระบบบัญชีต้นทุนแบบเดิมนั้น ได้แบ่งต้นทุนในการผลิตสินค้าออกเป็น 3 ประเภทหลัก คือ ต้นทุนวัตถุดิบทางตรง ค่าแรงทางตรง และค่าใช้จ่ายโรงงานหรือค่าโสหุ้ยการผลิต ซึ่งแบ่งต้นทุนตามส่วนประกอบของสินค้า ดังมีรายละเอียดดังนี้

2.5.1 วัตถุดิบทางตรง (Direct material) หมายถึง ต้นทุนของวัตถุดิบที่เป็นส่วนหลัก หรือส่วนสำคัญในการผลิต สามารถวัดจำนวนได้โดยง่าย และมีค่าแน่นอน ซึ่งวัตถุดิบทางตรงของผลิตภัณฑ์สามารถมีได้มากกว่า 1 ชนิด ขึ้นกับส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ เช่น วัตถุดิบในการทำเสื้อประกอบด้วยต้นทุนของผ้า และกระดุม เป็นต้น ซึ่งการวัดต้นทุนวัตถุดิบทางตรงจะวัดจากปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ไป และวัดราคาต่อหน่วยของวัตถุดิบที่ใช้ไป และอาจจะบวกด้วยต้นทุนที่สัมพันธ์กับวัตถุดิบเข้าไปด้วย เช่น ค่าระวาง ค่าตรวจสอบ ค่าขนส่ง เป็นต้น

2.5.2 ค่าแรงทางตรง (Direct labour) หมายถึง ต้นทุนที่เกิดจากการจ้างแรงงานที่ทำการผลิตสินค้านั้น ภายในเวลาที่สามารถทำการผลิตได้ตามต้องการ เช่น ค่าจ้างแรงงานในการตัดเย็บเสื้อผ้า เป็นต้น เวลานี้จะคิดเฉพาะเวลาที่เสียไปในการผลิตนั้น เวลาที่ล่วงไปโดยไม่เกิดผลผลิตจะถือว่าเป็นแรงงานทางอ้อมซึ่งถือเป็นส่วนหนึ่งของโสหุ้ยการผลิต

2.5.3 โสหุ้ยการผลิต (Manufacturing overhead) หรือค่าใช้จ่ายโรงงานเป็นต้นทุนทางอ้อม คือต้นทุนที่ไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถแยกได้ดังนี้

- วัสดุทางอ้อม (Indirect material) คือวัสดุหรือวัตถุดิบที่ไม่สามารถคิดเข้ากับการผลิตได้ เนื่องจากมีจำนวนน้อยมาก หรือมีปริมาณไม่แน่นอน ไม่คุ้มค่าความยุ่งยากที่จะนำมาคิดเป็นวัตถุดิบทางตรง เช่น ด้าย เป็นต้น

- แรงงานทางอ้อม (Indirect labour) คือเวลาที่ล่วงเลยไปโดยไม่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ถือเป็นเวลาว่างเปล่า (Ideal time) (อิสรา, 2539)

จากความหมายและองค์ประกอบของต้นทุนดังกล่าวมาแล้ว จะเห็นว่าการคิดต้นทุนแบบเดิมนั้นจะมุ่งประเด็นในการคิดต้นทุนให้เห็นชัดเจนต่อหน่วยของการผลิตเป็นหลัก โดยค่าใช้จ่ายบางรายการนั้นไม่มีความสัมพันธ์กับหน่วยการผลิต เช่น ค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักร ค่าฝึกอบรม ค่าส่งเสริมการขาย เป็นต้น ซึ่งค่าใช้จ่ายเหล่านี้อาจเป็นเพียงการประมาณการหรืออาจถูกมองข้ามไปทำให้ผู้ประกอบการนั้นไม่สามารถมองเห็นต้นทุนอื่นๆ ที่ต้องแบกรับไว้ เนื่องจากต้นทุนต่อหน่วยการผลิตนั้นไม่ใช่ต้นทุนทั้งหมดที่แท้จริง เมื่อประกอบกับการจัดการองค์กรไม่ดีแล้วอาจทำให้กิจการไม่สามารถดำเนินไปอย่างราบรื่นได้เนื่องจากแบกรับต้นทุนมากเกินไปนั่นเอง

2.6 ประวัติความเป็นมาของการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต

การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตหรือ LCC นั้นเริ่มต้นมาจากแผนการทางการทหารของประเทศสหรัฐอเมริกา US-Department of Defense (DOD) ที่นำเอา LCC มาใช้ในการประเมินต้นทุนในกิจกรรมทางการทหาร เช่น การการขนส่งเคลื่อนย้ายคนและวัสดุรวมถึงการจัดการความต้องการวัสดุ อุปกรณ์ การดำเนินการทางการทหาร การจัดซื้อต่างๆ และแนวคิด LCC ที่เกิดขึ้นในตอนนั้นก็เริ่มขึ้นในแผนการที่มีชื่อเรียกว่า Integrated Logistics Support: ILS นั่นเอง โดยแผน ILS นี้จะทำการประเมินอุปกรณ์ที่จำเป็นทั้งหมดภายในแผนการที่กำหนดของกองทัพ ว่าต้องการใช้อะไรบ้าง โดยจะเลือกที่สามารถนำมาใช้แล้วก่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในราคาที่เหมาะสม รวมถึงการซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งาน โดยเฉพาะการจัดซื้ออาวุธ และเมื่อแผนนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีก็มีการนำไปใช้เป็นแนวทางหลักของกองกำลังทหาร และในช่วงปลายปี 1980 นั้นก็ได้มีการนำแนวคิดของการประเมินค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตนี้ไปใช้ ในภาคอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องบิน โรงไฟฟ้า อุตสาหกรรมผลิตเชื้อเพลิงและสารเคมี และการรถไฟ เป็นต้น

2.7 แนวคิดและหลักการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต

ตามปกติแล้วทรัพย์สินประเภทที่สามารถจับต้องได้ (Physical assets) นั้นจะมีอายุการใช้งานยาวนานนับตั้งแต่การจัดซื้อ ใช้งานจนถึงการกำจัดหรือปลดทิ้ง Yoshio Kawauchi และ Marvin Rausand ได้แบ่งระยะช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดออกเป็น 3 ระยะหลักดังนี้

ระยะที่ 1 คือ ระยะของการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Research and development) ในระยะนี้เป็นช่วงเวลาที่ต้องใช้เวลามากและงบประมาณในการสร้าง วิจัยค้นคว้า พัฒนาการตลาด ตลอดจนการทดสอบการนำไปใช้ว่าจะสามารถตอบสนองต่อการใช้งานจริงได้หรือไม่

ระยะที่ 2 เป็นระยะของการลงทุน (Investment) เมื่อได้ผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความต้องการแล้วก็จะดำเนินการต่อไปในด้านของการลงทุน เพื่อให้ได้มาซึ่งความพร้อมที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ นั้นออกสู่ตลาด ซึ่งค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่จะอยู่ที่การซื้อที่ดิน สิ่งปลูกสร้าง และเครื่องจักรเครื่องมือ ที่จำเป็นในการผลิต

ระยะที่ 3 เป็นระยะในการดำเนินการ (Operating and support) ระยะนี้จะดำเนินการผลิตสินค้าจริงออกขายค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่จะเป็น การซื้อวัสดุ การจ้างงาน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่างๆ อีกมากมาย

2.8 การวิเคราะห์ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต

ต้นทุน (Cost) หมายถึง การที่กิจการได้จ่ายเงินสดหรือสิ่งที่เทียบเท่าเงินสด หรือการสัญญาว่าจะจ่ายเงินสดให้ในอนาคต โดยมีวัตถุประสงค์การจ่ายเพื่อก่อให้เกิดรายได้ หรือประโยชน์เชิงเศรษฐกิจแก่กิจการ (วิวัฒน์ อภิสิทธิ์ภิญโญ, 2549)

ต้นทุนถือเป็นสิ่งสำคัญในการเลือกหรือตัดสินใจในการผลิตและดำเนินการใดๆ ซึ่งวิธีการที่นำมาประเมินความคุ้มค่าแก่การลงทุนมีหลายวิธี เช่น วิธีการมูลค่าปัจจุบัน (Present Worth) วิธีอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return) วิธีอัตราผลตอบแทนภายนอก (External Rate of Return) และการหาระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) เป็นต้น ในโครงการวิจัยนี้เลือกวิธีการมูลค่าปัจจุบัน เพราะสามารถประมาณผลตอบแทนที่จะได้รับในอนาคต (Future Value) มาไว้ที่ ณ เวลาปัจจุบัน โดยแสดงสมการการวิเคราะห์ต้นทุนได้ดังสมการ (2.4)

$$LCC = C_C + C_O + C_M + C_F + C_R - S \quad (2.4)$$

เมื่อ	C_C	=	ต้นทุนคงที่ (บาท)
	C_O	=	ต้นทุนในการดำเนินการ (บาท)
	C_M	=	ต้นทุนในการซ่อมบำรุง (บาท)
	C_F	=	ต้นทุนเชื้อเพลิงหรือพลังงาน (บาท)
	C_R	=	ต้นทุนในการแทนที่และทำลายทิ้ง (บาท)
	S	=	มูลค่าซาก (บาท)

เมื่อค่า C ใด ๆ เป็นมูลค่าปัจจุบัน (P : Present worth) โดยสามารถแปลงค่าต้นทุน C ที่เกิดขึ้นให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน P ได้ เมื่อทราบค่าเงินในอนาคตที่ปีใด ๆ (F_n) สามารถเปลี่ยนมูลค่าของเงินในอนาคตให้เป็นมูลค่าปัจจุบันได้จากสมการที่ (2.5)

$$P = F_n \times \frac{(1+e)^n}{SCA} \quad (2.5)$$

SCA คือ Single Compound Amount factor สามารถหาได้จาก

$$SCA = (1+i)^n \quad (2.6)$$

เมื่อ	P	=	มูลค่าปัจจุบัน (บาท)
	F_n	=	ค่าใช้จ่ายในปีอนาคต (บาท)
	i	=	ค่าอัตราดอกเบี้ย (ร้อยละ)
	n	=	อายุสิ้นสุดโครงการ (ปี)
	e	=	อัตราการเพิ่มขึ้น (ร้อยละ) ของค่าใช้จ่ายนั้นๆ

หลังจากทราบเงินลงทุน และปริมาณไบโอดีเซลที่ผลิตได้ ตลอดอายุโครงการ จะสามารถคำนวณหาต้นทุนไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นได้ ดังสมการ (2.7)

$$\text{ต้นทุนการผลิตไบโอดีเซล (บาท/ลิตร)} = \frac{\text{ต้นทุนการผลิตไบโอดีเซล (บาท)}}{\text{ปริมาณไบโอดีเซลที่ผลิตได้ (ลิตร)}} \quad (2.7)$$