

บทที่ 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 ความหมายของของเสียอันตราย

ในประเทศไทย มีการให้นิยามโดยหลายหน่วยงาน เช่น สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (เดิม) โดยปัจจุบัน คือ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2535 ได้ให้คำนิยาม "ของเสียที่เป็นอันตราย" ว่าหมายถึง สารหรือวัตถุที่ไม่ใช้หรือใช้ไม่ได้ที่มีส่วนประกอบหรือเจือปนด้วยสารไวไฟ สารกัดกร่อน สารพิษ สารที่สามารถชะล้างได้ สารกัมมันตรังสี และ/หรือสิ่งทำให้เกิดโรค ซึ่งเกิดจากกิจกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรม ชุมชน เกษตรกรรม การให้คำนิยามของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ นี้อ้างอิงมาจากนิยามของสหรัฐอเมริกา

ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย หมายความว่า ของเสียในสถานะของแข็งหรือกึ่งของแข็งหรือของเหลวหรือก๊าซที่มีลักษณะสมบัติหรือปนเปื้อนกับวัตถุอันตรายแล้วปรากฏลักษณะสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือมากกว่าหนึ่งดังต่อไปนี้ คือ วัตถุระเบิด วัตถุไวไฟ วัตถุออกซิไดซ์ และวัตถุเปอร์ออกไซด์ วัตถุกัดกร่อน วัตถุทำให้เกิดโรค วัตถุกัมมันตรังสี และวัตถุมีพิษร้ายแรง ได้แก่ สารก่อมะเร็ง วัตถุก่อให้เกิดอาการระคายเคือง อาการภูมิแพ้ การกลายพันธุ์และก่อให้เกิดความบกพร่องของการพัฒนาของทารกในครรภ์ เป็นต้น

คำนิยามของกระทรวงอุตสาหกรรมซึ่งใช้ในการควบคุมเฉพาะปัญหามลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 25 (พ.ศ.2531) ให้คำจำกัดความ "ของเสียอันตราย" ว่าเป็นวัสดุที่ไม่ได้ใช้แล้วที่มีคุณสมบัติเป็นสารไวไฟ กัดกร่อน เกิดปฏิกิริยาได้ง่าย มีสารพิษปะปน หรือมีตัวทำละลาย เสื่อมคุณภาพตามรายชื่อที่ระบุไว้ หรือกากตะกอนที่เกิดจากการผลิตหรือเกิดจากระบบบำบัดน้ำเสียจากกิจกรรมตามรายชื่อที่ระบุได้แก่

- กากตะกอนจากการละลายเกลือและกากตะกอนจากโรงผลิตโซดาไฟด้วยวิธีใช้เซลล์ปรอท
- กากวัตถุมีพิษและกากตะกอนจากโรงงานผลิตและบรรจุยาฆ่าแมลง
- ฝุ่นจากระบบกำจัดตะกั่วในอากาศและกากตะกอนจากโรงงานหลอมตะกั่ว
- ชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เสื่อมหรือไม่ได้คุณภาพ

- น้ำยาเคมีจากถังชุบโลหะภาคที่เหลือจากการชุบโลหะรวมทั้งภาคตะกอนจากโรงงานชุบโลหะ
- ปลายขั้วหลอดที่ผลิตไม่ได้คุณภาพที่ปนเปื้อนสารปรอทจากโรงงานผลิตหลอดฟลูออเรสเซนต์
- ถ่านไฟฉายที่ผลิตไม่ได้คุณภาพฝุ่นจากระบบกำจัดอากาศภาคตะกอนจากโรงงานผลิตถ่านไฟฉาย
- ภาควัสดุจากห้องพ่นสีของโรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับรถยนต์และจักรยานยนต์

3.2 ความรู้เกี่ยวกับหลอดฟลูออเรสเซนต์

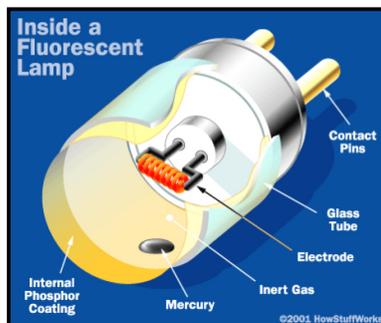
3.2.1 องค์ประกอบของหลอดฟลูออเรสเซนต์

หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent lamp) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไป ให้แสงสว่างนวลสบายตา มีอายุการใช้งานยาวนานกว่าหลอดแบบมีไส้ (Incandescent lamp) ถึง 8 เท่า และให้ความสว่างมากกว่าในกำลังวัตต์ที่เท่ากัน แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดตรง หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดวงกลม และหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพคต์

หลอดฟลูออเรสเซนต์ มีส่วนประกอบหลัก คือ แก้ว ประมาณ 90% ขององค์ประกอบทั้งหมด ส่วนที่เหลือ ประกอบด้วย ขั้วหลอดทำจากอลูมิเนียม ผงฟอสเฟอร์สำหรับเคลือบผิวหลอดเพื่อการเรืองแสง (ดังแสดงในภาพที่ 3.2-1) นอกจากนี้ ภายในหลอดยังบรรจุด้วยสารปรอท จึงทำให้ซากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่หมดอายุการใช้งานแล้ว ถือเป็นของเสียอันตรายวัสดุจากซากหลอดฟลูออเรสเซนต์สามารถรีไซเคิลได้กว่าร้อยละ 90 โดยน้ำหนักเศษแก้วสามารถหลอมเป็นหลอดแก้วใสสำหรับ ผลิตหลอดฟลูออเรสเซนต์ใหม่และอลูมิเนียมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรม หลอมอลูมิเนียม (ดังแสดงในตารางที่ 3.2-1)

ภาพที่ 3.2-1

องค์ประกอบของหลอดฟลูออเรสเซนต์

ที่มา : www.rmutphysics.com

ตารางที่ 3.2-1

ส่วนประกอบของหลอดฟลูออเรสเซนต์

ลำดับ	ส่วนประกอบ	% ต่อหลอด (w/w)
1	หลอดแก้วใส	89.79%
2	ฟอสเฟออร์ (สารเคลือบหลอด)	1.39%
3	ฝาอะลูมิเนียม	0.93%
4	ฉนวนที่ฝาหลอด (ทำจาก Fiber)	0.12%
5	ขาหลอด (ทำจากทองเหลือง)	0.58%
6	ปูนซีเมนต์	1.46%
7	ไส้ในหลอด (ทำจากทังสเตน)	0.01%
8	Oxide	0.01%
9	ท่อแก้ว (แก้วตะกั่ว)	3.1%
10	Flare (แก้วตะกั่ว)	2.41%
11	Weld (ทำจากนิกเกิลและทองแดง)	0.2%
	รวม	100.00%

ที่มา: การสำรวจการทิ้งซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ การทิ้งซากโทรศัพท์มือถือ

ถ่านไฟฉาย และหลอดฟลูออเรสเซนต์, JETRO Bangkok

3.2.2 ขั้นตอนการผลิตหลอดฟลูออเรสเซนต์

ขั้นตอนการผลิตหลอดฟลูออเรสเซนต์ (แสดงดังภาพที่ 3.2-2) มีดังต่อไปนี้

1. การเคลือบ (Coating) คือ การที่เคลือบสีหรือสารเรืองแสงที่เรียกว่า “ฟอสเฟอร์” ให้ติดกับผิวแก้วด้านในของหลอด ซึ่งวัตถุประสงค์ของการเคลือบมีแก้วใสและสีที่ผสมไว้แล้ว ผลที่ได้คือหลอดที่เคลือบสีแล้วโดยวิธีการเคลือบจะเริ่มโดยนำเอาแก้วใสล้างด้วยน้ำที่มีแรงดันสูง เพื่อชะล้างสิ่งสกปรกภายในหลอดออกเมื่อทำการล้างหลอดแล้วต้องทำการเป่าหลอดโดยการใช้ลมร้อน เพื่อให้ทำให้น้ำที่ใช้ล้างหลอดแห้งสนิท เมื่อเป่าลมร้อนแล้วต้องผ่านการเป่าลมเย็นอีกครั้งเพื่อให้หลอดมีอุณหภูมิลดลง จึงนำหลอดมาทำการเคลือบสี โดยสีต้องมีอุณหภูมิคงที่ เพื่อที่จะทำให้ความหนืดของสีคงที่ ทำการอบหลอดโดยใช้ลมร้อนเป่าให้สีแห้ง และอยู่ในบริเวณตู้อบจนกระทั่งสีแห้ง

2. การอบ (Baking) คือ การนำเอาหลอดที่ผ่านการเคลือบแล้วมาผ่านการอบหลอดที่ 650 องศาเซลเซียส เพื่อให้สารต่างๆ ภายในสีที่ไม่ใช่สารเรืองแสงออกจากเนื้อสีเพื่อให้เหลือเพียงสารเรืองแสงเท่านั้น

3. การปิดผนึก (Sealing) คือ การปิดผนึกหลอดทั้งสองข้างด้วยสเต็ม (Stem) ซึ่งเป็นแก้วที่ประกอบด้วยไส้หลอดที่มีการชุบน้ำยา โดยมีวัตถุประสงค์คือ สเต็ม และหลอดแก้วที่ผ่านการเคลือบและอบแล้ว โดยมีจุดประสงค์เพื่อปิดหลอดไม่ให้รั่ว สเต็มจะมีรูอยู่ 1 ด้านเพื่อใช้ดูดอากาศออกทำให้หลอดกลายเป็นสุญญากาศ

4. การดูดอากาศ (Exhaust) คือ การไล่อากาศจากหลอดที่ผ่านการปิดผนึกแล้วออกให้หมด เพื่อให้หลอดเป็นสุญญากาศ โดยมีการเติมปรอทลงไปหลอดเพื่อใช้เป็นตัวนำไฟฟ้าของอิเล็กตรอนจากไส้หลอดด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง และมีการเติมก๊าซเฉื่อยหรือก๊าซอาร์กอนเพื่อใช้เป็นตัวชะลอการชนของอิเล็กตรอนกับไส้หลอด

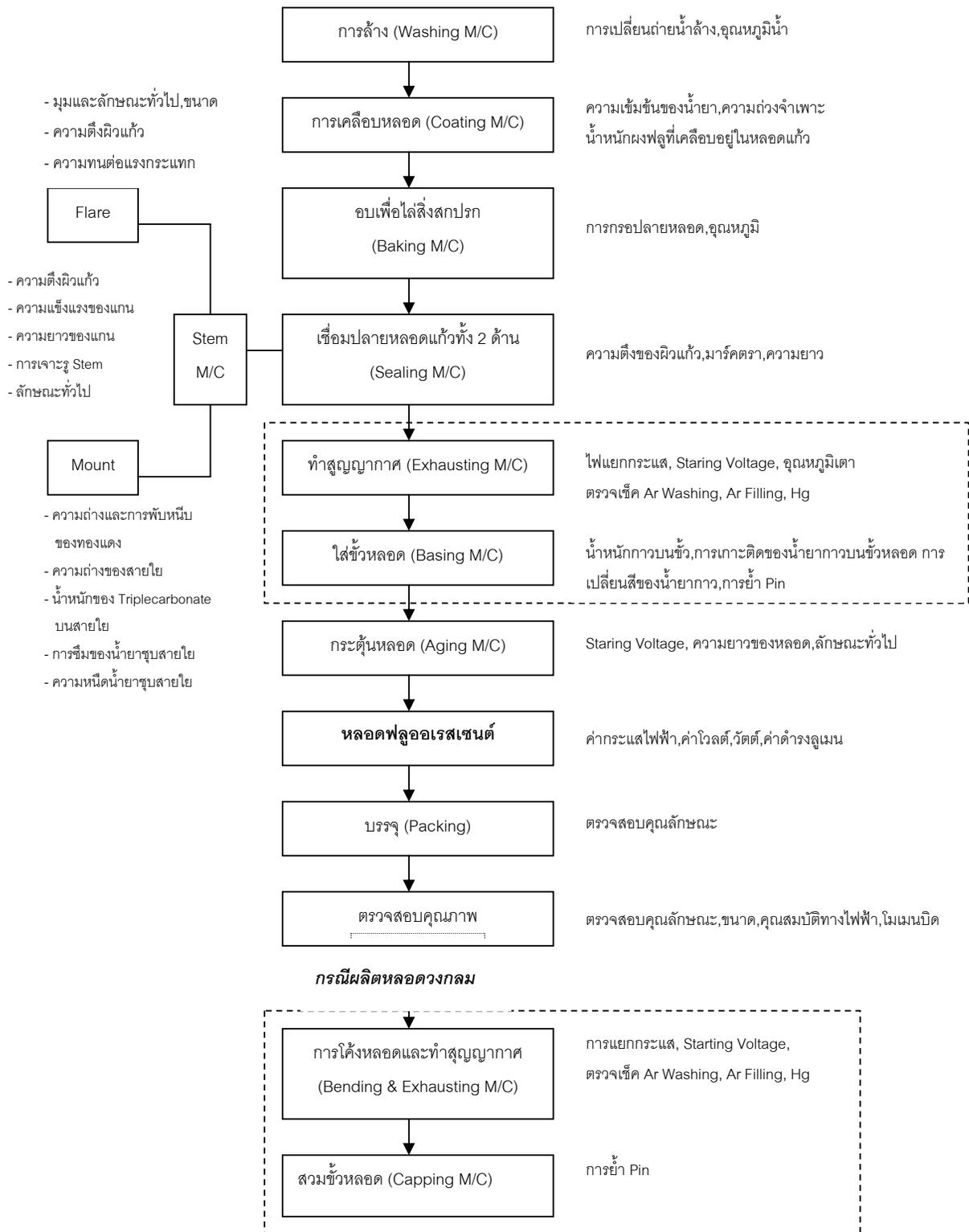
5. การใส่ขั้ว (Cap Threading) คือ การใส่ขั้วกับหลอดไฟที่ผ่านการดูดอากาศออกหมดแล้วโดยที่ขั้วจะมีผงกาวบรรจุอยู่

6.การอบซั้ว (Cap Baking) คือการนำหลอดแก้วที่ใส่ซั้วแล้วไปอบ โดยให้ซั้วได้รับความร้อนเพื่อให้น้ำยาซีเมนต์ขยายตัวยึดเกาะกับแก้ว

7.การกระตุ้นหลอด (Aging) คือ การบ่มหรือกระตุ้นหลอด โดยนำหลอดไฟฟ้าที่ผ่านจากเครื่องดูดอากาศและใส่ซั้วเรียบร้อยแล้ว แต่หลอดยังไม่สามารถติดได้ทันที ต้องใช้แรงดันไฟฟ้าสูงหลอดถึงจะติด ทำการกระตุ้น โดยป้อนกระแสไฟฟ้า และหยุดป้อนสลับกันไปมา เป็นการทำให้อิเล็กตรอนค่อยๆวิ่งผ่านก๊าซอาร์กอนไปได้ และเพื่อให้ก๊าซต่างๆ ที่ค้างอยู่ภายในหลอดไปเกาะอยู่ข้างหลอดไม่ขวางทางของอิเล็กตรอน

ภาพที่ 3.2-2

กระบวนการผลิตหลอดฟลูออเรสเซนต์



3.3 คุณสมบัติและความเป็นพิษของสารปรอท

ปรอทเป็นโลหะสีขาวคล้ายเงินมีมวลโมเลกุล 200.6 ในสภาพที่มีความบริสุทธิ์ ณ อุณหภูมิปกติจะมีสถานะเป็นของเหลว ปรอทมีจุดหลอมเหลว -38.9 องศาเซลเซียส จุดเดือด 356.72 องศาเซลเซียส ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 13.59 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการละลายน้ำได้เล็กน้อยและสามารถละลายเป็นอมัลกัมกับโลหะได้หลายชนิด จัดเป็นโลหะหนักชนิดหนึ่ง คนโบราณเรียกปรอทว่า “เงินที่ไหลได้” (Fluid silver หรือ Quick silver) เพราะลักษณะภายนอกเป็นสีน้ำเงิน แต่สามารถไหลหรือกลิ้งไปมาได้ สัญลักษณ์ทางเคมีคือ Hg มาจากคำลาติน hydrargyrum มีความหมายว่าเงินเหลว (liquid silver)

สารประกอบของปรอทแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่คือ ปรอทอนินทรีย์ (Inorganic) และสารปรอทอินทรีย์ (Organic mercury) ซึ่งปรอทอนินทรีย์นั้นจะอยู่ในรูปที่มี (Hg⁺) mercurous ion หรือ (Hg⁺⁺) mercuric ion เป็นองค์ประกอบ ส่วนปรอทอินทรีย์จะอยู่ในรูปของสารประกอบที่มีคาร์บอนอะตอมที่ถูกล้อมรอบด้วยอะตอมของปรอทโดยพันธะโควาเลนต์ (Covalent Bond)

ความเป็นพิษของปรอทในแต่ละรูปจะไม่เท่ากันขึ้นกับชนิดของสารประกอบปรอทปรอทที่เป็นพิษร้ายแรง คือสารประกอบอินทรีย์ โดยเฉพาะปรอทที่อยู่ในรูปเมทิล (Methyl) และเอทิล (Ethyl) จะมีความเป็นพิษมากที่สุด เพราะสามารถที่จะทำลายระบบประสาทส่วนกลางได้ รองลงมาได้แก่ ปรอทในรูปโลหะ และที่ีมีความเป็นพิษน้อยที่สุด ได้แก่ ปรอทในรูปของสารประกอบอนินทรีย์

3.3.1 ความเป็นพิษเฉียบพลัน

ความเป็นพิษเฉียบพลันเกิดจากการได้รับสารอนินทรีย์และสารอินทรีย์ของสารปรอท ในปริมาณที่สูงหรือการสูดไอปรอทในรูปของโลหะปรอทที่มีความเข้มข้นสูง ก่อให้เกิดอาการที่มีผลต่อระบบทางเดินหายใจ เซลล์เยื่อเมือกเกิดการระคายเคือง ปากคอไหม้ มีรสโลหะติดปากทำให้ปากพองแดงอักเสบ ร่างกายพยายามขับปรอทออกจากร่างกายและมีเนื้อเยื่อหลุดออกมาเป็นชิ้นๆ ซึ่พจรเด่นเร็วแต่ไม่สม่ำเสมอ หายใจตื้น ๆ ท้องเสีย อุจจาระเป็นเลือด อาเจียนมาก ถึงกับป็นลมหมดสติและถึงตายได้

3.3.2 ความเป็นพิษเรื้อรัง

การได้รับปรอทที่มีความเข้มข้นไม่สูงมากแต่ได้รับเป็นระยะเวลาานาน จะก่อให้เกิดความเป็นพิษได้ แต่เป็นพิษเรื้อรัง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระบบต่างๆ ในร่างกายดังนี้

1. ผลทางระบบประสาท พิษของปรอทที่มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้เกิดการสลายของเซลล์ ทำให้การประสานงานของกล้ามเนื้อเปลี่ยนไป เกิดอัมพาต ปัสสาวะขัด การมองเห็นแคบลง หูหนวกและอื่น ๆ

2. ผลทางเอนไซม์พบว่าปรอทเป็นสาเหตุในการลดความสามารถในการนำพาออกซิเจนของฮีโมโกลบินในเลือด

3. ผลทางกรรมพันธุ์ สารประกอบของปรอทสามารถทำให้โครโมโซมแตกออกได้และยังมีผลทางการแบ่งเซลล์ ทำให้เกิดการแพร่กระจายของโครโมโซมที่ผิดปกติ

จากผลความเป็นพิษต่อระบบของร่างกาย จะทำให้เกิดอาการของโรคได้ดังนี้

1. อาการทางจิต โดยทั่วไป มักจะพบเป็นอาการนำมาก่อนอาการอื่นๆ โดยเฉพาะชนิดที่เป็นเรื้อรัง อาจจะเริ่มตั้งแต่มีความรู้สึกหวนไหว ประหม่าง่าย ขาดความเชื่อมั่นในตัวเอง ทั้งๆที่เคยมีสภาพจิตปกติ ขาดความสนใจต่อสิ่งแวดล้อม และในที่สุดจะมีอาการของสติปัญญาเสื่อมโทรม และมีอาการโรคจิตได้

2. อาการทางสมองระบบประสาท อาการสั้นเป็นอาการที่พบน้อย ระยะแรกมือจะสั่นระยะต่อมาอาจจะสั่นทั้งตัว เดินเซ มีอาการชาตามปลายมือ ปลายเท้า เนื่องจากปลายประสาทถูกทำลาย แขนขาอ่อนแรง พูดไม่ชัด ถ้าเป็นรุนแรง หูอาจจะหนวก และมีอาการอัมพาตครึ่งซีก

3. อาการทางสายตา สภาพการมองเห็นอาจจะลดน้อยกว่าปกติ อาจจะไม่ชัดจากผลของการเป็นพิษต่อประสาทตาโดยตรง

4. อาการทางผิวหนัง อาจพบในลักษณะของผื่นคัน ซึ่งแยกจากโรคผิวหนังอย่างอื่น
ลำบาก

5. อาการทางระบบทางเดินอาหาร เริ่มตั้งแต่ปากและเหงือกอักเสบ กระเพาะอาหารและ
ลำไส้อักเสบ ทำให้มีอาการท้องเดินและปวดท้อง

6. อาการทางระบบขับถ่ายปัสสาวะ เป็นอาการสำคัญและอาจทำให้ผู้ได้รับพิษถึงแก่
ความตายได้อย่างรวดเร็วโดยเฉพาะในรายที่มีไตวายอย่างเฉียบพลัน ซึ่งมักจะเกิดหลังจากได้รับ
ปรอทในปริมาณที่สูง และแม้ว่าจะได้รับการรักษาให้ดีขึ้นแล้ว ก็จะมีอาการของไตพิการเรื้อรังเกิด
แทรกได้ภายหลัง กรณีที่อาการไม่รุนแรงอาจพบอาการรวมทั้งตัว

3.4 วิธีการจัดการของเสียอันตราย

ปัจจุบันมีวิธีการกำจัดของเสียอันตรายที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีอยู่หลายวิธี สามารถ
จำแนกออกเป็นวิธีต่างๆ ได้แก่ 3.4.1) การบำบัดโดยวิธีฟิสิกส์ 3.4.2) การบำบัดโดยวิธีเคมีฟิสิกส์
3.4.3) การบำบัดโดยวิธีเคมี 3.4.4) การบำบัดโดยวิธีชีวภาพ 3.4.5) การบำบัดโดยกระบวนการ
ใช้ความร้อน 3.4.6) การบำบัดโดยกระบวนการปรับเสถียร กระบวนการทำให้เป็นก้อนแข็ง และ
3.4.7) การบำบัด แบบ ฟังกลบ โดยในแต่ละวิธีจะมีขั้นตอนการบำบัดหลายกระบวนการ เช่น การ
ลดปริมาณของเสีย การแยกองค์ประกอบของของเสีย การลดความเป็นพิษ การเก็บกัก และการ
สกัดแยกวัสดุกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เนื่องจากการบำบัดของเสียที่มีอันตรายอย่างมี
ประสิทธิภาพนั้น ไม่สามารถกระทำได้โดยวิธีการบำบัดแบบเดียว ทั้งนี้ การเลือกวิธีการบำบัดที่
เหมาะสมขึ้นอยู่กับชนิด สถานะ ปริมาณของเสีย ความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ ตลอดจน
กฎระเบียบของทางราชการ สำหรับข้อดีของการบำบัดของเสียอันตรายอาจทำได้โดยวิธีการใด
วิธีหนึ่งหรือหลายวิธีต่อเนื่อง (Chain treatments) ขึ้นอยู่กับลักษณะและคุณสมบัติของสิ่งปฏิภูล
หรือวัสดุอันตรายดังกล่าว ซึ่งสามารถจำแนกเป็นวิธีต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.4.1) การบำบัดโดยวิธีฟิสิกส์ (Physical Treatment)

ในกระบวนการบำบัดทางกายภาพจะสามารถแยกสถานะของของเสียได้หลายรูป โดยไม่
ทำให้เกิดปฏิกิริยาหรือการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี เช่น การแยกของแข็งออกจาก

ของเหลว ทำให้องค์ประกอบของของเสียมีความเข้มข้น ซึ่งจะทำให้สามารถนำไปบำบัดด้วยวิธีอื่นได้โดยประหยัดและสะดวก ส่วนกระบวนการบำบัดทางเคมีนั้นจะช่วยเสริมกระบวนการแยก/กรอง (Separation/Filtration Process) หรือบางกรณีจะทำลายองค์ประกอบสารอันตรายได้ อย่างไรก็ตาม ในบางกรณีของเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วยังคงมีฤทธิ์อันตราย แต่อยู่ในรูปหรือสถานะที่ง่ายต่อการนำไปบำบัดหรือกำจัดในขั้นต่อไป

3.4.2) การบำบัดโดยวิธีเคมี-ฟิสิกส์ (Physical/chemical Treatment)

เป็นการแยกเอาสารที่อันตรายออก โดยการใช้อนุสมบัติทางฟิสิกส์ของสารที่ต่างกัน ประกอบกับความแตกต่างกันของคุณสมบัติทางเคมีของของเสีย มีการใช้สารเคมีในการบำบัด และทำให้สมบัติทางเคมีของของเสียเปลี่ยนไป ซึ่งจะแยกเอาตัวสารที่มีสมบัติเป็นอันตรายออกมาได้ ทำให้สารที่เหลือสามารถนำไปบำบัดด้วยวิธีการบำบัดแบบธรรมดาได้ และมีปริมาณของเสียอันตรายที่ต้องบำบัดกำจัดต่อไปเหลือปริมาณน้อยลง

3.4.3) การบำบัดโดยวิธีเคมี (Chemical Treatment)

คุณสมบัติที่เป็นอันตรายของสาร สามารถบำบัดได้โดยวิธีทางเคมี โดยการทำให้ความเป็นพิษนั้นลดลงหรือหมดไป ขึ้นกับสมบัติของสารนั้นๆ ว่าจะต้องใช้สารเคมีหรือวิธีการใด มาทำปฏิกิริยาด้วย เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบหรือรูปแบบทางเคมี ให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นอันตรายหรือเป็นอันตรายน้อยลง แต่ทั้งนี้จะต้องบำบัดสารที่เหลือต่อไป โดยส่วนที่ไม่เป็นอันตรายแล้ว อาจใช้วิธีบำบัดแบบธรรมดาได้ จะเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดลงได้ และบางวิธีอาจมีส่วนที่แยกออกมา ซึ่งมีความเป็นอันตรายและเป็นพิษอยู่ ต้องส่งบำบัดด้วยวิธีการต่อไป แต่ส่วนที่แยกออกมานั้นก็จะมีปริมาณลดลงแล้ว

3.4.4) การบำบัดโดยวิธีชีวภาพ (Biological treatment)

กระบวนการบำบัดทางชีวภาพได้ถูกนำมาใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเป็นเวลานานแล้ว โดยการใช้แบคทีเรีย สาหร่าย รา และจุลินทรีย์ เพื่อปรับเสถียร ดูดซับ แปรสภาพ หรือทำลายอินทรีย์สารที่เป็นพิษ กระบวนการชีวภาพมีข้อดีหลายประการ คือ สามารถปรับใช้กับของเสียอันตรายประเภทต่าง ๆ ได้ เช่น น้ำมัน สารประกอบคลอรีนเตตระไฮโดรคาร์บอน และโลหะหนัก โดยจะสามารถลดความเป็นพิษได้ในเปอร์เซ็นต์สูง หากระดับความเป็นพิษไม่เกินกว่าระดับที่

บำบัดได้ แต่ยังคงมีข้อจำกัดบางประการ เช่น มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของเสีย ความเข้มข้นของเกลือโลหะ และการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง นอกจากนี้กระบวนการชีวภาพยังก่อให้เกิดกากตะกอนสลายยาก (Refractory Sludge) เกิดการดูดซับโลหะทั้งของกากตะกอนและเซลล์มวลชีวภาพ (Cellular Biomass) และทำให้เกิดกลิ่น จึงจำเป็นต้องมีการนำตะกอนไปบำบัดต่อไป

3.4.5) การบำบัด โดยกระบวนการใช้ความร้อน

(Thermal processes for treatment and/or disposal)

กระบวนการบำบัดโดยใช้ความร้อนได้รับการออกแบบมาเพื่อทำให้ของเสียอันตรายแตกตัวด้วยการเผาไหม้ (Combustion) หรือกระบวนการเผาไร้อากาศ (Pyrolysis) โดยให้วัตถุอยู่ภายใต้อุณหภูมิสูงในสภาวะแวดล้อมที่ควบคุมไว้ กระบวนการบำบัดโดยใช้ความร้อนจะช่วยทำลายสารอันตรายภายในเวลาไม่กี่วินาที ในขณะที่สารเหล่านั้นต้องใช้เวลาหลายปีในการย่อยสลาย หากทิ้งไว้ในสถานที่ฝังกลบ กระบวนการบำบัดแบบนี้มีความสำคัญและเป็นส่วนหนึ่งของแผนการจัดการของเสียอันตราย การทำงานของกระบวนการบำบัดโดยใช้ความร้อนจะรวมถึงการลดปริมาตรของของเสีย การหมุนเวียนพลังงานกลับคืนมาใช้ประโยชน์ การทำลายและการฆ่าเชื้อ

3.4.6) การบำบัดโดยกระบวนการปรับเสถียร กระบวนการทำให้เป็นก้อนแข็ง

(Stabilization/solidification processes)

การปรับเสถียร (Stabilization) เป็นระบบบำบัดกากของเสียอันตรายที่ใช้เทคโนโลยีขั้นพื้นฐานที่ประกอบด้วยวิธีทางกายภาพ และทางเคมี ในการทำให้กากของเสียอันตรายจากอุตสาหกรรมอยู่ในสภาพที่เสถียรเช่นเดียวกับสภาพของแร่ ซึ่งจะเป็นสภาพเบื้องต้นของสารพิษต่าง ๆ ก่อนที่จะนำมาแปรรูปเพื่อใช้ประโยชน์ และตกค้างเหลือเป็นกากของเสีย กระบวนการปรับเสถียรทำได้โดยการผสมกากของเสียกับสารเคมีเพื่อลดความเป็นพิษลง (Detoxification) จากนั้นจึงเติมตัวประสาน (Binder) ซึ่งจะเป็นวัสดุคล้ายดิน เช่น ซีเมนต์ หรือเถ้าจากเตาเผาเป็นต้น ลงไปเพื่อจับกากของเสียให้อยู่ภายในตัวประสานเหล่านี้ (Encapsulated) อันจะเป็นการลดความสามารถในการละลายน้ำของสารพิษที่จะหลุดออกมาปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม

3.4.7) การบำบัดแบบ ฝังกลบ

การฝังกลบเป็นการกำจัดของเสียอันตรายที่ไม่สามารถฟื้นฟูสภาพได้ เพื่อแน่ใจว่าจะไม่เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแม้ในระยะสั้นและระยะยาว ส่วนมากพบว่าของเสียที่กำจัด (เช่น ของเสียจากกระบวนการบำบัดสารอินทรีย์ การปรับเสถียร การทำให้เป็นก้อนแข็งหรือสาร inert ที่เหลือจากเตาเผา) จะผ่านการ บำบัดเบื้องต้น ก่อนนำมาฝังกลบบยังพื้นที่ฝังกลบ ซึ่งวิธีนี้เป็นส่วนหนึ่งที่จำเป็นในการจัดการของเสียอันตราย เพราะการจัดการของเสียอันตรายวิธีอื่นไม่สามารถกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นได้ทั้งหมด และการจัดการโดยการเผาในเตาเผาทำให้เกิดซี้ด้าเหลือ ซึ่งต้องนำไปกำจัดอย่างเหมาะสมอีกต่อไป

3.5 การจัดการของเสียอันตรายเชิงนโยบาย

ก. แนวทางการร่วมมือของภาครัฐ

กรมควบคุมมลพิษได้ศึกษาและสำรวจสถานการณ์ซากหลอดฟลูออเรสเซนต์ในประเทศไทย โดยความร่วมมือจากรัฐบาลญี่ปุ่น และองค์การส่งเสริมการค้าต่างประเทศของญี่ปุ่น หรือ JETRO เป็นผู้ประสานงานหลัก และให้การสนับสนุนการศึกษาของโครงการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจข้อมูลด้านปริมาณและการจัดการซากหลอดฟลูออเรสเซนต์ในประเทศไทยและวิเคราะห์ความคุ้มค่าในเชิงธุรกิจในการดำเนินกิจการรีไซเคิลซากหลอดฟลูออเรสเซนต์ในประเทศไทย เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาของกรมควบคุมมลพิษ ในการวางแผนส่งเสริมให้มีการเก็บรวบรวมซากหลอดฟลูออเรสเซนต์จากบ้านเรือนและสถานประกอบการต่างๆ เพื่อนำไปรีไซเคิลหรือกำจัดอย่างเหมาะสม โดยมุ่งเน้นให้มีการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่า และลดปริมาณของเสียที่ต้องนำไปกำจัดโดยการฝังกลบ ทั้งนี้ ปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายควบคุมการจัดการของเสียอันตรายจากชุมชนโดยเฉพาะและยังไม่มีหน่วยงานใดกำกับดูแลในเรื่องนี้อย่างชัดเจน

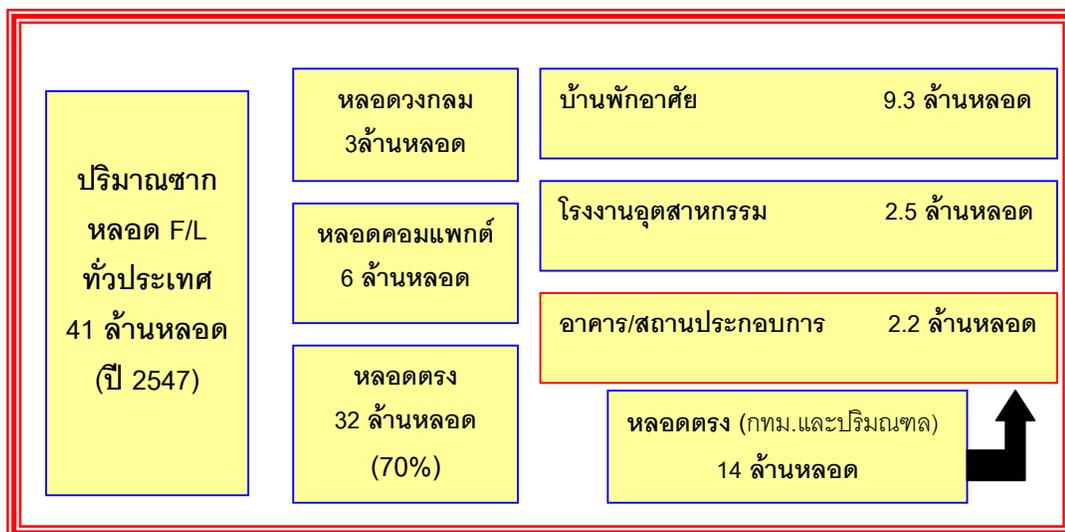
จากผลการศึกษาของกรมควบคุมมลพิษเมื่อปี 2547 โดยความร่วมมือจากรัฐบาลญี่ปุ่น และองค์การส่งเสริมการค้าต่างประเทศของญี่ปุ่น (JETRO) พบว่า ปริมาณซากหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั้งหมดอายุการใช้งานแล้วทั่วประเทศเกิดขึ้นประมาณ 41 ล้านหลอด โดยร้อยละ 70 เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดตรง และส่วนที่เหลือเป็นหลอดชนิดวงกลมและชนิดคอมแพคต์ สำหรับพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีปริมาณซากหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดตรงเกิดขึ้นประมาณ

14 ล้านหลอด คิดเป็นกว่าร้อยละ 50 ของปริมาณซากหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดตรงที่เกิดขึ้นทั่วประเทศ โดยสามารถจำแนกแหล่งกำเนิดซากหลอดฟลูออเรสเซนต์ออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ แหล่งกำเนิดประเภทบ้านพักอาศัย โรงงานอุตสาหกรรม และอาคาร/สำนักงาน/สถานประกอบการต่างๆ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลอัตราการเกิดซากหลอดฟลูออเรสเซนต์จากแหล่งกำเนิดต่างๆ พบว่า อาคาร/สำนักงาน/สถานประกอบการต่างๆ เป็นแหล่งกำเนิดที่มีอัตราการเกิดซากหลอดฟลูออเรสเซนต์มากที่สุด คือ โดยเฉลี่ยประมาณ 300 หลอด/อาคาร/ปี รองลงมาคือ โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีอัตราการเกิดซากหลอดฟลูออเรสเซนต์เฉลี่ยประมาณ 100 หลอด/โรงงาน/ปี และสุดท้ายคือ บ้านพักอาศัย ซึ่งมีอัตราการเกิดซากหลอดฟลูออเรสเซนต์เฉลี่ยประมาณ 3 หลอด/หลังคาเรือน/ปี ดังแสดงในภาพที่ 3.5-1

ภาพที่ 3.5-1

สถานการณ์ซากหลอดฟลูออเรสเซนต์

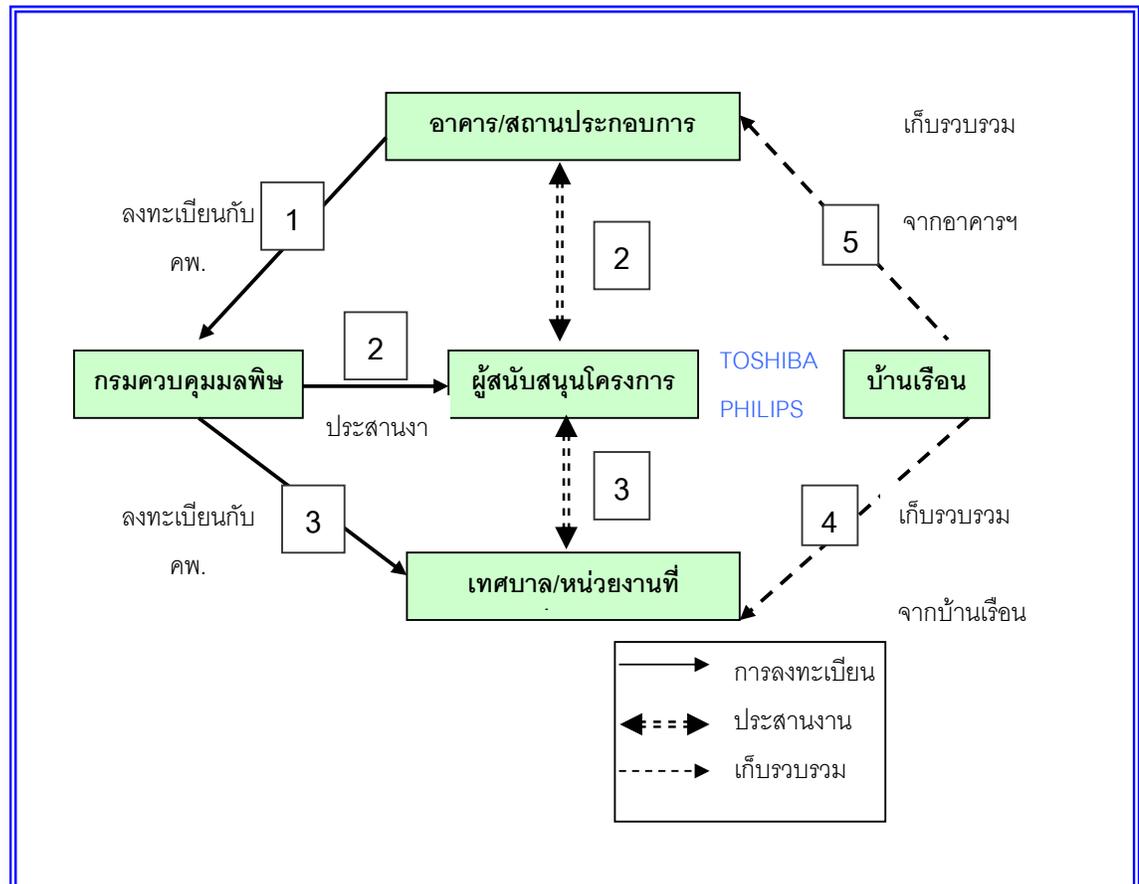


ที่มา : ส่วนของเสียอันตราย สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ ปี 2547

แนวทางการจัดการซากหลอกฟลูออเรสเซนต์ในปัจจุบันแบ่งได้เป็น 5 ขั้นตอนดังนี้ แสดงในภาพที่ 3.5-2

1. ลงทะเบียนสมัครเข้าร่วมโครงการ
2. กรมควบคุมมลพิษ จะรวบรวมรายชื่อผู้เข้าร่วมโครงการ และประสานงานกับผู้สนับสนุนโครงการ เพื่อวางแผนการเก็บรวบรวมในแต่ละรอบ โดยจะมีการเก็บรวบรวมปีละ 2 รอบ ในช่วงประมาณเดือน 6 และเดือน 12 ของปี
3. เมื่อถึงช่วงเวลากการเก็บรวบรวม ผู้สนับสนุนโครงการจะมีรถขนส่งเข้าเก็บรวบรวมซากหลอก ฟลูออเรสเซนต์จากผู้เข้าร่วมโครงการที่มีอาคารตั้งอยู่ในพื้นที่ให้บริการเก็บรวบรวม (กรุงเทพมหานครและปริมณฑล) โดยไม่คิดค่าใช้จ่าย ทั้งนี้ จะต้องเป็นหลอกฟลูออเรสเซนต์ชนิดตรงที่ไม่แตกเท่านั้น
4. สำหรับผู้เข้าร่วมโครงการที่มีอาคารตั้งอยู่นอกพื้นที่ให้บริการเก็บรวบรวม สามารถขนส่งซากหลอกฟลูออเรสเซนต์ไปยังโรงงานรีไซเคิลของผู้สนับสนุนโครงการได้โดยตรง ซึ่งปัจจุบันมี 2 แห่ง คือ โรงงานรีไซเคิลของบริษัท ไทยโตชิบาไลต์ติ้ง จำกัด ที่นิคมอุตสาหกรรมบางกระดี่ จังหวัดปทุมธานี หรือโรงงานรีไซเคิลของบริษัท ฟิลิปส์ อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่นิคมอุตสาหกรรมบางปู จังหวัดสมุทรปราการ โดยขอให้ประสานแจ้งนัดหมายล่วงหน้า และทั้งสองโรงงานจะรับจัดการซากหลอกฟลูออเรสเซนต์ให้โดยไม่คิดค่าใช้จ่าย ทั้งนี้ จะต้องเป็นหลอกฟลูออเรสเซนต์ชนิดตรงที่ไม่แตกเท่านั้น
5. สำหรับประชาชนทั่วไป สามารถให้ความร่วมมือได้ด้วยวิธีการง่ายๆ เพียงไม่ทิ้งซากหลอกฟลูออเรสเซนต์รวมไปกับขยะมูลฝอยทั่วไป และนำบรรจุใส่ซองบรรจุหลอกฟลูออเรสเซนต์หรือห่อด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ รมัดระวังอย่าทำให้หลอกแตก และนำไปฝากทิ้งยังอาคารหรือสถานประกอบการที่เข้าร่วมโครงการ เพียงเท่านั้น ทุกคนก็สามารถมีส่วนร่วมในการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมได้ เพื่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้น

ภาพที่ 3.5-2
แนวทางการจัดการซากหลอดฟลูออเรสเซนต์



ที่มา : ส่วนของเสียอันตราย สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ

3.6 การจัดการของเสียอันตรายเชิงเทคนิค

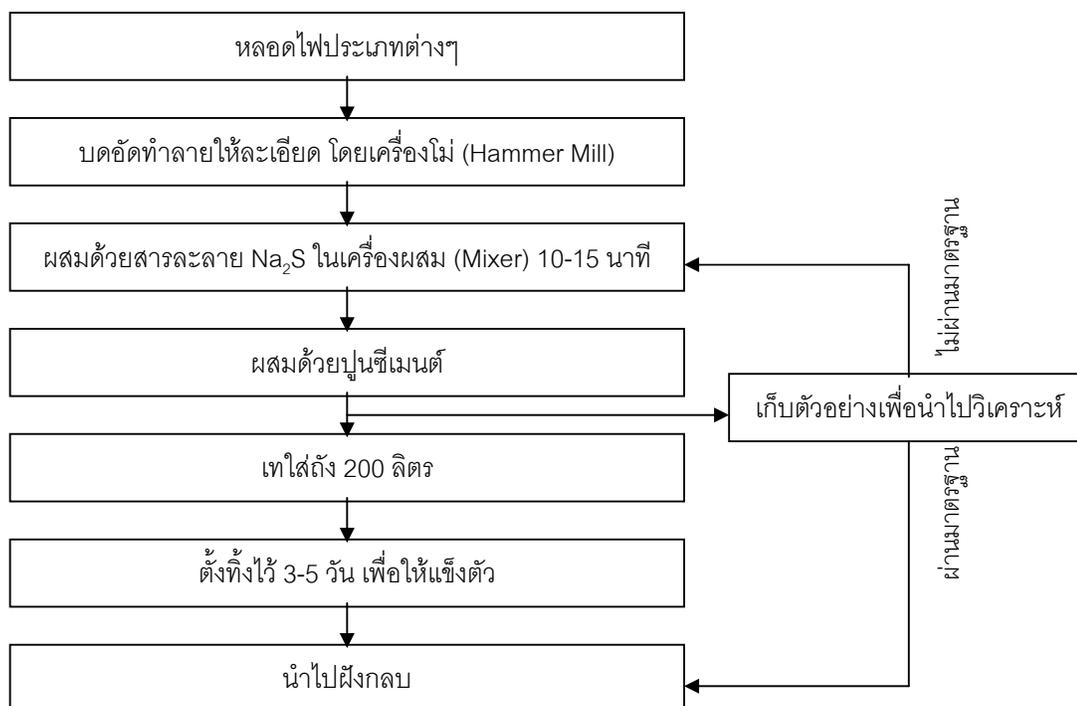
ก. กระบวนการกำจัดซากหลอดฟลูออเรสเซนต์

ปริมาณซากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่รวบรวมได้จากโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อนำเข้าสู่กระบวนการกำจัดนั้น พบว่า เฉพาะที่ศูนย์กำจัดอุตสาหกรรมแสมดำของ GENCO และที่ศูนย์กำจัดอุตสาหกรรมสระแก้วของบริษัท โปรเฟสชั่นแนล เวสต์ เทคโนโลยี (1999) จำกัด (มหาชน) มีประมาณ 2.5 ตัน/เดือน หรือประมาณ 30 ตัน/ปี (ยังไม่รวมซากหลอดที่ส่งไป

กำจัดยัง GENCO ศูนย์ระยอง ซึ่งมีประมาณ 84 ตัน/ปี) ปัจจุบัน คิดราคาค่ากำจัดอยู่ที่ประมาณ 5,000-7,000 บาท/ตัน ซึ่งจากการสำรวจของคณะผู้ศึกษา พบว่า เทคโนโลยีที่ใช้ในการกำจัด คือวิธีทำให้เป็นของแข็ง (Solidification) โดยในขั้นแรกจะนำซากหลอดไฟเข้าสู่เครื่องโม่ (Hammer Mill) เพื่อบดให้ละเอียด และจะถูกส่งเข้าเครื่องผสม (Mixer) นานประมาณ 10-15 นาที ซึ่งในขั้นตอนนี้จะมีการเติมสารละลาย Na_2S เพื่อเปลี่ยนสารปรอทให้มีอันตรายน้อยลง โดยอยู่ในรูปของ HgS ขั้นต่อไปจะผสมด้วยปูนซีเมนต์ แล้วเทใส่ถังขนาด 200 ลิตร ทิ้งไว้ประมาณ 3-5 วัน เพื่อให้ปูนซีเมนต์แข็งตัว จากนั้นถึงดังกล่าวจะถูกนำไปฝังกลบกากอุตสาหกรรมต่อไป สำหรับแผนภาพแสดงกระบวนการกำจัดซากหลอดฟลูออเรสเซนต์ดังภาพที่ 3.6-1

ภาพที่ 3.6-1

กระบวนการกำจัดซากหลอดฟลูออเรสเซนต์



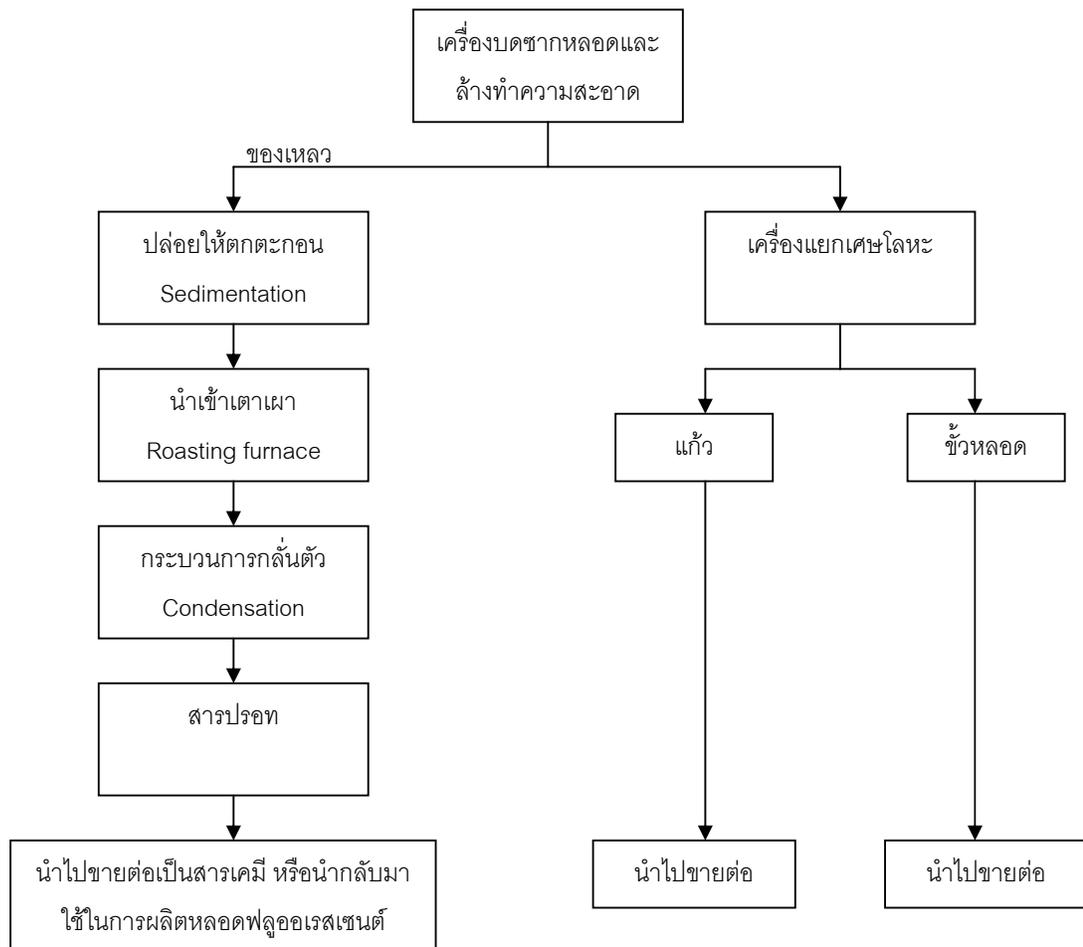
ข. เทคโนโลยีการรีไซเคิลหลอดฟลูออเรสเซนต์

เทคโนโลยีที่ใช้ในการรีไซเคิลหลอดฟลูออเรสเซนต์จำแนกออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

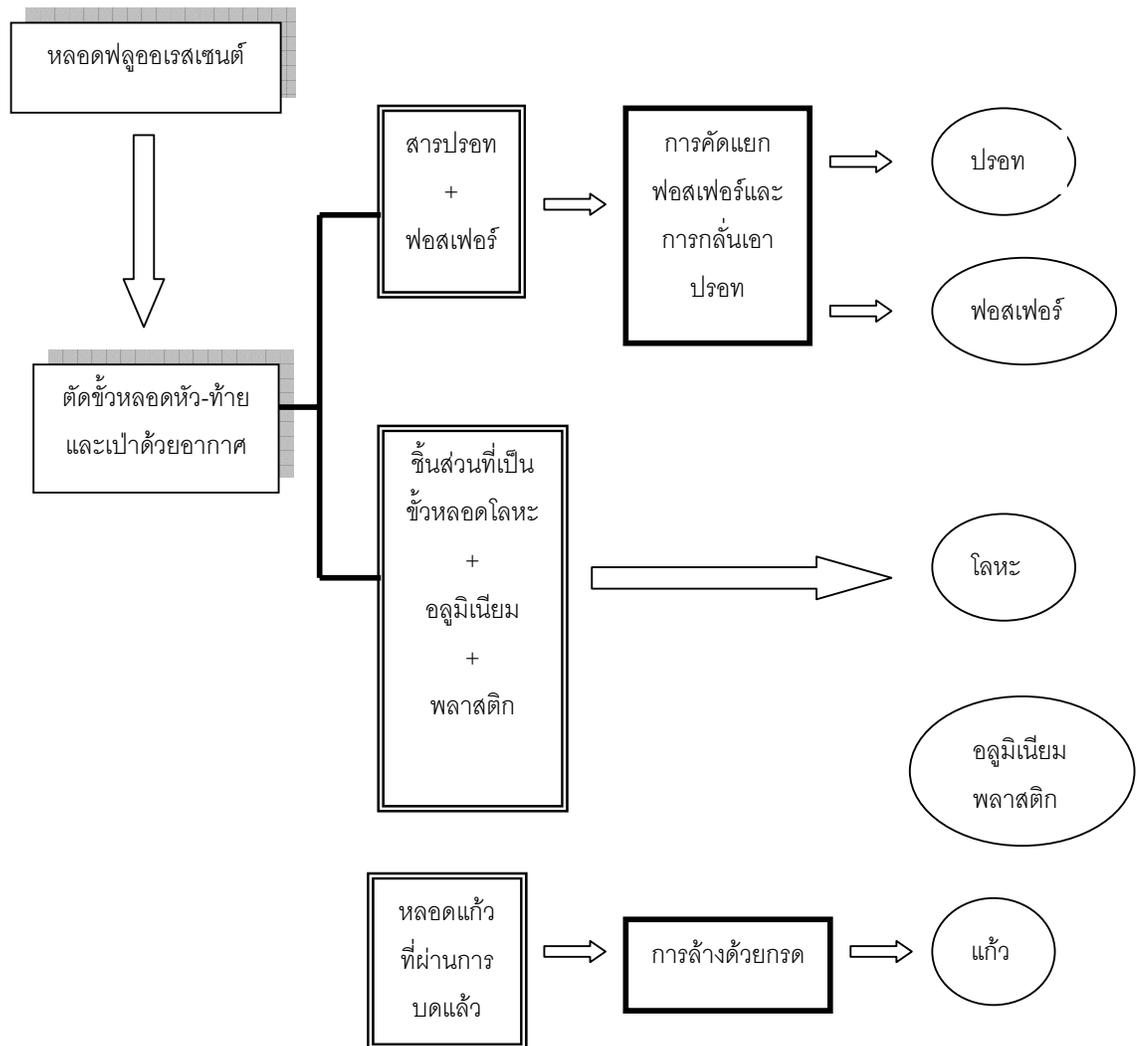
- เทคโนโลยีที่มีการติดตั้งเครื่องกลั่นสารปรอทไว้ในกระบวนการรีไซเคิล โดยใช้กระบวนการกลั่นแบบ Condensation และมีกระบวนการกลั่นให้เป็นปรอทบริสุทธิ์ (Mercury refinery) รวมอยู่ในกระบวนการด้วย ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่โรงงานในเมืองฮอกไกโด ประเทศญี่ปุ่นใช้อยู่ในปัจจุบัน ดังแสดงในรูปที่ 3.6-2
- เทคโนโลยีที่มีการติดตั้งเครื่องคัดแยกสารปรอทแยกต่างหากโดยใช้กระบวนการกลั่นแบบ Distillation หรือวิธีการทำให้ระเหย ดังแสดงในรูปที่ 3.6-3

ภาพที่ 3.6-2

กระบวนการรีไซเคิลหลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบที่ 1

ที่มา: <http://www.nomurakohsan.co.jp/keikou/index.html>

ภาพที่ 3.6-3
กระบวนการรีไซเคิลหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบที่ 2



ค. เทคโนโลยีการรีไซเคิลหลอดไฟของบริษัท ไทยโตชิบาไลต์ติ้ง จำกัด

หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่จะนำมาเข้ากระบวนการจะต้องเป็นหลอดตรงขนาด 18 วัตต์และ 36 วัตต์ ชนิดที่ให้แสงสว่างทั่วไปเท่านั้น โดยความสามารถของเครื่องบดหลอดจะทำงานวันละ 8 ชั่วโมงซึ่งสามารถบดหลอดแก้วได้ 10,000 หลอด ขั้นตอนทั้งหมดมี 6 ขั้นตอน โดยขั้นตอนที่ 1-4 จะเป็นระบบปิดโดยจะมีระบบการดูดอากาศเพื่อดักจับไอปรอท

ขั้นตอนที่ 1 นำหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่หมดอายุแล้ว และตัวหลอดต้องไม่แตกชำรุด ใส่เข้าใน Hopper ซึ่งจะส่งหลอดผ่านทางสายพานลำเลียง เข้าสู่เครื่องตัดหลอด เพื่อตัดปลายหลอดทั้ง 2 ข้างออกโดยใช้กรรมวิธี Thermal Shock คือ การให้ความร้อนด้วยอุณหภูมิสูงที่ 600 องศาเซลเซียสกับแก้วบริเวณแคบๆ เป็นเวลา 1.5 ถึง 2.0 วินาที หลังจากนั้นให้บริเวณดังกล่าวสัมผัสกับวัสดุที่ดูดซับความร้อนอย่างรวดเร็ว จะทำให้เนื้อแก้วบริเวณนั้นร้าว และหลุดออกจากกันแยกส่วนที่เป็นขั้วหลอดขายให้โรงงานหลอมอลูมิเนียม

ภาพที่ 3.6 – 4
เครื่องตัดหลอดแก้ว



ขั้นตอนที่ 2 ส่วนของตัวหลอดแก้วที่ผ่านการตัดปลายหลอด ตามขั้นตอนที่ 1 แล้วซึ่งยังคงมีส่วนประกอบของสารเรืองแสง และปรอทจับอยู่ในตัวหลอดจะถูกลำเลียงโดยสายพาน Conveyor เข้าสู่ระบบบดหยาบ Rough Crusher ซึ่งอยู่ในห้องปิด

ภาพที่ 3.6 – 5
ระบบน้ำหมุนเวียน



ขั้นตอนที่ 3 หลอดแก้วถูกบดให้แตกในห้องบดหยาบ Rough Crusher จากนั้นลำเลียงเศษแก้วเข้าสู่ระบบ Fine Crusher ใช้เวลา 20 นาที เพื่อทำการชะล้างให้ปรอทหลุดออกจากเศษแก้ว โดยใช้ระบบน้ำหมุนเวียนจึงไม่มีการระบายน้ำออกสู่ภายนอก

ภาพที่ 3.6 – 6

ห้องบดหยาบ Rough Crusher



ขั้นตอนที่ 4 แยกกากปรอทออกจากน้ำ โดยน้ำจากการชะล้างปรอทที่ติดอยู่กับเศษแก้วนั้น ไหลลงสู่บ่อตกตะกอน Sedimentation Pond ซึ่งเป็นบ่อระบบปิด เพื่อแยกปรอทออกจากน้ำโดยการตกตะกอนโดยน้ำที่ผ่านการตกตะกอนแล้ว สามารถนำกลับมาเวียนใช้ในการชะล้างเศษแก้วในขั้นตอนที่ 3 ซ้ำได้อีก

ขั้นตอนที่ 5 แยกสารตกตะกอน Sludge ออกจากบ่อตกตะกอน เมื่อมีปริมาณกากของเสียได้ 10 ตัน โดยนำไปบรรจุในภาชนะที่เหมาะสม เพื่อส่งไปกำจัดโดยบริษัทที่ได้รับอนุญาตอย่างถูกต้องตามกฎหมายต่อไป

ภาพที่ 3.6 – 7
กากของเสียจากการ Recycle



ขั้นตอนที่ 6 นำเศษแก้วที่ผ่านการชะล้างในขั้นตอนที่ 3 แล้วนั้น ไปเก็บไว้ในบริเวณที่จัดเก็บ เพื่อรอการนำกลับไปใช้หลอมเป็นแก้วใหม่อีกครั้ง โดยพื้นที่ของบริเวณที่จัดเก็บจะมีความลาดเพื่อป้องกันน้ำไหลออกสู่ภายนอก

ภาพที่ 3.6 – 8
เศษแก้วที่ได้จากการ Recycle



ง. เทคโนโลยีการรีไซเคิลหลอดไฟของ บริษัท Japan Recycling Light Co., Ltd
ประเทศญี่ปุ่น

เทคโนโลยีการรีไซเคิลหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ที่ประเทศญี่ปุ่นซึ่งได้ดำเนินการรีไซเคิลหลอดไฟได้เศษแก้วกว่าร้อยละ 80 เช่น บริษัท Japan Recycling Light Co., Ltd ณ เมืองคิตะคิวชู มีกระบวนการดำเนินงานเริ่มจากการนำซากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีสภาพสมบูรณ์ไม่แตกหักทั้งชนิดหลอดตรง (Straight Tube) และหลอดกลม (Circular Tube) ซึ่งรับมาจากบ้านเรือน

อาคาร สำนักงานป้อนเข้าสู่เครื่องจักรเพื่อตัดขั้วหัวท้ายหลอดขณะลนด้วยเปลวไฟร้อน (Heat and Wind Pressure Cutting) และใช้แรงลมเป่าภายในหลอดเพื่อเก็บสารปรอท จากนั้นหลอดแก้วที่ผ่านการตัดเป่าลมจะถูกบดหยาบและบดละเอียด จนเป็นเศษแก้ว (Glass Cullet) และนำไปผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาดและเป่าแห้ง (Washing and Drying Process) ก่อนจะถูกส่งเข้าโรงงานผลิตหลอดฟลูออเรสเซนต์สำหรับนำไปหลอมเป็นหลอดแก้วใหม่ต่อไป แสดงขั้นตอนการรีไซเคิลหลอดฟลูออเรสเซนต์ ของ บริษัท Japan Recycling Light Co., Ltd ดังภาพที่ 3.6-9

ภาพที่ 3.6-9

กระบวนการรีไซเคิลหลอดฟลูออเรสเซนต์ ของ บริษัท Japan Recycling Light Co., Ltd



ซากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์



การป้อนหลอดชนิดตรงเข้าเครื่องจักรเพื่อตัดขั้วหัวท้าย



ระบบการตัดด้วยความร้อนและแรงลม และแยกสารปรอท



การป้อนหลอดชนิดกลมเข้าเครื่องจักรเพื่อตัดขั้วหัวท้าย



บางส่วนของกระบวนการบด คัดแยก สารเคลือบหลอดและทำความสะอาด



ถุงบรรจุเศษแก้วเพื่อรอจำหน่ายให้โรงงานผลิต หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์

3.7 การประเมินผลกระทบวัฏจักร (Life Cycle Assessment : LCA) (ที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์)

การประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) คือกระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Production Life Cycle) ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การใช้ใหม่/การแปรรูปและการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

การทำ LCA นี้ค่อนข้างแตกต่างจากเครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมด้านอื่นๆ เนื่องจาก LCA เป็นกระบวนการประเมินค่าผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์หรือหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้น โดยเน้นผลเชิงปริมาณที่ชัดเจน (Quantitative) เป็นประเด็นสำคัญ ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้การศึกษา LCA นี้จะค่อนข้างมีความซับซ้อนมากกว่าเครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ที่มีอยู่พอสมควร เพราะต้องทำการวิเคราะห์ตั้งแต่แหล่งกำเนิดของทรัพยากรที่นำมาใช้ไปจนถึงขั้นตอนการทำลายซากผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาทุกๆ ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและให้ความสำคัญในทุกๆ ประเด็นที่เกิดขึ้น

การศึกษา LCA ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลักดังต่อไปนี้ (แสดงดังภาพที่ 3.7-1)

1. กำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition)

การกำหนดเป้าหมายควรครอบคลุมการตอบปัญหาเหล่านี้

- ผลการวิเคราะห์ของ LCA ที่ได้ต้องการนำไปใช้ทำอะไร
- การเปลี่ยนแปลงใดที่จะเกิดขึ้น เมื่อมีการตัดสินใจทำ LCA
- ผลิตภัณฑ์ใหม่จะได้รับการปรับปรุงในเรื่องใดบ้าง ทำให้เกิดผลอย่างไรต่อสิ่งแวดล้อมการกำหนดขอบเขตก็คือการบ่งชี้และกำหนดสิ่งที่ต้องการประเมินและจำกัดรวบรวมสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อเป้าหมายของ LCA ซึ่งประกอบด้วย
- การกำหนดสิ่งที่จะศึกษารวมทั้งการกำหนดหน้าที่ของผลิตภัณฑ์

(Functional Unit)

- การเลือกระบบหรือผลิตภัณฑ์อ้างอิงเพื่อแสดงให้เห็นวัตถุประสงค์ของการศึกษา
- การออกแบบตัวแปร (Parameter) ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- การบ่งชี้กระบวนการผลิตที่สำคัญทางสิ่งแวดล้อมในระบบผลิตภัณฑ์ที่สัมพันธ์กับเป้าหมายของ LCA
- กำหนดขอบเขตของเวลา สำหรับการตัดสินใจที่จะใช้ รวมทั้งกำหนดเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ในระบบผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการประเมินทางสิ่งแวดล้อมมาแล้ว
- การจัดสรรและแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในระบบผลิตภัณฑ์

2. การจัดทำบัญชีรายการ (Inventory)

จุดมุ่งหมายการจัดทำบัญชีรายการคือ การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการที่ได้มีการกำหนดไว้แล้วในขั้นตอนการกำหนดขอบเขตและการสร้างแบบจำลองของระบบผลิตภัณฑ์ซึ่งประกอบด้วย

- การสร้างหน่วยของข้อมูล (Data Unit) และตั้งหน่วยของกระบวนการ (Process system)
- การเก็บข้อมูลและการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากระบบผลิตภัณฑ์
- การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบฟอร์มที่เข้าใจง่าย ซึ่งควรประกอบด้วยรายละเอียดของกระบวนการผลิต, คุณลักษณะข้อมูล เช่นคุณภาพข้อมูล, ข้อจำกัด, ช่วงเวลาที่ทำการศึกษาและที่มาของข้อมูล เป็นต้น

3. การประเมินผลกระทบ (Impact Assessment)

การตีความต้องอยู่บนพื้นฐานความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม, แหล่งทรัพยากร, และสิ่งแวดล้อมของสภาพการทำงานและต้องแสดงให้เห็นว่าการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมใดที่สำคัญตามระดับความสนใจ ตามลำดับดังนี้

- การจัดแบ่งบัญชีรายการข้อมูลที่ได้ตามประเภทของผลกระทบ (Classification)
- การทำแบบจำลองของบัญชีรายการข้อมูลในแต่ละประเภทของผลกระทบ (Characterization)
- การจัดหมวดหมู่ของผลลัพธ์จำเพาะบางกรณีที่มีความสำคัญ (Valuation)

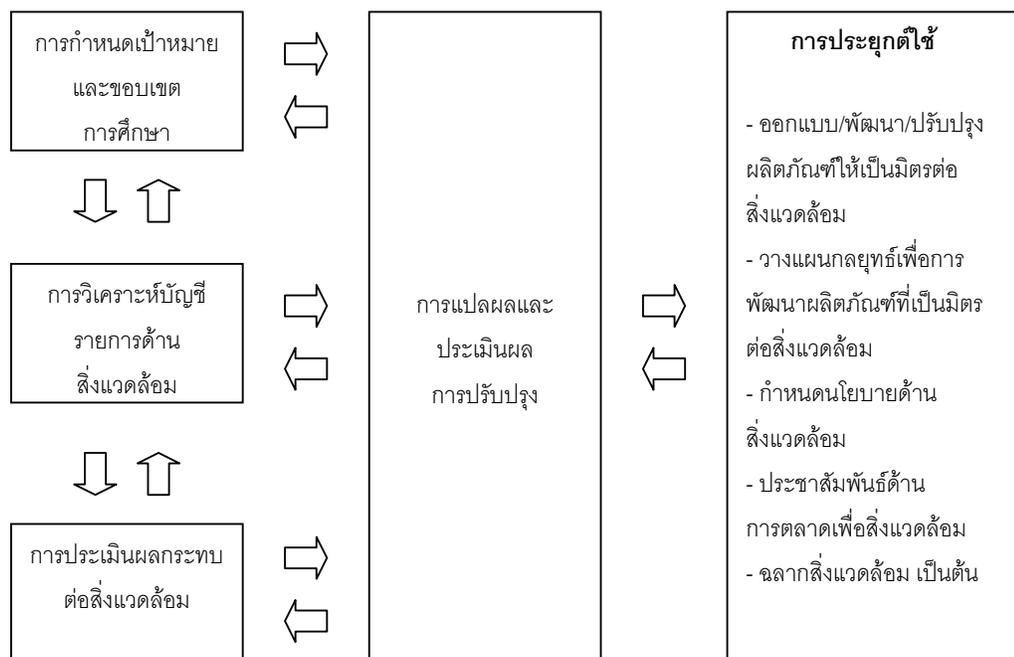
4. การแปลผลการศึกษา (Life Cycle Interpretation)

การแปลผลการศึกษาประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆดังนี้

- การจำแนกประเด็นที่สำคัญที่มาจากผลลัพธ์ของขั้นการวิเคราะห์ การทำบัญชีรายการ และการวิเคราะห์บัญชีรายการของการทำการประเมินวัฏจักรชีวิต
- การประเมินค่า (Evaluation) เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ ความอ่อนไหวของผลการศึกษาและความสอดคล้องของข้อมูล
- การจัดทำบทสรุป ข้อเสนอแนะและรายงานผล

ภาพที่ 3.7-1

กรอบการดำเนินงาน LCA ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040



ประโยชน์จากการประยุกต์ใช้ LCA

- ทาวิถีที่จะบ่งชี้ หรือระบุถึงการปรับปรุงผลิตภัณฑ์และออกแบบทางเลือกใหม่ โดยอาจเป็นการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีเพื่อลดการใช้วัตถุดิบ ลดการใช้ภาชนะบรรจุ ลดการใช้พลังงาน ฯลฯ
- เป็นรากฐานในการด้านเปรียบเทียบกับ การปรับปรุงหรือดัดแปลงในภาค
- จะทราบถึงปริมาณและการตรวจสอบถึงการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์และการปล่อยออกโดยชี้ให้เห็นถึงศักยภาพทรัพยากรและโอกาสในการลดของเสีย ซึ่งมี

ความสัมพันธ์กับการปฏิบัติการในด้านการผลิตเช่น การสกัดวัตถุดิบ การประกอบและการขนส่ง

โปรแกรม SimaPro 7.0

โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม เช่น มีการวิเคราะห์ผลกระทบตามระบบ ISO มีการเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเปรียบเทียบ มีฐานข้อมูล มีการแสดงผลในรูปแบบตาราง หรือกราฟ เป็นโปรแกรมที่เหมาะสมกับวิศวกรสิ่งแวดล้อม วิศวกรออกแบบ ความยืดหยุ่นในการเพิ่มข้อมูลใหม่ ใช้ระยะในการศึกษา มีการปรับปรุงฐานข้อมูล นอกจากนี้แล้วยังสามารถสังเกตได้ว่ามีโปรแกรม LCA อื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับ SimaPro แต่ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญคือราคาและการยอมรับของผู้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จากปริมาณลิขสิทธิ์ที่ขายได้ของโปรแกรมสำเร็จรูป

Eco - indicator 99

วิธีการประเมินค่าทางผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันมีอยู่หลายวิธี เช่น Ecoscarcity method และ Environmental theme method พัฒนาโดย Baumann (1994) EDIP (Environmental Design of Industrial Products) method พัฒนาโดย Wenzel (1997) EPS method พัฒนาโดย Centre for Environmental Assessment of Products and Material Systems และ Eco - Indicator 99 พัฒนาโดยบริษัท Pre'Consultants โดยวิธี Eco - Indicator 99 ถูกใช้อย่างแพร่หลายและมีระบบการให้น้ำหนักที่สนับสนุนข้อมูลสำหรับข้อมูลทางสิ่งแวดล้อมของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังถูกใช้เพื่อช่วยเหลือกระบวนการออกแบบในการคัดเลือกวัตถุดิบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

ขั้นตอนการหาค่าการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของวิธี Eco - Indicator 99 สามารถแบ่งผลกระทบได้ 11 ประเภท โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามลักษณะของกลุ่มประเภทเป้าหมาย ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ผลกระทบต่อสุขภาพ (Damage to human health) ตัวชี้วัดนี้พัฒนาขึ้นภายใต้ความคิดที่ว่า มนุษย์ควรจะต้องได้รับผลกระทบที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ การผลิต และกิจกรรมใด ๆ

ทั้งในเวลาปัจจุบันและอนาคต ดังนั้นดัชนีผลกระทบต่อสุขภาพจึงพิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมหรือสารที่เกี่ยวข้องในวัฏจักรชีวิต โดยการคำนวณผลกระทบจะอยู่ในรูปของ จำนวนปีที่สูญเสียไปหรือ DALYs โดยตัวชี้วัดในกลุ่มนี้ประกอบด้วย

1. Carcinogenic คือ สารก่อมะเร็ง
2. Respiration of organic substance คือ สารอินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ ได้แก่ มีเทน และสารประกอบอินทรีย์ระเหยที่ไม่มีมีเทน ซึ่งทั้งสองชนิดนี้เป็นสารไฮโดรคาร์บอน
3. Respiration of inorganic substance คือ สารอนินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ ได้แก่ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ,คาร์บอนมอนอกไซด์,ก๊าซมีเทน,และก๊าซไนตรัสออกไซด์
4. Climate change คือ อุณหภูมิของโลกที่เปลี่ยนแปลงไป เกิดจากก๊าซที่มีผลต่อภาวะเรือนกระจก ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์,ก๊าซมีเทน,และก๊าซไนตรัสออกไซด์
5. Ozone depletion คือ ปัญหาการลดลงของชั้นโอโซนเกิดจากการปล่อยสาร Halocarbons ซึ่งเกิดจากการสังเคราะห์หรือภาคยานุวัติของซิงค์ซัลไฟด์ ทำให้ปริมาณโอโซนลดลงซึ่งปริมาณความเข้มข้นของรังสี UV ในแสงอาทิตย์สามารถส่องถึงพื้นโลกได้โดยตรงเป็นอันตรายต่อทุกสิ่งในโลก
6. Radiation คือ การแผ่รังสี

กลุ่มที่ 2 ผลกระทบต่อการคงอยู่ของสิ่งแวดล้อม (Damage to ecosystem quality) ตัวชี้วัดนี้พัฒนาขึ้นภายใต้ความคิดที่ว่า สิ่งมีชีวิตควรจะไม่ได้รับผลกระทบทั้งในด้านการเปลี่ยนแปลงปริมาณ และการกระจายตัวของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ แสดงผลในรูปของ สัดส่วนในการสูญหายไป ของสิ่งมีชีวิตหนึ่ง ๆ ต่อหน่วยพื้นที่ต่อหน่วยเวลา ($\text{PDF}/\text{m}^2/\text{year}$) โดยตัวชี้วัดในกลุ่มนี้ประกอบด้วย

7. Acidification คือ ปัญหาภาวะความเป็นกรดในบรรยากาศ เกิดจากการปล่อยก๊าซพิษที่สามารถก่อตัวรวมกับไอน้ำในบรรยากาศเกิดเป็นกรดร้ายแรงได้
8. Ecotoxicity คือ นิเวศวิทยาเป็นพิษ

กลุ่มที่ 3 ผลกระทบต่อทรัพยากร (Damage to moneral and fossil resources) ตัวชี้วัดนี้พัฒนาขึ้นภายใต้ความคิดที่ว่า ธรรมชาติได้ให้ทรัพยากรแด่มนุษยชาติ ซึ่งทรัพยากรเหล่านี้ควรจะต้องคงอยู่ต่อไปในอนาคต โดยคิดอยู่ในรูปของพลังงานที่จำเป็นสำหรับการหาทรัพยากรมาชดเชยสิ่งที่ใช้ไปในปัจจุบัน (MJ Energy Surplus) โดยตัวชี้วัดในกลุ่มนี้ประกอบด้วย

9. Mineral คือ ปัญหาการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ โดยแหล่งทรัพยากรส่วนมากใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างตัวนานมาก ๆ เช่นแร่ธาตุต่าง ๆ มนุษย์มีการใช้ทรัพยากรอย่างสิ้นเปลือง โดยไม่มีการประหยัด ถ้าไม่มีการรณรงค์เรื่องการนำกลับมาใช้ใหม่ธาตุต่างๆ เหล่านี้จะหมดไป

10.Fossil fuel คือ ปัญหาการลดลงของเชื้อเพลิง ซึ่งเชื้อเพลิงฟอสซิล เป็นเชื้อเพลิงที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ปัจจุบันเชื้อเพลิงเหล่านี้มีปริมาณลดลงมากเนื่องจากการเติบโตของประชากรสูง มีความต้องการใช้เชื้อเพลิงนี้มากยิ่งขึ้น ถือเป็นปัญหาสำคัญลำดับต้น ๆ ในการพิจารณาเรื่องผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและสังคม

11.Land use คือ การใช้ประโยชน์ที่ดิน