

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดการกากกัมมันตรังสี (Radioactive waste management)

2.1.1 กากกัมมันตรังสีคืออะไร

กากกัมมันตรังสีคือวัสดุใดๆ ที่ไม่มีประโยชน์ในทางปฏิบัติเรียกว่ากาก ซึ่งประกอบด้วย ไอโซโทปกัมมันตรังสีในปริมาณที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม จำเป็นต้องจำกัดให้อยู่ใน สถานที่ที่ปลอดภัยและแน่ใจว่าจะไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมทั้งในปัจจุบันและอนาคต เพื่อความสะดวกในหลาย ๆ ประการ จึงต้องมีการแบ่งกากกัมมันตรังสีไว้เป็นประเภท ๆ โดยเกณฑ์ที่ใช้ ก็ยังมีหลายประการขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการนำไปใช้ตัวอย่างของกากกัมมันตรังสีประเภทต่าง ๆ แบ่งตามเกณฑ์ดังนี้

2.1.1.1 ชนิดของกากกัมมันตรังสี แบ่งตามระดับความแรงรังสี [31]

2.1.1.1.1 กากที่ไม่มีอันตราย (Exempt waste) เป็นกากที่มีส่วนประกอบ ของไอโซโทปกัมมันตรังสีหรือเรดิโอนิวไคลด์ ในปริมาณต่ำเกินกว่าจะก่อให้เกิดอันตรายได้โดยกาก กัมมันตรังสีชนิดนี้จะมีความแรงวัดจากปริมาณรังสีที่บุคคลได้รับน้อยกว่า 0.01 มิลลิซีเวิร์ต

2.1.1.1.2 กากกัมมันตรังสีระดับต่ำถึงระดับปานกลาง (low level and intermediate level waste , ILW , LLW) คือกากกัมมันตรังสีที่มีความแรงรังสีไม่เกิน 400 เบคเคอเรล ต่อหนึ่งกรัมของกากกัมมันตรังสีและมีพลังงานความร้อนที่ปลดปล่อยออกมาไม่เกิน 2 กิโลวัตต์ต่อลูก บาศก์เมตร นอกจากนี้กากกัมมันตรังสีระดับต่ำยังถูกแบ่งย่อยลงไปอีกเป็นกากกัมมันตรังสีที่มีค่าครึ่งชีวิตยาว (มากกว่า 30 ปี) และกากกัมมันตรังสีที่มีค่าครึ่งชีวิตสั้น (น้อยกว่า 30 ปี)

2.1.1.1.3. กากกัมมันตรังสีระดับสูง (High level waste ; HLW) เป็น กากกัมมันตรังสีที่ประกอบด้วยวัสดุกัมมันตรังสีในปริมาณหรือมีระดับความแรงรังสีสูงกว่าที่กำหนดในกาก กัมมันตรังสีระดับต่ำถึงระดับปานกลางและปลดปล่อยพลังงานความร้อนมากกว่า 2 กิโลวัตต์ต่อลูก บาศก์เมตร

2.1.1.2. ประเภทของกากกัมมันตรังสีแบ่งตามลักษณะทางกายภาพ เช่น

2.1.1.2.1 กากกัมมันตรังสีประเภทของแข็ง (solid waste) เช่น วัสดุ อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่มีการปนเปื้อนรังสี

2.1.1.2.2 กากกัมมันตรังสีประเภทของเหลว (liquid waste) เช่น สารละลายที่มีรังสี สารอินทิลแลนท์

2.1.1.2.3 กากกัมมันตรังสีประเภทก๊าซ (Gaseous waste)

2.1.1.2.4 กากกัมมันตรังสีประเภทตะกอนเปียก (wet waste)

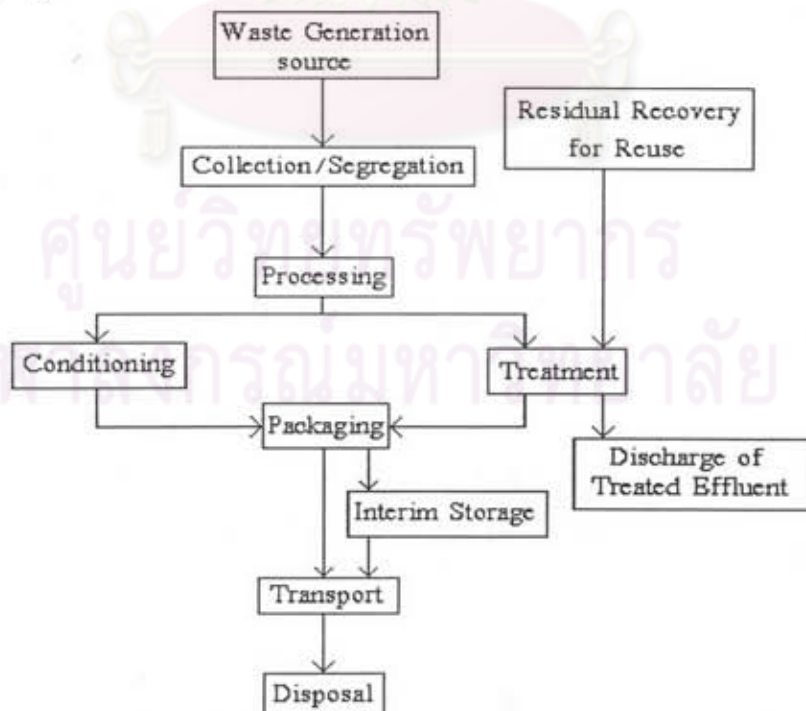
2.1.1.2.5 กากกัมมันตรังสีประเภทสเลอรี (Slurry)

2.1.1.2.6 กากกัมมันตรังสีประเภทอื่นๆ เช่น กากประเภทเรซิน

2.1.1.3. ประเภทของกากกัมมันตรังสีแบ่งตามที่มาของกากกัมมันตรังสี เช่น จากโรงงานอุตสาหกรรม สถาบันการศึกษา ห้องปฏิบัติการวิจัย โรงพยาบาล กากกัมมันตรังสีจากโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ เช่น กากขี้เถ้าจากการผลิตเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าและเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (Spent fuel) กากกัมมันตรังสีจากหน่วยงานรัฐบาล เช่น จากหน่วยงานที่มีหน้าที่ป้องกันประเทศ เป็นต้น

2.1.2 การจัดการกากกัมมันตรังสี (Radioactive Waste Management)

ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency : IAEA) ได้ให้คำนิยามของการจัดการกากกัมมันตรังสีว่า “ การจัดการ กิจกรรม การกระทำใดๆที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงาน (Handling) การบำบัด (Treatment) การแปรสภาพ (Condition) การขนส่ง (Transportation) การจัดเก็บกัก (Storage) และการทิ้งกาก (Disposal) ของกากกัมมันตรังสี (IAEA 1992) ” รูปที่ 2-1 แสดงขั้นตอนในการจัดการกากกัมมันตรังสีโดยสังเขป



รูปที่ 2-1 ขั้นตอนในการจัดการกากกัมมันตรังสี [28]

2.1.2.1 การบำบัดกากกัมมันตรังสี (Radioactive Waste Treatment) เป็นการทำให้กากกัมมันตรังสีอยู่ในสภาพพร้อมสำหรับกระบวนการต่อไป กล่าวง่าย ๆ คือการทำให้กากกัมมันตรังสีที่มีลักษณะแตกต่างกันในตอนเริ่มต้นมีสถานะใกล้เคียงกันในที่สุด เช่น จากกากกัมมันตรังสีของเหลวนำไปทำให้เป็นของแข็งซึ่งเป็นการทำให้ปริมาตรลดลง (Volume reduction) ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นในการบำบัดกากกัมมันตรังสี เพื่อลดจำนวนซึ่งจะทำให้ลดค่าใช้จ่ายไปได้อีกทางหนึ่งด้วย ตัวอย่างกระบวนการบำบัดกากกัมมันตรังสีที่ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวาง เช่น การใช้วิธีการแลกเปลี่ยนไอออน (Ion-exchange) การกรอง (Filtration) การกลั่น (Distillation) การระเหย (Evaporation) การตกผลึก (Crystallization) การตกตะกอน (Precipitation) การอบแห้ง (Drying) การอัด (Compaction) การเผา (Incineration) หรือมากกว่าหนึ่งเทคนิครวมกัน เป็นต้น ตารางที่ 2-1 แสดงวิธีการบำบัดและผนึกกากกัมมันตรังสีและกากกัมมันตรังสีที่เหมาะสมสำหรับวิธีการนั้นๆ การบำบัดกากกัมมันตรังสีนอกจากจะขึ้นกับชนิดและลักษณะทางกายภาพของกากกัมมันตรังสีเป็นหลัก แล้วสิ่งที่ยังต้องคำนึงถึงมากกว่าคือความปลอดภัยซึ่งจะต้องมีสำคัญมาเป็นอันดับแรก นอกจากนี้เช่น ประสิทธิภาพของการบำบัด ความยากง่ายในการดำเนินการบำบัด การควบคุมคุณภาพและด้านเศรษฐศาสตร์ กากกัมมันตรังสีแต่ละประเภทต้องการบำบัดที่แตกต่างกัน การบำบัดกากกัมมันตรังสีที่เป็นของแข็งไม่สามารถใช้เทคนิคการบำบัดเช่นเดียวกับของเหลวได้ เพราะไม่สามารถนำเครื่องมือที่ปนเปื้อนสารรังสีมาระเหยหรือกลั่นได้ หรือไม่สามารถนำสารละลายที่ปนเปื้อนรังสีมาทำการอัดให้มีปริมาตรลดลงได้ เป็นต้น

2.1.2.2 การผนึกกากกัมมันตรังสี (Radioactive waste Conditioning) คือกระบวนการที่ทำให้กากกัมมันตรังสีและ/หรือที่ได้รับการบำบัดมาแล้วอยู่กับที่ เพื่อความแน่ใจว่าถ้ามีการนำกากกัมมันตรังสีนั้น ไปทำการกักเก็บแบบถาวรแล้วจะไม่มีรั่วไหลหรือมีการเคลื่อนย้ายของกากกัมมันตรังสีในผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสี การผนึกกากกัมมันตรังสีสามารถเรียกได้อีกว่าการทำให้กากกัมมันตรังสีอยู่กับที่ (Radioactive waste immobilization) หรือการทำให้กากกัมมันตรังสีแข็งตัว (Radioactive waste Solidification) การผนึกกากกัมมันตรังสีจะขึ้นกับชนิดของกากซึ่งมักเป็นกากที่อยู่ในรูปของของแข็งที่ได้รับการบำบัดมาแล้ว กล่าวคือการนำกากกัมมันตรังสีมาผสมกับสารที่ใช้ในการผนึกทำให้กากกัมมันตรังสีติดอยู่กับสารที่ใช้ในการผนึก ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการดังกล่าวจะถูกเรียกว่าผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสี (conditioned waste forms หรือ solidified waste forms) คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสีจะต้องคำนึงถึงมีดังต่อไปนี้ สมบัติในการถูกชะล้าง (Leachability) ความสามารถในการทนแรงกด (Compressive properties) ความทนทานต่อสารเคมี (Chemical Stability) ความทนทานต่อรังสี (Radiation Resistance) ความทนทานต่อความร้อน (Thermal Stability) และคุณสมบัติในการสลายตัวทางชีวภาพ (Biodegradation) การผนึกกากกัมมันตรังสี สามารถแบ่งเป็นประเภทต่างๆ ตามวัสดุที่ใช้ในการผนึกกากกัมมันตรังสี ดังนี้

2.1.2.2.1 ประเภทซีเมนต์ (Cement Solidification) ตัวอย่างของซีเมนต์ที่ใช้ เช่น ซีเมนต์พอร์ตแลนด์ (Portland cement) ซีเมนต์เมซอนรี่ (masonry Cement) ซีเมนต์โซเดียมซิลิเกต (Cement-Sodium Silicate)

ข้อดี (Advantages)

- ก. วัสดุที่ใช้สามารถหาได้ง่าย เทคโนโลยีที่ใช้เป็นสิ่งที่ทราบมาแล้ว
- ข. จะไม่มีน้ำเหลือในระบบ ทั้งยังมีคุณสมบัติการถูกชะล้างที่ดี
- ค. ซีเมนต์ ราคาถูก และมีคุณสมบัติเชิงกลดี
- ง. เหมาะสำหรับกาทุกชนิดต่างๆ

ข้อเสีย (Disadvantages)

- ก. ไม่เสถียรต่อความเป็นกรด-ด่าง
- ข. ถ้าผลิตภัณฑ์อยู่ในน้ำจะเกิดการบวม (Swelling) และแตกหัก (Cracking)
- ค. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณมาก และความถ่วงจำเพาะสูง
- ง. ไม่เหมาะกับหลายระบบและต้องการความร้อนหรือความดันสูงในกระบวนการ
- จ. การบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับป้อนกากผงทำได้ยาก และยังเกิดปัญหาในการบำรุงรักษาเครื่องมือที่ใช้สำหรับระบบต่อเนื่อง

2.1.2.2.2 ประเภทแก้ว (Glass Solidification) ตัวอย่างเช่น โซดาไลม์ (Soda lime) โพโรซิลิเกต (Porosilicate) อลูมิโนซิลิเกต (Aluminosilicate) หรือวัสดุเซรามิกในการฉนวนกัก

2.1.2.2.3 ประเภทบิทูเมน (Bitumen Solidification) ใช้วัสดุที่เป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงๆ (High molecular weight hydrocarbon) เป็นสารทำให้แข็งตัว ตัวอย่างเช่น แอสฟัลท์

ข้อดี (Advantages)

- ก. วัสดุที่ใช้สามารถหาได้ง่าย เทคโนโลยีที่ใช้เป็นสิ่งที่ทราบมาแล้ว
- ข. เหมาะสำหรับกาทุกชนิดต่างๆ
- ค. ราคาถูกและมีคุณสมบัติในการถูกการชะล้างต่ำ
- ง. ไม่มีกระบวนการทางเคมี จึงง่ายต่อการดำเนินการ

ข้อเสีย (Disadvantages)

- ก. สามารถติดไฟได้ที่อุณหภูมิ ต่ำกว่า 390 °C
- ข. เกิดการบวมน้ำจะมีผลทำให้สมบัติในการถูกชะล้างลดลงและเกิดการสลายตัวได้
- ค. ให้ผลิตภัณฑ์ก๊าซกัมมันตรังสี และอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการก็มีราคาแพง
- ง. ต้องการอุณหภูมิสูงในการดำเนินการ ต้องการระบบควบคุมความร้อนที่ดี

2.1.2.2.4 ประเภทโพลีเมอร์ (Polymer Solidification) ตัวอย่างวัสดุโพลีเมอร์ที่ใช้ในการฉนวนกักเช่น เทอร์โมพลาสติกและเทอร์โมเซต เป็นต้น ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดในภายหลัง ตัวอย่างของข้อดีและข้อเสียของระบบเทอร์โมเซตโพลีเมอร์ประเภทไวนิลเอสเทอร์สไตรีน มีดังนี้

ข้อดี (Advantages)

- ก. สามารถปรับปรุงให้เหมาะสมกับกากของเหลวและของแข็ง
- ข. ไม่มีน้ำเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์
- ค. คุณสมบัติในการถูกชะล้างต่ำ
- ง. สามารถทนต่อแรงดันและแรงกระแทกได้ดี
- จ. สามารถทนต่อรังสีได้ดี
- ฉ. ขจัดปัญหาในการดำเนินการต่อส่วนประกอบที่เป็นของเหลว
- ช. สามารถดำเนินการผสมได้ในภาชนะปิด
- ซ. เป็นระบบที่สามารถเคลื่อนย้ายได้

ข้อเสีย (Disadvantages)

- ก. ส่วนประกอบที่ใช้อันตราย เช่น โมโนเมอร์ คะตะลิทส์
- ข. กากบางชนิดจะเป็นปัญหาในการเกิดพอลิเมอร์ไรเซชัน
- ค. วัสดุราคาแพง
- ง. จะต้องมีระบบการผสมที่ดี

นอกจากนี้ยังมีการทดลองฉีกกากโดยใช้ส่วนผสมของโพลีเมอร์และซีเมนต์ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียดังนี้

ข้อดี (Advantages)

- ก. ขจัดปัญหาในการเพิ่มปริมาตรของผลิตภัณฑ์
- ข. คุณสมบัติในการถูกชะล้างต่ำ
- ค. สามารถทนต่อแรงดัน และแรงกระแทกได้ดี
- ง. ไม่มีน้ำเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์
- จ. ไม่มีผลต่อเคมีที่มีในกากรังสี
- ฉ. การผสมกากสามารถทำได้ง่าย

ข้อเสีย (Disadvantages)

- ก. เหมาะสำหรับกากแห้งเท่านั้น และวัสดุก็มีราคาแพง
- ข. สารเคมีในกากบางชนิด จะเป็นปัญหาในการเกิดพอลิเมอร์ไรเซชัน
- ค. ดำเนินการในระดับห้องทดลองเท่านั้น

2.1.2.2.5 ประเภทโลหะ (Metallic matrix) ตัวอย่างเช่น โลหะผสมหรืออัล

ลอยด์

จะเห็นว่าวัสดุหลายชนิดที่สามารถใช้เป็นวัสดุที่ทำให้กากอยู่กับที่ แต่ละประเภทจะเหมาะสมกับกากต่างประเภทกัน ในการเลือกนำไปใช้ก็จะพิจารณาจากข้อดีข้อเสียของแต่ละวิธีด้วยตารางต่อไปนี้แสดงระบบการบำบัดและการฉีกกากกัมมันตรังสีของประเทศต่างๆ

ตารางที่ 2-1 วิธีการบำบัดและการผนึกกากขี้และกากที่เหมาะสมสำหรับวิธีการบำบัด [31]

Method/Technologies	Liquids	Wet Solids	Dry Solids
<u>Transfer Technologies</u>		x	
Decontamination			x
Filtration	x		
Ion exchange	x		
Chemical regeneration		x	
Ultrafiltration	x		
Reverse osmosis	x		
<u>Concentration Technologies</u>			
Evaporation	x		
Distillation	x		
Crystallization	x		
Flocculation	x		
Precipitation	x		
Sedimentation	x	x	
Centrifugation	x	x	
Drying		x	
Dewatering		x	
Dehydration		x	
Compaction			x
Baling			x
Shreding			x
Integrated system	x	x	
<u>Transformation Technologies</u>			
Incineration	x	x	x
Calcination	x	x	
<u>Conditioning Technologies</u>			
High-integrity container		x	x
Solidification	x	x	x
Absorption	x	x	

ตารางที่ 2-2 ระบบการบำบัดและการผนึกกากกัมมันตรังสีในประเทศต่างๆ [23]

	Treatment process	Conditioning process		Treatment process	Conditioning process
Albania	Decay and dilution <i>Chemical precipitation</i> <i>Ion exchange</i>	<i>Concrete</i>	Czech.	Chemical precipitation Compaction Evaporation	Concrete
Australia	Compaction Evaporation(R&D)	Concrete		Incineration(R&D) Ion exchange	
Belgium	Chemical precipitation Compaction Evaporation Incineration Ion exchange	Bitumen Concrete Polymers	Denmark	Compaction Evaporation	Bitumen Concrete
Brazil	Chemical precipitation Compaction Crushing Evaporation Incineration(R&D) Ion exchange	Concrete Polymers (R&D) <i>Bitumen</i>	Ecuador	Decay <i>Incineration</i>	Concrete
Bulgaria	Evaporation <i>Compaction</i>	<i>Concrete</i>	Egypt	Chemical precipitation Evaporation Incineration Ion exchange <i>Compaction</i>	Concrete
Canada	Chemical precipitation Compaction Evaporation Incineration Ion exchange	Bitumen	Finland	Compaction Evaporation Ion exchange Microbial degradation (R&D)	Bitumen <i>Concrete</i>
Chile	<i>Cementation</i> <i>Chemical precipitation</i> <i>Compaction</i> <i>Evaporation</i>	<i>Concrete</i>	France	Compaction Evaporation Incineration Ion exchange	Bitumen Concrete Polymers
China	Chemical precipitation Evaporation Incineration Ion exchange <i>Compaction</i>	Bitumen Concrete Polymers (R&D)	Germany	Compaction Dewatering Decontamination Decay Evaporation Incineration(R&D) Ion exchange	Concrete Drying, melting, packaging, high force compaction
Costa Rica	<i>Compaction</i> <i>Incineration</i>	<i>Concrete</i>	Guatemala	Incineration <i>Compaction</i>	<i>Bitumen</i> <i>Concrete</i>
Croatia	Chemical treatment <i>Compaction</i>	<i>Concrete</i>	Hungary	Slop water for concrete	Concrete
			India	Chemical precipitation Compaction Evaporation	Bitumen Concrete <i>Polymers</i>

ตารางที่ 2-2 (ต่อ) ระบบการบำบัดและการผนึกกากกัมมันตรังสีในประเทศต่างๆ [23]

	Treatment process	Conditioning process		Treatment process	Conditioning process
Cuba	Chemical precipitation	Concrete	Indonesia	Incineration	
	Compaction	Bitumen		Ion exchange	
	Ion exchange			Membrane process(rd)	
	Evaporation			Chemical precipitation (R&D)	Bitumen (R&D)
	Incineration			Compaction	Concrete
Cyprus	Incineration		Evaporation	Polymers	
Ireland	Evaporation		Ion exchange(R&D)		
	Incineration		Incineration		
	Storage and decay		Norway	Compaction	Bitumen
Italy	Chemical precipitation (R&D)	Concrete Polymers	Evaporation	(R&D)	
	Compaction		Incineration	Concrete	
	Incineration		Ion exchange		
	Ion exchange		Pakistan	Decay and dilution	Concrete
	Jamica	Dilution and decay		Evaporation	
Japan	Compaction	Bitumen	Incineration		
	Evaporation	Concrete	Chemical precipitation		
	Incineration	Polymers	Compaction		
	Ion exchange		Peru	Compaction	Concrete
	Pelletization		Chemical precipitation		
Jordan	Compaction	Concrete	Decay		
Kenya	Compaction	Concrete	Poland	Chemical precipitation	Bitumen
	Decay		Compaction	Concrete	
	Incineration		Evaporation	Polymers	
	Fragmentation		Ion exchange		
Korea	Chemical precipitation	Bitumen	Portugal	Compaction	Concrete
	Compaction	Concrete	Qatar	Storage and decay	
	Evaporation	Polymers	Romania	Chemical precipitation	Concrete
	Incineration	(R&D)	Compaction		
	Ion exchange		Evaporation		
Malaysia	Chemical precipitation	Concrete	Incineration		
	Incineration(R&D)	(R&D)	Ion exchange		
	Compaction		Slovenia	Chemical precipitation	Concrete
Mauritius	Dilution		Compaction		
Mexico	Compaction	Bitumen	Evaporation		
	Evaporation	Concrete	Ion exchange		
	Humidity extraction	high integrity			

ตารางที่ 2-2 (ต่อ) ระบบการบำบัดและการผนึกกากกัมมันตรังสีในประเทศต่างๆ [22]

	Treatment process	Conditioning process		Treatment process	Conditioning process
	by vacuum	containers		<i>Supercompaction</i>	
	<i>Incineration</i>		South	Chemical precipitation	Concrete
Morocco	<i>Chemical precipitation</i>	<i>Concrete</i>	Africa	Compaction	Vermiculite-cement mix
	<i>Compaction</i>			Evaporation	
Myanmar	Compaction	<i>Concrete</i>		Ion exchange	
	Storage and decay		Spain	Compaction	Concrete
Netherland	Chemical precipitation	Concrete		Evaporation	
	Compaction			Ion exchange	
	<i>Direct packaging</i>			<i>Incineration</i>	
	<i>Incineration</i>		Sri Lanka	Decay and dispersal	
Switzerland	Chemical precipitation	Bitumen	Sweden	Chemical precipitation	Bitumen
	Compaction	<i>Concrete</i>		Compaction	Concrete
	Evaporation	Polymers		Evaporation	Polymers
	Incineration			Incineration	
Syria	Ion exchange			Ion exchange	
Arab Rep.	<i>Chemical precipitation</i>	<i>Concrete</i>		<i>Pyrolysis</i>	
	<i>Compaction</i>		UK	Compaction	Concrete
Thailand	<i>Incineration</i>			Evaporation	Polymers
	Chemical precipitation	Concrete		Incineration	
	Compaction	Polymers		Ion exchange	
	Incineration	(R&D)	USA	Compaction	Bitumen
Turkey	Ion exchange			Evaporation	Concrete
	Chemical precipitation	Concrete		Incineration	Polymers
	Compaction			Ion exchange	
				Storage and decay	
			Venezuela	Decay and dispersal	Concrete
			Viet Nam	Chemical precipitation	In-pit
				Decay and dispersal	Cementation (liquid)
				Ion exchange	

2.1.2.3 การบรรจุ (Packaging) กระบวนการบรรจุกากที่ได้รับการผนึกแล้วลงในภาชนะที่เหมาะสม ซึ่งมาตรฐานของภาชนะที่ใช้จะถูกกำหนดขึ้นโดยทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ IAEA โดยแบ่งเป็นแบบ A แบบ B และ C ขึ้นกับความแรงของกากกัมมันตรังสีที่บรรจุภายในภาชนะ

2.1.2.4 การขนส่ง (Transportation) กระบวนการที่จำเป็นต้องมีเนื่องจากสถานที่ทำการบำบัดและผนึกกากกัมมันตรังสีไม่ได้อยู่ในบริเวณเดียวกันกับสถานที่ทำการจัดเก็บกาก (Disposal site) เช่นเดียวกันเพื่อความปลอดภัยต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม พาหนะที่ใช้ในการบรรทุกกากกัมมันตรังสี ต้องมีมาตรฐานกำหนดโดย IAEA ที่ปลอดภัยเพียงพอต่อระบบนิเวศน์ กระบวนการที่เกี่ยวข้องก็ต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดโดย IAEA เช่นกัน

2.1.2.5 การจัดเก็บกากกัมมันตรังสี (Radioactive waste Disposal) เป็นกระบวนการสุดท้ายในการจัดการกากกัมมันตรังสี ถ้าไม่รวมกระบวนการ Monitoring Retrieval Storage (MRS) คือนำไปจัดเก็บในสถานที่ที่เหมาะสมชั่วคราว แบ่งออกเป็นกว้างๆ ดังนี้ การฝังดินตื้น (Shallow ground disposal) สำหรับกากกัมมันตรังสีระดับต่ำ และการฝังดินลึกสำหรับกากกัมมันตรังสีระดับสูง (deep underground) หรือ (Geological disposal) การเลือกสถานที่จะต้องมีมาตรการในการเลือก และระยะเวลาในการเก็บจะต้องถูกกำหนดไว้อย่างเหมาะสมโดยทั่วไปคือ 10 เท่า ของครึ่งชีวิตของกากกัมมันตรังสีหรือมีความแข็งแรงรังสีลดลงเท่ากับระดับความแข็งแรงรังสีธรรมชาติ จึงจะสามารถนำสถานที่ทำการฝังกากกัมมันตรังสีไปกระทำการใดๆต่อได้ สำหรับการจัดเก็บกากกัมมันตรังสีทั้งสองประเภทมีมาตรฐานในการเลือกแตกต่างกัน เพราะวาระดับกัมมันตภาพรังสีที่แตกต่างกัน แนนอนสำหรับกากกัมมันตรังสีระดับสูงจะต้องมีชั้นตอนที่ซับซ้อนกว่า

2.2 Introduction to Polymer Materials

2.2.1 Polymer Characterisation

โพลีเมอร์หมายถึงวัสดุที่เกิดจากสารโมเลกุลเล็ก (Monomer) จำนวนมากซ้ำๆกันต่อกันเป็นโครงสร้างที่มีขนาดใหญ่ที่เรียกว่าโพลีเมอร์ โดยทั่วไปเกณฑ์ในการแบ่งโพลีเมอร์ออกเป็นประเภทต่างๆ มีดังนี้

2.2.1.1 ประเภทของโพลีเมอร์แบ่งตามโครงสร้างของหน่วยที่ซ้ำๆกันและลักษณะการเกิดโพลีเมอร์ไรเซชัน

2.2.1.1.1 Additional polymers เป็นโพลีเมอร์ที่ได้จากกระบวนการโพลีเมอร์ไรเซชันแบบแอดดิชัน น้ำหนักของผลิตภัณฑ์จะเท่ากับน้ำหนักของโมโนเมอร์ตั้งต้นทุกโมเลกุลรวมกันดังแสดงโดยปฏิกิริยาข้างล่างนี้



n-จำนวนโมเลกุลของโมโนเมอร์

X-ไฮโดรเจน หมู่อัลคิล (Alkyl group) หรือหมู่เบนซิล (Benzyl group)

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งแอดดิชันโพลีเมอร์ ตามจำนวนของชนิดของหน่วยที่ซ้ำกันในโพลีเมอร์ เป็นไฮโมโพลีเมอร์ โคโพลีเมอร์และเทอร์โพลีเมอร์ ซึ่งหมายถึงโพลีเมอร์ที่มีชนิดของโมโนเมอร์ 1 ชนิด 2 ชนิด และ 3 ชนิด ตามลำดับ ตัวอย่างโพลีเมอร์ประเภทนี้ เช่น โพลีเอทีลีน โพลีพรพีลีน โพลีสไตรีน สไตรีน-บิวตะไดอินโคโพลีเมอร์ และ ABS เทอร์โพลีเมอร์

2.2.1.1.2 Condensation polymers เป็นโพลีเมอร์ที่ได้จากกระบวนการโพลีเมอร์ไรเซชันแบบคอนเดนเซชัน คือจะต้องมีการสูญเสียโมเลกุลเล็กๆ เช่น น้ำหรือแอลกอฮอล์ สำหรับทุกขั้นตอนที่มีการสร้างพันธะระหว่างโมโนเมอร์เพื่อเกิดเป็นโพลีเมอร์ ซึ่งหมายความว่า น้ำหนักโมเลกุลของโพลีเมอร์จะมีน้ำหนักน้อยกว่าน้ำหนักโมเลกุลรวมของสารตั้งต้น ดังจะเห็นได้จากปฏิกิริยาข้างล่างนี้



ตัวอย่างโพลีเมอร์ประเภทนี้ได้แก่ ไนลอนหรือโพลีเอไมด์ โพลีเอสเทอร์ชนิดต่างๆ ยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ โพลียูรีเทน เป็นต้น

2.2.1.2 ประเภทของโพลีเมอร์แบ่งตามคุณสมบัติของโพลีเมอร์ แบ่งเป็น

2.2.1.2.1 เทอร์โมพลาสติกโพลีเมอร์ (Thermoplastic polymer) ในทางปฏิบัติหมายถึงโพลีเมอร์ที่สามารถนำมาหลอมหรือนำมาขึ้นรูปใหม่ได้โดยการใช้ความร้อนในการหลอมและความดันในการขึ้นรูปให้เป็นลักษณะรูปร่างต่างๆในขณะที่ยังหลอมอยู่ ตัวอย่างเทอร์โมพลาสติกชนิดต่างๆ และคุณสมบัติบางประการจะแสดงในตารางที่ 2-3

2.2.1.2.2 เทอร์โมเซตโพลีเมอร์ (Thermosetting polymers) หมายถึงโพลีเมอร์ที่ไม่สามารถนำมาหลอมหรือขึ้นรูปใหม่ได้ ไม่ว่าจะใช้ความร้อนหรือความดัน โดยปกติจะมีโครงสร้างที่เป็นโครงร่างตาข่ายและคงทนต่อความร้อน ตัวอย่างเทอร์โมเซตและคุณสมบัติจะแสดงในตารางที่ 2-4

2.2.1.2.3 อีลาสโตเมอร์ (Elastomer) เป็นโพลีเมอร์มีคุณสมบัติต่างจากเทอร์โมเซตและเทอร์โมพลาสติกโพลีเมอร์โดยสิ้นเชิง โดยมีลักษณะ 2 ประการ คือตัวอีลาสโตเมอร์จะแสดงคุณสมบัติเป็นอีลาสติก เมื่ออุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมมีค่าสูงกว่าค่าอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วของโพลีเมอร์นั้นๆ (Glass Transition Temperature : T_g) และจะแสดงคุณสมบัติคล้ายแก้วคือแข็งคล้ายแก้ว เมื่ออุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมมีค่าต่ำกว่าค่า T_g ของตัวมันเอง ซึ่งจะไม่เหมือนการใช้พลาสติกปกติซึ่งจะต้องมีสภาวะการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำกว่า T_g โดยปกติค่า T_g ของพลาสติกมักจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิห้องและ T_g ของอีลาสโตเมอร์จะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง ตัวอย่าง วัสดุอีลาสโตเมอร์ เช่น ยางธรรมชาติ หรือยางสังเคราะห์ เป็นต้น

ตาราง 2-3 คุณสมบัติบางประการของเทอร์โมพลาสติกโพลีเมอร์ [33]

thermoplastic polymers	Properties												
	specific gravity (g/cm ³)	refractive index (n _{D25})	index	Tensile strength (psi)	Elongation (%)	Impact strength ((ft-lb/in. of notch)	Heat distortion temp. (F, 264 psi)	Water absorption (1/8 in. bar, 24hr, %)	sunlight	Strong acid-base	organic solvents	Effect of	clarity
ABS	1.02-1.04	-	3500-6200	5-60	3-8	200-218	0.2-0.45b	yellow	attacked, acids	soluble	opaque		
Acetal resin	1.42	1.48	10000	3-75	1.4-2.3	255	0.25	chalks	attacked	resistant	opaque		
PMMA	1.17-1.20	1.49	7000-11000	2-10	0.3-0.5	155-210	0.3-0.4	none	attacked	soluble	transparent		
Impact acrylic	1.08-1.18	-	5000-9000	>15-50	0.5-4.5	165-215	0.2-0.4	slight	attacked, acid	soluble	opaque		
PTFE	2.14-2.20	1.35	2000-5000	200-400	3.0	250b	0.00	note	very resistant	very resistant	opaque		
PC	1.2	1.586	8000-9500	100-130	12-17.5	265-285	0.15	slight	attacked	soluble	transparent		
LDPE	0.910-0.925	1.51	600-2300	90-800	>16	90-105	<0.015	required-	resistant	resistant	opaque		
LLDPE	0.918-0.935	1.51	1900-4000	100-950	1.0-9.0	-	-	protected	resistant	resistant	opaque		
HDPE	0.941-0.965	1.54	3100-5500	20-1000	0.5-2.0	110-130	<0.01	"	resistant	resistant	opaque		
PET	1.34-1.39	1.64	8500-10500	50-300	0.25-0.65	100-106	0.1-0.2	slight	resistant	resistant	transparent		
PP	0.902-0.906	1.49	4300-5500	200-700	0.5-2.0	125-140	<0.01	protected	resistant	resistant	opaque		
PS	1.04-1.09	1.59-1.60	5000-12000	1.0-2.5	0.25-0.46	220	0.03-0.1	yellow	attacked, acids	soluble	transparent		
Impact PS	1.04-1.10	-	1500-7000	2-80	0.5-11	210	0.05-0.6	loses strength	attacked, acids	soluble	opaque		
PVC-rigid	1.35-1.45	1.52-1.55	5000-9000	2.0-40.0	0.4-20	130-175	0.07-0.4	slight	resistant	soluble	transparent		
PVC-plasticize	1.16-1.35	-	1500-3500	200-450	varies	-	0.15-0.75	slight	resistant	soluble	transparent		
PVC-film	1.65-1.70	-	2800-3500	250-400	0.3-1.0	130-150	0.1	none	resistant	soluble	transparent		

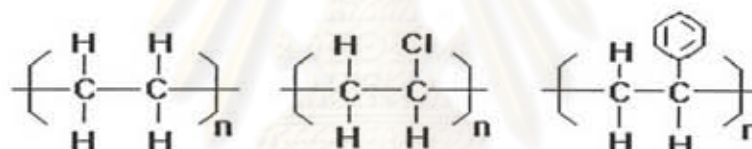
ตาราง 2-4 คุณสมบัติบางประการของเทอร์โมพลาสติกโพลีเมอร์ [33]

thermoplastic polymers	Properties										
	specific gravity (g/cm ³)	refractive index (nD25)	Tensile strength (psi)	Elongation (%)	Impact strength ((ft-lb/in. of notch)	Heat distortion temp.(F,264 psi)	Water absorption (1/8 in.bar,24hr,%)	sunlight	Strong acid-base organic solvents	Effect of	clarity
Phenol-Formaldehyde											
none	1.25-1.30	-	7000-8000	1.0-1.5	0.20-0.36	240-260	0.1-0.2	darkens	attacked	resistant	transparent
wood or cotton Epoxy.cast	1.34-1.45	-	5000-9000	0.4-0.8	0.24-0.60	260-340	0.3-1.2	darkens	attacked	resistant	opaque
none	1.11-1.40	1.55-1.61	4000-13000	3.0-6.0	0.2-1.0	115-550	0.08-0.15	none	attacked	resistant	transparent
Polyester											
cast none	1.10-1.46	1.52-1.57	6000-13000	<5.0	0.2-0.4	140-400	0.15-0.60	yellow	attacked	attacked	transparent
glass cloth	1.50-2.10	-	30000-50000	0.5-2.0	5-30	-	0.05-0.5	slight	attacked	attacked	transparent
Silicone cast	0.99-1.50	1.43	350-1000	100-300	-	-	0.02	none	attacked	attacked	transparent
Sheet moulding compound	1.65-2.6	-	8000-25000	3	7-22	375-500	0.1-0.25	slight	attacked,acids	resistant	opaque
Polyurethane	1.05	-	10000-11000	3-6	0.4	190-200	1.5	slight	resistant	resistant	transparent

2.2.1.2.4 โพลีเมอร์เส้นใย (Fibril polymers) โพลีเมอร์ประเภทนี้มีโครงสร้างความเป็นผลึกสูง (high Crystallinity) เป็นส่วนที่แยกย่อยออกมาจากเทอร์โมพลาสติก เนื่องจากคุณสมบัติที่ต่างไปกล่าวง่าย ๆ คือเส้นใยเป็นเทอร์โมพลาสติกที่มีความเป็นผลึกสูง ๆ นั้นเอง และมีการประยุกต์ใช้สำหรับงานต่างชนิดกัน เช่น ไนลอน โพลีเอสเตอร์

2.2.2 คุณสมบัติของโพลีเมอร์ (Polymer Properties)

2.2.2.1 คุณสมบัติเชิงกลและคุณสมบัติทางกายภาพ (Mechanical and Physical Properties) ทั้งสองคุณสมบัตินี้มักจะถูกพิจารณาร่วมกันเสมอ คุณสมบัติของโพลีเมอร์ขึ้นกับโครงสร้างเป็นหลัก ในที่นี้หมายถึงปัจจัยทุกชนิดที่รวมเป็นโครงสร้าง เช่น ชนิดของหน่วยที่ซ้ำกัน (Repeating unit) ธาตุที่เป็นองค์ประกอบในโพลีเมอร์ (Polymer Element) ลักษณะการจัดเรียงตัว (Configuration และ Conformation) เพื่อความเข้าใจจะยกตัวอย่างโพลีเมอร์สักสองสามชนิด เช่น โพลีเอทิลีน (Polyethylene : PE) และโพลีสไตรีน (Polystyrene : PS) ขึ้นมาเปรียบเทียบกัน ถ้าสังเกตจากโครงสร้างของโมเลกุลของหน่วยที่ซ้ำกัน ดังแสดงในรูปที่ 2-2



Polyethylene,PE Poly vinylchloride,PVC Polystyrene,PS

รูปที่ 2-2 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของโพลีเอทิลีน โพลีไวนิลคลอไรด์และโพลีสไตรีน

จะเห็นว่าโพลีสไตรีน ประกอบด้วยหมู่ฟีนิล (Phenyl group) ในโมเลกุลซึ่งหมู่นี้จะมีผลทำให้ PS มีความแข็งกว่า PE ความแข็งในที่นี้อธิบายได้ด้วยความแข็งแรงดึงและนอกจากนี้หมู่ฟีนิลที่มีขนาดใหญ่กว่าไฮโดรเจนซึ่งจะทำให้ PS มีความเป็นอสัณฐานสูงกว่า PE มากเนื่องจากไม่สามารถจัดเรียงโมเลกุลให้เป็นระเบียบได้ดีเท่า PE ผลที่เกิดคือ PS จะเปราะกว่า PE ความเปราะสามารถอธิบายได้ด้วยค่าความทนทานต่อแรงกระแทก (impact strength) และค่าเปอร์เซ็นต์การยืด (Elongation) ที่มากกว่า และในระหว่าง PE ด้วยกันเองเปรียบเทียบที่ความหนาแน่นต่ำและความหนาแน่นสูง จะเห็นว่าค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) และค่าอุณหภูมิหลอมเหลว (Melting temperature : T_m) มีค่าสูงกว่าในกรณีหลัง สำหรับโพลีไวนิลคลอไรด์จะมีสมบัติอยู่ระหว่าง PE และ PS ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 2-3 และสมบัติที่สำคัญอีกประการหนึ่งของโพลีเมอร์คือ อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass transition temperature : T_g) ของโพลีเมอร์ซึ่งก็จะมีค่าแตกต่างกันขึ้นกับโครงสร้างอีกเช่นเดียวกัน ดังในโพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างของหมู่ที่แข็งแรงเป็นองค์ประกอบ เช่น มีไนโตรเจน มีคลอรีนหรือมีหมู่ฟีนิลในโมเลกุลจะทำให้มีความทนทานต่อความร้อนมาก

ขึ้นซึ่งจะทำให้ค่าอุณหภูมิหลอมเหลวมีค่ามากขึ้นด้วย และเช่นเดียวกันกับระดับความเป็นระเบียบในโมเลกุลหรือเรียกง่าย ๆ ว่าความเป็นผลึก ถ้ามีค่าสูงก็จะทำให้อุณหภูมิดังกล่าวมีค่าสูง สำหรับเทอร์โมเซตไม่จำเป็นต้องกล่าวถึงสมบัติด้านอุณหภูมินี้ เพราะว่ามันจะทนต่อความร้อนได้เป็นอย่างดีและไม่สามารถนำกลับมาขึ้นรูปใช้ใหม่ได้อีก การขึ้นรูปโพลีเมอร์นั้นจะต้องใช้อุณหภูมิค่าหนึ่งอย่างน้อยต้องมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิหลอมเหลว T_m ของโพลีเมอร์ เช่น ค่า T_m ของ โพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ โพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง โพลีไวนิลคลอไรด์ และโพลีสไตรีน มีค่าโดยประมาณเท่ากับ 130° 170° 180° และ 200° C ตามลำดับ

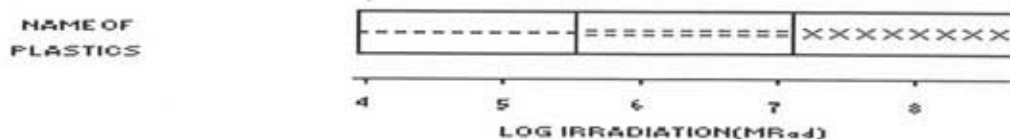
จากข้างต้นได้ทราบถึงสมบัติของเชิงกลโพลีเมอร์มาพอสมควรแล้ว ในการวิจัยครั้งนี้โพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ซึ่งเป็นวัสดุทางวิศวกรรมชนิดหนึ่งได้ถูกเลือกมาใช้ในงานวิจัยนี้ เนื่องจากเหตุผลหลายประการเช่น ตัวโพลีเอทิลีนเองมีราคาถูกสามารถหาได้ง่ายในประเทศ อุณหภูมิที่ใช้ในการขึ้นรูปมีค่าต่ำซึ่งจำเป็นในการฝึกทักษะประเภทที่จะสลายตัวหรือถูกทำลายได้ง่ายโดยความร้อนและปลอดภัยจากสารเคมีอันตราย เทียบกับการใช้เทอร์โมเซตโพลีเมอร์ในการฝึกทักษะก็มันดริงส์ ทั้งยังมีน้ำหนักเบาสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งไปยังสถานที่ต่างๆ เมื่อเทียบกับการใช้ซีเมนต์หรือการใช้บิทูเมนในการฝึกทักษะมันดริงส์ระดับต่ำ

2.2.2.2 ความทนทานต่อรังสี (Radiation Stability) ในการศึกษาทางด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์นั้นได้รวมถึงการศึกษาของผลของรังสีที่มีต่อวัสดุประเภทต่างๆ ที่จำเป็นต้องได้รับรังสี เช่น วัสดุที่ใช้ทำเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ทั้งยังรวมไปถึงวัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องที่ต้องรับรังสีอีกมากมายหลายชนิด ในที่นี้จะกล่าวรายละเอียดเฉพาะวัสดุโพลีเมอร์เท่านั้น โดยปกติระดับพลังงานของรังสีจากอะตอม (Atomic radiation) จะปรากฏอยู่ทางขวาของเส้นแบ่งระดับพลังงาน ตั้งแต่พลังงานความร้อนซึ่งมีความถี่อยู่ในช่วงอินฟราเรด เพิ่มสูงขึ้นเป็นพลังงานที่มีความถี่ในช่วงคลื่นวิทยุ คลื่นแสงไม่ว่าจะเป็นวิสิเบิลหรือยูวี จนกระทั่งถึงระดับพลังงานรังสีเอกซ์ และรังสีจากอะตอมในที่สุด นอกจากนี้ยังแบ่งประเภทของรังสีได้เป็น 2 ประเภทคือรังสีที่ไม่ก่อให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออน (Non Ionizing radiation) เช่น คลื่นวิทยุ เป็นต้น และรังสีที่ก่อให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออน (Ionizing radiation) เช่น รังสีบีตา เป็นต้น

รังสีจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับโมเลกุล แล้วจึงค่อยส่งผลจากการเปลี่ยนแปลงมายังคุณสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล หรือสมบัติทางด้านออปติคส์ การที่จะทราบถึงความเปลี่ยนแปลงจึงต้องวัดจากคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติเชิงกลหรือคุณสมบัติทางด้านออปติคส์ ดังกล่าว เช่นความแข็งแรงดึง หรือสีที่เปลี่ยนไป เป็นต้น

โดยปกติจะแบ่งผลของรังสีที่มีต่อโพลีเมอร์ ออกเป็น 2 ประเภทคือ โพลีเมอร์ที่มีแนวโน้มที่จะเกิดการเชื่อมโยงเมื่อได้รับรังสี ตัวอย่าง เช่น โพลีเอทิลีน โพลีโพรพิลีน หรือไวนิลโพลีเมอร์ที่มีพันธะของคาร์บอนแบบปฐมภูมิ (primary carbon) และโพลีเมอร์ที่มีแนวโน้มที่จะเกิดการแตกหักของสายโซ่โมเลกุล เช่น โพลีเมธิลเมทาอะครีเลต หรือไวนิลโพลีเมอร์ที่มีพันธะของคาร์บอนแบบตติยภูมิ (tertiary carbon) Pinner ได้ทำการศึกษาถึงผลของรังสีต่อโพลีเมอร์[5] ในระยะแรกเริ่มโดยอธิบาย

โดยใช้แผนภาพที่ชื่อว่า leaque chart ซึ่งจะเป็นระดับรังสีที่โพลีเมอร์สามารถทนได้ที่ระดับการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ กัน ดังแสดงในแผนภาพด้านล่างนี้



โดยสัญลักษณ์

- หมายถึง มีการลดลงของสมบัติเชิงกล 10 เปอร์เซ็นต์
- = หมายถึง มีการลดลงของสมบัติเชิงกล 90 เปอร์เซ็นต์
- xx หมายถึง โพลีเมอร์เสื่อมสภาพถูกทำลายโดยสิ้นเชิง

จากรูปข้างบนจะเห็นว่ายังไม่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของโพลีเมอร์ได้ทุกชนิดจึงได้มีการศึกษาเพิ่มเติมโดย Sawlow และคณะ Leaque chart ที่ได้ทำการปรับปรุงแล้วแสดงในรูปที่ 2-3 จากรูปที่ 2-3 จะเห็นว่ามีโพลีเมอร์เพียงบางชนิดเท่านั้นที่เกิดผลกระทบเมื่อได้รับรังสีในปริมาณ 10 เกรย์ และก็มีบางชนิดที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ระดับรังสีเกินกว่า 10 เกรย์ สำหรับคุณสมบัติของโพลีเมอร์ด้านอื่นๆ เช่น คุณสมบัติทางไฟฟ้า และคุณสมบัติด้านออปติคส์จะเห็นผลกระทบได้มากกว่าเทียบกับคุณสมบัติเชิงกล เมื่อรับรังสีที่มีปริมาณเท่ากัน

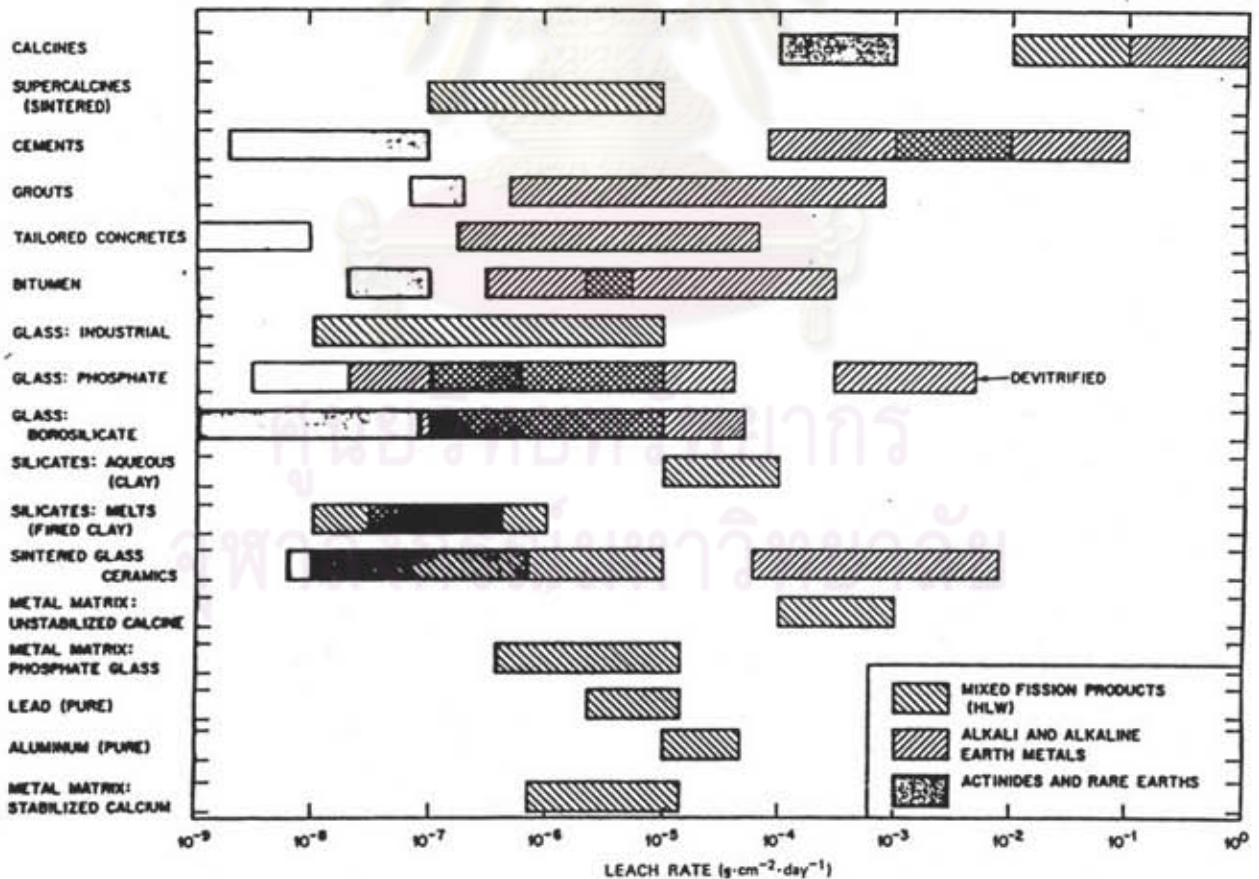


Condition number	0	1	2	3	4
Damage condition	Undetectable	Incipient to mild	Mild to moderate	Moderate to severe	Destruction
Utility	Full use	Highly always usable	Often satisfactory	Limited use	Not usable

รูปที่ 2-3 Leaque chart ที่ได้รับการปรับปรุงแล้วจาก Swallow และคณะ [5]

2.2.2.3 ความทนทานต่อสารเคมี (Chemical Resistant) ความทนทานต่อสารเคมีของโพลีเมอร์ชนิดต่างๆ ได้ถูกแสดงอยู่ในตารางที่ 2-3 และ 2-4 โพลีเมอร์ส่วนใหญ่จะได้รับผลกระทบจากกรดแก่แต่จะไม่ได้รับผลกระทบจากกรดอ่อนและเบส ตัวทำละลายอินทรีย์สามารถทำลายโพลีเมอร์บางชนิดได้ขึ้นอยู่กับโมเลกุลของโพลีเมอร์มีหมู่ที่ไวต่อปฏิกิริยาอยู่หรือไม่ เช่น โพลีไวนิลคลอไรด์สามารถถูกทำลายได้โดยตัวทำละลายอินทรีย์แต่สำหรับโพลีเอทิลีนจะไม่ถูกทำลายในตัวทำละลายอินทรีย์ส่วนใหญ่ จะเกิดเพียงการบวมตัว (Swelling) เท่านั้น นอกจากนี้สำหรับเทอร์โมเซตและเทอร์โมพลาสติกที่มีน้ำหนักโมเลกุลและด็กิริการเชื่อมโยงภายในโมเลกุลสูงจะสามารถทนทานต่อตัวทำละลายเคมีได้ดี

2.2.2.4 ความทนทานต่อการถูกชะล้าง (Leachability) เป็นคุณสมบัติที่จำเป็นต้องอ้างถึงในเรื่องของการจัดการกากกัมมันตรังสี โดยเฉพาะสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์กากขี้เถ้า คือการหลุดรอดของกัมมันตภาพรังสีออกสู่สิ่งแวดล้อมซึ่งสามารถวัดสมบัตินี้ได้ในรูปแบบของค่าความทนทานต่อการถูกชะล้าง ความทนทานต่อการถูกชะล้างสามารถรายงานได้โดยค่าดัชนีการถูกชะล้าง หรืออัตราการถูกชะล้างที่มีหน่วยเป็นกัมมันตภาพรังสีต่อพื้นที่ผิวของชิ้นงานต่อเวลา เป็นต้น รูปที่ 2-4 จะเป็นแผนภาพแสดงค่าอัตราการถูกชะล้างของกากขี้เถ้าที่ใช้วัสดุต่างๆ เป็นสารทำให้แข็งตัว



รูปที่ 2-4 แสดงค่าอัตราการถูกชะล้างของกากขี้เถ้าที่ใช้วัสดุต่างๆ เป็นสารทำให้แข็งตัว [39]

2.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของโพลีเมอร์ (Factor affecting polymer properties)

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของโพลีเมอร์ซึ่งได้อธิบายไว้แล้วบางส่วนข้างต้นนั้น พอจะสรุปเป็นข้อหลักๆ ได้ดังนี้

2.2.3.1 โครงสร้างโมเลกุลของโพลีเมอร์ (Polymer structure) เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีผลต่อคุณสมบัติของโพลีเมอร์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้

2.2.3.2 สารเคมีหรือวัสดุที่ใช้เพิ่มเติมลงในโพลีเมอร์ (Additive and Filler) เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ เช่นสารเพิ่มความอ่อนนุ่ม (Plasticiser) ที่เติมลงในโพลีไวนิลคลอไรด์ เพื่อให้โพลีไวนิลคลอไรด์มีความอ่อนนุ่ม สารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidant) สารป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต (Anti-Ultraviolet) สารเพิ่มเนื้อ (filler) ชนิดต่างๆที่เติมลงไปเพื่อลดต้นทุนการผลิต สารหรือวัสดุเสริมแรง (Reinforcement) เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้แก่โพลีเมอร์ เป็นต้น

2.2.3.3 กระบวนการผลิต (Polymer Processing) เป็นอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อคุณสมบัติของโพลีเมอร์ และเป็นเรื่องที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องมามีวิธีการผลิตหรือขึ้นรูปโพลีเมอร์ต่าง ๆ กัน เพราะเหตุผลหรือจุดประสงค์ในการนำไปใช้งานที่มีหลายประเภท ตัวอย่างกระบวนการผลิตหรือขึ้นรูปโพลีเมอร์ เช่นการขึ้นรูปโดยการนำไปใช้งานที่มีหลายประเภท ตัวอย่างเช่น กระบวนการผลิตหรือขึ้นรูปโพลีเมอร์เช่นการขึ้นรูปโดยการกด (Compression Moulding) การขึ้นรูปโดยการฉีด (Injection Moulding) การขึ้นรูปโดยการฟอร์มด้วยความร้อน (Thermo forming) การขึ้นรูปโดยการรีด (Calendering) การขึ้นรูปโดยการหมุน (Rotational Moulding) การขึ้นรูปโดยการทรานเฟอร์ (Transfer Moulding) เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย