บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการสำรวจปริมาณการใช้สารกัมมันตรังสีและวิธีการจัดการกากกัมมันตรังสีของหน่วยงานต่างๆที่ใช้สารกัมมันตรังสีในประเทศไทย โดยออกแบบสอบถามไปยังหน่วยงานภาครัฐบาล และเอกชน จำนวน 245 ชุด ซึ่งได้แก่ หน่วยงานในคณะแพทย์ศาสตร์ที่มีโรงพยาบาล 36 ชุด หน่วยงานในโรงพยาบาล 42 ชุด หน่วยงานในสถาบันการศึกษา 35 ชุด หน่วยงานในสถาบันวิทยาศาสตร์และการเกษตร 25 ชุด และหน่วยงานในอุตสาหกรรม 107 ชุด ปรากฏผลการสำรวจดังต่อไปนี้

การใช้สารกัมมันตรังสี

จากการสำรวจพบว่ามีหน่วยงานที่ใช้สารกัมมันตรังสีจริงขณะที่ทำการสำรวจทั้งหมด 234 แห่ง ส่วน 11 หน่วยงานที่เหลือได้มีการขออนุญาตครอบครองไว้แต่ไม่ได้มีการใช้งาน โดยมีสารกัมมันตรังสีที่ใช้งานอยู่ในรูปของเหลว 78 แห่ง ของแข็งและของแข็งผนึกสนิท 153 แห่ง ก๊าซ 3 แห่ง ดังสรุปได้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 หน่วยงานที่ใช้ต้นกำเนิดรังสีชนิดต่าง

สถาบันที่ทำการสำรวจ	สถานะของสารกัมมันตรังสีที่ใช้		
	ของเหลว (แห่ง)	ของแข็ง (แห่ง)	ก๊าซ (แห่ง)
โรงพยาบาลและคลินิค	22	19	-
คณะแพทย์ศาสตร์ที่มีโรงพยาบาล	26	10	-
สถาบันการศึกษา	14	18	-
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเกษตร	16	8	-
อุตสาหกรรม	0	98	3
รวม	78	153	3

การใช้ประโยชน์จากสารกัมมันตรังสีสามารถแบ่งกลุ่มได้ดังต่อไปนี้

1. การแพทย์ได้แก่ การตรวจวินิจฉัยโรค และการรักษาโรค

2. การวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การวิจัยด้านชีววิทยา การวิจัยด้านการแพทย์ และการวิจัยด้านการเกษตร

3. การศึกษาและการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ทั่วไป

4. อุตสาหกรรม

1. การใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์

1.1 การตรวจวินิจฉัยโรค

1.1.1 การใช้สารกัมมันตรังสีตรวจวินิจฉัยภายในร่างกาย(in-vivo nulcear)

การตรวจวินิจฉัยโดยวิธีนี้สามารถสร้างภาพอวัยวะภายในร่างกายด้วยสารกัมมันตรังสี โดยการใช้สารกัมมันรังสีติดฉลากฉีดเข้าเส้นเลือดหรือดื่มเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งจะถูกวัดและสร้างภาพโดยเครื่องนับวัด gamma camera ปัจจุบันมีหน่วยงานที่ใช้วิธีนี้ทั้งหมด 14 แห่ง ซึ่งอยู่ในกรุงเทพ 11 แห่ง นอกนั้นอยู่ตามต่างจังหวัด

จากตารางที่ 4.2 สารกัมมันตรังสีที่ใช้ในกลุ่มนี้คือ Cr-51, Ga-67, Tc-99m,I-131 และ Tl-201 ซึ่งสารกัมมันตรังสีเหล่านี้มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันคือ ค่าครึ่งชีวิตสั้นและปลดปล่อยรังสีแกมม่า ที่นิยมใช้มากได้แก่ Tc-99m มีความแรงรังสีรวม 331,577.6 มิลลิคูรี คิดเป็นร้อยละ 79.87 ของความแรงรังสีรวมของกลุ่มในปี พ.ศ 2536

สารกัมมันตรังสีในกลุ่มนี้มีอัตราการใช้งานสูงเพิ่มขึ้นทุกปี โดยเฉพาะ Tc-99mแต่Tl-201 มีแนวโน้นการใช้งานลดลง เนื่องจากTc-99mสามารถติดฉลากสารประกอบแล้วมีคุณสมบัติการทำงานคล้ายคลึงกับ Tl-201

1.1.2 การใช้สารกัมมันตรังสีภายนอกร่างกาย (in-vitro nulear medicine)

สารกัมมันตรังสีกลุ่มนี้ใช้ในการตรวจสอบฮอร์โมนของผู้ป่วย โดยนำเลือดหรือเนื้อเยื่อของผู้ป่วยมาวิเคราะห์ สารกัมมันตรังสีที่ใช้งานนี้คือH-3,I-125 สารกัมมันตรังสีที่ใช้มากคือ I-125 ซึ่งใช้ในงาน RIAโดยจัดทำเป็นชุดทดสอบ (kit) โดยมีปริมาณความแรงรังสี1-80ไมโครคูรี ต่อชุด ปัจจุบันมีการใช้งานในโรงพยาบาล 26 แห่ง เป็นความแรงรังสีรวม 127.22 มิลลิคูรี ส่วน H-3 มี

ตารางที่ 4.2 สารกัมมันตรังสีและความแรงรังสีที่ใช้ในงานตรวจวินิจฉัยโรคภายในร่างกาย

สารกัมมันตรังสี	2533	2534	2535	2536
	mCi(จำนวนหน่วยงาน)	mCi(จำนวนหน่วยงาน)	mCi(จำนวนหน่วยงาน)	mCi(จำนวนหน่วยงาน)
Cr-51	49.00 (2)	52.00 (2)	60.00 (2)	63.00 (2)
Ga-67	47.00 (1)	50.00 (1)	53.00 (2)	68.00 (1)
Tc-99m	279,983.68 (16)	278,580.00 (16)	291,834.41 (16)	331,577.60 (17)
I-131	57,851.00 (12)	62,732.65 (12)	77,535.94 (12)	82,800.42 (13)
Tl-201	642.00 (3)	649.00 (3)	661.00 (3)	678.00 (2)
รวม	338,572.68	342,063.65	370,144.35	415,187.02

ตารางที่ 4.3 สารกัมมันตรังสีและความแรงรังสีที่ใช้ในการตรวจวินิจฉัยโรคที่กระทำภายนอกร่างกาย

สารกัมมันตรังสี	2533	2534	2535	2536
	mCi(จำนวนหน่วยงาน)	mCi(จำนวนหน่วยงาน)	mCi(จำนวนหน่วยงาน)	mCi(จำนวนหน่วยงาน)
H-3	11.00 (4)	12.00 (4)	12.00 (4)	12.00 (6)
I-125	43.72 (23)	48.11 (23)	126.26 (23)	127.22 (29)
รวม	54.72	60.11	138.26	139.22

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การใช้งาน 6 แห่ง เฉพาะในโรงพยาบาลที่มีคณะแพทย์ศาสตร์ โดยมีความแรงรังสีรวม 12 มิลลิคูรี ดังตารางที่ 4.3

การใช้งานของสารกัมมันตรังสีกลุ่มนี้มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากมีวิธีการตรวจสอบโดยไม่ต้องใช้สารกัมมันตรังสีเช่น วิธีการทางเคมี วิธีการติดสี เป็นต้น เพราะปัจจุบันหน่วยงานทางการแพทย์ได้รับความช่วยเหลือจากองค์การอนามัยโลกและคลินิคเอกชน ได้ยกเลิกวิธีการตรวจสอบด้วยสารกัมมันตรังสี

1.2 การบำบัดรักษาโรค

1.2.1 การฉายรังสีรักษามะเร็ง

การใช้งานแบ่งออกเป็น 2 พวกคือ การฉายรังสีจากระยะไกลสารกัมมันตรังสีที่ใช้คือ Co-60 ซึ่งมีความแรงรังสีต่อเครื่อง 500-15000 คูรี มีอายุการใช้งาน 6-10 ปี ปัจจุบันมีความแรงรังสีรวมทั้งหมด 95,335.693 คูรี มีการใช้งานทั้งหมด 21 เครื่อง ในโรงพยาบาล 9 แห่งในกรุงเทพ และโรงพยาบาล 4 แห่งในต่างจังหวัด ส่วนการฉายรังสีโดยการสอดใส่ สารกัมมันตรังสีที่ใช้ คือ Co-60 Cs-137, Ir-192 และRa-226 ตัวที่ใช้มากคือ Cs-137 มีการใช้ทั้งหมด 10 แห่ง ส่วน Ra-226 ได้มีการเลิกใช้งานเป็นส่วนใหญ่ เพราะได้พบว่าในขณะใช้งานมีการปลดปล่อยก๊าซเรดอน ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้ป่วย รายละเอียดดูได้จากตารางที่ 4.4

นอกจากการใช้สารกัมมันตรังสีในการรักษาโรคมะเร็งยังมีการใช้ Sr-90 ฉายรังสีบีตาบริเวณเลนซ์ตาภายหลังการผ่าตัดต้อตา ความแรงรังสีที่ใช้งานต่อเครื่อง 55-155 มิลลิคูรี ปัจจุบันมีการใช้งานทั้งหมด 23 เครื่อง

ตารางที่ 4.4 สารกัมมันตรังสีและความแรงรังสีที่ใช้ในงานฉายรังสีรักษาโรค

สารกัมมันตรังสี	2533	2534	2535	2536
	Ci(unit)	Ci(unit)	Ci(unit)	Ci(unit)
Co-60	78,133.667(18)	105,884.419(20)	108,796.164(21)	95,335.693(21)
Sr-90	1.588(22)	1.662(24)	1.518(23)	1.487(23)
Cs-137	13.387(7)	1,783.106(8)	1,748.235(9)	3,460.545(10)
Ir-192	-	-	10.000(1)	-
Ra-226	2.127(7)	1.997(6)	1.357(4)	1.357(4)
รวม	78,150.769(54)	107,671.184(58)	110,557.274(58)	98,799.083(58)

2. การศึกษาวิจัยทางวิทยาศาสตร์

สารกัมมันตรังสีในกลุ่มนี้ส่วนหนึ่งใช้เป็นตัวติดตามในสิ่งที่ต้องการศึกษา งานที่ใช้มากได้แก่ การศึกษาDNA การศึกษาการทำงานของอวัยวะภายในของสัตว์ การศึกษาการดูดซึมธาตุอาหารของพืช สารกัมมันตรังสีที่ใช้ได้แก่ H-3,C-14,P-32,S-35,Ca-45,Cr-51,Tc-99m,I-125และ I-131 ตัวที่นิยมใช้คือ H-3,C-14เนื่องจากสามารถติดฉลากได้ง่ายกับสารประกอบ ซึ่งการใช้งานครั้งละประมาณ 1-60 ไมโครคูรี

จากตารางที่ 4.5 และ 4.6 พบว่าการใช้งานของสารกัมมันตรังสีในกลุ่มนี้มีปริมาณการใช้สารกัมมันตรังสีไม่แน่นนอน ขึ้นอยู่กับโครงการที่สนใจอยู่ในขณะนั้นว่ามีความจำเป็นต้องใช้สารกัมมันตรังสีหรือไม่ ซึ่งแต่ละโครงงานวิจัยมีช่วงเวลา 1-3 ปี เมื่อหมดสิ้นสุดโครงการวิจัยจะไม่มีการใช้สารกัมมันตรังสี จึงทำให้ปริมาณการใช้สารกัมมันรังสีไม่แน่นนอน

ตารางที่ 4.5 สารกัมมันตรังสีและความแรงรังสีที่ใช้ในงานวิจัยด้านชีววิทยา

สารกัมมันตรังสี	2533	2534	2535	2536
	mCi(จำนวนหน่วยงาน)	mCi(จำนวนหน่วยงาน)	mCi(จำนวนหน่วยงาน)	mCi(จำนวนหน่วยงาน)
งานวิจัยด้านชีววิทยา				
H-3	135.50(19)	139.36(17)	133.05(15)	131.80(18)
C-14	51.90(11)	53.90(11)	57.80(10)	52.70(11)
P-32	96.25(9)	101.75(7)	152.25(13)	143.75(12)
S-35	35.00(5)	40.00(3)	27.00(4)	33.00(5)
Ca-45	10.00(1)	10.00(1)	10.00(1)	10.00(1)
Cr-51	35.00(4)	45.70(4)	35.40(6)	45.50(5)
Tc-99m	1200.00(1)	1200.00(1)	1200.00(1)	1200.00(1)
I-125	26.40(9)	44.54(6)	45.62(6)	53.46(6)
I-131	484.00(2)	484.00(2)	484.00(2)	484.00(2)
รวม	2,074.05	2,119.25	2,145.12	2,154.21

ตารางที่ 4.6 สารกัมมันตรังสีและความแรงรังสีที่ใช้ในงานวิจัยด้านการเกษตร

สารกัมมันตรังสี	2533	2534	2535	2536
	mCi(จำนวนหน่วยงาน)	mCi(จำนวนหน่วยงาน)	mCi(จำนวนหน่วยงาน)	mCi(จำนวนหน่วยงาน)
C-14	5.26(2)	3.85(2)	2.60(1)	4.60(2)
P-32	315.00(2)	316.00(2)	365.00(2)	377.00(3)
S-35	50.00(1)	-	5.00(1)	5.00(1)
รวม	370.26	319.85	372.60	386.60

3. การศึกษาและการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ทั่วไป

การใช้งานของสารกัมมันตรังสีในกลุ่มนี้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือการใช้ในการเรียนการสอน ซึ่งสารกัมมันตรังสีจะเป็นสารกัมมันตรังสีที่มีความแรงรังสีต่ำ และจัดทำเป็นชุดฝึกทดลองวิชาพื้นฐานทางฟิสิกส์ สารกัมมันตรังสีที่ใช้คือ Co-60,Na-22,Cs-137,Kr-85,Sr-90 และ Am-241 เป็นต้น ส่วนอีกพวกหนึ่งเป็นการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการวิจัยทางฟิสิกส์หรือฟิสิกส์ประยุกต์ สารกัมมันตรังสีที่ใช้ในพวกนี้ได้แก่ H-3,Fe-55,Cd-109,Co-60,Cs-137, Pu-238-Be Am-241-be และCf-252

เครื่องกำเนิดนิวตรอนปัจจุบันมีการใช้งานอยู่ 2 แห่งได้แก่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ทั้งสองหน่วยงานใช้ H-3 เป็นเป้ากำเนิดนิวตรอน มีอายุการใช้งานยาวและมีความแรงรังสีประมาณ 10 คูรี การใช้งานเป็นการศึกษาวิจัยด้านฟิสิกส์ ปัจจุบันได้มีการทดลองนำมาใช้ในการแพทย์และอุตสาหกรรม

4. การใช้งานทางอุตสาหกรรม

หน่วยงานในกลุ่มนี้มีทั้งหมด 101 แห่ง มีอัตราการใช้งานต่อปีสูงขึ้นมากกว่าการใช้งานในกลุ่มอื่นๆ การใช้ในงานที่ใช้เกี่ยวข้องกับขบวนการผลิตและการตรวจสอบคุณภาพ สารกัมมันตรังสี

ที่ใช้เป็นชนิดของแข็งผนึกสนิทและก๊าซ ซึ่งมีอายุการใช้งานเฉลี่ย 1-2 เท่าของค่าครึ่งชีวิตของสารกัมมันตรังสีตัวนั้น มีการใช้งานดังต่อไปนี้

4.1 การควบคุมระดับวัตถุดิบในถัง

สารกัมมันตรังสีที่ใช้งานจะปลดปล่อยรังสีแกมมาทั้งหมดได้แก่ Co-60, Cs-137 และ Am-241 ปัจจุบันมีการใช้งานอยู่ 31 แห่ง ซึ่ง Co-60 และ Cs-137 ใช้ในงานการผลิตปิโตเคมี หลอดไฟฟ้า น้ำตาล ปูนซิเมนต์ ส่วน Am-241 ใช้ในงานผลิตน้ำอัดลมกระป๋อง

ตารางที่ 4.7 สารกัมมันตรังสีและความแรงรังสีที่ใช้ในงานตรวจวัดระดับของเหลว

สารกัมมันตรังสี	2533 Ci(unit)	2534 Ci(unit)	2535 Ci(unit)	2536 Ci(unit)
Co-60	9.938(32)	8.830(37)	10.556(39)	13.600(40)
Cs-137	11.484(41)	17.011(51)	17.084(52)	17.195(56)
Am-241	3.845(9)	4.345(13)	4.490(15)	4.625(16)
รวม	25.268(82)	30.187(101)	32.131(106)	35.420(112)

4.2. การควบคุมคุณสมบัติกายภาพของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

สารกัมมันตรังสีที่ใช้ได้แก่ Sr-90, Kr-85, Pm-147 และ Am-241 ปัจจุบันมีการใช้งานอยู่ 20 แห่งซึ่ง Kr-85 Sr-90 และ Pm-147 จะปลดปล่อยรังสีเบต้าและใช้ในงานควบคุมน้ำหนักกระดาษ,ความหนาของฟิล์ม และความหนาแน่นของพลาสติกส่วน Cs-137 และ Am-241 ใช้ในงานควบคุมความหนาของเหล็กเส้น

ตารางที่ 4.8 สารกัมมันตรังสีและความแรงรังสีที่ใช้ในงานตรวจสมบัติกายภาพของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

สารกัมมันตรังสี	2533 mCi(unit)	2534 mCi(unit)	2535 mCi(unit)	2536 mCi(unit)
กระดาษ				
Kr-85	5,511.835(16)	6,153.993(17)	6,012.530(18)	5,642.770(19)
Sr-90	111.556(4)	109.524(4)	106.604(4)	104.536(4)
รวม	5,623.391(20)	6,262.516(21)	6,119.134(22)	5,747.308(23)
ฟิลม์และพลาสติก				
Kr-85	3,257.368(6)	3,067.180(6)	3,792.593(9)	3,260.790(9)
Sr-90	165.967(2)	161.720(2)	157.700(2)	154.000(2)
Cs-137	80.000(1)	343.453(2)	335.990(2)	327.140(2)
Pm-147	290.617(2)	222.412(2)	170.358(2)	800.530(3)
รวม	3,793.952(11)	3,794.765(12)	4,456.641(15)	4,542.370(16)
เหล็กและวัสดุเคลือบ				
Am-241	2,700.000(9)	6,700.000(11)	8,700.000(12)	8,700.000(12)
Cs-137	441.676(3)	428.571(3)	420.558(3)	409.362(3)
รวม	2,941.676(12	6,928.571(14)	8,920.558(15)	8,909.362(15)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 การตรวจสอบสภาพทางธรณี

สารกัมมันตรังสีที่ใช้คือ Cs-137 และ Am241-Be โดยสารกัมมันตรังสีทั้ง 2 ตัวจะใช้งานพร้อมกัน Cs-137 จะใช้ในงานวัดความหนาแน่นของชั้นดิน มีความแรงรังสีต่อเครื่องประมาณ 500-10,000 มิลลิคูรี และ Am-241-Be ใช้ในงานตวรจสอบความชื้นในชั้นดินมีความแรงรังสีต่อเครื่อง ประมาณ 500-16,000 มิลลิคูรี ปัจจุบันมีการใช้งานรวมทั้งสิ้นฝ 15 แห่ง โดยใช้ในงานตรวจสอบสภาพธรณีวิทยาของหลุมน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ 6 แห่ง และใช้ตรวจสอบความชื้นและความหนาแน่นของชั้นถนน 9 แห่ง

ตารางที่ 4.9 สารกัมมันตรังสีและความแรงรังสีที่ใช้ในงานตรวจสอบสภาพทางธรณี

สารกัมมันตรังสี	2533 Ci(unit)	2534 Ci(unit)	2535 Ci(unit)	2536 Ci(unit)
Cs-137	25.49(30)	59.55(38)	56.35(41)	69.56(48)
Am-241-Be	127.48(44)	187.18(52)	172.78(55)	210.28(59)
รวม	152.97(74)	246.73(90)	229.13(96)	279.84(107)

4.5. สารกัมมันตรังสีที่ใช้ในงานวิเคราะห์ปริมาณธาตุทางอุตสาหกรรม

ปัจจุบันกรรมวิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของสารประกอบในอุตสาหกรรม ได้พัฒนาขึ้นมาก สารกัมมันตรังสีที่ใช้งานคือ Fe-55, Cd-109, Ba-133, Pm-147, Am-241 และ Pu-238 โดยที่ Fe-55 และ Cd-109ใช้ในการตรวจสอบธาตุในน้ำมัน Pu-238 ใช้ในการตรวจสอบธาตุในนมผง Ba-133, Pm-147 และ Am-241 ใช้ในการตรวจสอบธาตุในดิน ขณะนี้มีการใช้งานอยู่ 10 หน่วยงาน

ตารางที่ 4.10 สารกัมมันตรังสีที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุโดยวิธีเอ็กซเรย์ฟลูออเรสเซนต์

สารกัมมันตรังสี	2533 mCi(unit)	2534 mCi(unit)	2535 mCi(unit)	2536 mCi(unit)
Fe-55	77.694(5)	52.119(5)	65.608(7)	156.086(10)
Cd-109	11.102(5)	7.994(5)	15.363(7)	34.191(10)
Ba-133	5.747(1)	5.235(1)	4.778(1)	4.535(1)
Pm-147	7.660(1)	5.868(1)	4.494(1)	3.447(1)
Pu-238	-	-	100.000(1)	98.911(1)
Am-241	100.000(1)	100.000(1)	100.100(2)	120.100(3)
รวม	202.203(13)	171.216(13)	290.343(19)	418.359(26)

4.6 การตรวจสอบโดยไม่ทำลายด้วยรังสี

สารกัมมันตรังสีที่ใช้งานคือ Co-60 และ Ir-192งานที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นการตรวจสอบรอยเชื่อมและโครงสร้างภายในของชิ้นงานโดยใช้ Ir-192 ซึ่งมีอายุการใช้งาน 3-6 เดือน ปัจจุบันมีการใช้งานอยู่ 19 หน่วยงาน

ตารางที่ 4.11 สารกัมมันตรังสีที่ใช้ในงานตรวจสอบโดยไม่ทำลายด้วยรังสี

สารกัมมันตรังสี	2533 Ci(unit)	2534 Ci(unit)	2535 Ci(unit)	2536 Ci(unit)
Co-60	44.720(2)	42.660(2)	36.620(2)	99.324(3)
Ir-192	2,106.900(40)	2,270.160(50)	2,876.100(54)	3,656.400(67)
รวม	2,151.620(42)	2,312.820(52)	2,912.720(56)	3,755.724(70)

4.7. การฉายรังสีในอุตสาหกรรม

สารกัมมันตรังสีที่ใช้คือ Co-60 ซึ่งใช้ในงานฆ่าเชื้อโรคเครื่องมือแพทย์และการฉายรังสีอาหารเป็นงานหลัก ปัจจุบันมีการใช้งาน 3 แห่ง คือสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ บริษัทเดนดอลล์แกมมาตรอน และมหาวิทยาลัยเกษตร ซึ่งแหล่งกำเนิดรังสีในกลุ่มนี้ที่ใช้งานทั้งหมด 5 ชิ้น มีความแรงรังสีรวม 484,157.93 คูรี

ตารางที่ 4.12 สารกัมมันตรังสีที่ใช้ในงานฉายรังสีทางอุตสาหกรรมระหว่างปี พ.ศ 2533-2536

สารกัมมันตรังสี	2533 Ci(unit)	2534 Ci(unit)	2535 Ci(unit)	2536 Ci(unit)
Co-60	532,419.632(3)	473,661.733(3)	415,171.760(3)	484,157.930(4)
Cs-137	894.308(1)	873.015(1)	853.374(1)	833.960(1)
รวม	533,313.940(4)	474,534.748(4)	415,241.134(4)	484,991.890(5)

4.8 การตรวจสอบรอยร้าวของชิ้นส่วนอิเลคโทรนิคส์

สารกัมมันตรังสีที่ใช้คือ Kr-85 ซึ่งมีสภาพเป็นก๊าซบรรจุในถังป้องกันรังสีมีความจุภายในถัง 16 คูรีต่อถัง เมื่อใช้สารกัมมันตรังสีหมด จะนำถังส่งกลับบริษัทผู้ผลิตเพื่อเติมสารกัมมันตรังสีกลับมาใหม่ ในปัจจุบันมีการใช้งานทั้งหมด 3 แห่ง

ตารางที่ 4.13 สารกัมมันตรังสีและความแรงรังสีที่ใช้ในงานตรวจสอบสภาพชิ้นส่วนอีเลคโทรนิค

สารกัมมันตรังสี	2533 Ci(unit)	2534 Ci(unit)	2535 Ci(unit)	2536 Ci(unit)
Kr-85	592.00(4)	624.00(4)	690.00(3)	806.00(3)

กากกัมมันตรังสีจากการใช้ประโยชน์จากสารกัมมันตรังสี

จากการสำรวจพบว่าหน่วยงานที่ให้กำเนิดกากกัมมันตรังสีในปัจจุบันมีทั้งหมด 123 แห่ง โดยแบ่งออกเป็น โรงพยาบาล 24 แห่ง คณะแพทย์ศาสตร์ที่มีโรงพยาบาล 34 แห่ง สถาบันการศึกษา 10 แห่ง สถาบันวิจัยทางวิทยาศาสตร์และการเกษตร 20 แห่ง อุตสาหกรรม 35 แห่ง ส่วนหน่วยงาน ที่ยังไม่มีกากกัมมันตรังสี 111 แห่งเป็นหน่วยงานที่ใช้สารกัมมันตรังสีชนิดของแข็งผนึกสนิททั้งหมด

ปริมาตรกากกัมมันตรังสี 55.39 เปอร์เซนต์เกิดจากการใช้งานทางการแพทย์ และ44.61 เปอร์เซนต์ และ 44.61 เปอร์เซนต์ เกิดจากการใช้ทางการวิจัยด้านชีววิทยา กากกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นสามารถจัดกลุ่มของกากฯออกได้เป็น สารละลายอินทรีย์ 38.33 เปอร์เซนต์ สารละลายน้ำ61.67 เปอร์เซนต์ สำหรับกากกัมมันตรังสีชนิดของเหลว ส่วนกากกัมมันตรังสีของแข็งแบ่งออกได้เป็น กากกัมมันตรังสีเผาได้ 83.91 เปอร์เซนต์ กากฯบีบอัดได้ 15.83 เปอร์เซนต์ กากฯบีบอัดไม่ได้ 0.26 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 4.14 ลักษณะของกากกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้น

ชนิดของกากกัมมันตรังสี	ลักษณะของกากกัมมันตรังสี
สารละลายอินทรีย์	ซินทิลแลนต์ชนิดต่างๆ อาซีโตน น้ำมันก๊าด ซึ่งผสมไปด้วยสารเคมีชนิดต่างๆ เป็นต้น
สารละลายน้ำ	น้ำทำความสะอาดอุปกรณ์และเครื่องมือในการปฏิบัติงาน ของเสียที่ขับถ่ายออกมาจากผู้ป่วยที่ได้รับสารกัมมันตรังสี เป็นต้น
กากกัมมันตรังสีที่เผาได้	กระดาษ ถุงมือยาง พลาสติก ชากสัตว์ทดลอง และชุดเข็มฉีดยา เป็นต้น
กากกัมมันตรังสีที่บีบอัดได้	หลอดทดลอง ภาชนะบรรจุสารกัมมันตรังสี ท่อโลหะ และท่อพลาสติก เป็นต้น
กากกัมมันตรังสีที่บีบอัดไม่ได้	ต้นกำเนิดรังสีของแข็งผนึกสนิทที่เลิกใช้ แท่งโลหะ ดิน และวัสดุป้องกันรังสี เป็นต้น

ตารางที่ 4.15 องค์ประกอบทางเคมีของกากกัมมันตรังสีของเหลว

การใช้งาน	องค์ประกอบทางเคมี
การแพทย์	$HCl, PO_4^{-3}, NO_3^-, NaCl, NaOH$, urine, serum, blood
การวิจัยทางวิทยาศาสตร์	$PO_4^{-3}, Ca^{+2}, Cl^-, NO_3^-, NaOH, CO_3^{-2}, HCl, HNO, H_2SO_4, HClO_4$ scintiillants

จากรูปที่ 4.1 พบว่ากากกัมมันตรังสีชนิดสารละลายน้ำมีอัตราเกิดขึ้นสูงขึ้นมาก โดยเฉพาะปี พ.ศ2534 เนื่องจากมีหน่วยงานได้เริ่มมีการจัดทำชุดตรวจสอบ (kit) RIA ของสารกัมมันตรังสี I-125 จึงมีผลเป็นอย่างสูงต่อการเกิดกากกัมมันตรังสี ส่วนสารละลายอินทรีย์มีปริมาตรไม่แน่นอน จากการสำรวจพบว่ากากกัมมันตรังสีเผาได้มีปริมาตรมากที่สุด และมีอัตราการเพิ่มขึ้นทุกปี กากกัมมันตรังสีบีบอัดได้ อัตราการเพิ่มขึ้นทุกปีเช่นกัน และกากฯบีบอัดไม่ได้ มีปริมาตรน้อยมากเมื่อเทียบกับกากกัมมันตรังสีกลุ่มอื่นๆ และมีการเกิดกากกัมมันตรังสีไม่แน่นอน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดจากการวิจัยทางการเกษตร

จากรูปที่ 4.3 และ 4.4 พบว่ากากกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะมีส่วนประกอบของสารกัมมันตรังสีที่มีค่าครึ่งชีวิตสั้น (P-32,Ca-45,Cr-51,Ga-67,Tc-99m,I-125,I-131,Tl-201) มีอัตราการเพิ่มขึ้นทุกๆปี เพราะกากกัมมันตรังสีพวกนี้ส่วนใหญ่มาจากการใช้งานทางการแพทย์ ซึ่งมีการใช้งานเพิ่มขึ้นทุกปีส่วนกากกัมมันตรังสีที่มีค่าครึ่งชีวิตยาว (H-3,C-14) มีปริมาณกากกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นไม่แน่นนอน เพราะกากกัมมันตรังสีพวกนี้มาจากการใช้งานในการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการใช้งานไม่แน่นนอน จึงส่งผลต่อปริมาตรกากกัมมันตรังสี

1. กากกัมมันตรังสีจากการใช้งานทางการแพทย์

กากกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นในกลุ่มนี้ประกอบด้วย สารกัมมันตรังสีที่มีค่าครึ่งชีวิตสั้น(Ga-67,Cr-51 Tc-99m,I-125,I-131,Tl-201)ยกเว้น H-3 แต่ปรากฏว่าปริมาตรของกากกัมมันตรังสีมีอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละเท่ากับ 23.24และ22.736 ต่อปีสำหรับกากกัมมันตรังสีของเหลวและของแข็งตามลำดับ ดังรูป 4.5และ 4.6 กากกัมมันตรังสีที่อยู่ในรูปของเสียที่ขับถ่ายจากผู้ป่วยที่ได้รับสารกัมมันตรังสี น้ำทิ้งจากการทำความสะอาดเครื่องมือ น้ำเลือด ขวดใส่สารกัมมันตรังสี เข็มฉีดยา หลอดทดลอง เป็นต้น

กากกัมมันตรังสีที่เกิดในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่มาจากการตรวจวินิจฉัยภายนอกร่างกาย ซึ่งทราบได้จากกากกัมมันตรังสีจะเจือปนด้วยไอโอดีน-125เป็นส่วนใหญ่ ส่วนการตรวจวินิจฉัยภายในร่างมีปริมาณกากกัมมันตรังสีน้อย เพราะสารกัมมันรังสีที่ใช้มีค่าครึ่งชีวิตสั้นและใช้ภายในร่างกาย

2. กากกัมมันตรังสีจากการใช้งานทางการวิจัยทางวิทยาศาสตร์

กากกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นมีระดับรังสีต่ำ แต่กากกัมมันตรังสีในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยสารกัมมันตรังสีที่มีค่าครึ่งชีวิตยาวคือ H-3 และ C-14 ซึ่งกากของเหลวที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเป็นสารละลายอินทรีย์และซินติแลนต์ที่เจือปนด้วยสารเคมีต่างๆ สารกัมมันตรังสีที่อยู่ในกลุ่มนี้คือ H-3,C-14 P-32,S-35,Cr-51,Ca-45,Tc-99m,I-131,I-125และ Ca-45 ปริมาณกากกัมมันตรังสีที่เกิด

ขึ้นมีปริมาณเพิ่มขึ้นไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับโครงงานวิจัยและชนิดของสารกัมมันตรังสีที่ใช้อยู่ในขณะนั้น ดังรูปที่ 4.5 และ 4.6

3. กากกัมมันตรังสีจากอุตสาหกรรม

กากกัมมันตรังสีจากอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นต้นกำเนิดของแข็งผนึกสนิทที่เลิกใช้แล้ว ซึ่งพบว่ากากกัมมันตรังสีจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมากในอนาคต เพราะปัจจุบันได้มีการใช้งานเพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งสารกัมมันตรังสีมีอายุการใช้งาน 5-10 ปี กากกัมมันตรังสีพวกนี้จะบรรจุใน วัสดุกำบังรังสีห่อหุ้มอยู่ จึงทำให้มีน้ำหนักและปริมาตรสูงขึ้น ซึ่งเป็นอุปสรรคอย่างมากในการจัดการกากกัมมันตรังสี กากกัมมันตรังสีส่วนใหญ่มาจากการใช้งานในการทดสอบโดยไม่ทำลายด้วยรังสี สารกัมมันตรังสีและในกลุ่มนี้ได้แก่ Fe-55,Kr-85,Sr-90,Cd-109,Cs-137,Co-60,Ir-192,Am-241

การจัดการกากกัมมันตรังสี

จากการสำรวจข้อมูลพบว่าวิธีการจัดการกากกัมมันตรังสีในประเทศมีทั้งหมด 3 วิธี คือ การจัดการกากกัมมันตรังสีด้วยตนเอง การจัดส่งกากกัมมันตรังสี ณ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ การส่งกากกัมมันตรังสีกลับบริษัทผู้ผลิต จากรูป4.7 และ 4.8 การจัดส่งกากกัมมันตรังสี ณ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ เป็นวิธีการจัดการกัมมันตรังสีที่หน่วยงานต่างๆใช้ปฏิบัติมากที่สุดและปริมาตรกากกัมมันตรังสีเข้ารับการจัดการกากกัมมันตรังสีสูงสุด

1. การจัดการกากกัมมันตรังสีด้วยตนเอง

หน่วยงานที่ใช้วิธีการมีทั้งหมด 39 หน่วยและมีปริมาตรกากกัมมันตรังสี 32.15เปอร์เซนต์ของกากกัมมันตรังสีทั้งหมด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโรงพยาบาลและคณะแพทย์ศาสตร์ที่มีโรงพยาบาล เพราะหน่วยงานเหล่านี้ใช้สารกัมมันตรังสีที่มีค่าครึ่งชีวิตสั้น จึงมีวิธีการบำบัดกากกัมมันตรังสีด้วยวิธีการที่ง่าย และที่ตั้งของหน่วยงานเหล่านี้อยู่ตามต่างจังหวัด ซึ่งไม่สะดวกในการนำส่งกากกัมมันตรังสีเข้ารับการบำบัด ณ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ สารกัมมันตรังสีที่เจือปนอยู่ในกลุ่มนี้คือ Tc-99m I-125 และ I-131

การจัดการกากกัมมันตรังสีโดยวิธีนี้สามารถแบ่งออกได้ 2 วิธีคือ การทิ้งรวมกับขยะหรือน้ำทิ้งทั่วไป หน่วยงานพวกนี้มักมีระบบบำบัดน้ำเสียของหน่วยงานอยู่แล้ว จึงทิ้งกากกัมมันตรังสีสู่ระบบจัดการน้ำเสียรวม กากกัมมันตรังสีพวกนี้ส่วนใหญ่เป็นเลือดและน้ำล้างอุปกรณ์จากการวิเคราะห์ RIA

ตารางที่ 4.16 การจัดการกากกัมมันตรังสีตามหน่วยงานต่างๆ

สถาบันที่ทำการสำรวจ	จำนวนหน่วยงาน		
	จัดการกากกัมมันตรังสีเอง	ส่งกลับผู้ผลิต	ส่งพปส.
โรงพยาบาลและคลีนิค	18	3	3
โรงพยาบาลที่มีคณะแพทย์ศาสตร์	16	9	9
สถาบันการศึกษา	3	-	7
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเกษตร	2	2	16
อุตสาหกรรม	-	27	8
รวม	39(31.70%)	41(33.33%)	43(34.95%)

ตารางที่ 4.17 แสดงการคาดการณ์การจัดการกากกัมมันตรังสีในหน่วยที่ยังไม่กากกัมมันตรังสี

สถาบันที่ทำการสำรวจ	จำนวนหน่วยงาน		
	จัดการกากกัมมันตรังสีเอง	ส่งกลับผู้ผลิต	ส่งพปส.
โรงพยาบาลและคลีนิค	-	0	17
โรงพยาบาลที่มีคณะแพทย์ศาสตร์	-	1	1
สถาบันการศึกษา	-	3	19
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเกษตร	-	2	2
อุตสาหกรรม	-	17	49
รวม	-	23(20.72%)	88(37.60%)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ซึ่งมีความแรงรังสีอยู่ในระดับไม่เกิน 80 ไมโครคูรี ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือการเก็บทอดระยะเวลา เพื่อให้สารกัมมันตรังสีสลายตัว ซึ่งส่วนใหญ่ใช้วิธีนี้ในของเสียของผู้ป่วยที่ได้รับสารกัมมันตรังสี

2. การจัดส่งกากกัมมันตรังสีเข้ารับการบำบัดที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ

หน่วยงานที่ใช้วิธีนี้ส่วนใหญ่เป็นสถาบันวิจัยทางวิทยาศาสตร์และสถาบันการศึกษา ที่มีที่ตั้งของหน่วยงานอยู่ภายในกรุงเทพ เพราะมีความสะดวกในการจัดส่งกากกัมมันตรังสี จากรูปที่ 4.7 และ 4.8 พบว่าปริมาณกากกัมมันตรังสีที่ใช้วิธีจัดการกากกัมมันตรังสีด้วยวิธีนี้ มีปริมาณแต่ละปีไม่แน่นอน เนื่องจากการใช้งานไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับโครงการวิจัยในขณะนั้น จึงมีผลต่อปริมาณกากกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้ กากกัมมันตรังสีชนิดของเหลวส่วนใหญ่เป็นสารละลายอินทรีย์ ซึ่งประกอบไปด้วยสารกัมมันตรังสีได้แก่ H-3,C-14, P-32,S-35,Ca-45,Cr-51,Tc-99m,I-125,I-131

กากกัมมันตรังสีชนิดของแข็งผนึกสนิทที่ใช้การจัดการโดยวิธีนี้ จะมีความแรงรังสีไม่สูงมากนัก ซึ่งจะถูกมาจากการใช้งานทางอุตสาหกรรมและการใช้ด้านการแพทย์ จากตารางที่ 4.17 พบว่ากากฯ ของแข็งผนึกสนิท ที่ใช้การจัดการกัมมันตรังสีโดยวิธีนี้ในอนาคตจะมีปริมาณสูงขึ้นมาก

3. การส่งกากกัมมันตรังสีกลับบริษัทผู้ผลิต

หน่วยงานที่ใช้วิธีการจัดการกากกัมมันตรังสี โดยวิธีนี้เป็นหน่วยทางอุตสาหกรรมและหน่วยงานที่มีการใช้งานเครื่องฉายรังสีรักษาโรค ซึ่งกากกัมมันตรังสีพวกนี้จะเป็นต้นกำเนิดรังสีที่เลิกใช้งานแล้ว โดยมีความแรงรังสีลดลงจากเดิม 2-3 เท่า และ ถังใส่ก๊าซรังสี Kr-85 กากฯที่ใช้วิธีนี้มากที่สุดได้แก่ Ir-192 ที่ใช้ในการทดสอบโดยไม่ทำลายด้วยรังสี Co-60 ที่ใช้ในงานฉายรังสีรักษาโรค

การประเมินปริมาตรกากกัมมันตรังสีในอนาคต

ปริมาตรกากกัมมันตรังสีที่ใช้ในการประเมินแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่หนึ่งปริมาตรกากกัมมันตรังสีรวมคือปริมาตรกากกัมมันตรังสีที่หน่วยงานจัดการกากกัมมันตรังสีด้วยตนเอง และกากกัมมันตรังสีนำส่งเข้ารับบำบัดที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กลุ่มที่สองปริมาตรกากกัมมันตรังสีที่นำส่งเข้ารับบำบัดที่สำนักงานปรมาณูเท่านั้น ในการประเมินพื้นที่ทิ้งกากกัมมันตรังสี ผู้วิจัยใช้กากฯกลุ่มนี้ในการประเมิน

ผู้จัยได้ประเมินปริมาตรกากกัมมันตรังสี จากการใช้ประโยชน์จากสารกัมมันตรังสีในปี พ.ศ 2566 โดยอาศัยข้อมูลจากการสำรวจและใช้วิธีการประเมินด้วยกัน 2 วิธีคือ

1. การประเมินปริมาตรกากกัมมันตรังสีจากสมการถดถอยแบบเส้นตรง ซึ่งสามารถสร้างสมการการเกิดกากกัมมันตรังสีได้ดังนี้(ดูรายละเอียดการคำนวนจากภาคผนวก ข)

กลุ่มที่ 1 กากกัมมันตรังสีรวม

สมการการเกิดปริมาตรกากกัมมันตรังสีของแข็ง $Y = 20.149 + 1.474X$

สมการการเกิดปริมาตรกากกัมมันตรังสีของเหลว $Y = 3.960 + 0.878X$

โดยที่ Y = ปริมาตรกากกัมมันตรังสี

X = ปีที่ต้องการทราบปริมาตรกากกัมมันตรังสี - 2532

เมื่อแทนค่าในสมการจะได้ปริมาตรกากกัมมันตรังสีในปีพ.ศ 2566 คือ กากกัมมันตรังสีของแข็งประมาณ 70 เมตร^3 กากกัมมันตรังสีของเหลวประมาณ 33 เมตร^3

กลุ่มที่ 2 กากกัมมันตรังสีที่นำส่งสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ

สมการการเกิดปริมาตรกากกัมมันตรังสีของแข็ง $Y = 13.563 + 1.003X$

สมการการเกิดปริมาตรกากกัมมันตรังสีของเหลว $Y = 2.104 + 0.165X$

โดยที่ Y = ปริมาตรกากกัมมันตรังสี

X = ปีที่ต้องการทราบปริมาตรกากกัมมันตรังสี - 2529

เมื่อแทนค่าในสมการจะได้ปริมาตรกากกัมมันตรังสีในปีพ.ศ 2566 คือ กากกัมมันตรังสีของแข็งประมาณ 50 เมตร^3 กากกัมมันตรังสีของเหลวประมาณ 8 เมตร^3

2. การประเมินปริมาตรกากกัมมันตรังสีด้วยวิธีทวีคูณร้อยละ

กลุ่มที่ 1 กากกัมมันตรังสีรวม

กากกัมมันตรังสีกลุ่มนี้มีการเพิ่มขึ้นต่อปีของกากกัมมันตรังสีของแข็งและของเหลว 6.38 % และ 10.68 % ตามลำดับ และปริมาตรกากกัมมันตรังสีในปี พ.ศ 2566 คือของแข็งประมาณ 165 เมตร^3 ของเหลวประมาณ 134 เมตร^3

กลุ่มที่ 2 กากกัมมันตรังสีที่นำส่งสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ

กากกัมมันตรังสีกลุ่มนี้มีการเพิ่มขึ้นต่อปีของกากกัมมันตรังสีของแข็งและของเหลว 6.13 % และ 6.08 % ตามลำดับ และปริมาตรกากกัมมันตรังสีในปี พ.ศ 2566 คือของแข็งประมาณ 120 เมตร^3 ของเหลวประมาณ 20 เมตร^3

<u>การประเมินพื้นที่เก็บกากกัมมันตรังสีในอนาคต</u>

ผู้วิจัยได้ประเมินพื้นที่เก็บกากกัมมันตรังสีที่สามารถจัดเก็บกากกัมมันตรังสีที่ผ่านการแปรสภาพกากกัมมันตรังสีจากสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติตั้งแต่ปี พ.ศ 2536-2566 โดยอาศัย

ข้อมูลจากการสำรวจ และข้อมูลการนำส่งกากกัมมันตรังสีเข้ารับการจัดการกากกัมมันตรังสีที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ซึ่งผู้วิจัยใช้วิธีการประเมินด้วยกัน 2 วิธีคือ

1.การประเมินปริมาตรกากกัมมันตรังสีที่ผ่านการบำบัดและการแปรสภาพ ได้จากสมการถดถอยแบบเส้นตรง ซึ่งสามารถสร้างสมการได้ดังนี้(ดูภาคผนวก ข)

$$Y = 1.997 + 0.204X$$

โดยที่ Y = ปริมาตรกากกัมมันตรังสีที่ผ่านการแปรสภาพด้วยซีเมนต์

X = ปีที่ต้องการทราบประมาตรกากกัมมันตรังสีที่ผ่านการแปรสภาพด้วยซีเมนต์ - 2528

ปริมาตรกากกัมมันตรังสีสะสมที่ผ่านการแปรสภาพด้วยซีเมนต์จากสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติตั้งแต่ปี พ.ศ 2536-2566 มีปริมาตรประมาณ 220 เมตร^3

2. การประเมินปริมาตรกากกัมมันตรังสีที่ผ่านการบำบัดและการแปรสภาพด้วยวิธีทวีคูณร้อยละมีปริมาตรกากกัมมันตรังสีสะสมที่ผ่านการแปรสภาพด้วยซีเมนต์จากสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติตั้งแต่ปี พ.ศ 2536-2566 มีปริมาตรประมาณ 300 เมตร^3

เมื่อพิจารณาวิธีการทิ้งกากกัมมันตรังสีแบบต่างๆดังที่แสดงในภาคผนวก ค ผู้วิจัยได้เลือกการทิ้งกากกัมมันตรังสีที่มีเครื่องกั้นหลายชั้นเพราะเป็นวิธีที่คาดว่าปลอดภัย โดยอาศัยเงื่อนไขต่อไปนี้ในการประเมิน

1. บริเวณที่เป็น buffer zone ใช้ระยะโดยรอบ 100 เมตร รวมพื้นที่ทั้งหมด 25 ไร่

2. บริเวณที่เป็นสถานที่ทิ้งกากกัมมันตรังสีมีเนื้อที่ประมาณ 5 ไร่ ซึ่งประกอบด้วย

- ถนนขนาด 5 เมตร ล้อมรอบหลุมฝังแต่ละหลุมเนื่องจากต้องใช้รถยกและเครนในการขนย้ายถังซีเมนต์ที่บรรจุกากกัมมันตรังสี
- บริเวณที่สร้างที่พักกากกัมมันตรังสีในกรณีที่ไม่สามารถทิ้งกากกัมมันตรังสีได้เนื่องจากภูมิอากาศไม่อำนวย
- อาคารที่เก็บอุปกรณ์ โรงรถ โรงล้างรถ
- หลุมฝังกากกัมมันตรังสีขนาด 18 ม. x 35 ม. จำนวน 3 หลุม ในจำนวนนี้ 1 หลุมเป็นหลุมที่ใช้ทิ้งกากกัมมันตรังสีจำนวนที่ประเมินได้ ส่วน 2 หลุมที่เหลือเป็นการเตรียมการไว้ในกรณีที่มีเหตุฉุกเฉิน หรือเตรียมการไว้สำหรับกากกัมมันตรังสีจากเหตุการณ์อย่างอื่นนอกเหนือจากที่กล่าวมาข้างต้น

ดังนั้นจำนวนพื้นที่ทั้งหมดที่จะใช้เป็นบริเวณทิ้งกากกัมมันตรังสีประมาณ 30 ไร่

ขั้นตอนแรกของการจัดการกากกัมมันตรังสีคือการแบ่งแยกชนิดกากกัมมันตรังสี สามารถแบ่งออกได้ดังนี้คือ กากกัมมันตรังสีของแข็งแบ่งออกเป็น กากฯเผาได้ กากฯบีบอัดได้ กากฯที่บีบอัดไม่ได้ กากกัมมันตรังสีของเหลวแบ่งออกเป็น สารละลายอินทรีย์ และสารละลายน้ำ ซึ่งการจัดแยกกากฯนี้เพื่อความสะดวกในการบำบัดกากกัมมันตรังสีต่อไป

การบำบัดกากกัมมันตรังสีของแข็งมีวัตถุประสงค์ในการดำเนินการเพื่อ ลดปริมาตรกากฯ ซึ่งมีวิธีการดำเนินการได้แก่ การเผากากกัมมันตรังสีจะใช้เฉพาะกากกัมมันตรังสีที่เผาไหม้ได้ ผลที่ได้จะเป็นเถ้ากากกัมมันตรังสี ซึ่งจะนำไปแปรสภาพกากกัมมันตรังสี การบีบอัดวิธีนี้การลดปริมาตรได้มากน้อยเท่าใดจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติกากกัมมันตรังสีและแรงอัดของเครื่องอัด กากกัมมันตรังเมื่อผ่านการอัดแล้วจะนำไปแปรสภาพกากกัมมันตรังสี ส่วนกากกัมมันตรังสีที่บีบอัดไม่ได้สามารถนำไปแปรสภาพการได้เลย ถ้ากากกัมมันตรังสีมีขนาดใหญ่สามารถนำไปผ่านเครื่องตัดเพื่อลดขนาดกากฯ

การบำบัดกากกัมมันตรังสีของเหลว มีวัตถุประสงค์ในการดำเนินการเพื่อการลดปริมาตรและการลดความแรงรังสี ซึ่งมีวิธีการดำเนินการได้หลายวิธีได้แก่ การต้มระเหย การตกตะกอนทางเคมี การแลกเปลี่ยนไอออน สำหรับกากกัมมันตรังสีชนิดสารละลายน้ำ ส่วน กากกัมมันตรังสีชนิดสารละลายอินทรีย์ จะใช้วิธีการเผาสารละลายอินทรีย์

กากกัมมันตรังสีชนิดสารละลายน้ำจะมีส่วนประกอบของเกลือและของแข็งแขวนลอย จึงควรผ่านการตกตะกอนทางเคมีก่อนจะเข้ารับการบำบัดกากกัมมันตรังสีด้วยวิธีอื่น ซึ่งจะได้สารกัมมันตรังสีในรูปสลัดต์(sludge)ซึ่งจะนำไปแปรสภาพกากกัมมันตรังสี ส่วนสารละลายใสที่เหลือจากการตกตะกอนทางเคมี (อาจจะนำไปผ่านการกรองก่อน) จะนำไปผ่านการแลกเปลี่ยนไอออน เพราะการตกตะกอนทางเคมีความสามารถในการลดความแรงรังสีได้ไม่มากนัก การแลกเปลี่ยนไอออนเป็นวิธีการทำให้กากกัมมันตรังสีของเหลวเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนกับสารแลกเปลี่ยนไอออน ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเรซิน เรซินที่เลิกใช้งานจะนำไปแปรสภาพกากกัมมันตรังสี ส่วนสารละลายที่เหลือจากการบำบัดจะปล่อยลงสู่บ่อพัก และทำการตรวจสอบระดับความแรงรังสีเพื่อปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมต่อไป

สารละลายอินทรีย์มีคุณสมบัติที่ไม่สามารถบำบัดกากกัมมันตรังสีด้วยวิธีที่กล่าวมาแล้ว นอกจากการเผา ซึ่งการใช้วิธีการนี้จำเป็นมีการออกแบบระบบเป็นพิเศษและใช้ผู้ชำนาญการในการปฏิบัติ เพราะในสารละลายอินทรีย์มีสารรังสีที่มีระดับความเป็นพิษอยู่มาก เถ้ากากกัมมันตรังสีที่เหลือจะนำไปแปรสภาพ ส่วนสารละลายอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นมาก สามารถนำไปแปรสภาพกากกัมมันตรังสี

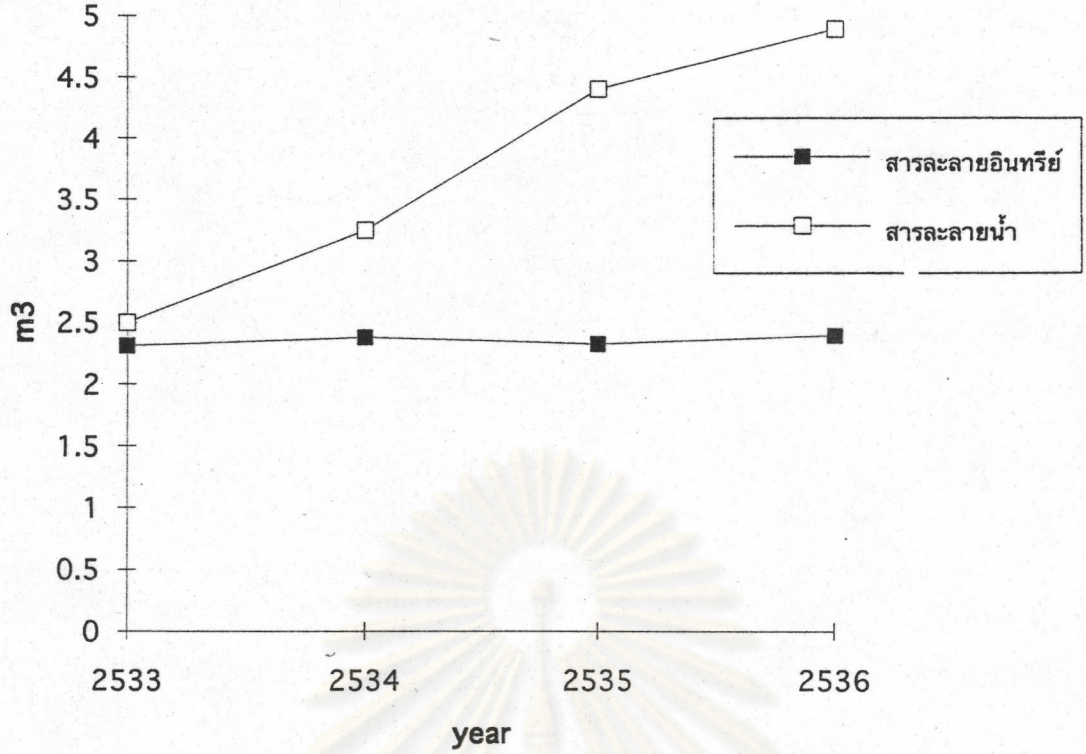
กากกัมมันตรังสีที่ผ่านการบำบัดจะนำไปแปรสภาพด้วยซีเมนต์ เพราะการแปรสภาพกากด้วยซีเมนต์จะเหมาะสมกากกัมมันตรังสีที่มีระดับรังสีต่ำและปานกลาง มีความคงทนสูง มีขั้นตอนการดำเนินงานง่าย มีราคาต่ำ เมื่อผ่านการแปรสภาพกากกัมมันตรังสี จะนำไปจัดเก็บกากกัมมันตรังสีต่อไป

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

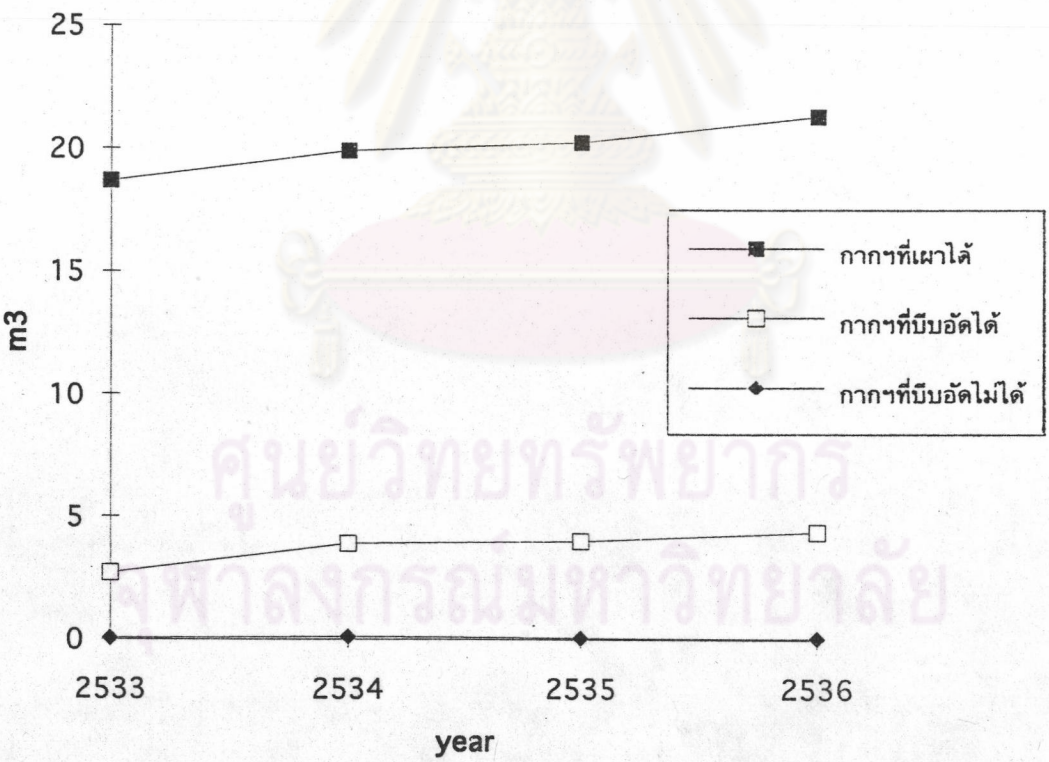
จากการเก็บตัวอย่างน้ำมาตรวจวัดปริมาณรังสี ด้วยวิธีวัดความแรงรังสีบีตารวม เพราะจากการสำรวจพบว่ามีบางหน่วยงานได้มีการจัดการกากกัมมันตรังสีด้วยตนเอง จึงมีการปล่อยกากกัมมันตรังสีสู่สิ่งแวดล้อม ผลการตรวจวัดได้ผลดังนี้
ตรวจปริมาณรังสีที่ถูกปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม ผลการตรวจวัดได้ผลดังนี้

ตัวอย่างน้ำจาก	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล	3.337	Bq/l
ตัวอย่างน้ำจาก	โรงพยาบาลศิริราช	0.979	Bq/l
ตัวอย่างน้ำจาก	โรงพยาบาลรามาธิบดี	11.291	Bq/l
ตัวอย่างน้ำจาก	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	4.036	Bq/l
ตัวอย่างน้ำจาก	สถาบันวิจัยแพทย์ทหารฝ่ายอเมริกัน	0.415	Bq/l
ตัวอย่างน้ำจาก	สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ	0.381	Bq/l

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

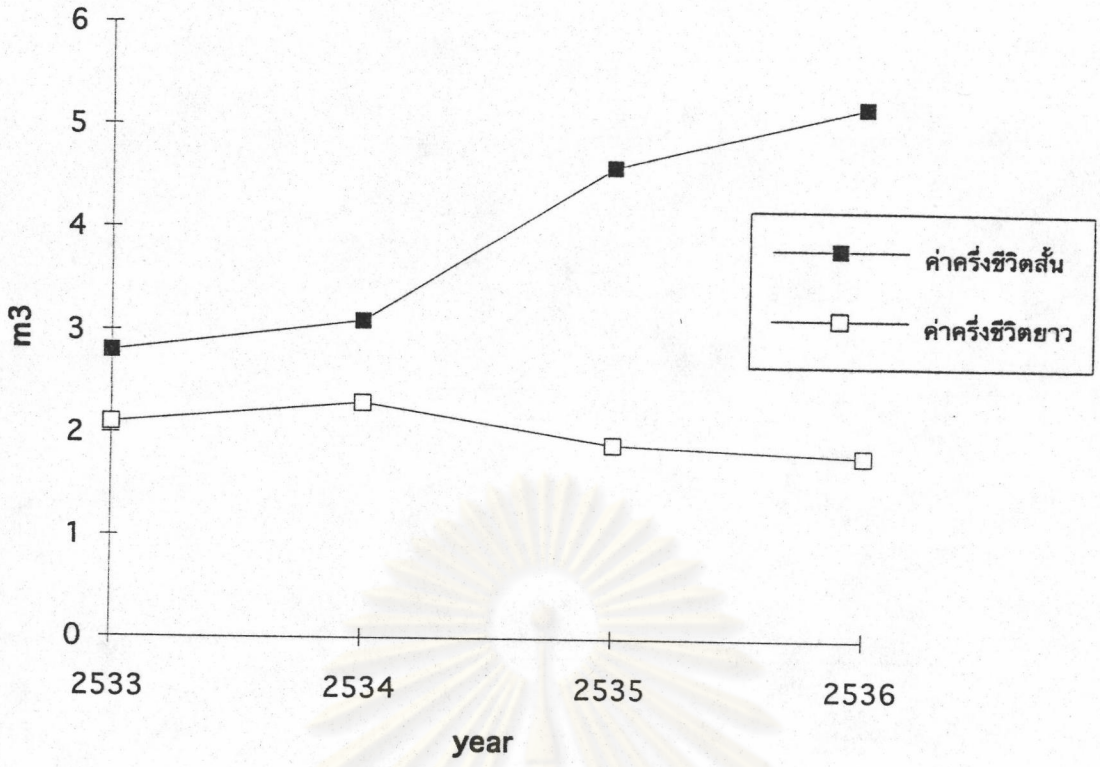


รูปที่ 4.1 แสดงปริมาตรกากกัมมันตรังสีของเหลวชนิดต่างๆ

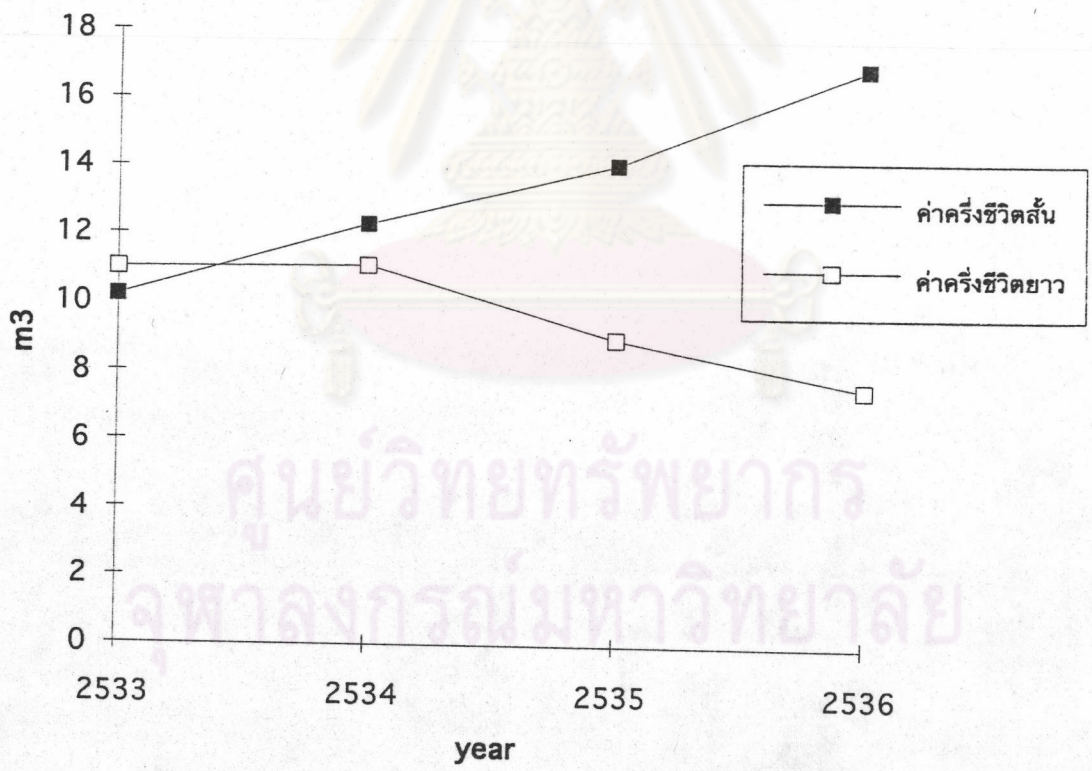


รูปที่ 4.2 แสดงปริมาตรกากกัมมันตรังสีของแข็งชนิดต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

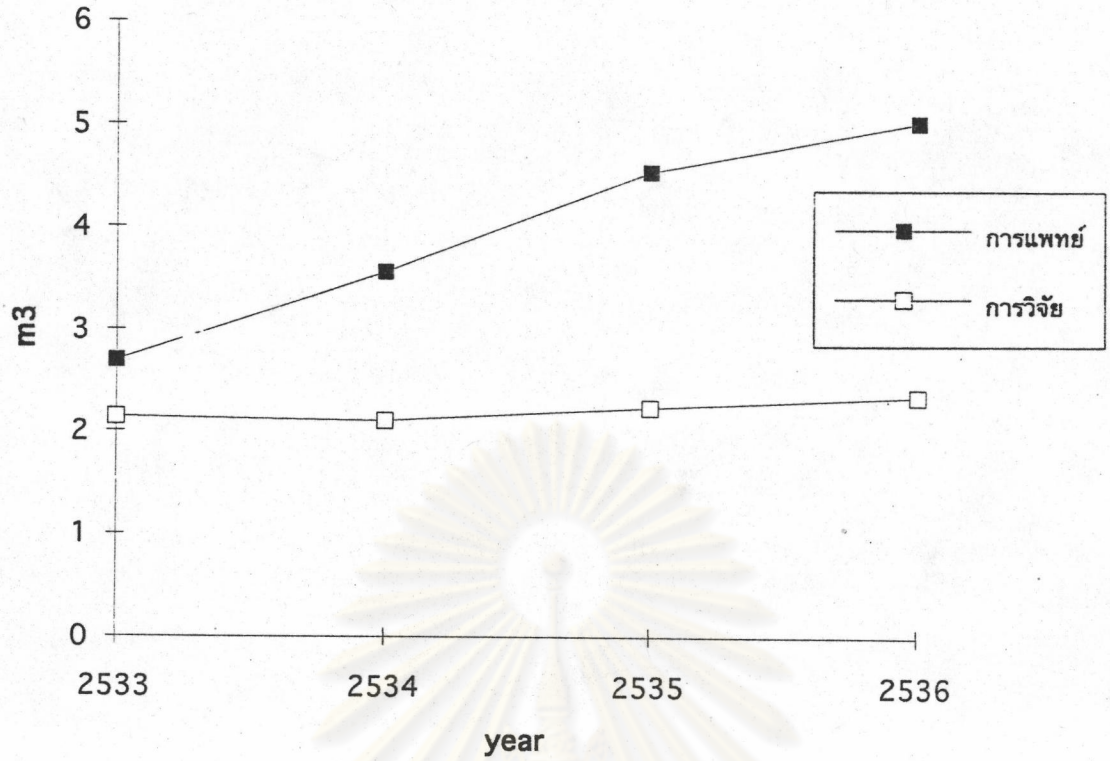


รูปที่ 4.3 แสดงปริมาตรกากกัมมันตรังสีของเหลวที่มีค่าครึ่งชีวิตต่างกัน

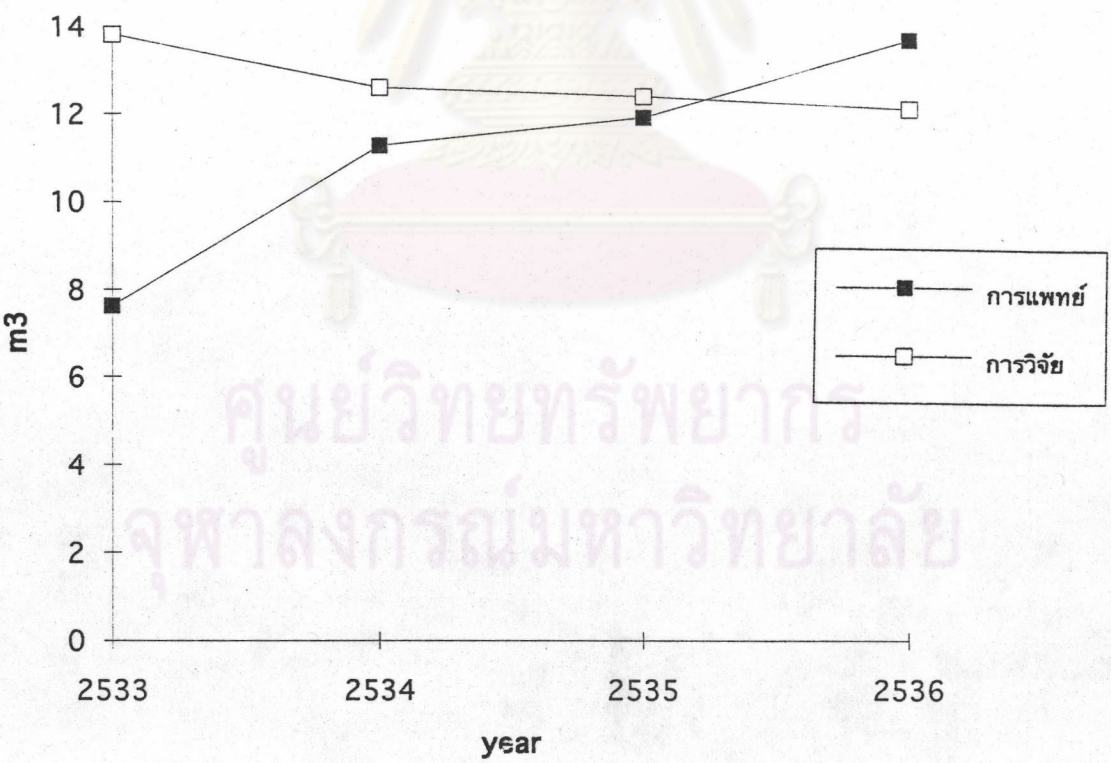


รูปที่ 4.4 แสดงปริมาตรกากกัมมันตรังสีของแข็งที่มีค่าครึ่งชีวิตต่างกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

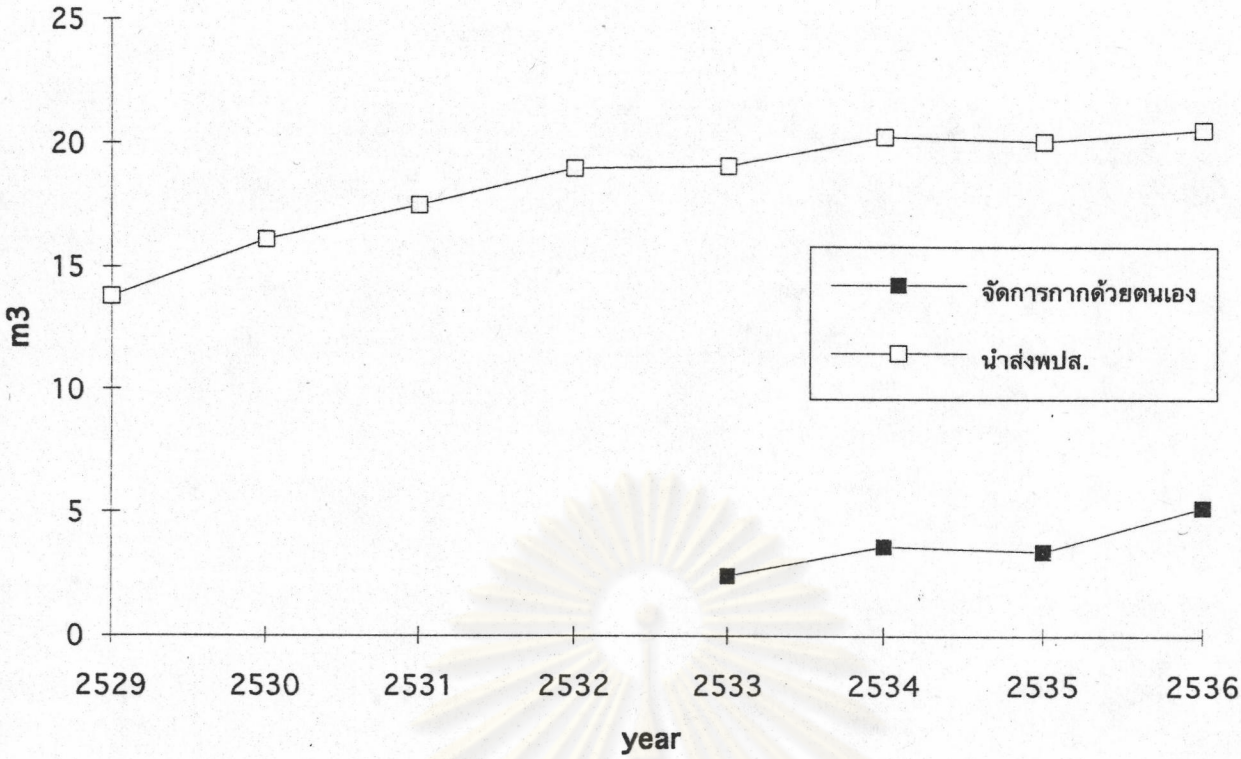


รูปที่ 4.5 แสดงปริมาตรกากกัมมันตรังสีของเหลวแยกตามการใช้งาน

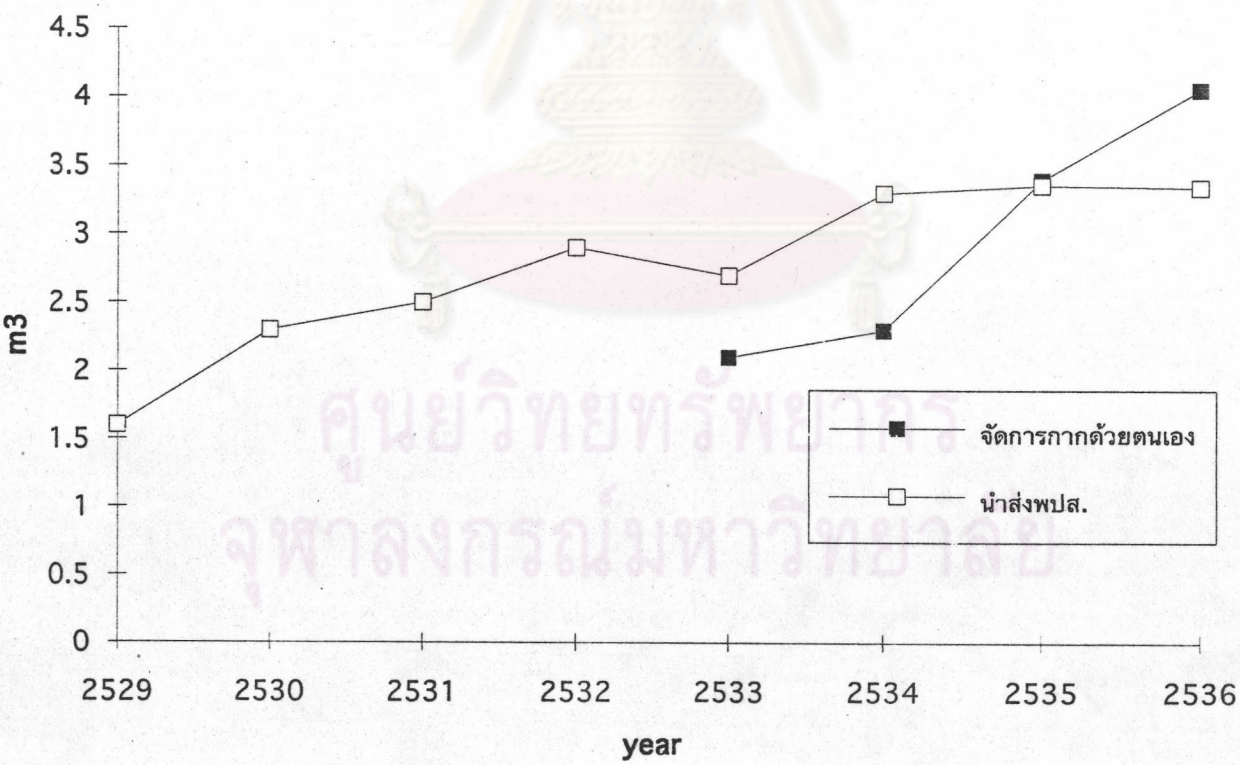


รูปที่ 4.6 แสดงปริมาตรกากกัมมันตรังสีของแข็งแยกตามการใช้งาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

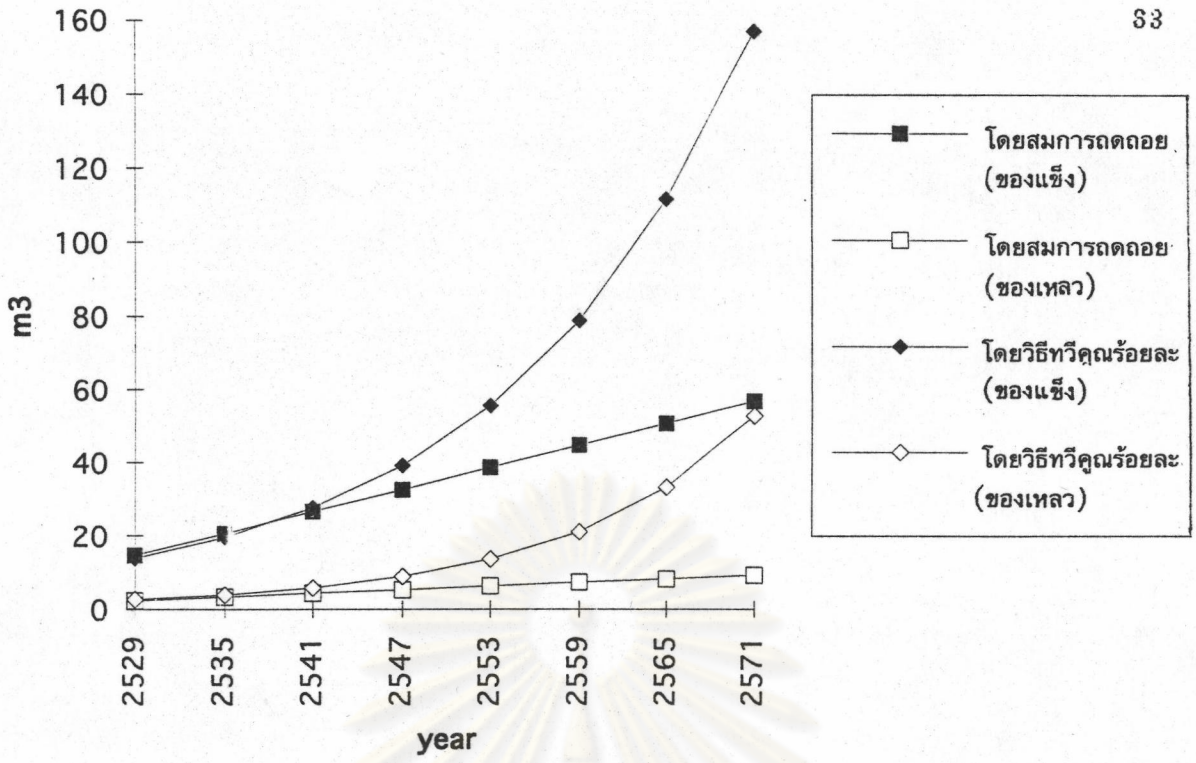


รูปที่ 4.7 แสดงปริมาตรกากกัมมันตรังสีของแข็งแยกตามการจัดการกากกัมมันตรังสี(ข้อมูลของการจัดการกากกัมมันตรังสีด้วยตนเองในปีพ.ศ 2529-2532ไม่ได้รวบรวมไว้)

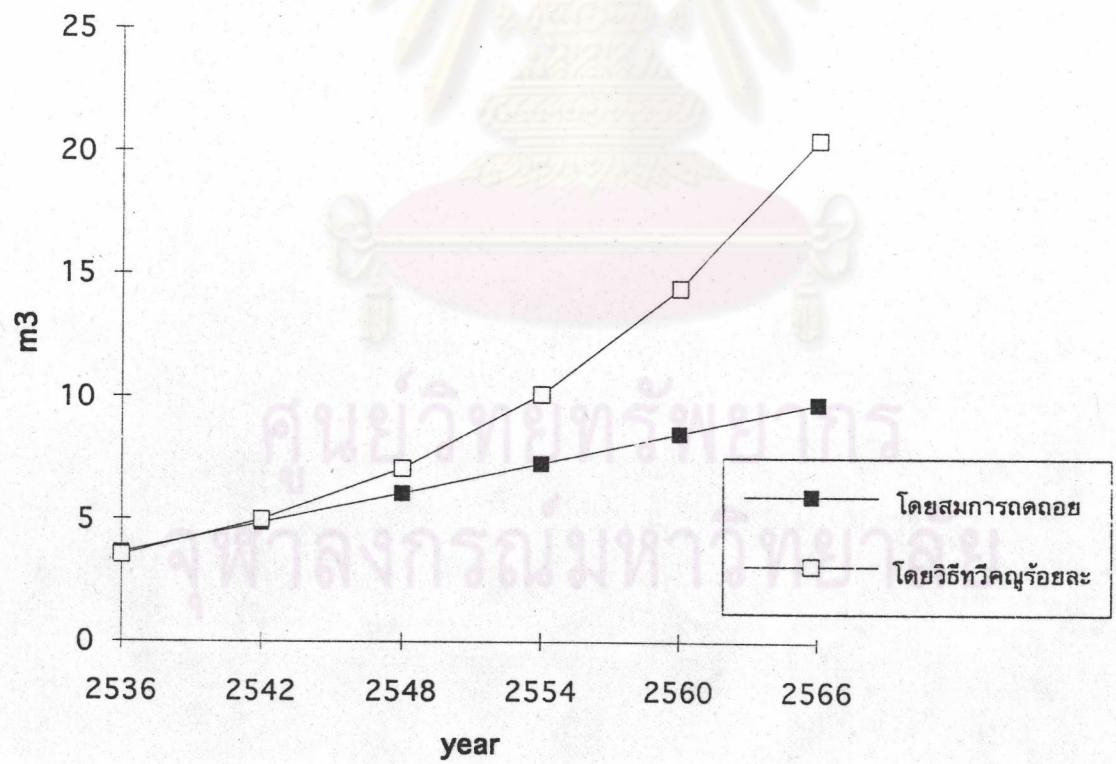


รูปที่ 4.7 แสดงปริมาตรกากกัมมันตรังสีของเหลวแยกตามการจัดการกากกัมมันตรังสี(ข้อมูลของการจัดการกากกัมมันตรังสีด้วยตนเองในปีพ.ศ 2529-2532ไม่ได้รวบรวมไว้)

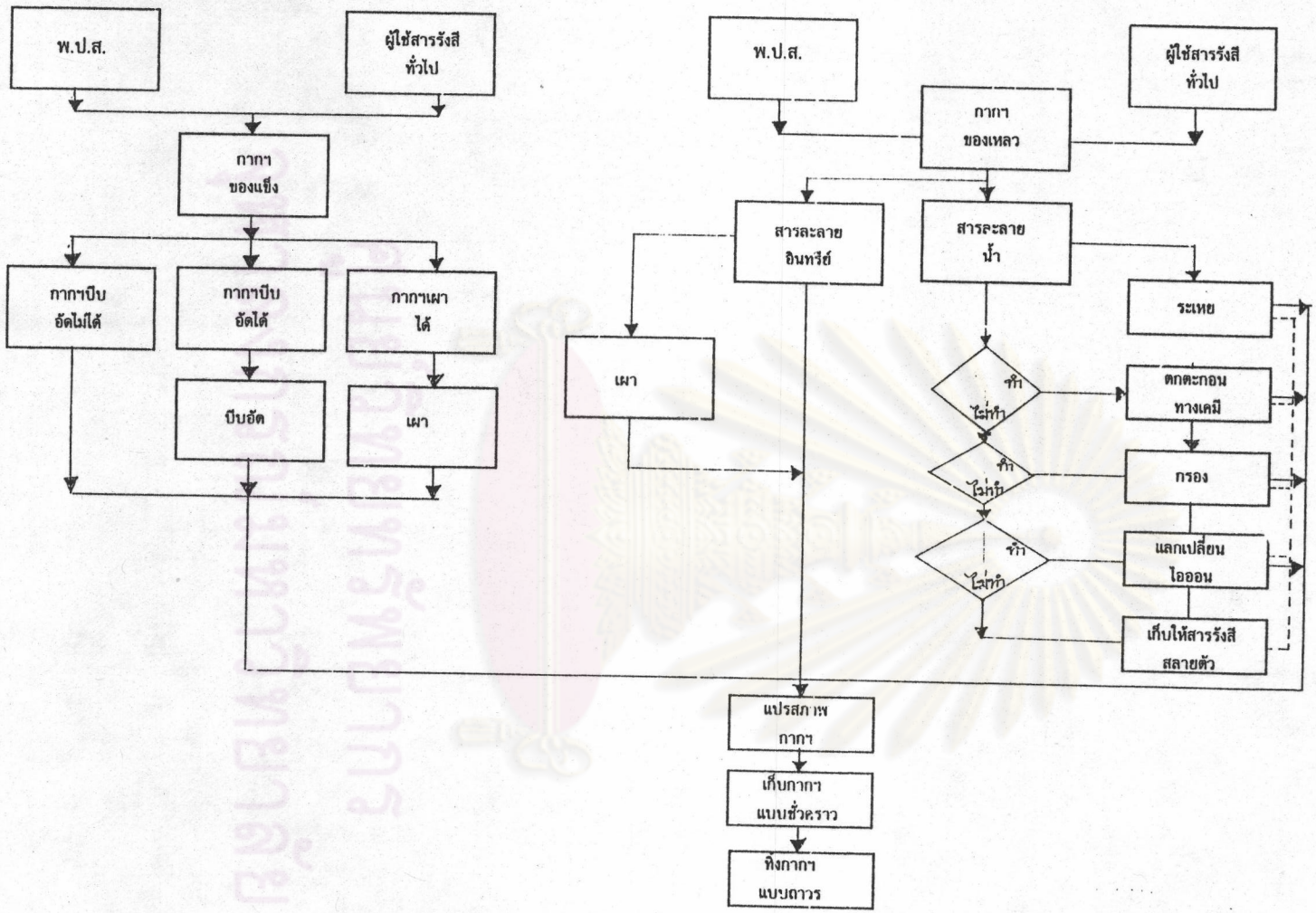
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.9 แสดงการประเมินปริมาตรกากกัมมันตรังสีที่นำส่งเข้ารับการจัดการกากกัมมันตรังสี ณ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ (กลุ่มที่ 2)



รูปที่ 4.10 แสดงการประเมินปริมาตรกากกัมมันตรังสีที่ผ่านการบำบัดและการแปรสภาพ ณ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ (กลุ่มที่ 2)



รูปที่ 4.11 แผนผังการจัดการกากกัมมันตรังสี