

ราชการอ้างอิง



ภาษาไทย

- ทรงศักดิ์ ศีร์สมบูรณ์. 2525. การศึกษาการบำบัดกากกัมมันตรังสีจากขบวนการสกัดทางเคมีของแร่โมนาไซต์ (ปีการศึกษา 2521-2525) สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิตศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.
มหาวิทยาลัย, 2535.
- ปฐม แหยมเกตุ. 2532. การจัดการกากกัมมันตรังสี. การฝึกอบรมป้องกันอันตรายจากรังสี, หน้า 210-265.
กรุงเทพฯ: สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ.
- นัทนา ประทีปะเสน. 2518. การศึกษาประสิทธิภาพของสารดูดซับสารกัมมันตรังสี (ปีการศึกษา 2516-2518) สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิตศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย, 2518.
- นันทวรรณ สอนันต์. 2535. การบำบัดกากของเหลวกัมมันตรังสีระดับต่ำของซีซีเอ็ม-137 และ เทคโนโลยีซีเอ็ม-99 โดยใช้อัลกอลเพอร์เมเอชันไฮดรอนเมติกส์ (ปีการศึกษา 2531-2535) สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิตศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย, 2535.
- สำนักงานปรมาณูพลังงานเพื่อสันติ. 2535. การใช้สารกัมมันตรังสีในอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ.
- สมลักษณ์ อินทรศัพท์. 2530. การเตรียมเกลือซิงค์เพื่อใช้ในการงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์.
กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สุทัศน์ เทียงตรงจิตต์. 2532. การศึกษาเกี่ยวกับความทนแรงอัดของกากพนิทซ์ไมนด์. กรุงเทพฯ: สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ.
- วัชรินทร์ รัตนมาศ. 2530. เวชศาสตร์นิวเคลียร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล.

ภาษาอังกฤษ

- International Atomic Energy Agency. 1971. Radioisotope Production and Quality Control. Technical Report Series No.128. Vienna. n.p.
- _____. 1983. Condition of Low and Intermediate-level Radioactive Waste. Technical Report Series No.222. Vienna. n.p.

International Atomic Energy Agency. 1983. Treatment of Low and intermediate-level Solid Radioactive Waste. Technical Report Series No. 223. Vienna. n.p.

_____. 1984. Treatment of low and Intermediate-level Liquid Radioactive Waste. Technical Report Series No. 236. Vienna. n.p.

_____. 1992. Radioactive Waste Management. Vienna. n.p.

_____. 1985. Management of Radioactive Waste Produced by Users of Radioactive Materials. Safety Series No. 70. Vienna. n.p.

Maryland University at Baltimore Radiation Safety Office. 1977. Institutional Radioactive Waste-1977. Washington: Nuclear Regulatory Commission.

Raymond L. Murray. 1989. Understanding Radioactive Waste. North Carolina State University Raleigh. North Carolina.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การสำรวจการใช้สารกัมมันตรังสีและการจัดการกากกัมมันตรังสีตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของการใช้สารกัมมันตรังสี

- 1) ชื่อหน่วยงาน.....
ที่อยู่.....
โทร.....
- 2) หน่วยงานของท่านจัดอยู่ในหน่วยประเภทใด.
 โรงพยาบาล โรงพยาบาลที่มีคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัย
 สถาบันวิจัย หน่วยงานทางการเกษตร หน่วยงานทางอุตสาหกรรม
 อื่นๆ.....
- 3) หน่วยงานของท่านนำสารกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์ในด้านใด
 อุตสาหกรรม เกษตรกรรม การวิจัยทางการแพทย์
 การแพทย์ การวิจัยทางวิทยาศาสตร์ อื่นๆ.....
- 4) หน่วยงานของท่านมีเครื่องมีวัดทางรังสีชนิดใดบ้าง
 เครื่องสำรวจบริเวณรังสี(แบบสำรวจ) จำนวน.....เครื่อง เครื่องวัดรังสีแกมมา จำนวน.....เครื่อง
 เครื่องวัดรังสีแบบไกเกอร์ จำนวน.....เครื่อง เครื่องวัดรังสีแอลฟา จำนวน.....เครื่อง
 อื่นๆโปรดระบุ.....จำนวนเครื่อง ฯลฯ
- 5) หน่วยงานของท่านมีเครื่องบันทึกปริมาณรังสีชนิดใช้ประจำตัวบุคคลชนิดใดบ้าง
 फिल्मแบดจ์ (Film badges) จำนวน.....ชุด อื่นๆโปรดระบุ.....จำนวน.....ชุด
 เทอร์โมลูมินเซนซ์โดสมิเตอร์ (TLD) จำนวน.....ชุด ฯลฯ
- 7) หน่วยงานของท่านมีเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานด้านรังสีกี่ท่าน
 การศึกษาดำกว่าระดับปริญญาตรี.....คน การศึกษาระดับปริญญาตรี.....คน
 การศึกษาระดับปริญญาตรีทางด้านรังสี.....คน การศึกษาสูงกว่าระดับปริญญาตรี.....คน
 อื่นๆโปรดระบุ.....คน รวมทั้งสิ้น.....คน
- 6) โปรดระบุชื่ออุปกรณ์ที่มีสารกัมมันตรังสีเป็นส่วนประกอบ ที่หน่วยงานของท่านใช้อยู่ในปัจจุบันพร้อมอายุการใช้งาน
 3.1 ชื่อเครื่องมือ.....ชื่อสารกัมมันตรังสี.....อายุการใช้งาน.....ปี
 3.2 ชื่อเครื่องมือ.....ชื่อสารกัมมันตรังสี.....อายุการใช้งาน.....ปี
- 9) หน่วยงานของท่านเริ่มใช้งานสารกัมมันตรังสีเมื่อใด
 ก่อน พ.ศ 2515 พ.ศ 2515-2520 พ.ศ 2521-2525 พ.ศ 2526-2530 พ.ศ 2530-2536
- 10) หน่วยงานของท่านเคยใช้สารกัมมันตรังสีใดบ้าง
 H-3 P-32 S-35 Co-60 Kr-85 I-125 I-131
 Cs-137 Ir-192 Am-241

11) หน่วยงานของท่านจัดหาสารกัมมันตรังสีจากหน่วยงานใด.

สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ

บริษัทภายในประเทศ ชื่อ.....

บริษัทต่างประเทศ ชื่อ.....

อื่นโปรดระบุ

12) ปริมาณสารกัมมันตรังสีที่หน่วยงานของท่านใช้ในรอบปี พ.ศ 2533-2536

ชื่อไอโซโทป	สถานะ (เริ่มต้น)				กัมมันตภาพ	กัมมันตภาพ	กัมมันตภาพ	กัมมันตภาพ	วัตถุประสงค์ของการนำสารกัมมันตรังสีไปใช้งาน
	ของแข็ง	ของเหลว	ก๊าซ	ของแข็ง ผนึกสนิท	รังสีรวม ปี2533 (มิลลิคูรี)	รังสีรวม ปี2534 (มิลลิคูรี)	รังสีรวม ปี2535 (มิลลิคูรี)	รังสีรวม ปี2536 (มิลลิคูรี)	
<input type="checkbox"/> H-3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> C-14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> P-32	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> S-35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Kr-85	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Co-60	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> I-125	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> I-131	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Sr-90	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Tc-99/99m	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Cs-137	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Ir-192	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Ra-226	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Am-241	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

รายละเอียดข้อมูลเพิ่มเติม.....

.....

ตอนที่ 2 คุณสมบัติของกากกัมมันตรังสีและการจัดการกากกัมมันตรังสี

1) หน่วยงานของท่านได้แยกการจัดเก็บกากกัมมันตรังสีตามสารกัมมันตรังสีหรือไม่

() แยกตามสารกัมมันตรังสี

() ไม่ได้แยกตามสารกัมมันตรังสี

2) จำนวนกากกัมมันตรังสีจากการใช้งานในรอบปี พ.ศ 2533 - 2536

กากกัมมันตรังสีชนิดของเหลว ในรอบปี พ.ศ 2533-2536

ชนิดกากของเหลว	พ.ศ 2535				พ.ศ 2536			
	ชื่อไอโซโทป	องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณกากก (ลิตร)	กัมมันตภาพรังสี มิลลิวี/ลิตร	ชื่อไอโซโทป	องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณกากก (ลิตร)	กัมมันตภาพรังสี มิลลิวี/ลิตร
<input type="checkbox"/> สารละลายอินทรีย์
<input type="checkbox"/> สารละลายน้ำ
<input type="checkbox"/> ของเสียทางการแพทย์
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

ชนิดกากของเหลว	พ.ศ 2533				พ.ศ 2534			
	ชื่อไอโซโทป	องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณกากก (ลิตร)	กัมมันตภาพรังสี มิลลิวี/ลิตร	ชื่อไอโซโทป	องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณกากก (ลิตร)	กัมมันตภาพรังสี มิลลิวี/ลิตร
<input type="checkbox"/> สารละลายอินทรีย์
<input type="checkbox"/> สารละลายน้ำ
<input type="checkbox"/> ของเสียทางการแพทย์
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

รายละเอียดข้อมูลเพิ่มเติม.....

13) การคาดหมายการใช้สารกัมมันตรังสีของหน่วยงานของท่านในปี พ.ศ. 2537 - 2545

ชื่อไอโซโทป	สถานะ (เริ่มต้น)				กัมมันตภาพ รังสีรวม ปี 2537 (มิลลิวรี)	กัมมันตภาพรังสี รวมระหว่างปี 2338-2540 (มิลลิวรี)	กัมมันตภาพรังสี รวมปีระหว่าง 2541-2545 (มิลลิวรี)	วัตถุประสงค์ของการนำ สารกัมมันตรังสีไปใช้งาน
	ของ แข็ง	ของ เหลว	ก๊าซ	ของแข็ง ฉกษนิก				
[]H-3	[]	[]	[]	[]
[]C-14	[]	[]	[]	[]
[]P-32	[]	[]	[]	[]
[]S-35	[]	[]	[]	[]
[]Kr-85	[]	[]	[]	[]
[]Co-60	[]	[]	[]	[]
[]Kr-85	[]	[]	[]	[]
[]I-131	[]	[]	[]	[]
[]I-125	[]	[]	[]	[]
[]Tc-99/99m	[]	[]	[]	[]
[]Cs-137	[]	[]	[]	[]
[]Ir-192	[]	[]	[]	[]
[]Ra-226	[]	[]	[]	[]
[]Am-241	[]	[]	[]	[]
[].....	[]	[]	[]	[]
[].....	[]	[]	[]	[]
[].....	[]	[]	[]	[]
[].....	[]	[]	[]	[]
[].....	[]	[]	[]	[]
[].....	[]	[]	[]	[]

รายละเอียดข้อมูลเพิ่มเติม.....

กากกัมมันตรังสีชนิดของแข็ง ในรอบปี พ.ศ 2535-2536

กากกัมมันตรังสี ที่เผาได้	พ.ศ 2535			พ.ศ 2536		
	ชื่อ ไอโซโทป	ระดับรังสี ที่พื้นผิว (mR/h)	น้ำหนัก / ปริมาตร (Kg/m ³)	ชื่อ ไอโซโทป	ระดับรังสี ที่พื้นผิว (mR/h)	น้ำหนัก / ปริมาตร (Kg/m ³)
<input type="checkbox"/> ยาง
<input type="checkbox"/> เสื่อผ้า
<input type="checkbox"/> พลาสติก
<input type="checkbox"/> ซากสัตว์
<input type="checkbox"/> กระดาษ
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
กากกัมมันตรังสี ที่เผาไม่ได้
<input type="checkbox"/> ท่อเหล็ก
<input type="checkbox"/> เครื่องแก้ว
<input type="checkbox"/> เศษวัสดุ
<input type="checkbox"/> ดิน
<input type="checkbox"/> แท่งโลหะ
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

รายละเอียดข้อมูลเพิ่มเติม.....

กากกัมมันตรังสีชนิดของแข็ง ในรอบปี พ.ศ 2533-2534

กากกัมมันตรังสี ที่เผาได้	พ.ศ 2533			พ.ศ 2534		
	ชื่อ ไอโซโทป	ระดับรังสี ที่พื้นผิว (mR/h)	น้ำหนัก / ปริมาตร (Kg/m ³)	ชื่อ ไอโซโทป	ระดับรังสี ที่พื้นผิว (mR/h)	น้ำหนัก / ปริมาตร (Kg/m ³)
<input type="checkbox"/> สาง <input type="checkbox"/> เสื่อผ้า <input type="checkbox"/> พลาสติก <input type="checkbox"/> ซากสัตว์ <input type="checkbox"/> กระดาษ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
กากกัมมันตรังสี ที่เผาไม่ได้ <input type="checkbox"/> ท่อเหล็ก <input type="checkbox"/> เครื่องแก้ว <input type="checkbox"/> เศษวัสดุ <input type="checkbox"/> ดิน <input type="checkbox"/> แถ่งโลหะ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

รายละเอียดข้อมูลเพิ่มเติม.....

.....

.....

กากกัมมันตรังสีชนิดของแข็งชนิดกึ่งของแข็ง

กากของแข็ง ชนิดกึ่งของแข็ง	สถานที่ส่งกากกลับ			พ.ศ. 2533		พ.ศ. 2534		พ.ศ. 2335		พ.ศ. 2536	
	พ.	บริษัท ผู้ขาย	อื่นๆ	กัมมันตรังสี	จำนวน	กัมมันตรังสี	จำนวน	กัมมันตรังสี	จำนวน	กัมมันตรังสี	จำนวน
				ของกากฯ (มิลลิคูรี)	ชิ้นของ กากฯ	ของกากฯ (มิลลิคูรี)	ชิ้นของ กากฯ	ของกากฯ (มิลลิคูรี)	ชิ้นของ กากฯ	ของกากฯ (มิลลิคูรี)	ชิ้นของ กากฯ
Co-60	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kr-85	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cs-137	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ir-192	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Am-241	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(หมายเหตุ ถ้าท่านเลือกช่อง อื่นๆ ในหัวข้อสถานที่ส่งกากกลับโปรดระบุสถานที่ส่งกากกลับ.....)

3) หน่วยงานของท่านใช้ภาชนะอะไรเก็บรวบรวมกากกัมมันตรังสีชนิดของแข็ง..

- ขวดแก้ว ขวดพลาสติก ถังพลาสติก
 ถังพลาสติก กล่องกระดาษ อื่นๆโปรดระบุ.....

4) หน่วยงานของท่านใช้ภาชนะอะไรเก็บรวบรวมกากกัมมันตรังสีชนิดของเหลว

- ขวดแก้ว ขวดพลาสติก ถังพลาสติก
 ถังพลาสติก อื่นๆโปรดระบุ.....

5) หน่วยงานของท่านจัดการกับกากกัมมันตรังสีอย่างไร.

- หน่วยงานของท่านจัดการกับกากกัมมันตรังสีเอง เก็บรวบรวมส่งสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ
 เก็บรวบรวมส่งบริษัทผู้ขาย อื่นๆโปรดระบุ.....
ชื่อบริษัท 1) 2)

*หมายเหตุ ถ้าหน่วยงานของท่านไม่ได้จัดการกับกากกัมมันตรังสีเอง กรุณาข้ามไปตอบข้อ (7)

6) การจัดการกับกากกัมมันตรังสีของหน่วยงานของท่าน ท่านมีวิธีการอย่างไร

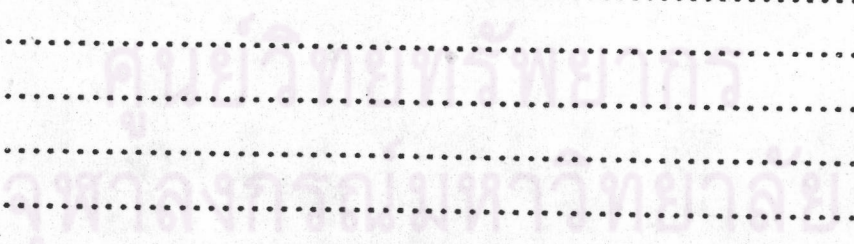
- ทิ้งให้สลายตัวก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม
ความแรงรังสีก่อนปล่อย..... ปล่อยกากกัมมันตรังสีครั้งละ.....
อัตราการปล่อยกากกัมมันตรังสีสู่สิ่งแวดล้อม ต่อวัน ต่อเดือน ต่อปี..

- ปลอ่ยสู่สิ่งแวดลอมเลขโดยไมม่มีการการจัด
 ความแรงรังสีก่อนปลอ่ย..... ปลอ่ยกากกัมมันตรังสีคั้งจะ.....
 อัตราการปลอ่ยกากกัมมันตรังสีสู่สิ่งแวดลอม ต่อวัน ต่อเดือน ต่อปี..
- วิธีลดปริมาณของแข็ง การเผา การตัด การบด การอัด อื่นๆโปรดระบุ.....
 ปริมาตรก่อนลด..... ปริมาตรหลังลด.....
 ความแรงรังสี..... เครื่องมือที่ใช้ลดปริมาณ.....
- วิธีลดปริมาณของเหลว การกรอง การระเหย การกลั่น อื่นๆโปรดระบุ.....
 ปริมาตรก่อนลด..... ปริมาตรหลังลด.....
 ความแรงรังสี..... ๗
- วิธีอื่นๆโปรดระบุ.....

- 7) สถานที่ที่หน่วยงานของท่านเก็บกากกัมมันตรังสีไว้ก่อนปลอ่ยสู่สิ่งแวดลอมหรือส่งสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ
 เก็บในห้องเก็บกากกัมมันตรังสีโดยเจาะ เก็บในห้องเก็บสารกัมมันตรังสี
 เก็บในห้องปฏิบัติการรวมกับกากชนิดอื่น อื่นๆโปรดระบุ.....

8) ข้อมูลเพิ่มเติม.....

9) ข้อเสนอแนะ.....



ภาคผนวก ข

การสร้างสมการถดถอยสำหรับปริมาตรกากกัมมันตรังสีที่ผ่านการบำบัดและการแปรสภาพ

จากข้อมูลการนำส่งกากกัมมันตรังสีเข้ารับการจัดการกากกัมมันตรังสีที่สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติระหว่างปี พ.ศ. 2529-2532 และข้อมูลจากแบบสอบถามระหว่างปี พ.ศ. 2533-2536 สามารถสร้างสมการพยากรณ์ปริมาตรกากกัมมันตรังสีที่เข้ารับการจัดการกากกัมมันตรังสี ณ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติได้ดังนี้

การสร้างสมการถดถอยสำหรับกากกัมมันตรังสี

กากกัมมันตรังสีชนิดของแข็งที่เผาได้

$$\text{จากสมการ } Y = a + bX$$

$$b = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}$$

นำข้อมูลจากตารางที่ ๑.2 และ ๑.9 มาคำนวณ

$$\text{โดยที่ } X = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, \quad x = 4.5, \quad n = 8$$

$$y = 11.16, 12.78, 14.40, 16.70, 16.80, 16.83, 16.5, 16.9, \quad y = 15.26$$

$$\sum xy = 582.22, \quad \sum y = 122.1, \quad \sum x = 36$$

$$b = \frac{582.22 - \frac{(4396.6)}{8}}{204 - \frac{162}{8}}$$

$$b = \frac{32.645}{42} = 0.777$$

$$a = Y - b\bar{X}$$

$$a = 15.26 - 4.5(0.777) = 11.76$$

ซึ่งสมการถดถอยสำหรับกากกัมมันตรังสีของแข็งเผาได้คือ $Y = 11.76 + 0.777X$
 ส่วนการสร้างสมการถดถอยสำหรับกากกัมมันตรังสีชนิดอื่น ๆ มีลักษณะเช่นเดียวกัน เมื่อได้สมการถดถอย
 ของกากดิบแล้ว สามารถนำมาปรับให้เป็นสมการถดถอยสำหรับกากกัมมันตรังสีที่ผ่านการบำบัด และ
 แปรสภาพได้ดังนี้

กากกัมมันตรังสีของแข็ง

สมการพยากรณ์กากกัมมันตรังสีที่เผาได้	Y	=	11.762 + 0.777X	
เมื่อผ่านการเผาปริมาณลดลง 30 เท่า	Y	=	0.392 + 0.026X	(1)

สมการพยากรณ์กากกัมมันตรังสีที่บดอัดได้	Y	=	1.801 + 0.226X	
เมื่อผ่านการบดอัดปริมาณลดลง 3 เท่า	Y	=	0.600 + 0.075X	(2)

กากกัมมันตรังสีของเหลวชนิดสารละลายน้ำ

สมการพยากรณ์กากกัมมันตรังสี	Y	=	0.6640 + 0.1380X	
เมื่อผ่านการตกตะกอนทางเคมีปริมาณลดลง 200 เท่า	Y	=	0.0030 + 0.0006X	(3)

สมการพยากรณ์กากกัมมันตรังสี	Y	=	0.6640 + 0.1380X	
เมื่อผ่านการแลกเปลี่ยนไอออนปริมาณลดลง 500 เท่า	Y	=	0.0018 + 0.0002X	(4)

กากกัมมันตรังสีของเหลวชนิดสารละลายอินทรีย์

สมการพยากรณ์กากกัมมันตรังสี	Y	=	1.4400 + 0.0270X	
เมื่อผ่านการเผาปริมาณลดลง 500 เท่า	Y	=	0.0020 + 0.00005X	(5)

สมการพยากรณ์กากกัมมันตรังสีที่ผ่านการบำบัด		=	(1)+(2)+(3)+(4)+(5)	
	Y	=	0.996 + 0.1020X	

สมการพยากรณ์กากกัมมันตรังสีที่ผ่านการบำบัด	Y	=	0.998 + 0.102X	
เมื่อผ่านการแปรสภาพปริมาณเพิ่ม 2 เท่า	Y	=	1.997 + 0.204X	

สมการพยากรณ์ปริมาณผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสีที่ผ่านการแปรสภาพด้วยวิธีซีเมเตชัน

$$Y = 1.997 + 0.204X$$

ภาคผนวก ค

สถานที่สำหรับการทิ้งกากกัมมันตรังสี

สถานที่สำหรับการทิ้งกากกัมมันตรังสี ประกอบด้วย 2 ส่วน

1. บริเวณพื้นที่ทำการทิ้งกากกัมมันตรังสี ซึ่งเป็นเขตหวงห้าม (restrict area) ในบริเวณนี้ จะประกอบด้วยหลุมฝังกากกัมมันตรังสี ทางระบายน้ำ เครื่องมือวัดประจำหลุม วนภายในอาคารสำหรับเก็บกากกัมมันตรังสีชั่วคราว อาคารสำหรับเก็บอุปกรณ์และรถสำหรับการเคลื่อนย้ายภาชนะบรรจุกากกัมมันตรังสี ขนาดของหลุมฝังกากกัมมันตรังสีขึ้นอยู่กับรูปแบบและปริมาตรของกากกัมมันตรังสีที่จะทิ้ง

2. บริเวณที่เรียกว่า buffer zone เป็นพื้นที่ที่อยู่รอบๆ บริเวณพื้นที่ทิ้งกากกัมมันตรังสี ในหัวข้อที่ 1 โดยมีระยะห่างด้านละประมาณอย่างน้อย 100 เมตร และในบริเวณ buffer zone นี้ เป็นพื้นที่ที่ตั้งสำหรับอาคารต่างๆ เช่น ตึกค่าเงินธนาคาร ตึกสุขภาพ ยาม สถานที่จอดรถของบุคลากร เป็นต้น ซึ่งเนื้อที่สำหรับการนี้คิดเป็นเนื้อที่อย่างน้อย 25 ไร่ แผนผังของสถานที่ฝังกากกัมมันตรังสีแสดงไว้ในรูป ค.1

รูปแบบของการทิ้งกากกัมมันตรังสีโดยการฝังดิน

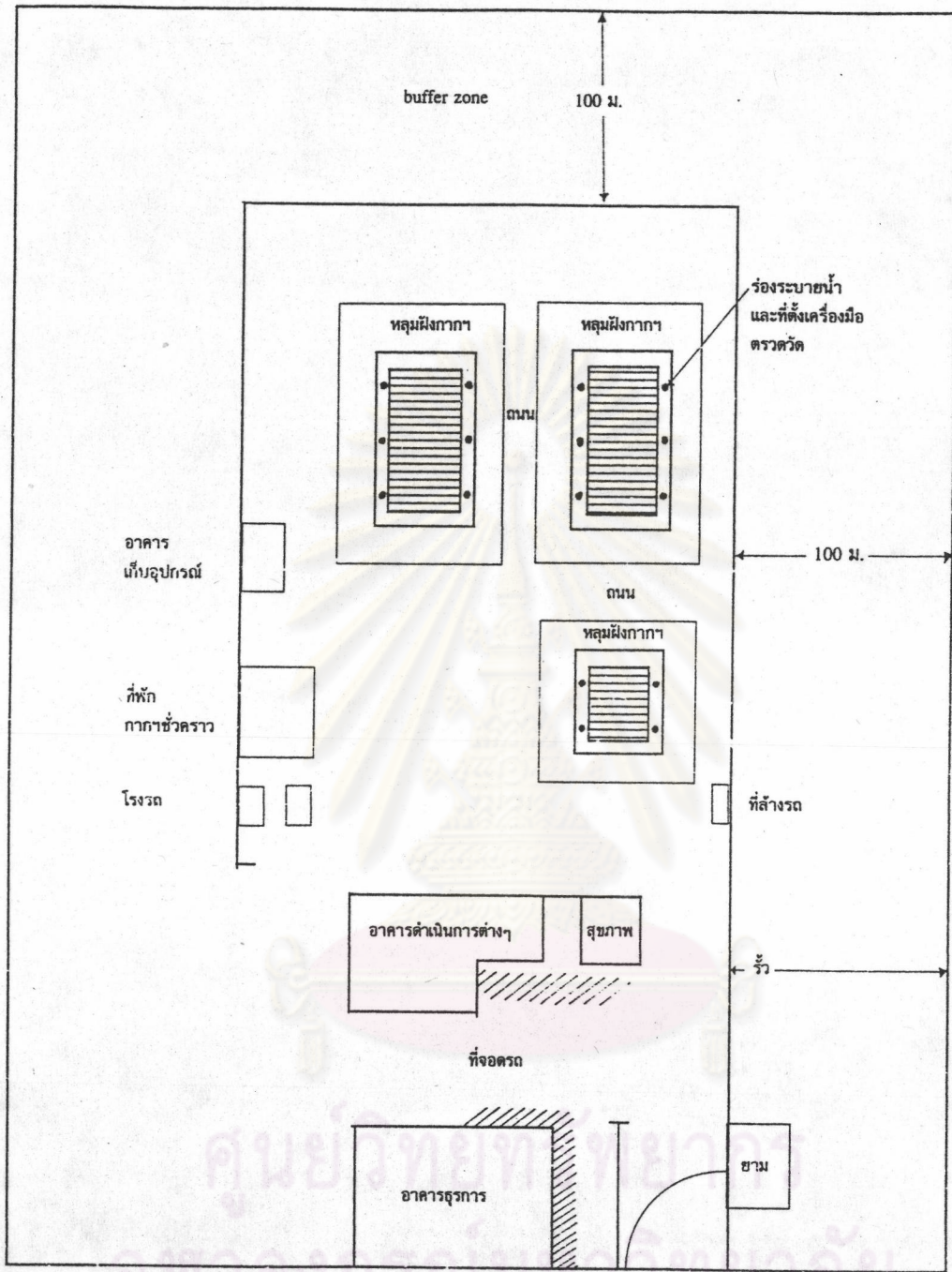
รูปแบบของการทิ้งกากกัมมันตรังสีระดับรังสีต่ำโดยฝังดินในระดับตื้น แบ่งออกเป็นแบบใหญ่ๆ ได้ 2 แบบดังนี้

1. ทิ้งกากกัมมันตรังสีบนดินโดยไม่มีการสร้างเครื่องกั้น

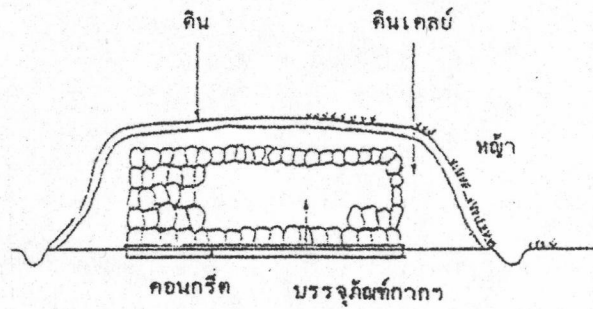
การดำเนินการโดยวิธีนี้ เป็นวิธีฝังกากกัมมันตรังสีที่ทำได้ง่ายและประหยัดที่สุด แต่การสึกกร่อนของพื้นดินง่ายโดยลมและฝน

2. ทิ้งกากกัมมันตรังสีบนดินโดยไม่มีการสร้างเครื่องกั้น แบ่งออกได้ 3 ชนิด

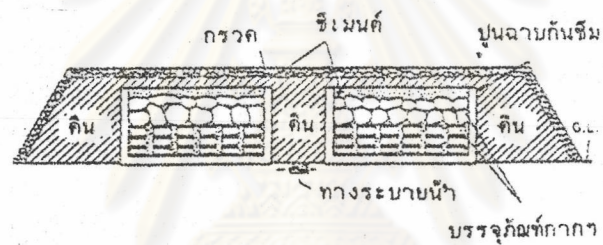
2.1 ทิ้งกากกัมมันตรังสีบนดินโดยมีการสร้างเครื่องกั้น การดำเนินการโดยวิธีนี้ เป็นแบบที่สร้างเครื่องกั้นด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กสูงไม่เกิน 3-4 เมตร โดยเมื่อบรรจุกากจนเต็ม แล้วจึงกลบด้วยดินฉาบด้วยคอนกรีตผสมด้วยกรวดทับอีกชั้น เป็นวิธีการฝังกากกัมมันตรังสีที่มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อม และทนต่อไฟ



รูปที่ ค.1 แผนผังของสถานที่ตั้งคอกกัมมันตรังสี

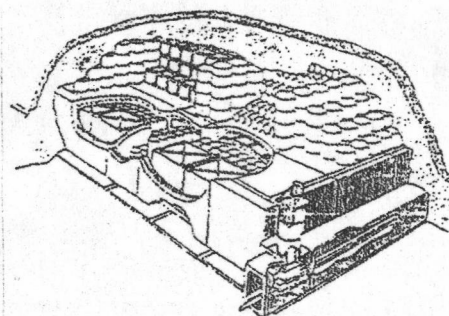


รูปที่ ค.2 รูปแบบของการทิ้งกากกัมมันตรังสีบนดินโดยไม่มีการสร้างเครื่องกั้น



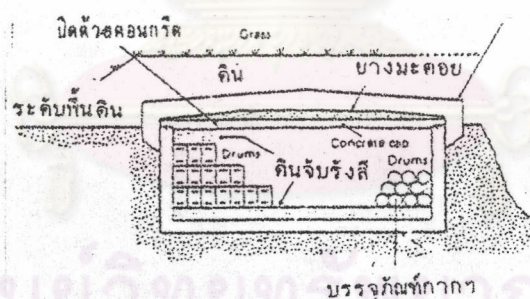
รูปที่ ค.3 รูปแบบของการทิ้งกากกัมมันตรังสีบนดินโดยมีการสร้างเครื่องกั้น

2.2 ทิ้งกากกัมมันตรังสีแบบกึ่งกึ่งกึ่งกึ่งโดยมีวิธีการสร้างเครื่องกั้น วิธีนี้มีลักษณะคล้ายกับแบบที่ 1 ต่างกันตรงที่วิธีนี้มีโครงสร้างคอนกรีตบางส่วนอยู่ที่ใต้ดินและบางส่วนอยู่บนดิน พื้นด้านล่างมีลักษณะเอียง มีทางระบายน้ำออก เมื่อบรรจุผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสีเต็มแล้วจะเทคอนกรีตปิดทับ



รูปที่ ค.4 รูปแบบของการทิ้งกากกัมมันตรังสีแบบกึ่งกึ่งถาวรโดยมีวิธีการสร้างเครื่องกัน

2.3 ทิ้งกากกัมมันตรังสีในดินโดยที่มีเครื่องกันหลายชั้น เป็นวิธีที่มีการสร้างเครื่องกันหลายชั้น โดยลักษณะโครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก อยู่ในระดับความลึกประมาณ 0-5 เมตร ภายในมีการเติมดินที่มีคุณสมบัติเป็นตัวดูดซับสารเคมีรังสี และฉาบที่ผิวภายนอกหยาบ เพื่อป้องกันน้ำซึมผ่าน



รูปที่ ค.5 รูปแบบของการทิ้งกากกัมมันตรังสีในดินโดยที่มีเครื่องกันหลายชั้น

DISCHARGED LIQUID WASTE STANDARD OF OAEP

PHYSICAL PROPERTIES

TEMPERATURE OF DISCHARGE	36 °C
COLOR/TURBITY	COLOURLESS/CLEAR
SUSPENDED SOLIDS-MAXIMUM	50 PPM
DISSOLVED SOLID-MAXIMUM	1000 PPM

CHEMICAL PROPERTIES

PH VALUE	6-9
CYANIDE (AS HCN) MAXIMUM	0.2 PPM
OILS & GREASE	NONE
TAR	NONE
HEAVY METALS	
Zn/Cr/As/Ag/Se/Pb/Ni	INDIVIDUALLY OR IN TOTAL 1 PPM

RADIOACTIVITIES

	BEQ/CU.M
GROSS BETA	3.7×10^4
GROSS ALPHA	3.7×10^3
H-3	3.7×10^8
C-14	2.96×10^7
Na-22	1.48×10^6
P-32	3.7×10^4
Cr-51	7.4×10^7
Fe-59	2.22×10^6
Co-60	1.48×10^6
Br-82	1.11×10^7
Sr-90	3.7×10^3
I-125	7.4×10^3
I-131	3.7×10^4
Cs-137	3.7×10^4
Au-187	1.85×10^6
Ra-226	1.11×10^3

Note

1 nCi = 37 Beq or 1 Beq = 27 pCi

ภาคผนวก จ

ตารางที่ จ.1 แสดงปริมาณกากกัมมันตรังสีชนิดของแข็ง

ชนิดของกากกัมมันตรังสี	ปริมาณกากกัมมันตรังสี			
	2533 (ม ³)	2534 (ม ³)	2535 (ม ³)	2536 (ม ³)
กากฯที่เผาไหม้ได้	18.694	19.901	20.258	21.349
กากฯที่เผาไหม้ไม่ได้ แต่บับอัดได้	2.717	3.949	4.069	4.402
กากฯที่เผาไหม้ไม่ได้ และบับอัดไม่ได้	0.051	0.101	0.043	0.037
รวม	21.462	23.951	24.370	25.789

ตารางที่ จ.2 แสดงปริมาณกากกัมมันตรังสีชนิดของแข็งแยกตามวิธีการจัดกากกัมมันตรังสี

วิธีการจัดกากกัมมันตรังสี	ปริมาณกากกัมมันตรังสี			
	2533 (ม ³)	2534 (ม ³)	2535 (ม ³)	2536 (ม ³)
ทั้งรวมกับขยะทั่วไป	0.671	0.555	0.983	1.259
เก็บให้สารกัมมันตรังสี สลายตัว	1.741	3.051	3.366	3.948
นำส่งพปส.	19.049	20.345	20.021	20.581
รวม	21.462	23.951	24.370	25.789

ตารางที่ จ.3 แสดงปริมาณกากกัมมันตรังสีชนิดของแข็งแยกตามแหล่งกำเนิดกากกัมมันตรังสี

แหล่งกำเนิดกากกัมมันตรังสี	ปริมาณกากกัมมันตรังสี			
	2533 (ม ³)	2534 (ม ³)	2535 (ม ³)	2536 (ม ³)
โรงพยาบาล และคลินิก	2.010	1.980	2.895	3.389
คณะแพทยศาสตร์ ที่มีโรงพยาบาล	7.773	8.841	9.380	10.510
สถาบันการศึกษา	5.667	4.200	4.492	2.993
สถาบันวิจัย	6.012	8.930	7.603	8.897
รวม	21.462	23.951	24.370	25.789

ตารางที่ จ.4 แสดงปริมาตรกากกัมมันตรังสีชนิดของแข็งแบ่งตามการใช้งาน

การใช้งาน	ปริมาตรกากกัมมันตรังสี			
	2533 (ม ³)	2534 (ม ³)	2535 (ม ³)	2536 (ม ³)
การแพทย์	7.630	11.270	11.923	13.679
การวิจัย	13.832	12.681	12.447	12.110
รวม	21.462	23.951	24.370	25.789

ตารางที่ จ.5 แสดงปริมาณกากกัมมันตรังสีชนิดของเหลว

ชนิดของกากกัมมันตรังสี	ปริมาณกากกัมมันตรังสี			
	2533 (ม ³)	2534 (ม ³)	2535 (ม ³)	2536 (ม ³)
สารละลายอินทรีย์	2.314	2,385	2,330	2,407
สารละลายน้ำ	0.990	1,557	2,409	2,679
ของเสียทางการแพทย์	1.525	1,701	2,033	2,299
รวม	4.829	5.643	6,772	7,385

ตารางที่ จ.6 แสดงปริมาณกากกัมมันตรังสีชนิดของเหลวตามวิธีการขจัดกากกัมมันตรังสี

วิธีการขจัดกากฯ	ปริมาณกากกัมมันตรังสี			
	2533 (ม ³)	2534 (ม ³)	2535 (ม ³)	2536 (ม ³)
ทิ้งรวมกับน้ำเสียทั่วไป	0.401	0.360	0.489	0.517
เก็บให้สารกัมมันตรังสี สลายตัว	1.713	1.943	2.917	3.533
นำส่งพปส.	2.716	3.340	3.367	3.335
รวม	4.830	5.643	6.773	7.385

ตารางที่ จ.7 แสดงปริมาณกากกัมมันตรังสีชนิดของเหลวตามแหล่งกำเนิดกากกัมมันตรังสี

แหล่งกำเนิดกาก	ปริมาณกากกัมมันตรังสี			
	2533 (m ³)	2534 (m ³)	2535 (m ³)	2536 (m ³)
โรงพยาบาล และคลินิก	0.738	0.777	0.985	1.095
คณะแพทยศาสตร์ ที่มีโรงพยาบาล	2.296	2.583	2.995	2.158
สถาบันการศึกษา	0.495	0.540	0.403	0.464
สถาบันวิจัย	1.301	1.743	2.388	2.668
รวม	4.830	5.643	6.771	7.385

ตารางที่ จ.8 แสดงปริมาณกากกัมมันตรังสีชนิดของเหลวแบ่งตามการใช้งาน

การใช้งาน	ปริมาณกากกัมมันตรังสี			
	2533 (m ³)	2534 (m ³)	2535 (m ³)	2536 (m ³)
การแพทย์	2.691	3.561	4.541	5.028
การวิจัย	2.139	2.082	2.231	2.357
รวม	4.830	5.643	6.772	7.385

ตารางที่ ๑.๑ การนำส่งกากกัมมันตรังสีเพื่อรับการบำบัดที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ

ปีที่บันทึกข้อมูล	ทองแข็ง			ทองเหลว	
	กากฯ เผาได้ (๓ ^๓)	กากฯ บีบอัดได้ (๓ ^๓)	กากฯ บีบอัดไม่ได้ (๓ ^๓)	สารละลาย อินทรีย์ (๓ ^๓)	สารละลาย น้ำ (๓ ^๓)
2532	16.70	2.16	0.250	1.503	0.995
2531	14.40	3.10	-	1.611	0.907
2530	12.78	2.01	1.450	1.340	0.960
2529	11.16	2.54	0.048	1.500	1.101

หมายเหตุ ข้อมูลจาก กองจัดกากกัมมันตรังสี สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ประวัติการศึกษา

ชื่อ
วุฒิการศึกษา

นายเสถียร วงษ์เลิศมงคล
สำเร็จ วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สถิติประยุกต์)
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ปี พ.ศ. 2533
เข้าศึกษาในคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขานิวเคลียร์เทคโนโลยี
ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2533

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย