การวัดอัตราการปลดปล่อยรังสีแอลฟารวมและรังสีบีตารวมจากแผ่นกระเบื้องเซรามิก

นายปิยะศักดิ์ วุฒิจรูญพันธ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547
ISBN 974-53-1485-4
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MEASUREMENT OF GROSS ALPHA AND GROSS BETA EMISSION RATE FROM CERAMIC TILES.

Mr. Piyasak Wudthicharoonpun

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Nuclear Technology

Department of Nuclear Technology
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2004

ISBN 974-53-1485-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวัดอัตราการปลดปล่อยรังสีแอลฟารวมและรังสีบีตารวมจากแผ่นกระเบื้องเซรามิก
โดย	นายปิยะศักดิ์ วุฒิจรูญพันธ์
สาขาวิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพิชชา จันทรโยธา)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรรถพร ภัทรสุมันต์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปิยะศักดิ์ วุฒิจรูญพันธ์ : การวัดอัตราการปลดปล่อยรังสีแอลฟารวมและรังสีบีตารวมจากแผ่นกระเบื้องเซรามิก (MEASUREMENT OF GROSS ALPHA AND GROSS BETA EMISSION RATE FROM CERAMIC TILES) อ. ที่ปรึกษา : รศ.นเรศร์ จันทน์ขาว, 62 หน้า. ISBN 974-53-1485-4.

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงอัตราการปลดปล่อยอนุภาคแอลฟาและอนุภาคบีตารวมจากแผ่นกระเบื้อง โดยใช้เครื่องนับรังสีแอลฟาชนิดเรืองรังสี ZnS(Ag) และเครื่องนับรังสีบีตาชนิดไกเกอร์มุลเลอร์ สำหรับบางตัวอย่างได้ทำการวัดสเปกตรัมรังสีแอลฟาและบีตาด้วย หัววัดรังสีแอลฟาแบบกึ่งตัวนำและหัววัดรังสีบีตาแบบพลาสติกเรืองรังสีตามลำดับ เพื่อหาช่วงพลังงานของรังสีทั้งสองชนิดสำหรับใช้ในการประเมินปริมาณรังสี นอกจากนี้ยังได้ทำการวัดสเปกตรัมของรังสีแกมมาด้วยหัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูงด้วย

ผลการวิจัยพบว่าแผ่นกระเบื้องมีอัตราการปลดปล่อยรังสีแอลฟารวมอยู่ในช่วง 0.0010 ± 0.0001 ถึง 0.0154 ± 0.0020 ต่อตารางเซนติเมตร-วินาที โดยมีพลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 3.10 เมกกะอิเล็กตรอนโวลต์ และมีอัตราการปลดปล่อยรังสีบีตารวมอยู่ในช่วง 0.0457 ± 0.0019 ถึง 0.0749 ± 0.0025 ต่อตารางเซนติเมตร-วินาที โดยมีพลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 600 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแกมมาพบว่าธาตุกัมมันตรังสีในแผ่นกระเบื้องได้แก่ โปแทสเซียม-40 และธาตุที่อยู่ในอนุกรมยูเรเนียม-238 และอนุกรมทอเรียม-232 เช่น บิสมัท-214, เรเดียม-226 และทัลเลียม-208

งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินรังสีที่ได้รับจากการสัมผัสด้วย ซึ่งผลการประเมินรังสีแอลฟาที่ได้รับจากการสัมผัสมีค่าอยู่ในช่วง 159.12 ± 1.594 ถึง 245.52 ± 30.189 ไมโครซีเวิร์ตต่อชั่วโมง ในขณะที่ผลการประเมินรังสีบีตาที่ได้รับจากการสัมผัสอยู่ในช่วง 0.0748 ± 0.0027 ถึง 0.1227 ± 0.0041 ไมโครซีเวิร์ตต่อชั่วโมง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....นิวเคลียร์เทคโนโลยี..... ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา.....นิวเคลียร์เทคโนโลยี.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2547

4570422221 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY
KEY WORD: GROSS ALPHA / GROSS BETA

PIYASAK WUDTHICHAROONPUN : MEASUREMENT OF GROSS ALPHA AND GROSS BETA EMISSION RATE FROM CERAMIC TILES. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. NARES CHANKOW, 62 pp. ISBN 974-53-1485-4.

This research was conducted to measure the emission rate of total alpha- and beta-particles emitted from ceramic tiles. A ZnS(Ag) scintillation counter and a GM counter were used to measure alpha- and beta-rays, respectively. For some samples, alpha and beta spectra were obtained using an alpha spectrometer with semiconductor detector and a beta spectrometer with plastic scintillation detector, respectively, to determine alpha- and beta-particle energy range which would be used for dose assessment. Furthermore, gamma-ray spectra were also obtained using a HPGe gamma spectrometer.

The experimental results showed that the total alpha emission rate was found to be in the range of 0.0010 ± 0.0001 to 0.0154 ± 0.0020 per cm^2-sec with the mean alpha energy of 3.10 MeV and the total beta emission rate was found to be in the range of 0.0457 ± 0.0019 to 0.0749 ± 0.0025 per cm^2-sec with the mean beta energy of 600 keV. Moreover, the obtained gamma spectra showed that the radionuclides in the ceramic tiles were ^{40}K as well as ^{238}U, ^{232}Th daughter radionuclides such as ^{214}Bi, ^{226}Ra and ^{208}Tl.

The research also took into consideration the estimated contact dose of the alpha and the beta particles emitted from the ceramic tiles. The estimated contact dose of the alpha radiation was found to be in the range of 159.12 ± 1.594 to 245.52 ± 30.189 μSv / hr, while the estimated contact dose of the beta radiation was found to be in the range of 0.0748 ± 0.0027 to 0.1227 ± 0.0041 μSv / hr.

Department…....Nuclear Technology……..Student's.....
Field of study….Nuclear Technology……..Advisor's.....
Academic year 2004

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว ที่ให้ความกรุณาคอยให้คำปรึกษา ชี้แนะและความช่วยเหลือต่างๆ ตลอดจนช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์ ทำให้ให้งานวิจัยนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณบริษัท เซรามิค อุตสาหกรรมไทย จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ และอำนวยความสะดวก ในการเข้าเยี่ยมชม ขั้นตอนในการผลิตกระเบื้อง

ขอขอบคุณอาจารย์ เจ้าหน้าที่ทุกท่านและเพื่อนๆ พี่ๆ ทุกคนในภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ที่ให้ความช่วยเหลือ ด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณภาวิณี วิสัยแสวง พี่ชุติมา กรานรอดและพี่รวิวรรณ กฤษณานุวัตร์ที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา

ท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกคน ที่คอยให้ความห่วงใยและให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน ด้วยดีเสมอมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย……..……..ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……..……จ
กิตติกรรมประกาศ…….....ฉ
สารบัญตาราง…….....ฌ
สารบัญภาพ…….....ญ
บทที่

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย……..…….....2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย……...…….……2
1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย……..……2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยนี้…….……..2
1.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง…….……3

2. ทฤษฎี

2.1 แหล่งกำเนิดรังสีในธรรมชาติ……5
2.2 ไอโซโทปกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ…….……9
2.3 การสลายตัวแบบอนุกรม…….……..11
2.4 การตรวจวัดกัมมันตรังสีในสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆ …….……14
2.5 การป้องกันอันตรายจากรังสีที่มาจากภายนอกร่างกาย……..……..14
2.6 ผลทางชีววิทยาของการเกิดไอออไนส์และการป้องกันรังสี …….……16
2.7 ต้นกำเนิดรังสีที่อยู่ภายนอกร่างกาย……...17
2.8 หัววัดและระบบวัดรังสี……17
2.9 การวัดรังสี……...……...24
2.10 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแผ่นกระเบื้อง…….……27

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์สำหรับการวัดปริมาณรังสีแอลฟาและรังสีบีตา …….……..32
3.2 วิธีทำการวิจัย…….……33

บทที่ หน้า

4. ผลการวิจัย

4.1 ค่าปริมาณรังสีแอลฟารวมและปริมาณรังสีบีตารวม……..……41

4.2 การวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแอลฟาจากเครื่องแอลฟาสเปกโตรมิเตอร์……..45

4.3 การวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีบีตาจากหัววัดรังสีชนิดพลาสติกซิลทิลเลชัน….48

4.4 การวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแกมมาที่ได้จากเครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์...51

4.5 การประเมินปริมาณรังสี……53

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลที่ได้จากการวัดปริมาณรังสีแอลฟา.....55

5.2 สรุปผลที่ได้จากการวัดปริมาณรังสีบีตา.....55

5.3 ข้อเสนอแนะ……..56

รายการอ้างอิง……..……57

ภาคผนวก……..……...58

ภาคผนวก ก……..……...59

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์……..……62

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

2.1 นิวไคลด์กัมมันตรังสีในอนุกรมการสลายตัวของยูเรเนียม.....6
2.2 นิวไคลด์กัมมันตรังสีในอนุกรมการสลายตัวของทอเรียม……...8
2.3 นิวไคลด์กัมมันตรังสีในธรรมชาติที่อยู่นอกเหนืออนุกรมการสลายตัว
ของยูเรเนียมและทอเรียม (Natural radionuclides other than
radioactive series)……8
2.4 อนุกรมทั้งสี่ของสารกัมมันตรังสี……..……..11
2.5 สรุปผลจาก acute effect ของปริมาณรังสีที่ได้รับ……..26
4.1 ค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดปริมาณรังสีแอลฟาและเครื่องวัดปริมาณรังสีบีตา…….....41
ก-1 การหาประสิทธิภาพของหัววัดรังสีเรืองแสงชนิด ZnS.....59
ก-2 การหาประสิทธิภาพของหัววัดรังสีชนิดไกเกอร์มุลเลอร์.....60

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

2.1 สัดส่วนการได้รับรังสีของมนุษย์จากแหล่งกำเนิดรังสีต่าง ๆ ……..9
2.2 ภาวะสมดุลแบบเซคูลาร์……...…….12
2.3 ภาวะสมดุลแบบทรานเซียนต์……...…….13
2.4 ไดอะแกรมของหัววัดรังสีแบบบรรจุก๊าซ…….19
2.5 กลไกการทำงานของหัววัดแบบสารเรืองรังสี (scintillation detector)……...…22
2.6 หัววัดรังสีแบบ ZnS(Ag)……...23
2.7 หัววัดรังสีแบบ NaI(Tl) …….23
3.1 (ก) ลักษณะเครื่องวัดปริมาณรังสีแอลฟาชนิดเรืองรังสีชนิด ZnS ขนาด 7 ซม. ×7 ซม…...…...35
(ข) หน้าปัดของเครื่องวัดปริมาณรังสีแอลฟา.....35
3.2 (ก) ลักษณะเครื่องวัดปริมาณรังสีบีตาชนิดไกเกอร์มุลเลอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.25 นิ้ว...36
(ข) หน้าปัดเครื่องวัดปริมาณรังสีบีตา……....36
3.3 (ก) เครื่องแอลฟาสเปกโตรมิเตอร์…….37
(ข) ระบบวิเคราะห์สเปกตรัมทางรังสีแอลฟา...…….37
3.4 (ก) หัววัดรังสีบีตาแบบพลาสติกซินทิลเลชัน……38
(ข) ระบบวิเคราะห์สเปกตรัมทางรังสีบีตา…….38
3.5 ระบบวิเคราะห์สเปกตรัมทางรังสีแกมมาซึ่งประกอบด้วยหัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง
และเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง ของCANBERRA series 10 plus……..…..39
3.6 ตัวอย่างกระเบื้องที่สุ่มมาวิเคราะห์สเปกตรัมทางรังสีแอลฟาและรังสีบีตา……39
3.7 ลักษณะการวัดปริมาณรังสีแอลฟารวมและปริมาณรังสีบีตารวมจากแผ่นกระเบื้อง……..….40
4.1 สเปกตรัมรังสีแอลฟาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นเขาค้อเขียว……...…..46
4.2 สเปกตรัมรังสีแอลฟาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นสักสาละวิน…….……...46
4.3 สเปกตรัมรังสีแอลฟาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นโอลิมเปียน้ำตาล…….……47
4.4 สเปกตรัมรังสีแอลฟาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นโอเมก้าแมตท์ไวท์…….……47
4.5 สเปกตรัมรังสีแอลฟาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่น LEGNO BROWN…….……47
4.6 สเปกตรัมรังสีบีตาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นเขาค้อเขียว…….……49
4.7 สเปกตรัมรังสีบีตาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นสักสาละวิน…….……49
4.8 สเปกตรัมรังสีบีตาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นโอลิมเปีย น้ำตาล…….……...49

ภาพประกอบ หน้า

4.9 สเปกตรัมรังสีบีตาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นโอเมก้าแมตท์ไวท์……..50
4.10 สเปกตรัมรังสีบีตาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่น LEGNO BROWN……...50
4.11 สเปกตรัมรังสีแกมมาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นเขาค้อเขียว……51
4.12 สเปกตรัมรังสีแกมมาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นสักสาละวิน……..51
4.13 สเปกตรัมรังสีแกมมาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นโอลิมเปีย น้ำตาล……..52
4.14 สเปกตรัมรังสีแกมมาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นโอเมก้า แมตท์ไวท์…….……..52
4.15 สเปกตรัมรังสีแกมมาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นLEGNO BROWN……52

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ก่อนหน้านี้กระเบื้องเซรามิกเป็นวัสดุตกแต่งที่ใช้เฉพาะภายในห้องน้ำ และตกแต่งพื้นทั้งภายในและภายนอกอาคาร เช่น ระเบียง แต่ในปัจจุบันกระเบื้องเซรามิกเป็นวัสดุตกแต่งที่สามารถนำมาใช้งานได้อย่างกว้างขวาง สำหรับการตกแต่งทุก ๆ ส่วนของอาคารและบ้านเรือน เนื่องจากมีความคงทน สวยงาม ทำความสะอาดง่าย และมีราคาไม่แพง ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีในการผลิตและการทำผิวหน้ากระเบื้องที่ทันสมัย ทำให้สามารถพิมพ์ลายที่สวยงาม รวมทั้งการพิมพ์รูปที่ตอบสนองความต้องการต่อผู้บริโภคได้

แต่เนื่องจากแผ่นกระเบื้องเซรามิกนั้นใช้ ดิน หิน ทราย เป็นวัตถุดิบที่สำคัญ ซึ่งในดิน หิน ทราย ซึ่งวัตถุดิบต่าง ๆ เหล่านี้ก็จะมีธาตุตามธรรมชาติติดมาด้วยมากน้อยตามแหล่งที่มา ในวัตถุดิบที่มีคุณภาพสูงบางชนิดต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ และอาจมีนิวไคลด์กัมมันตรังสีปะปนในระดับที่สูงกว่าวัตถุดิบภายในประเทศ ธาตุกัมมันตรังสีที่ปะปนอยู่ในวัตถุดิบได้แก่ ธาตุกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นมาพร้อมกับโลก ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 อนุกรมคืออนุกรมยูเรเนียม ซึ่งอนุกรมนี้เริ่มจากยูเรเนียม-238 (U-238) อนุกรมแอคติเนียม ซึ่งเริ่มจากยูเรเนียม-235 (U-235) และอนุกรมทอเรียม ซึ่งเริ่มจากทอเรียม-232 (Th-232) อนุกรมต่างๆ เหล่านี้จะสลายตัวให้นิวไคลด์กัมมันตรังสีต่อเนื่องกันกว่า 10 ชนิดจนไปสิ้นสุดที่ไอโซโทปคงตัวของแต่ละอนุกรม นิวไคลด์กัมมันตรังสีเหล่านี้มีทั้งการสลายตัวโดยการปลดปล่อยอนุภาคแอลฟา อนุภาคบีตา และรังสีแกมมา ออกมา นอกจากนั้นยังมีโปแทสเซียม-40 (K-40) ซึ่งเป็นนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่มีอยู่ทั่วไปบนพื้นโลกในปริมาณสูง

ในการทำการวิจัยนี้ สนใจเฉพาะกัมมันตรังสีที่ปลดปล่อยออกมาในรูปของอนุภาคเท่านั้นโดยจะทำการวัดการปลดปล่อยของอนุภาคแอลฟารวมและอนุภาคบีตารวม เพื่อเป็นข้อบ่งชี้เบื้องต้นในการตรวจวัดกัมมันตภาพรังสี แล้วจะทำการหาสเปกตรัมทางรังสีแอลฟาและรังสีบีตา และจะทำการตรวจสอบผลโดยเครื่องวิเคราะห์ทางรังสีแกมมาจากการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีในอนุกรมที่กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งเป็นอนุกรมที่พบอยู่ในปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อตรวจวัดอัตราการปลดปล่อยรังสีแอลฟารวมและรังสีบีตารวมจากแผ่นกระเบื้องเซรามิคปูพื้นและผนัง

1.2.2 เพื่อประเมินปริมาณรังสีแอลฟาและรังสีบีตาที่ได้รับจากกระเบื้องเซรามิก

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 เทคนิคการวัดปริมาณรังสีแอลฟาจะใช้ ZnS(Ag) Scintillation Detector ในการวัด

1.3.2 เทคนิคการวัดปริมาณรังสีบีตาจะใช้หัววัด Geiger Muller Counter ในการวัด

1.3.3 ใช้แผ่นกระเบื้องที่ผลิตในประเทศมาทำการทดลองอย่างน้อย 50 ตัวอย่าง

1.3.4 ตรวจสอบพลังงานและความเข้มของรังสีแอลฟาด้วยหัววัดรังสีแอลฟาแบบกึ่งตัวนำ และรังสีบีตาด้วยหัววัดแบบพลาสติกเรืองรังสี

1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการทำการวิจัย

1.4.2 เลือกประเภทของเครื่องมือ และหัววัดรังสี แล้วทำการทดสอบเครื่องมือ

1.4.3 เตรียมสารมาตรฐานเพื่อการคำนวณหาอัตราการปลดปล่อยรังสีที่ออกมาจากตัวอย่าง

1.4.4 สุ่มตัวอย่างมาทำการวัดปริมาณรังสีแอลฟาและปริมาณรังสีบีตาจากแผ่นกระเบื้องเซรามิก

1.4.5 นำข้อมูลที่ได้จากการทำการวัดนำมาประเมินปริมาณรังสีที่ได้รับ

1.4.6 สรุปและเขียนวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยนี้

ได้ข้อมูลอัตราการปลดปล่อยรังสีแอลฟารวม รังสีบีตารวม และความเข้มรังสีจากแผ่นกระเบื้องเซรามิกเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับอ้างอิง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.6.1 ปี 1999 Luigi Bruzzi, Maurizio Baroni, Giorgio Mazzotti, Renato Mele, Serena Righi ได้ทำการศึกษาเรื่อง กัมมันตภาพรังสีในวัตถุดิบและผลผลิตสุดท้ายในอุตสาหกรรมเซรามิคในอิตาลี โดยทำการตรวจวัดธาตุกัมมันตรังสีจากธรรมชาติคือ ^{238}U, ^{232}Th และ ^{40}K ในแร่เซอร์โคเนียม (zircon and baddeleyite) ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิคในอิตาลี ในกระเบื้องและในกากตะกอนจากกระบวนการผลิตเซรามิค โดยใช้เทคนิคแกมมาสเปกโตรมิตรี (gamma ray spectrometry)ในการวิเคราะห์ โดยปริมาณความเข้มข้นรังสีจำเพาะของ ^{238}U และ ^{232}Th จากตัวอย่างแร่ มีค่ามากกว่า 3000 Bq/kg และมากกว่า 500 Bg/kg ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าความเข้มข้นรังสีจำเพาะที่พบที่เปลือกโลก และค่าความเข้มข้นรังสีจำเพาะของ^{238}U และ ^{232}Th จากกระเบื้องมีค่า มากกว่า 50-79 Bq/kg และ 52-66 Bq/kg ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าในแร่เซอร์โคเนียม และไม่สูงกว่าในวัสดุก่อสร้าง แต่สำหรับค่าความเข้มข้นรังสีจำเพาะของ ^{238}U และ ^{232}Th จากตะกอนจากกระบวนการผลิตมีค่า 116-193 Bq/kg ซึ่งสูงกว่า 4-6 เท่าของค่าเฉลี่ยที่เปลือกโลก

1.6.2 ปี 2000 R.H. Higgy, M.S. El-Tahawy, A.T. Abdel-Fattah, U.A. Al-Akabawy ได้ทำการศึกษาเรื่อง ปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสีของวัสดุก่อสร้างและอัตราการรับรังสีแกมมาในที่อยู่อาศัย โดยเป็นการศึกษาการหากัมมันตรังสีในวัสดุก่อสร้างบางชนิด (อิฐ กระเบื้อง หินอ่อน และเซรามิค) และอันตรายเกี่ยวกับรังสี ความแรงรังสีของ ^{226}Ra , ^{232}Th และ ^{40}K ใช้การวัดโดยเครื่องวิเคราะห์แกมมาสเปกโตรมิตรี (gamma spectrometry) กับหัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe Detector) ความแรงรังสีของ ^{238}U และ ^{234}U ใช้การวัดแอลฟาสเปกโตรมิเตอร์กับหัววัดเซอร์เฟซแบริเออร์ (surface barrier detector) หลังจากประยุกต์ใช้กระบวนการทางเรดิโอเคมิคัล (radiochemical) การคำนวณอัตราส่วนไอโซโทปของ $^{234}U/^{238}U$ อันตรายจากความแรงรังสีของเรเดียมเป็นดัชนีเกี่ยวกับการคำนวณกัมมันตรังสีจากธรรมชาติ การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์และ การประยุกต์การคำนวณอัตราการรับรังสีต่อคนที่ได้รับจากผนังห้องจากการศึกษาในวัสดุก่อสร้าง

1.6.3 ปี 2540 นางสาวตวงพร เอื้องวงษ์ตระกูล ได้ทำการศึกษาเรื่อง การหาปริมาณสารกัมมันตรังสีในปูนซีเมนต์โดยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตรี โดยทำการวัดหาปริมาณโปแทสเซียม ยูเรเนียม และทอเรียมในตัวอย่างปูนซีเมนต์และในวัตถุดิบที่ใช้ผลิตปูนซีเมนต์ โดยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตรี ใช้ตัวอย่างและสารมาตรฐานประมาณ 400 กรัม บรรจุภายในกล่องพลาสติกเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว และหนาประมาณ 2.5 นิ้ว ทิ้งไว้อย่างน้อย 3 สัปดาห์ เพื่อให้เกิดสมดุลย์ทางรังสี และใช้หัววัดชนิดโซเดียมไอโอไดด์(ทัลเลียม)ขนาด 5 นิ้ว x 5 นิ้ว ทำการวัดรังสีแกมมาที่พลังงาน 1.46 , 1.76 และ 2.62 MeV ซึ่งสลายตัวออกมาจากโปแทสเซียม-40 บิสมัท-214 (ผลิตผลของยูเรเนียม-238) และทัลเลียม-208

(ผลิตผลของทอเรียม-232) ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปแทสเซียม ยูเรเนียม และทอเรียมในปูนซีเมนต์ 10 ตัวอย่าง จาก 4 ยี่ห้อ รวมทั้งวัตถุดิบก่อนเข้าสู่เตาเผา และปูนเม็ด พบว่ามีปริมาณอยู่ในช่วง 80.38 ถึง 331.15 , 18.98 ถึง 74.46 และ 13.92 ถึง 34.19 เบคเคอเรล ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณโปแทสเซียม ยูเรเนียม และทอเรียม ในวัตถุดิบที่ใช้ผลิตปูนซีเมนต์ ได้แก่ ดินดาน หินปูน แร่เหล็ก และศิลาแลง พบว่ามีปริมาณอยู่ในช่วง 5.68 ถึง 894.27 , 2.40 ถึง 49.89 และ 2.97 ถึง 63.97 เบคเคอเรล ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ได้ทำการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ของบางตัวอย่างกับวิธีการเรืองรังสีเอกซ์ และวิธีนิวตรอนแอกติเวชันพบว่าได้ผลที่น่าพอใจ

1.6.4 ปี 2535 ทิพวรรณ นิ่งน้อย ได้ทำการศึกษาเรื่อง <u>การหาปริมาณธาตุกัมมันตรังสีตามธรรมชาติบางชนิดในลิกไนต์ และเถ้าลิกไนต์</u> โดยเป็นการหาความแรงรังสีจำเพาะของธาตุกัมมันตรังสีธรรมชาติบางชนิดในลิกไนต์ 22 ตัวอย่าง เถ้าจม (bottom ash) 3 ตัวอย่าง และเถ้าลอย (fly ash) 3 ตัวอย่าง จากแม่เมาะและลิกไนต์ 4 ตัวอย่าง จากแหล่งอื่น ๆ โดยวิธีแกมมาสเปคโตรเมตตี ที่ใช้หัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง ผลการวิจัยพบว่า ในลิกไนต์จากเหมืองแม่เมาะมียูเรเนียม-238, ทอเรียม-232 และโปแทสเซียม-40 อยู่ระหว่าง 5.0-36.5 เบคเคอเรลต่อกิโลกรัม, 7.6-61.2 เบคเคอเรลต่อกิโลกรัม และ 24-687 เบคเคอเรลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในเถ้าจมพบว่าปริมาณสารเหล่านี้มีการลดลงเล็กน้อยในขณะที่พบการเพิ่มขึ้นในเถ้าลอยเล็กน้อย ค่าเหล่านี้ไม่มีความแตกต่างมากนักเมื่อเทียบกับผลการวิจัยของประเทศต่าง ๆ ยกเว้นโปแทสเซียม-40 ซึ่งมีปริมาณค่อนข้างสูง

จากผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า ธาตุกัมมันตรังสีตามธรรมชาติในลิกไนต์ และเถ้าลิกไนต์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณเถ้าที่เพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ยังพบว่าลิกไนต์จากเหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เกือบทุกตัวอย่างมีความแรงรังสีจำเพาะของทอเรียม-232 สูงกว่ายูเรเนียม-238

1.6.5 ปี 2000 Thomus G. Hobbs ได้ทำการศึกษาเรื่อง <u>Radioactivity Measurement on Glazed Ceramic Surface</u> โดยทำการศึกษาถึงความหลากหลายในเครื่องใช้ครัวเรือน อุตสาหกรรมเซรามิก และวัสดุที่ทำจากแก้วบางชนิด โดยทำการตรวจวัดจากเครื่องนับพัลส์ของแอลฟาและไอออนแชมเบอร์สำหรับการวัดความเข้มข้นของกัมมันตรังสี การระบุชนิดของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในบางรายการจะทำโดยวิธีแกมมาสเปกโตรสโกปี ตัวอย่างที่นำมาทำการวัดประกอบด้วย ภาชนะ กระเบื้องสำหรับก่อสร้าง กระเบื้องสำหรับตกแต่งภายใน รูปแกะสลัก และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่มีดินเหนียวเป็นส่วนประกอบ ความเข้มข้นของกัมมันตรังสีอยู่ในช่วงใกล้กับที่พบในธรรมชาติ โดยส่วนมากทุก ๆ นิวไคลด์จะแสดงการทดสอบกัมมันตรังสีบางชนิดจากอนุกรมใดอนุกรมหนึ่งของอนุกรมนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่พบในธรรมชาติจากทอเรียมหรือยูเรเนียม

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 แหล่งกำเนิดรังสีในธรรมชาติ

มนุษย์ได้รับรังสีทั้งจากทางตรงและทางอ้อม คือการได้รับรังสีจากแหล่งกำเนิดรังสีที่อยู่ภายนอกร่างกายโดยตรง และได้รับรังสีทางอ้อม เช่น การบริโภคอาหารและน้ำที่เป็นส่วนหนึ่งในทางผ่านของสารรังสีเข้าสู่ร่างกาย แหล่งกำเนิดรังสีที่มนุษย์ได้รับนั้นมีทั้งแหล่งกำเนิดรังสีในธรรมชาติและแหล่งกำเนิดรังสีที่มนุษย์สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้ดังนี้

2.1.1 แหล่งกำเนิดรังสีในธรรมชาติ

แหล่งกำเนิดรังสีในธรรมชาติมีทั้งแหล่งกำเนิดรังสีที่อยู่นอกโลก คือ รังสีคอสมิก และ แหล่งกำเนิดรังสีในพื้นดินที่กำเนิดขึ้นมาพร้อมกับโลก คือ อนุกรมยูเรเนียม และทอเรียม เช่น Th-228, Ra-226, Rn-222 เป็นต้น รวมทั้งที่อยู่นอกเหนืออนุกรมทั้งสอง เช่น K-40, Rb-87 เป็นต้น ซึ่งไอโซโทปรังสีเหล่านี้จะปะปนอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่เป็นทางผ่านของรังสี ทั้งในบรรยากาศและพื้นผิวโลกที่เราอาศัยอยู่ ทำให้มนุษย์ได้รับรังสีจากแหล่งกำเนิดรังสีในธรรมชาติทั้งทางตรงและทางอ้อม

แหล่งกำเนิดรังสีประเภทนี้ เป็นแหล่งกำเนิดที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัว ซึ่งมนุษย์จะหลีกเลี่ยงการได้รับรังสีจากแหล่งกำเนิดรังสีประเภทนี้ไม่ได้ เนื่องจากเกี่ยวข้องกับกิจกรรมในชีวิตประจำวันหรือการประกอบอาชีพต่าง ๆ การได้รับรังสีมากน้อยต่างกันก็ขึ้นอยู่กับสถานที่อยู่อาศัย ลักษณะนิสัย และอาชีพ

2.1.1.1 แหล่งกำเนิดรังสีจากพื้นดิน (Terrestrisl Sources of Radiation)

ประกอบด้วยสารกัมมันตรังสีที่มีครึ่งชีวิตยาวมาก สารพวกนี้มีมาพร้อมกับการกำเนิดของโลก เช่น K-40 มีค่าครึ่งชีวิต 1.28×10^{9} ปี, Rb-87 มีค่าครึ่งชีวิต 4.7×10^{10} ปี, U-238 มีค่าครึ่งชีวิต 4.47×10^{9} ปี และ Th-232 มีค่าครึ่งชีวิต 1.41×10^{10} ปี

นอกจากนี้ U-238 และ Th-232 ยังเป็นตัวตั้งต้นของสายการกำเนิดไอโซโทปรังสีอีกเป็นจำนวนมาก โดยมีการสลายตัวอย่างต่อเนื่องไปสิ้นสุดที่ไอโซโทปเสถียร อนุกรมการสลายตัวของยูเรเนียมและทอเรียม ดังแสดงในตารางที่ 2.1 และ 2.2 สำหรับไอโซโทปที่อยู่นอกเหนืออนุกรมการสลายตัวของยูเรเนียมและทอเรียม ดังแสดงในตาราง 2.3

ตารางที่ 2.1 นิวไคลด์กัมมันตรังสีในอนุกรมการสลายตัวของยูเรเนียม

Nuclide	Decay mode	Half-life	Energy(MeV)
^{238}U	α	4.47×10^{9} y	4.197
^{234}Th	β^-	24.1 d	0.198
^{234}Pa	β^-	1.17 m , 6.69 h	2.29, 0.48
^{234}U	α	2.46×10^{5} y	4.776, 4.725
^{230}Th	α	7.54×10^{4} y	4.688, 4.621
^{226}Ra	α	1599 y	4.784, 4.602
^{222}Rn	α	3.82 d	5.49
^{218}Po	α	3.10 m	6.00
^{218}At	α	1.5 s	6.69
^{218}Rn	α	3.82 d	5.489
^{214}Pb	β^-	27 m	0.67, 0.73
^{214}Bi	β^-	19.9 m	3.27, 1.54, 1.51
^{214}Po	α	163.7 μs	7.687
^{210}Tl	β^-	130 m	1.9, 1.3, 2.3
^{210}Pb	β^-	22.6 y	0.017, 0.061
^{210}Bi	β^-	5.01 d	1.162
^{210}Po	α	138.38 d	5.304
^{206}Tl	β^-	4.20 m	1.528
^{206}Pb	Stable		

ตารางที่ 2.1 นิวไคลด์กัมมันตรังสีในอนุกรมการสลายตัวของยูเรเนียม(ต่อ)

Nuclide	Decay mode	Half-life	Energy(MeV)
^{235}U	α	7.04×10^{8}y	4.395, 4.365
^{231}Th	β^-	1.063 d	0.305
^{231}Pa	α	3.28×10^{4}y	5.013, 4.950, 5.029
^{227}Ac	β^-	21.77 y	0.045
^{227}Th	α	18.72 d	6.038, 5.978, 5.757
^{223}Fr	β^-	21.8 m	1.15
^{223}Ra	α	11.435 d	5.716, 5.607
^{219}Rn	α	3.96 s	6.819, 6.553, 6.425
^{215}Po	α	1.780 ms	7.386
^{211}Pb	β^-	36.1 m	1.38
^{211}Bi	α	2.14 m	6.623, 6.279
^{211}Po	β^-	36.1 m	1.38
^{207}Tl	β^-	4.77 m	1.44
^{207}Pb	Stable		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

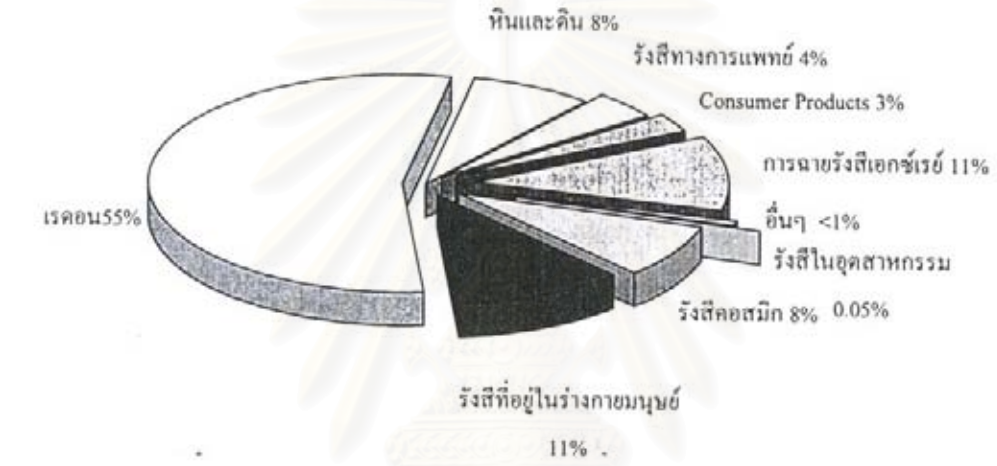
ตารางที่ 2.2 นิวไคลด์กัมมันตรังสีในอนุกรมการสลายตัวของทอเรียม

Nuclide	Decay mode	Half-life	Energy(MeV)
^{232}Th	α	1.40×10^{10} y	4.012
^{228}Ra	β^-	5.76 y	0.39, 0.015
^{228}Ac	β^-	6.15 h	1.2,2.1
^{228}Th	α	1.913 y	5.423, 5.340
^{224}Ra	α	3.66 d	5.685, 5.449
^{220}Rn	α	55.6 s	6.288
^{216}Po	α	0.145 s	6.778
^{212}Pb	β^-	10.64 h	0.335, 0.569
^{212}Bi	β^-	1.009 h	2.251
^{212}Po	α	0.29 μs	8.784
^{208}Tl	β^-	3.053 m	1.796, 1.28, 1.52
^{208}Pb	Stable		

ตารางที่ 2.3 นิวไคลด์กัมมันตรังสีในธรรมชาติที่อยู่นอกเหนืออนุกรมการสลายตัว ของยูเรเนียมและทอเรียม (Natural radionuclides other than radioactive series)

Nuclide	Decay mode	Half life(y)	Abundance(%)
^{40}K	β^-, EC	1.28×10^{9}	0.0117
^{87}Rb	β^-	4.8×10^{10}	27.83
^{115}In	β^-	5.1×10^{14}	95.7
^{138}La	β^-, EC	1.1×10^{11}	0.089
^{147}Sm	β^-	1.06×10^{11}	15.5
^{176}Lu	β^-	3.6×10^{10}	2.61
^{187}Re	β^-	4×10^{10}	62.60
^{190}Nd	β^-	6×10^{11}	0.013
^{144}Nd	β^-	2.1×10^{15}	23.8

โดยทั่วไปมนุษย์ได้รับรังสีส่วนใหญ่จากแหล่งกำเนิดรังสีในธรรมชาติ และไอโซโทปรังสีที่มีผลทำให้มนุษย์ได้รับรังสีจากธรรมชาติในชีวิตประจำวันมากก็คือ เรดอน (Rn-222) และทอรอน (Rn-220) ซึ่งเป็นก๊าซที่ได้จากการสลายตัวของยูเรเนียมและทอเรียม สามารถกระจายผ่านชั้นดินเข้าสู่แหล่งน้ำและอากาศเข้าสู่บ้านเรือนที่อยู่อาศัย และการเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้โดยการหายใจ การได้รับรังสีจากเรดอนและทอรอนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพบ้านเรือน วัสดุที่นำมาก่อสร้างอาคาร ระบบการถ่ายเทอากาศ ลักษณะนิสัยของผู้อยู่อาศัย และปัจจัยอื่น ๆ สัดส่วนการได้รับรังสีของมนุษย์โดยทั่วไปจากแหล่งกำเนิดรังสีต่าง ๆ ดังรูป



รูปที่ 2.1 สัดส่วนการได้รับรังสีของมนุษย์จากแหล่งกำเนิดรังสีต่าง ๆ [1]

2.2 ไอโซโทปกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ

โดยปกตินิวเคลียสกัมมันตรังสีจะแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่ม คือโปแทสเซียม-40 (K-40) และกลุ่มของกัมมันตรังสีชนิดอื่น ๆ โดยกลุ่มแรกจะเป็นนิวเคลียสกัมมันตรังสีที่พบในธรรมชาติ และกลุ่มที่สองจะเป็นนิวเคลียสกัมมันตรังสีที่ผลิตขึ้นในห้องปฏิบัติการจากปฏิกิริยานิวเคลียร์

ไอโซโทปกัมมันตรังสีส่วนใหญ่ที่พบในธรรมชาติจะเป็นสมาชิกในอนุกรมใดอนุกรมหนึ่งในสามอนุกรม ซึ่งแต่ละอนุกรมจะเริ่มจากไอโซโซกัมมันตรังสีที่มีอายุยาว โดยมีค่าครึ่งชีวิตยาวกว่าสมาชิกตัวอื่น ๆ ในอนุกรมมาก และสิ้นสุดด้วยนิวเคลียสที่เสถียร ไอโซโทปที่อยู่ในอนุกรมจะอยู่ในสถานะที่สมดุลทางกัมมันตรังสี (radioactive equilibrium) กับ นิวไคลด์แม่ (parent)หากไม่มีการแพร่หรือเคลื่อนย้ายของนิวไคลด์กัมมันตรังสีใด ๆ ในอนุกรมไปจากแหล่งเริ่มต้น ไอโซโทปกัมมันตรังสี

ทั้งหมดที่พบในธรรมชาติ จะสลายตัวให้อนุภาคแอลฟา หรือ บีตา สำหรับอนุกรมในธรรมชาติทั้งสามได้สรุปไว้ในตารางที่ 2.4 ได้แก่

2.2.1 อนุกรมยูเรเนียม

เริ่มต้นด้วย ^{238}U ซึ่งมีค่าครึ่งชีวิต 4.47×10^{9} ปี และไปสิ้นสุดที่ ^{206}Pb ซึ่งถ้าเราหารค่าหมายเลขมวลของ นิวไคลด์แม่และ ผลิตผลจากการสลายตัว (decay product) ของไอโซโทปต่าง ๆ ในอนุกรมด้วย 4 จะได้เศษ 2 ดังนั้นอนุกรมนี้จึงมักเรียกว่า อนุกรม (4n+2) เมื่อ n เป็นเลขจำนวนเต็มซึ่งมีค่าระหว่าง 51 และ 59

2.2.2 อนุกรมแอคติเนียม

เริ่มต้นด้วย ^{235}U ซึ่งเดิมเรียก Actinouranium (AcU) มีค่าครึ่งชีวิต 7.0×10^{8}ปี และไปสิ้นสุดที่ ^{207}Pb อนุกรมนี้อาจเรียกเป็นอนุกรม (4n+3)

2.2.3 อนุกรมทอเรียม

เริ่มต้นด้วย ^{232}Th ซึ่งมีค่าครึ่งชีวิต 1.41×10^{10} ปี ไปสิ้นสุดที่ ^{208}Pb สำหรับอนุกรมนี้บางครั้งเรียก อนุกรม (4n)

นอกจากนี้ยังมีอีกอนุกรมหนึ่ง คือ อนุกรมเนปจูเนียม หรือ อนุกรม (4n+1) ซึ่งเริ่มจาก ^{237}Np ซึ่งเป็น transuranic element (เป็นธาตุที่มีหมายเลขอะตอมมากกว่ายูเรเนียม) ซึ่งไม่พบในธรรมชาติ เนื่องจากมีครึ่งชีวิตเพียง 2.18×10^{6} ปี และหากกำเนิดขึ้นมาพร้อมกับโลกเมื่อเทียบกับอายุของโลกซึ่งประมาณ 4.5×10^{9} ปีแล้ว จะพบว่าปริมาณที่เหลืออยู่จะน้อยมาก เนื่องจากเวลาผ่านไปถึงประมาณ 2,000 half-lives ของ ^{237}Np แล้วสำหรับอนุกรมนี้จะไปสิ้นสุดที่ ^{209}Bi

จากอนุกรมกัมมันตรังสีในธรรมชาติ หากนิวไคลด์แม่มีค่าครึ่งชีวิตยาว และนิวไคลด์ลูกมีค่าครึ่งชีวิตสั้น แต่ยังคงพบอนุกรมกัมมันตรังสีนี้อยู่ เพราะว่าอนุกรมอยู่ในสภาวะสมดุลทางรังสี โดยนิวไคลด์แม่จะสลายตัวให้นิวไคลด์ลูกตลอดเวลา ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสีในอนุกรมดังกล่าวมาก

ตารางที่ 2.4 อนุกรมทั้งสี่ของสารกัมมันตรังสี [2]

อนุกรม	ไอโซโทปตัวเริ่มต้น	ครึ่งชีวิต (ปี)	ผลผลิตที่เสถียร
Uranium หรือ 4n+2	^{238}U	4.47×10^{9}	^{206}Pb
Actinium (natural) หรือ 4n+3	^{235}U	7.0×10^{8}	^{207}Pb
Thorium หรือ 4n	^{232}Th	1.41×10^{10}	^{208}Pb
Neptunium หรือ 4n+1	^{237}Np	2.18×10^{6}	^{209}Bi

2.3 การสลายตัวแบบอนุกรม (Decay Series) [3]

การสลายตัวแบบอนุกรม คือ การที่ธาตุกัมมันตรังสีตั้งต้นตัวหนึ่งสลายตัวให้ธาตุกัมมันตรังสีลูกตัวหนึ่ง และธาตุลูกนี้ก็จะมีการสลายตัวให้ธาตุกัมมันตรังสีตัวอื่นต่อไปเรื่อยๆ เช่น การสลายตัวของอนุกรมยูเรเนียม, อนุกรมทอเรียม และอนุกรมแอคติเนียม เป็นต้น ซึ่งจะมีสมการทั่วไปของอนุกรมการสลายตัวดังนี้

$$A \xrightarrow{\lambda_A} B \xrightarrow{\lambda_B} C \xrightarrow{\lambda_C} \cdots\cdots \longrightarrow \text{stable}$$

สมการการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี เป็นดังสมการ

อัตราการเปลี่ยนแปลง = อัตราการเกิด - อัตราการสลายตัว

เมื่ออนุกรมการสลายตัวได้เกิดขึ้นแล้ว ณ ที่เวลาหนึ่งก็จะเกิดภาวะสมดุลขึ้น ซึ่งอนุกรมยูเรเนียมจะทำให้เกิดภาวะสมดุลได้ 2 แบบ ดังนี้

2.3.1 ภาวะสมดุลแบบเซคูลาร์ (Secular Equilibrium)

ภาวะสมดุลนี้จะเกิดขึ้นในกรณีที่ค่าครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสีตั้งต้นมีค่าครึ่งชีวิตมากกว่าค่าครึ่งของธาตุกัมมันตรังสีตัวลูกประมาณ 10^4 เท่าหรือมากกว่านั้น

$$A \longrightarrow B \longrightarrow C \text{ (stable)}$$

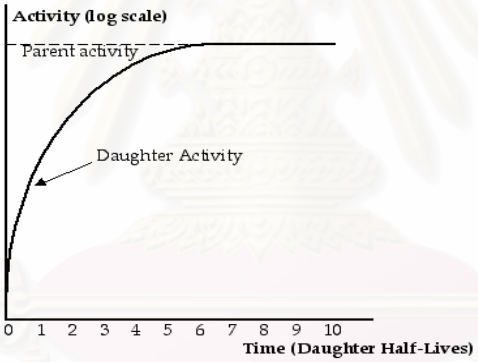
โดยเมื่อเวลาเริ่มต้น มีแต่สารกัมมันตรังสี A เท่านั้น เวลา(t)ผ่านไป สารกัมมันตรังสี A จะมีจำนวนอะตอมลดลงเล็กน้อย และสารกัมมันตรังสี B จะมีจำนวนอะตอมเพิ่มขึ้นทีละน้อย แต่เนื่องจากมีค่าครึ่งชีวิตสั้นกว่ามาก จึงมีความแรงรังสี (หรือกัมมันตภาพรังสี) เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนมีค่าความแรงรังสีเท่ากับธาตุกัมมันตรังสีแม่ ดังรูปที่ 2.2

ตัวอย่างธาตุกัมมันตรังสีที่มีสมดุลแบบเซคูลาร์

$$^{226}Ra \xrightarrow[1600\ y]{} {}^{222}Rn \xrightarrow[3.8\ d]{} {}^{218}Po$$

และ

$$^{90}Sr \xrightarrow[28\ d]{} {}^{90}Y \xrightarrow[64\ H]{} {}^{90}Zr$$



รูปที่ 2.2 ภาวะสมดุลแบบเซคูลาร์ [3]

เมื่อเข้าสู่สมดุลแบบเซคูลาร์ พบว่าจะได้ความสัมพันธ์ดังสมการ

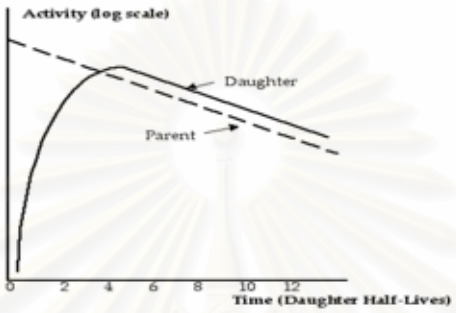
$$\lambda_A N_A = \lambda_B N_B = \lambda_C N_C = ... \quad (1)$$

2.3.2 ภาวะสมดุลแบบทรานเซียนต์ (Transient Equilibrium)

ภาวะสมดุลแบบนี้จะเกิดขึ้นในกรณีที่สารกัมมันตรังสีตั้งต้นมีค่าครึ่งชีวิตมากกว่าค่าครึ่งชีวิตของตัวลูกอยู่เล็กน้อย เป็นดังรูปที่ 2.3

$$N_B = \frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A}(N_A)_0(e^{-\lambda_A t} - e^{-\lambda_B t}) \qquad (2)$$

เมื่อเวลาผ่านไป ค่า $e^{-\lambda_B t}$ จะมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับค่า $e^{-\lambda_A t}$ นั่นคือ $e^{-\lambda_A t} >> e^{-\lambda_B t}$



รูปที่2.3 ภาวะสมดุลแบบทรานเซียนต์ [3]

เมื่อเข้าสู่สมดุลแบบทรานเซียนต์ จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการ

$$\frac{N_A}{N_B} = \frac{\lambda_B - \lambda_A}{\lambda_A}$$

$$\lambda_A N_A = \lambda_B N_B - \lambda_A N_B$$

$$A_A = A_B - \lambda_A N_B$$

ดังนั้นค่ากัมมันตภาพรังสีของนิวไคลด์ลูก (daughter) จะเพิ่มขึ้นในระยะแรกจนถึงค่าสูงสุด จากนั้นค่อย ๆ ลดลงในอัตราเดียวกับกัมมันตภาพของตัวนิวไคลด์แม่ ซึ่งภายใต้สภาวะนี้กล่าวได้ว่าจะเกิดสมดุลแบบทรานเซียนต์ โดยกัมมันตภาพรวมก็จะมีค่าสูงสุดในช่วงเวลาที่ก่อนที่นิวไคลด์ลูก จะมีค่ากัมมันตภาพสูงสุด ซึ่งช่วงเวลาที่ผ่านไปเมื่อกัมมันตภาพรวมมีค่าสูงสุด

การวัดกัมมันตรังสีในสิ่งแวดล้อม เป็นเครื่องมือในการติดตามตรวจวัด เพื่อประเมินการได้รับรังสี ดังนั้นการป้องกันอันตรายจากรังสีจึงจำเป็นที่จะต้องติดตามตรวจกัมมันตรังสีในสิ่งแวดล้อม เพื่อช่วยให้ผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบหรือหน่วยงานที่มีการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับรังสี มีความมั่นใจในการควบคุมการปฏิบัติการและสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งอาจจะมีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของระดับการได้รับรังสีของประชาชน

2.4 การตรวจวัดกัมมันตรังสีในสิ่งแวดล้อมประเภทต่าง ๆ [1]

- การตรวจวัดรังสีจากภายนอก การวัดปริมาณรังสีจะต้องรวมทั้งการวัดปริมาณรังสีจากก๊าซที่ปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศและลอยผ่านจุดที่ตรวจวัด รวมทั้งสารกัมมันตรังสีที่สะสมอยู่ในดิน พืช ผัก หรือตะกอนดิน การตรวจวัด ตรวจวัดทั้งปริมาณรังสีแกมมา และบางกรณีอาจจะต้องตรวจวัดปริมาณรังสีที่ผิวหนังเนื่องจากรังสีบีตา
- การตรวจวัดนิวไคลด์กัมมันตรังสีในอากาศ นิวไคลด์กัมมันตรังสีซึ่งปะปนอยู่ในอากาศ มีทั้งในรูปเป็นของแข็งที่มีความละเอียดสูง เป็นก๊าซหรือสารที่ระเหิดได้ ดังนั้นจะต้องทำการตรวจวัดเพื่อประเมินค่าปริมาณรังสีที่บุคคลจะได้รับจากการหายใจเข้าไป
- สิ่งที่สะสมลงสู่พื้นดิน รวมทั้งที่เป็นชนิดเปียกและแห้ง โดยการตั้งภาชนะที่มีขนาดมาตรฐานตามที่กำหนดไว้ บริเวณที่เก็บจะต้องศึกษาเช่นเดียวกับการเก็บตัวอย่างชนิดอื่น คือมีทั้งจุดที่อยู่ในผลของแหล่งกำเนิดรังสี และจุดที่อยู่นอกเหนือผลจากแหล่งกำเนิดรังสี
- ดิน การตรวจวัดในตัวอย่างดินเพื่อดูการสะสมในช่วงระยะเวลาที่ผ่านไป การเก็บตัวอย่างในบริเวณที่กำหนด โดยต้องกำหนดความกว้างของพื้นที่และความหนาของชั้นดินเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณ และแสดงถึงการแพร่กระจายการชะล้างจากพื้นผิวดิน
- ตะกอนดิน เก็บตัวอย่างตะกอนดินเพื่อประเมินค่าปริมาณรังสีและตรวจวัดการสะสมของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตะกอนดิน โดยเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำหรือในแม่น้ำ
- น้ำ การเก็บตัวอย่างน้ำ ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของการปลดปล่อยการเก็บตัวอย่าง เก็บในแม่น้ำ ทะเลสาบ น้ำทะเล หรือน้ำที่ใช้การบริโภคต่าง ๆ ตัวอย่างน้ำที่เก็บได้อาจจะกรองหรือไม่ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการตรวจวัด เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำแล้วป้องกันไม่ให้มีการเกาะจับกับภาชนะโดยเติมกรดลงไปเล็กน้อย ในการที่จะศึกษาถึงผลกระทบของการปลดปล่อยกากกัมมันตรังสีออกสู่แหล่งน้ำจะต้องเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งที่ไม่มีผลกระทบจากกิจกรรมนั้นเพื่อนำมาใช้เป็นค่าเปรียบเทียบด้วย

2.5 การป้องกันอันตรายจากรังสีที่มาจากภายนอกร่างกาย

อันตรายของรังสีจากภายนอกร่างกาย หมายถึง รังสีที่มาจากต้นกำเนิดรังสีที่อยู่ภายนอกร่างกาย อันตรายจากรังสีภายนอกร่างกาย จะอยู่ในลักษณะของไอออนของต้นกำเนิดรังสีที่อยู่ภายนอกร่างกาย

แต่อันตรายจากรังสีภายในร่างกายนั้น จะได้รับเมื่อรับวัตถุกัมมันตรังสีเข้าไปในร่างกาย ดังนั้นระดับของอันตรายที่มีต่อร่างกายจึงแตกต่างกัน วิธีการป้องกันอันตรายก็แตกต่างกันด้วย

2.5.1 ผลกระทบของอันตรายของรังสีจากภายนอกร่างกาย

รังสีแอลฟา รังสีบีตา รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ และนิวตรอน รังสีทั้ง 5 ชนิดนี้ล้วนแต่เป็นไอออนของต้นกำเนิดรังสีทั้งหมด และเป็นเพียงส่วนหนึ่งของอันตรายของรังสีจากภายนอกร่างกายเท่านั้น ผลกระทบของรังสีทั้ง 5 ชนิดนี้มีรายละเอียด ดังนี้

อนุภาคแอลฟา (Alpha, α)

อนุภาคแอลฟา เป็นอนุภาคที่มีประจุบวก และมีมวลเท่ากับ 4U สูญเสียพลังงานโดยการถ่ายเทพลังงานเชิงเส้น (Linear energy transfer) สูง เมื่อเทียบกับรังสีบีตา แกมมา รังสีเอกซ์ และนิวตรอน ทำให้รังสีแอลฟาเคลื่อนที่ในอากาศได้ไม่กี่เซนติเมตร มีอำนาจทะลุทะลวงวัสดุตัวกลางได้น้อยมาก เช่น ไม่สามารถผ่านผิวหนังชั้นนอกเข้าไปได้ กระดาษบาง ๆ ก็สามารถหยุดรังสีแอลฟาได้ จึงไม่ถือเป็นอันตราย

อนุภาคบีตา (Beta, β)

อนุภาคบีตาเป็นอนุภาคที่มีประจุลบ และมีมวลเท่ากับ 9.1×10^{-28} กรัม สามารถเคลื่อนที่ในอากาศได้ไกลกว่าอนุภาคแอลฟา โดยเดินทางได้ไกลถึงระดับ 1 เมตร โดยทั่วไปสามารถทะลุผ่านเข้าสู่ผิวหนังชั้นนอกเข้าไปทำอันตรายเซลล์ที่อยู่ลึกลงไปในระดับ 2-3 มิลลิเมตรได้ เช่น รังสีบีตาพลังงาน 1 MeV จะสามารถทะลุผ่านเข้าสู่ผิวหนังได้ลึกถึง 5 มิลลิเมตร เป็นต้น จึงถือได้ว่าเป็นอันตรายต่อผิวหนังและนัยน์ตา รังสีบีตาอาจถูกกั้นโดยวัสดุที่เหมาะสม เช่น แผ่นอะลูมิเนียม อย่างไรก็ตาม แม้ต้นกำเนิดรังสีบีตาจะถูกกั้น หรืออยู่ภายในภาชนห่อหุ้มแล้วก็ตาม แต่อันตรกิริยาระหว่างรังสีบีตากับวัสดุนั้นอาจก่อให้เกิดรังสีเอกซ์ที่เรียกว่า Bremsstrahlung radiation ตามมาได้

รังสีแกมมา (Gamma, γ) และรังสีเอกซ์ (X-ray)

รังสีแกมมาและรังสีเอกซ์ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถเคลื่อนที่ในอากาศได้ไกล และมีอำนาจในการทะลุทะลวงสูงมาก จึงสามารถทะลุผ่านผิวหนังเข้าไปทำอันตรายอวัยวะต่าง ๆ ภายในร่างกายได้ จึงนับเป็นรังสีที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายโดยรวมอย่างมาก

อนุภาคนิวตรอน (Neutron, n)

อนุภาคนิวตรอน เป็นอนุภาคที่ไม่มีประจุ แต่มีมวล มีอำนาจในการทะลุทะลวงสูงมาก และสามารถถ่ายเทพลังงานให้แก่เนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกายได้ ขณะที่อนุภาควิ่งชนเนื้อเยื่อนั้น ๆ จึงจัดเป็นรังสีอีกชนิดหนึ่งที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้

2.5.2 คุณสมบัติทั่วไปของรังสี

รังสีแอลฟามีประจุ +2 และมีน้ำหนักมากเมื่อเทียบกับรังสีชนิดอื่น ก่อให้เกิดการแบ่งประจุได้มาก อันเป็นผลจากการที่ประจุเคลื่อนที่ช้าและประจุบวกสองของแอลฟา รังสีแอลฟาอาจถูกกันไว้ได้ด้วยกระดาษเพียงแผ่นเดียว การตรวจวัดจึงทำได้ค่อนข้างยากมากกว่ารังสีชนิดอื่น ๆ รังสีแอลฟาอาจจะสามารถเดินทางผ่านหน้าต่างที่บางมากของหัววัดบางชนิดได้ รังสีแอลฟามีพลังงานที่แน่นอนค่าหนึ่ง

รังสีบีตามีประจุ -1 หนึ่งและมีน้ำหนักน้อยกว่าเมื่อเทียบกับรังสีแอลฟา เคลื่อนที่ไปได้เร็ว ก่อให้เกิดการแบ่งประจุได้น้อยกว่ารังสีแอลฟา รังสีบีตาสามารถเคลื่อนที่ไปในอากาศในระยะทางไม่ไกล สามารถเดินทางผ่านหน้าต่างบาง ๆ ของหัววัดบางชนิดได้ รังสีบีตามีพลังงานต่อเนื่องจาค่าต่ำสุดไปจนถึงค่าสูงสุดที่ไม่เท่ากันในแต่ละไอโซโทปรังสี

2.6 ผลทางชีววิทยาของการเกิดไอออไนซ์และการป้องกันรังสี

เมื่อรังสีเข้าสู่เนื้อเยื่อ โครงสร้างของโมเลกุลอาจมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อส่วนประกอบของอะตอมมีการเกิดไอออนหรือถูกกระตุ้น ส่วนประกอบของโครโมโซมในเซลล์ deoxyribonucleic acid (DNA) ได้รับผลจากการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ ผลกระทบของเนื้อเยื่อพิจารณาโดยสัดส่วนของ

พลังงานที่สะสมในเนื้อเยื่อ ปริมาณรังสีที่ได้รับคือปริมาณรังสีที่ดูดกลืน (absorbed dose,D) เป็นพลังงานที่ดูดกลืนต่อหน่วยมวล ในระบบ SI มีหน่วยเป็นจูลต่อกิโลกรัม และให้ชื่อหน่วยเป็นเกรย์ (Gray,Gy)

ผลของรังสีในเนื้อเยื่อจะไม่ขึ้นอยู่แต่เฉพาะค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสีในเนื้อเยื่อเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับพลังงานของรังสีที่ถูกสะสมในเซลล์ อนุภาคแอลฟาเป็นอนุภาคที่มีประจุขนาดใหญ่และมีความสามารถในการส่งผ่านพลังงานไปยังเซลล์ด้วย ในทางตรงข้ามอนุภาคบีตาและรังสีแกมมามีความสามารถในการส่งผ่านพลังงานต่ำ เมื่ออนุภาคแอลฟาผ่านเข้าสู่โครมาติน (chromatin) ซึ่งก็คือการรวมกันของ DNA และโปรตีนในนิวเคลียสของเซลล์ จะมีการได้รับพลังงานมากกว่าอนุภาคบีตาและรังสีแกมมา ซึ่งอนุภาคแอลฟาจะทำให้เกิดอันตรายกับโครมาติน ค่าเฉลี่ยของพลังงานที่สูญเสียตามเส้นทางเดินของอนุภาคเรียกว่า linear energy transfer (LET) อนุภาคแอลฟาจะแทนด้วย high-LET radiation เมื่ออนุภาคบีตาและรังสีแกมมาแทนด้วย low-LET radiation

2.7 ต้นกำเนิดรังสีที่อยู่ภายนอกร่างกาย

อันตรายของสารรังสีที่อยู่ภายนอกร่างกาย เกิดขึ้นจาก 2 ทาง คือ เกิดจากเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงานทางรังสี ชำรุด หรือเสียหาย และเกิดจากวัสดุกัมมันตรังสีที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

อันตรายที่เกิดจากวัสดุรังสี (Radioactive material)

อนุภาคบีตา รังสีเอกซ์และรังสีแกมมา เป็นรังสีที่ให้อันตรายต่อมนุษย์ได้อย่างต่อเนื่อง ถ้าไม่ได้อยู่ในเครื่องกำบังรังสี ดังนั้นในการควบคุมอันตรายที่เกิดจากวัสดุกัมมันตรังสีชนิดนี้จะต้องสามารถกำบังรังสีที่ถูกต้องเหมาะสมและปลอดภัยสำหรับผู้ปฏิบัติงานและประชาชน

2.8 หัววัดรังสีและระบบวัดรังสี [1]

เนื่องจากรังสีมีหลายชนิดซึ่งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ในการที่จะให้มีประสิทธิผลในการป้องกันอันตรายจากรังสีจำเป็นต้องเรียนรู้ถึงคุณสมบัติของรังสี และหลักการทำงานของระบบตรวจวัดรังสีซึ่งมีอยู่หลายแบบ เพื่อจะได้เลือกใช้ให้เหมาะสมกับการตรวจวัดในแต่ละกรณี

2.8.1 หลักการทั่วไปของหัววัดรังสี

เครื่องมือตรวจวัดรังสีส่วนใหญ่โดยทั่วไปใช้หลักจากผลที่เกิดการแบ่งประจุ หรือเกิดการกระตุ้นเมื่อรังสีผ่านไปในหัววัดใด ๆ เมื่อรังสีเดินทางผ่านไปในอากาศบริเวณรอบ ๆ เส้นทางที่รังสีผ่านไปจะมีประจุเกิดขึ้น โดยทั่วไปไม่ได้มีเฉพาะเกิดการแบ่งประจุเพียงอย่างเดียวแต่จะมีการกระตุ้นของอะตอมเกิดขึ้นด้วย หัววัดรังสีโดยทั่วไปจึงอาศัยเหตุการณ์เหล่านี้เป็นหลักในการทำงาน กล่าวคือในวิธีหนึ่งใช้ผลจากการเกิดการแบ่งประจุ วัดประจุที่เกิดขึ้นหรือวัดกระแส ในอีกวิธีหนึ่งใช้ผลจากการตื่นตัวของอะตอม เพื่อจะได้คืนตัวสู่สภาพ ปกติอะตอมที่ตื่นตัวต้องปล่อยพลังงานออกมาในรูปของแสง ซึ่งสามารถตรวจวัดได้เมื่อมีการขยายปริมาณแสงที่เกิดขึ้นด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า หลอดทวีคูณแสง (Photomultiplier tube)

ปริมาณพลังงานที่ใช้เพื่อทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกไปจากวงโคจรเรียกว่าพลังงาน ไอออไนเซชัน (ionization) ซึ่งในก๊าซส่วนใหญ่พลังงานนี้จะเป็นค่าประมาณ 10 ถึง 20 อิเล็กตรอนโวลต์ (electron volts, eV) แต่ในหลายกรณีที่ไม่เกิดการแตกตัวเป็นประจุ เพียงแต่ทำให้เกิดการตื่นตัวเท่านั้น ดังนั้นค่าพลังงานเฉลี่ย (W-value) สำหรับการก่อให้เกิดคู่ของประจุบวกและลบ (ion pair) ในก๊าซจึงมีค่าระหว่าง 30-35 อิเล็กตรอนโวลต์ต่อหนึ่งคู่ประจุ

หัววัดรังสีชนิดที่วัดผลจากการเกิดการแตกตัวเป็นไอออนและประจุบวกในก๊าซ เช่น หัววัดไอออไนส์เซชัน (ionization chamber), proportional counter และ Geiger-Mueller counter

หัววัดรังสีชนิดที่วัดผลจากการเกิดการแตกตัวเป็นประจุในสารตัวนำ (electron-hole pairs) เช่น หัววัดเจอร์มาเนียม และ ซิลิกอน (germanium and silicon detectors)

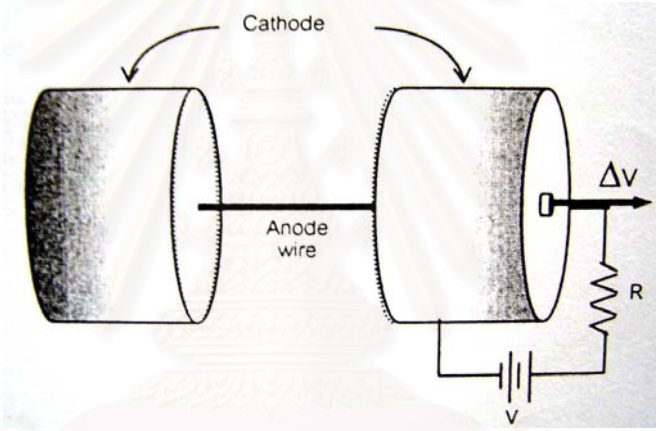
หัววัดรังสีชนิดที่วัดผลจากการเกิดการกระตุ้นของโมเลกุลของสารอินทรีย์เช่น plastic scintillator และ liquid scintillation counter, LSC

หัววัดรังสีชนิดที่วัดผลจากการถูกกระตุ้นโดยรังสีในผลึกของสารอนินทรีย์ เช่น sodium iodide scintillation detector-NaI(Tl), fluorescent glass dosimeter, thermoluminescent dosimeter,TLD

2.8.2 หัววัดรังสีชนิดต่าง ๆ

1) หัววัดรังสีแบบบรรจุก๊าซ (gas-filled detectors)

เมื่อรังสีที่เป็นอนุภาคที่มีประจุผ่านไปในอากาศหรือก๊าซ ผลการดึงดูดของประจุตรงกันข้ามหรือจากการผลักของประจุที่เหมือนกัน ก่อให้เกิดการหลุดออกไปของอิเล็กตรอนวงในวงโคจรของอะตอมของก๊าซ เมื่อมีแนวของขั้วไฟฟ้าตรงกันข้ามอยู่ในบริเวณนั้น และมีความต่างศักย์ที่แนวของขั้วไฟฟ้านี้จะเกิดมีสนามไฟฟ้ามีทิศทางจากแนวขั้วไฟฟ้าบวกไปยังขั้วไฟฟ้าลบ การเคลื่อนที่ของประจุที่เกิดขึ้นข้างต้นจะเป็นไปในทิศทางของสนามไฟฟ้านี้ และมีกระแสไหลในวงจรที่ต่อครบดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ไดอะแกรมของหัววัดรังสีแบบบรรจุก๊าซ [1]

ในขณะที่สนามไฟฟ้าไม่เข้มข้นพอคู่ของประจุที่เกิดขึ้นกลับไปรวมตัวกันได้ (Recombination) แต่เมื่อเพิ่มความต่างศักย์ให้มากขึ้น ความเข้มของสนามไฟฟ้าจะเพิ่มมากขึ้นจนทำให้คู่ประจุที่เกิดขึ้นทั้งหมดเคลื่อนที่ไปยังขั้วไฟฟ้าตรงกันข้าม เรียกว่าเกิด กระแสอิ่มตัว (ion saturation) กระแสที่วัดได้มีค่าสูงสุด และถึงแม้จะเพิ่มความต่างศักย์ขึ้นอีก จะไม่ทำให้ขนาดของกระแสที่วัดได้เพิ่มขึ้น ขนาดของกระแสอิ่มตัวนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดความเข้มข้นของสนามรังสี ถ้าสนามรังสีต่ำก็จะได้ขนาดของกระแสอิ่มตัวต่ำ ถ้าสนามรังสีสูงก็จะได้ขนาดของกระแสอิ่มตัวสูง

หัววัดไอออไนเซชัน (ionization chamber) ซึ่งหัววัดประเภทนี้ประกอบด้วยโลหะทรงกระบอกทำหน้าที่เป็นแนวขั้วไฟฟ้าลบ ในขณะแนวขั้วไฟฟ้าบวกจะอยู่ตรงกลางทำด้วยเส้นลวดเล็ก ๆ เสียบทะลุฉนวนสองอันซึ่งอยู่ในแนวแกนทรงกระบอก การวัดสัญญาณจากหัววัดไอออไนเซชันทำได้ทั้งแบบวัดกระแสตรง หรือวัดโดยการแปลงประจุ ให้เป็นพัลส์

เมื่อเพิ่มค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงขึ้น คู่ไอออนที่เกิดขึ้นหนึ่งคู่ถูกเร่งด้วยสนามไฟฟ้าในการเคลื่อนที่ จนมีพลังงานจลน์มากขึ้น เมื่อไปชนกับโมเลกุลของก๊าซทำให้เกิดการแบ่งประจุ ได้ต่อ ๆ ไปแบบต่อเนื่อง จนได้ประจุเพิ่มขึ้นจากคู่ไอออนหนึ่งคู่เดิมจำนวนมาก เรียกว่าเกิดการทวีคูณของก๊าซ (gas multiplication)

จำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นทั้งหมดในขั้นสุดท้าย จะเป็นจำนวนทวีคูณโดยตรงกับคู่ไอออนเริ่มแรก ขนาดของพัลส์ที่ได้จึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดพลังงานรังสีที่มาตกกระทบหัววัด จากรูปที่ 2.6 เรียกหัววัดชนิดนี้ว่าหัววัดแบบสัดส่วน (proportional counter)

2) หัววัดรังสีแบบสารเรืองรังสี (scintillation detectors)

การทำงานของหัววัดประเภทนี้ อาศัยหลักการเกิดการกระตุ้น (excitation) ของโมเลกุลหรือทำให้อิเล็กตรอนของอะตอมของผลึกของสารที่ใช้สร้างหัววัดเปลี่ยนขึ้นไปอยู่ในวงโคจรที่สูงขึ้นเมื่อมีพลังงานตกกระทบจากรังสี สามารถแยกเป็นชนิดของสารเรืองแสงได้ดังนี้

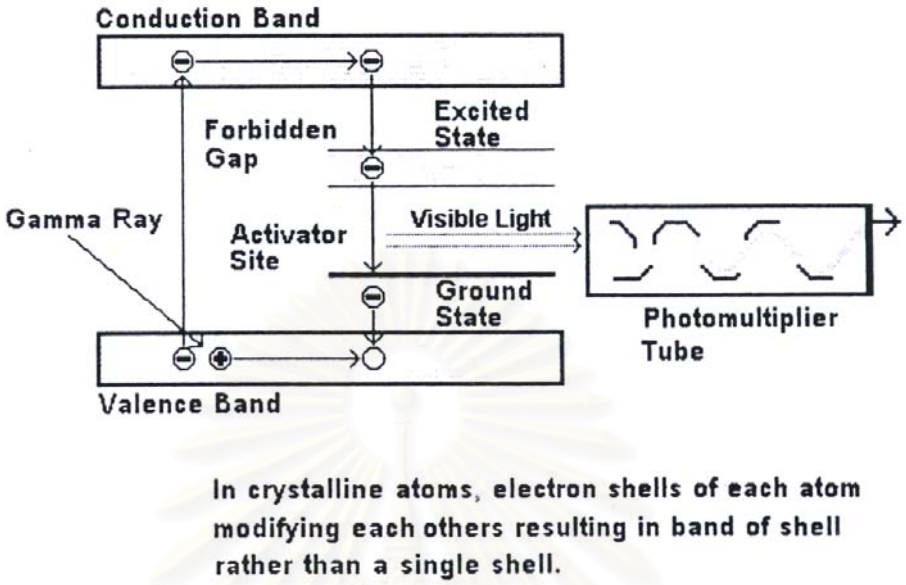
สารเรืองรังสีอินทรีย์ การทำงานของหัววัดประเภทนี้อาศัยหลักการตื่นตัวของโมเลกุลเมื่อมีพลังงานจากรังสีตกกระทบ โมเลกุลที่ตื่นตัวจะกลับมาที่สภาวะเดิมได้ต้องปล่อยพลังงานส่วนเกินออกไปในรูปของแสง การเรืองแสงในสารอินทรีย์นี้เกิดจากการเปลี่ยนระดับพลังงานซึ่งเกิดในโมเลกุลเดี่ยว จึงทำให้สามารถใช้งานสารเรืองแสงอินทรีย์ได้ในหลายสภาวะ ทั้งของเหลวและของแข็ง ชนิดต่าง ๆ ของสารเรืองรังสี เช่น

- แบบที่เป็นผลึกสารอินทรีย์บริสุทธิ์ เช่น anthracence และ stilbene
- แบบสารละลายอินทรีย์ที่เป็นของเหลว ใช้ในการวัดที่เรียกว่า Liquid Scintillation Counting (LSC)
- แบบสารละลายอินทรีย์ที่ถูก polymerized ให้เป็นของแข็ง เรียกว่า Plastic Scintillation
- แบบสารละลายอินทรีย์ที่ถูก polymerized ให้เป็นของแข็งและมีขนาดบางมากเรียกว่า thin film scintillations
- แบบสารละลายอินทรีย์ที่ถูกเพิ่มธาตุที่มีค่าเลขอะตอมสูง ๆ เข้าไป เช่น ตะกั่ว เพื่อทำให้สามารถวัดรังสีแกมมาได้ เรียกว่า loaded organic scintillators

สารเรืองรังสีอนินทรีย์ การทำงานของหัววัดประเภทนี้แตกต่างจากแบบสารอินทรีย์ ในแบบนี้ต้องการตัวสารอนินทรีย์ให้อยู่ในรูปของผลึกที่มีโครงสร้างแน่นอน และอยู่ในรูปของของแข็ง เมื่อมีพลังงานจากรังสีถ่ายเทไปสู่อิเล็กตรอนที่อยู่ในระดับพลังงาน valence band ทำให้อิเล็กตรอนเปลี่ยนไปอยู่ในระดับพลังงาน conduction band อิเล็กตรอน ที่เคลื่อนที่ไปจะกลับมาที่สภาวะเดิมต้องปล่อยพลังงานส่วนเกินออกไปในรูปของแสง (ดังรูปที่ 2.5) ตัวอย่างของหัววัดชนิดนี้ได้แก่

- แบบ alkali halide ชนิด thallium-activated sodium iodide – NaI(Tl) สำหรับวัดพลังงานรังสีแกมมา (ดังรูปที่ 2.6)
- แบบ alkali halide ชนิด sodium-activated cesium iodide – CsI(Na) สำหรับวัดพลังงานรังสีแกมมา
- แบบ alkali halide ชนิด europium-activated lithium iodide – LiI(Eu) สำหรับวัดนิวตรอน
- แบบเป็นผงผลึก silver-activated zinc sulphide – ZnS(Ag) สำหรับวัดรังสีแอลฟา (ดังรูปที่ 2.7)
- แบบที่ทนต่อความชื้นได้ดีคือ europium-activated calsium fluoride – CaF_2(Eu)
- แบบที่ผสมธาตุที่มีค่าเลขอะตอมสูง ๆ เรียกว่าหัววัด bismuth germinate($Bi_4Ge_3O_{12}$) ใช้วัดรังสีแกมมาพลังงานสูง
- แบบ glass scintillators เตรียมจากสารจำพวก silicate ที่ผสมด้วยธาตุ lithium และธาตุ cerium ใช้วัดนิวตรอน
- แบบ scintillator gases โดยใช้ก๊าซที่มีความบริสุทธิ์สูง เช่น ก๊าซอาร์กอน เมื่อรับรังสีโมเลกุลของก๊าซเกิดการตื่นตัว และเมื่อกลับมาสู่สภาวะปกติจะปล่อยพลังงานในรูปของแสง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแสงอัลตร้าไวโอเลต(UV)

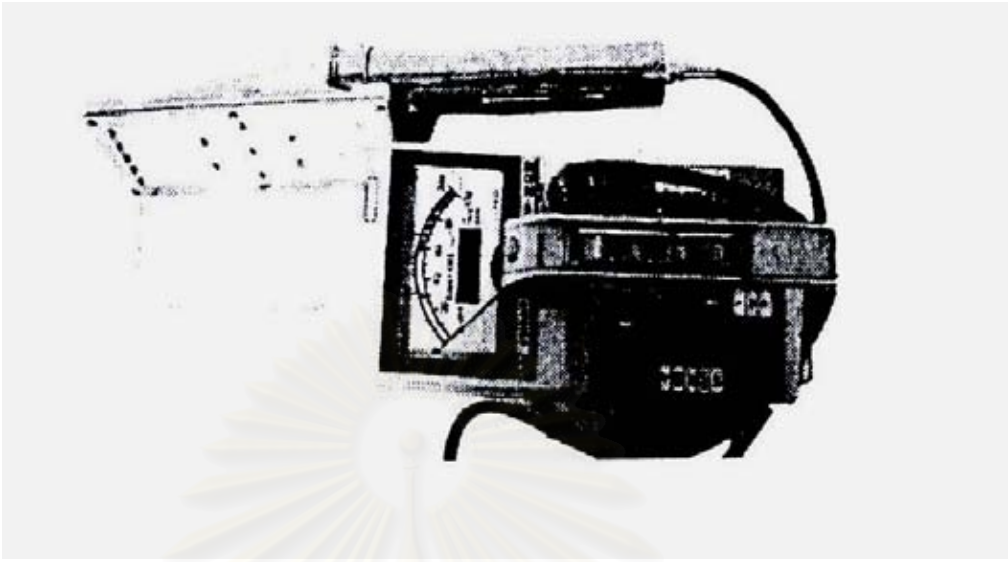
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



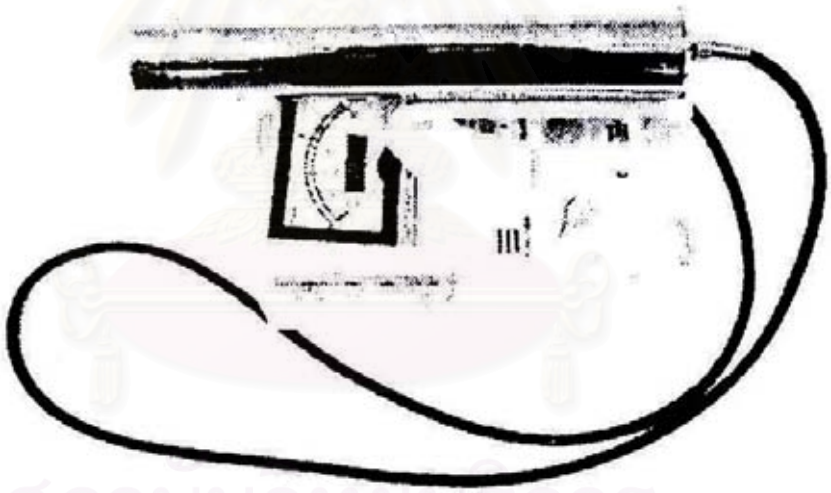
รูปที่ 2.5 กลไกการทำงานของหัววัดแบบสารเรืองรังสี (scintillation detector)[1]

หัววัดที่เป็นสารเรืองแสงทั้งสองแบบประกอบด้วยตัวเรืองรังสี (scintillator) และหลอดทวีคูณแสง (photomultiplier tube) หลอดขยายแสงรับแสงที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนเป็นอิเล็กตรอนที่ photocathode อิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นเรียกว่าโฟโตอิเล็กตรอน ถูกเร่งความเร็วไปสู่ขั้วไฟฟ้าไดโนดอันต่อ ๆ ไปที่มีความต่างศักย์มากขึ้น ในการวิ่งไปชนกับไดโนดแต่ละครั้งมีอิเล็กตรอนถูกปลดปล่อยเพิ่มจำนวนขึ้นเนื่องจากพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนที่วิ่งไปชน จำนวนอิเล็กตรอนสุดท้ายทั้งหมดถูกจับไว้ที่ขั้วแอโนด จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณแสงที่เกิดที่ตัวสารเรืองแสง ดังนั้นจึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดพลังงานรังสีที่ตกกระทบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.6 หัววัดรังสีแบบ ZnS(Ag) [1]



รูปที่ 2.7 หัววัดรังสีแบบ NaI(Tl) [1]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.9 การวัดปริมาณรังสี[4]

เป็นการวัด Ionizing radiation ในหน่วยของ roentgen (R), rad, rem เป็นต้น

2.9.1 Exposure Dose

เป็นการวัดการเกิดไอออไนซ์เซชันในอากาศโดยรังสีเอกซ์ มีหน่วยเป็นคูลอมบ์ต่อกิโลกรัม (C/Kg) หน่วยนี้ยังใช้เป็นหน่วยของเรินท์เกน ($1R = 2.58\times10^{-4}C/Kg$)

2.9.2 Roentgen (R)

เป็นชื่อของผู้ค้นพบรังสีเอกซ์ Wilhelm Roentgen และเป็นหน่วยของการวัด ionization โดยรังสีเอกซ์หรือรังสีแกมมาในอากาศ มีหน่วยเป็นเรินเกนต์ อ้างอิงจากปริมาณรังสีเอกซ์หรือรังสีแกมมาที่ทำให้อากาศปริมาตร 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร (0.001293 กรัม ที่ STP) มีการแตกตัวเป็นประจุ 1 ESU หรือเป็นไอออน 2.082×10^{9} คู่ สำหรับหน่วย SI จะใช้หน่วยวัดเป็นคูลอมบ์ต่อน้ำหนัก (C/kg)

2.9.3 Absorbed Dose

วัดในหน่วยเป็นเกรย์ (Gray, Gy) ซึ่งเป็นหน่วยพื้นฐานของปริมาณรังสี และเป็นชื่อของนักฟิสิกส์ชาวอังกฤษชื่อ Hal Gray ซึ่งได้เสียชีวิตในปี ค.ศ.1956 การวัดในหน่วยเกรย์เป็นการวัดพลังงานของรังสีที่ถูกดูดกลืนในคนไข้

1 เกรย์ จะเท่ากับ พลังงาน 1 จูล ที่สะสมในเนื้อเยื่อที่ฉายรังสี 1 กิโลกรัม

ปริมาณรังสีที่ดูดกลืนจะไม่มีความแตกต่างระหว่างชนิดของรังสี เช่น แอลฟา บีตา และแกมมา หรือระหว่างชนิดของเนื้อเยื่อ หรือ อวัยวะที่ฉายรังสี ซึ่งบางอวัยวะหรือเนื้อเยื่อจะมีความไวต่อรังสีที่ฉายให้ไม่เท่ากัน เช่น ไทรอยด์ รังไข่ และอัณฑะ หน่วยที่นำมาใช้ก่อนหน้านี้หน่วยเกรย์คือ rad ซึ่ง 1 rad จะเท่ากับ 100 เกรย์

1 rad = 0.01 Gy

1 rem = 0.01 Sv

Radiation Absorbed Dose (rad)

rad เป็นหน่วยวัดปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืน เช่น เนื้อเยื่อของมนุษย์

Roentgen Equivalent Man (rem)

rem เป็นหน่วยของการวัด equivalent dose ซึ่งเป็นการวัดผลทางชีววิทยาของรังสีแต่ละชนิด

2.9.4 Dose Equivalent

วัดในหน่วย sieverts ซึ่งเป็นชื่อของนักฟิสิกส์ชาวสวีเดนชื่อ Rolf Sievert หน่วยนี้ใช้ในการพิจารณาถึงความรุนแรงของปริมาณรังสี ซึ่งแสดงเป็นตัวเลข ที่สามารถนำไปใช้บ่งบอกถึงอันตรายจาก ionizing radiation

ผลทางชีววิทยาของอนุภาคแอลฟาและนิวตรอน จะส่งผลมากกว่าการวินิจฉัยโรคด้วยรังสีเอกซ์ สำหรับเหตุผลนี้จะมีค่าแก้หรือ quality factor (QF) ที่ใช้ในการคำนวณย้อนกลับจากหน่วย absorbed dose (gray) ไปเป็นหน่วยของ dose equivalent (sieverts)

ICRP 1990 ได้กำหนดค่าสำหรับ quality factor ที่แตกต่างกันของรังสีแต่ละชนิดดังนี้

ชนิดของรังสี	Quality Factor
อนุภาคบีตา, รังสีเอกซ์, รังสีแกมมา	1
นิวตรอน (น้อยกว่า 10keV)	5
นิวตรอน (10-100 keV)	10
นิวตรอน (100 keV-2 MeV)	20
นิวตรอน (มากกว่า 20 MeV)	5
อนุภาคแอลฟา	20

1 Gy ของอนุภาคบีตา, รังสีเอกซ์ หรือรังสีแกมมา ให้ค่า dose equivalent เท่ากับ 1 Sv

1 Gy ของนิวตรอนพลังงานต่ำให้ค่า dose equivalent เท่ากับ 5.0 Sv

1 Gy ของอนุภาคแอลฟาให้ค่า dose equivalent เท่ากับ 20.0 Sv

Radiation Dose Rate คืออัตราการได้รับรังสีต่อหน่วยเวลาสามารถเขียนได้เป็น

$$\text{Dose rate} = \frac{dose}{time}$$ (rem/hour หรือ mrem/hour เป็นต้น)

ปริมาณรังสีที่ได้รับทั้งหมดและอัตราการได้รับรังสี (Total Dose and Dose Rate)

ผลจากการได้รับรังสีขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีทั้งหมดที่ได้รับและอัตราการได้รับรังสี

ปริมาณรังสีทั้งหมดที่ได้รับ (Total Dose)

ผลทางชีววิทยาขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่ได้รับ โดยทั่วไปถ้าได้รับรังสีในปริมาณมาก ผลทางชีววิทยาที่เกิดขึ้นก็จะมากตามด้วย

อัตราการได้รับรังสี (Radiation Dose Rate)

แม้ว่าผลทางชีววิทยาขึ้นอยู่กับว่าระยะเวลาในการได้รับรังสีหรืออัตราการรับรังสี ถ้าได้รับปริมาณรังสีมากในระยะเวลาอันสั้น เซลล์ในร่างกายจะมีการซ่อมแซมเซลล์ส่วนที่ได้รับรังสี ปริมาณรังสีที่ได้รับสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ

- Chronic dose

  คือ การได้รับรังสีในปริมาณต่ำ แต่ได้รับในช่วงเวลาที่ยาวนาน

- Acute dose

  คือ การได้รับรังสีในปริมาณสูง แต่ได้รับในช่วงเวลาที่สั้น

ในทุก ๆ คน จะได้รับรังสีในประเภท chronic dose จากรังสีในธรรมชาติ ผู้ที่ได้รับรังสีในกรณีฉุกเฉินจะได้รับรังสีประเภท acute dose ในขณะที่กรณีฉุกเฉินนั้นเป็นพื้นที่ที่มีรังสีสูง

ตารางที่ 2.5 สรุปผลจาก acute effect ของปริมาณรังสีที่ได้รับ[4]

Dose (rad)	Effect
0-50	no symptom expect
50-100	transient change in the blood
100-200	possible radiation sickness
200-300	probable radiation sickness
300-600	possible death
600-1000	probable death
> 1000	death

ผลของ acute dose (Effects of an acute dose)

ในทางปฏิบัติเมื่อมีการได้รับปริมาณรังสีมากในระยะเวลาสั้น ๆ จะพบว่าร่างกายจะเกิดปฏิกิริยาจาก massive cell ถูกทำลาย โดนที่ร่างกายไม่สามารถเสริมสร้างหรือซ่อมแซมซลล์ที่ถูกทำลายให้กลับมาอยู่ในสภาพปกติได้เร็วพอ และผลทางกายภาพเช่น ปริมาณเม็ดเลือดจะน้อยลง และผมร่วง

ความรู้สึกไวของทารก เซลล์ของทารกจะแบ่งเซลล์อย่างรวดเร็วเนื่องจากมีความไวต่อรังสีมาก

2.10 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแผ่นกระเบื้อง

ดินเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ เช่น สุขภัณฑ์ (sanitary ware) กระเบื้อง (wall and floor tile) และอื่น ๆ ดินมีหลายชนิดแตกต่างกันไป อาจจะแตกต่างในเรื่องสีหรือโครงสร้างรวมที่ต่างกันในเรื่องคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เป็นต้นว่า มีความเหนียวต่างกัน มีปริมาณ SiO_2 ต่างกัน ดินอาจจำแนกได้เป็น 2 ชนิดคือ ดินขาวกับดินเหนียว

2.10.1 ดินขาว (Kaolin, China Clay)

ดินขาว หมายถึง ดินมีสีขาวหรือสีซีดจางทั้งในสภาพที่ยังไม่ได้เผาและเผาแล้วดินขาวมีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นแร่ดินกลุ่ม คาโอลิไนต์ (Kaolinite) และมีความสัมพันธ์กับมัสโคไวท์ ไมกา อิลไลต์ ควอตซ์ และอาจมีมอนติมอริลโลไนต์ แหล่งดินชนิดนี้มี 2 แบบ

2.10.1.1 แหล่งต้นกำเนิด (residual deposit)

ดินขาวแหล่งนี้มักพบในลักษณะเป็นภูเขาหรือที่ราบซึ่งเดิมทีเป็นแหล่งแร่หินฟันม้า (Feldspax) เมื่อหินฟันม้าผุพังโดยบรรยากาศ (weathering) ผลสุดท้ายจะเหลือเป็นดินขาวอยู่ ณ ที่นั้น สิ่งสกปรกที่พบเสมอในอินแหล่งนี้ คือ ซิลิกา (silica) มีสูตรเคมีเป็น SiO_2 นอกจากนี้ก็มีหินฟันม้า และผลิตผลอื่น ๆ ที่ยังไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์ และอาจมีสิ่งสกปรกที่อื่นเข้าไปปน

2.10.1.2 แหล่งที่เป็นลุ่ม (sedimentary deposit)

หมายถึง แหล่งดินขาวที่เกิดจากดินขาวจากแหล่งแรก ถูกกระแสน้ำพัดพาไป และไปสะสมในบริเวณที่ราบลุ่มในประเทศไทยมีแหล่งดินขาวหลายจังหวัด เช่น ลำปาง อุตรดิตถ์ ปราจีณบุรี ระนอง สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช เป็นต้น

คุณสมบัติทางกายภาพของแร่ดินขาว

ขนาด (particle size) เพราะเกี่ยวข้องกับสมบัติทางด้านความเหนียว (plasticity) ความแข็งแรงเมื่อแห้ง (dry strength) ความสามารถแลกเปลี่ยนอนุมูล และการหดตัวเมื่อแห้ง (drying shrinkage) กล่าวโดยทั่วไปดินเม็ดละเอียดจะให้ความเหนียวและการหดตัวเมื่อแห้งมากกว่าดินเม็ดหยาบ

การหาความละเอียดของดินควรหาลงไปถึงขนาดหนึ่งไมครอน

รูปร่าง (particle shape) แร่ คาโอลิไนท์ (kaolinite) อนุภาคของแร่ชนิดนี้มีรูปร่างเป็นแผ่นหกเหลี่ยมมีขนาดจาก 0.05 ถึง 10 ไมครอน โดยเฉลี่ยขนาดอยู่ระหว่าง 0.5 ไมครอน

ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange capacity) คุณสมบัติข้อนี้สำหรับแร่ คาโอลิไนต์มีน้อยมาก เพราะว่าในแร่นี้มีการแทนที่กันของไอออนบวกในโครงสร้างน้อยมากโดยเฉพาะผลึกคาโอลิไนต์ ที่บริสุทธิ์จะไม่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนเลย และจะแลกเปลี่ยนได้เมื่อเป็นผลึกที่ไม่สมบูรณ์ หรือดูดซับเอาผลึกขนาดเล็กของแร่ TOT หรือ three layer เข้าไว้ที่ผิว

คุณสมบัติเมื่อแห้ง (drying properties) การหดตัวของแร่ดินที่ละเอียดกว่าหดตัวมากกว่าดินหยาบเมื่อปล่อยทิ้งไว้ให้แห้ง

ความแข็งแรงเมื่อแห้ง (green strength) คุณสมบัตินี้สำคัญมากเมื่อนำแร่ดินขาวไปใช้ในเนื้อดินปั้นซึ่งไม่มีดินเหนียวผสมอยู่เลย เพราะว่าดินขาวเท่านั้นที่จะเป็นตัวช่วยให้ผลิตภัณฑ์ดิบมีความแข็งแรงมากน้อยเพียงใด ดินละเอียดหรือดินที่มีมอนต์มอริลโลไนต์จะให้ความแข็งแรงมากที่สุด

คุณสมบัติหลังจากเผา (firing properties) แร่ดินขาวมีการหดตัวมากหลังการเผา ไม่ควรใช้แร่ดินขาวล้วนเป็นเนื้อดินปั้น แร่ดินขาวเมื่อเผาแล้วจะมีการหดตัวประมาณ 20%

2.10.2 ดินเหนียว (ball clay)

ดินขาวเป็นดินที่ใช้มากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ แต่มีดินอีกชนิดหนึ่งซึ่งมีความ

สำคัญเช่นกัน ดินนี้มีสีดำ แต่เมื่อเผาแล้วจะมีสีขาว ดินชนิดนี้มีความเหนียวมากกว่าและทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่เผามีความแข็งแรงมากกว่าดินขาว

ดินเหนียว หมายถึง ดินที่มีสีขาว ขาวคล้ำจนถึงดำสนิท มีแหล่งสะสมที่ลุ่ม มีเม็ดละเอียด มีอินทรียสารเจือปน มีความเหนียวดี ให้ความแข็งแรงต่อผลิตภัณฑ์ก้อนเผาดีกว่าดินขาว มีช่วงอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงสภาพของเนื้อดินไปเป็นเนื้อแก้วค่อนข้างยาว หลังเผาจะมีสีขาวหรือสีจาง ดินเหนียวมีการเปลี่ยนแปลงมากในแต่ละแหล่ง

ข้อดีของการนำดินเหนียวมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์คือ

1. ช่วยเพิ่มความสามารถในการขึ้นรูปของเนื้อดินปั้นให้ดีขึ้น
2. พัฒนาผลิตภัณฑ์ก่อนเผาให้มีความแข็งแรงมากขึ้น ซึ่งเป็นผลให้การสูญเสียเนื่องจากการแตกหักของผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่เผาในขณะมีการเคลื่อนย้ายลดน้อยลง
3. ช่วยทำให้น้ำดินที่ใช้ในการเทแบบมีการไหลตัวดีขึ้น
4. ดินเหนียวบางชนิดมีความสามารถช่วยทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างมวลสารในเนื้อดินปั้นในขณะทำการเผา เป็นผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อแน่นเป็นเนื้อเดียวกันตลอด

ข้อเสียของการนำดินเหนียวมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์คือ

1. ในดินเหนียวมักมีสิ่งสกปรก เช่น Fe_2O_3 และ TiO_2 ซึ่งเป็นตัวทำให้ความขาวของเนื้อผลิตภัณฑ์เสียไป โดยเฉพาะถ้ามีปริมาณ TiO_2 มาก
2. ทำให้ความโปร่งแสงของผลิตภัณฑ์น้อยลง
3. ดินเหนียวมีส่วนประกอบไม่แน่นอน ฉะนั้นทำให้เกิดความยุ่งยากในการควบคุมน้ำดินสำหรับเทแบบ

ธรรมชาติของดินเหนียว ดินชนิดนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วย คาโอลิไนท์แต่มีผลึกขนาดเล็กกว่าดินชนิดอื่น ๆ และผลึกมักจะไม่สมบูรณ์ และบางครั้งก็พบแร่ดินชนิดอื่น เช่น มอนต์มอริลโลไนต์ และ อิลไลต์ เป็นต้น แร่ที่มักพบปนอยู่ในดินเหนียวเสมอเช่น ควอตซ์, ไมก้า และ เหล็กซัลไฟด์ ดินเหนียวมีลักษณะพิเศษคือ มีสารอินทรีย์ปนอยู่เสมอ สารอินทรีย์นี้มีส่วนประกอบคล้ายลิกไนต์มาก ดินเหนียวเมื่อแห้งมีความแข็งแรงสูงและมีการหดตัวสูงเช่นกัน ดินเหนียวหลายชนิดมีช่วงอุณหภูมิกว้างที่จะเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนไปเป็นแก้ว ซึ่งเป็นประโยชน์คือ ช่วยปรับปรุงเนื้อผลิตภัณฑ์หลังการเผาแล้วให้ดีขึ้น ในประเทศไทยดินเหนียวที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์มีหลายแหล่ง เช่น สุราษฎร์ธานี ปราจีณบุรี แม่เมาะ ลำปาง เชียงใหม่ เป็นต้น

2.10.2.1 ส่วนประกอบของดินเหนียว

ส่วนประกอบทางเคมีของดินเหนียวแตกต่างกันไปตามแหล่งที่สะสม ส่วนประกอบโดยประมาณอาจจำแนกได้ดังนี้

1. SiO_2 อยู่ระหว่าง 40-60%
2. Al_2O_3 ประมาณ 30%
3. H_2O ในผลึกและอินทรีย์สาร 10 %
4. TiO_2, Fe_2O_3, CaO, MgO, K_2O, Na_2O เล็กน้อย

แร่ดินต่าง ๆ พบในดินเหนียวพอสรุปได้คือ คาลิโอไลต์ ซึ่งมีทั้งหยาบและละเอียดเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังมี มอนต์มอริลโลไนต์และอิลไลต์ เล็กน้อย แร่อื่น ๆ ที่เป็นส่วนประ - กอบอยู่ก็มี ควอตซ์, ไมก้า เป็นต้น

ส่วนอินทรีย์สารที่พบได้แก่ ลิกไนต์, แวกซ์, เรซิน, ลิกนิน และฮิวมัสนอกจากนี้ก็มีเหลือที่ละลายน้ำได้ เกลือส่วนใหญ่เป็นเกลือซัลเฟตและเกลือคลอไรด์ของ Al, Fe, Ca, Mg, K, Na ความสามารถในการแลกเปลี่ยนอนุมูลอยู่ระหว่าง 7 ถึง 30 milliequivalents ต่อ 100 กรัมของดินแห้ง

2.10.2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียว

1. ขนาด ดินเหนียวมีขนาดละเอียดกว่าดินขาว ขนาดดินเหนียวจะมีขนาดละเอียดแค่ไหนและมากน้อยเพียงใดจะเปลี่ยนแปลงไปตามแหล่งที่พบ คือ แหล่งดินที่ถูกพัดพาไปไกลจากแหล่งเดิมจะมีการเสียดสี และการบดกันตามธรรมชาติมาก ขนาดของเม็ดดินจะละเอียดมากขึ้นตามลำดับ

2. ความเหนียว ดินเหนียวมีความเหนียวดีกว่าดินขาว การผสมดินเหนียวลงไปในเนื้อดินปั้นจะช่วยให้การขึ้นรูปได้ดีขึ้น

3. การหดตัวเมื่อแห้ง ดินเหนียวมีการหดตัวมากน้อยแตกต่างไปตามแหล่งหรือชนิดของดินเหนียวนั้น เช่น ดินเหนียวที่มี SiO_2 สูงแทบไม่มีการหดตัวเลย แต่ดินเหนียวที่มีอินทรีย์สารสูงจะมีการหดตัวมากประมาณ 15 % แต่อย่างไรก็ตามจึงไม่มีการใช้ดินเหนียวอย่างเดียวในการผสมเนื้อดินปั้น

4. ความแข็งแรงก่อนเผา ปกติดินเหนียวจะมีความแข็งแรงกว่าดินขาว ดินเหนียวที่มีความแข็งแรงสูงเมื่อผสมในเนื้อดินปั้นจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงสูงตามด้วย

5. คุณสมบัติหลังการเผา ถ้าเป็นดินเหนียวล้วน ๆ คุณสมบัติหลังจากการเผา เป็นต้นว่ามีสีเป็นอย่างไร เนื้อดีหรือไม่ดีอย่างไร ไม่ค่อยสำคัญนัก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 อุปกรณ์สำหรับการวัดปริมาณรังสีแอลฟาและรังสีบีตา

3.1.1 เครื่องนับรังสีแอลฟาชนิดซินทิลเลชัน แบบ PORTABLE SCALER RATEMETER PSR8 ของ NE TECHNOLOGY

3.1.2 หัววัดรังสีชนิดเรืองรังสีชนิด ZnS (Ag) ขนาด 7 ซม. ×7 ซม. ดังรูปที่ 3.1

3.1.3 เครื่องแอลฟาสเปกโตรมิเตอร์ MODEL 7401 ของ CANBERRA

3.1.4 เครื่องนับรังสีบีตา MODEL MS-2 ของ EBERLINE INSTRUMENT CORPORATION

3.1.5 หัววัดรังสีชนิดไกเกอร์มุลเลอร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.25 นิ้ว ดังรูปที่ 3.2

3.1.6 เครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง (Multi Channel Analyze, MCA) ของ CANBERRA Series 35 plus ดังรูปที่ 3.3

3.1.7 หัววัดรังสีชนิดพลาสติกซิลทิลเลชัน (Plastic Scintillation Detector) ดังรูปที่ 3.4

3.1.8 หัววัดรังสีชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง และเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง ของ CANBERRA Series 10 plus ดังรูปที่ 3.5

3.1.9 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

3.1.10 ต้นกำเนิดรังสีแอลฟามาตรฐาน ^{241}Am-^{239}Pu-^{244}Cm ความแรง 3 kBq เมื่อ 11 Octoober 1996

3.1.11 ต้นกำเนิดรังสีบีตามาตรฐาน Sr-Y-90 ความแรง 0.98 μCi และ Cl-36 ความแรง 1.139 μCi

3.1.12 แผ่นอะลูมิเนียมหนา 1.4 มิลลิเมตร ขนาด 20 ซม.× 22 ซม.

3.1.13 ขาตั้งพร้อมที่จับ

3.1.14 กระเบื้องตัวอย่างขนาด 12 นิ้ว × 12 นิ้ว, 16 นิ้ว × 16 นิ้ว และ 6 นิ้ว × 24 นิ้ว รวม 73 แผ่น

3.2 วิธีทำการวิจัย

3.2.1 วัดขนาดและชั่งน้ำหนักของแผ่นกระเบื้องตัวอย่างเพื่อใช้ในการคำนวณค่าปริมาณรังสีที่วัดได้ต่อหน่วยพื้นที่

3.2.2 จัดเครื่องมือวัดปริมาณรังสีแอลฟารวมและปริมาณรังสีบีตารวมดังรูปที่ 3.7

3.2.3 เปิดเครื่องมือวัดรังสี ป้อนศักดาไฟฟ้าสูง และทำการวัดแบคกราวด์ (background) เพื่อทำการหักลบรังสีที่มาจากสิ่งแวดล้อม

3.2.4 นำกระเบื้องตัวอย่างมาทำการวัดปริมาณรังสีแอลฟารวม จากนั้นทำการหักลบกับแบคกราวด์ เพื่อให้ได้ปริมาณรังสีแอลฟาที่ปลดปล่อยออกมาต่อหน่วยพื้นที่หัววัด

3.2.5 นำกระเบื้องตัวอย่างมาทำการวัดหาปริมาณรังสีบีตารวม จากนั้นนำแผ่นอะลูมิเนียมมาวางระหว่างหัววัดกับกระเบื้องตัวอย่างเพื่อกั้นรังสีบีตา ให้เหลือเพียงรังสีแกมมาเพื่อนำไปหักลบออกจากค่าปริมาณรังสีบีตารวมกับรังสีแกมมา ซึ่งจะได้ปริมาณรังสีบีตาสุทธิที่ปลดปล่อยออกมาต่อหน่วยพื้นที่ของหัววัด

3.2.6 นำค่าที่วัดได้จากเครื่องนับรังสีทั้งสองชนิดมาแปรค่าเป็นปริมาณรังสีที่หัววัดนับได้ต่อพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร

3.2.7 ทำการวัดสเปกตรัมของรังสีแอลฟาด้วยเครื่องแอลฟาสเปกโตรมิเตอร์เพื่อตรวจสอบการกระจายของพลังงานรังสีแอลฟาที่ปลดปล่อยออกมาจากผิวแผ่นกระเบื้องโดยการเลือกตัวอย่างกระเบื้องมา 5 ตัวอย่าง ซึ่งพิจารณาจากค่าปริมาณรังสีแอลฟารวมที่ปลดปล่อยออกมาจากกระเบื้องที่มีปริมาณการปลดปล่อยรังสีแอลฟาค่อนข้างมาก และคัดเลือกจากสีของดินและสีที่ใช้เคลือบบนผลิตแผ่นกระเบื้องแล้วตัดออกเป็นขนาด 2 นิ้ว × 2 นิ้ว ดังรูปที่ 3.6 เพื่อให้พอดีสำหรับช่องใส่ตัวอย่างของเครื่องแอลฟาสเปกโตรมิเตอร์ สำหรับการหาสเปกตรัมของรังสีแอลฟาจากช่วงพลังงานที่รังสีแอลฟา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการคำนวณปริมาณรังสีที่ได้รับสำหรับการประเมินความปลอดภัยจากรังสีแอลฟาที่ปลดปล่อยออกมาจากแผ่นกระเบื้อง

3.2.8 ทำการวัดสเปกตรัมของรังสีบีตาด้วยเครื่องพลาสติกเรืองรังสี

โดยใช้กระเบื้องตัวอย่างเดียวกับการหาสเปกตรัมของรังสีแอลฟา สำหรับการหาสเปกตรัมของรังสีบีตาจากช่วงพลังงานที่รังสีบีตาเพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณรังสีสำหรับการประเมินความปลอดภัยจากการได้รับรังสีบีตาปลดปล่อยออกมาจากแผ่นกระเบื้อง

3.2.9 ทำการวัดสเปกตรัมทางรังสีแกมมาด้วยเครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์

โดยนำกระเบื้องตัวอย่างที่ทำการหาสเปกตรัมทางรังสีแอลฟา และรังสีบีตา มาทำการหาสเปกตรัมรังสีแกมมาสำหรับการหาธาตุอนุกรมของกัมมันตรังสีที่ปลดปล่อยออกมา เพื่อใช้เป็นแนวทางประกอบในการวิเคราะห์ธาตุกัมมันตรังสีที่สามารถพบในแผ่นกระเบื้อง

3.2.10 ทำการประเมินปริมาณรังสีที่ได้จากการวัดรังสีแอลฟารวมและรังสีบีตารวม

วิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแอลฟาและรังสีบีตาหาค่าพลังงานเฉลี่ยที่ได้จากสเปกตรัม ทำการหาระยะการเดินทางของรังสีแต่ละชนิดในเนื้อเยื่อ 1 g/cm^3 ที่ได้จากค่าพลังงานเฉลี่ย จากนั้นทำการคำนวณหาปริมาณรังสี ณ ผิวสัมผัสของเนื้อเยื่อด้วยสูตร

$$[A\,(\frac{\alpha \text{ or } \beta}{cm^2 - \sec}) \times E\,(\frac{MeV}{\alpha, \beta}) \times 1.6 \times 10^{-13}\,\frac{J}{MeV} \times R\,(cm^{-1}) \times \rho\,(\frac{cm^3}{g}) \times 10^3\,\frac{g}{kg}]$$

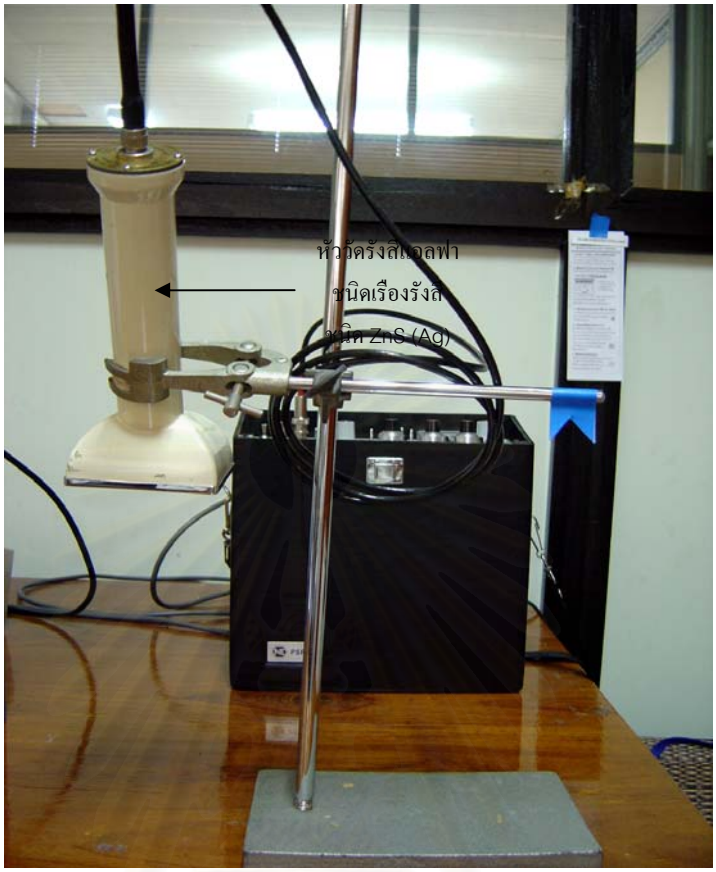
ซึ่ง A แทน ความแรงรังสีมีหน่วยเป็น $\frac{\alpha \text{ or } \beta}{cm^2 - \sec}$

E แทน พลังงานเฉลี่ยมีหน่วยเป็น $\frac{MeV}{\alpha \text{ or } \beta}$

R แทน ระยะการเดินทางของรังสีมีหน่วยเป็น เซนติเมตร

ρ แทน ความหนาแน่นของเนื้อเยื่อมีหน่วยเป็น $\frac{cm^3}{g}$

โดยค่าที่ได้ออกมาจากสูตรจะมีหน่วยเป็น $\frac{J}{kg - \sec}$ หรือ $\frac{Gy}{\sec}$ ซึ่งคือ ปริมาณรังสีที่ดูดซับในเยื้อเยื่อ จากนั้นทำการคูณค่า Quality Factor (QF) เพื่อให้ออกมาในหน่วยของ equivalent dose ($\frac{Sv}{hr}$)



(ก)

(ข)

รูปที่ 3.1 (ก) ลักษณะเครื่องวัดปริมาณรังสีแอลฟาชนิดเรืองรังสีชนิด ZnS (Ag)ขนาด 7 ซม. ×7 ซม.
(ข) หน้าปัดของเครื่องวัดปริมาณรังสีแอลฟา

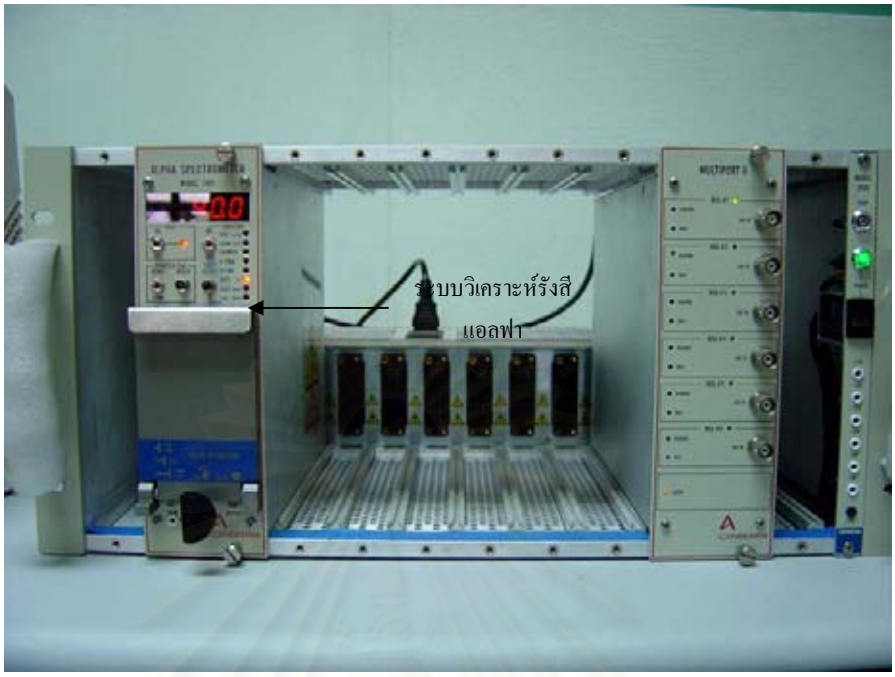
(ก)

(ข)

รูปที่ 3.2 (ก) ลักษณะเครื่องวัดปริมาณรังสีบีตาชนิดไกเกอร์มุลเลอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.25 นิ้ว

(ข) หน้าปัดเครื่องวัดปริมาณรังสีบีตา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

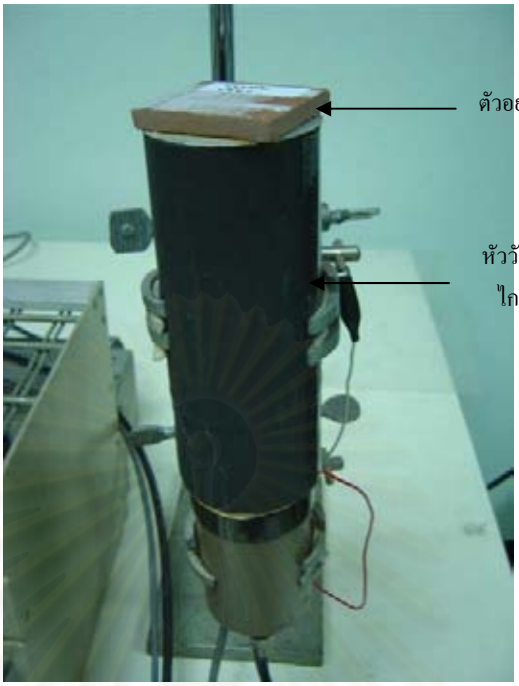


(ก)

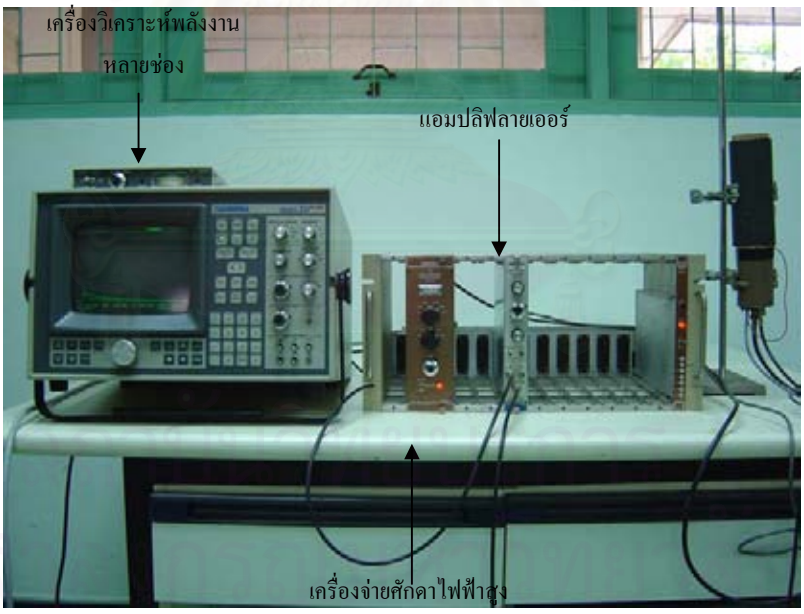
(ข)

รูปที่ 3.3 (ก) เครื่องแอลฟาสเปกโตรมิเตอร์

(ข) ระบบวิเคราะห์สเปกตรัมทางรังสีแอลฟา

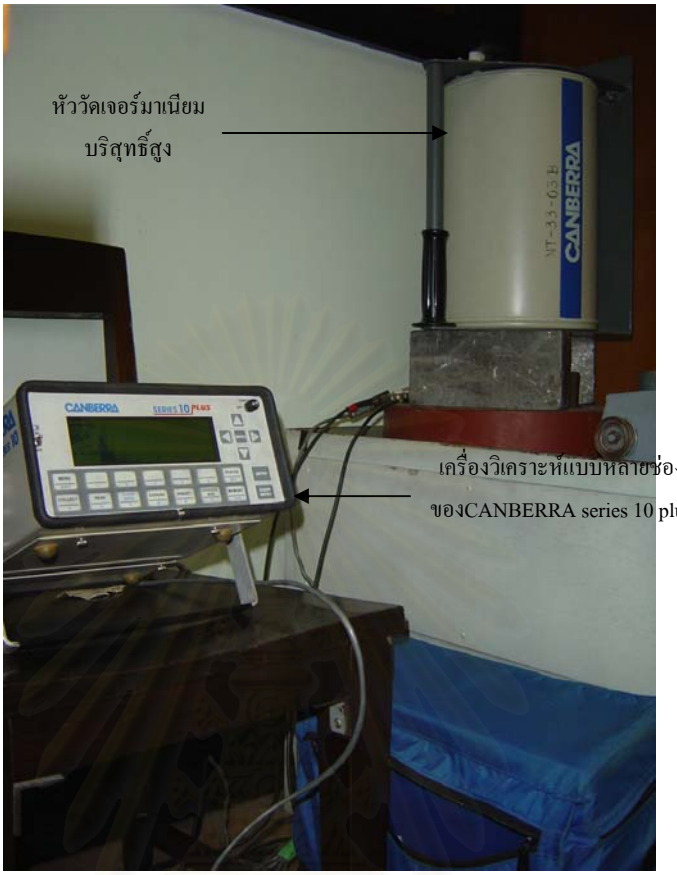


(ก)

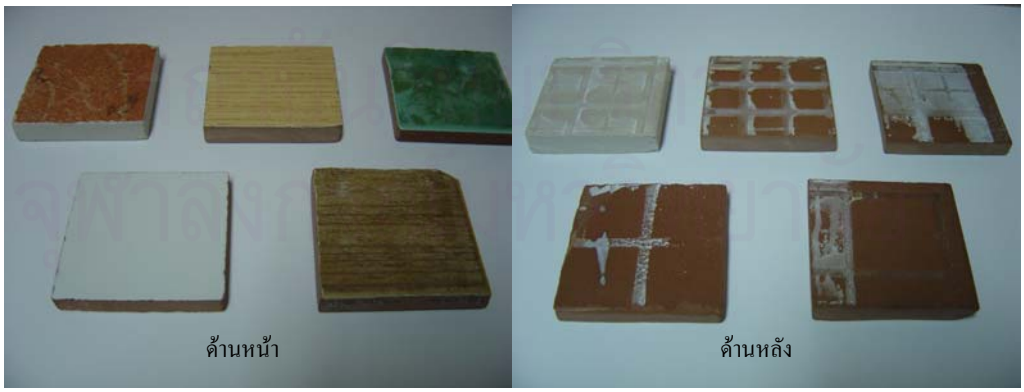


(ข)

รูปที่ 3.4 (ก) หัววัดรังสีบีตาแบบพลาสติกซินทิลเลชัน
(ข) ระบบวิเคราะห์สเปกตรัมทางรังสีบีตา



รูปที่ 3.5 ระบบวิเคราะห์สเปกตรัมทางรังสีแกมมาซึ่งประกอบด้วยหัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง และเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง ของCANBERRA series 10 plus



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างกระเบื้องที่สุ่มมาวิเคราะห์สเปกตรัมทางรังสีแอลฟาและรังสีบีตา

รูปที่ 3.7 ลักษณะการวัดปริมาณรังสีแอลฟารวมและปริมาณรังสีบีตารวมจากแผ่นกระเบื้อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ค่าปริมาณรังสีแอลฟารวมและปริมาณรังสีบีตารวม

ในการวิจัยได้นำตัวอย่างกระเบื้องจำนวน 82 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นกระเบื้องสำหรับปูพื้นและผนัง โดยคัดเลือกจากสีที่ใช้เคลือบผิว และดินที่ใช้ในการผลิตแผ่นกระเบื้อง จากนั้นนำมาวัดขนาด ความหนา เพื่อหาปริมาตร และน้ำหนักของกระเบื้องแต่ละแผ่น แล้วทำการวัดปริมาณรังสีแอลฟารวมและปริมาณรังสีบีตารวมจากแผ่นกระเบื้องตัวอย่าง จากนั้นนำค่าที่ได้จากการวัดมาทำการแปลงเป็นค่าความแรงรังสีต่อหน่วยพื้นที่ (เบคเคอเรลต่อตารางเซนติเมตร, Bq/cm^2) ตามผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดปริมาณรังสีแอลฟาและเครื่องวัดปริมาณรังสีบีตา

TYPE	Net Alpha (α/cm^2-sec)	Net Beta (β/cm^2-sec)	หมายเหตุ
1. เมดิสัน(ฟ้า)แผ่น1	0.0067 ± 0.0009	0.0636 ± 0.0023	(a), (c)
2. เมดิสัน(ฟ้า)แผ่น2	0.0069 ± 0.0009	0.0673 ± 0.0023	(a), (c)
3. มาจอร์ก้า(เทา)แผ่น1	0.0011 ± 0.0001	0.0571 ± 0.0022	(a), (c)
4. มาจอร์ก้า(เทา)แผ่น2	0.0013 ± 0.0002	0.0606 ± 0.0022	(a), (c)
5. มาจอร์ก้า(เขียว)แผ่น1	0.0008 ± 0.0001	0.0568 ± 0.0022	(a), (c)
6. มาจอร์ก้า(เขียว)แผ่น2	0.0011 ± 0.0001	0.0534 ± 0.0021	(a), (c)
7. พนมวัน(ฟ้า)แผ่น1	0.0010 ± 0.0001	0.0580 ± 0.0022	(a), (c)
8. พนมวัน(ฟ้า)แผ่น2	0.0011 ± 0.0001	0.0638 ± 0.0023	(a), (c)
9. กรีนฟิลด์ แผ่น1	0.0078 ± 0.0010	0.0664 ± 0.0023	(a), (c)
10. กรีนฟิลด์ แผ่น2	0.0088 ± 0.0011	0.0681 ± 0.0024	(a), (c)
11. วิลเลี่ยม(เขียว)แผ่น1	0.0040 ± 0.0005	0.0600 ± 0.0022	(a), (c)
12. วิลเลี่ยม(เขียว)แผ่น2	0.0039 ± 0.0005	0.0558 ± 0.0021	(a), (c)

ตารางที่ 4.1 ค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดปริมาณรังสีแอลฟาและเครื่องวัดปริมาณรังสีบีตา(ต่อ)

TYPE	Net Alpha (α/cm^2-sec)	Net Beta (β/cm^2-sec)	หมายเหตุ
13. เซเรสแมทไอวอรี่ แผ่น1	0.0019 ± 0.0002	0.0545 ± 0.0021	(a), (c)
14. เซเรสแมทไอวอรี่ แผ่น2	0.0012 ± 0.0002	0.0536 ± 0.0021	(a), (c)
15. คัลเลอร์สโตนน้ำตาล แผ่น1	0.0080 ± 0.0010	0.0641 ± 0.0023	(a), (c)
16. คัลเลอร์สโตนน้ำตาล แผ่น2	0.0079 ± 0.0010	0.0630 ± 0.0023	(a), (c)
17. แกมม่า ชมพู	0.0015 ± 0.0002	0.0506 ± 0.0020	(a), (c)
18. คริสต์มาส ฟ้า แผ่น1	0.0092 ± 0.0013	0.0687 ± 0.0024	(a), (c)
19. คริสต์มาส ฟ้า แผ่น2	0.0080 ± 0.0010	0.0665 ± 0.0023	(a), (c)
20. คริสต์มาส เหลือง แผ่น1	0.0067 ± 0.0009	0.0654 ± 0.0023	(a), (c)
21. คริสต์มาส เหลือง แผ่น2	0.0057 ± 0.0007	0.0608 ± 0.0022	(a), (c)
22. แกมม่า ฟ้า	0.0011 ± 0.0001	0.0555 ± 0.0021	(a), (c)
23. ลาซาล เขียว แผ่น1	0.0018 ± 0.0002	0.0553 ± 0.0021	(a), (c)
24. ลาซาล เขียว แผ่น2	0.0021 ± 0.0003	0.0500 ± 0.0020	(a), (c)
25. ลาซาล เนื้อ แผ่น1	0.0010 ± 0.0001	0.0516 ± 0.0021	(a), (c)
26. ลาซาล เนื้อ แผ่น2	0.0019 ± 0.0002	0.0538 ± 0.0021	(a), (c)
27. ฟูจิ ดำ แผ่น1	0.0057 ± 0.0007	0.0648 ± 0.0023	(a), (c)
28. ฟูจิ ดำ แผ่น2	0.0051 ± 0.0006	0.0669 ± 0.0023	(a), (c)
29. ฟูจิ เขียว แผ่น1	0.0058 ± 0.0007	0.0645 ± 0.0023	(a), (c)
30. ฟูจิ เขียว แผ่น2	0.0066 ± 0.0008	0.0639 ± 0.0023	(a), (c)
31. ลาซาล ฟ้า แผ่น1	0.0021 ± 0.0003	0.0550 ± 0.0021	(a), (c)
32. ลาซาล ฟ้า แผ่น2	0.0011 ± 0.0001	0.0520 ± 0.0021	(a), (c)
33. แกมม่า เนื้อ แผ่น1	0.0021 ± 0.0003	0.0558 ± 0.0021	(a), (c)

ตารางที่ 4.1 ค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดปริมาณรังสีแอลฟาและเครื่องวัดปริมาณรังสีบีตา(ต่อ)

TYPE	Net Alpha (α/cm^2-sec)	Net Beta (β/cm^2-sec)	หมายเหตุ
34. แกมม่า ชมพู แผ่น1	0.0014 ± 0.0002	0.0556 ± 0.0021	(a), (c)
35. แกมม่า ชมพู แผ่น2	0.0026 ± 0.0003	0.0543 ± 0.0021	(a), (c)
36. ฟูจิ ขาว แผ่น1	0.0053 ± 0.0007	0.0567 ± 0.0022	(a), (c)
37. ฟูจิ ขาว แผ่น2	0.0058 ± 0.0007	0.0595 ± 0.0022	(a), (c)
38. ฟูจิ ฟ้า แผ่น1	0.0052 ± 0.0007	0.0579 ± 0.0022	(a), (c)
39. ฟูจิ ฟ้า แผ่น2	0.0058 ± 0.0007	0.0587 ± 0.0022	(a), (c)
40. คริสต์มาส เนื้อ แผ่น1	0.0092 ± 0.0012	0.0679 ± 0.0024	(a), (c)
41. คริสต์มาส เนื้อ แผ่น2	0.0099 ± 0.0013	0.0715 ± 0.0024	(a), (c)
42. คริสต์มาส ขาว แผ่น1	0.0076 ± 0.0010	0.0671 ± 0.0023	(a), (c)
43. คริสต์มาส ขาว แผ่น2	0.0074 ± 0.0009	0.0715 ± 0.0024	(a), (c)
44. อริโซน่า โนเซ่	0.0076 ± 0.0010	0.0590 ± 0.0022	(a), (c)
45. อากร้า เขียว แผ่น1	0.0062 ± 0.0008	0.0670 ± 0.0023	(a), (c)
46. อากร้า เขียว แผ่น2	0.0057 ± 0.0007	0.0676 ± 0.0024	(a), (c)
47. ลาซาล เขียว	0.0017 ± 0.0002	0.0531 ± 0.0021	(a), (c)
48. สักทองอ่อน	0.0097 ± 0.0012	0.0597 ± 0.0022	(a), (c)
49. วู๊ดสตาร์	0.0051 ± 0.0007	0.0502 ± 0.0020	(a), (c)
50. ลูริซ เทา	0.0104 ± 0.0013	0.0543 ± 0.0021	(a), (c)
51. ลูไท	0.0015 ± 0.0002	0.0457 ± 0.0019	(a), (c)
52. ลาซาล ฟ้า	0.0010 ± 0.0001	0.0536 ± 0.0021	(a), (c)
53. เวอร์จิเนียไอวอรี่	0.0119 ± 0.0015	0.0673 ± 0.0023	(a), (d)
54. เวอร์จิเนีย เบจ	0.0107 ± 0.0014	0.0619 ± 0.0023	(a), (d)

ตารางที่ 4.1 ค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดปริมาณรังสีแอลฟาและเครื่องวัดปริมาณรังสีบีตา(ต่อ)

TYPE	Net Alpha (α/cm^2-sec)	Net Beta (β/cm^2-sec)	หมายเหตุ
55. LEGNO BONE	0.0080 ± 0.0010	0.0538 ± 0.0021	(a), (c)
56. LEGNO BROWN	0.0039 ± 0.0005	0.0613 ± 0.0022	(a), (c)
57. LEGNO GREEN	0.0147 ± 0.0019	0.0624 ± 0.0023	(a), (c)
58. LEGNO BEIGE	0.0154 ± 0.0020	0.0566 ± 0.0022	(a), (c)
59. ซาฮาร่า แซนด์สโตน	0.0019 ± 0.0002	0.0459 ± 0.0019	(a), (c)
60. โอลิมเปีย น้ำตาล	0.0015 ± 0.0002	0.0582 ± 0.0022	(a), (d)
61. โอลิมเปีย เบจ	0.0016 ± 0.0002	0.0523 ± 0.0021	(a), (d)
62. คามีโอ ขาว	0.0051 ± 0.0006	0.0571 ± 0.0022	(a), (c)
63. คามีโอ เบจ	0.0043 ± 0.0006	0.0577 ± 0.0022	(a), (c)
64. คามีโอ แซนด์	0.0040 ± 0.0005	0.0533 ± 0.0021	(a), (c)
65. ไอริส แมตท์ เบจ	0.0097 ± 0.0012	0.0749 ± 0.0025	(a), (c)
66. โอเมก้า แมตท์ ไวท์	0.0110 ± 0.0014	0.0619 ± 0.0023	(a), (c)
67. อาธมีส แมตท์ เบจ	0.0054 ± 0.0007	0.0635 ± 0.0023	(a), (c)
68. แม๊กเซีย แซนด์	0.0023 ± 0.0003	0.0581 ± 0.0022	(a), (c)
69. เขาค้อ ฟ้า	0.0051 ± 0.0007	0.0618 ± 0.0022	(a), (c)
70. เขาค้อ เขียว	0.0048 ± 0.0006	0.0646 ± 0.0023	(a), (c)
71. สักสาละวิน แผ่น1	0.0081 ± 0.0010	0.0613 ± 0.0022	(a), (c)
72. สักสาละวิน แผ่น2	0.0089 ± 0.0011	0.0664 ± 0.0023	(a), (c)
73. ซีน่า เบจ	0.0039 ± 0.0005	0.0549 ± 0.0021	(a), (c)

ตารางที่ 4.1 ค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดปริมาณรังสีแอลฟาและเครื่องวัดปริมาณรังสีบีตา(ต่อ)

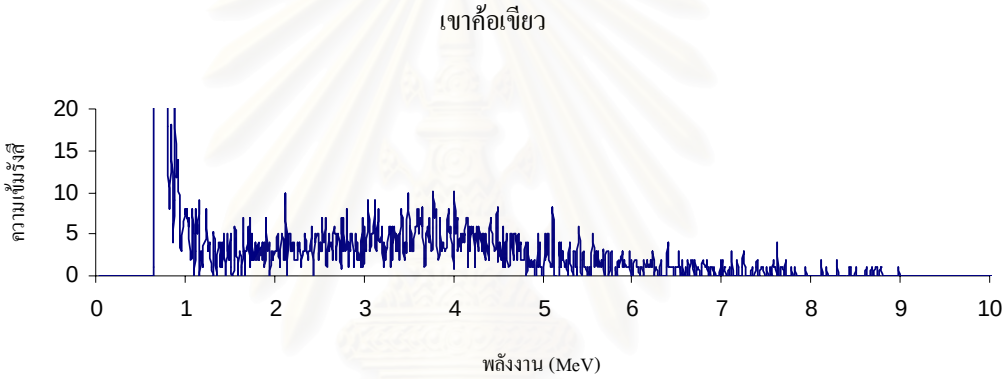
TYPE	Net Alpha (α/cm^2-sec)	Net Beta (β/cm^2-sec)	หมายเหตุ
74. ขาวจุดเทา	0.0061 ± 0.0007	0.0558 ± 0.0021	(b), (c)
75. แก่นจันทร์	0.0035 ± 0.0005	0.0540 ± 0.0021	(a), (c)
76. ภูวรินทร์ แผ่น 1	0.0044 ± 0.0006	0.0536 ± 0.0021	(a), (c)
77. ภูวรินทร์ แผ่น 2	0.0041 ± 0.0005	0.0538 ± 0.0021	(a), (c)
78. ทรายสยาม แผ่น 1	0.0057 ± 0.0006	0.0673 ± 0.0023	(b), (c)
79. ทรายสยาม แผ่น 2	0.0054 ± 0.0006	0.0606 ± 0.0022	(b), (c)
80. วังจันทร์ลอย	0.0032 ± 0.0005	0.0674 ± 0.0023	(b), (c)
81. เขียวขจี แผ่น 1	0.0049 ± 0.0006	0.0560 ± 0.0021	(b), (c)
82. เขียวขจี แผ่น 2	0.0053 ± 0.0006	0.0613 ± 0.0022	(b), (c)

โดย (a) แทน กระเบื้องที่ได้จากโรงงานที่ 1
(b) แทน กระเบื้องที่ได้จากโรงงานที่ 2
(c) แทน ดินน้ำตาลแดง
(d) แทน ดินขาวล้วน

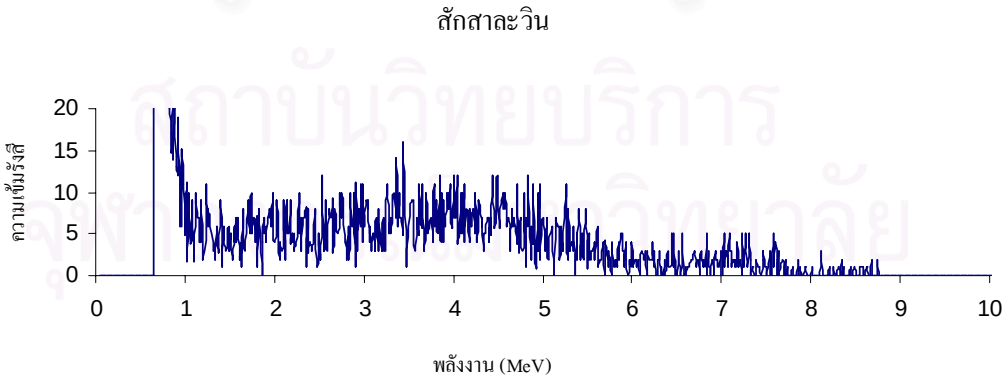
จากการทำการวิจัยพบว่า ปริมาณรังสีแอลฟารวมในแผ่นกระเบื้องเซรามิก มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0010 – 0.0154 ต่อตารางเซนติเมตร-วินาที และค่าปริมาณรังสีบีตารวมมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0457 – 0.0749 ต่อตารางเซนติเมตร-วินาที จากตารางที่ได้พบว่า ปริมาณรังสีแอลฟาและรังสีบีตาที่ปลดปล่อยออกมาจากกระเบื้องที่ได้จากโรงงานที่ 1 และโรงงานที่ 2 ไม่ขึ้นอยู่กับชนิดของดินและสีที่ใช้ในการผลิตแผ่นกระเบื้อง แต่ขึ้นอยู่กับแหล่งวัตถุดิบที่นำมาผลิตแผ่นกระเบื้อง

4.2 การวิเคราะห์สเปกตรัมทางรังสีแอลฟาจากเครื่องแอลฟาสเปกโตรมิเตอร์

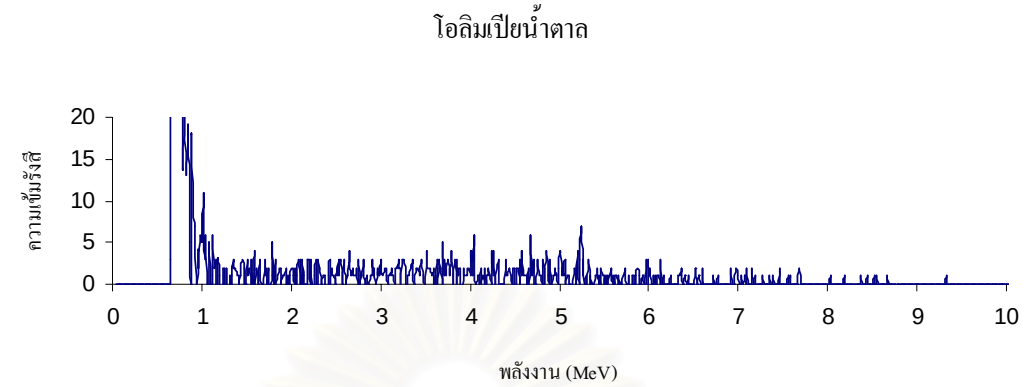
ในการวิจัยได้คัดเลือกตัวอย่างกระเบื้องมาจำนวน 5 ตัวอย่าง โดยคัดเลือกจากสีที่เคลือบบนกระเบื้อง และสีของเนื้อดินที่นำมาผลิตแผ่นกระเบื้องซึ่งได้แก่รุ่น เขาค้อเขียว สักสาละวิน โอลิมเปีย น้ำตาล โอเมก้าแมตท์ไวท์ และ LEGNO BROWN นำกระเบื้องมาตัดออกเป็นขนาด 2 นิ้ว × 2 นิ้ว จากนั้นทำการปรับเทียบช่องสัญญาณกับค่าพลังงานของต้นกำเนิดรังสีมาตรฐาน แล้วนำกระเบื้องตัวอย่างวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแอลฟาด้วยเครื่องแอลฟาสเปกโตรมิเตอร์ โดยใช้เวลาในการวัดในแต่ละตัวอย่างประมาณ 24 ชั่วโมง ให้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.1 - 4.5



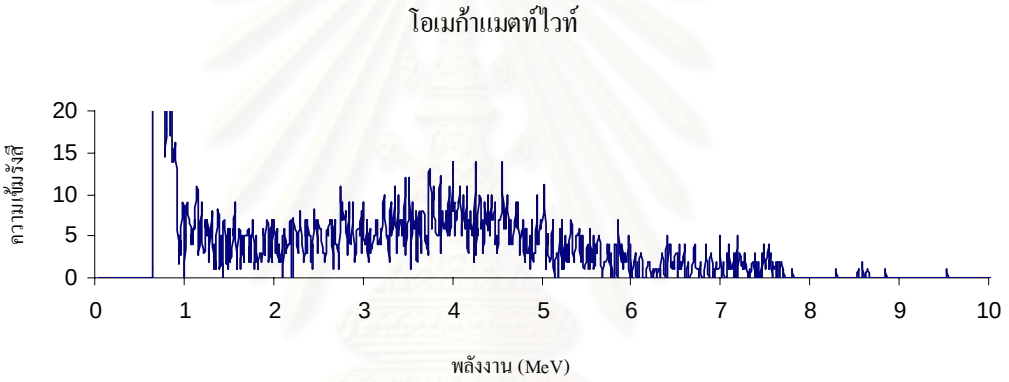
รูปที่ 4.1 สเปกตรัมรังสีแอลฟาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นเขาค้อเขียว



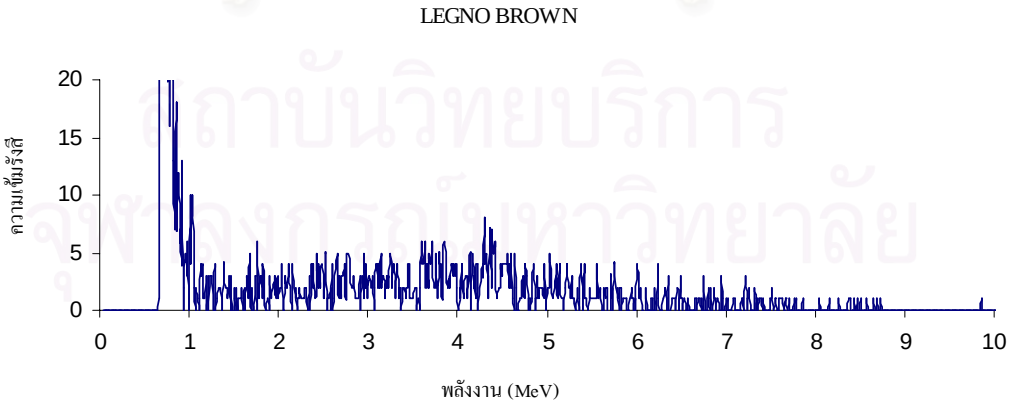
รูปที่ 4.2 สเปกตรัมรังสีแอลฟาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นสักสาละวิน



รูปที่ 4.3 สเปกตรัมรังสีแอลฟาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นโอลิมเปียน้ำตาล



รูปที่ 4.4 สเปกตรัมรังสีแอลฟาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นโอเมก้าแมตท์ไวท์



รูปที่ 4.5 สเปกตรัมรังสีแอลฟาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่น LEGNO BROWN

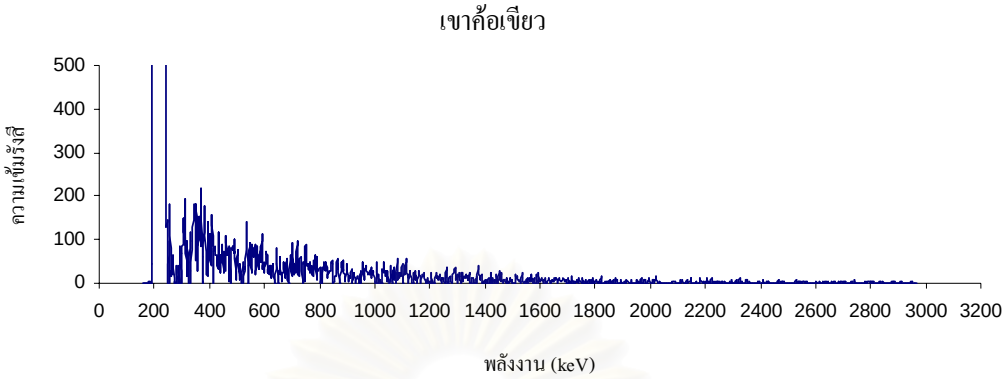
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแอลฟาพบว่า พลังงานเฉลี่ยของรังสีแอลฟาที่มีค่าความเข้มสูงสุดมีค่าอยู่ที่ 3.10 MeV ที่เป็นเช่นนี้เพราะ ธาตุกัมมันตรังสีที่ประกอบอยู่ในดินจะมีการปลดปล่อยรังสีแอลฟาที่หลายระดับความลึกจากผิวหน้าลงไป ดังนั้นจะมีการสูญเสียพลังงานของอนุภาคแอลฟาก่อนพ้นผิวหน้าของแผ่นกระเบื้องต่างกัน ซึ่งพลังงานของรังสีแอลฟาที่ปลดปล่อยออกมานั้นจะมีการสูญเสียพลังงานในแต่ละชั้นความหนาของกระเบื้อง และในแต่ละตัวอย่างของกระเบื้องจะมีพลังงานสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 8 – 9 MeV และในทางคำนวณด้านความปลอดภัยในการได้รับรังสีจะเลือกค่าพลังงานเฉลี่ยที่อนุภาคปลดปล่อยออกมาสูงสุด และ อันตรายต่อการได้รับธาตุกัมมันตรังสีชนิดนั้นด้วย เช่น ถ้าได้รับธาตุกัมมันตรังสีเรดอน (Rn) ซึ่งอยู่ในสถานะก๊าซ แม้ว่าจะมีพลังงานไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับพลังงานของธาตุกัมมันตรังสีชนิดอื่นในอนุกรมเดียวกัน แต่ความสามารถในการทำลายเนื้อเยื่ออวัยวะ และส่วนสำคัญอื่น ๆ ภายในร่างกาย จะสร้างความเสียหายได้สูงกว่าธาตุกัมมันตรังสีชนิดอื่น และแม้ว่าธาตุกัมมันตรังสีที่ปลดปล่อยออกมาจากแผ่นกระเบื้องนั้นจะมีพลังงานเฉลี่ยที่ 3.10 MeV แต่ถ้ามีความเข้มรังสีสูงแล้วก็สามารถทำลายผิวหนังของคนเราได้เหมือนกัน

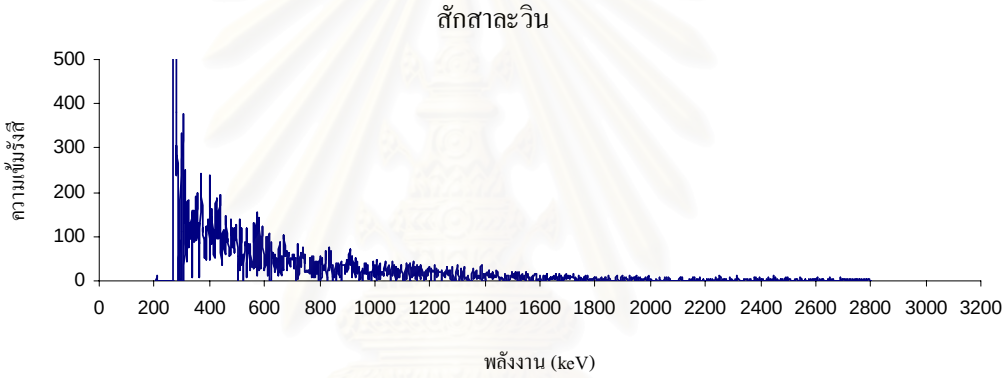
4.3 การวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีบีตาจากหัววัดรังสีชนิดพลาสติกเรืองรังสี

ในการวิจัยได้คัดเลือกตัวอย่างกระเบื้องมาจำนวน 5 ตัวอย่าง โดยคัดเลือกจากสีที่เคลือบบนกระเบื้อง และสีของเนื้อดินที่นำมาผลิตแผ่นกระเบื้องซึ่งได้แก่รุ่น เขาค้อเขียว สักสาละวิน โอลิมเปีย น้ำตาล โอเมก้าแมตท์ไวท์ และ LEGNO BROWN นำกระเบื้องมาตัดออกเป็นขนาด 2 นิ้ว × 2 นิ้ว แล้วทำการปรับเทียบช่องสัญญาณกับค่าพลังงานของรังสีบีตา และวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีบีตาจากกระเบื้องตัวอย่างทั้ง 5 ชนิด โดยนำกระเบื้องตัวอย่างมาวางบนหัววัดเพื่อทำการหาสเปกตรัมตัวอย่างละ 15 ชั่วโมง ให้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.6 - 4.10

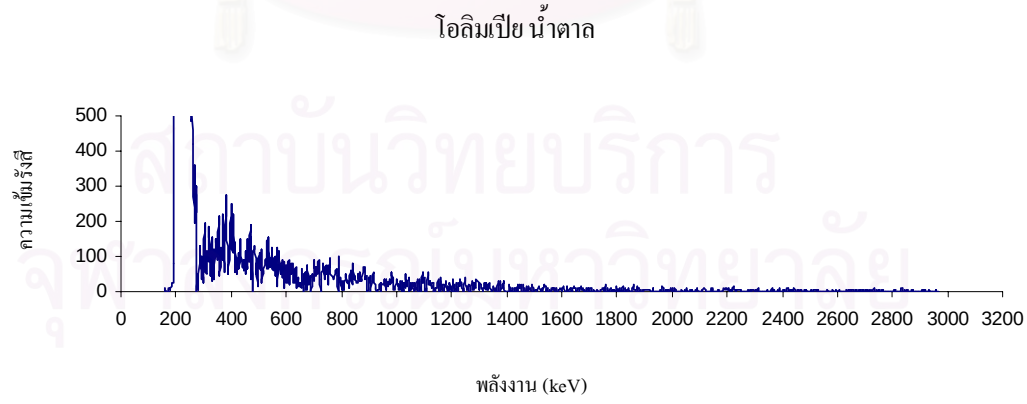
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



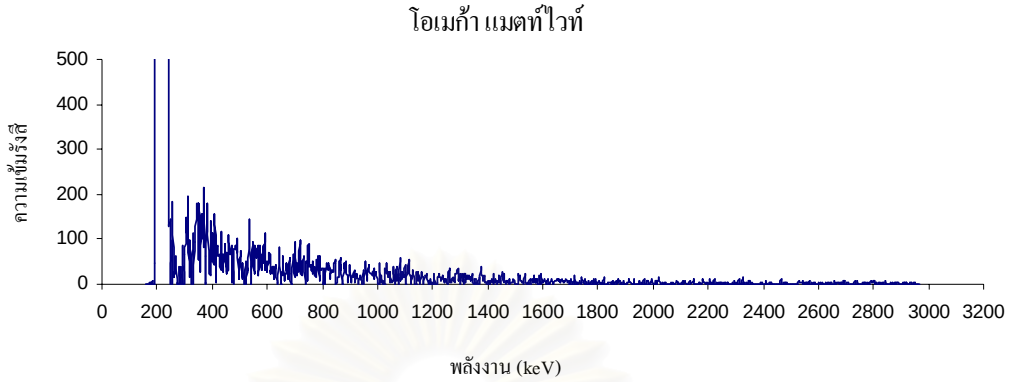
รูปที่ 4.6 สเปกตรัมรังสีบีตาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นเขาค้อเขียว



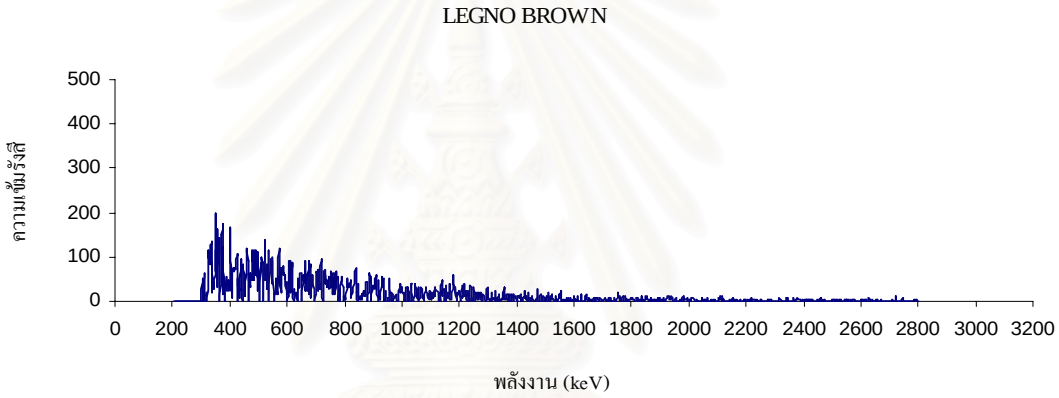
รูปที่ 4.7 สเปกตรัมรังสีบีตาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นสักสาละวิน



รูปที่ 4.8 สเปกตรัมรังสีบีตาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นโอลิมเปีย น้ำตาล



รูปที่ 4.9 สเปกตรัมรังสีบีตาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นโอเมก้าแมตท์ไวท์

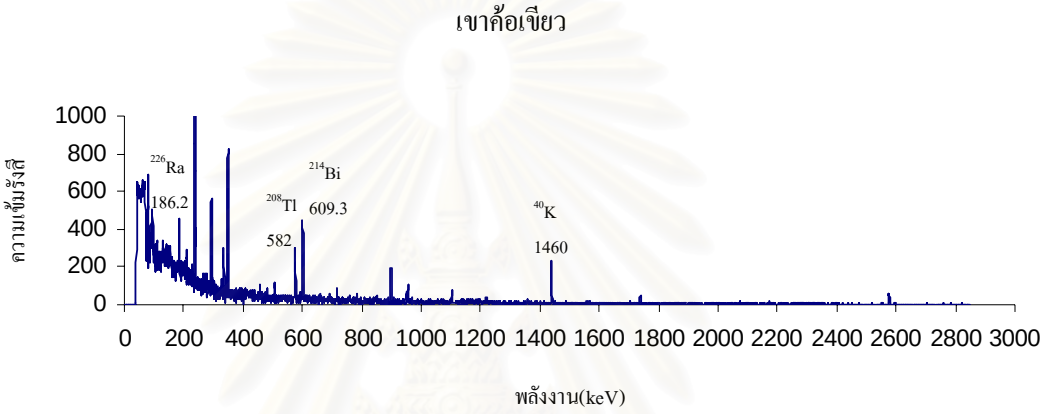


รูปที่ 4.10 สเปกตรัมรังสีบีตาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่น LEGNO BROWN

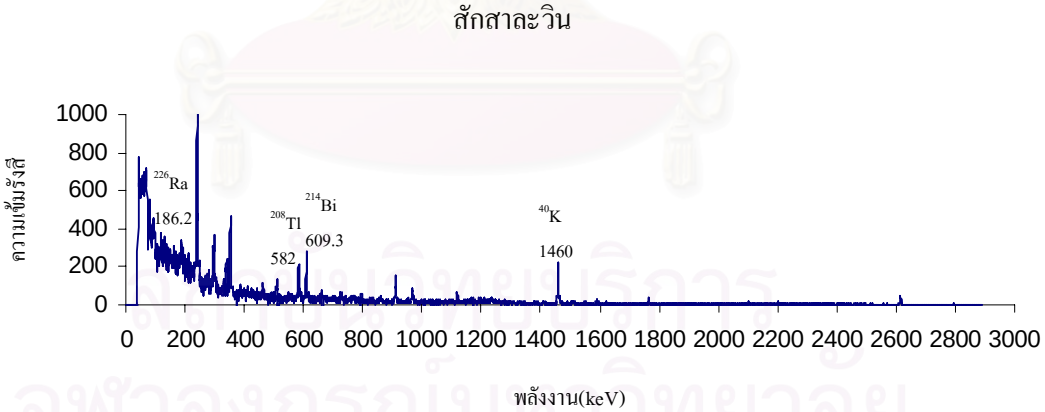
จากการวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีบีตาพบว่า พลังงานเฉลี่ยของรังสีบีตาที่มีค่าความเข้มรังสีสูงสุดจะมีค่าอยู่ที่ 600 keV จากนั้นพลังงานของสเปกตรัมรังสีบีตาจะลดลงจนถึงค่าสูงสุดของพลังงานรังสีบีตาที่อยู่ในช่วง 800 – 1000 keV ในการคำนวณด้านความปลอดภัยสำหรับการได้รับรังสีจะเลือกค่าเฉลี่ยของพลังงานที่รังสีบีตาปลดปล่อยออกมา และจากสเปกตรัมรังสีบีตา ซึ่งรังสีบีตานี้ แม้ว่าจะไม่มีธาตุกัมมันตรังสีใดอยู่ในสถานะก๊าซเหมือนกับรังสีแอลฟา แต่พิสัยของรังสีบีตาสามารถเดินทางได้ไกลกว่ารังสีแอลฟา เพราะฉะนั้นแม้ว่าจะมีพลังงานต่ำ แต่ถ้ามีอยู่ในปริมาณมาก ก็อาจจะส่งผลต่อร่างกายได้ เช่น ผิวหนัง เป็นต้น และรังสีบีตาที่มีพลังงานสูง แต่มีในปริมาณต่ำ ก็สามารถส่งผลโดยตรงได้เช่นเดียวกัน และรังสีบีตายังสามารถเดินทางผ่านวัสดุซึ่งหนาในระดับเซนติเมตรได้ และถ้าวัตถุนั้นมีค่าเลขอะตอมสูงด้วยแล้ว สามารถเกิดรังสีเอกซ์จากปรากฏการณ์เบรมสตราลุง (Bremsstrahlung) ขึ้นได้

4.4 การวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแกมมาที่ได้จากเครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์

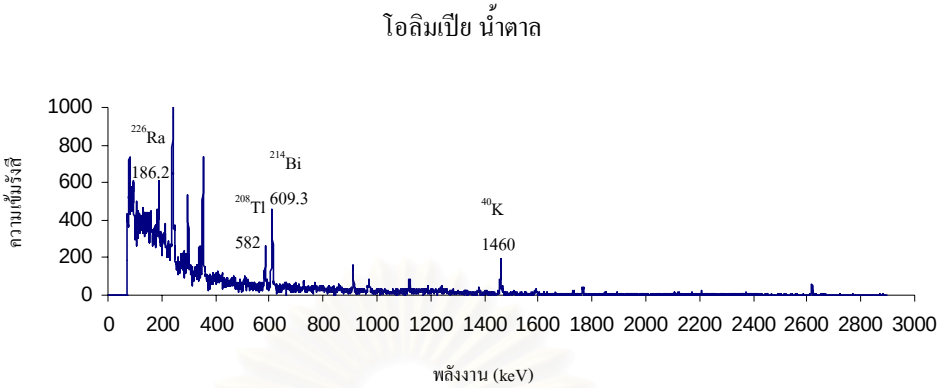
ในการวิจัยได้นำกระเบื้องตัวอย่างที่ได้จากการหาสเปกตรัมของรังสีแอลฟาและรังสีบีตา มาทำการตรวจสอบผลที่ได้จากการหาว่าธาตุกัมมันตรังสีชนิดใดปลดปล่อยพลังงานออกมาบ้าง จึงได้ทำการหาสเปกตรัมทางรังสีแกมมาด้วยเครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ ด้วยหัววัดชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง โดยใช้เวลาในการวัดตัวอย่างละ 24 ชั่วโมง ให้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.11-4.15



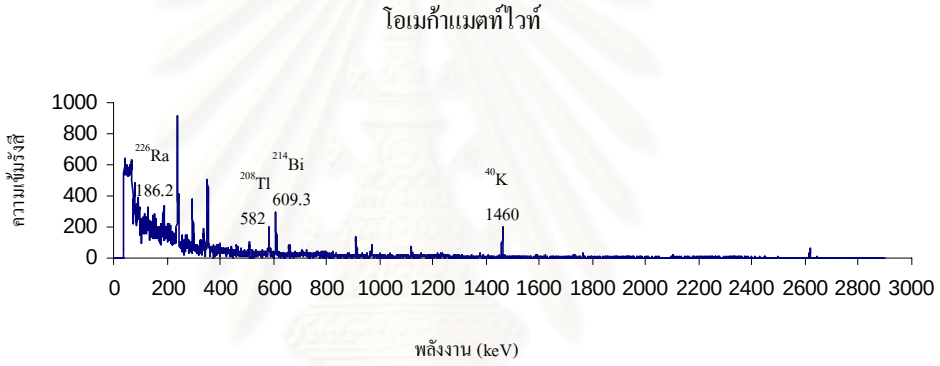
รูปที่ 4.11 สเปกตรัมรังสีแกมมาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นเขาค้อเขียว



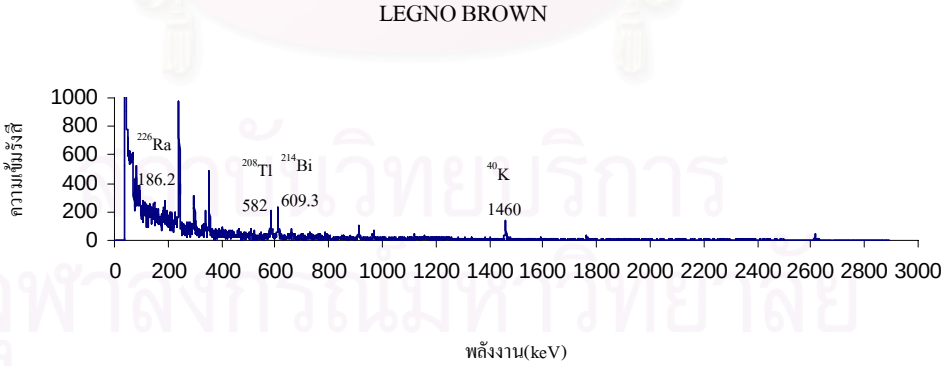
รูปที่ 4.13 สเปกตรัมรังสีแกมมาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นสักสาละวิน



รูปที่ 4.13 สเปกตรัมรังสีแกมมาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นโอลิมเปีย น้ำตาล



รูปที่ 4.14 สเปกตรัมรังสีแกมมาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นโอเมก้า แมตท์ไวท์



รูปที่ 4.15 สเปกตรัมรังสีแกมมาของกระเบื้องของตัวอย่างรุ่นLEGNO BROWN

จากการวิเคราะห์สเปกตรัมทางรังสีแกมมาพบว่า นิวไคลด์ที่พบเช่น เรเดียม-226 ที่พลังงาน 186.2 keV และบิสมัท-214 ที่พลังงาน 609.3 keV ซึ่งเป็นธาตุในอนุกรมยูเรนียม-238 และ ทัลเลียม-208 ที่พลังงาน 582 keV ซึ่งเป็นธาตุในอนุกรมทอเรียม-232 ที่ปะปนในวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแผ่นกระเบื้อง และที่พบอีกธาตุหนึ่งคือ โปแทสเซียม ที่พลังงาน 1460 keV ซึ่งเป็นธาตุที่พบมากบนพื้นโลก ณ ขณะนี้

4.5 การประเมินปริมาณรังสี

แอลฟา

สูตร $R = 0.56 \times E$ (สำหรับ E < 4 MeV)

$R = 1.24 \times E - 2.62$ (สำหรับ 4 < E < 8 MeV)

เมื่อ R คือ ระยะทางที่แอลฟาเคลื่อนที่ในหน่วยเซนติเมตร

แทนค่า $R = 0.56 \times 3.10$

R = 1.74 เซนติเมตร

ระยะทางที่แอลฟาเคลื่อนที่ในเนื้อเยื่อ 1 $\frac{g}{cm^3}$

สูตร $R_a \times \rho_a = R_t \times \rho_t$

เมื่อ R_a = ระยะทางที่แอลฟาเคลื่อนที่ในอากาศ

R_t = ระยะทางที่แอลฟาเคลื่อนที่ในเนื้อเยื่อ

ρ_a = ความหนาแน่นอากาศ (1.293×10^{-3} กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

ρ_t = ความหนาแน่นเนื้อเยื่อ (1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

แทนค่าสูตรลงในสมการเพื่อหาพิสัยของแอลฟา

$$R_t = \frac{1.74\,cm. \times 1.293 \times 10^{-3}\ \frac{g}{cm^3}}{1\ \frac{g}{cm^3}}$$

$$R_t = 2.24 \times 10^{-3}\ cm.$$

ปริมาณรังสีแอลฟาที่ถูกดูดกลืนในเนื้อเยื่อคำนวณได้ โดยเลือกค่าความแรงรังสีจากกระเบื้องต่ำสุดเท่ากับ 0.0010 ± 0.0001 เบคเคอเรลต่อตารางเซนติเมตรและค่าสูงสุดเท่ากับ 0.0154 ± 0.0020 เบคเคอเรลต่อตารางเซนติเมตร มาคำนวณ และพลังงานเฉลี่ยของรังสีแอลฟาที่ปลดปล่อยออกมา 1 ตัวมีค่าเท่ากับ 3.10 MeV ซึ่งมีค่าเท่ากับ

ปริมาณรังสีต่ำสุด

$$= 0.0010 \frac{\alpha}{cm^2 - \sec} \times 3.10 \frac{MeV}{\alpha} \times 1.6 \times 10^{-13} \frac{J}{MeV} \times \frac{1}{2.24 \times 10^{-3} cm} \times 1 \frac{cm^3}{g} \times 10^3 \frac{g}{kg}$$

ปริมาณรังสีต่ำสุด $= 2.21 \times 10^{-9} \pm 0.0221 \times 10^{-9} \frac{J}{kg - \sec}$

ค่าปริมาณรังสีต่ำสุดที่ได้รับ $= 7.956 \pm 0.080 \frac{\mu Gy}{hr}$

Dose equivalent = Quality Factor × Absorb Dose (Q.F. = 20 สำหรับ รังสีแอลฟา)

ปริมาณรังสีต่ำสุด $= 7.956 \times 20 \pm 0.080 \times 20 \frac{\mu Gy}{hr} = 159.12 \pm 1.594 \frac{\mu Sv}{hr}$

ปริมาณรังสีสูงสุด $= 12.28 \times 20 \pm 1.5943 \times 20 \frac{\mu Gy}{hr} = 245.52 \pm 30.1886 \frac{\mu Sv}{hr}$

<u>*บีตา*</u>

สูตร $R = 412E^{1.265 - 0.0954 \ln E}$ (สำหรับ $0.01 \leq E \leq 2.5$ MeV)

และ $R = 530E - 106$ (สำหรับ $E \geq 2.5$ MeV)

เมื่อ R คือ พิสัยการเคลื่อนที่ของบีตาในตัวกลาง (mg/cm^2)

แทนค่า $R = 412 \times 0.6^{1.265 - 0.0954 \ln(0.6)}$

$$R = 210.6 \frac{\text{mg}}{\text{cm}^2} = 0.211 \frac{\text{g}}{\text{cm}^2}$$

ระยะทางที่บีตาเคลื่อนที่ในเนื้อเยื่อ 1 $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ มีค่าเท่ากับ 0.211 เซนติเมตร

ปริมาณรังสีบีตาที่ถูกดูดกลืนในเนื้อเยื่อคำนวณได้ โดยเลือกค่าความแรงรังสีจากกระเบื้องต่ำสุดเท่ากับ 0.0457 ± 0.0019 เบคเคอเรลต่อตารางเซนติเมตร และค่าสูงสุดเท่ากับ 0.0749 ± 0.0025 เบคเคอเรลต่อตารางเซนติเมตร และค่าพลังงานเฉลี่ยของรังสีบีตา 1 ตัว เท่ากับ 600 keV ซึ่งมีค่าเท่ากับ

ปริมาณรังสีต่ำสุด

$$= 0.0457 \frac{\beta}{cm^2 - \sec} \times 0.6 \frac{MeV}{\beta} \times 1.6 \times 10^{-13} \frac{J}{MeV} \times \frac{1}{0.211 cm} \times 1 \frac{cm^3}{g} \times 10^3 \frac{g}{kg}$$

ปริมาณรังสีต่ำสุด $= 2.079 \times 10^{-11} \pm 0.0864 \times 10^{-11} \frac{J}{kg - \sec}$

Dose equivalent = Quality Factor × Absorb Dose (Q.F. = 1 สำหรับ รังสีแอลฟา)

ปริมาณรังสีต่ำสุด $= 0.0748 \times 1 \pm 0.0027 \times 1 \frac{\mu Gy}{hr} = 0.0748 \pm 0.0027 \frac{\mu Sv}{hr}$

ปริมาณรังสีสูงสุด $= 0.1227 \times 1 \pm 0.0041 \times 1 \frac{\mu Gy}{hr} = 0.1227 \pm 0.0041 \frac{\mu Sv}{hr}$

บทที่ 5
สรุป การวิจารณ์ ผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการวัดอัตราการปลดปล่อยรังสีแอลฟารวมและรังสีบีตารวมจากแผ่นกระเบื้องที่มีคุณลักษณะต่างกันเช่น ดินที่ใช้ในการผลิต สีที่ใช้เคลือบผิวหน้ากระเบื้อง และขนาดกระเบื้องที่แตกต่างกัน เป็นต้น โดยค่าความแรงรังสีที่ปลดปล่อยออกมาจากแผ่นกระเบื้องมีการปลดปล่อยรังสีบีตามากกว่ารังสีแอลฟา และจากการตรวจสอบด้วยเครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ พบว่า รังสีที่แผ่นกระเบื้องปลดปล่อยออกมานั้นอยู่ในอนุกรมยูเรเนียม-238 และอนุกรมทอเรียม-232

5.1 สรุปผลที่ได้จากการวัดปริมาณรังสีแอลฟา

จากผลการวัดปริมาณรังสีแอลฟารวมด้วยเครื่องวัดรังสีแบบเรืองรังสีชนิด ZnS(Ag) พบว่าปริมาณรังสีแอลฟาที่ปลดปล่อยจากแผ่นกระเบื้องมีค่าอยู่ในช่วง 0.0010 ± 0.0001 ถึง 0.0154 ± 0.0020 ต่อตารางเซนติเมตร-วินาที และได้ทำการสุ่มตัวอย่างกระเบื้องนำไปวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแอลฟาด้วยเครื่องแอลฟาสเปกโตรมิเตอร์พบว่าสเปกตรัมรังสีแอลฟามีพลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 3.10 เมกกะอิเล็กตรอนโวลต์ เมื่อนำมาคำนวณค่าปริมาณรังสีจากการสัมผัสพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 159.12 ± 1.594 ถึง 245.52 ± 30.189 ไมโครซีเวิร์ตต่อชั่วโมง หรือ 0.16 ± 0.0016 ถึง 0.25 ± 0.0030 มิลลิซีเวิร์ตต่อชั่วโมงโดย ICRP กำหนดค่าปริมาณรังสีจะต้องไม่เกิน 50 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี[5] สำหรับบุคคลทั่วไปที่ผิวหนัง แต่ในทางปฏิบัติถือว่าไม่อันตรายหากได้รับรังสีจากแผ่นกระเบื้องนั้นจะได้รับปริมาณรังสีจากการสัมผัสในช่วงระยะ เวลาสั้น ๆ

5.2 สรุปผลที่ได้จากการวัดปริมาณรังสีบีตา

จากผลการวัดปริมาณรังสีแอลฟารวมด้วยเครื่องนับรังสีแบบไกเกอร์มุลเลอร์ พบว่าปริมาณรังสีบีตาที่ปลดปล่อยจากแผ่นกระเบื้องมีค่าอยู่ในช่วง 0.0457 ± 0.0019 ถึง 0.0749 ± 0.0025 บีตาต่อตารางเซนติเมตร-วินาที และได้ทำการสุ่มตัวอย่างกระเบื้องนำไปวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีบีตาด้วยเครื่องพลาสติกเรืองรังสีพบว่าสเปกตรัมรังสีบีตามีพลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 600 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ เมื่อนำมาคำนวณค่าปริมาณรังสีจากการสัมผัสพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.0748 ± 0.0027 ถึง 0.1227 ± 0.0041 ไมโครซีเวิร์ตต่อชั่วโมง หรือ 0.00007 ± 0.000003 ถึง 0.0001 ± 0.000004 มิลลิซีเวิร์ตต่อชั่วโมงโดย ICRP กำหนดค่าปริมาณรังสีจะต้องไม่เกิน 50 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี[5] สำหรับบุคคลทั่วไปที่ผิวหนัง แต่ในทาง

ปฏิบัติถือว่าไม่อันตรายหากได้รับรังสีจากแผ่นกระเบื้องนั้นจะได้รับปริมาณรังสีจากการสัมผัสในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ

จากผลการวัดปริมาณรังสีแอลฟารวมและรังสีบีตารวมพบว่า ค่าปริมาณรังสีที่ได้รับถ้าได้รับในปริมาณรังสีที่ต่อเนื่องจะมีค่าเกินกว่ามาตรฐานที่ ICRP กำหนด แต่ในทางปฏิบัติ การได้รับปริมาณรังสีที่ปลดปล่อยออกมาจากแผ่นกระเบื้องจะได้รับรังสีในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ จึงไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพและร่างกาย

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาถึงปริมาณรังสีที่ปลดปล่อยออกมาจากวัตถุดิบต่าง ๆ เช่น ดิน สี สารเคมีที่ใช้เติม เป็นต้น เพื่อเป็นข้อมูลในการควบคุมสารกัมมันตรังสีที่เจือปนอยู่ในวัตถุดิบตามธรรมชาติหากต้องการ

2. ตรวจวัดอัตราการปลดปล่อยก๊าซเรดอน-222 และก๊าซทอรอน-220 (เรดอน-220) จากกระเบื้องเซรามิก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1. สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. การป้องกันอันตรายจากรังสีระดับ 2. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,2546.
2. วิวัฒน์ จันทราพรชัย. ฟิสิกส์รังสี. ภาควิชาฟิสิกส์. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2543.
3. ธวัช ชิตตระการ. การตรวจและการวัดรังสี. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.
4. Rebecca Hollis. Emergency Responder Radiological Training. Study Guide. Los Alamos National Laboratory, 1999.
5. ICRP (1990), RADIATION PROTECTION. UK. : Pergamon Press, 1991.
6. John R. Cooper, Keith Randle, Ranjeet S. Sokhi. RADIOACTIVE RELEASES IN THE ENVIRONMENT: IMPACT AND ASSESSMENT. UK. : John Wiley & Sons, 2003.
7. J.U. Burnham. RADIATION PROTECTION. Director. Health & Safety Division : John Wiley & Sons, 2002.
8. Luigi Bruzzi, Maurizio Baroni, Giorgio Mazzotti, Renato Mele, Serena Righi. Radioactivity in raw Materials and end products in the Italian ceramics industry : Journal of Environmental Radioactivity 47 (2000):171-181.
9. R.H. Higgy, M.S. El-Tahawy, A.T. Abdel-Fattah, U.A. Al-Akabawy. Radionuclide content of building Material and associated gamma dose rates in Egyptian dwellings : Journal of Environmental Radioactivity 50 (2000):253-261.
10. Herman Cember. INTRODUCTION TO HEALTH PHYSICS. Northwestern University. UK.:, Pergamon Press, 1985.
11. ตวงพร เอื้องวงษ์ตระกูล. การหาปริมาณสารกัมมันตรังสีในปูนซีเมนต์โดยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตตรี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
12. ทิพวรรณ นิ่งน้อย. การหาปริมาณสารกัมมันตรังสีตามธรรมชาติบางชนิดในลิกไนต์ และเถ้าลิกไนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534.
13. Thomus G. Hobbs. Radioactivity Measurement on Glazed Ceramic Sueface. Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology 105 (2000):275-283.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

วิธีการหาประสิทธิภาพของเครื่องนับรังสีแอลฟา

1. ทำการหา plateau curve ของเครื่องนับรังสี โดยใช้ค่าความต่างศักย์ที่ 25% ของ plateau cruve จะได้ค่าเป็นความต่างศักย์ที่จ่ายให้กับหัววัดเท่ากับ 500 โวลต์
2. ตั้งค่าเครื่องนับรังสีดังนี้
    1) Time 30 minutes
    2) Gain ×3
    3) PSD 10^3
    4) Threshold 0.58
    5) Window 10
3. นำต้นกำเนิดรังสีแอลฟามาตรฐาน ^{241}Am-^{239}Pu-^{244}Cm ที่มีความแรงรังสี 3 กิโลเบคเคอเรล มาวางไว้หน้าหัววัดในระยะผิวสัมผัสจากนั้นทำการนับรังสีที่หัววัดนับได้
4. ทำการวัดต้นกำเนิดรังสีมาตรฐานจำนวน 5 ครั้ง จากนั้นนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยต่อหน่วยเวลาเป็นวินาที
5. นำค่าที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 มาหารกับค่าความแรงรังสีของสารรังสีมาตรฐานแล้วคูณด้วย 100 จะได้ค่าประสิทธิภาพของหัววัด

ตารางที่ ก-1 การหาประสิทธิภาพของหัววัดรังสีเรืองแสงชนิด ZnS

ต้นกำเนิดรังสีมาตรฐาน ^{241}Am-^{239}Pu-^{244}Cm ความแรงรังสี 3 กิโลเบคเคอเรล

ครั้งที่ทำการวัด	ค่าที่ได้จากการวัด(counts/30min)
1	4374
2	4352
3	4366
4	4356
5	4361
เฉลี่ย(counts/30min)	4362
เฉลี่ย(counts/1sec)	436.2

<u>วิธีคำนวณหาประสิทธิภาพของหัววัด</u>

ประสิทธิภาพของหัววัด = $\frac{436.2}{2736} \times 100 = 15.94\%$

<u>วิธีการหาประสิทธิภาพของเครื่องนับรังสีบีตา</u>

1. ทำการหา plateau curve ของเครื่องนับรังสี โดยใช้ค่าความต่างศักย์ที่ 25% ของ plateau curve จะได้ค่าเป็นความต่างศักย์ที่จ่ายให้กับหัววัดเท่ากับ 700 โวลต์
2. ตั้งค่าเครื่องนับรังสีดังนี้
    1) Time 20 minutes
    2) Threshold 1.5 Volts
3. แผ่นอลูมิเนียมหนา 1.4 มิลลิเมตร ขนาด 20 × 22 เซนติเมตร
4. ทำการวัดต้นกำเนิดรังสีมาตรฐานจำนวน 5 ครั้ง จากนั้นนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยต่อหน่วยเวลาเป็นวินาที
5. นำค่าเฉลี่ยที่ได้จากข้อ 4 มาคูณด้วย 0.98 เนื่องจากคลอรีนมีการปลดปล่อยอนุภาคบีตาออกมา 98% จากนั้นนำมาหารด้วยค่าความแรงรังสีมาตรฐานแล้วคูณด้วย 100 จะได้ค่าประสิทธิภาพของหัววัด

<u>ตารางที่ ก-2 การหาประสิทธิภาพของหัววัดรังสีชนิดไกเกอร์มุลเลอร์</u>

ต้นกำเนิดรังสีมาตรฐาน Cl-36 ความแรงรังสี 1.139 μCi = 42143 เบคเคอเรล

ครั้งที่ทำการวัด	ค่าที่ได้จากการวัด(counts/30sec)
1	126624
2	126360
3	126555
4	126811
5	126976
เฉลี่ย(counts/30sec) เฉลี่ย(counts/1sec)	126665 4222

เนื่องจากการปลดปล่อยอนุภาคบีตาของ คลอรีน-36 มีการปลดปล่อยอนุภาคบีตาลบออกมา 98.1 % ดังนั้นจึงต้องหาจำนวนอนุภาคที่ปลดปล่อยออกมาจริง

จำนวนอนุภาคบีตาที่ปลดปล่อยออกมา = 42143 ×0.98 = 41342 เบคเคอเรล

$$\text{ประสิทธิภาพหัววัด} = \frac{4138}{41342} \times 100 = 10.00\%$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายปิยะศักดิ์ วุฒิจรูญพันธ์ เกิดเมื่อวันที่ 25 มิถุนายน พ.ศ. 2523 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยศิลปากร ในปีการศึกษา 2544 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ปีการศึกษา 2545 สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย