

การวัดอัตราการปลดปล่อยรังสีแอลฟาและบีตาจากแผ่นกระเบื้องเซรามิก

ปิยะศักดิ์ วุฒิเจริญพันธุ์ และ นเรศร์ จันทร์ขาว*

ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์ 0-2218-6781 โทรสาร 0-2218-6780 e-mail : nares.c@eng.chula.ac.th

บทคัดย่อ

กระเบื้องเซรามิกที่ใช้ในการปูผนังและปูพื้นโดยทั่วไป มีสารกัมมันตรังสีตามธรรมชาติจากโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม ทอเรียม และนิวไคลด์ลูกของยูเรเนียมกับทอเรียม ที่ติดมาจากวัตถุดิบ ซึ่งมีมากหรือน้อยตามแหล่งวัตถุดิบ และปริมาณที่ใช้ผสม การวิจัยนี้ได้ทำการวัดอัตราการปลดปล่อยรังสีแอลฟาและบีตา เพื่อเป็นฐานข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการประเมินความปลอดภัย และสำหรับการเลือกห้องที่จะทำการตรวจวัดก๊าซกัมมันตรังสีเรดอน-222

คำสำคัญ : รังสีแอลฟา รังสีบีตา กระเบื้องเซรามิก กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องปูผนัง

Measurement of Gross Alpha and Beta Emission Rates from Ceramic Tiles

Piyasak Wudthicharoonpun and Nares Chankow*

Department of Nuclear Technology, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

Tel. 0-2218-6781 Fax. 0-2218-6780 e-mail : nares.c@eng.chula.ac.th

Abstract

Ceramic tiles normally used to cover floors and walls contain naturally occurring radioactive elements i.e. potassium-40, uranium, thorium and their daughters from raw materials. Thus, radioactivity was dependent upon source of raw materials and the amount used. The objective of this research was to measure gross alpha and beta emission rates to be used as a database for safety assessment and for selection of rooms to measure radioactive radon-222 gas.

Keywords: alpha-ray, beta-ray, ceramic tile, floor tile, wall tile

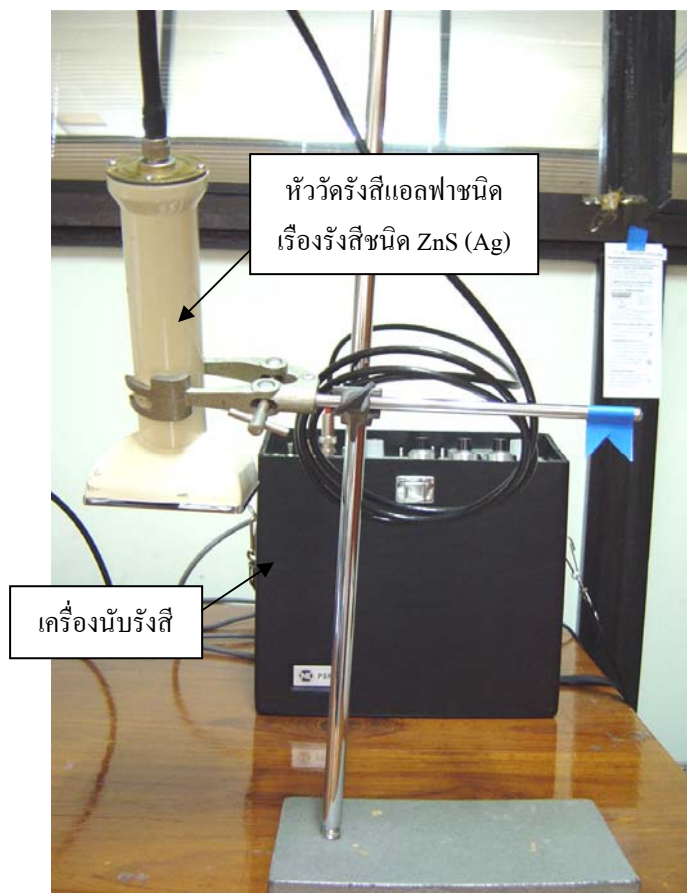
บทนำ

ในปัจจุบัน กระเบื้องเซรามิกได้ถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลาย ในการตกแต่งที่อยู่อาศัย อาคาร สำนักงาน เนื่องจากมีความสวยงาม ทนทาน ราคาถูก และสะดวกในการติดตั้ง ไม่ว่าจะเป็นกระเบื้องปูผนัง กระเบื้องปูพื้น และรวมทั้งสุขภัณฑ์ กระเบื้องเหล่านี้มีนิวไคลด์กัมมันตรังสีตาม

ธรรมชาติเจือปนอยู่ด้วย ซึ่งมาจากวัตถุดิบที่นำมาทำกระเบื้องเซรามิก ซึ่งจะมีมากหรือน้อยตามแหล่งวัตถุดิบ และปริมาณที่ใช้ผสม จึงมีการปลดปล่อยรังสีต่าง ๆ ทั้งรังสีแอลฟา บีตา และแกมมาออกมาตลอดเวลา ถึงแม้ว่าในอัตราที่ต่ำ แต่เนื่องจากกระเบื้องเหล่านี้อยู่ใกล้ชิดกับผู้ใช้แต่ละวันเป็นเวลานาน อัตราปริมาณรังสีที่คนได้รับจากการสัมผัส หรืออยู่ใกล้จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจมาก และยังไม่มีความรู้เหล่านี้ในประเทศ ที่ชี้ชัดถึงอัตราการปลดปล่อยรังสีจากผลิตภัณฑ์เหล่านี้ นิวไคลด์กัมมันตรังสีตามธรรมชาติที่สำคัญได้แก่ โพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม-235 ยูเรเนียม-238 ทอเรียม-232 และนิวไคลด์ลูกที่เกิดจากการสลายตัวของยูเรเนียมและทอเรียม การวิจัยนี้ได้ทำการวัดอัตราการปลดปล่อยรังสีแอลฟาและบีตา รวมจากแผ่นกระเบื้องปูพื้น และกระเบื้องปูผนัง บางรุ่นและบางยี่ห้อที่จำหน่ายอยู่ในประเทศ เพื่อเป็นฐานข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการประเมินความปลอดภัยจากการสัมผัสผิวกระเบื้องเหล่านี้เป็นเวลานาน นอกจากนี้ยังจะใช้เป็นแนวทางในการวัดอัตราการปลดปล่อยก๊าซกัมมันตรังสีเรดอนที่เกิดจากการสลายตัวของยูเรเนียมและทอเรียมจากแผ่นกระเบื้อง รวมทั้งการเลือกห้องที่ตกแต่งด้วยกระเบื้องเซรามิกที่มีอัตราการปลดปล่อยรังสีแอลฟา รังสีบีตาสูง และมีอัตราการปลดปล่อยก๊าซกัมมันตรังสีเรดอนสูง เพื่อทำการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซกัมมันตรังสีเรดอนในอากาศภายในห้อง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการลดความเสี่ยงในการก่อให้เกิดโรคมะเร็งในปอด

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เน้นเฉพาะการวัดอัตราการปลดปล่อยรังสีแอลฟา และรังสีบีตาจากผิวหน้าของกระเบื้องปูพื้น และกระเบื้องปูผนังบางยี่ห้อ และบางรุ่นที่มีขายอยู่ในท้องตลาดจำนวนทั้งหมด 82 ตัวอย่าง โดยใช้เครื่องนับรังสีแอลฟา ที่ใช้หัววัดรังสีแบบเรืองรังสีชนิดสังกะสีซัลไฟด์(เงิน) [ZnS(Ag) scintillation counter] (รูปที่ 1) และเครื่องนับรังสีบีตาที่ใช้หัววัดรังสีแบบบรรจุก๊าซชนิดไกเกอร์-มุลเลอร์ (Geiger-Muller counter หรือ GM counter) (รูปที่ 2) นอกจากนี้ยังได้ทำการวัดสเปกตรัมรังสีแอลฟา และบีตา จากแผ่นกระเบื้องที่เลือกมา 5 ตัวอย่างที่มีอัตราการปลดปล่อยรังสีต่าง ๆ กัน โดยใช้เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแอลฟาที่ใช้หัววัดรังสีชนิดกึ่งตัวนำ PIPS (passivated implanted planar silicon) และเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีบีตาที่ใช้หัววัดรังสีชนิดพลาสติกเรืองรังสี (plastic scintillation detector) ตามลำดับ เพื่อใช้ในการหาค่าเฉลี่ยของพลังงานรังสีแอลฟา และรังสีบีตาที่ปลดปล่อยออกมาจากผิวกระเบื้องเซรามิก-ซึ่งจำเป็นต้องใช้ในการคำนวณอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับจากการสัมผัส โดยนำกระเบื้องมาตัดออกเป็นขนาด 2 นิ้ว $\times$ 2 นิ้ว ไปวัดสเปกตรัมรังสีแอลฟา โดยใช้เวลาในการวัดในแต่ละตัวอย่างประมาณ 24 ชั่วโมง และนำไปวัดสเปกตรัมรังสีบีตาตัวอย่างละประมาณ 15 ชั่วโมง ในขั้นตอนสุดท้ายได้ทำการวัดสเปกตรัมรังสีแกมมาจากแผ่นกระเบื้องเพื่อตรวจหาชนิดของนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่เจือปนอยู่



รูปที่ 1 เครื่องวัดปริมาณรังสีแอลฟาที่ใช้หัววัดรังสีชนิด ZnS (Ag) ขนาด 7 ซม. × 7 ซม.



รูปที่ 2 เครื่องวัดปริมาณรังสีบีตาชนิดไทเกอร์มูลเลอร์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.25 นิ้ว

ผลการวิจัย

ผลการวัดอัตราการปลดปล่อยรังสีแอลฟาและรังสีบีตาจากผิวหน้าของแผ่นกระเบื้องปูพื้นและปูผนังจำนวน 82 ตัวอย่าง พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0008 – 0.0154 ต่อตารางเซนติเมตร-วินาที และ 0.0457 – 0.0749 ต่อตารางเซนติเมตร-วินาที ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยที่อัตราการปลดปล่อยรังสีแอลฟามีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมาก คือมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.0154 ต่อตารางเซนติเมตร-วินาที และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.0008 ต่อตารางเซนติเมตร-วินาที ส่วนอัตราการปลดปล่อยรังสีบีตามีค่าอยู่ในช่วงเดียวกันทั้งหมด คือมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.0749 ต่อตารางเซนติเมตร-วินาที และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.0457 ต่อตารางเซนติเมตร-วินาที

ผลการวัดสเปกตรัมของรังสีแอลฟา และรังสีบีตาของกระเบื้องที่เลือกมา 5 ตัวอย่าง ที่มีอัตราการปลดปล่อยรังสีต่าง ๆ กัน เพื่อนำไปใช้ในการประเมินเบื้องต้นของอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับจากการสัมผัสผิวกระเบื้อง ซึ่งมีโอกาสเกิดขึ้นกับบุคคลที่อยู่ภายในห้องที่ปูพื้นและ/หรือผนังด้วยกระเบื้อง แสดงไว้เป็นตัวอย่างในรูปที่ 3 และ 4 ส่วนสเปกตรัมรังสีแกมมาที่ได้จากตัวอย่างกระเบื้องเห็นฟลักพลังงานจากนิวไคลด์กัมมันตรังสีตามธรรมชาติ ทั้งโพแทสเซียม-40 และนิวไคลด์ลูกที่เกิดจากการสลายตัวของยูเรเนียมและโทเรียม เช่น เรเดียม-226 บิสมัท-214 ทัลเลียม-208 ดังแสดงในรูปที่ 5

ตารางที่ 1 อัตราการปลดปล่อยรังสีแอลฟาและรังสีบีตา จากผิวหน้ากระเบื้องปูผนังและกระเบื้องปูพื้น

ชื่อแผ่นกระเบื้อง	Net Alpha ($\alpha/\text{cm}^2\text{-sec}$)	Net Beta ($\beta/\text{cm}^2\text{-sec}$)	หมายเหตุ
1. เมดิสัน(ฟ้า)แผ่นที่ 1	0.0067 ± 0.0009	0.0636 ± 0.0023	(1), (br)
2. เมดิสัน(ฟ้า)แผ่นที่ 2	0.0069 ± 0.0009	0.0673 ± 0.0023	(1), (br)
3. มาจอร์ก้า(เทา)แผ่นที่ 1	0.0011 ± 0.0001	0.0571 ± 0.0022	(1), (br)
4. มาจอร์ก้า(เทา)แผ่นที่ 2	0.0013 ± 0.0002	0.0606 ± 0.0022	(1), (br)
5. มาจอร์ก้า(เขียว)แผ่นที่ 1	0.0008 ± 0.0001	0.0568 ± 0.0022	(1), (br)
6. มาจอร์ก้า(เขียว)แผ่นที่ 2	0.0011 ± 0.0001	0.0534 ± 0.0021	(1), (br)
7. พนมวัน(ฟ้า)แผ่นที่ 1	0.0010 ± 0.0001	0.0580 ± 0.0022	(1), (br)
8. พนมวัน(ฟ้า)แผ่นที่ 2	0.0011 ± 0.0001	0.0638 ± 0.0023	(1), (br)
9. กรีนฟิลด์ แผ่นที่ 1	0.0078 ± 0.0010	0.0664 ± 0.0023	(1), (br)
10. กรีนฟิลด์ แผ่นที่ 2	0.0088 ± 0.0011	0.0681 ± 0.0024	(1), (br)
11. วิลเลียม(เขียว)แผ่นที่ 1	0.0040 ± 0.0005	0.0600 ± 0.0022	(1), (br)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชื่อแผ่นกระเบื้อง	Net Alpha ($\alpha/\text{cm}^2\text{-sec}$)	Net Beta ($\beta/\text{cm}^2\text{-sec}$)	หมายเหตุ
12. วิลเลียม(เขียว)แผ่นที่ 2	0.0039 ± 0.0005	0.0558 ± 0.0021	(1), (br)
13. เซเรสแมทไอวอรี่ แผ่นที่ 1	0.0019 ± 0.0002	0.0545 ± 0.0021	(1), (br)
14. เซเรสแมทไอวอรี่ แผ่นที่ 2	0.0012 ± 0.0002	0.0536 ± 0.0021	(1), (br)
15. คัลเลอร์สโตนน้ำตาล แผ่นที่ 1	0.0080 ± 0.0010	0.0641 ± 0.0023	(1), (br)
16. คัลเลอร์สโตนน้ำตาล แผ่นที่ 2	0.0079 ± 0.0010	0.0630 ± 0.0023	(1), (br)
17. แกมมา ชมพู	0.0015 ± 0.0002	0.0506 ± 0.0020	(1), (br)
18. คริสต์มาส ฟ้า แผ่นที่ 1	0.0092 ± 0.0013	0.0687 ± 0.0024	(1), (br)
19. คริสต์มาส ฟ้า แผ่นที่ 2	0.0080 ± 0.0010	0.0665 ± 0.0023	(1), (br)
20. คริสต์มาส เหลือง แผ่นที่ 1	0.0067 ± 0.0009	0.0654 ± 0.0023	(1), (br)
21. คริสต์มาส เหลือง แผ่นที่ 2	0.0057 ± 0.0007	0.0608 ± 0.0022	(1), (br)
22. แกมมา ฟ้า	0.0011 ± 0.0001	0.0555 ± 0.0021	(1), (br)
23. ลาซาล เขียว แผ่นที่ 1	0.0018 ± 0.0002	0.0553 ± 0.0021	(1), (br)
24. ลาซาล เขียว แผ่นที่ 2	0.0021 ± 0.0003	0.0500 ± 0.0020	(1), (br)
25. ลาซาล เนื่อ แผ่นที่ 1	0.0010 ± 0.0001	0.0516 ± 0.0021	(1), (br)
26. ลาซาล เนื่อ แผ่นที่ 2	0.0019 ± 0.0002	0.0538 ± 0.0021	(1), (br)
27. ฟุจิ ดำ แผ่นที่ 1	0.0057 ± 0.0007	0.0648 ± 0.0023	(1), (br)
28. ฟุจิ ดำ แผ่นที่ 2	0.0051 ± 0.0006	0.0669 ± 0.0023	(1), (br)
29. ฟุจิ เขียว แผ่นที่ 1	0.0058 ± 0.0007	0.0645 ± 0.0023	(1), (br)
30. ฟุจิ เขียว แผ่นที่ 2	0.0066 ± 0.0008	0.0639 ± 0.0023	(1), (br)
31. ลาซาล ฟ้า แผ่นที่ 1	0.0021 ± 0.0003	0.0550 ± 0.0021	(1), (br)
32. ลาซาล ฟ้า แผ่นที่ 2	0.0011 ± 0.0001	0.0520 ± 0.0021	(1), (br)
33. แกมมา เนื่อ แผ่นที่ 1	0.0021 ± 0.0003	0.0558 ± 0.0021	(1), (br)
34. แกมมา ชมพู แผ่นที่ 1	0.0014 ± 0.0002	0.0556 ± 0.0021	(1), (br)
35. แกมมา ชมพู แผ่นที่ 2	0.0026 ± 0.0003	0.0543 ± 0.0021	(1), (br)
36. ฟุจิ ขาว แผ่นที่ 1	0.0053 ± 0.0007	0.0567 ± 0.0022	(1), (br)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

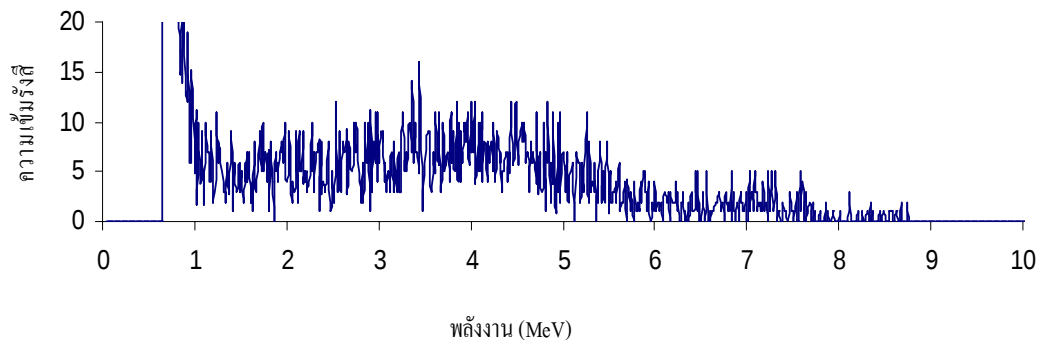
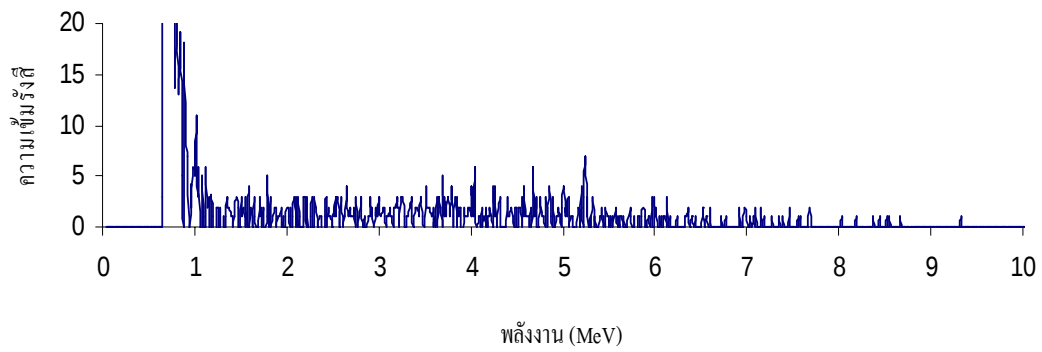
ชื่อแผ่นกระเบื้อง	Net Alpha ($\alpha/\text{cm}^2\text{-sec}$)	Net Beta ($\beta/\text{cm}^2\text{-sec}$)	หมายเหตุ
37. พูจิ ขาว แผ่นที่ 2	0.0058 ± 0.0007	0.0595 ± 0.0022	(1), (br)
38. พูจิ ฟ้า แผ่นที่ 1	0.0052 ± 0.0007	0.0579 ± 0.0022	(1), (br)
39. พูจิ ฟ้า แผ่นที่ 2	0.0058 ± 0.0007	0.0587 ± 0.0022	(1), (br)
40. คริสต์มาส เนื้อ แผ่นที่ 1	0.0092 ± 0.0012	0.0679 ± 0.0024	(1), (br)
41. คริสต์มาส เนื้อ แผ่นที่ 2	0.0099 ± 0.0013	0.0715 ± 0.0024	(1), (br)
42. คริสต์มาส ขาว แผ่นที่ 1	0.0076 ± 0.0010	0.0671 ± 0.0023	(1), (br)
43. คริสต์มาส ขาว แผ่นที่ 2	0.0074 ± 0.0009	0.0715 ± 0.0024	(1), (br)
44. อริโซน่า โนเซ่	0.0076 ± 0.0010	0.0590 ± 0.0022	(1), (br)
45. อากร้า เขียว แผ่นที่ 1	0.0062 ± 0.0008	0.0670 ± 0.0023	(1), (br)
46. อากร้า เขียว แผ่นที่ 2	0.0057 ± 0.0007	0.0676 ± 0.0024	(1), (br)
47. ลาซาล เขียว	0.0017 ± 0.0002	0.0531 ± 0.0021	(1), (br)
48. สักทองอ่อน	0.0097 ± 0.0012	0.0597 ± 0.0022	(1), (br)
49. วุศตาร์	0.0051 ± 0.0007	0.0502 ± 0.0020	(1), (br)
50. ลูริช เทา	0.0104 ± 0.0013	0.0543 ± 0.0021	(1), (br)
51. ลูไท	0.0015 ± 0.0002	0.0457 ± 0.0019	(1), (br)
52. ลาซาล ฟ้า	0.0010 ± 0.0001	0.0536 ± 0.0021	(1), (br)
53. เวอร์จิเนียไอวอรี่	0.0119 ± 0.0015	0.0673 ± 0.0023	(1), (w)
54. เวอร์จิเนีย เบจ	0.0107 ± 0.0014	0.0619 ± 0.0023	(1), (w)
55. LEGNO BONE	0.0080 ± 0.0010	0.0538 ± 0.0021	(1), (br)
56. LEGNO BROWN*	0.0039 ± 0.0005	0.0613 ± 0.0022	(1), (br)
57. LEGNO GREEN	0.0147 ± 0.0019	0.0624 ± 0.0023	(1), (br)
58. LEGNO BEIGE	0.0154 ± 0.0020	0.0566 ± 0.0022	(1), (br)
59. ซาฮาร่า แซนด์สโตน	0.0019 ± 0.0002	0.0459 ± 0.0019	(1), (br)
60. โอลิมเปีย น้ำตาล*	0.0015 ± 0.0002	0.0582 ± 0.0022	(1), (w)
61. โอลิมเปีย เบจ	0.0016 ± 0.0002	0.0523 ± 0.0021	(1), (w)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

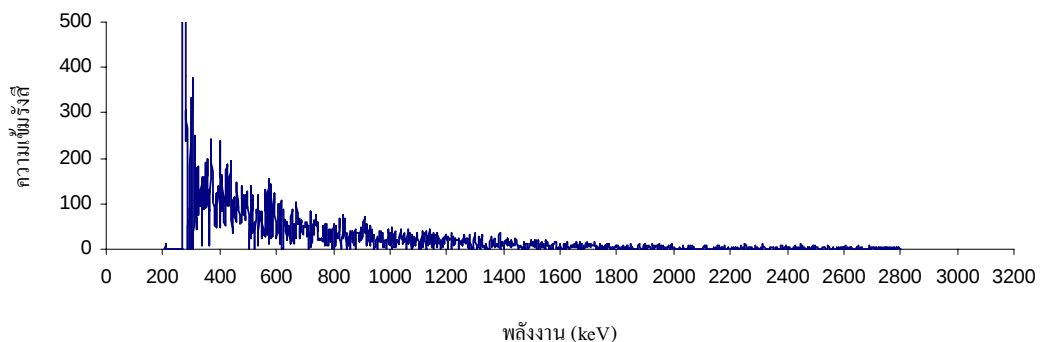
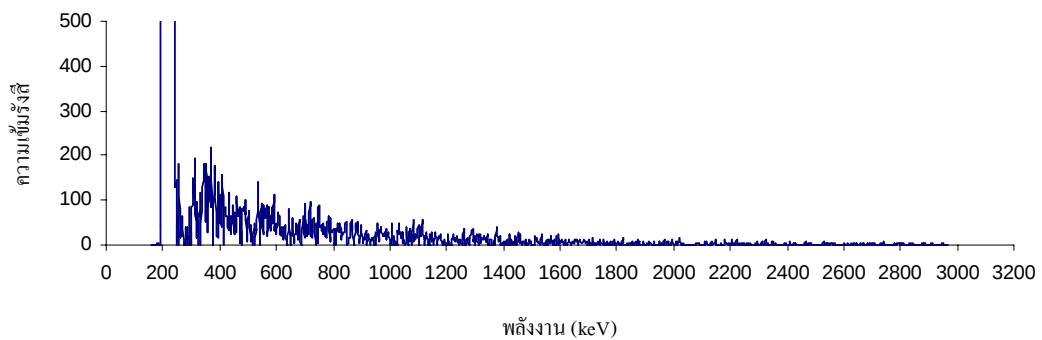
ชื่อแผ่นกระเบื้อง	Net Alpha ($\alpha/\text{cm}^2\text{-sec}$)	Net Beta ($\beta/\text{cm}^2\text{-sec}$)	หมายเหตุ
62. คามิโอขาว	0.0051 ± 0.0006	0.0571 ± 0.0022	(1), (br)
63. คามิโอเบจ	0.0043 ± 0.0006	0.0577 ± 0.0022	(1), (br)
64. คามิโอแซนด์	0.0040 ± 0.0005	0.0533 ± 0.0021	(1), (br)
65. ไอริสแมตช์เบจ	0.0097 ± 0.0012	0.0749 ± 0.0025	(1), (br)
66. โอเมก้าแมตช์ไวท์*	0.0110 ± 0.0014	0.0619 ± 0.0023	(1), (br)
67. อารมิสแมตช์เบจ	0.0054 ± 0.0007	0.0635 ± 0.0023	(1), (br)
68. แม็กเซียมแซนด์	0.0023 ± 0.0003	0.0581 ± 0.0022	(1), (br)
69. เขาค้อฟ้า	0.0051 ± 0.0007	0.0618 ± 0.0022	(1), (br)
70. เขาค้อเขียว*	0.0048 ± 0.0006	0.0646 ± 0.0023	(1), (br)
71. สักกาละวิน แผ่นที่ 1*	0.0081 ± 0.0010	0.0613 ± 0.0022	(1), (br)
72. สักกาละวิน แผ่นที่ 2	0.0089 ± 0.0011	0.0664 ± 0.0023	(1), (br)
73. ชีน่าเบจ	0.0039 ± 0.0005	0.0549 ± 0.0021	(1), (br)
74. ขาวจุลเทศา	0.0061 ± 0.0007	0.0558 ± 0.0021	(2), (br)
75. แก่นจันทร์	0.0035 ± 0.0005	0.0540 ± 0.0021	(1), (br)
76. ภูวรินทร์ แผ่น 1	0.0044 ± 0.0006	0.0536 ± 0.0021	(1), (br)
77. ภูวรินทร์ แผ่น 2	0.0041 ± 0.0005	0.0538 ± 0.0021	(1), (br)
78. ทราดยสยาม แผ่น 1	0.0057 ± 0.0006	0.0673 ± 0.0023	(2), (br)
79. ทราดยสยาม แผ่น 2	0.0054 ± 0.0006	0.0606 ± 0.0022	(2), (br)
80. วังจันทร์ลอย	0.0032 ± 0.0005	0.0674 ± 0.0023	(2), (br)
81. เขียวขจี แผ่น 1	0.0049 ± 0.0006	0.0560 ± 0.0021	(2), (br)
82. เขียวขจี แผ่น 2	0.0053 ± 0.0006	0.0613 ± 0.0022	(2), (br)

หมายเหตุ (1) = กระเบื้องที่ได้จากโรงงานที่ 1 (2) = กระเบื้องที่ได้จากโรงงานที่ 2

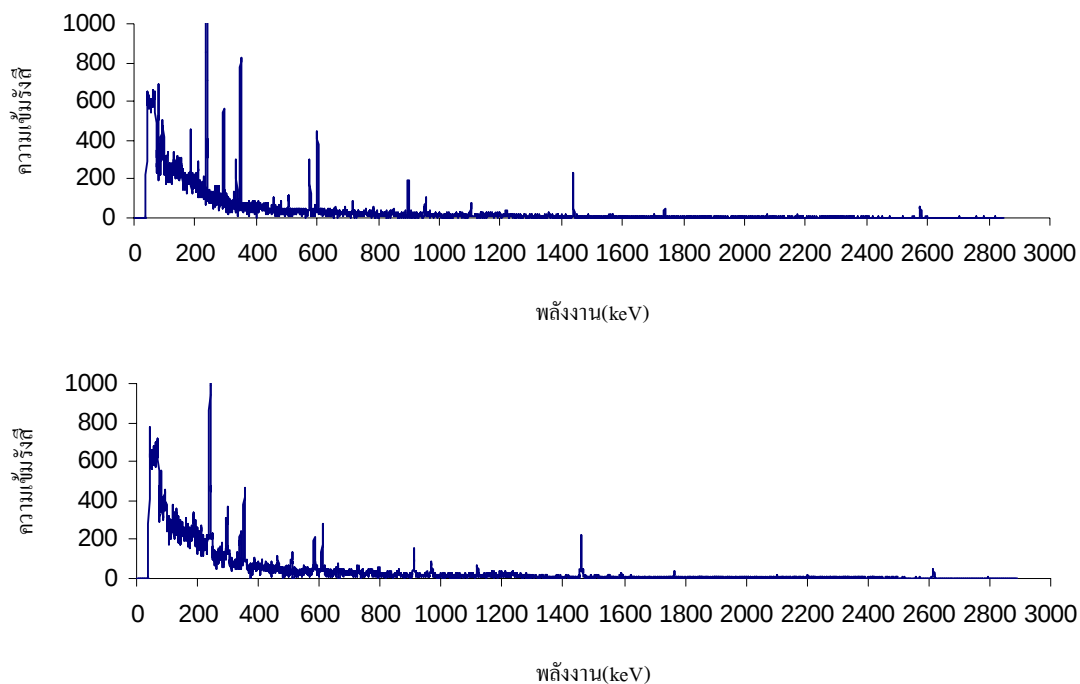
(br) = ใช้ดินสีน้ำตาลแดง (w) = ใช้ดินขาวล้วน * = ตัวอย่างที่ทำการวัดสเปกตรัมรังสี



รูปที่ 3 สเปกตรัมรังสีแอลฟาของตัวอย่างกระเบื้องตัวอย่างที่ 70 รุ่นเขาค้อเขียว (บน) และตัวอย่างที่ 71 รุ่นสักสาละวิน (ล่าง)



รูปที่ 4 สเปกตรัมรังสีบีตาของตัวอย่างกระเบื้องตัวอย่างที่ 70 รุ่นเขาค้อเขียว (บน) และตัวอย่างที่ 71 รุ่นสักสาละวิน (ล่าง)



รูปที่ 5 สเปกตรัมรังสีแกมมาของตัวอย่างกระเบื้องตัวอย่างที่ 70 รุ่นเขาค้อเขียว (บน) และตัวอย่างที่ 71 รุ่นสักสาละวิน (ล่าง)

สรุปผลการวิจัย

การประเมินอัตราปริมาณรังสีที่ได้จากรังสีแอลฟาและรังสีบีตา รวม เมื่อสัมผัสผิวกระเบื้องโดยตรงอาศัยค่าพลังงานเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณจากสเปกตรัมรังสีที่ได้ และระยะการเดินทางของรังสี (range) ในเนื้อเยื่อ ซึ่งสามารถคำนวณหาปริมาณรังสี ณ ผิวสัมผัสของเนื้อเยื่อจาก

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

เมื่อ D คือ อัตราปริมาณรังสีที่ได้รับในหน่วย $\frac{\text{J}}{\text{kg} - \text{sec}}$ หรือ $\frac{\text{Gy}}{\text{sec}}$

A คือ ความแรงรังสีในหน่วย $\frac{\alpha \text{ or } \beta}{\text{cm}^2 - \text{sec}}$

E คือ พลังงานเฉลี่ยในหน่วย $\frac{\text{MeV}}{\alpha \text{ or } \beta}$

R คือ พิสัย (range) อนุภาค ในหน่วยเป็น เซนติเมตร

ρ คือ ความหนาแน่นของเนื้อเยื่อซึ่งเท่ากับ $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

เมื่อทำการคูณด้วยค่า Quality Factor (QF) จะได้อัตราปริมาณรังสีออกมาในหน่วยของ equivalent dose ($\frac{\text{Sv}}{\text{hr}}$) ค่า QF ของรังสีแอลฟาและบีตามีค่าเท่ากับ 20 และ 1 ตามลำดับ การ

ได้รับรังสีแอลฟาจากการสัมผัสกระเบื้องเป็นเวลานาน จึงอาจได้รับปริมาณรังสีสูง เนื่องจากมีค่า QF สูง หากใช้อัตราการปลดปล่อยเท่ากับค่าสูงสุดที่วัดได้ คือ 0.0154 ต่อตารางเซนติเมตร-วินาที และค่าพลังงานเฉลี่ยของรังสีแอลฟาที่ปลดปล่อยจากผิวหน้าของแผ่นกระเบื้องเท่ากับ 3 MeV ซึ่งมีพิสัยในเนื้อเยื่อราว 2.2×10^{-3} เซนติเมตร อัตราปริมาณรังสีที่ได้รับจะมีค่าประมาณ 240 $\mu\text{Sv/hr}$ ซึ่งนับว่าสูง แต่ในทางปฏิบัติส่วนของร่างกายที่สัมผัสโดยตรงส่วนใหญ่คือมือหรือเท้า และไม่ได้สัมผัสเป็นเวลานาน ปริมาณรังสีที่ได้รับจึงอาจไม่มากจนทำให้เกิดอันตราย อย่างไรก็ตามผู้วิจัยจะได้นำการศึกษาวิจัยในประเด็นนี้โดยละเอียดต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท เซรามิกอุตสาหกรรมไทย จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างกระเบื้องปูพื้น และกระเบื้องปูผนัง ส่วนใหญ่ที่ใช้ในการวิจัยนี้ และในการอนุญาตให้เข้าเยี่ยมชมโรงงานผลิต ซึ่งเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้มาก

เอกสารอ้างอิง

1. ทิพวรรณ นิ่งน้อย, 2534. การประมาณสารกัมมันตรังสีตามธรรมชาติบางชนิดในลิกไนต์และถ่านลิกไนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
2. ดวงพร เอ็งวงษ์ตระกูล, 2540. การประมาณสารกัมมันตรังสีในปูนซีเมนต์โดยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
3. Cooper, J.R., Randle, K., Sokhi, R.S., 2003. Radioactive Releases in the Environment : Impacts and Assessment. John Wiley & Sons, London.
4. Burnham, J.U., 2002. Radiation Protection. John Wiley & Sons, Toronto.
5. Bruzzi, L., Baroni, M., Mazzoti, G., Mele, R., Righi, S., 2000. Radioactivity in Raw Materials and End Products in the Italian Ceramics Industry. J. Environmental Radioactivity. 47, 171-181.
6. Higgi. R.H., El-Tahawy, M.S., Abdel-Fattah, A.T., Al-Akabawy, U.A., 2000. Radionuclides Content of Building Materials and Associated Gamma Dose Rates in Egyptian Dwellings. J. Environmental Radioactivity. 50, 253-261.