



บทที่ 4 ผลการวิจัย

จากการวัดอัตราการปลดปล่อยเรดอนจากวัสดุภัณฑ์ก่อสร้างโดยการวัดรังสีแอลฟาของเรดอน-222 ด้วยหัววัดสังกะสีซัลไฟด์ [ZnS(Ag)] ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 ผลจากการวัดตัวอย่างโดยใช้หัววัด ZnS(Ag) ได้ดังตาราง

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดรังสีแอลฟาจากตัวอย่างแผ่นหินแกรนิต 5 ตัวอย่างด้วยหัววัดสังกะสีซัลไฟด์

ตัวอย่างที่	Counts/80min	Temperature (°C)	Relative Humidity(%)	Pressure (mm.Hg)
เขาโตน	186 ± 14	25.0	63.3	1010.5
นิวพิงค์	55 ± 7	27.0	67.3	1011.0
ชมพูนิน	14 ± 4	27.1	72.3	1012.1
เทาจิ้น	14 ± 4	25.2	68.4	1011.0
ขาวจิ้น	16 ± 4	25.0	64.9	1011.3

หมายเหตุ อุณหภูมิ ความชื้น และความดันภายนอกขณะบรรจุนะพราะขณะทำการทดลอง มีการควบคุมอุณหภูมิอยู่ในช่วง 24-27 °C, ความชื้นอยู่ในช่วง 60-72 % และความดันอยู่ในช่วง 1010-1012 mm.Hg ซึ่งถือว่าคงที่สำหรับการวัดรังสีทุกตัวอย่าง

ตารางที่ 4.2 ผลการวัดรังสีแอลฟาจากตัวอย่างแผ่นหินอ่อน 5 ตัวอย่างด้วยหัววัดสังกะสีซัลไฟด์

ตัวอย่างที่	Counts/80min	Temperature (°C)	Relative Humidity(%)	Pressure (mm.Hg)
ทับทรวงลายเรียบ	10 ± 3	25.5	70.8	1009.5
เทาขาว	11 ± 3	25.2	68.8	1012.5
เทาปากช่อง	12 ± 3	24.9	66.8	1012.5
ตาหวานโกโก้	11 ± 3	24.0	63.5	1012.1
ชมพูพรางกระด่าย	13 ± 4	26.8	59.5	1010.7

ตารางที่ 4.3 ผลการวัดรังสีแอลฟาจากตัวอย่างก้อนอิฐมอญ 5 ตัวอย่างด้วยหัววัดสังกะสีซัลไฟด์

ตัวอย่างที่	Counts/80min	Temperature (°C)	Relative Humidity(%)	Pressure (mm.Hg)
1	26 ± 5	25.0	67.3	1010.9
2	22 ± 5	25.7	70.8	1010.5
3	24 ± 5	25.3	66.1	1011.8
4	18 ± 4	25.0	62.8	1010.3
5	40 ± 6	25.9	61.9	1011.7

ตารางที่ 4.4 ผลการวัดรังสีแอลฟาจากตัวอย่างก้อนอิฐบล็อก 5 ตัวอย่างด้วยหัววัดสังกะสีซัลไฟด์

จำนวนครั้ง(N)	Counts/80min	Temperature (°C)	Relative Humidity(%)	Pressure (mm.Hg)
1	11 ± 3	26.0	70.2	1011.3
2	27 ± 5	25.4	68.0	1011.3
3	19 ± 4	25.4	67.3	1011.8
4	26 ± 5	24.6	60.4	1011.8
5	15 ± 4	26.2	68.7	1011.5

ตารางที่ 4.5 ผลการวัดตัวอย่างแผ่นกระเบื้องปูผนัง 5 ตัวอย่างด้วยหัววัดสังกะสีซัลไฟด์

ตัวอย่างที่	Counts/80min	Temperature (°C)	Relative Humidity(%)	Pressure (mm.Hg)
สีน้ำตาล	13 ± 4	24.9	64.4	1010.5
สีขาวลายเส้นเทา	14 ± 4	24.8	64.8	1012.4
สีฟ้า	6 ± 2	26.4	70.5	1011.5
ลายหนูดอกไม้	10 ± 3	27.0	62.2	1010.2
สีน้ำเงินม่วง	5 ± 2	24.3	64.2	1010.5

4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของระบบวัด

จากการหาประสิทธิภาพระบบวัดโดยการเตรียมสารมาตรฐานเรเดียม-226 สามารถหาค่าประสิทธิภาพของระบบได้ดังนี้

เตรียมสารมาตรฐานเรเดียม-226 ที่มีความแรงรังสี 9103.44 dpm

ทำการวัดสารมาตรฐานด้วยระบบวัดได้ 5681 counts/80min ซึ่งเท่ากับ 71.01 cpm

สามารถหาประสิทธิภาพของระบบวัดได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \% \text{ ประสิทธิภาพของระบบ} &= \frac{\text{cpm}}{\text{dpm}} \times 100 \\ &= \frac{71.01}{9103.4} \times 100 \\ &= 0.78 \end{aligned}$$

ดังนั้นค่าเรดอนที่วัดได้จากระบบจะต้องทำการแก้ค่ากับค่าประสิทธิภาพของระบบก่อน เพื่อจะได้ทราบความเข้มข้นของเรดอนที่วัดได้ จากนั้นคำนวณค่าที่ได้ให้เป็นค่าอัตราการปลดปล่อยเรดอน โดยใช้สูตร

$$E_i = \frac{\lambda_i X_i V}{S(1 - e^{-\lambda T})} \quad (4.1)$$

โดยที่ E คือ อัตราการปลดปล่อยเรดอน(Bq/m²s)

λ_i คือ ค่าคงที่การสลายตัวของเรดอน

X_i คือ ความเข้มข้นเรดอนที่วัดได้(Bq/m³)

V คือ ปริมาตรของภาชนะบรรจุตัวอย่าง(m³)

S คือ พื้นที่ผิวของตัวอย่าง(m²)

T คือ ช่วงเวลาที่ทำการวัดรังสี(second)

เมื่อคำนวณค่าเสร็จแล้วจะได้ค่าอัตราการปลดปล่อยเรดอนจากการวัดตัวอย่าง วัสดุภัณฑ์ก่อสร้างดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.6 อัตราการปลดปล่อยเรดอนของตัวอย่างแผ่นหินแกรนิต 5 ตัวอย่างจากการวัดด้วยหัววัดสังกะสีซัลไฟด์

ตัวอย่างที่	อัตราการปลดปล่อยเรดอน(mBq/m ² -s)
เขาโทน	10.4 ± 0.76
นิวพิงค์	3.08 ± 0.42
ชมพู่จีน	0.79 ± 0.21
เทาจีน	0.79 ± 0.21
ขาวจีน	0.89 ± 0.22

ตารางที่ 4.7 อัตราการปลดปล่อยเรดอนของตัวอย่างแผ่นหินอ่อน 5 ตัวอย่างจากการวัดด้วยหัววัดสังกะสีซัลไฟด์

ตัวอย่างที่	อัตราการปลดปล่อยเรดอน(mBq/m ² -s)
ทับทิมลายเรียบ	0.59 ± 0.19
เทาขาว	0.60 ± 0.18
เทาปากช่อง	0.69 ± 0.20
ตาหวานโกโก้	0.63 ± 0.19
ชมพูพรางกระต่าย	0.71 ± 0.20

ตารางที่ 4.8 อัตราการปลดปล่อยเรดอนของตัวอย่างก้อนอิฐมอญ 5 ตัวอย่างจากการวัดด้วยหัววัดสังกะสีซัลไฟด์

ตัวอย่างที่	อัตราการปลดปล่อยเรดอน(mBq/m ² -s)
1	3.85 ± 0.76
2	3.89 ± 0.83
3	4.36 ± 0.89
4	3.17 ± 0.75
5	7.23 ± 1.14

ตารางที่ 4.9 อัตราการปลดปล่อยเรดอนของตัวอย่างก้อนอิฐบล็อก 5 ตัวอย่างจากการวัดด้วยหัววัดสังกะสีซัลไฟด์

ตัวอย่างที่	อัตราการปลดปล่อยเรดอน(mBq/m ² -s)
1	0.45 ± 0.14
2	1.20 ± 0.21
3	0.72 ± 0.17
4	1.00 ± 0.20
5	0.62 ± 0.16

ตารางที่ 4.10 อัตราการปลดปล่อยเรดอนของตัวอย่างแผ่นกระเบื้องปูผนัง 5 ตัวอย่างจากการวัดด้วยหัววัดสังกะสีซัลไฟด์

ตัวอย่างที่	อัตราการปลดปล่อยเรดอน(mBq/m ² -s)
สีน้ำตาล	0.84 ± 0.20
สีขาวลายเส้นเทา	0.88 ± 0.24
สีฟ้า	0.38 ± 0.15
ลายนูนดอกไม้	0.64 ± 0.20
สีน้ำเงินม่วง	0.32 ± 0.14

4.3 ผลจากการวัดตัวอย่างด้วยเครื่องวัดเรดอน(RAD 7)

เนื่องจากเครื่องวัดเรดอน RAD 7 ได้ทำการปรับเทียบกับ Ionization Chamber[11] ซึ่งเป็นเครื่องวัดความเข้มข้นของเรดอนที่มีความถูกต้องแล้ว ดังนั้นจึงสามารถที่จะทำการปรับเทียบกับเครื่องวัดเรดอน RAD 7 ได้ โดยทำการวัดตัวอย่างจากแชมเบอร์โดยใช้เครื่อง RAD 7 เพื่อเปรียบเทียบค่าเรดอนที่ปลดปล่อยออกมาจากตัวอย่าง พบว่าค่าที่วัดได้จากระบบวัดโดยใช้หัววัดสังกะสีซัลไฟด์กับค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดเรดอน RAD 7 ได้ค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งค่าที่วัดได้จากเครื่อง RAD 7 สามารถนำมาคำนวณเป็นค่าอัตราการปลดปล่อยเรดอนจากวัสดุภัณฑ์ต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 4.11 อัตราการปลดปล่อยเรดอนและอัตราการปลดปล่อยทอรอนโดยประมาณจากตัวอย่างแผ่นหินแกรนิต 5 ตัวอย่างจากการวัดด้วยเครื่องวัดเรดอน RAD 7

ตัวอย่างที่	อัตราการปลดปล่อยเรดอน (mBq/m ² -s)	อัตราการปลดปล่อยทอรอน (mBq/m ² -s)
เขาโทน	7.46 ± 1.82	47.9 ± 3.37
นิวฟิงค์	1.61 ± 0.43	12.1 ± 1.97
ชมพูจิ้น	0.53 ± 0.29	1.63 ± 1.01
เทาจิ้น	1.04 ± 0.44	2.61 ± 1.33
ขาวจิ้น	0.93 ± 0.55	4.65 ± 2.31

ตารางที่ 4.12 อัตราการปลดปล่อยเรดอนและอัตราการปลดปล่อยทอรอนโดยประมาณจากตัวอย่างแผ่นหินอ่อน 5 ตัวอย่างจากการวัดด้วยเครื่องวัดเรดอน RAD 7

ตัวอย่างที่	อัตราการปลดปล่อยเรดอน (mBq/m ² -s)	อัตราการปลดปล่อยทอรอน (mBq/m ² -s)
ทับทิมลายเรียบ	0.64 ± 0.53	0.63 ± 1.76
เทาขาว	1.02 ± 0.70	1.22 ± 1.99
เทาปากช่อง	0.87 ± 0.57	0.31 ± 1.65
ดาหวานโกโก้	0.85 ± 0.59	0.72 ± 1.74
ชมพูพรางกระต่าย	0.73 ± 0.50	0.58 ± 1.63

ตารางที่ 4.13 อัตราการปลดปล่อยเรดอนและอัตราการปลดปล่อยทอรอนโดยประมาณจากตัวอย่างก้อนอิฐมอญ 5 ตัวอย่างจากการวัดด้วยเครื่องวัดเรดอน RAD 7

ตัวอย่างที่	อัตราการปลดปล่อยเรดอน (mBq/m ² -s)	อัตราการปลดปล่อยทอรอน (mBq/m ² -s)
1	4.12 ± 1.11	18.5 ± 4.40
2	4.20 ± 1.25	25.0 ± 5.90
3	4.10 ± 1.94	30.1 ± 9.21
4	3.66 ± 1.15	15.5 ± 4.65
5	6.17 ± 2.46	18.6 ± 7.91

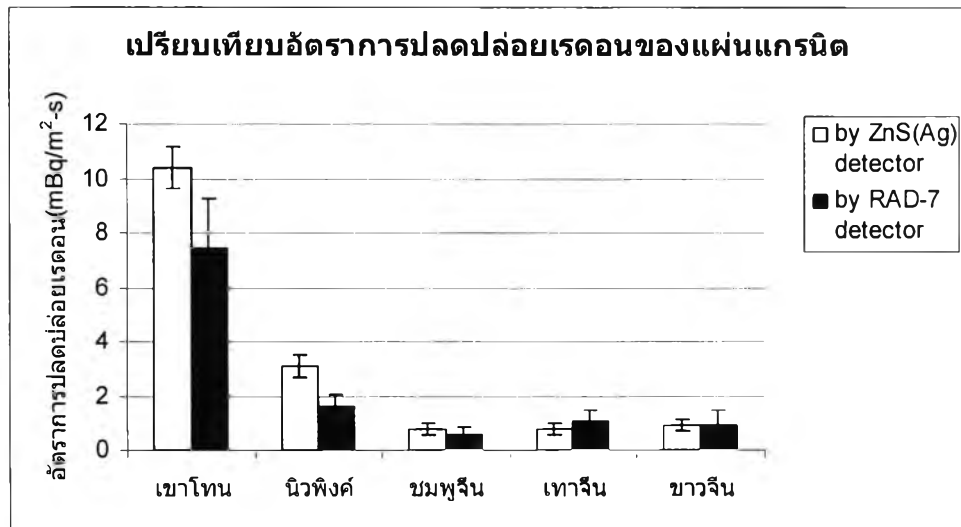
ตารางที่ 4.14 อัตราการปลดปล่อยเรดอนและอัตราการปลดปล่อยทอรอนโดยประมาณจากตัวอย่างก้อนอิฐบล็อก 5 ตัวอย่างจากการวัดด้วยเครื่องวัดเรดอน RAD 7

ตัวอย่างที่	อัตราการปลดปล่อยเรดอน (mBq/m ² -s)	อัตราการปลดปล่อยทอรอน (mBq/m ² -s)
1	0.82 ± 0.52	0.87 ± 1.32
2	1.52 ± 0.50	1.25 ± 1.48
3	1.17 ± 0.45	1.62 ± 1.37
4	1.36 ± 0.46	0.95 ± 1.26
5	1.03 ± 0.45	1.00 ± 1.55

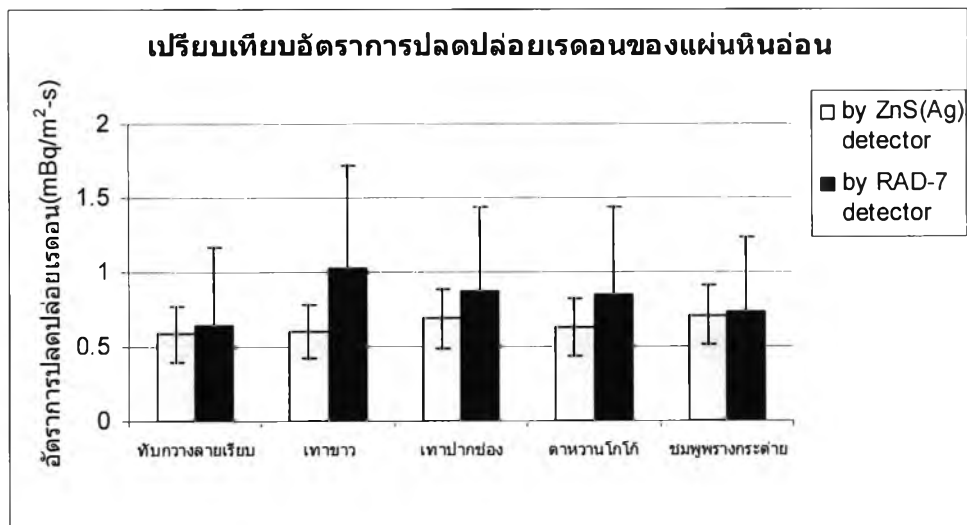
ตารางที่ 4.15 อัตราการปลดปล่อยเรดอนและอัตราการปลดปล่อยทอรอนโดยประมาณจากตัวอย่างแผ่นกระเบื้องปูผนัง 5 ตัวอย่างจากการวัดด้วยเครื่องวัดเรดอน RAD 7

ตัวอย่างที่	อัตราการปลดปล่อยเรดอน (mBq/m ² -s)	อัตราการปลดปล่อยทอรอน (mBq/m ² -s)
สีน้ำตาล	0.77 ± 0.38	0.86 ± 0.88
สีขาวลายเส้นเทา	0.93 ± 0.59	0.45 ± 1.84
สีฟ้า	0.55 ± 0.32	0.70 ± 1.05
ลายนูนดอกไม้	0.59 ± 0.57	0.91 ± 1.96
สีน้ำเงินม่วง	0.31 ± 0.27	0.31 ± 0.97

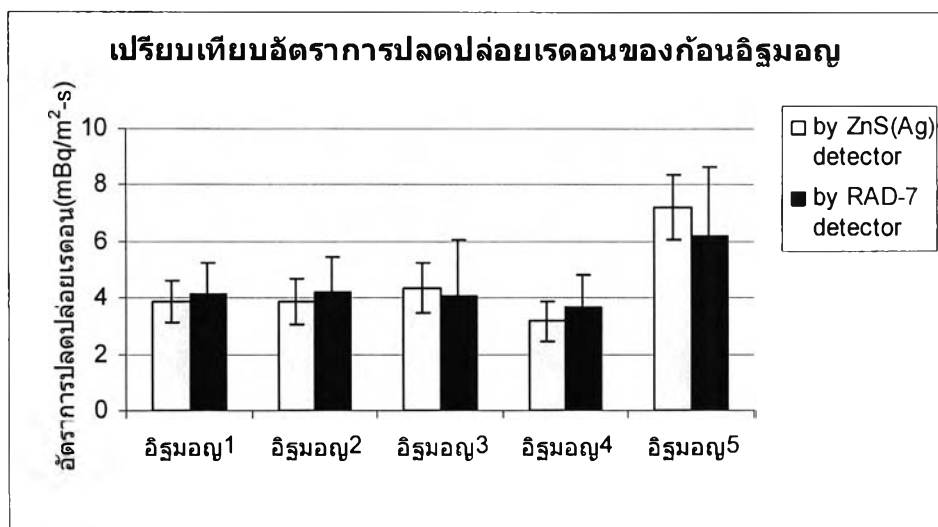
เมื่อนำค่าอัตราการปลดปล่อยเรดอนที่วัดได้จากหัววัดสังกะสีซัลไฟด์และเครื่องวัดเรดอน RAD 7 มาเปรียบเทียบกันพบว่า มีลักษณะดังกราฟดังต่อไปนี้



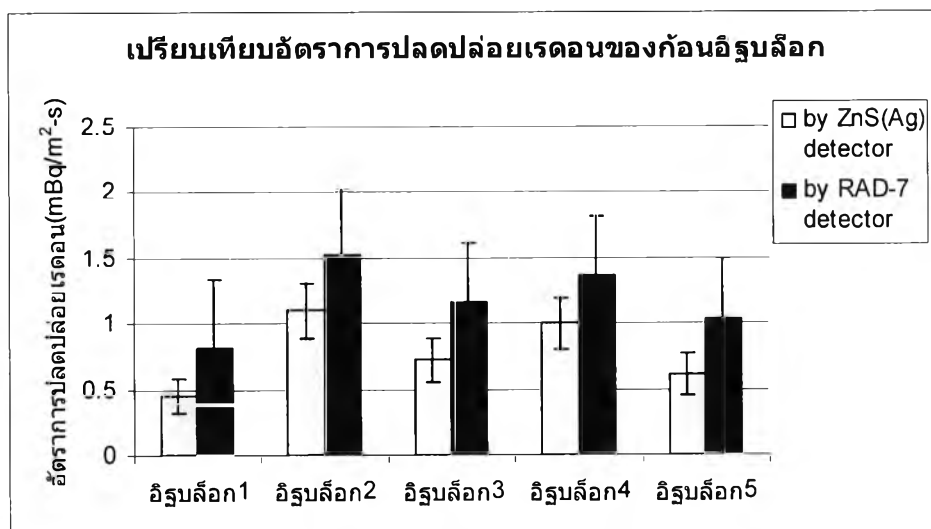
รูป 4.1 เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยเรดอนของแผ่นหินแกรนิตจากการวัดด้วยหัววัด ZnS(Ag) และการวัดด้วยเครื่องวัดเรดอน RAD 7



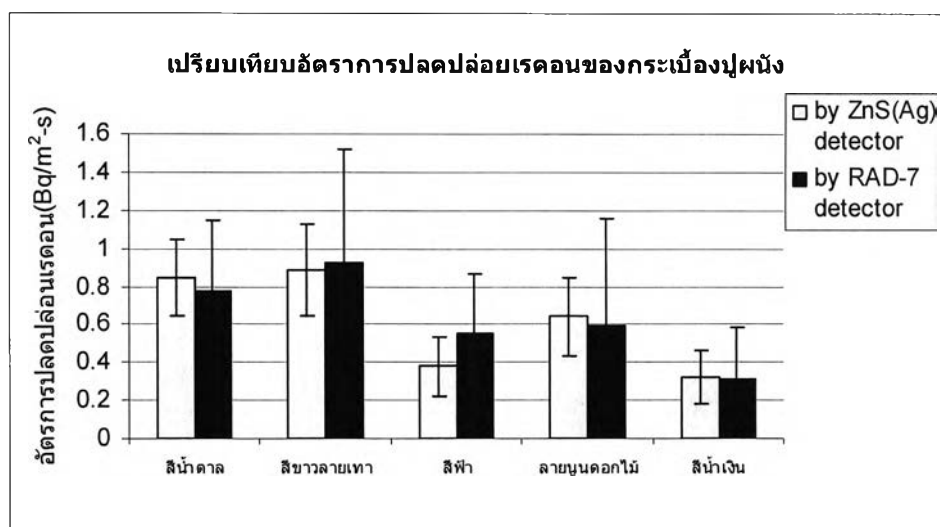
รูป 4.2 เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยเรดอนของแผ่นหินอ่อนจากการวัดด้วยหัววัด ZnS(Ag) และการวัดด้วยเครื่องวัดเรดอน RAD 7



รูป 4.3 เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยเรดอนของก้อนอิฐมอญจากการวัดด้วยหัววัด ZnS(Ag) และการวัดด้วยเครื่องวัดเรดอน RAD 7



รูป 4.4 เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยเรดอนของก้อนอิฐบล็อกจากการวัดด้วยหัววัด ZnS(Ag) และการวัดด้วยเครื่องวัดเรดอน RAD 7



รูป 4.5 เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยเรดอนของแผ่นกระเบื้องปูผนังจากการวัดด้วยหัววัด ZnS(Ag) และการวัดด้วยเครื่องวัดเรดอน RAD 7

4.4 ผลจากการวัดรังสีแกมมาจากตัวอย่างด้วยหัววัดกึ่งตัวนำชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง

ตารางที่ 4.16 ความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมของตัวอย่างแผ่นหินแกรนิต 5 ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่	ความแรงรังสีจำเพาะ(counts/12 hr-g)
เขาโพน	7.69 ± 1.03
นิวพิงค์	4.89 ± 1.02
ชมพูจีน	1.32 ± 0.87
เทาจีน	2.62 ± 0.98
ขาวจีน	1.02 ± 0.82

ตารางที่ 4.17 ความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมของตัวอย่างแผ่นหินอ่อน 5 ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่	ความแรงรังสีจำเพาะ(counts/12 hr-g)
ทับทรวงลายเรียบ	0.08 ± 0.92
เทาขาว	N.D.
เทาปากช่อง	N.D.
ตาหวานโกโก้	N.D.
ชมพูพรางกระต่าย	0.06 ± 0.98

หมายเหตุ N.D. = ต่ำกว่าค่าต่ำสุดในการวัด(Lower Limit of Detection , LLD)

ตารางที่ 4.18 ความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมของตัวอย่างก้อนอิฐมอญ 5 ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่	ความแรงรังสีจำเพาะ(counts/12 hr-g)
1	12.99 ± 5.21
2	8.39 ± 5.84
3	3.65 ± 4.37
4	4.48 ± 4.70
5	6.25 ± 5.01

ตารางที่ 4.19 ความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมของตัวอย่างก้อนอิฐบล็อก 5 ตัวอย่าง

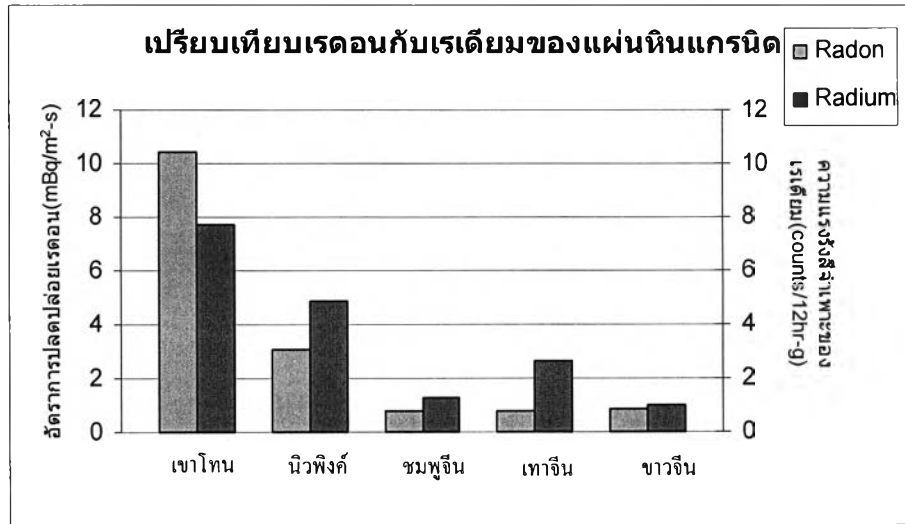
ตัวอย่างที่	ความแรงรังสีจำเพาะ(counts/12 hr-g)
1	3.19 ± 4.80
2	2.01 ± 2.82
3	3.02 ± 2.92
4	3.59 ± 3.32
5	0.87 ± 2.03

หมายเหตุ ก้อนอิฐมอญตัวอย่างที่ 1 และก้อนอิฐบล็อกตัวอย่างที่ 1 ได้ทำการบดตัวอย่างก่อนนำมาวัดรังสี

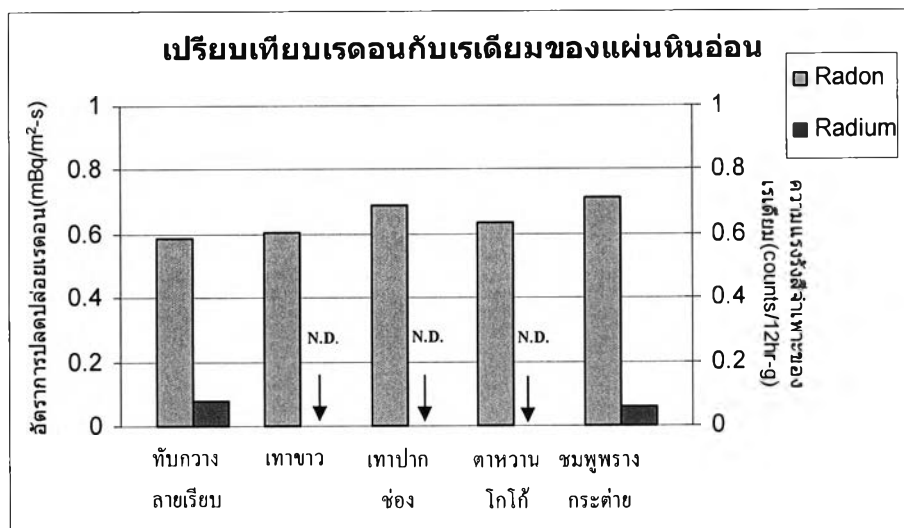
ตารางที่ 4.20 ความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมของตัวอย่างแผ่นกระเบื้องปูผนัง 5 ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่	ความแรงรังสีจำเพาะ(counts/12 hr-g)
สีน้ำตาล	3.26 ± 1.06
สีขาวลายเส้นเทา	9.40 ± 1.12
สีฟ้า	4.34 ± 0.94
ลายนูนดอกไม้	3.26 ± 1.19
สีน้ำเงินม่วง	7.36 ± 1.03

ทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของปริมาณของเรดอนและความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมโดยการเปรียบเทียบจากอัตราการปลดปล่อยเรดอนกับปริมาณเรเดียม ได้ดังต่อไปนี้

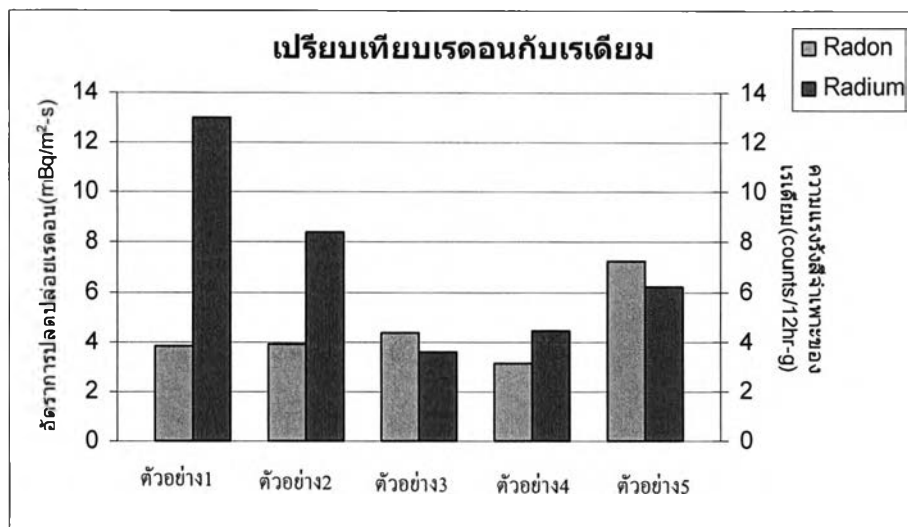


รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยเรดอนกับความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมจากตัวอย่างแผ่นหินแกรนิต



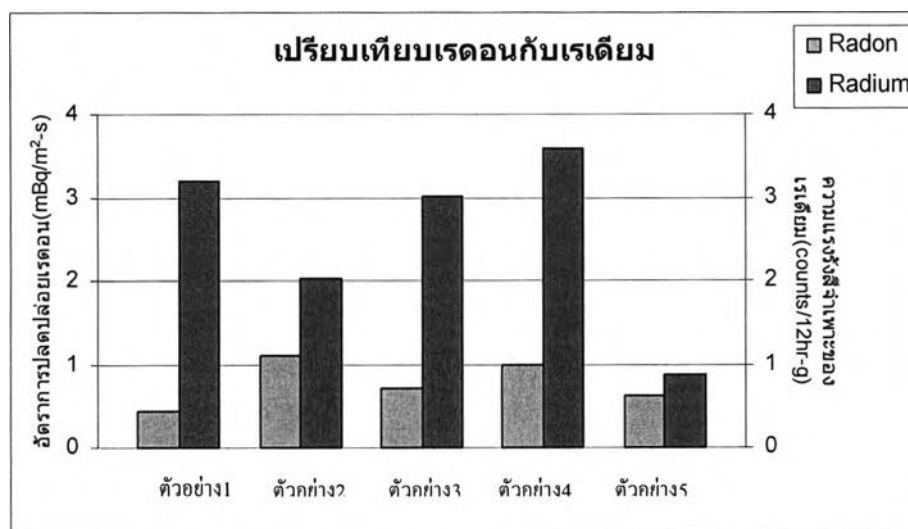
รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยเรดอนกับความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมจากตัวอย่างแผ่นหินอ่อน

หมายเหตุ N.D. = ต่ำกว่าค่าต่ำสุดในการวัด (Lower Limit of Detection, LLD)



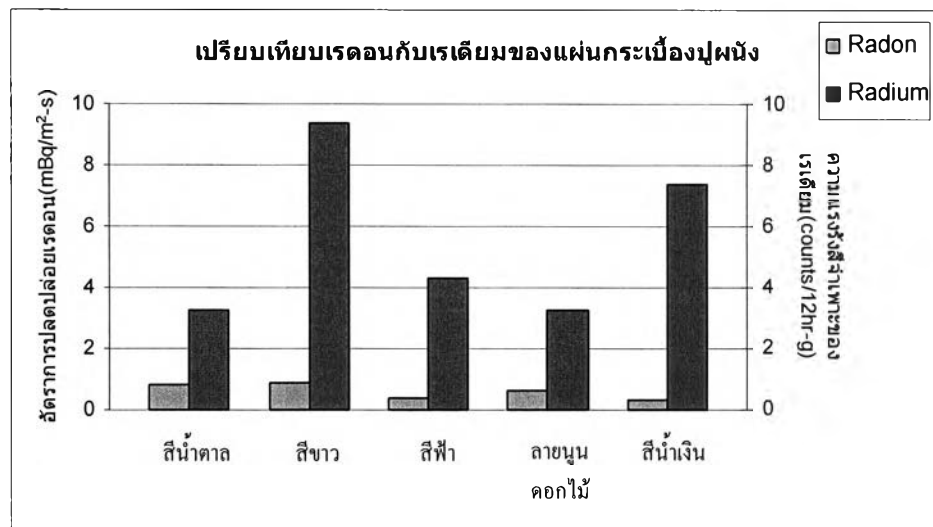
รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยเรดอนกับความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมจากตัวอย่าง ก้อนอิฐมอญ

หมายเหตุ ก้อนอิฐมอญตัวอย่างที่ 1 ทำการบดตัวอย่างก่อนนำมาวัดรังสีแกมมาของเรเดียม



รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยเรดอนกับความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมจากตัวอย่าง ก้อนอิฐบล็อก

หมายเหตุ ก้อนอิฐบล็อกตัวอย่างที่ 1 ทำการบดตัวอย่างก่อนนำมาวัดรังสีแกมมาของเรเดียม



รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยเรดอนกับความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมจากตัวอย่างแผ่นกระเบื้องปูผนัง