

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล/ผลการทดลอง

จากการเปรียบเทียบมาตรฐานการตรวจวัดแก๊สทอรอนโดยการตรวจวัดรอยอนุภาคแอลฟา เพื่อนำผลที่ได้จากการเปรียบเทียบมาตรฐานใช้ในการหาปริมาณทอรอนในอาคารที่พักอาศัยใน กรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑล เป็นเวลา 6-9 เดือน โดยทำการวางในเดือน พฤษภาคม 2548 ถึงเดือน มกราคม 2549

4.1 ผลการเปรียบเทียบมาตรฐาน

การเปรียบเทียบมาตรฐานเพื่อหาปริมาณแก๊สทอรอนโดยใช้วิธีตรวจวัดรอยอนุภาคแอลฟา ที่ตกกระทบแผ่น CR-39 ทำได้โดยใช้ใส่ตะเกียงเจ้าพายุเป็นต้นกำเนิดรังสี จากนั้นนำตลับ CR-39 ที่บรรจุไว้ CR-39 เรียบร้อยแล้วแขวนไว้ในแฮมเบอร์ทั้งหกด้านเพื่อทำการเปิดรับทอรอนจากใต้ ตะเกียงเจ้าพายุ เป็นเวลา 74 h หรือ 3 d ในขณะที่ทำการเปิดรับทอรอนจะใช้เครื่องมือวัดปริมาณ ความเข้มข้นของแก๊สทอรอนหรือ RAD7 เป็นเครื่องมือตรวจวัดมาตรฐาน ซึ่งวัดปริมาณทอรอนได้ 166.35 Bq/m^3 และวัดปริมาณเรดอนโดยใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานแก๊สเรดอน ซึ่งวัดปริมาณเรดอน ได้ $56,672 \text{ Bq/m}^3$ เมื่อครบกำหนด 74 h แล้วนำแผ่น CR-39 ไปกักรอยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 6.25 N ที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 4 h และนำมาผึ่งให้แห้งเป็นเวลาอย่างน้อย 2 h จากนั้นจึงนำแผ่น CR-39 มาอ่านรอยด้วยกล้องจุลทรรศน์ได้ผล ดังตาราง 6

ตาราง 6 ตารางบอกปริมาณแก๊สทอรอนจากอาคารบ้านเรือน อ่านค่าจากกล้อง จุลทรรศน์

ตำแหน่งที่	รหัส CR-39	ปริมาณแก๊สทอรอน (Bq/m ³)
1	B91733	0.00
2	B91734	0.00
3	B91735	24.02
4	B91736	5.14
5	B91737	563.22
6	B91738	27.48
7	B91742	9.91
8	B91743	2.96
9	B91744	0.00
10	B91751	13.58
11	B91752	91.17
12	B91410	32.92
13	B91749	0.00
14	B91871	0.00
15	B91506	42.98
16	B91511	39.35
17	B91870	0.00
18	B91873	0.00
19	B91874	0.00
20	B91875	0.00
21	B91876	0.00
22	B91878	0.00

ตาราง 6 (ต่อ)

ตำแหน่งที่	รหัส CR-39	ปริมาณแก๊สทอรอน (Bq/m ³)
23	B91501	0.00
24	B91502	0.00
25	B91505	0.00
26	B91507	0.00
27	B91508	0.00
28	B91509	276.39
29	B91510	0.00
30	B91514	34.91
31	B91515	0.00
32	B91518	48.00
33	B91512	31.57
34	B91520	80.63
35	B91521	18.66
36	B91524	0.00
37	B91525	0.00
38	B91683	66.13
39	B91681	0.00
40	B91543	0.00
41	B91544	0.00
42	B91549	0.00
43	B91566	0.00

ตาราง 6 (ต่อ)

ตำแหน่งที่	รหัส CR-39	ปริมาณแก๊สทอซอน (Bq/m ³)
44	B91570	1.96
45	B91573	0.18
46	B91577	0.00
47	B91529	0.00
48	B91530	5.52
49	B91532	51.00
50	B91555	18.08
ค่าเฉลี่ย		29.71
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		88.36

0.00 หมายถึง วัดค่าไม่ได้

ตาราง 7 แสดงผลการนับรอยทอซอนบนแผ่น CR-39 ที่ได้จากการปรับเทียบมาตรฐาน

รหัส CR-39	จำนวนรอยที่นับได้ (tracks/cm ²)
B91131	293
B91133	381
B93343	428
B91146	456
B91148	380
B91151	262
ค่าเฉลี่ย	366.66
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	75.51

ตาราง 8 ผลการนับค่าแบคกาว์ CR-39 ที่อยู่ในดิลบ์ทอรอน

รหัส CR-39	จำนวนรอยที่นับได้ (tracks/cm ²)
B91136	62
B91138	78
B93340	100
B91142	110
ค่าเฉลี่ย	87.50
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	21.62

การคำนวณหาปริมาณทอรอนที่ได้จากการปรับเทียบมาตรฐาน

การหาปริมาณทอรอนทำได้โดยแทนค่าที่ได้จากการปรับเทียบลงในสมการ (2.69) ซึ่งมีตัวแปร ดังนี้

$$T_1 = 1.45 \quad h \quad (4.1)$$

$$T_2 = 74 \quad h \quad (4.2)$$

$$A_{Rn} = 311.06 \quad \text{tracks/cm}^2 \quad (4.3)$$

$$A_{Tn} = 488.88 \quad \text{tracks/cm}^2 \quad (4.4)$$

$$B_{Rn} = 226.66 \quad \text{tracks/cm}^2 \quad (4.5)$$

$$B_{Tn} = 770.60 \quad \text{tracks/cm}^2 \quad (4.6)$$

$$B_1 = 109 \quad \text{tracks/cm}^2 \quad (4.7)$$

$$B_2 = 116.66 \quad \text{tracks/cm}^2 \quad (4.8)$$

$$B_3 = 140 \quad \text{tracks/cm}^2 \quad (4.9)$$

$$B_4 = 148 \quad \text{tracks/cm}^2 \quad (4.10)$$

$$Q_{Rn} = 56,672 \quad \text{Bq/cm}^2 \quad (4.11)$$

$$Q_{Tn} = 166.35 \quad \text{Bq/cm}^2 \quad (4.12)$$

$$Q'_{Tn} = 8,784.09 \quad \text{Bq/cm}^2 \quad (4.13)$$

$$Q'_{Rn} = 207.39 \quad \text{Bq/cm}^2 \quad (4.14)$$

ซึ่ง A_{Rn} , B_{Rn} , Q_{Rn} , Q'_{Rn} ได้จากการวัดค่าเรดอนจากวิทยานิพนธ์ของ
สุกัญญา อินทร์สวัสดิ์

จากนั้นเริ่มคำนวณผล โดยนำสมการ (4.3) และ (4.1) ลงในสมการ (2.33) จะได้

$$\begin{aligned} K_1 &= \frac{A_{Rn} - B_1}{T_1} \\ &= \frac{(3.11.06 \text{ tracks/cm}^2) - (109 \text{ tracks/cm}^2)}{1.667 \text{ h}} \\ &= \frac{(311.06 - 109) \text{ tracks/cm}^2}{1.667 \text{ h}} \\ K_1 &= 121.264 \text{ tracks/cm}^2 \cdot \text{h}^{-1} \end{aligned} \quad (4.15)$$

ในทำนองเดียวกัน แทนค่าสมการ (4.1), (4.4) และ (4.8) ลงในสมการ (2.38)

$$K_2 = 233.328 \text{ tracks/cm}^2 \cdot \text{h}^{-1} \quad (4.16)$$

แทนค่าสมการ (4.2), (4.5) และ (4.9) ลงในสมการ (2.39) จะได้

$$K_3 = 1.171 \text{ tracks/cm}^2 \cdot \text{h}^{-1} \quad (4.17)$$

และแทนค่าสมการ (4.2), (4.6) และ (4.10) ลงในสมการ (2.40) จะได้

$$K_4 = 8.414 \text{ tracks/cm}^2 \cdot \text{h}^{-1} \quad (4.18)$$

จากสมการ (2.57) – (2.60) แทนตัวแปรเพื่อหาค่าตัวประกอบการปรับเทียบมาตรฐาน
(Calibration factor) ทั้ง 4 ตัว ในสมการ (2.57), (2.58), (2.59) และ (2.60) จากนั้นนำสมการ
(2.57) แทนค่าใน K_1 จากสมการ (4.12), K_3 จากสมการ (4.17), Q_{Rn} จากสมการ (4.11), Q_{Tn}
จากสมการ (4.12), Q'_{Rn} จากสมการ (4.13), Q'_{Tn} จากสมการ (4.14) จะได้

$$CF_{Rn1} = \frac{K_1 Q'_{Tn} - K_3 Q_{Tn}}{Q_{Rn} Q'_{Tn} - Q'_{Rn} Q_{Tn}} \quad (2.57)$$

$$= \frac{(121.264 \text{ tracks/cm}^2 \cdot \text{h}^{-1})(8784.09 \text{ Bq/m}^3) - (1.171 \text{ tracks/cm}^2 \cdot \text{h}^{-1})(166.35 \text{ Bq/m}^3)}{(56672 \text{ Bq/m}^3)(8784.09 \text{ Bq/m}^3) - (207.39 \text{ Bq/m}^3)(166.35 \text{ Bq/m}^3)}$$

$$CF_{Rn1} = 2.39 \times 10^{-2} \text{ tracks/cm}^2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot (\text{Bq/m}^3) \quad (4.19)$$

เช่นเดียวกัน ในการหาค่า CF_{Tn1} จากสมการ (2.58) โดยการแทนค่า K_1 จากสมการ (4.15), K_3 จากสมการ (4.17), Q_{Rn} จากสมการ (4.11), Q_{Tn} จากสมการ (4.12), Q'_{Tn} จากสมการ (4.13) และ Q'_{Rn} จากสมการ (4.14) จะได้

$$CF_{Tn1} = 8.28 \times 10^{-5} \text{ tracks/cm}^2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot (\text{Bq/m}^3) \quad (4.20)$$

ในทำนองเดียวกัน หาค่า CF_{Rn2} จากสมการ (2.59) โดยการแทนค่า K_2 จากสมการ (4.16), K_4 จากสมการ (4.18), Q_{Rn} จากสมการ (4.11), Q_{Tn} จากสมการ (4.12), Q'_{Tn} จากสมการ (4.13) และ Q'_{Rn} จากสมการ (4.14) จะได้

$$CF_{Rn2} = 3.938 \times 10^{-3} \text{ tracks/cm}^2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot (\text{Bq/m}^3) \quad (4.21)$$

ในทำนองเดียวกัน หาค่า CF_{Tn2} จากสมการ (2.60) โดยการแทนค่า K_2 จากสมการ (4.16), K_4 จากสมการ (4.18), Q_{Rn} จากสมการ (4.11), Q_{Tn} จากสมการ (4.12), Q'_{Tn} จากสมการ (4.13) และ Q'_{Rn} จากสมการ (4.14) จะได้

$$CF_{Tn2} = 8.649 \times 10^{-4} \text{ tracks/cm}^2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot (\text{Bq/m}^3) \quad (4.22)$$

เมื่อได้ค่าจากการปรับเทียบมาตรฐาน ทั้ง 4 ตัวแล้ว นำค่าเหล่านี้ ได้แก่ K_1 จากสมการ (4.15), K_2 จากสมการ (4.16), CF_{Rn1} จากสมการ (4.19), CF_{Tn1} จากสมการ (4.20), CF_{Rn2} จากสมการ (4.21), CF_{Tn2} จากสมการ (4.22) แทนค่าในสมการ (2.59) จะได้

$$Q_{Rn} = \frac{K_1 CF_{Tn2} - K_2 CF_{Tn1}}{CF_{Rn1} CF_{Tn2} - CF_{Rn2} CF_{Tn1}} \quad (2.51)$$

$$= \frac{\left[\left(\frac{A_{Rn} - B_1}{T_1} \right) - (CF_{Tn2}) \right] - \left[\left(\frac{A_{Tn} - B_2}{T_1} \right) - (CF_{Tn1}) \right]}{[(CF_{Rn2})(CF_{Tn1})] - [(CF_{Rn2})(CF_{Tn1})]}$$

$$Q_{Rn} = 56,672 \text{ Bq/m}^3 \quad (4.23)$$

ในทำนองเดียวกัน จากสมการ (2.64) แทนค่า K_1 จากสมการ (4.15), K_2 จากสมการ (4.16), CF_{Rn1} จากสมการ (4.19), CF_{Tn1} จากสมการ (4.20), CF_{Rn2} จากสมการ (4.21), CF_{Tn2} จากสมการ (4.22) จะได้

$$Q_{Tn} = 166.35 \text{ Bq/m}^3 \quad (4.24)$$

ในทำนองเดียวกัน จากสมการ (2.67) แทนค่า K_3 จากสมการ (4.17), K_4 จากสมการ (4.18), CF_{Rn1} จากสมการ (4.19), CF_{Tn1} จากสมการ (4.20), CF_{Rn2} จากสมการ (4.21), CF_{Tn2} จากสมการ (4.22) จะได้

$$Q'_{Rn} = 207.39 \text{ Bq/m}^3 \quad (4.24)$$

ในทำนองเดียวกัน จากสมการ (2.68) แทนค่า K_3 จากสมการ (4.17), K_4 จากสมการ (4.18), CF_{Rn1} จากสมการ (4.19), CF_{Tn1} จากสมการ (4.20), CF_{Rn2} จากสมการ (4.21), CF_{Tn2} จากสมการ (4.22) จะได้

$$Q'_{Tn} = 8784.09 \text{ Bq/m}^3 \quad (4.25)$$

จากสมการ (4.23)-(4.26) จะเห็นว่า ค่า Q_{Rn} จากสมการ (4.23), Q_{Tn} จากสมการ (4.24) Q'_{Rn} จากสมการ (4.25), Q'_{Tn} จากสมการ (4.26) ที่ได้จากการคำนวณ มีค่าเท่ากับ Q_{Rn} จากสมการ (4.11), Q_{Tn} จากสมการ (4.12), Q'_{Rn} จากสมการ (4.13), Q'_{Tn} จากสมการ (4.14) ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดค่ามาตรฐานแก๊สทอรอน แสดงให้เห็นว่าสมการและค่าคงตัวประกอบการปรับเทียบมาตรฐานถูกต้อง

4.2 การวิเคราะห์ผลข้อมูล

การวิเคราะห์ผลข้อมูล จากการคำนวณค่าแก๊สทอรอนในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะใช้สมการ (2.69) และ (2.64) เพื่อหาค่าปริมาณแก๊สทอรอนจากอาคารบ้านเรือน ในกรุงเทพฯ และเขตปริมณฑล ที่ได้จากการนำตลับ CR-39 ไปวางในอาคารบ้านเรือนจำนวน 100 หลังคาเรือน โดยจะแบ่งเป็น 3 แบบ คือ

1. วิเคราะห์ปริมาณแก๊สทอรอนจากประเภทของวัสดุที่ใช้ปลูกสร้างกับอาคารบ้านเรือน
2. วิเคราะห์ปริมาณแก๊สทอรอนจากประเภทของวัสดุที่ใช้ปลูกสร้างกับอายุของอาคารบ้านเรือน
3. วิเคราะห์ปริมาณแก๊สทอรอนจากประเภทของวัสดุที่ใช้ปลูกสร้างกับการระบายอากาศ

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในเขตกรุงเทพฯ และในเขตปริมณฑลทั้งหมดจำนวน 100 หลังคาเรือน เป็นเวลา 6-9 เดือน ที่ผ่านมามีผลการเก็บตลับ CR-39 ตามตาราง 9

จากข้อมูลในตาราง 9 จะเห็นว่า จากจำนวนบ้าน 100 หลังคาเรือน เมื่อครบกำหนด 9 เดือนแล้ว ได้เก็บรวบรวมตลับ CR-39 มาเพื่อทำการวิจัยขั้นต่อไป จำนวนบ้านที่ได้ คือ 50 หลังคาเรือน อาจเนื่องมาจากเวลาการวางตลับ CR-39 ที่ค่อนข้างนาน จึงทำให้ตลับ CR-39 เกิดการเสียหายหรือสูญหายระหว่างช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่าง

ตาราง 9 ตารางเปรียบเทียบปริมาณแก๊สทอรอนกับวัสดุที่ใช้ปลูกสร้างอาคารบ้านเรือน

ประเภทวัสดุ	จำนวนที่พักอาศัย (หลัง)	ปริมาณทอรอน (Bq/m ³)
คอนกรีต	38	79.71
ไม้	6	23.32
ไม้และคอนกรีต	6	13.24

จากตาราง 9 ได้นำปริมาณแก๊สทอรอนที่คำนวณหาค่าเรียบร้อยแล้วมาแยกประเภทตามลักษณะวัสดุที่ใช้ปลูกสร้างและนำมาหาค่าเฉลี่ยได้ผลตามตาราง ดังนี้ คอนกรีตมีปริมาณแก๊สทอรอน 79.71 Bq/m^3 ไม้มีปริมาณแก๊สทอรอน 23.32 Bq/m^3 สำหรับไม้และคอนกรีตมีปริมาณแก๊สทอรอน 13.24 Bq/m^3 จะเห็นว่าลักษณะอาคารบ้านเรือนที่ใช้วัสดุประเภทคอนกรีตจะมีปริมาณความเข้มข้นของแก๊สทอรอนมากกว่าวัสดุประเภทอื่น ๆ รองลงมาคือลักษณะอาคารบ้านเรือนที่ใช้วัสดุประเภทไม้และอาคารบ้านเรือนที่ใช้วัสดุประเภท ไม้และคอนกรีต จะมีปริมาณความเข้มข้นของแก๊สทอรอนน้อยที่สุด

จากตาราง 10 จะเป็นการเปรียบเทียบปริมาณแก๊สทอรอนระหว่างวัสดุที่ใช้ในการปลูกสร้างอาคารบ้านเรือนกับอายุของอาคาร ซึ่งอายุของอาคารบ้านเรือนมีความสำคัญต่อการมีปริมาณความเข้มข้นของแก๊สทอรอน ได้ผลดังตาราง 10

ตาราง 10 ตารางเปรียบเทียบปริมาณทอรอนระหว่างวัสดุที่ใช้ปลูกสร้างอาคารบ้านเรือนกับอายุของอาคารบ้านเรือน

ประเภทวัสดุ	อายุของอาคารบ้านเรือน (y)			
	น้อยกว่า 1 y (Bq/m^3)	1 - 5 y (Bq/m^3)	5 - 10 y (Bq/m^3)	มากกว่า 10 y (Bq/m^3)
คอนกรีต	536.22 **	0.00	58.90	45.17
ไม้	0.00	0.00	0.00	23.32
ไม้และคอนกรีต	0.00	0.00	18.88	1.96

** มีข้อมูลเดียว

0.00 หมายถึง วัดค่าไม่ได้

จากตาราง 10 ได้นำค่าเฉลี่ยของปริมาณแก๊สทอรอนที่คำนวณค่าเรียบร้อยแล้วนำมาใส่ไว้ในตารางเพื่อเปรียบเทียบค่าของลักษณะวัสดุที่ใช้ในการปลูกสร้างอาคารบ้านเรือนกับอายุของอาคาร จะเห็นว่า ลักษณะของอาคารบ้านเรือนที่ใช้วัสดุประเภทคอนกรีต และอายุน้อยกว่า 1 y จะมีค่าความเข้มข้นของแก๊สทอรอนมากกว่าวัสดุอื่น ๆ รองลงมาคือ ลักษณะอาคารบ้านเรือนที่ใช้วัสดุประเภทคอนกรีตที่มีอายุ 5-10 y และลักษณะอาคารบ้านเรือนที่ใช้วัสดุประเภท ไม้และคอนกรีตที่มีอายุมากกว่า 10 y จะมีค่าความเข้มข้นของแก๊สทอรอนน้อยที่สุด สำหรับอาคาร

บ้านเรือนที่ใช้วัสดุประเภท ไม้ที่มีอายุน้อยกว่า 1 y ไม้ที่มีอายุ 1-5 y ไม้และคอนกรีตที่มีอายุน้อยกว่า 1 y ไม้และคอนกรีตที่มีอายุ 1-5 y และไม้และคอนกรีตที่มีอายุ 5-10 y ไม่สามารถวัดค่าความเข้มข้นของแก๊สทอรอนได้

ในขั้นตอนต่อไปจะเป็นตารางการเปรียบเทียบปริมาณแก๊สทอรอนระหว่างวัสดุใช้ปลูกสร้างอาคารบ้านเรือนกับการระบายอากาศ เพื่อศึกษาถึงการระบายอากาศกับลักษณะการระบายอากาศของอาคารบ้านเรือน ซึ่งการระบายอากาศในอาคารบ้านเรือนนั้นมีความสำคัญต่อการมีปริมาณความเข้มข้นของแก๊สทอรอนเช่นเดียวกัน ได้ผลดังตาราง 11

ตาราง 11 ตารางเปรียบเทียบปริมาณแก๊สทอรอนระหว่างวัสดุใช้ปลูกสร้างอาคารบ้านเรือนกับการระบายอากาศ

ประเภทวัสดุ	การระบายอากาศของอาคารบ้านเรือน	
	ระบายอากาศดี (Bq/m ³)	ระบายอากาศไม่ดี (Bq/m ³)
คอนกรีต	87.21	65.97
ไม้	23.32	0.00
ไม้และคอนกรีต	1.96	18.88

0.00 หมายถึง วัดค่าไม่ได้

จากตาราง 11 ได้นำค่าเฉลี่ยของปริมาณแก๊สทอรอนที่คำนวณค่าเรียบร้อยแล้วนำไปไว้ในตารางเพื่อเปรียบเทียบค่าของลักษณะวัสดุที่ใช้ในการปลูกสร้างอาคารบ้านเรือนกับลักษณะการระบายอากาศของอาคาร จะเห็นว่า ลักษณะของอาคารบ้านเรือนที่ใช้วัสดุประเภทคอนกรีตที่ระบายอากาศดี จะมีค่าความเข้มข้นของแก๊สทอรอนมากกว่าวัสดุอื่น ๆ รองลงมาคือ ลักษณะอาคารบ้านเรือนที่ใช้วัสดุประเภทคอนกรีตที่มีการระบายอากาศไม่ดี และลักษณะอาคารบ้านเรือนที่ใช้วัสดุประเภท ไม้และคอนกรีตที่มีการระบายอากาศดี มีค่าความเข้มข้นของแก๊สทอรอนน้อยที่สุด สำหรับไม้ที่มีการระบายอากาศไม่ดีไม่สามารถวัดค่าความเข้มข้นของแก๊สทอรอนได้