



การดำเนินการวิจัยและการคำนวณ

การวิจัยครั้งนี้ทำการเก็บข้อมูลโดยการดูอากาศผ่านกระดาษกรองเพื่อเก็บตัวอย่างฝุ่นในบรรยากาศจากบริเวณ ดิถพิสัย 1 ชั้นที่ 2 ภาควิชาพิสัย คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยตั้งเครื่องดูอากาศสูงจากพื้นดินประมาณ 6.60 เมตร เริ่มทำการดูอากาศเวลา 9.00 น. เป็นระยะเวลาทั้งหมด 4 ชั่วโมงทุกครั้งในวันพุธแต่ละสัปดาห์ตลอดปี

4.1 การหาประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นของกระดาษกรองอากาศ

เนื่องจากว่าอะตอมของสารกัมมันตรังสีนั้นเมื่อติดกับฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กมาก และการดูอากาศในการวิจัยนี้ใช้อัตรา 42 ลูกบาศก์ฟุต/นาที ซึ่งทำให้กระดาษกรองไม่สามารถเก็บกักฝุ่นไว้ได้ทั้งหมด ฉะนั้นจึงได้ทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นของกระดาษกรอง โดยการนำเอากระดาษกรองอากาศจำนวน 2 แผ่นมาเรียงซ้อนกันใช้สำหรับดูอากาศภายในห้องทดลองซึ่งมีปริมาณสารกัมมันตรังสีอยู่มากกว่าบรรยากาศโดยทั่วไปเป็นระยะเวลาทั้งหมด 1 ชั่วโมง แล้วจึงนำกระดาษกรองทั้งสองแผ่นไปเผาให้เป็นเถ้า จึงนำเถ้าของกระดาษกรองแต่ละแผ่นไปวัดหาจำนวนนับของกัมมันตภาพรังสีโดยทำการวัดหาจำนวนนับติดต่อกันแผ่นละ 5 นาที สลับกัน เพื่อหาจำนวนนับของกระดาษกรองทั้งสองแผ่นเมื่อนับในขณะเดียวกัน

จำนวนนับ	ในเวลา	5 นาที	ของกระดาษกรองอากาศแผ่นที่	1	คือ	68,253
"	"	"	แผ่นที่	2	"	10,843
"	"	"	แผ่นที่	1	"	41,795

จำนวนนับของกระดาษกรองอากาศแผ่นที่ 1 ที่นับในเวลาเดียวกันกับแผ่นที่สอง

$$\text{ควรจะมีค่าเท่ากับ } \frac{68,253 + 41,795}{2} = 55,024$$

เมื่อมีฝุ่นเคลื่อนที่ทะลุผ่านกระดาษกรองแผ่นที่ 1 ไปติดอยู่ที่กระดาษกรองแผ่นที่ 2 ฉะนั้นก็ควรจะมีฝุ่นเคลื่อนที่ทะลุผ่านกระดาษกรองแผ่นที่ 3 และกระดาษกรองแผ่นที่ 4 ฉะนั้นเราจึงสรุปจากผลของการทดลองว่า

1. ปริมาณของฝุ่นนั้นจะแปรโดยตรงกับจำนวนนับของกัมมันตภาพรังสี
2. อัตราส่วนของจำนวนนับของกระดาษกรองแผ่นใด ๆ กับจำนวนนับของกระดาษกรองแผ่นถัดไปจะมีค่าคงที่ คือ

$$\frac{\text{จำนวนนับของกระดาษกรองแผ่นที่ 2}}{\text{จำนวนนับของกระดาษกรองแผ่นที่ 1}} = \frac{\text{จำนวนนับของกระดาษกรองแผ่นที่ 3}}{\text{จำนวนนับของกระดาษกรองแผ่นที่ 2}} = \text{คงที่}$$

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองพบว่ามีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับผลบวกของ n พจน์ของอนุกรมเรขาคณิตจึงพออนุโลมนำมาใช้ในการคำนวณหาปริมาณจำนวนนับทั้งหมดของกระดาษกรองทุกแผ่น

อนุกรมก้าวหน้าเรขาคณิต (Geometric Progression) เป็นอนุกรมหนึ่งประกอบด้วยพจน์ต่าง ๆ ซึ่งพจน์ที่อยู่หลัง ๆ เกิดขึ้นได้โดยการคูณพจน์ที่อยู่ถัดไปข้างหน้าด้วยตัวประกอบคงตัว (constant factor) ตัวประกอบคงตัวนี้เรียกว่า อัตราส่วนร่วม (common ratio) ค่าของอัตราส่วนร่วมหาได้โดยทำการหารพจน์ใด ๆ ด้วยพจน์ที่อยู่ถัดไปข้างหน้า อนุกรมก้าวหน้าเรขาคณิตใด ๆ คือ $a, ar, ar^2, ar^3, ar^4, \dots$ ในเมื่อ a คือพจน์แรก r คืออัตราส่วนร่วม สำหรับการหาผลบวกของ n พจน์ของอนุกรมก้าวหน้าเรขาคณิต a, ar, ar^2, ar^3, \dots นั้นมีวิธีการดังต่อไปนี้คือ

ให้ S_n เป็นผลบวกของ n พจน์

$$\text{ดังนั้น } S_n = a + ar + ar^2 + ar^3 + ar^4 + \dots + ar^{n-2} + ar^{n-1} \quad 4.1$$

คูณทุก ๆ พจน์ด้วย r เราจะได้

$$\text{ดังนั้น } rS_n = ar + ar^2 + ar^3 + ar^4 + ar^5 + \dots + ar^{n-1} + ar^n \quad 4.2$$

จากนี้โดยการลบกันจะได้

$$S_n - rS_n = a - ar^n$$

$$(1 - r)S_n = a(1 - r^n)$$

$$S_n = \frac{a(1 - r^n)}{1 - r} = \frac{a}{1 - r} - \frac{ar^n}{1 - r} \quad 4.3$$

ในสูตรข้างต้นนี้ใช้ได้กรณีที่ r มีค่าน้อยกว่า 1 ถ้า r มีค่าเฉพาะตัวเลขน้อยกว่า 1 แล้ว r^n จะมีค่าลดลงในเมื่อ n มีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อ n ยิ่งทวีมากขึ้นเพียงไร ก็ย่อมทำให้ค่าของ r^n ยิ่งน้อยลงเพียงนั้น ซึ่งเป็นผลให้ค่าของ $\frac{ar^n}{1-r}$ ลดลงเพียงนั้นด้วย ดังนั้นผลบวกถึงอนันต์ (the sum to infinity) จะมีสูตรดังนี้

$$S_\infty = \frac{a}{1 - r} \quad 4.4$$

จากสมการ 4.4 กำหนดให้

$$S_\infty = \text{จำนวนนับของกัมมันตภาพรังสีของก ระด าศก รองทุกแผ่น}$$

$$a = \text{จำนวนนับของกัมมันตภาพรังสีของก ระด าศก รองแผ่นที่ 1}$$

$$r = \text{อัตราส่วนร่วม}$$

$$S_\infty = \frac{55,024}{1 - 10,843/55,024}$$

$$= 65,528 \text{ ครั้งในเวลา 5 นาที}$$

ประสิทธิภาพของกระตาศกรองอากาศในการเก็บฝุ่น

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{จำนวนนับของกระตาศกรองอากาศแผ่นเดียวที่เก็บฝุ่นไว้ได้}}{\text{จำนวนนับของกระตาศกรองทุกแผ่นที่เก็บฝุ่น}} \times 100 \\
 &= \frac{55,024}{68,528} \times 100 \\
 &= 80.29 \%
 \end{aligned}$$

4.2 การหาจำนวนนับของกระตาศกรองที่ไม่ได้อบเมื่อมีพื้นที่เท่ากับกระตาศกรองที่อบ

พื้นที่ของกระตาศกรองที่อบ เท่ากับครึ่งหนึ่งของกระตาศกรองทั้งแผ่น

ในเมื่อกระตาศกรองมีรัศมีเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร

$$\begin{aligned}
 \text{เพราะฉะนั้นพื้นที่ของกระตาศกรองที่อบ} &= \frac{\pi r^2}{2} \\
 &= \frac{\pi \times 4.5 \times 4.5}{2} \\
 &= 31.8 \text{ ตารางเซนติเมตร}
 \end{aligned}$$

พื้นที่ของกระตาศกรองที่ไม่ได้อบมีขนาดเท่ากับจากรัศมี 1.65 เซนติเมตร

$$\begin{aligned}
 &= \pi \times (1.65)^2 \text{ ตารางเซนติเมตร} \\
 &= 8.55 \text{ ตารางเซนติเมตร}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นกระตาศกรองที่ไม่ได้อบเมื่อมีพื้นที่เท่ากับกระตาศกรองที่อบควรมีจำนวนนับดังนี้

$$= \frac{\text{พื้นที่ของกระตาศกรองที่อบ } 31.8 \text{ ตารางเซนติเมตร} \times \text{จำนวนนับของกระตาศกรองที่ไม่ได้อบ}}{\text{พื้นที่ของกระตาศกรองที่ไม่ได้อบ } 8.55 \text{ ตารางเซนติเมตร}}$$

$$= \frac{31.8}{8.55} \times 11,051.5$$

$$= 41,104 \quad \text{ครั้ง/ชั่วโมง}$$

เมื่อนำจำนวนนับของกระดาษกรองที่อบและกระดาษกรองที่ไม่ได้ออบ เมื่อมีพื้นที่เท่ากันมาเปรียบเทียบจำนวนนับจะได้ดังนี้คือ

$$\frac{\text{จำนวนนับของกระดาษกรองที่อบใน 1 ชม.}}{\text{จำนวนนับของกระดาษกรองที่ไม่ได้ออบใน 1 ชม.}} = \frac{115,018}{41,104} \approx 2.8 \text{ เท่า}$$

เพราะฉะนั้นกระดาษกรองที่อบแล้วจะสามารถลดค่าการดูดกลืนได้มากกว่ากระดาษกรองที่ไม่ได้ออบ โดยที่กระดาษกรองที่อบจนเป็นแก้วแล้วจำนวนนับได้มากกว่ากระดาษกรองที่ไม่ได้ออบถึง 2.8 เท่า

4.3 การทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบกระดาษกรองให้เป็นแก้ว จากการทดลองโดยการนำกระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิต่าง ๆ กันดังต่อไปนี้

ตาราง 4-1 การทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบกระดาษกรอง

ลำดับที่	อุณหภูมิ	สภาพที่ปรากฏของกระดาษกรอง
	เซลเซียส	
1	200°C	มีสภาพ เกรียมสีน้ำตาล ขนาด ไม่ลดมากนัก
2	300°C	มีสภาพ เป็นถ่านสีดำขนาดลดลงเหลือ เพียงประมาณ $\frac{1}{3}$ ของเดิม
3	400°C	มีสภาพ เป็นแก้วุ่นขนาดลดลงมาก
4	500°C	มีสภาพ เป็นแก้วุ่นขนาดลดลงมากเช่นเดียวกับอุณหภูมิขนาด 400°C

จากการทดลองใช้ความร้อนในระดับอุณหภูมิเพียง 400°C ก็เป็นการพอเพียงที่ทำให้กระดาษกรองเปลี่ยนสภาพเป็นแก้ว

และอุณหภูมิในระดับนี้ไม่ทำให้จำนวนนับเปลี่ยนแปลงมากนัก .เนื่องจากว่าแผ่นกัมมันตรังสีมีสภาพเป็นของแข็ง (solid) นอกจากพวกก๊าซและไอน้ำเท่านั้น

4.4 การทดลองหาประสิทธิภาพของหลอดวัดรังสีแบบไกเกอร์-มูลเลอร์

เนื่องจากการศึกษาและวิจัยครั้งนี้ทำการวัดเฉพาะรังสีแกมมาและรังสีเบตาเท่านั้น โดยวัดเป็นกัมมันตภาพรวม ฉะนั้นสารมาตรฐานที่จะใช้หาประสิทธิภาพของหลอดวัดรังสีก็ได้แก่ K-40 มีความอุดม 0.012 % และให้รังสีเฉพาะแกมมาและเบตาเท่านั้น (${}_{19}\text{K}^{40}$, β^- 1.32 Mev, E.C. γ . 1.46 Mev)

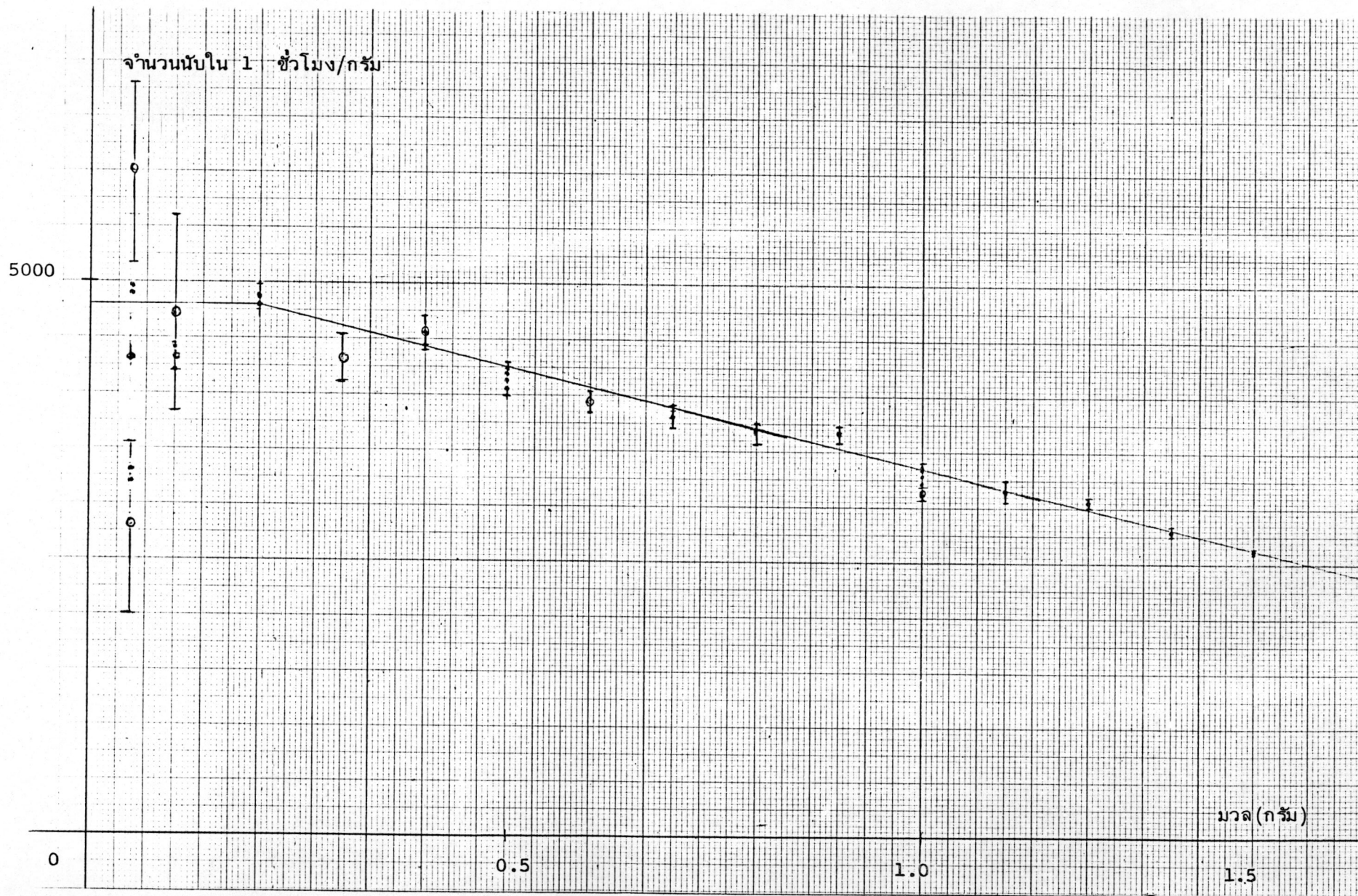
วิธีการทดลองหาประสิทธิภาพของหลอดวัดรังสีแบบไกเกอร์-มูลเลอร์ โดยนำไปแคลเซียมคลอไรด์ (KCl) ที่บริสุทธิ์ประมาณ 99 % มาอบที่อุณหภูมิประมาณ 400 องศาเซลเซียส เพื่อไล่น้ำที่อยู่ในผลึกโปแตสเซียมคลอไรด์พร้อมกับนำมาบดให้เป็นผงละเอียด แล้วจึงนำมาแบ่งออกเป็นมวลขนาดต่าง ๆ เพื่อหาค่าปริมาณรังสีที่ไม่มีการดูดกลืนในตัวเอง โดยวัดปริมาณรังสีของตัวอย่างโปแตสเซียมคลอไรด์ในมวลขนาดต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ทุกตัวอย่าง ดังตารางที่ 4-2 จากนั้นนำข้อมูลของจำนวนครั้งที่นับได้ในเวลา 1 ชั่วโมงต่อจำนวนโปแตสเซียมคลอไรด์ซึ่งมีมวล 1 กรัมของทุก ๆ ตัวอย่างไปเขียนกราฟเพื่อหาปริมาณโปแตสเซียมคลอไรด์ที่ให้รังสีโดยไม่มีการดูดกลืนในตัวเอง

ตาราง 4-2 ปริมาณจำนวนนับของ K-40 ในขนาดมวลต่าง ๆ ของ KCl และ
จำนวนนับในเวลา 1 ชม. ต่อมวลของ KCl หนัก 1 กรัม

ครั้งที่	มวลของ KCl เป็น mg	จำนวนนับของ KCl ในเวลา 1 ชม. cph.	ค่าภูมิหลัง เป็น cph.	จำนวนนับของ KCl เพียงอย่างเดียว cph	จำนวนนับในเวลา 1 ชม. ต่อ 1 หน่วยมวล cph/gm
1	51.29	1207	899	308 ± 46	6005 ± 897
2	51.29	1157	990	167 ± 46	3256 ± 897
3	51.29	1209	990	219 ± 47	4270 ± 916
4	51.29	1153	990	163 ± 46	3178 ± 897
5	51.29	1133	990	143 ± 31	2788 ± 604
6	51.29	1165	911	254 ± 46	4952 ± 897
7	51.29	1164	911	253 ± 46	4933 ± 897
1	103.62	1348	911	437 ± 48	4217 ± 463
2	103.62	1369	911	458 ± 48	4420 ± 463
3	103.62	1387	899	488 ± 48	4710 ± 463
1	201.90	1913	928	985 ± 53	4879 ± 262
1	300.56	2242	928	1314 ± 56	4372 ± 186
1	397.05	2723	928	1795 ± 60	4521 ± 151
1	498.68	2992	928	2064 ± 63	4139 ± 126
2	498.68	2977	939	2083 ± 63	4177 ± 126
3	498.68	3036	939	2097 ± 63	4205 ± 126
4	498.68	3056	939	2117 ± 63	4245 ± 126
1	599.74	3295	928	2367 ± 65	3947 ± 108
1	700.34	3617	928	2689 ± 67	3840 ± 96

ตาราง 4-2 (ต่อ)

ครั้งที่	มวลของ KCl mg	จำนวนนับของ KCl ในเวลา 1 ชม.	ค่าภูมิหลัง เป็น cph	จำนวนนับของ KCl เพียงอย่างเดียว cph	จำนวนนับ ในเวลา 1 ชม. ต่อ 1 หน่วย มวล cph/gm
1	801.03	3842	840	3002±68	3746±85
1	899.71	4181	840	3341±71	3713±79
1	994.87	4103	840	3264±70	3281±70
2	994.87	4123	980	3143±71	3159±71
3	994.87	4297	980	3317±73	3334±73
4	994.87	4247	980	3267±72	3284±72
1	1099.04	4333	840	3493±72	3178±66
1	1199.95	4524	840	3684±73	3070±61
1	1298.21	4572	965	3607±74	2279±57
1	1402.56	4679	965	3714±75	2648±53



รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับใน 1 ชั่วโมง/กรัมกับมวลของ KCl ในขนาดต่าง ๆ

จากการเขียนกราฟทำให้ทราบว่าปริมาณการนับรังสีที่ไม่มีภาวูดกสิ้นในตัวเอง คือ ปริมาณการ
นับที่ 4800 ครั้งในเวลา 1 ชั่วโมงต่อมวลของ KCl 1 กรัม

$$\begin{aligned} \text{จากกฎการสลายตัว} \quad \text{กัมมันตภาพ} &= \frac{dN}{dt} \\ &= \lambda N \\ &= \frac{0.693}{T} N \end{aligned}$$

ในเมื่อ N คือจำนวนอะตอมของ K-40

T คือค่าครึ่งชีวิตของ K-40 เป็น 1.3×10^9 ปี

$$\text{เมื่อมวลของ KCl มี K อยู่ทั้งหมด} = \frac{1 \text{ gm} \times 39.1}{39.1 + 35.5} \text{ gm}$$

จาก K ทุกไอโซโทป จะมี K-40 อยู่ประมาณ 0.012 %

เพราะฉะนั้น KCl ปริมาณ 1 gm จะมี K-40 อยู่

$$= \frac{1 \times 39.1 \times 0.012}{74.6 \times 100} \text{ gm}$$

$$\text{K-40 จำนวน 1 atom มีมวล} = 40 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ gm}$$

ฉะนั้น KCl ที่มีมวล 1 gm จึงมี K-40 อยู่

$$= \frac{1 \times 39.1 \times 0.012}{74.6 \times 100 \times 40 \times 1.66 \times 10^{-24}} \text{ atoms}$$

$$= 9.4722051 \times 10^{17} \text{ atom}$$

กัมมันตภาพของโปแตสเซียมคลอไรด์จำนวนหนึ่งกรัม

$$= \frac{0.693 \times 9.472205 \times 10^{17}}{1.3 \times 10^9 \times 365 \times 86,400} \quad \text{d.p.s.}$$

$$= 16.01 \quad \text{d.p.s.}$$

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{จำนวนนับในเวลา 1 วินาที}}{\text{ปริมาณรังสีที่ส่งออกในเวลา 1 วินาที}} \times 100 \quad \text{ในมวลที่เท่ากัน}$$

$$= \frac{\text{c.p.s.}}{\text{d.p.s.}} \times 100$$

$$= \frac{4800 \times 100}{60 \times 60 \times 16.01}$$

$$= 8.327 \%$$

ฉนั้นประสิทธิภาพของหลอด ไทเกอร์มูลเลอร์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีประสิทธิภาพเท่ากับ

8.33 เปอร์เซ็นต์

4.5 วิธีการวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีประเภทอายุยาวในอากาศและการคำนวณ

การเก็บข้อมูลของปริมาณกัมมันตภาพรังสีประเภทอายุยาวในบรรยากาศ เริ่มต้นโดยการนำกระดาษกรองที่จะใช้ในการเก็บกักฝุ่นไปซึ่งหามาแล้ว จึงนำกระดาษกรองที่ทราบมวลแล้วไปกรองอากาศเพื่อเก็บฝุ่นด้วยเครื่องดูดอากาศที่มีอัตรา 42 ลูกบาศก์ฟุตในเวลา 1 นาที เป็นระยะเวลาทั้งหมด 4 ชั่วโมงติดต่อกัน หลังจากนั้นก็นำกระดาษกรองที่ผ่านการเก็บฝุ่นเรียบร้อยแล้วไปซึ่งอีกครั้งหนึ่งเพื่อทราบปริมาณฝุ่นทั้งหมดที่เก็บได้ แล้วจึงนำกระดาษกรองนี้ไปทำการอบในเตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิประมาณ 400°C และทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์แล้วจึงนำมาทำการวัดด้วยเครื่องมือวัดรังสีแบบไทเกอร์มูลเลอร์พร้อมกับวัดค่าภูมิหลังไปด้วยในการนับแต่ละครั้งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากการวัดครั้งนี้ถ้าจำนวนนับของตัวอย่างฝุ่นสูงกว่าจำนวนนับภูมิหลัง

ก็นำตัวอย่างฝุ่นนี้ไปทำการวัดเพื่อทราบจำนวนนับอ็อก รังหนึ่งในสัปดาห์ถัดไป ในลักษณะเดียวกัน จากนั้นก็บันทึกข้อมูลพร้อมทั้งทำการคำนวณปริมาณกัมมันตภาพรังสีประเภทอายุยาว ในหน่วยของ pCi/m^3 ดำเนินการในลักษณะที่กล่าวข้างต้นเป็นระยะเวลา 1 ปี จึงได้ข้อมูลดัง ตารางที่ 4-3 พร้อมกับเขียนกราฟเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกัมมันตภาพรังสี ประเภทอายุยาวตลอดปี

วิธีการคำนวณหาปริมาณกัมมันตภาพรังสีประเภทอายุยาว ในหน่วยของ pCi/m^3

กำหนดให้ ประสิทธิภาพของหลอดวัดรังสีคือ 8.33 %

จำนวนนับในเวลา 1 ช.ม. ของตัวอย่างฝุ่นที่ไม่รวมค่าภูมิหลังคือ C

ปริมาตรอากาศที่ดูดในเวลา 4 ชั่วโมง คือ 285.43 m^3

ประสิทธิภาพของท่ระคายกรองคือ 80.29 %

ฉนั้นปริมาณกัมมันตภาพรังสีในบรรยากาศคือ

$$= \frac{C}{3600} \times \frac{100}{8.33} \times \frac{100}{80.29} \times \frac{1}{3.7 \times 10^{10}} \times \frac{10^{12}}{285.43} \text{ pCi}/\text{m}^3$$

$$= C \times 3.93 \times 10^{-4} \text{ pCi}/\text{m}^3$$

จากข้อมูลทั้งหมดของปริมาณกัมมันตภาพรังสีประเภทอายุยาวตั้งแต่วันที่ 18 กรกฎาคม

พ.ศ. 2521 ถึงวันที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ. 2522 นั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ

$$32.8 \times 10^{-3} \pm 17.3 \times 10^{-3} \text{ pCi}/\text{m}^3$$

ตารางที่ 4-3 ข้อมูลของปริมาณกัมมันตภาพรังสีประเภทอายุยาวในบรรยากาศ ตั้งแต่วันที่ 18 ก.ค. 21 ถึง 11 ก.ค. 22

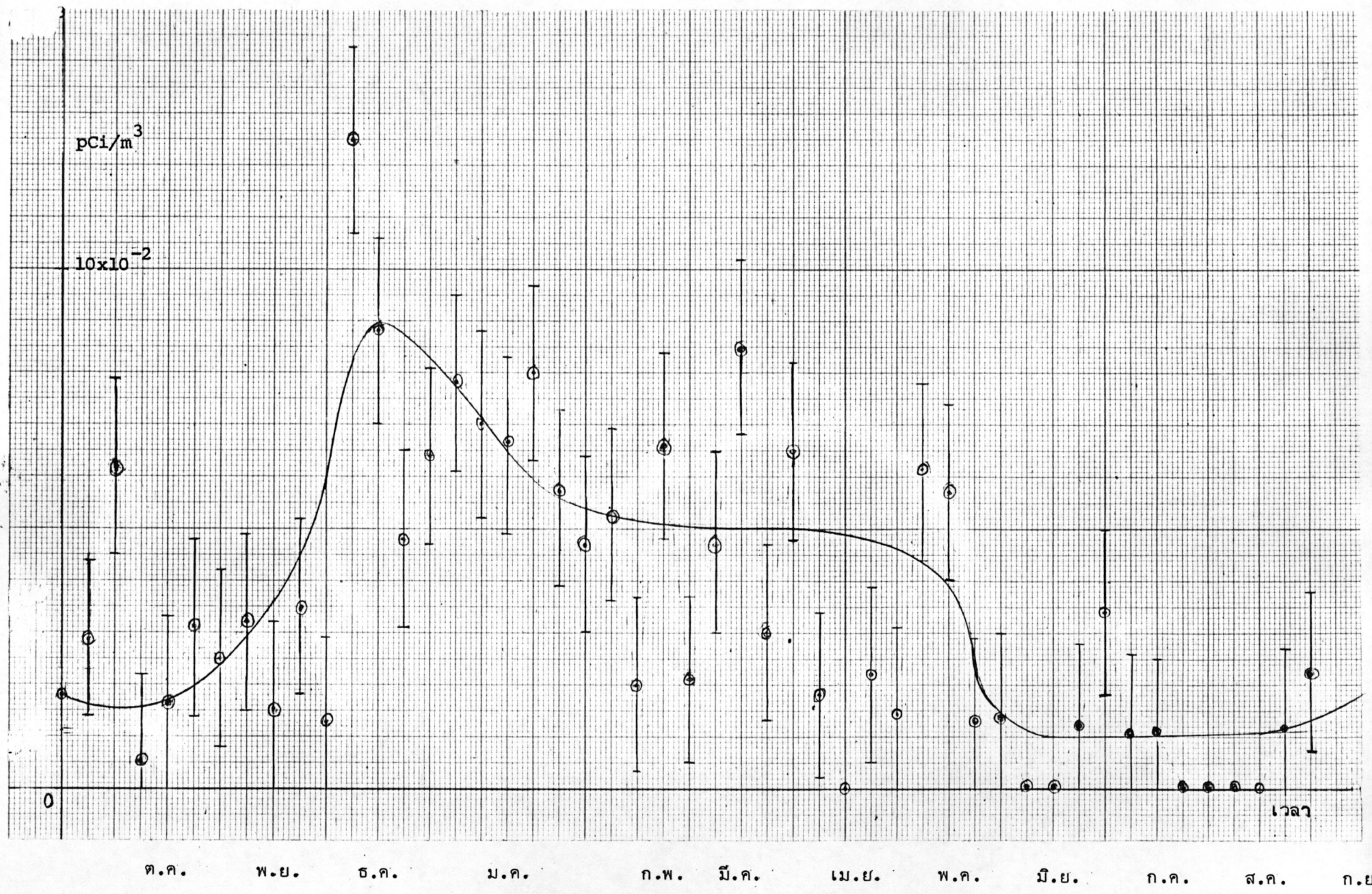
วัน, เดือน, ปี	จำนวนนับของฝุ่น	ค่าภูมิหลัง	จำนวนนับของฝุ่น	ปริมาณรังสี pCi/m ³
	c.p.h.	c.p.h.	อย่างเดี่ยว c.p.h.	
18 ก.ค. 21	888	861	27±42	10.61x10 ⁻³ ±16.50x10 ⁻³
25 ก.ค. 21	906	873	33±42	12.96x10 ⁻³ ±16.50x10 ⁻³
1 ส.ค. 21	921	928	-	-
8 ส.ค. 21	997	1040	-	-
15 ส.ค. 21	3271	1348	1923±70	- *
22 ส.ค. 21	897	912	-	-
29 ส.ค. 21	914	882	32±42	12.57x10 ⁻³ ±16.50x10 ⁻³
4 ก.ย. 21	934	878	56±43	22.00x10 ⁻³ ±16.90x10 ⁻³
12 ก.ย. 21	893	865	28±42	11.00x10 ⁻³ ±16.50x10 ⁻³
19 ก.ย. 21	965	980	-	-
26 ก.ย. 21	958	960	-	-
3 ต.ค. 21	967	920	47±43	18.47x10 ⁻³ ±16.90x10 ⁻³
10 ต.ค. 21	1050	977	73±45	28.68x10 ⁻³ ±17.68x10 ⁻³
18 ต.ค. 21	1030	873	157±44	61.70x10 ⁻³ ±17.29x10 ⁻³
24 ต.ค. 21	964	951	13±44	5.10x10 ⁻³ ±17.29x10 ⁻³
31 ต.ค. 21	1045	1002	43±45	16.89x10 ⁻³ ±17.68x10 ⁻³
7 พ.ย. 21	999	920	79±44	31.04x10 ⁻³ ±17.29x10 ⁻³
14 พ.ย. 21	1067	1003	64±45	25.15x10 ⁻³ ±17.68x10 ⁻³
21 พ.ย. 21	1074	991	83±45	32.61x10 ⁻³ ±17.68x10 ⁻³
28 พ.ย. 21	1034	995	39±45	15.32x10 ⁻³ ±17.68x10 ⁻³

ตารางที่ 4-3 ข้อมูลของปริมาณกัมมันตภาพรังสีประเภทอายุยาวในบรรยากาศ ตั้งแต่วันที่ 18 ก.ค. 21 ถึง 11 ก.ค. 22

วัน, เดือน, ปี	จำนวนนับของฝุ่น c.p.h.	ค่าภูมิหลัง c.p.h.	จำนวนนับของฝุ่น อย่างเดียว c.p.h.	ปริมาณรังสี pCi/m^3
6 ธ.ค. 21	1026	937	89±44	$34.97 \times 10^{-3} \pm 17.29 \times 10^{-3}$
12 ธ.ค. 21	959	927	32±43	$12.57 \times 10^{-3} \pm 16.90 \times 10^{-3}$
19 ธ.ค. 21	1259	940	319±47	$125.36 \times 10^{-3} \pm 18.47 \times 10^{-3}$
26 ธ.ค. 21	1152	928	224±46	$88.03 \times 10^{-3} \pm 18.08 \times 10^{-3}$
2 ม.ค. 22	1046	922	124±44	$48.73 \times 10^{-3} \pm 17.29 \times 10^{-3}$
9 ม.ค. 22	1068	905	163±44	$64.05 \times 10^{-3} \pm 17.29 \times 10^{-3}$
16 ม.ค. 22	1117	918	199±45	$78.20 \times 10^{-3} \pm 17.68 \times 10^{-3}$
23 ม.ค. 22	1134	954	180±46	$70.74 \times 10^{-3} \pm 18.08 \times 10^{-3}$
30 ม.ค. 22	1089	919	170±45	$66.81 \times 10^{-3} \pm 17.68 \times 10^{-3}$
6 ก.พ. 22	1119	914	205±45	$80.56 \times 10^{-3} \pm 17.68 \times 10^{-3}$
13 ก.พ. 22	1048	915	133±44	$56.26 \times 10^{-3} \pm 17.29 \times 10^{-3}$
20 ก.พ. 22	1061	941	120±45	$47.16 \times 10^{-3} \pm 17.68 \times 10^{-3}$
27 ก.พ. 22	1041	906	135±44	$53.05 \times 10^{-3} \pm 17.29 \times 10^{-3}$
6 มี.ค. 22	995	944	51±44	$20.04 \times 10^{-3} \pm 17.29 \times 10^{-3}$
13 มี.ค. 22	1130	961	169±46	$66.41 \times 10^{-3} \pm 18.08 \times 10^{-3}$
20 มี.ค. 22	961	908	53±43	$20.82 \times 10^{-3} \pm 16.90 \times 10^{-3}$
27 มี.ค. 22	1008	887	121±44	$47.55 \times 10^{-3} \pm 17.29 \times 10^{-3}$
3 เม.ย. 22	1105	890	215±45	$84.49 \times 10^{-3} \pm 17.68 \times 10^{-3}$
10 เม.ย. 22	952	875	77±43	$30.26 \times 10^{-3} \pm 16.90 \times 10^{-3}$
17 เม.ย. 22	1040	875	165±44	$64.84 \times 10^{-3} \pm 17.29 \times 10^{-3}$

ตาราง 4-3 ข้อมูลของปริมาณกัมมันตภาพรังสีประเภทอายุยาวในบรรยากาศ ตั้งแต่วันที่ 18 ก.ค. 21
ถึงถึง 11 ก.ค. 22

วัน, เดือน, ปี	จำนวนนับของฝุ่น c.p.h.	ค่ากัมมันตภาพรังสี c.p.h.	จำนวนนับของฝุ่น อย่างเดียว c.p.h.	ปริมาณรังสี pCi/m^3
24 เม.ย. 22	958	911	47±43	$18.47 \times 10^{-3} \pm 16.90 \times 10^{-3}$
1 พ.ค. 22	924	937	..	-
8 พ.ค. 22	970	914	56±43	$22.00 \times 10^{-3} \pm 16.90 \times 10^{-3}$
15 พ.ค. 22	1010	973	37±45	$14.54 \times 10^{-3} \pm 17.68 \times 10^{-3}$
22 พ.ค. 22	1065	908	157±44	$61.70 \times 10^{-3} \pm 17.29 \times 10^{-3}$
29 มิ.ย. 22	1094	948	146±45	$57.37 \times 10^{-3} \pm 17.68 \times 10^{-3}$
5 มิ.ย. 22	944	910	34±43	$13.36 \times 10^{-3} \pm 16.90 \times 10^{-3}$
12 มิ.ย. 22	956	921	35±43	$13.75 \times 10^{-3} \pm 16.90 \times 10^{-3}$
19 มิ.ย. 22	897	905	-	-
26 มิ.ย. 22	955	983	-	-
3 ก.ค. 22	916	885	31±42	$12.18 \times 10^{-3} \pm 16.50 \times 10^{-3}$
11 ก.ค. 22	943	856	87±42	$34.19 \times 10^{-3} \pm 16.50 \times 10^{-3}$



รูปที่ 4.2 แสดงปริมาณกัมมันตภาพรังสีประเภทอายุยาวในบรรยากาศตั้งแต่ 18 ก.ค.21 ถึง 11 ก.ค. 22

4.6 วิธีการวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจากดิน

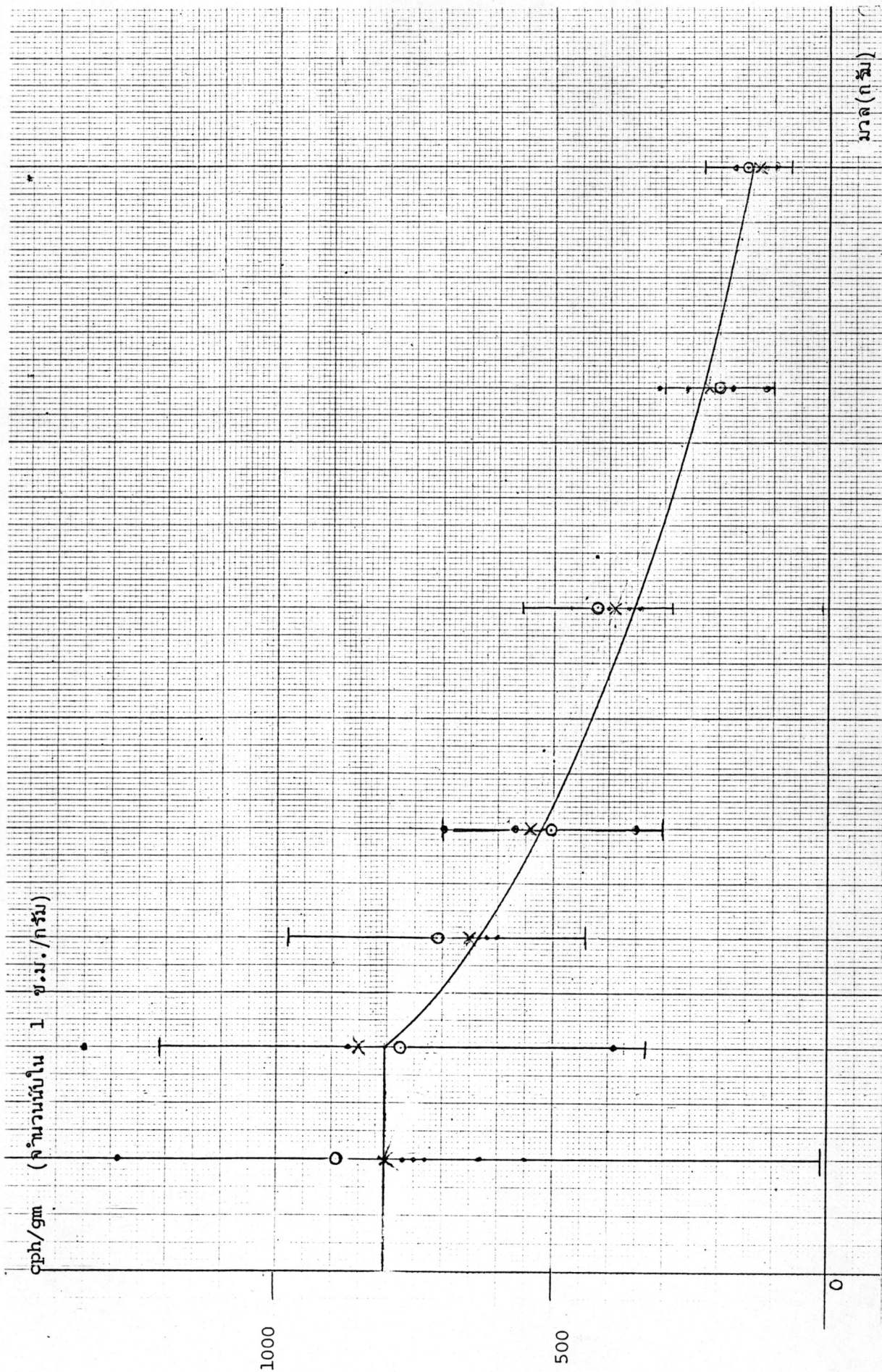
นำตัวอย่างดินส่วนผิวจากบริเวณข้างที่ว่าการเขตห้วยขวางมาดำเนินการวิธีดังนี้ นำตัวอย่างดินมาร่อนเพื่อให้ได้ขนาดที่เล็กมาก ๆ ซึ่งมีสภาพเป็นฝุ่นจึงนำมาอบที่อุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส แล้วนำมาบดให้เป็นผงละเอียด หลังจากนั้นก็นำตัวอย่างดินที่ผ่านกรรมวิธีต่าง ๆ ข้างต้นมาวัดหามวลขนาดต่าง ๆ ตามที่ต้องการเพื่อนำไปวัดหาปริมาณจำนวนนับในเวลา 1 ชั่วโมง ตามตารางที่ 4-4 แล้วนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดนี้ไปคำนวณหาค่าจำนวนนับในเวลา 1 ชั่วโมงต่อมวลของดินที่หนัก 1 กรัม พร้อมกันนั้นก็นำไปเขียนกราฟเพื่อหาจำนวนนับที่ไม่มีการดูดกลืนในตัวเอง

ตาราง 4-4 ปริมาณจำนวนนับของดินส่วนผิวบริเวณข้างที่ว่าการเขตท้ายขวางในขนาดมวลต่าง ๆ
และจำนวนนับในเวลา 1 ช.ม. ต่อมวลของดินส่วนผิวหนัก 1 กรัม

ครั้งที่	มวลของดิน	จำนวนนับในเวลา 1 ช.ม. ของดิน	จำนวนนับภูมิหลัง ในเวลา 1 ช.ม. อย่างเดียว	จำนวนนับของดิน ในเวลา 1 ช.ม. เวลา 1 ช.ม. ต่อมวล 1 กรัม	จำนวนนับของดินใน เวลา 1 ช.ม. ต่อมวล 1 กรัม	ค่าเฉลี่ย \bar{X}
1	49.33	983	943	40±44	811±892	
2	49.33	993	949	44±44	892±892	
3	49.33	1013	949	64±44	1297±892	
4	49.33	828	792	36±40	730±811	803
5	49.33	819	788	31±40	628±811	
6	49.33	826	788	38±40	770±811	
7	49.33	782	755	27±39	547±791	
8	49.33	792	755	37±39	750±791	
1	99.84	1014	937	77±44	771±440	
2	99.84	1024	937	87±44	871±440	
3	99.84	1001	962	39±44	390±440	851
4	99.84	1049	962	87±45	871±450	
5	99.84	1072	937	135±45	1352±450	
1	149.48	868	762	106±40	709±268	
2	149.48	854	762	92±40	615±268	
3	149.48	858	762	96±40	642±268	644
4	149.48	853	762	91±40	609±268	
1	199.59	902	762	140±41	701±205	
2	199.59	876	762	114±40	571±200	
3	199.59	883	782	101±41	506±205	534
4	199.59	833	762	71±40	356±200	

ตาราง 4-4 ปริมาณจำนวนนับของดินส่วนผิวบริเวณข้างที่ว่าการเขตห้วยขวางในขนาดมวลต่าง ๆ และจำนวนนับในเวลา 1 ช.ม. ต่อมวลของดินส่วนผิวนัก 1 กรัม

ครั้งที่	มวลของดิน	จำนวนนับในเวลา 1 ช.ม. ของดิน	จำนวนนับภูมิหลัง ในเวลา 1ช.ม.	จำนวนนับของดิน อย่างเดียวยุ.ม.	จำนวนนับของดินใน เวลา 1ช.ม. ต่อมวล 1 กรัม	ค่าเฉลี่ย \bar{x}
1	298.76	907	781	126±41	422±137	
2	298.76	843	755	88±40	295±134	
3	298.76	858	755	103±40	345±134	343
4	298.76	847	755	92±40	308±134	
1	399.26	859	781	78±40	195±100	
2	399.26	824	781	43±40	108±100	218
3	399.26	905	781	124±41	311±103	
4	399.26	884	781	103±41	258±103	
1	499.12	871	821	50±41	100±82	
2	499.12	874	801	73±41	146±82	132
3	499.12	884	801	83±41	166±82	
4	499.12	859	801	58±41	116±82	



รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับใน 1 ช.ม./กรัมกับมวลของดินบริเวณเขตท้ายขวางในขนาดต่าง ๆ

จากกราฟทำให้ทราบว่าจำนวนนับในเวลา 1 ช.ม. ต่อมวลของดิน 1 กรัม มีค่าเท่ากับ 803 จึงนำมาคำนวณเพื่อหาปริมาณรังสีทั้งหมดที่มาจากดินในหน่วย pCi/gm

$$\begin{aligned}
 \text{วิธีการคำนวณหาปริมาณรังสีจากดินในหน่วย pCi/gm} \\
 \\
 \text{ปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่มาจากดิน} &= 803 \text{ cph./gm} \\
 &= \frac{803}{3600} \text{ cps./gm} \\
 &= \frac{803 \times 100}{3600 \times 8.33} \text{ dps/gm} \\
 &= \frac{803 \times 100 \times 10^{12}}{3600 \times 8.33 \times 3.7 \times 10^{10}} \text{ pCi/gm} \\
 &= 72.37 \text{ pCi/gm}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นจึงนำผลที่ได้คือ ปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่มาจากดินซึ่งมีค่าเท่ากับ 72.37 pCi/gm มาคำนวณหาปริมาณกัมมันตภาพรังสีจากฝุ่น (ที่เป็นดิน) ตามตารางที่ 4-5 ในหน่วย pCi/m³ นำข้อมูลที่คำนวณได้มาเขียนกราฟ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับกราฟของข้อมูลของปริมาณฝุ่นที่เก็บได้แต่ละการทดลองในหน่วยของ กรัม/ลบ.เมตร ฉะนั้นทำให้ทราบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีประเภทอายุยาวในบรรยากาศที่วัดได้นั้น ยังมีปริมาณกัมมันตภาพรังสีประเภทอายุยาวที่มาจากฝุ่น (ซึ่งเป็นดิน) รวมอยู่ด้วย แต่มีค่าน้อยมาก

วิธีการคำนวณหาปริมาณรังสีจากปริมาณฝุ่น (ที่เป็นดิน) จากการดูดอากาศ

จากการทดลองหาค่าของปริมาณรังสีจากดินบริเวณผิวซึ่งไม่มีการดูดกลืนในตัวเองมีค่าเท่ากับ 72.37 pCi/gm

สมมุติแต่ละการทดลองสามารถซึ่งหามวลของฝุ่น $= x \text{ gm}$

ในการทดลองแต่ละครั้งใช้เวลาดูดอากาศทั้งสิ้น 4 ชั่วโมงด้วยอัตรา 42 ลูกบาศก์ฟุต
 ต่อนาที จะดูดอากาศได้ทั้งหมด $= 285.43$ ลบ.เมตร

ปริมาณฝุ่นใน 1 ลูกบาศก์เมตร $= \frac{x}{285.43} \text{ gm/m}^3$

นั่นคือ ปริมาณรังสีที่มาจากฝุ่น (ที่เป็นดิน) $= 72.37 \frac{x}{285.43} \text{ pCi/m}^3$

$\approx 0.25 x \text{ pCi/m}^3$

ตารางที่ 4-5 ข้อมูลของปริมาณฝุ่น (ที่เป็นดิน) และปริมาณกัมมันตภาพรังสีประเภทอายุยาว
ที่มาจากฝุ่น (ที่เป็นดิน)

วัน เดือน ปี	มวลของฝุ่น mg	ปริมาณฝุ่น mg/m ³	ปริมาณรังสีจากฝุ่น pCi/m ³	หมายเหตุ
6 มี.ค. 22	25.89	0.0907	6.56×10^{-3}	
27มี.ค. 22	37.48	0.1313	9.50×10^{-3}	
3 เม.ย.22	42.81	0.1499	10.85×10^{-3}	
10เม.ย.22	26.71	0.0935	6.77×10^{-3}	
17เม.ย.22	18.42	0.0645	4.67×10^{-3}	
24เม.ย.22	98.85	-	-	ฝนตก
1 พ.ค. 22	11.57	0.0405	2.93×10^{-3}	
8 พ.ค. 22	31.85	0.1115	8.08×10^{-3}	
15พ.ค. 22	29.90	0.1047	7.58×10^{-3}	
22พ.ค. 22	14.83	0.0519	3.76×10^{-3}	
29พ.ค. 22	17.77	0.0622	4.51×10^{-3}	
5 มิ.ย. 22	31.73	0.1111	8.04×10^{-3}	
12มิ.ย. 22	130.35	-	-	ฝนตก
19มิ.ย. 22	50.85	0.1781	12.89×10^{-3}	
26มิ.ย. 22	23.50	0.0823	5.96×10^{-3}	
3 ก.ค. 22	25.17	0.0881	6.83×10^{-3}	
11ก.ค. 22	13.99	0.0490	3.55×10^{-3}	

4.7 ปริมาณกัมมันตภาพรังสีในบรรยากาศที่มีอยู่ในบรรยากาศโดยเฉพาะตลอดปี พ.ศ. 2521-2522

จากข้อมูลที่รวบรวมไว้ในตารางที่ 4-3 นำมาเขียนกราฟก็จะทราบปริมาณกัมมันตภาพรังสีประเภทอายุยาวที่ทำการวัด ได้ตลอดปี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $32.8 \times 10^{-3} \pm 17.3 \times 10^{-3}$ pCi/m³ จากค่าเฉลี่ยที่ได้นี้เป็นค่าเฉลี่ยรวมทั้งปริมาณกัมมันตภาพรังสีประเภทอายุยาวที่มาจากฝุ่น (ซึ่งเป็นดิน) อยู่ด้วย จากการทดลองหาค่าปริมาณรังสีที่มาจากดินโดยไม่มีกการดูดกลืนตัวเองเท่ากับ 72.37 pCi/gm เมื่อนำมาใช้คำนวณหาค่าปริมาณรังสีที่มาจากฝุ่น (ที่เป็นดิน) ปรากฏว่ามีค่าน้อยมาก

ดังนั้นปริมาณกัมมันตภาพรังสีประเภทอายุยาวที่มีอยู่ในบรรยากาศ มีค่าเฉลี่ยประมาณ $32.8 \times 10^{-3} \pm 17.3 \times 10^{-3}$ pCi/m³