



บทที่ 4

วิธีการดำเนินงานและผลการวัดปริมาณตะกั่ว - 214 กับปัสเมท - 214 ในอากาศ

4.1 อุปกรณ์และเครื่องใช้ในการดำเนินงาน

4.1.1 เครื่องดูดอากาศความเร็วสูงและแผ่นกรองอากาศ

เป็นเครื่องที่สามารถดูดอากาศผ่านแผ่นกรองอากาศ (Air Filter) ที่เป็นพวกใยแก้ว (Fibre Glass) ชนิด 934 AH มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10.5 ซม. ด้วยอัตรา 15 ล.บ. ฟูตต่อนาที แผ่นกรองอากาศชนิดนี้สามารถที่จะกรองฝุ่นละอองในอากาศได้ถึง 99% แสดงดังรูปที่

4 - 1

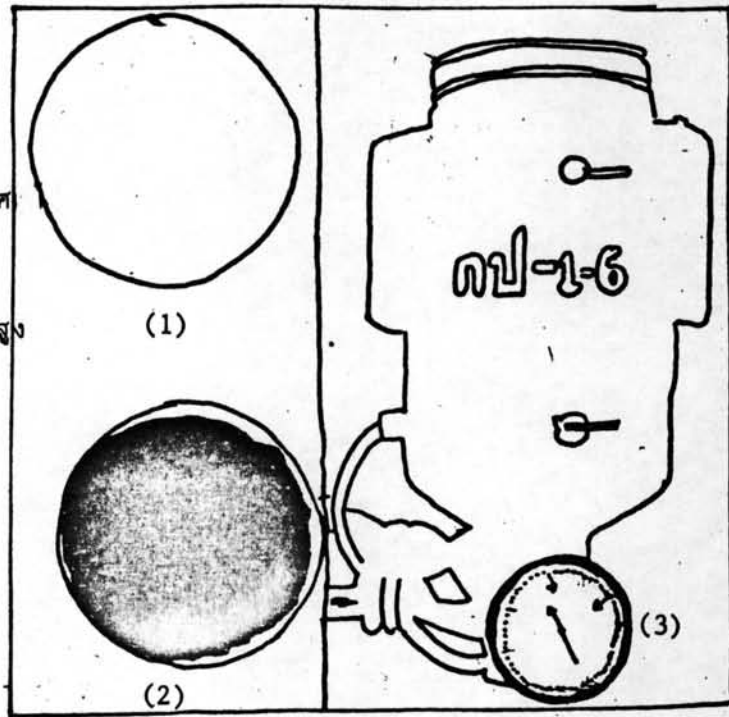
4.1.2 หัววัดรังสี Ge(Li)

ในการศึกษาวิจัยนี้ใช้หัววัดรังสี Ge(Li) ของ Ortec ขนาด 26 cm^3 เป็นแบบ Cylinder Coaxial มีค่า F.W.H.M. = 2.2 kev ที่ 1.33 mev ของ Co - 60 หัววัดนี้มีที่นำความเย็นลงในถังบรรจุไนโตรเจนเหลว 30 ซม.³ และได้ทำการออกแบบพร้อมทั้งประกอบอยู่ในเครื่องกำบังรังสีเพื่อลดปริมาณรังสีจากภายนอก ๗ หัววัด โดยใช้เหล็กหนา 15 ซม. เป็นรูปทรงกระบอก ชั้นถัดเข้าไปเป็นตะกั่วหนา $\frac{1}{2}$ ซม. ชั้นที่ 3 เป็นแผ่นทองแดงและแคดเมียมบุไว้ข้างในเพื่อกันรังสีเอ็กซ์อันเกิดจากการที่รังสีแกมมาชนกับตะกั่ว หัววัด Ge(Li) พร้อมทั้งเครื่องกำบังรังสีแสดงในรูปที่ 4 - 2 หัววัด Ge(Li) ต่อวงจรเข้ากับเครื่อง Multichannel Analyzer ของ Nuclear Data Model 8180 ขนาด 4096 ช่อง ซึ่งผลการวัดรังสีแกมมาสเปกตรัมจะปรากฏให้เห็นบนจอภาพ (oscilloscope) และให้ผลเป็นจำนวนนับได้ต่อช่วงเวลาที่กำหนด

รูปที่ 4-1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการ

ดูดอากาศ

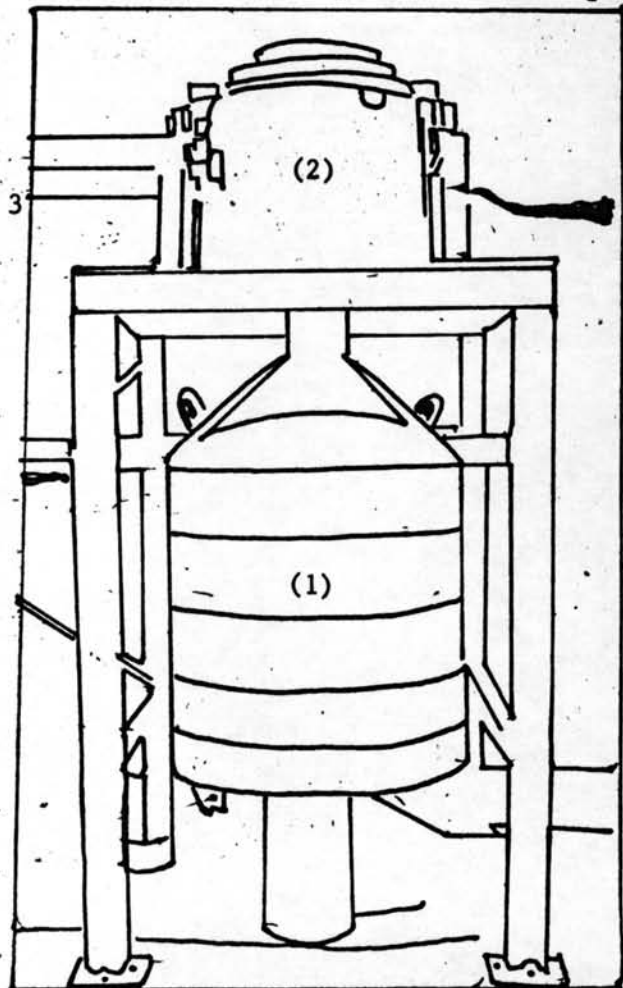
- (1) แผ่นกรองอากาศ
- (2) แผ่นกรองอากาศที่ดูดอากาศแล้ว
- (3) เครื่องดูดอากาศความเร็วสูง



รูปที่ 4-2 หัววัดรังสี Ge(Li) พร้อมทั้ง

เครื่องกำบังรังสี

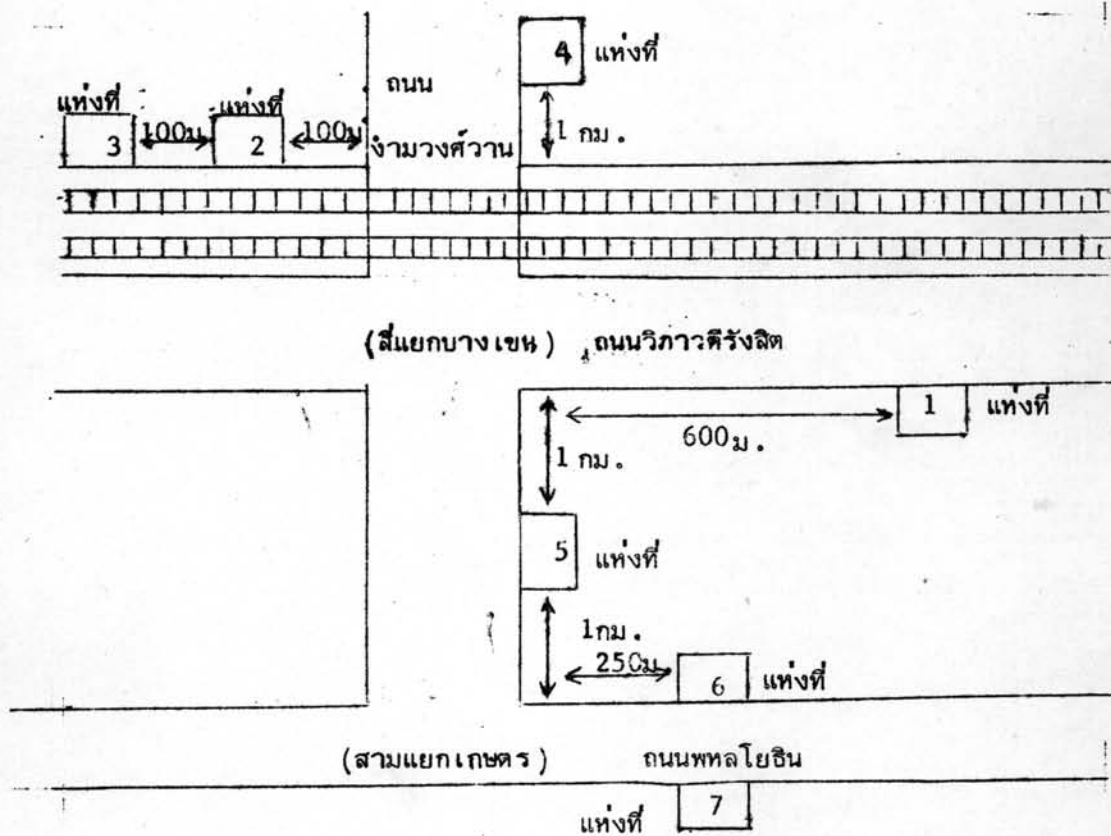
- (1) ถังบรรจุไนโตรเจนเหลว (30 ซม.)³
- (2) เครื่องกำบังรังสี



4.2 การเก็บตัวอย่างอากาศ

ตัวอย่างอากาศที่ใช้ในการศึกษาวิจัยเก็บจากสถานที่ต่าง ๆ 7 แห่ง ๆ ละ 6 ครั้ง ในวันและเวลาที่ต่างกัน โดยสถานที่แต่ละแห่งจะไม่ไกลจากเครื่องวัด (พ.ป.ส) มากนัก ตามแผนภาพรูปที่ 4 - 3

รูปที่ 4 - 3 แสดงแผนภาพตำแหน่งของสถานที่บริเวณเก็บตัวอย่างอากาศ



และลักษณะของสถานที่แต่ละแห่งมีลักษณะดังนี้คือ

แห่งที่ 1 บริเวณสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ โดยเก็บตัวอย่างอากาศ ในถนนวิภาวดีรังสิต ที่ระดับความสูง 2 เมตร จากพื้นถนน และระยะห่างจากถนน 25 เมตร สถานที่เป็นที่โล่งแจ้ง

แห่งที่ 2 บริเวณใกล้ทางรถไฟ เก็บตัวอย่างอากาศในถนนวิภาวดีรังสิต ที่ระดับความสูง 1.4 เมตร จากพื้นถนน และระยะห่างจากทางรถไฟ 3 เมตร

แห่งที่ 3 บริเวณใกล้ทางรถไฟเช่นกัน ซึ่งอยู่ห่างจากแห่งที่ 2 เป็นระยะทาง 100 เมตร เก็บตัวอย่างอากาศในถนนวิภาวดีรังสิต ที่ระดับความสูง 4 เมตร จากพื้นถนน และระยะห่างจากทางรถไฟ 3 เมตร

แห่งที่ 4 บริเวณสวนอาหาร มีต้นไม้สูงระดับเดียวกับที่ตั้งเครื่องดูดอากาศ ปกคลุมอยู่ประปราย เก็บตัวอย่างอากาศในถนนงามวงศ์วาน ที่ระดับความสูง 0.5 เมตร จากพื้นถนนและระยะห่างจากถนน 30 เมตร

แห่งที่ 5 บริเวณมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะสถานที่เหมือนกับแห่งที่ 4 เก็บตัวอย่างอากาศในถนนงามวงศ์วาน ที่ระดับความสูง 0.7 เมตร จากพื้นถนน และระยะห่างจากถนน 30 เมตร

แห่งที่ 6 บริเวณห่างจากย่านชุมชน 250 เมตร มีต้นไม้ใหญ่ปกคลุมอยู่โดยทั่วไป เก็บตัวอย่างอากาศในถนนพหลโยธิน ที่ระดับความสูง 1.4 เมตร จากพื้นถนน และระยะห่างจากถนน 5 เมตร

แห่งที่ 7 บริเวณห่างจากย่านชุมชน 250 เมตร เช่นกัน มีลักษณะสถานที่เหมือนกับแห่งที่ 6 เก็บตัวอย่างอากาศในถนนพหลโยธิน ที่ระดับความสูง 1.4 เมตร จากพื้นถนนและระยะห่างจากถนน 5 เมตร

4.3 การวัดปริมาณตะกั่ว - 214 และบิสมัท - 214 ในอากาศ

4.3.1 ตรวจสอบว่าตะกั่ว - 214 และบิสมัท - 214 เป็นธาตุกัมมันตรังสีธรรมชาติในอากาศ

โดยดูดอากาศผ่านแผ่นกรองอากาศเป็นเวลา 3 ช.ม. ณ ที่กลางแจ้ง บริเวณตึกกองสุขภาพ พ.ป.ส. แล้วนำตัวอย่างของแผ่นกรองอากาศที่ได้ใส่ในถาด pyrex เส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม. จึงนำเข้าเครื่องวัด ปรับเครื่องวัดรังสีให้เหมาะสม

เพื่อให้ ทุกยอด (peak) ของรังสีแกมมาสเปกตรัมปรากฏให้เห็นบนจอภาพได้ โดยการจัดให้

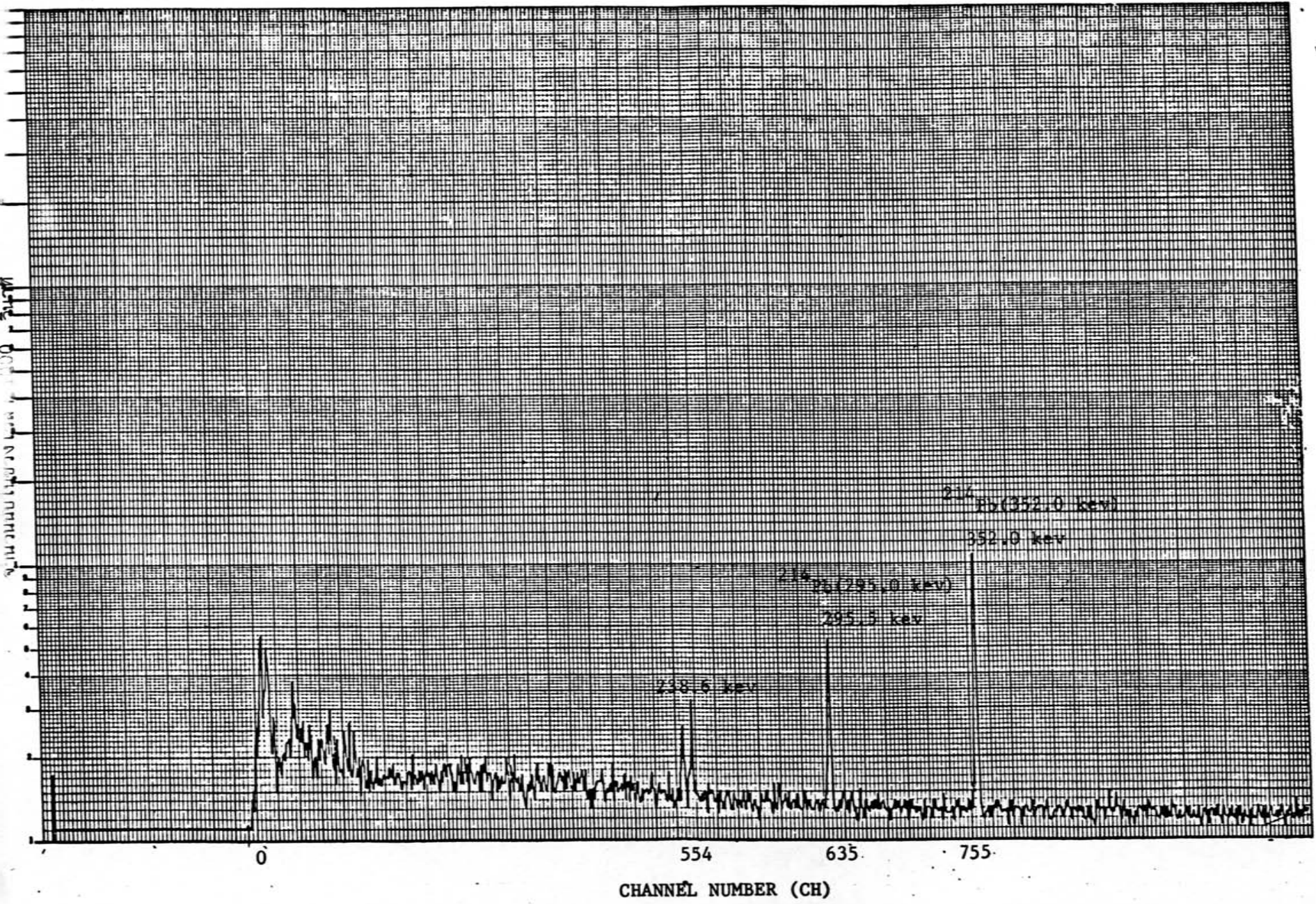
Conversion Gain		4096	
Coarse Gain		30	
Fine Gain		0	
Memory Control		1/1	
Upper Level Discriminator (ULD)			10
Lower Level Discriminator (LLD)			0
Digital Off Set			0

จากผลของการวัดกัมมันตภาพรังสีแกมมาของธาตุที่ติดบนแผ่นกรองอากาศ แสดงเป็นสเปกตรัม ดังรูปที่ 4 - 4(a), 4 - 4(b), 4 - 4(c) และ 4 - 4(d) จะเห็นว่าตะกั่ว - 214 และ บิสมีท - 214 เป็นธาตุกัมมันตรังสีที่เกาะอยู่กับฝุ่นละอองในอากาศ ซึ่งเครื่องวัดสามารถที่จะวัดได้ในช่วงเวลาการดูดอากาศนาน 3 ช.ม.

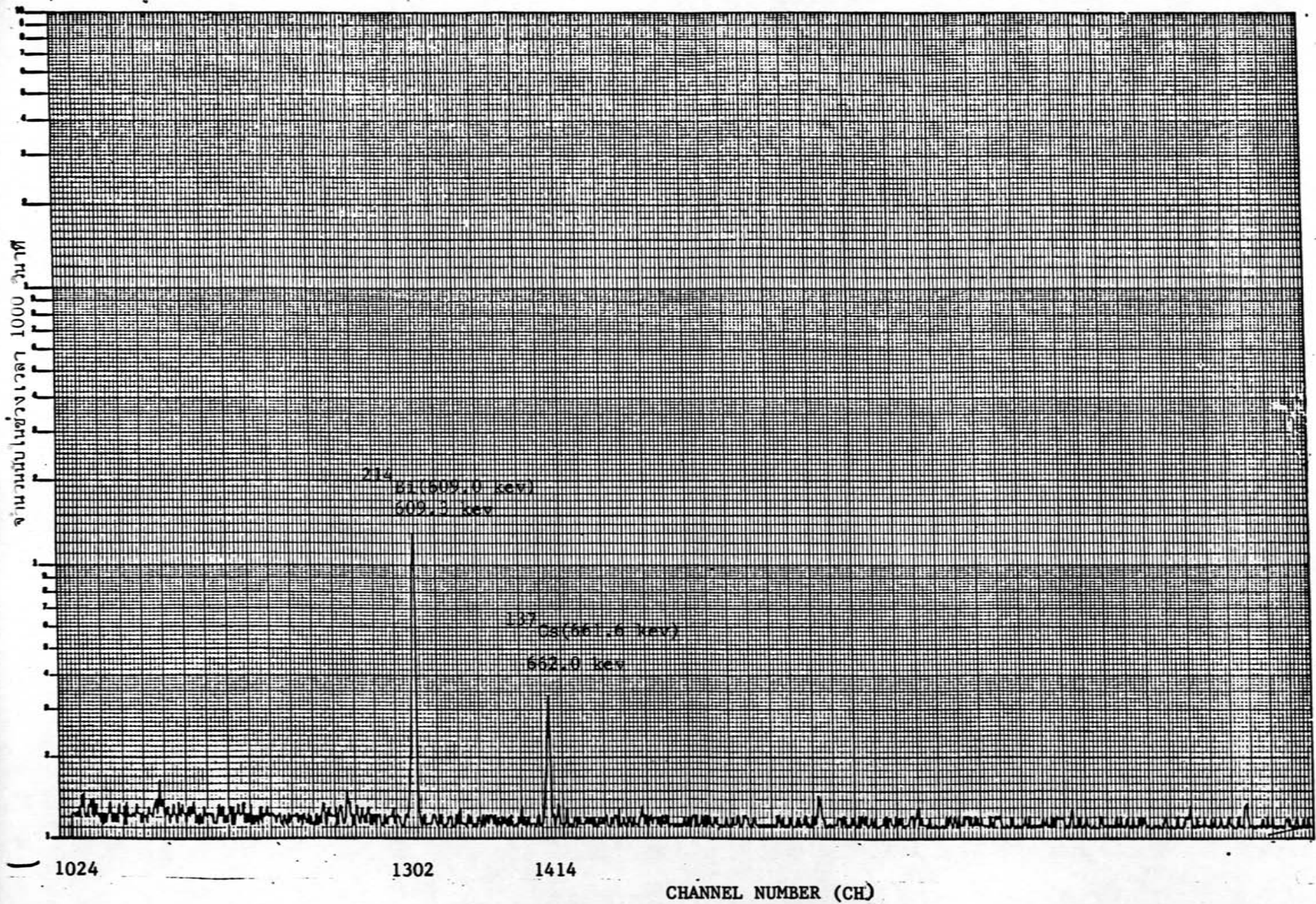
4.3.2 ศึกษาหาช่วงเวลาการนับที่เหมาะสม

ดูดอากาศเป็นเวลาานาน 3 ช.ม. บริเวณแห่งที่ 1 แล้วเตรียมตัวอย่างของแผ่นกรองอากาศที่ได้ให้อยู่ในลักษณะเดียวกับ 4.3.1 นำเข้าเครื่องวัดโดยใช้ช่วงเวลาการนับเป็นไปตามแผนภาพรูปที่ 4 - 5 ซึ่งปริมาณของกัมมันตภาพรังสีที่วัดได้จากตัวอย่างของแผ่นกรองอากาศนี้เป็นไปตามตารางที่ (4 - 1)

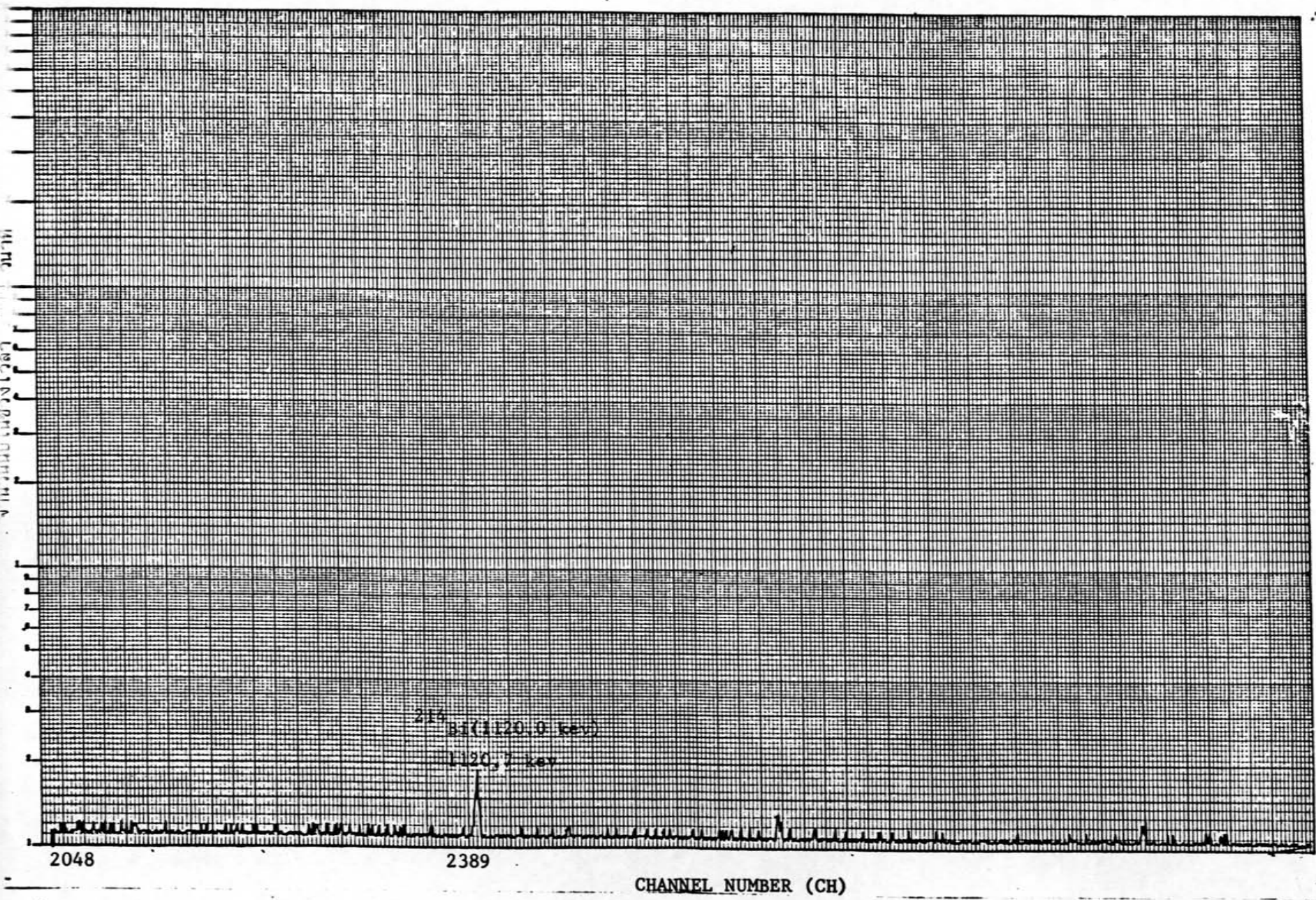
รูปที่ 4-4(a) แสดงสเปกตรัมของกัมมันตภาพรังสีแกมมาที่วัดได้จากตัวอย่างแผ่นกรองอากาศตั้งแต่ CHO ถึง CH 1024



รูปที่ 4-4(b) แสดงสเปกตรัมของกัมมันตภาพรังสีแกมมาที่วัดได้จากตัวอย่างแผ่นกรองอากาศตั้งแต่ CH 1024 ถึง CH 2048

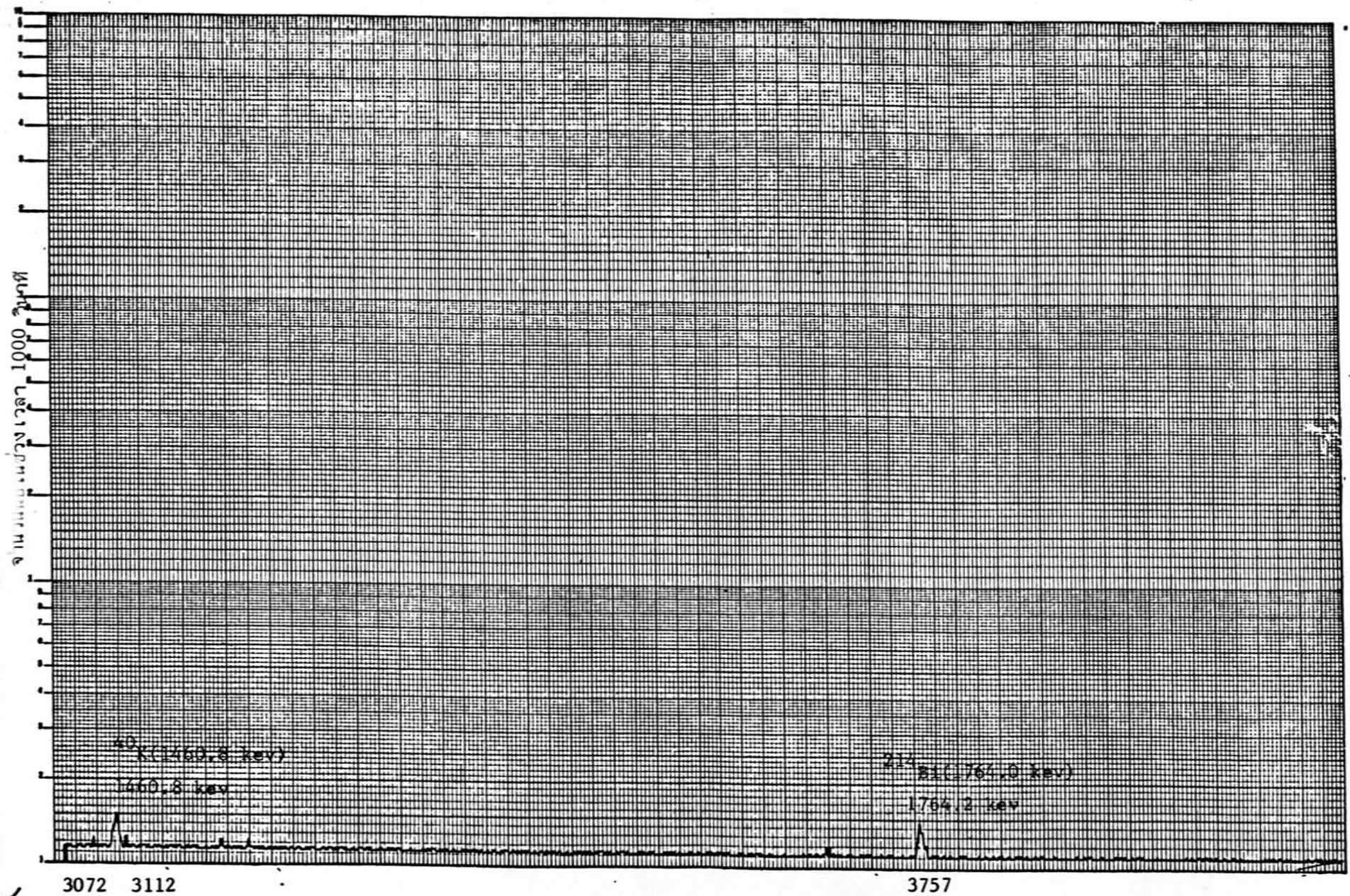


รูปที่ 4-4(C) แสดงสเปกตรัมของกัมมันตภาพรังสีแกมมาที่วัดได้จากตัวอย่างแผ่นกรองอากาศตั้งแต่ CH-2048 ถึง CH 3072



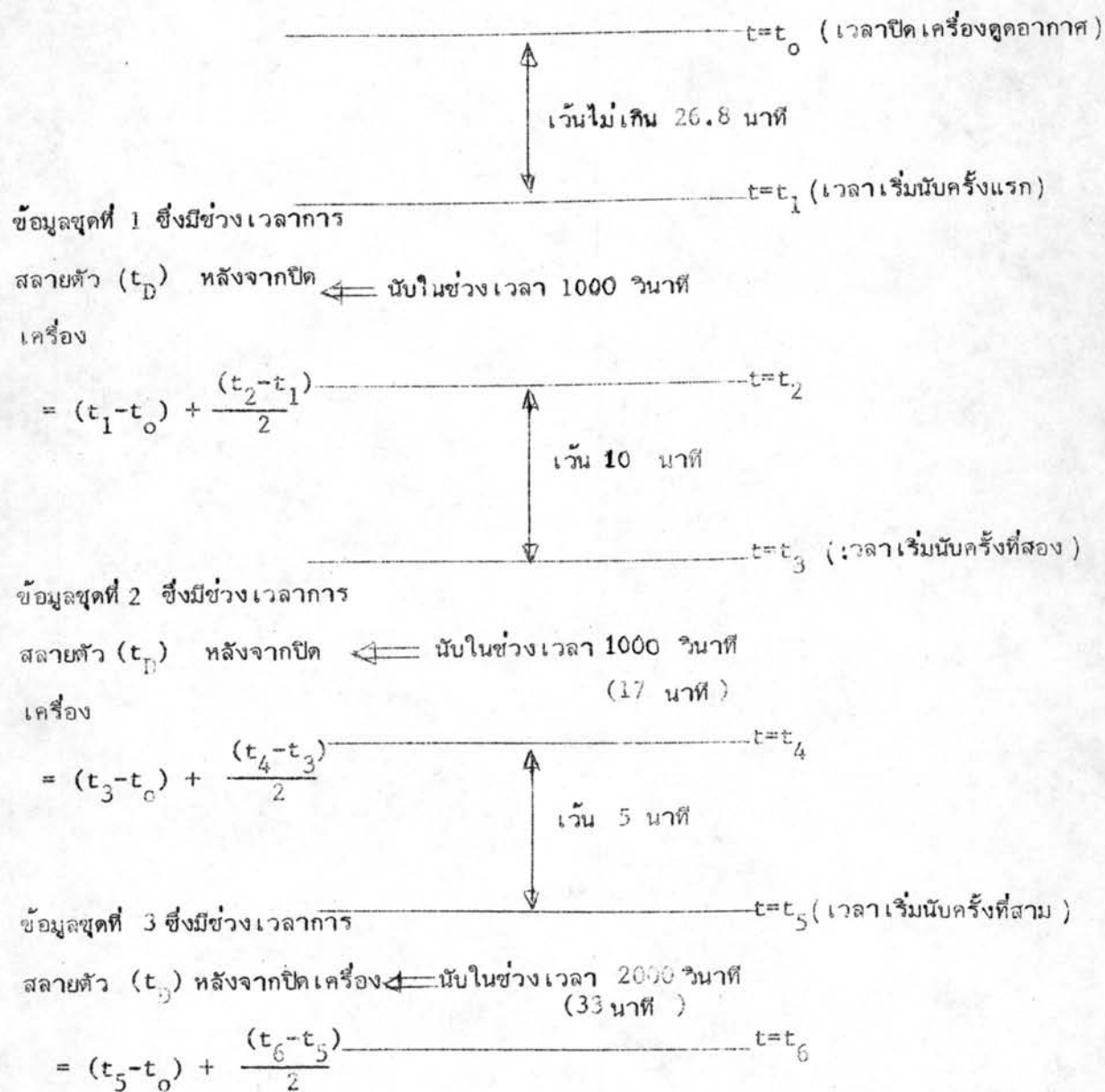
รูปที่ 4-4(d) แสดงสเปกตรัมของกัมมันตภาพรังสีแกมมาที่วัดได้จากตัวอย่างแผ่นกรองอากาศตั้งแต่ CH 3072 ถึง CH 4096

๕



CHANNEL NUMBER (CH)

รูปที่ 4-5 แสดงแผนภาพช่วงเวลาการนับถ่วงน้ำหนักภาพรังสีจากตัวอย่างแผ่นกรองอากาศ เพื่อนำข้อมูล
มาวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว -214 และบิสมัท - 214



ตารางที่ (4-1)

แสดงปริมาณกัมมันตภาพรังสีแกมมาที่วัดได้จากตัวอย่างแผ่นกรองอากาศบริเวณแห่งที่ 1

#	วัน เดือน ปี ช่วงเวลาในการ ดูดอากาศ	อัตราการดูดอากาศ (ft ³ /min)	พลังงานรังสี แกมมา (keV)	ไอโซโทป ^(a) ที่ถูกลบ	อัตราการนับที่เวลา t _D (cps)
ข้อมูลชุดที่ 1 ซึ่งมีค่า t _D = 17.5 นาที	25 ธ.ค. 21 13.05-16.05	(เริ่ม - ปิด) (16-14)	294.9	ตะกั่ว-214	(505 ± 28) × 10 ⁻³
			351.9	ตะกั่ว-214	(796 ± 33) × 10 ⁻³
			609.4	บิสมัท-214	(883 ± 32) × 10 ⁻³
			1120.6	บิสมัท-214	(202 ± 16) × 10 ⁻³
			1765.0	บิสมัท-214	(158 ± 14) × 10 ⁻¹
ข้อมูลชุดที่ 2 มีค่า t _D = 44.5 นาที	25 ธ.ค. 21 13.05-16.05	(เริ่ม-ปิด) (16-14)	294.9	ตะกั่ว-214	(276 ± 24) × 10 ⁻³
			351.9	ตะกั่ว-214	(459 ± 27) × 10 ⁻³
			609.4	บิสมัท-214	(546 ± 26) × 10 ⁻²
			1120.6	บิสมัท-214	(132 ± 14) × 10 ⁻³
			1765.0	บิสมัท-214	(84 ± 10) × 10 ⁻³
ข้อมูลชุดที่ 3 มีค่า t _D = 74.5 นาที	ธ.ค. 13.05-16.05	(เริ่ม-ปิด) (16-14)	294.9	ตะกั่ว-214	(149 ± 14) × 10 ⁻²
			351.9	ตะกั่ว-214	(185 ± 16) × 10 ⁻³
			609.4	บิสมัท-214	(282 ± 15) × 10 ⁻³
			1120.6	บิสมัท-214	(64 ± 8) × 10 ⁻³
			1764.5	บิสมัท 214	(33 ± 6) × 10 ⁻³

(a) เทียบจกตาราง (2-1)

i 17096078

4.4 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพของหัววัดรังสี Ge(Li)

การนำสารมาตรฐานเข้าเครื่องวัดเพื่อนำข้อมูลมาคำนวณหาประสิทธิภาพของหัววัดรังสี Ge(Li) จะต้องจัดให้อยู่ในลักษณะเดียวกับตัวอย่างแผ่นกรองอากาศที่ต้องการหาข้อมูล ซึ่งชนิดของสารมาตรฐานที่ใช้มีดังนี้ คือ

1. Tc - 99 มียอดพลังงาน (peak energy) ที่ 140.51 keV ส่วนที่ให้ = 0.185 และเวลาครึ่งชีวิต = 6.02 ชม. ซึ่งอยู่ในรูปสารละลาย นำมาหยดลงบนแผ่นกรองอากาศที่เตรียมไว้ในถาด pyrex แล้วนำเข้าเครื่องวัดโดยวัดที่ระยะ เวลาต่าง ๆ กัน 10 ครั้ง ได้ผลออกมาตามตารางที่(4 - 2)

2. I - 131 มียอดพลังงานที่ 364.49 keV ส่วนที่ให้ = 0.82 และเวลาครึ่งชีวิต = 193.2 ชม. อยู่ในรูปสารละลายเช่นเดียวกับ Tc - 99 m จึงเตรียมในลักษณะเดียวกันได้ผลออกมาตามตารางที่(4 - 3)

3. Cs - 137 มียอดพลังงานที่ 661.62 keV ส่วนที่ให้ = 0.85 และเวลาครึ่งชีวิต = 10950 ชม. อยู่ในลักษณะของผงดิน นำมาผสมกับ CaCO_3 บรรจุในถาด pyrex เคลือบให้ทั่ว แล้วจึงนำเข้าเครื่องวัด ได้ผลออกมาตามตารางที่(4 - 4)

4. Co - 60 มียอดพลังงาน 2 ยอดคือ ที่ 1173.23 keV และที่ 1332.52 keV ส่วนที่ให้ = 1 เวลาครึ่งชีวิต = 1924 ชม. อยู่ในลักษณะของผงดินเช่นกัน จึงเตรียมในลักษณะเดียวกับ Cs - 137 ได้ผลออกมาตามตารางที่(4 - 5) และตารางที่(4 - 6)

เมื่อนำผลของตารางที่ (4 - 2), (4 - 3), (4 - 4), (4 - 5) และ (4 - 6) มาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพของหัววัดที่มียอดพลังงาน เป็นไปตามกราฟรูปที่ 4-6

ตารางที่ (4-2) แสดงการคำนวณหาประสิทธิภาพของหัววัดรังสี (e(Li) โดยใช้ Tc-99m(140.51 keV) เป็นสารมาตรฐาน

ครั้งที่	D^0 (μCi)	$\times \exp\left(-\frac{.693 \times t_D}{\text{เวลาครึ่งชีวิต}}\right)$	(a) อัตราสลายตัวรังสีแกมมา $= D^t$ (dps)	อัตราการนับในช่วงเวลา สลายตัว t_D (cps)	ประสิทธิภาพหัววัด (cps/dps)
1	5.00×10^{-2}	0.4401	720.55	3878.33×10^{-2}	5.38×10^{-2}
2	5.00×10^{-2}	0.4252	696.16	3694.67×10^{-2}	5.31×10^{-2}
3	5.00×10^{-2}	0.4145	678.64	3609.50×10^{-2}	5.32×10^{-2}
4	5.00×10^{-2}	0.4060	664.72	3564.17×10^{-2}	5.36×10^{-2}
5	5.00×10^{-2}	0.3933	627.56	3321.67×10^{-2}	5.29×10^{-2}
6	5.00×10^{-2}	0.3746	613.31	3272.67×10^{-2}	5.34×10^{-2}
7	5.00×10^{-2}	0.3669	600.71	3200.33×10^{-2}	5.33×10^{-2}
8	5.00×10^{-2}	0.3590	587.77	3135.83×10^{-2}	5.33×10^{-2}
9	5.00×10^{-2}	0.3516	575.66	3056.17×10^{-2}	5.31×10^{-2}
10	5.00×10^{-2}	0.3444	563.87	3007.83×10^{-2}	5.33×10^{-2}
				(b) $(y_1 \pm \sigma_{y_1}) =$	$(5.33 \pm 0.03) \times 10^{-2}$

(a) ใช้ D^0 (ครั้ง/วินาที) = D^0 (ไมโครคูรี) $\times 3.7 \times 10^4 \times 0.185$ (b) ค่าโดยใช้อ้างอิงแบบมาตรฐาน (S.D)

ตารางที่ (4-3) แสดงการคำนวณหาประสิทธิภาพของหัววัดรังสี Ge(Li) โดยใช้ I-131 (364.49) keV เป็นสารมาตรฐาน

ครั้งที่	D^0 (μCi)	$\times \exp\left(-\frac{.693 \times t_D}{\text{เวลาครึ่งชีวิต}}\right)$	อัตราสลายตัวรังสีแกมมา ^(a) $= D^t$ (.dps)	อัตราการนับในช่วงเวลา สลายตัว t_D (cps)	ประสิทธิภาพหัววัด (cps/dps)
1	1.00×10^{-3}	0.9824	29.81	110.83×10^{-2}	3.72×10^{-2}
2	1.00×10^{-3}	0.9817	29.78	122.00×10^{-2}	4.10×10^{-2}
3	1.00×10^{-3}	0.9810	29.76	112.00×10^{-2}	3.76×10^{-2}
4	1.00×10^{-3}	0.9803	29.74	123.50×10^{-2}	4.14×10^{-2}
5	1.00×10^{-3}	0.9796	29.72	120.17×10^{-2}	4.04×10^{-2}
6	1.00×10^{-3}	0.9789	29.70	117.33×10^{-2}	3.97×10^{-2}
7	1.00×10^{-3}	0.9782	29.69	112.67×10^{-2}	3.80×10^{-2}
8	1.00×10^{-3}	0.9776	29.66	128.67×10^{-2}	4.34×10^{-2}
9	1.00×10^{-3}	0.9769	29.64	106.67×10^{-2}	3.60×10^{-2}
10	1.00×10^{-3}	0.9762	29.62	106.63×10^{-2}	3.94×10^{-2}
				(b) $(y_2 \pm \sigma_{y_2})$	$= (3.94 \pm 0.21) \times 10^{-2}$

(a) ใช้ D^0 (ครึ่ง/วินาที) = D^0 (ไมโครคูรี) $\times 3.7 \times 10^4 \times 0.82$

(b) ค่ารวมโดยใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D)

ตารางที่ (4-4) แสดงการคำนวณหาประสิทธิภาพของหัววัดรังสี Ce(Li) โดย Cs-137 (661.62)keV เป็นสารมาตรฐาน

ครั้งที่	D^0 (μCi)	$\times \exp\left(-\frac{.693 \times t_D}{\text{เวลาครึ่งชีวิต}}\right)$	อัตราสลายตัวรังสีแกมมา $= D^t$ (dps)	อัตราการนับในช่วงเวลา สลายตัว t_D (cps)	ประสิทธิภาพหัววัด (cps/dps)
1	141.22×10^{-6}	0.9568	4249.63×10^{-3}	77×10^{-3}	1.81×10^{-2}
2	141.22×10^{-6}	0.9568	4249.63×10^{-3}	57×10^{-3}	1.34×10^{-2}
3	141.22×10^{-6}	0.9568	4249.63×10^{-3}	70×10^{-3}	1.65×10^{-2}
4	141.22×10^{-6}	0.9567	4249.18×10^{-3}	63×10^{-3}	1.48×10^{-2}
5	141.22×10^{-6}	0.9567	4249.18×10^{-3}	59×10^{-3}	1.39×10^{-2}
6	141.22×10^{-6}	0.9567	4249.18×10^{-3}	97×10^{-3}	2.28×10^{-2}
7	141.22×10^{-6}	0.9564	4247.85×10^{-3}	61×10^{-3}	1.44×10^{-2}
8	141.22×10^{-6}	0.9564	4247.85×10^{-3}	79×10^{-3}	1.88×10^{-2}
9	141.22×10^{-6}	0.9564	4247.85×10^{-3}	88×10^{-3}	2.07×10^{-2}
10	141.22×10^{-6}	0.9564	4247.85×10^{-3}	42×10^{-3}	0.99×10^{-2}
				(b) $(y_3 \pm \delta_{y_3}) = (1.63 \pm 0.36) \times 10^{-2}$	

(a) ใช้ D^0 (ครึ่ง/วินาที) = D^0 (ไมโครคูรี) $\times 3.7 \times 10^4 \times 0.85$

(b) คำนวณโดยใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D)

ตารางที่ (4-5) แสดงการคำนวณหาประสิทธิภาพของหัววัดครั้งที่ Ce(Li) โดยใช้ Co-60 (1173.23 keV) เป็นสารมาตรฐาน

ครั้งที่	D^0 (μ Ci)	$\times \exp\left(-\frac{.693 \times t_D}{\text{เวลาครึ่งชีวิต}}\right)$	อัตราสลายตัวรังสีแกมมา = D^t (dps) ^(a)	อัตราการนับในช่วงเวลา สลายตัว t_D (cps)	ประสิทธิภาพหัววัด (cps/dps)
1	1673.30×10^{-6}	0.9008	55770.42×10^{-3}	319×10^{-3}	5.72×10^{-3}
2	1673.30×10^{-6}	0.9005	55751.85×10^{-3}	307×10^{-3}	5.51×10^{-3}
3	1673.30×10^{-6}	0.9005	55751.85×10^{-3}	269×10^{-3}	4.82×10^{-3}
4	1673.30×10^{-6}	0.9005	55751.85×10^{-3}	304×10^{-3}	5.45×10^{-3}
5	1673.30×10^{-6}	0.9005	55751.85×10^{-3}	332×10^{-3}	5.95×10^{-3}
6	1673.30×10^{-6}	0.9005	55751.85×10^{-3}	315×10^{-3}	5.65×10^{-3}
7	1673.30×10^{-6}	0.9005	55751.85×10^{-3}	314×10^{-3}	5.63×10^{-3}
8	1673.30×10^{-6}	0.8995	55689.93×10^{-3}	323×10^{-3}	5.80×10^{-3}
9	1973.30×10^{-6}	0.8995	55689.93×10^{-3}	344×10^{-3}	6.18×10^{-3}
10	1673.30×10^{-6}	0.8995	55689.93×10^{-3}	354×10^{-3}	6.36×10^{-3}
				(b)	
				$(y_5 \pm \frac{\sigma}{y_5})$	$= (5.71 \pm 0.40) \times 10^{-3}$

(a) ใช้ D^0 (ครั้ง/วินาที) = D^0 (ไมโครคูรี) $\times 3.7 \times 10^4 \times 1$

(b) คำนวณโดยใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D)

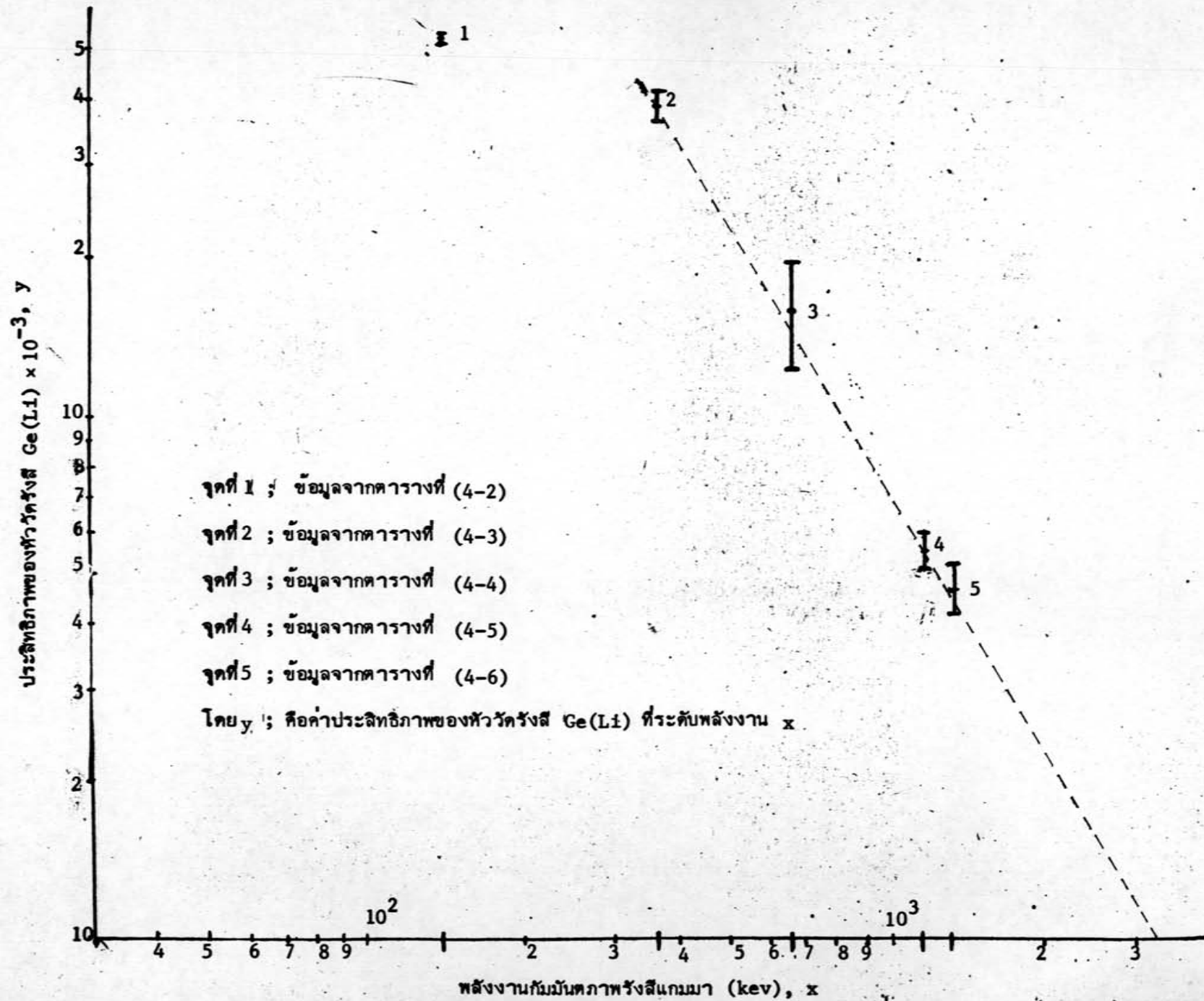
ตารางที่ (4-6) แสดงการคำนวณหาประสิทธิภาพของหัววัดรังสี Ge(Li) โดยใช้ Co-60(1332.52 keV) เป็นสารมาตรฐาน

ครั้งที่	$D^0 (\mu\text{Ci})$	$\times \exp\left(\frac{.693 \times t_D}{\text{เวลาครึ่งชีวิต}}\right)$	อัตราสลายตัวรังสีแกมมา ^(a) = D^t (dps)	อัตราการนับในช่วงเวลา สลายตัว t_D (cps)	ประสิทธิภาพหัววัด (cps/dps)
1	1673.30×10^{-6}	0.9008	55770.42×10^{-3}	273×10^{-3}	4.90×10^{-3}
2	1673.30×10^{-6}	0.9005	55751.85×10^{-3}	263×10^{-3}	4.72×10^{-3}
3	1673.30×10^{-6}	0.9005	55751.85×10^{-3}	231×10^{-3}	4.14×10^{-3}
4	1673.30×10^{-6}	0.9005	55751.85×10^{-3}	243×10^{-3}	4.36×10^{-3}
5	1673.30×10^{-6}	0.9005	55751.85×10^{-3}	235×10^{-3}	4.22×10^{-3}
6	1673.30×10^{-6}	0.9005	55751.85×10^{-3}	265×10^{-3}	4.75×10^{-3}
7	1673.30×10^{-6}	0.9005	55751.85×10^{-3}	259×10^{-3}	4.65×10^{-3}
8	1673.30×10^{-6}	0.8995	55689.93×10^{-3}	319×10^{-3}	5.73×10^{-3}
9	1673.30×10^{-6}	0.8995	55689.93×10^{-3}	261×10^{-3}	4.69×10^{-3}
10	1673.30×10^{-6}	0.8995	55689.93×10^{-3}	306×10^{-3}	5.49×10^{-3}
				(b)	
				$(y_4 \pm \delta_{y_4})$	$= (4.77 \pm 0.49) \times 10^{-3}$

(a) ใช้ D^0 (ครั้ง/วินาที) = D^0 (ไมโครคูรี) $\times 3.7 \times 10^4 \times 1$

(b) คำนวณโดยใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D)

รูปที่ 4-6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพของหัววัดรังสี Ge(Li) กับพลังงานกัมมันตภาพรังสีแกมมา



จากกราฟรูปที่ 4 - 6 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างจุดที่ 2, 3, 4 และ
จุดที่ 5 ควรเป็นกราฟเส้นตรง ซึ่งสามารถเขียนอยู่ในรูปของสมการดังนี้

$$\ln y = -m \ln x + \ln k \dots\dots\dots(4.1)$$

โดยถือว่า m มีค่าเป็นบวก และ k เป็นค่าคงที่

จากสมการที่ (4.1) จะได้

$$y = k x^{-m} \dots\dots\dots(4.2)$$

จากสมการที่ (4.2) สามารถที่จะหาค่าความชัน (m) ของกราฟซึ่งผ่านจุดที่ 2
และ 3 ดังนี้คือ

$$m_1 \pm \delta_{m_1} = \frac{\ln \left(\frac{y_2 \pm \delta_{y_2}}{y_3 \pm \delta_{y_3}} \right)}{\ln \left(\frac{x_2}{x_3} \right)} \dots\dots\dots(4.3)$$

เมื่อนำข้อมูลจากกราฟรูปที่ 4 - 6 แทนลงในสมการที่ (4.3) พร้อมทั้งใช้
ความสัมพันธ์ของค่าผิดพลาดตามตารางที่ (2 - 2) จะได้

ค่าความชันของกราฟที่ผ่านจุด	2	และ	3	คือ	$m_1 \pm \delta_{m_1}$	=	1.44 ± 0.39		
"	"	"	2	"	4	"	$m_2 \pm \delta_{m_2}$	=	1.65 ± 0.08
"	"	"	2	"	5	"	$m_3 \pm \delta_{m_3}$	=	1.63 ± 0.09
"	"	"	3	"	4	"	$m_4 \pm \delta_{m_4}$	=	1.78 ± 0.41
"	"	"	3	"	5	"	$m_5 \pm \delta_{m_5}$	=	1.71 ± 0.36
"	"	"	4	"	5	"	$m_6 \pm \delta_{m_6}$	=	1.36 ± 0.98

∴ ค่าความชัน ของกราฟเส้นตรงที่ผ่านจุดที่ 2, 3, 4 และ 5 ($\bar{m} \pm \sigma_{\bar{m}}$) หาได้จาก

$$(\bar{m} \pm \sigma_{\bar{m}}) = \frac{1}{6} \sum_{a=1}^6 (m_a \pm \sigma_{m_a})$$

$$(\bar{m} \pm \sigma_{\bar{m}}) = 1.60 \pm 0.20$$

จากสมการที่ 4.2 จะได้ $k = yx^{\bar{m}} \dots \dots \dots (4.4)$

นำข้อมูลจากกราฟรูปที่ 4-6 และค่า \bar{m} ที่คำนวณได้ พร้อมทั้งใช้ความสัมพันธ์ของค่าผิดพลาดตามตารางที่ (2 - 2) จะได้

$$\text{ค่าคงที่สำหรับจุดที่ 2 คือ } (k_1 \pm \sigma_{k_1}) = (4.80 \pm 0.26) \times 10^2$$

$$\text{" " 3 " } (k_2 \pm \sigma_{k_2}) = (5.14 \pm 1.14) \times 10^2$$

$$\text{" " 4 " } (k_3 \pm \sigma_{k_3}) = (4.49 \pm 0.32) \times 10^2$$

$$\text{" " 5 " } (k_4 \pm \sigma_{k_4}) = (3.54 \pm 0.36) \times 10^2$$

∴ ค่าคงที่โดยเฉลี่ยของกราฟเส้นตรงซึ่งผ่านจุดที่ 2, 3, 4 และ 5 ($\bar{k} \pm \sigma_{\bar{k}}$) หาได้จาก

$$(\bar{k} \pm \sigma_{\bar{k}}) = \frac{1}{4} \sum_{a=1}^4 (k_a \pm \sigma_{k_a})$$

$$(\bar{k} \pm \sigma_{\bar{k}}) = (4.49 \pm 0.32) \times 10^2$$

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า กราฟเส้นตรงซึ่งผ่านจุดที่ 2, 3, 4 และจุดที่ 5 ในรูปที่ 4-6 เป็นกราฟ ซึ่งมีค่าความชัน ($\bar{m} \pm \sigma_{\bar{m}}$) = 1.60 ± 0.2 และค่าคงที่ของกราฟ ($\bar{k} \pm \sigma_{\bar{k}}$) = $(4.49 \pm 0.32) \times 10^2$ เมื่อนำผลอันนี้พร้อมกับสมการที่ (4.2)

ไปคำนวณหาประสิทธิภาพของหัววัดที่ระดับพลังงานต่าง ๆ ของตะกั่ว - 214 และบิสมัท - 214 ตามตารางที่ (2-1) จะได้ผลออกมาตามตารางที่ (4-7)

ตารางที่ (4-7) แสดงค่าประสิทธิภาพของหัววัดรังสี Ge(Li) ที่ระดับพลังงานต่าง ๆ ของตะกั่ว - 214 และบิสมัท - 214

ชื่อไอโซโทป	พลังงานรังสีแกมมา (key)	ส่วนที่ให้	เวลาครึ่งชีวิต (min)	ประสิทธิภาพของหัววัด (cps/dps)
ตะกั่ว - 214	295.22	0.189	26.8	$(5.16 \pm 0.36) \times 10^{-2}$
ตะกั่ว - 214	351.99	0.36	26.8	$(3.90 \pm 0.27) \times 10^{-2}$
บิสมัท - 214	609.30	0.412	19.7	$(1.63 \pm 0.11) \times 10^{-2}$
บิสมัท - 214	1120.40	0.136	19.7	$(6.15 \pm 0.43) \times 10^{-3}$
บิสมัท - 214	1764.00	0.158	19.7	$(2.98 \pm 0.21) \times 10^{-3}$

4.5 วิธีการคำนวณปริมาณตะกั่ว - 214 และบิสมัท - 214 ในอากาศ

4.5.1 ปริมาณตะกั่ว - 214

อัตราการสลายตัวกัมมันตภาพรังสีแกมมาของตะกั่ว - 214 บนแผ่นกรองอากาศที่เวลาปิดเครื่องดูดอากาศ สามารถคำนวณได้ตามตารางที่ (4-8) มีค่าดังนี้คือ

$$D_1^{\sigma} = (2.53 \pm 0.11) \times 10^{-3} \quad \text{ไมโครคูรี}$$

$$\text{หรือ} \quad D_1^{\sigma} = (5.61 \pm 0.24) \times 10^3 \quad \text{ครั้งต่อนาที}$$

และเมื่อนำผลอันนี้ไปคำนวณหาปริมาณตะกั่ว - 214 ในอากาศบริเวณที่ตั้งเครื่อง
ดูดอากาศ (N_1^0) โดยใช้สมการที่ (2.15) ดังนี้

$$N_1^0 = \frac{D_1^0}{V_c (1 - \exp(-\lambda t_s))}$$

$$N_1^0 = \frac{(5.61 \times 10^3)}{(15 \times 2.83 \times 10^{-2}) (a) (1 - \exp(-\frac{\ln 2 \cdot 180}{26.8}))}$$

$$N_1^0 = 1.33 \times 10^4 \quad \text{อะตอมต่อลูกบาศก์เมตร}$$

$$\text{หรือ} = \frac{1.33 \times 10^4 \times 214 \times 10^6}{6.023 \times 10^{23}} = 4.74 \times 10^{-12} \quad \text{ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร}$$

สำหรับค่าผิดพลาดของ N_1^0 ($\sigma_{N_1^0}$) สามารถหาค่าได้โดยใช้ความสัมพันธ์ตาม
ตารางที่ (2-2) ดังนี้

$$\begin{aligned} \sigma_{N_1^0} &= N_1^0 \sqrt{\left(\frac{\sigma_{D_1^0}}{D_1^0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{V_c}}{V_c}\right)^2} \\ &= (1.33 \times 10^4) \sqrt{\left(\frac{0.24 \times 10^3}{5.61 \times 10^3}\right)^2 + \left(\frac{2.83 \times 10^{-3}}{15 \times 2.83 \times 10^{-3}}\right)^2} \end{aligned}$$

$$\sigma_{N_1^0} = 0.11 \times 10^4 \quad \text{อะตอมต่อลูกบาศก์เมตร}$$

$$\text{หรือ} = \frac{0.11 \times 10^4 \times 214 \times 10^6}{6.023 \times 10^{23}} = 0.39 \times 10^{-12} \quad \text{ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร}$$

(a) 1 ลูกบาศก์ฟุต = 2.83×10^{-2} ลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ (4-8)

แสดงการคำนวณอัตราการสลายตัวกัมมันตภาพรังสีแกมมาของตะกั่ว - 214 บนแผ่นกรองอากาศ
ที่เวลาเปิดเครื่องดูดอากาศ (D_1^0)

จากตารางที่ (4-1)	ชื่อไอโซโทป	D_1^t (dps) (a)	$\times \exp\left(\frac{.693 \times t_D}{\text{เวลาครึ่งชีวิต}}\right)$	$= D_1^0 (\mu\text{Ci})$
ข้อมูลชุดที่ 1 $t_D = 17.5$ $V_0 = 15 \pm 1$ ลบ. ฟุต นาที	1 ตะกั่ว- 214 (295.22)	51.77 ± 4.65	1.572	2.20×10^{-3} $\pm 0.20 \times 10^{-3}$
	2 ตะกั่ว- 214 (351.99)	56.71 ± 4.61	1.572	2.41×10^{-3} $\pm 0.20 \times 10^{-3}$
A ค่าเฉลี่ยโดยน้ำหนัก				$= 2.34 \times 10^{-3}$ $\pm 0.15 \times 10^{-3}$
ข้อมูลชุดที่ 2 $t_D = 44.5$ นาที $V_0 = 15 \pm 1$ ลบ. ฟุต นาที	1 ตะกั่ว - 214 (295.22)	28.30 ± 3.15	3.16	2.42×10^{-3} $\pm 0.27 \times 10^{-3}$
	2 ตะกั่ว - 214 (351.99)	32.70 ± 2.99	3.16	2.79×10^{-3} $\pm 0.26 \times 10^{-3}$
B ค่าเฉลี่ยโดยน้ำหนัก				$= 2.66 \times 10^{-3}$ $\pm 0.19 \times 10^{-3}$
ข้อมูลชุดที่ 3 $t_D = 74.5$ นาที $V_0 = 15 \pm 1$ ลบ. ฟุต นาที	1 ตะกั่ว- 214 (295.22)	15.24 ± 1.79	6.87	2.83×10^{-3} $\pm 0.33 \times 10^{-3}$
	2 ตะกั่ว- 214 (351.99)	13.15 ± 1.45	6.87	2.44×10^{-3} $\pm 0.27 \times 10^{-3}$
C ค่าเฉลี่ยโดยน้ำหนัก				$= 2.57 \times 10^{-3}$ $\pm 0.27 \times 10^{-3}$

- (a) $D_1^t = \frac{\text{อัตราการนับ}}{\text{ประสิทธิภาพหัววัด} \times \text{ส่วนที่ให}}$ ใช้ข้อมูลจาก ตารางที่ (4-1) และ (4-7) $D_1^0 = \frac{A + B + C}{3}$
- (b) ค่าเฉลี่ยโดยน้ำหนัก = $\frac{(D_1^0(1) \times 0.189) + (D_1^0(2) \times 0.36)}{0.549}$ $D_1^0 = (2.53 \pm 0.11) \times 10^{-3} \mu\text{Ci}$
- (c) D_1^0 จำนวนโดยใช้เงื่อนไขตามตารางที่ (2-2)

4.5.2 ปริมาณบิสมีท - 214

อัตราการสลายตัวกัมมันตภาพรังสีแกมมาของบิสมีท - 214 บนแผ่นกรองอากาศ
ที่เวลาปิดเครื่องดูดอากาศ สามารถคำนวณได้ตามตารางที่(4-9) มีค่าดังนี้คือ

$$\overline{D}_2^0 = (9.80 \pm 0.67) \times 10^{-3} \quad \text{ไมโครคูรี}$$

$$\text{หรือ } \overline{D}_2^0 = (21.77 \pm 1.50) \times 10^3 \quad \text{ครั้งต่อนาที}$$

และเมื่อนำผลอันนี้ไปคำนวณหาปริมาณบิสมีท - 214 ในอากาศบริเวณที่ตั้งเครื่อง
ดูดอากาศ(N_2^0) โดยใช้สมการที่ (2.15) ดังนี้

$$N_2^0 = \frac{\overline{D}_2^0}{V_0(1-\exp(-\lambda t_s))}$$

$$N_2^0 = \frac{(21.77 \times 10^3)}{(15 \times 2.83 \times 10^{-2}) (1-\exp(-\text{Ln}2 \cdot \frac{180}{19.7}))}$$

$$N_2^0 = 5.13 \times 10^4 \quad \text{อะตอมต่อลูกบาศก์เมตร}$$

$$\text{หรือ } = \frac{5.13 \times 10^4 \times 214}{6.023 \times 10^{23}} \times 10^6 = 1.82 \times 10^{-11} \quad \text{ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร}$$

สำหรับค่าผิดพลาดของ N_2^o ($\sigma_{N_2^o}$) สามารถหาค่าได้โดยใช้ความสัมพันธ์ตาม
ตารางที่ (2-2) ดังนี้

$$\begin{aligned}\sigma_{N_2^o} &= N_2^o \sqrt{\left(\frac{\sigma_{D_2^o}}{D_2^o}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{V_o}}{V_o}\right)^2} \\ &= (5.13 \times 10^4) \sqrt{\left(\frac{1.50 \times 10^3}{21.77 \times 10^3}\right)^2 + \left(\frac{2.83 \times 10^{-3}}{15 \times 2.83 \times 10^{-3}}\right)^2} \\ \sigma_{N_2^o} &= 0.49 \times 10^4 \quad \text{อะตอมต่อลูกบาศก์เมตร} \\ \text{หรือ} &= \frac{0.49 \times 10^4 \times 214 \times 10^6}{6.023 \times 10^{23}} = 0.18 \times 10^{-11} \quad \text{ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร}\end{aligned}$$

ผลการคำนวณปริมาณตะกั่ว - 214 และบิสมัท - 214 ในอากาศ ที่คำนวณ
โดยการใช้ข้อมูลจากตัวอย่างแผ่นกรองอากาศ 42 ตัวอย่าง ซึ่งเก็บตามสถานที่ต่าง ๆ
7 แห่ง ๆ ละ 6 ครั้ง แสดงในตารางที่ (4-10), (4-11) และ (4-12)

ตารางที่ 4-9

แสดงการคำนวณอัตราการสลายตัวของกัมมันตภาพรังสีแกมมาของบิสมัท - 214 บนแผ่นกรองอากาศ

ที่เวลาปิดเครื่องดูดอากาศ (D_2^0)

จากตารางที่ (4-1)	ชื่อไอโซโทป	D_2^t (dps) (a)	αD_2^t (μCi)	βD_1^0 (μCi) (b)	$D_2^0 = \alpha D_2^t - \beta D_1^0$ (μCi)
ข้อมูลชุดที่ 1 $t_D = 17.5$ $\bar{V}_0 = 15 \pm 1$ ลบ.ฟุต/นาที	1 บิสมัท-214 (609.30)	131.89 ± 10.41	6.59×10^{-3}	1.68×10^{-3}	4.91×10^{-3} $\pm 0.52 \times 10^{-3}$
	2 บิสมัท-214 (1120.40)	241.63 ± 25.61	12.08×10^{-3}	1.68×10^{-3}	10.39×10^{-3} $\pm 1.28 \times 10^{-3}$
	3 บิสมัท-214 (1764.00)	335.46 ± 37.13	16.77×10^{-3}	1.68×10^{-3}	15.09×10^{-3} $\pm 1.86 \times 10^{-3}$
A ค่าเฉลี่ยโดยน้ำหนัก					$= 8.24 \times 10^{-3}$ $\pm 0.57 \times 10^{-3}$
ข้อมูลชุดที่ 2 $t_D = 44.5$ $\bar{V}_0 = 15 \pm 1$ ลบ.ฟุต/นาที	1 บิสมัท -214 (609.30)	81.55 ± 6.93	10.54×10^{-3}	4.87×10^{-3}	5.65×10^{-3} $\pm 0.90 \times 10^{-3}$
	2 บิสมัท -214 (1120.40)	157.90 ± 19.80	20.40×10^{-3}	4.87×10^{-3}	15.52×10^{-3} $\pm 2.56 \times 10^{-3}$
	3 บิสมัท -214 (1764.00)	178.34 ± 25.39	23.04×10^{-3}	4.87×10^{-3}	18.16×10^{-3} $\pm 3.29 \times 10^{-3}$
B ค่าเฉลี่ยโดยน้ำหนัก					$= 10.37 \times 10^{-3}$ $\pm 1.04 \times 10^{-3}$
ข้อมูลชุดที่ 3 $t_D = 74.5$ $\bar{V}_0 = 15 \pm 1$ ลบ.ฟุต/นาที	1 บิสมัท-2214 (609.30)	42.12 3.67	15.63×10^{-3}	9.48×10^{-3}	6.10×10^{-3} $\pm 1.28 \times 10^{-3}$
	2 บิสมัท-214 (1120.40)	76.56 10.88	28.41×10^{-3}	9.48×10^{-3}	18.89×10^{-3} $\pm 4.05 \times 10^{-3}$
	3 บิสมัท-214 (1764.00)	69.00 12.91	25.61×10^{-3}	9.48×10^{-3}	16.09×10^{-3} $\pm 4.80 \times 10^{-3}$
C ค่าเฉลี่ยโดยน้ำหนัก					$= 13.73 \times 10^{-3}$ $\pm 1.57 \times 10^{-3}$

(a) ใช้หลักการเดียวกับการหาค่า D_1^t

$$\bar{D}_2^0 = \frac{A + B + C}{3}$$

(b) $D_1^0 = (2.53 \pm 0.11) \times 10^{-3} \mu\text{Ci}$

$$\bar{D}_2^0 = (9.80 \pm 0.67) \times 10^{-3} \mu\text{Ci}$$

ตารางที่ (4-10)

แสดงปริมาณตะกั่ว-214 และบิสมัท- 214 ในบรรยากาศกรุงเทพฯ ความสูงระดับพื้นดิน

ครั้งที่	วัน เดือน ปี	เวลา	ระยะห่าง		สถานที่ทำกรงเก็บตัวอย่าง	ปริมาณตะกั่ว-214 ($10^{-12} \mu\text{g}/\text{m}^3$)	ปริมาณบิสมัท-214 ($10^{-11} \mu\text{g}/\text{m}^3$)
			จากถนน	พื้นถนน			
1	25 ธ.ค. 21	13.05-16.05				(4.7 ± 0.4)	(1.8 ± 0.2)
2	2 ม.ค. 22	12.30-15.30				(2.9 ± 0.3)	(1.1 ± 0.1)
3	8 ม.ค. 22	11.50-15.00				(2.4 ± 0.2)	(1.1 ± 0.1)
4	22 ม.ค. 22	10.50-13.55	25 เมตร	2 เมตร	แห่งที่ 1	(4.9 ± 0.4)	(2.0 ± 0.2)
5	19 ม.ค. 22	13.35-16.35				(1.3 ± 0.2)	(0.6 ± 0.1)
6	21 มี.ค. 22	8.20-11.20				(1.9 ± 0.2)	(0.8 ± 0.1)
1	9 ม.ค. 22	9.00-12.00				(3.8 ± 0.5)	(1.6 ± 0.2)
2	9 ม.ค. 22	12.30-15.30				(5.0 ± 1.0)	(2.0 ± 0.4)
3	15 ม.ค. 22	12.40-15.40				(2.9 ± 0.4)	(1.2 ± 0.2)
4	16 ม.ค. 22	9.30-12.30	3 เมตร	1.4 เมตร	แห่งที่ 2	(4.5 ± 0.5)	(2.0 ± 0.3)
5	16 ม.ค. 22	12.35-15.35				(3.6 ± 0.4)	(1.6 ± 0.2)
6	22 ม.ค. 22	9.02-11.02				(5.7 ± 1.3)	(2.5 ± 0.6)
1	23 ม.ค. 22	8.02-11.06				(7.0 ± 0.5)	(3.1 ± 0.3)
2	23 ม.ค. 22	11.09-14.09				(3.9 ± 0.2)	(1.9 ± 0.2)
3	29 ม.ค. 22	9.00-12.00				(3.4 ± 0.2)	(1.5 ± 0.2)
4	29 ม.ค. 22	12.05-15.05	3 เมตร	1.4 เมตร	แห่งที่ 3	(2.3 ± 0.2)	(0.9 ± 0.1)
5	30 ม.ค. 22	9.41-12.41				(4.3 ± 0.4)	(1.9 ± 0.2)
6	30 ม.ค. 22	12.45-15.45				(3.0 ± 0.2)	(1.5 ± 0.2)

ตารางที่ (4-11)

แสดงปริมาณตะกั่ว-214 และบิสมัท-214 ในบรรยากาศกรุงเทพฯ ความสูงระดับพื้นดิน

ครั้งที่	วัน เดือน ปี	เวลา	ระยะห่าง จากถนน	ความสูง จากพื้นถนน	สถานที่ทำ การเก็บตัว อย่าง ^(a)	ปริมาณตะกั่ว-214 ($10^{-12} \mu\text{g}/\text{m}^3$)	ปริมาณบิสมัท-214 ($10^{-11} \mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	13 มี.ค. 22	9.20-12.20				(4.6 ± 0.3)	(1.5 ± 0.2)
2	13 มี.ค. 22	12.25-15.25				(3.1 ± 0.2)	(1.0 ± 0.1)
3	14 มี.ค. 22	8.10-11.10	30 เมตร	0.5 เมตร	แห่งที่ 4	(4.8 ± 0.6)	(2.4 ± 0.3)
4	14 มี.ค. 22	11.15-14.15				(1.8 ± 0.3)	(0.8 ± 0.2)
5	16 มี.ค. 22	8.00-11.00				(2.0 ± 0.2)	(0.9 ± 0.1)
6	16 มี.ค. 22	11.03-14.03				(1.7 ± 0.2)	(0.9 ± 0.1)
1	19 มี.ค. 22	12.08-15.08				(1.4 ± 0.2)	(0.6 ± 0.1)
2	20 มี.ค. 22	7.36-10.36				(2.4 ± 0.2)	(0.8 ± 0.1)
3	20 มี.ค. 22	10.39-13.39				(1.4 ± 0.2)	(0.6 ± 0.1)
4	20 มี.ค. 22	13.40-16.40	30 เมตร	0.7 เมตร	แห่งที่ 5	(1.5 ± 0.2)	(0.6 ± 0.1)
5	21 มี.ค. 22	9:30-12:30				(2.0 ± 0.3)	(1.0 ± 0.2)
6	21 มี.ค. 22	12.33-15.33				(1.8 ± 0.2)	(0.8 ± 0.1)
1	17 พ.ค. 22	7.00-10.00				(3.9 ± 0.3)	(1.1 ± 0.1)
2	17 พ.ค. 22	10.02-13.02				(3.7 ± 0.3)	(1.4 ± 0.2)
3	18 พ.ค. 22	6.58-9.58				(5.0 ± 1.2)	(0.8 ± 0.2)
4	18 พ.ค. 22	10.00-13.00	5 เมตร	1.4 เมตร	แห่งที่ 6	(3.6 ± 0.2)	(1.1 ± 0.1)
5	18 พ.ค. 22	13.02-16.02				(3.1 ± 0.2)	(1.2 ± 0.2)
6	23 พ.ค. 22	10.55-13.55				(5.9 ± 0.3)	(1.7 ± 0.2)

(a) สัญลักษณ์ของสถานที่แต่ละแห่งได้ตามหัวข้อที่ 4.2

ตารางที่ (4-12)

แสดงปริมาณตะกั่ว - 214 และบิสมัท - 214 ในบรรยากาศกรุงเทพฯ ความสูงระดับพื้นดิน

ครั้งที่	วัน เดือน ปี	เวลา	ระยะห่าง จากถนน	ความสูงจาก พื้นถนน	สถานที่ทำการ (a) เก็บตัวอย่าง	ปริมาณตะกั่ว-214 ($10^{-12} \mu\text{g}/\text{m}^3$)	ปริมาณบิสมัท-214 ($10^{-12} \mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	21 พ.ค. 22	7.42-10.42				(5.7 ± 1.5)	(1.2 ± 0.3)
2	21 พ.ค. 22	10.44-13.44				(4.0 ± 1.2)	(1.6 ± 0.5)
3	22 พ.ค. 22	6.56- 9.56	5 เมตร	1.4 เมตร	แห่งที่ 7	(5.5 ± 1.1)	(1.4 ± 0.3)
4	22 พ.ค. 22	9.58-12.58				(2.4 ± 0.7)	(1.0 ± 0.3)
5	22 พ.ค. 22	13.00-15.55				(1.9 ± 0.2)	(0.7 ± 0.1)
6	23 พ.ค. 23	6.58- 9.58				(4.6 ± 1.2)	(1.5 ± 0.4)

(a) ลักษณะของสถานที่แต่ละแห่งได้ตามหัวข้อที่ 4.2