

วิธีการดำเนินงานและผลการวัดปริมาณโบรมีนในอากาศ

4.1 อุปกรณ์และเครื่องใช้ในการดำเนินงาน

4.1.1 เครื่องดูดอากาศความเร็วสูง เป็นเครื่องที่สามารถดูดอากาศได้ 15 ล.บ. ฟุตต่อนาที สำหรับในกรณีที่ต้องการทดลองในถนนจำเป็นต้องใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก ทำให้ดูดอากาศได้ 8 ล.บ. ฟุตต่อนาที การวัดอัตราการดูดอากาศนี้ โดยการใช้เครื่องวัดอัตราปริมาณอากาศที่ผ่านเรียกว่า Flomaster ของ Unico ดังแสดงในรูปที่ 4-1(2) เครื่องดูดอากาศ แสดงดังรูปที่ 4-1(1)

4.1.2 แผ่นกรองอากาศ (Air Filter) แผ่นกรองอากาศที่ใช้เป็นพวกใยแก้ว (Fibre glass) ชนิด 934AH มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10.5 ซม. สามารถที่จะกรองฝุ่นละอองในอากาศได้ถึง 99%¹⁴ จากการตรวจสอบหาธาตุที่มีอยู่ในแผ่นกรองอากาศชนิดใยแก้วนี้ด้วยวิธีนิวตรอนแอคทีเวชัน พบว่า มีธาตุอะลูมิเนียม แมงกานีส, แมกนีเซียม, โซเดียม, แคลเซียม, สแกนเดียม, แลนทานัม และ คลอรีน แกมมาสเปกตรัมของแผ่นกรองอากาศ หลังจากการอาบด้วยนิวตรอน แสดงในรูปที่ 4-2 และรูปที่ 4-3

4.1.3 Ge (Li) Detector

ในการศึกษาทดลองนี้ ใช้หัววัด Ge (Li) ของ Ortec ขนาด 26 ซม.³ เป็นแบบ Cylinder Coaxial มีค่า FWHM = 2.2 keV ที่ 1.33 MeV ของ Co-60 หัววัดนี้มีท่อนำความเย็นลงในถังบรรจุไนโตรเจนเหลว 30 ซม.³ หัววัดรังสีแกมมานี้ได้ออกแบบและประกอบอยู่ในเครื่องกำบังรังสีเพื่อลดปริมาณรังสีจากภายนอกรอบๆ หัววัด โดยใช้เหล็กหนา 15 ซม. เป็นรูปทรงกระบอก ฝังลึกเข้าไปเป็นตะกั่วหนา ½ ซม. ชั้นที่ 3 เป็นแผ่นทองแดงและแคดเมียมบุไว้ข้างใน เพื่อกันรังสีเอกซ์อันเกิดจากการที่รังสีแกมมาชนกับตะกั่ว หัววัด Ge (Li) พร้อมทั้งเครื่องกำบังรังสี แสดงในรูปที่ 4-6 หัววัด Ge (Li) ท่อวงจรเข้ากับเครื่อง Multichannel Analyzer ของ Nuclear Data Model 2200 ขนาด 1024 ช่อง ซึ่งให้ผลการวัดรังสีแกมมา สเปกตรัมปรากฏให้เห็นบน

¹⁴ A.C. Stern, Air Pollution (2 nd. ed., New York: Academic Press, 1968), Vol. 2, p. 27.

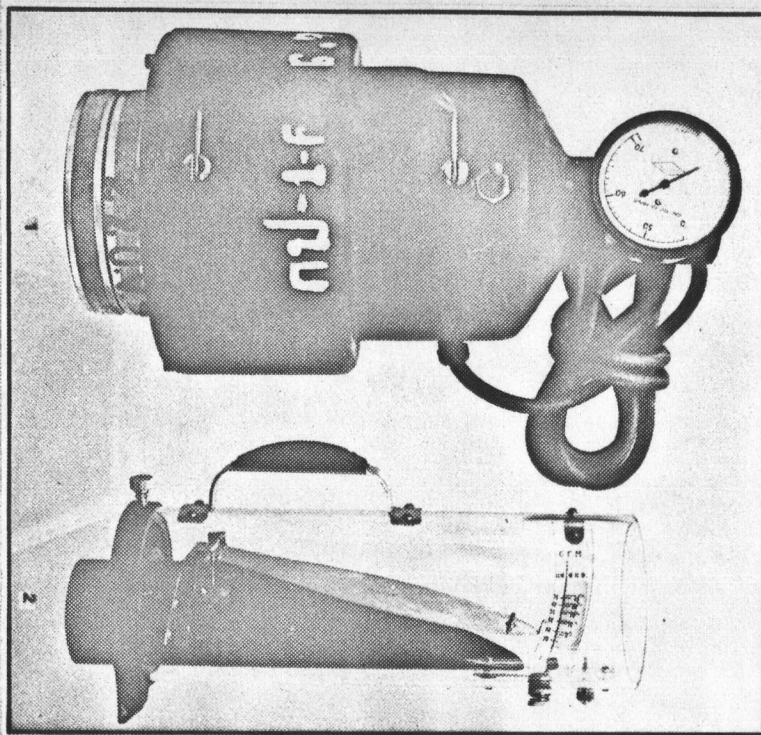


Fig. 4-1 แสดงอุปกรณ์การศึกษากาศ 1. เครื่องวัดอากาศความเร็วสูง
2. เครื่องวัดอัตราปริมาณอากาศที่ผ่าน
เครื่องวัดอากาศ.

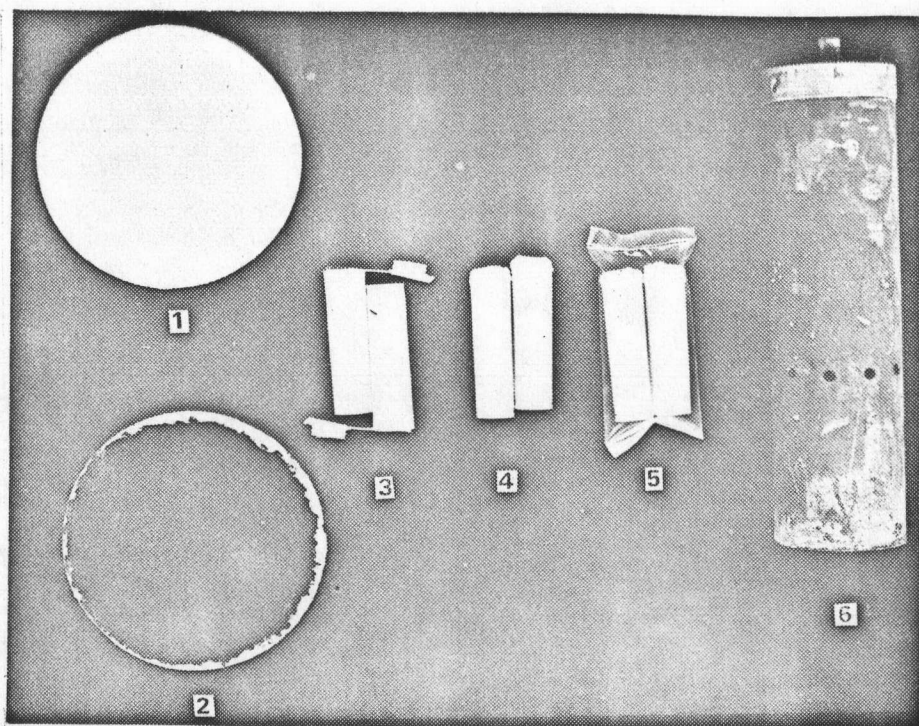


Fig. 4-4 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างเพื่ออาบนิวตรอน
1. แผ่นกรองอากาศ 2. แผ่นกรองอากาศที่ศึกษากาศแล้ว 3. หลอดพลาสติก
4. แผ่นกรองอากาศบรรจุลงหลอดและฉีกกัวยความร้อน 5. ตัวอย่างชนิดกึ่งในถุง-
พลาสติก 6. กระจับองอะลูมิเนียมสำหรับอาบนิวตรอน.

จอภาพ (Oscilloscope) และให้ผลเป็นจำนวนที่นับได้ต่อหน่วยเวลาโดยการบันทึกลงด้วยเครื่องพิมพ์ เครื่องมือที่ใช้ในการวัดรังสี แสดงในรูปที่ 4-5



4.2 การเก็บตัวอย่างอากาศ

ตัวอย่างอากาศที่ใช้ในการศึกษาวิจัยเก็บมาจากสถานที่ต่างๆ คือ

ก. ในบริเวณถนนที่มีการจราจรหนาแน่นในกรุงเทพมหานคร ได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศที่ ถนนเขาวราช ราชประสงค์ ประตูน้ํา สะพานควาย ยมราช พาหุรัด บางลำพู พระโขนง บางกะปิ และ ราชเทวี โดยใช้เครื่องดูดอากาศที่ระดับพื้นถนน และระดับความสูง 1.50 เมตร เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ด้วยความเร็ว 8 ล.บ. ฟุตต่อนาที เฉพาะที่ยมราชได้ทำการทดลองเก็บตัวอย่างอากาศในเวลากลางคืนด้วย

ข. บริเวณบ้านที่อยู่อาศัย ใช้สถานที่ บ้านนนทบุรี ซึ่งอยู่ห่างจาก ถนนกรุงเทพ-นนทบุรี 500 เมตร และที่บ้านสุขุมวิท ซึ่งอยู่ห่างจากถนนสุขุมวิท เป็นระยะทาง 400 เมตร

ค. บริเวณริมทะเลและบนเนินเขา โดยทำการทดลองเก็บอากาศที่ตำบลอ่าวไผ่ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ทำการดูดอากาศครั้งละ 5 ชั่วโมง ติดต่อกันด้วยความเร็วของเครื่องดูดอากาศ 22 ล.บ. ฟุตต่อนาที

ง. บริเวณสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ โดยเก็บตัวอย่างอากาศในถนนศรีรัษฎุข ที่ระดับพื้นถนน 50 , 100 , และ 150 ซ.ม. จากพื้นถนน และเพื่อศึกษาการแพร่กระจายของไอเสียรถยนต์สู่สิ่งแวดล้อม ทำการทดลองเก็บอากาศที่ระยะห่างจากถนน 36, 70, และ 150 เมตร และโดยเฉพาะที่ระยะห่างจากถนน 150 เมตร ได้เก็บตัวอย่างอากาศที่ระดับความสูงจากพื้นถนน 6.5 , 10 , 14 และ 25 เมตร โดยใช้เครื่องดูดอากาศด้วยความเร็ว 15 ล.บ. ฟุตต่อนาที เป็นเวลาครั้งละ 5 ชั่วโมง

จ. ในห้องที่มีเครื่องปรับอากาศ

Fig. 4-2 0.60350 g. OF AIR FILTER

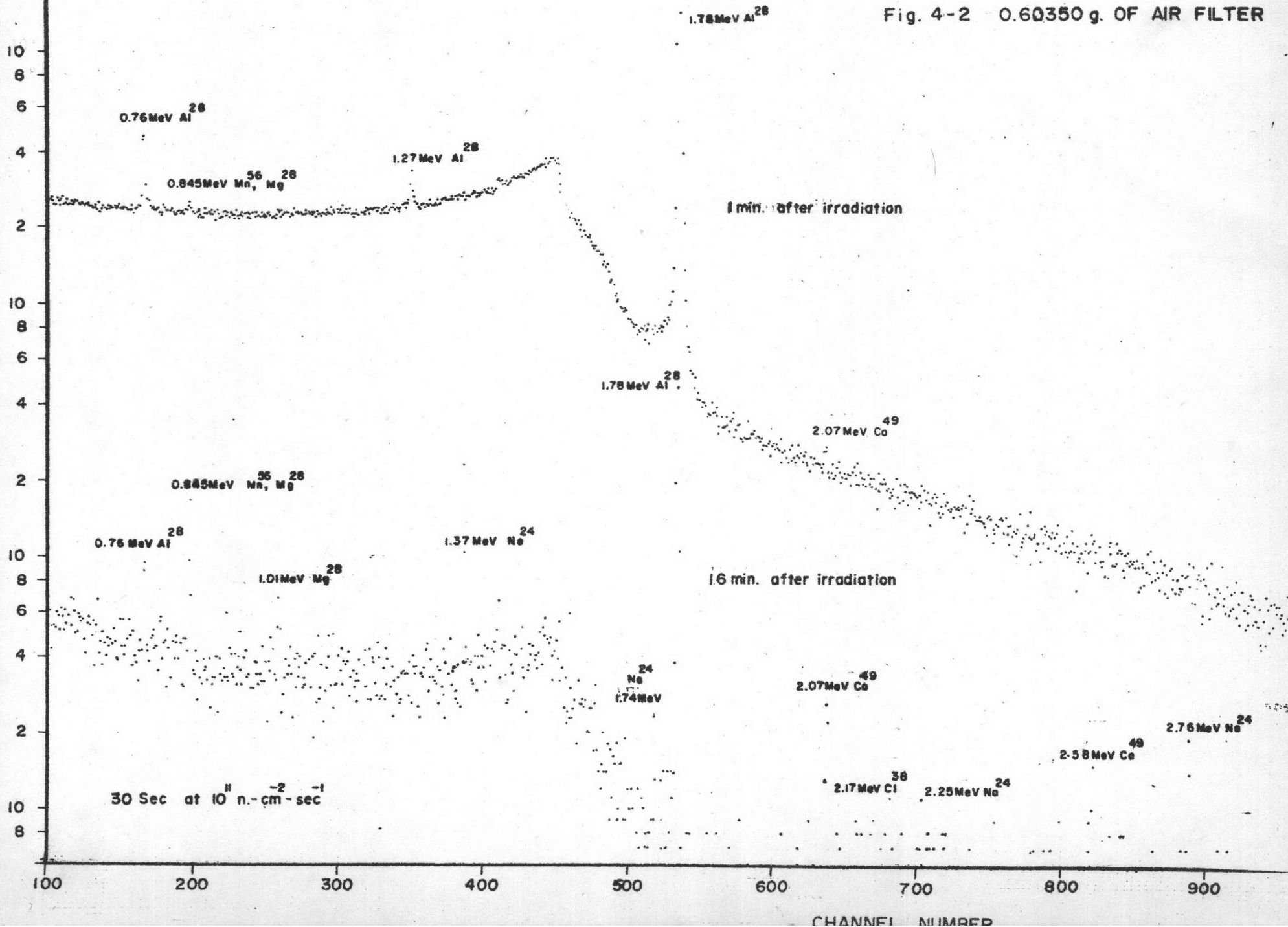
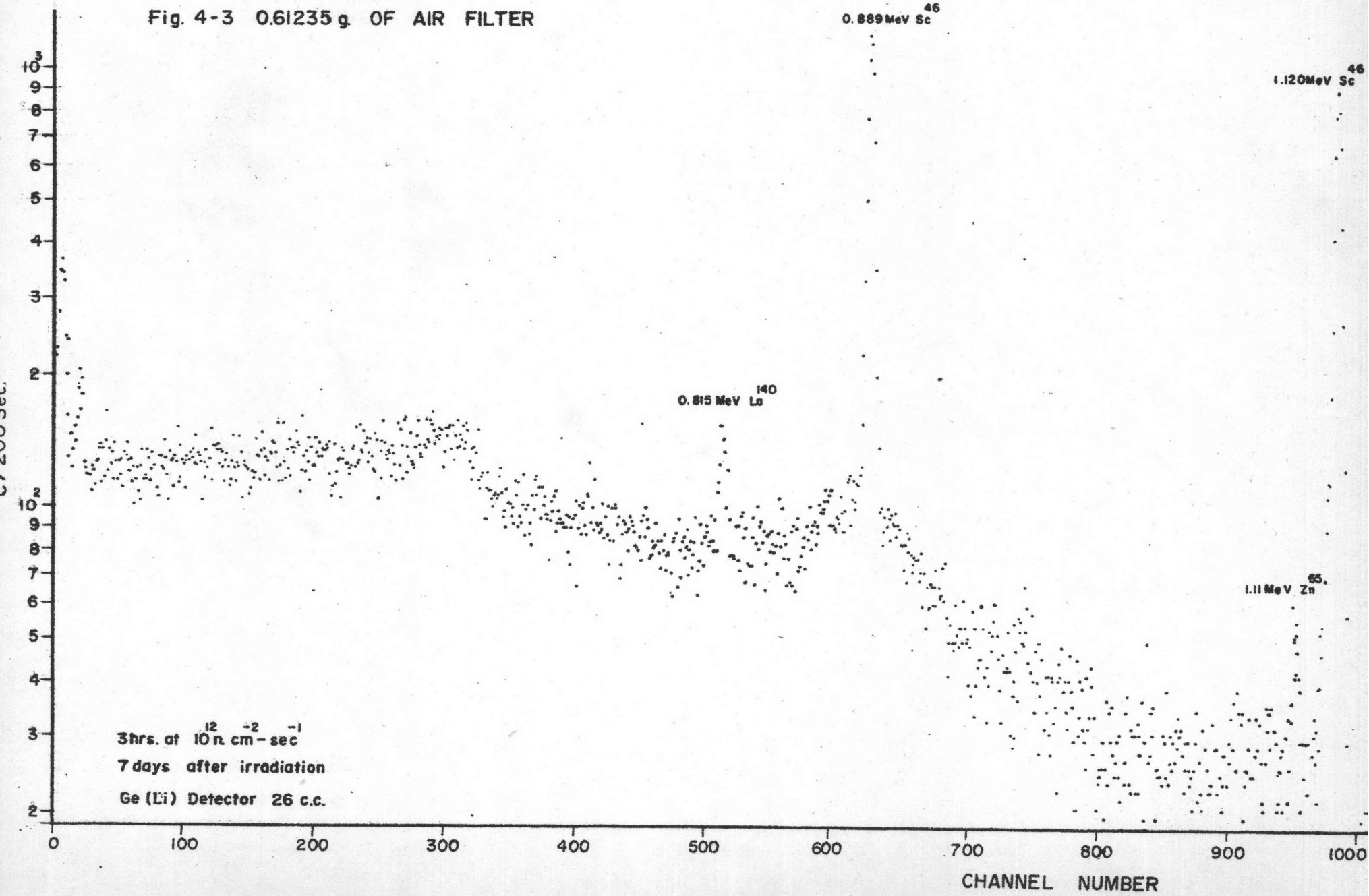


Fig. 4-3 0.61235 g. OF AIR FILTER



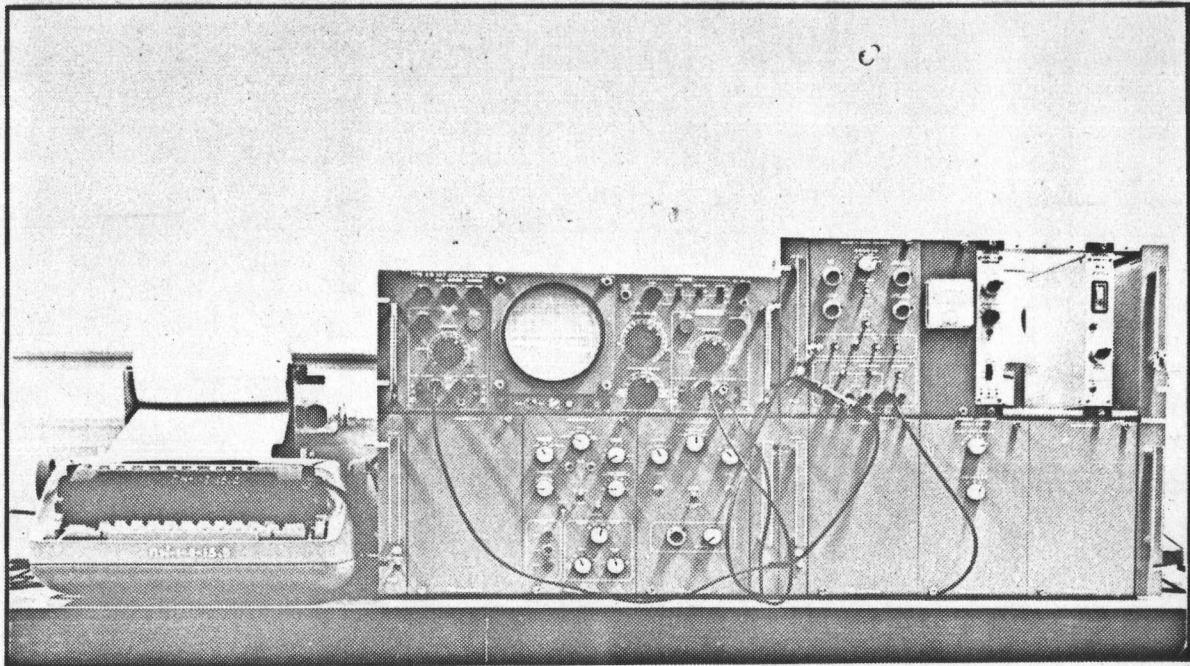


Fig. 4-5 แสดง เครื่องวัดรังสี Multichannel Analyzer

พร้อมทั้ง Oscilloscope และเครื่องพิมพ์

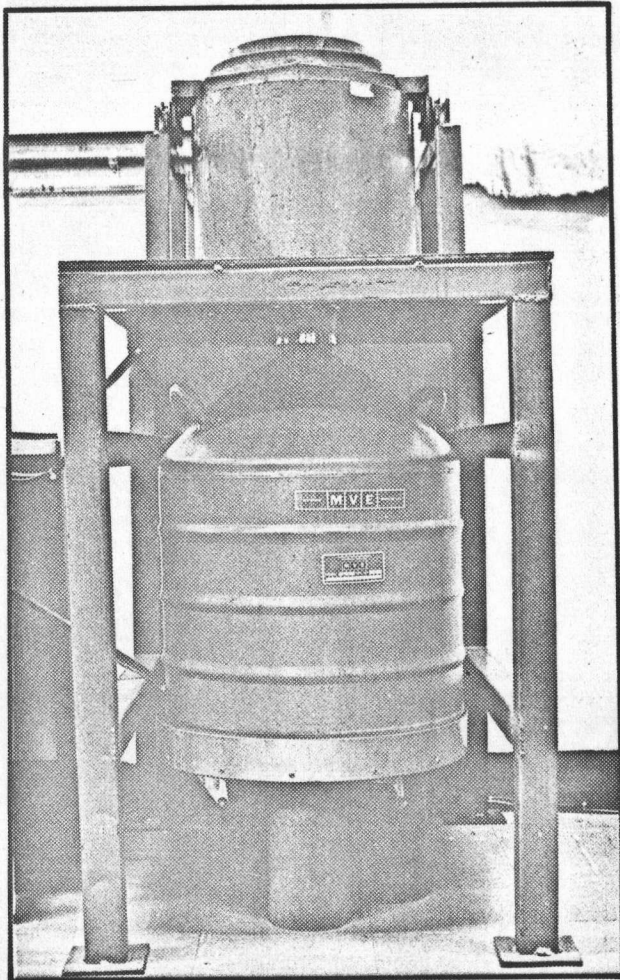


Fig. 4-6 แสดงหัววัด Ge(Li)
อยู่ในเครื่องกำบังรังสี

4.3 การเตรียมตัวอย่างและสารมาตรฐานของโบรมีนเพื่อการอบรังสี

แผนกรองอากาศที่ได้หลังจากดูดอากาศแล้ว นำมาซึ่งเพื่อทราบจำนวนของฝุ่นและเขม่า ไอเสียรถยนต์ที่ติดอยู่ พบบรรจุลงในหลอดพลาสติกขนาด 5 ล.บ.ช.ม. หลอดพลาสติกนี้ไค่ผ่านการทำความสะอาดเสียก่อน โดยล้างด้วยกรดไนตริก 10% และล้างด้วยอาซีโตน หลอดพลาสติกที่บรรจุแผนกรองอากาศแล้วนี้ก็ปิดฝาไค่แน่นด้วยความรอน สารมาตรฐานของโบรมีนที่ไค่ใช้เป็น แอมโมเนียมโบรมไค่ (NH_4Br) ชนิดที่มีความบริสุทธิ์สูง (Spec. Pure) สารละลายมาตรฐานที่ไค่ไค่โดยการละลายแอมโมเนียมโบรมไค่ 0.01532 กรัม ในน้ำ 250 ล.บ.ช.ม. จากสารละลายนี้ 1 ล.บ.ช.ม. จะมีปริมาณโบรมีน 50 ไมโครกรัม เพื่อให้การวัดปริมาณโบรมีนไค่ถูกต้องยิ่งขึ้น ไค่แผนกรองอากาศเปล่าๆ อีกแผนหนึ่งพบลงในหลอดพลาสติกก่อน คอยๆ หยดสารละลายของโบรมีนที่เตรียมไว้ 1 ล.บ.ช.ม. ลงไป ซึ่งเป็นการทำให้แผนกรองอากาศนี้มีโบรมีนที่ทราบปริมาณแน่นอน อยู่ภายใน ไค่เป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบกับโบรมีนที่มีอยู่บนแผนกรองอากาศของตัวอย่างต่างๆ และส่งเขาไปอบนิวตรอนพร้อมกัน วัสดุทดลองที่ไค่ในการเตรียมตัวอย่างและการอบนิวตรอน แสดงในรูปที่ 4-4

4.4 การอบนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู

หลอดพลาสติกที่บรรจุแผนกรองอากาศที่นี้ก็ปิดฝาคด้วยความรอนแล้วไค่ลงในช่องพลาสติก อีกชั้นหนึ่ง ผนึกปิดของคด้วยความรอน บรรจุตัวอย่างลงในกระป่องอะลูมิเนียม ครั้งหนึ่งจะบรรจุตัวอย่างไค่ 8 อัน โดยแบ่งเป็น 2 ชั้น ชั้นล่างมี 3 ตัวอย่าง และสารมาตรฐานโบรมีนที่ไค่เป็น ตัวเปรียบเทียบ 1 ตัว ทำนองเดียวกัน ชั้นบนจะมี 3 ตัวอย่าง และสารมาตรฐานอีกตัวหนึ่ง ไค่ใส่แผนตะกั่วลงในกระป่องอะลูมิเนียมคด้วยเพื่อวางไค่กระป่องที่บรรจุสารตัวอย่างเหล่านี้จมไค่ภายใน น้ำนุกกระป่องอะลูมิเนียมคด้วยลวดอะลูมิเนียมยาว 50 ช.ม. แล้วนุกคคด้วยเชือกไค่ลอน หยอนลงในทออบรังสี (Access Element) ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู ทออบรังสีนี้เป็นทอเปียกเพราะ เจาะของไค่หน้าไค่ลเข้าออกไค่ ทออบรังสีนี้ไค่ที่ริมนอกของแกนเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูซึ่งมีนิวตรอนฟลักส์ประมาณ 10^{12} นิวตรอนต่อช.ม.² ต่อวินาที ทออบรังสีมีชื่อว่า ทออบรังสีเปียก P_3 (Wet irradiation Facility) มีปริมาณของเทอร์มัลนิวตรอนมากกว่านิวตรอนวิ่งเร็วมาก เมื่อเทียบกับทอแห้ง (dry access element) ในกองเชื้อเพลิง ทออบรังสีเปียกนี้ จึงเหมาะกับการ

อาบเทอร์มัลนิวตรอน ในการวิเคราะห์ด้วยนิวตรอนแอกติเวชันการเปลี่ยนแปลงของนิวตรอน (flux variation) ในท่ออาบรังสีเป็ยกันนี้แสดงในตารางที่ 4-1¹⁵

4.5 การวัดปริมาณโบรมีน

ตัวอย่างของแผ่นกรองอากาศหลังจากอาบนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูแล้ว ปล่อยให้สลายตัวไปเป็นเวลา 7 วัน ทั้งนี้เพื่อให้ธาตุอื่นๆ ที่มีอายุสั้นๆ สลายตัวหมดไป โดยเฉพาะพวกโซเดียม แมงกานีส ซึ่งจะมารบกวนการวัดโบรมีนได้ ตัวอย่างของแผ่นกรองอากาศและสารมาตรฐานของโบรมีนนำมาล้างด้วยกรดในครีค 10% ล้างด้วยน้ำอีกทีหนึ่ง การล้างด้วยกรดและน้ำนี้เพื่อที่จะละลายสิ่งที่เป็นอะเป็ยที่เกาะอยู่ที่ผิวของหลอดพลาสติกให้หมดไป การวัดโบรมีนนี้เป็นวิธีการวัดโดยตรง โดยใช้เครื่องมือวัดรังสีช่วยวิเคราะห์โดยไม่ต้องผ่านกรรมวิธีแยกทางเคมี เป็นวิธีการที่เรียกว่า Instrumental Neutron Activation Analysis (INAA) ในการวัดใช้หัววัด Ge (Li) กับเครื่อง Multichannel Analyzer 1024 Channel โดยการปรับเครื่องวัดรังสีให้เหมาะสมเพื่อที่จะวัดในช่วงที่มี Peak ของโบรมีนเกิดขึ้นบนจอภาพ จากการใช้สารมาตรฐานโบรมีนวัดรังสีก่อน โดยการจัดให้

Conversion Gain	=	2048
Coarse Gain	=	20
Fine Gain	=	1.5
Digital Zero Shift	=	512
Upper level Discriminator	=	10.0
Lower level Discriminator	=	0.20
fine zero adjustment	=	10.0

ผลการวัดโบรมีนในแผ่นกรองอากาศ แสดงเป็นสเปกตรัมดังรูปที่ 4-7 และสเปกตรัมของสารมาตรฐานโบรมีนในแผ่นกรองอากาศแสดงในรูปที่ 4-8

¹⁵ S. Gangadharan, "Instrumental Neutron Activation Analysis" THAI.AEC-70, (1972), p. 24.

ตารางที่ 4-1

การเปลี่ยนแปลงของนิวตรอนฟลักส์ในท่ออาบรังสี

(Flux Variation with Sample Geometry at Position P 3)

Position	Gold (0.30 ug)		Indium (0.94 ug)		
	Au-198		In-116 m		
	Gamma Ray Energy KeV	Counts ^a	Gamma Ray Energy KeV	Counts ^b	
P 3	14 cm	412	500	417	5.14x10 ⁴
	(Top)			1097	3.56x10 ⁴
	10 cm	"	866	417	7.45x10 ⁴
				1097	4.85x10 ⁴
	5 cm	"	891	417	9.6x10 ⁴
			1097	6.3x10 ⁴	
	1 cm	"	1635	417	1.28x10 ⁵
				1097	8.2x10 ⁴

(from the bottom of the container)*

* 9 inches from the bottom of the access core

a) Counts for 1000 Sec.

b) Counts for 200 Sec.

Fig. 4-7 SAMPLE OF AIR PARTICULATE ON AIR FILTER

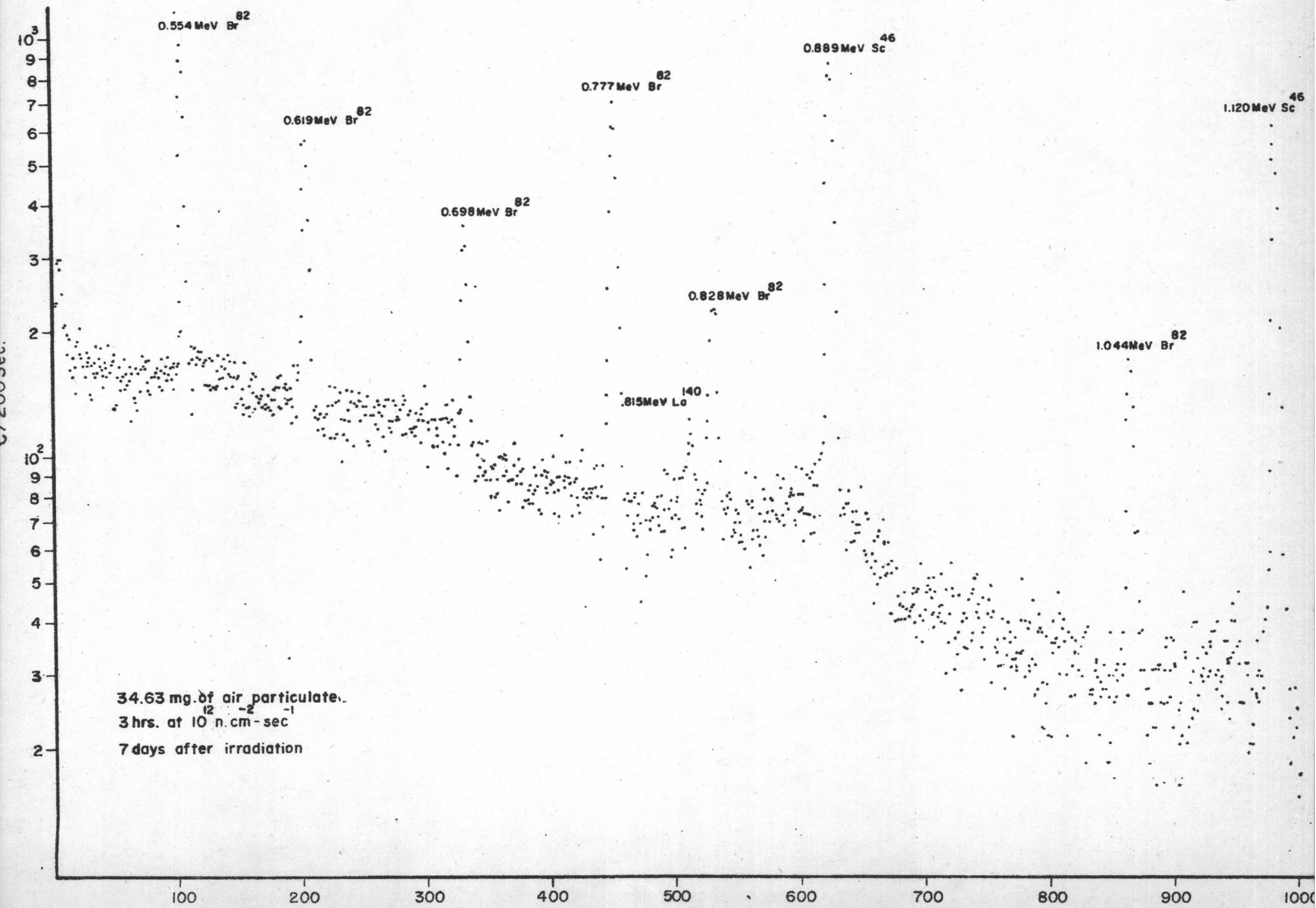
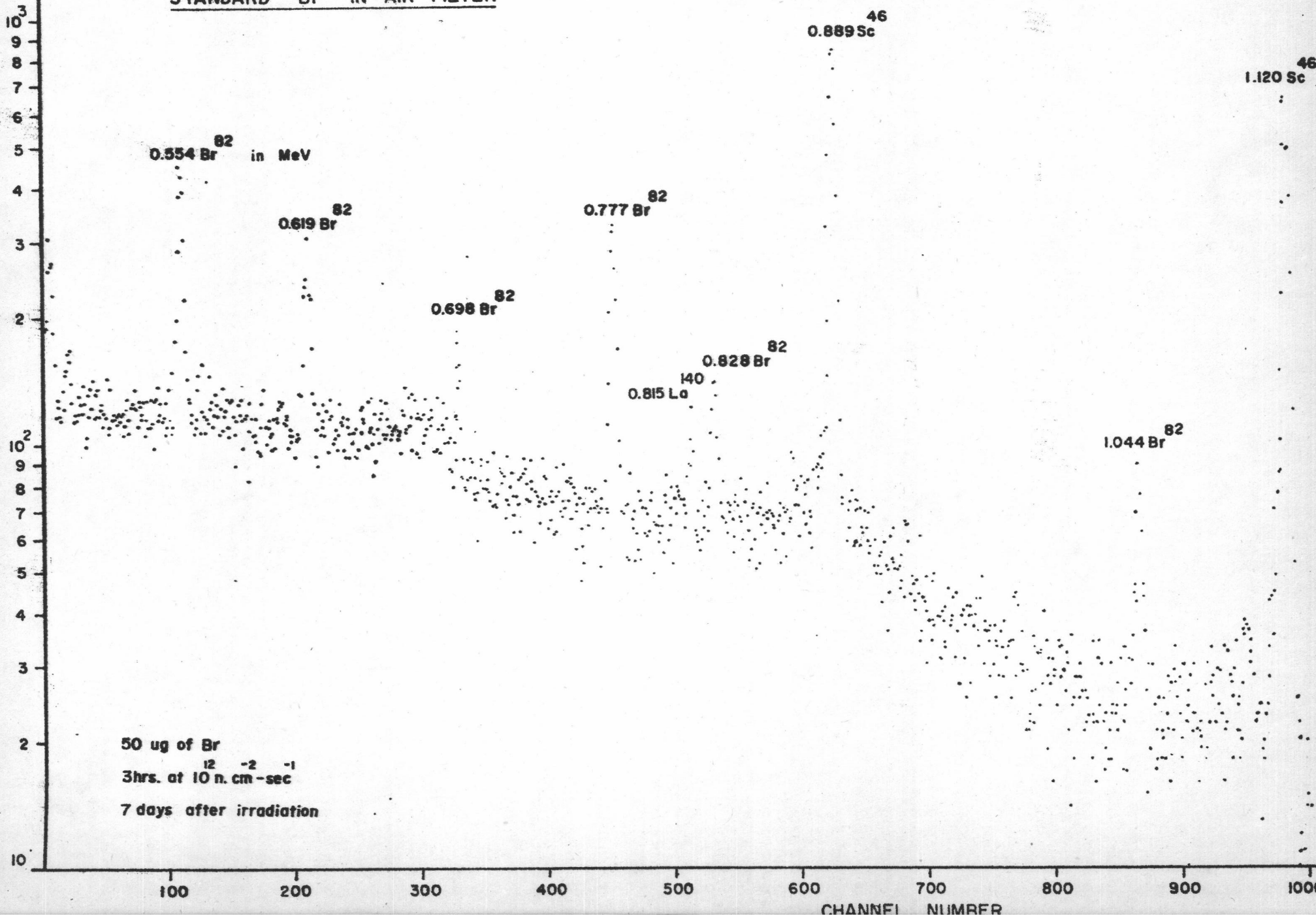


Fig. 4-8

STANDARD ^{82}Br IN AIR FILTER



4.6 การคำนวณปริมาณโบรมีน

ปริมาณของโบรมีนในแผ่นกรองอากาศคำนวณได้จากการเปรียบเทียบกับโบรมีนมาตรฐานในแผ่นกรองอากาศ โดยใช้ Base area ของ Peak ของแกมมาสเปกตรัมของโบรมีนที่วัดได้ เนื่องจากโบรมีนที่วัดได้เป็นโบรมีน-82 มีการสลายตัวให้พลังงานของรังสีแกมมาออกมาหลายพลังงาน จึงได้แสดงในรูปที่ 4-8 สำหรับการทดลองนี้เลือก Peak ของโบรมีน-82 ที่พลังงาน 0.777 MeV เพราะในการสลายตัวของโบรมีน-82 มีพลังงานที่ปล่อยออกมา 87 เปอร์เซ็นต์ การคำนวณหา Base area จาก Peak 0.777 MeV นี้ โดยใช้สูตรจากสมการ (3.3) ซึ่งทำการคำนวณหาทั้งของตัวอย่างและสารมาตรฐานในการทดลองนี้ใช้สารมาตรฐานของโบรมีนที่มีปริมาณ 50 ไมโครกรัม สูตรทั่วไปในการคำนวณหาปริมาณโบรมีนในแผ่นกรองอากาศแสดงได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณของโบรมีนในอากาศ} = \frac{(\mu\text{g ของ Standard}) (\text{Base area เป็น cpm ของตัวอย่าง})}{(\text{Base area เป็น cpm ของ Standard}) (\text{ปริมาณอากาศเป็น ม}^3)}$$

ปริมาณของโบรมีนในอากาศนิยมคิดค้นเป็นไมโครกรัม ต่อ ล.บ. เมตร ของอากาศ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ผลของการคำนวณโบรมีนในอากาศ ณ สถานที่ต่างๆ แสดงในตารางที่ 4-2, 4-3, 4-4 และตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-2

แสดงผลการวัดโบรมีนบริเวณถนนในกรุงเทพมหานคร

วัน เดือน ปี	เวลา	ความสูงจาก พื้นถนน เมตร	สถานที่ทำการทดลอง	น้ำหนักของฝุ่นที่ ติดบนแผ่นกรอง อากาศ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ปริมาณของ โบรมีน $\mu\text{g}/\text{m}^3$
14 มี.ย.16	10.00-13.30	บนทางเท้า	ถนนศรีรั้วสุข บางเขน	2240	15
4 ก.ค.16	09.00-13.00	"	"	2080	17.5
7 ก.ค.16	09.30-13.00	"	ประตูน้ำ	3310	18.6
14 ก.ค.16	09.30-12.30	"	สะพานควาย	2510	20.3
21 ก.ค.16	09.45-13.15	"	หน้ากรมอุตุฯนิยมนวิทยา	2340	20.3
10 พ.ย.16	11.00-14.15	"	วงเวียนราชเทวี	2530	19.7
11 พ.ย.16	10.00-13.30	"	พระโขนง	2850	18.7
21 พ.ย.16	09.15-10.45	0.50	ถนนศรีรั้วสุข บางเขน	652	10.5
16 มี.ย.16	09.30-13.00	1.00	เขาวราช	1340	13.0
21 พ.ย.16	10.50-13.10	1.00	ถนนศรีรั้วสุข บางเขน	506	6.1
21 พ.ย.16	13.15-14.45	1.50	"	686	5.3
7 ก.พ.17	10.15-12.15	1.50	บางลำภู	800	5.3
7 ก.พ.17	16.00-18.00	1.50	ราชประสงค์	710	11.0
8 ก.พ.17	16.00-18.00	1.50	ยมราช	1172	5.1
8 ก.พ.17	18.05-20.05	1.50	"	950	6.3
9 ก.พ.17	10.10-12.10	1.50	พหลุค	858	4.9
1 มี.ค.17	16.45-18.45	1.50	เขาวราช	1480	6.0
1 มี.ค.17	18.50-20.50	1.50	"	760	10.1

ตารางที่ 4-3

แสดงผลการวัดโบรมีน ณ สถานที่ทำการทดลอง
บริเวณสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ถนนศรีวิบูลย์ บางเขน

วัน เดือน ปี	เวลา	ระยะห่างจาก ขอบถนน เมตร	ระดับความสูง จากพื้นถนน เมตร	ปริมาณของฝุ่นที่ติด บนแผ่นกรองอา- กาศ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ปริมาณของ โบรมีน $\mu\text{g}/\text{m}^3$
15 ส.ค. 16	09.30-14.30	36	0.50	585	1.42
4 ต.ค. 16	09.25-11.25	36	0.50	605	2.96
5 ต.ค. 16	09.00-11.00	36	1.00	530	2.04
8 ต.ค. 16	10.05-13.05	36	1.50	570	2.88
6 ก.พ. 17	10.00-12.00	36	1.50	554	0.77
11 เม.ย. 16	09.00-13.00	36	3.00	152	1.17
11 ต.ค. 16	09.00-13.00	70	0.50	203	0.19
9 ต.ค. 16	10.00-13.00	70	1.00	252	0.60
19 ต.ค. 16	11.25-15.25	70	1.50	345	0.19
19 ต.ค. 16	09.20-11.20	70	1.50	230	0.52
16 ม.ค. 17	09.00-14.00	70	1.50	464	0.17
16 ม.ค. 17	17.00-22.00	70	1.50	578	0.55
5 ก.พ. 17	09.00-13.00	70	1.50	244	0.48
29 พ.ย. 16	09.00-12.00	150	1.50	190	0.31
29 พ.ย. 16	13.10-15.10	150	บนพื้นถนน	214	0.44
19 ก.พ. 17	09.00-14.00	150	6.50	102	0.12
11 ธ.ค. 16	10.00-15.00	150	6.50	62.4	0.19
20 ธ.ค. 16	09.15-14.15	150	14.00	106	0.24
20 ก.พ. 17	09.00-14.00	150	14.00	123	0.15
21 ก.พ. 17	09.40-15.40	150	14.00	107	0.22
22 ก.พ. 17	09.00-14.00	150	14.00	104	0.12
10 ธ.ค. 16	09.00-12.00	150	25.00	37.2	0.11

ตารางที่ 4-4

แสดงผลการวัดโบรมีนบริเวณบ้านพักอาศัย วัดที่ระยะ 1.00 เมตร จากพื้นดิน

วัน เดือน ปี	เวลา	ระยะห่างจาก ถนน เมตร	สถานที่ทำการ ทดลอง	ปริมาณฝุ่นที่ติดบน แผ่นกรองอากาศ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ปริมาณของ โบรมีน $\mu\text{g}/\text{m}^3$
10 พ.ย. 16	16.00-19.00	400	บ้านสุขุมวิท	270	0.59
27 พ.ย. 16	10.45-15.45	"	"	202	0.62
10 ธ.ค. 16	21.00-03.00	"	"	99	0.97
31 ธ.ค. 16	19.00-24.00	"	"	131	0.82
1 ม.ค. 17	12.00-17.00	"	"	146	0.25
1 ม.ค. 17	19.00-21.00	"	"	79	1.81
17 ก.พ. 17	19.00-24.00	"	"	95	3.17
26 พ.ย. 16	11.30-14.00	500	บ้านนนทบุรี	212	0.12
16 ก.พ. 17	14.30-16.30	"	"	336	0.17
20 ธ.ค. 16	09.50-14.20	70	ในห้องปรับอากาศ ที่ พปส. บางเขน	38.2	0.15
21 ธ.ค. 16	09.15-14.15	"	"	107	0.23
21 ธ.ค. 16	09.15-14.15	"	นอกห้องปรับอากาศ ที่ พปส. บางเขน	109	0.53

ตารางที่ 4-5

แสดงผลการวัดโบรมีน ที่ริมทะเล และ บนเนินเขา
ณ ตำบลบ้านอ่าวใน อำเภอกีร์ราชา จังหวัดชลบุรี

วัน เดือน ปี	เวลา	ระยะห่างจาก ถนนสุขุมวิท เมตร	สถานที่ทำการ ทดลอง	ปริมาณของฝุ่นที่ติด บนแผ่นกรองอากาศ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ปริมาณของ โบรมีน $\mu\text{g}/\text{m}^3$
31 ต.ค. 16	16.30-21.30	1,000	บนเนินเขา	23.1	0.0065
1 พ.ย. 16	13.05-18.05	"	"	27.0	0.0328
1 พ.ย. 16	21.15-02.15	"	ริมชายหาด	28.5	0.0197
2 พ.ย. 16	02.20-07.20	"	"	30.2	0.0425