



บทที่ 4

การดำเนินการทดลอง และ ผลการทดลอง

4.1 สร้างกราฟปรับเทียบ (calibration curve)

ใช้คาน้ำเนกริงส์ทั้งหมด ในข้อ 3.6 และเครื่องมือในข้อ 3.3 เพื่อหาค่าแห่งหรือหมายเลขของของพีก (peak) ยูเรเนียม

ปรับกราฟโดยใช้ Method of least square fit และหาค่าสัมประสิทธิ์ความเกี่ยวพัน (coefficient of correlation) ระหว่างหมายเลขของ (X) และพลังงาน (Y)

ข้อมูลแสดงหมายเลขของและพลังงานตามหมายเลขของนั้น ๆ แสดงในตารางที่ 4.1 พร้อมทั้งได้ แสดงผลการคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในการปรับกราฟนี้ไว้ด้วย ส่วนรูปกราฟปรับเทียบอยู่ในรูปที่ 4.1

ผลปรากฏว่ากราฟนี้มีความชัน 0.0083 MeV ต่อช่อง และตัดแกน y ที่จุดเริ่มต้น

สัมประสิทธิ์ความเกี่ยวพัน (r) มีค่า 0.9996 หมายความว่า ความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขช่องกับพลังงานเป็นเส้นตรงดีมาก

จากกราฟปรับเทียบได้ค่าแห่งพีกยูเรเนียมที่พลังงาน 0.609 MeV และ 1.764 MeV อยู่ที่ช่อง 74 และ 211 ตามลำดับ

4.2 ทดสอบสเปกตรัมของยูเรเนียมมาตรฐานกับกราฟปรับเทียบ

ทดลองโดยใช้ยูเรเนียมมาตรฐานในข้อ 3.5 กับเครื่องมือในข้อ 3.6 ได้จำนวนนับตั้งแต่ช่องที่ 50 ถึงช่องที่ 250 ข้อมูลของจำนวนนับในแต่ละช่องแสดงในตาราง ที่ 4.2

นำข้อมูลในตารางที่ 4.2 มาเขียนรูปจะได้สเปกตรัมของยูเรเนียมมาตรฐาน ซึ่งแสดงอยู่ในรูปที่ 4.2

จากรูปของสเปกตรัมจะเห็นว่าพีคของพลังงาน 0.609 MeV และ 1.764 MeV อยู่ที่ของ 75 และ 212 ตามลำดับ เลื่อนไปจากกราฟรับเทียบไปอย่างละ 1 ของซึ่งถือว่าไม่มีผลต่อการทดลอง

ในการหาจำนวนนับที่พีคยูเรเนียมที่ 0.609 MeV และ 1.764 MeV นั้นให้นับตั้งแต่หมายเลขของที่ 68 ถึง 86 และ ของที่ 199 ถึง 220 ตามลำดับ และในการวิเคราะห์ตัวอย่างทุกตัวอย่างจะต้องถือจำนวนนับที่พีคดังกล่าวแล้วนี้เป็นหลักทุกครั้ง

4.3 การเตรียมแร่ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่นำแร่มาทดลองเป็นก้อนขนาด 200 ฌบ. นี้โดยประมาณ ครั้งแรกต้องทุบแร่ที่อยู่ภายในเครื่องห่อหุ้มด้วยขอนไม้มีขนาดประมาณ 2 ฌบ. นี้แล้วนำไปบดด้วยเครื่องย่อยแร่แบบจอครัชเชอร์ (Jaw crusher) หลังจากนั้นนำแร่ที่ย่อยแล้วไปบดด้วยเครื่องบดละเอียดแบบบอลมิล (Ball mill) แล้วนำไปคัดขนาดด้วยชุดตะแกรงร่อนแร่จนได้แร่ขนาด -200 เมช +200, +100, +65, +48, +35, +28, และ +20 เมชตามลำดับ

4.4 นำแร่ที่คัดขนาดแล้วในข้อ 4.3 ไปวิเคราะห์หาปริมาณยูเรเนียมโดยเปรียบเทียบกับยูเรเนียมมาตรฐานได้ข้อมูลแสดงอยู่ในตารางที่ 4.3 และผลการวิเคราะห์อยู่ในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.3

ผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.4 พบว่าแร่ขนาด +200 เมช มีปริมาณยูเรเนียมสูงที่สุด คือ ร้อยละ 0.033 และ 0.034 ตามลำดับ ส่วนแร่ขนาด +100 และ +20 มีความเข้มข้นมากรองลงมา ความไม่แน่นอนของปริมาณยูเรเนียม

ใบไม้ที่แตกต่าง ๆ นี้เนื่องจากการกระจายตัวของยูเรเนียมในแร่ต่าง ๆ นั้น
ไม่สม่ำเสมอโดยเฉพาะอย่างยิ่งในแร่ยูเรเนียมชนิดกวีเยิง 2 ซึ่งกล่าวไว้ในบทที่
2 ข้อ 2.3 แต่จะมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในแร่ทอร์เบนต์ และยูเรเนียมที่
กระจายตัวอยู่จะมีเม็ดละเอียดมาก

4.5 วิธีการทดลองเพิ่มความเข้มข้นด้วยเครื่องกวนสาร

4.5.1 ชั่งตัวอย่างแร่ที่ผ่านการคัดขนาดแล้วใส่ลงในเครื่องกวนสาร
ให้มีความสูงประมาณ $\frac{1}{2}$ " เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ลงไปประมาณ
500 ลบ.ซม. ใช้เวลากวน 30 นาที ซึ่งถือเป็นเวลาคงที่สำหรับกวนสารตัวอย่าง
แยกตะกอนที่ลอยตัวอยู่บนผิวนอกจากกากแร่ซึ่งเป็นเม็ดทรายนอนก้นอยู่เบื้องล่าง
แล้วนำไปอบให้แห้งสนิท บันทึกน้ำหนักไว้ทั้งสองอย่าง

4.5.2 นำแร่ที่ทรายที่บดและคัดขนาดแล้วตะกอนแร่และกากแร่ในข้อ
4.5.1 ซึ่งต่อไปจะเรียกว่าแร่ป้อน (feed) หัวแร่ (concentrate) และหางแร่
(tailing) ตามลำดับ ใส่ในหลอดพลาสติกกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.3 ซม. สูง 5.5
ซม. จนเต็มหลอดเพื่อให้มีปริมาตรเท่ากัน นำไปตั้งห้าน้ำหนักแร่ แล้วนำไปวิเคราะห์หา
ปริมาณยูเรเนียมด้วยหัววัด NaI (T1) และชุดมิวติเซนแนลอะนาไลเซอร์ ผลการ
วิเคราะห์การเพิ่มความเข้มข้นของแร่แต่ละขนาดได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.6 ถึง 4.12
สำหรับตารางที่ 4.9 นั้น เป็นการทดลองโดยใช้น้ำหนักกับแร่ขนาด 48 เมช
ส่วนตารางอื่น ๆ ที่เหลือนั้นเป็นการทดลองกวนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
0.05 นอร์มัล 80 เซลเซียส

รูปที่ 4.4 แสดงสเปกตรัมของหัวแร่ของแร่ขนาด 100 เมช ปรากฏ
ว่ามีพีคสูงกว่าพีคของยูเรเนียมมาตรฐาน แสดงว่ามีปริมาณยูเรเนียมสูงกว่า .05 %

รูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นการเพิ่มความเข้มข้นโดยเทียบจากพีคของ
หัวแร่ (หมายเลข 1) กับพีคของแร่ป้อน (หมายเลข 2)

4.5.3 ตัวอย่างการคำนวณ

ใช้ข้อมูลในตารางที่ 4.8 เป็นตัวอย่างสำหรับการคำนวณดังนี้

$$\text{ปริมาณร้อยละของยูเรเนียมในสารตัวอย่าง} = \frac{\text{จำนวนนับสุทธิของสารตัวอย่าง/กรัม}}{\text{จำนวนนับสุทธิของยูเรเนียมมาตรฐาน/กรัม}} \times 0.05$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นปริมาณร้อยละของ แร่ยูเรเนียม} \\ \text{ในแร่ปอน} &= \frac{415.92}{1335.00} \times 0.05 \end{aligned}$$

$$= 0.0156$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณร้อยละของหัวแร่ยูเรเนียม} &= \frac{1445.65}{1335.00} \times 0.05 \\ &= 0.054 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{จำนวนเท่าของการเพิ่มความเข้มข้น} &= \frac{\text{ปริมาณร้อยละของหัวแร่ยูเรเนียม}}{\text{ปริมาณร้อยละของ แร่ยูเรเนียมในแร่ปอน}} \end{aligned}$$

$$= \frac{0.054}{0.0156}$$

$$= 3.5 \text{ เท่า}$$

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลแสดงการหาสัมประสิทธิ์ของความเกี่ยวพันระหว่างจำนวนช่องและพลังงาน

สารตัวอย่าง	หมายเลขของ (X)	พลังงาน (Y)	X ²	Y ²	XY
โซเดียม 22	65	0.551	4225	0.304	35.815
	154	1.280	23716	1.638	197.120
ซีเซียม 137	82	0.662	7624	0.438	54.284
โคบอลต์ 60	141	1.170	19881	1.369	164.970
	160	1.330	25600	1.769	212.800
ผลรวม	602	4.993	80146	5.518	664.989
เฉลี่ย	120.4	0.999	16029.2	1.104	132.998

$$\text{ความชัน; } b = \frac{(\overline{XY} - \bar{X}\bar{Y})}{\overline{X^2} - (\bar{X})^2} = \frac{12.718}{1533.0} = 0.0083 \text{ MeV/ช่อง}$$

$$\text{ตัวแกน y; } a = \bar{Y} - b\bar{X} = 0.999 - 0.999 = 0$$

$$\begin{aligned} \text{สัมประสิทธิ์ของความเกี่ยวพัน (r)} &= \frac{N\sum XY - \sum X \cdot \sum Y}{\sqrt{[N\sum X^2 - (\sum X)^2] [N\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \\ &= \frac{319.159}{319.219} \\ &= .9996 \end{aligned}$$

ตารางที่ 4.3

ข้อมูลแสดงจำนวนนับสุทธิของ แรป่อนที่มีขนาดต่างๆกัน

ตัวอย่าง ขนาด (เมฆ)	จำนวนนับสุทธิในช่วงพีคยูเรเนียมที่พลังงานต่างๆกัน				หมายเหตุ
	0.609 MeV (ของ 68-86)		1.764 MeV (ของ 199-220)		
	ยูเรเนียมมาตรฐาน	แรป่อน	ยูเรเนียมมาตรฐาน	แรป่อน	
	11582		2376		
+ 20		4192		905	
-20, + 20		3299		576	
-28, + 35		3540		763	
-35, + 48		3503		734	
-48, + 65		3720		706	
-65, + 100		4567		806	
-100, + 150		4570		921	
-150, + 200		6461		1378	

ตารางที่ 4.4

แสดงปริมาณแรงแยุมเรเนียมในเม็ดแร่ขนาดต่าง ๆ เทียบกับยูเรเนียมมาตรฐาน

ขนาดแร่ตัวอย่าง (เมซ)	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	จำนวนนับสุทธิในช่วงพีคยูเรเนียม		ความเข้มข้นร้อยละ	
		จำนวนนับ/1000วินาที/กรัม		0.609 MeV	1.764 MeV
		0.609 MeV	1.764 MeV	0.609 MeV	1.764 MeV
ยูเรเนียมมาตรฐาน	8.83670	1,310.67	268.88	0.05	0.05
+ 20	8.36963	500.86	108.13	0.019	0.020
-20, + 28.	7.45209	422.69	77.29	0.017	0.014
-28, + 35	7.71452	458.87	98.90	0.0175	0.0183
-35, + 48	8.32479	420.79	88.17	0.016	0.016
-48, + 65	8.21003	453.10	85.99	0.017	0.016
-65, + 100	8.69134	525.47	92.74	0.020	0.017
-100,+ 150	8.99206	508.23	102.42	0.019	0.019
-150,+ 200	7.59201	851.51	181.51	0.033	0.034

ตารางที่ 4.5

ข้อมูลจำนวนนับสุทธิของสารตัวอย่าง

ตัวอย่าง ขนาด (เมฆ)	จำนวนนับสุทธิในช่วงพีคยูเรเนียมที่พลังงานต่าง ๆ								หมายเหตุ
	0.609 MeV (ของ 68 - 86)				1.764 MeV (ของ 199 - 220)				
	ยูเรเนียม มาตรฐาน	แรปอน	หัวแร่	หางแร่	ยูเรเนียม มาตรฐาน	แรปอน	หัวแร่	หางแร่	
- 35,+ 48	10646	3599	7793	3143	2098	829	1767	801	กวนคายน้ำ กวนคยสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ 0.05 นอร์มอล
- 65,+ 100	11682	4332	8686	1851	2206	776	1818	364	
- 48,+ 65	11682	3666	9549	1961	2206	721	1827	439	
- 35,+ 48	11797	3429	8359	1868	2765	922	2050	515	
- 28,+ 35	11797	3592	7691	1726	2765	936	1854	501	
- 20,+ 28	11883	4018	7681	2144	2383	806	1566	422	
+ 20	11883	3732	7987	3431	2383	750	1643	668	

ตารางที่ 4.6

ม.ป.ช.อิน

แสดงผลการเพิ่มความเข้มข้นเรย์เรเนียมในหินทรายขนาด - 150, +100 เมช

ตัวอย่าง	น้ำหนักตัวอย่าง ที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)	จำนวนนับสุทธิของยูเรเนียม		ร้อยละของยูเรเนียมเทียบ กับยูเรเนียมมาตรฐาน		ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น (เท่า)		ปริมาณแร่	
		จำนวนนับ/1000วินาที/กรัม						กรัม	ร้อยละ
		ในช่วงพีค 0.609 MeV	ในช่วงพีค 1.764 MeV	ในช่วงพีค 0.609 MeV	ในช่วงพีค 1.764 MeV	ในช่วงพีค 0.609 MeV	ในช่วงพีค 1.764 MeV		
ยูเรเนียมมาตรฐาน	8.83670	1,321.98	249.64	0.05	0.05	-	-	-	-
แรปอน	8.28731	522.73	99.52	0.0198	0.0187	-	-	102	100
หัวแร่	5.77432	1,504.25	314.84	0.057	0.063	2.9	3.4	34	33
หางแร่	9.77916	189.28	37.22	0.007	0.007	-	-	67	67

ตารางที่ 4.7

แสดงผลการเพิ่มความเข้มข้นยูเรเนียมในหินทรายขนาด = 48, +65 เมช

ตัวอย่าง	น้ำหนักตัวอย่าง ที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)	จำนวนนับสุทธิของยูเรเนียม จำนวนนับ/1000วินาที/กรัม		ร้อยละของยูเรเนียมเทียบ กับยูเรเนียมมาตรฐาน		ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น (เท่า)		ปริมาณแร่	
		ในช่วงพีค 0.609 MeV	ในช่วงพีค 1.764 MeV	ในช่วงพีค 0.609 MeV	ในช่วงพีค 1.764 MeV	ในช่วงพีค 0.609 MeV	ในช่วงพีค 1.764 MeV	กรัม	ร้อยละ
ยูเรเนียมมาตรฐาน	8.83670	1,321.98	249.64	0.05	0.05	-	-		
แร่ปอน	8.46551	433.05	85.17	0.016	0.017	-	-	137.8	100
หัวแร่	8.76453	1,089.51	208.45	0.041	0.042	2.6	2.5	41	30
หางแร่	12,39599	158.19	35.42	0.0059	0.0071	-	-	96	70

ตารางที่ 4.8

แสดงผลการเพิ่มความเข้มข้นยูเรเนียมในหินทรายขนาด - 35, +48 เมช

ตัวอย่าง	น้ำหนักตัวอย่าง ที่วิเคราะห์ (กรัม)	จำนวนนับสุทธิของยูเรเนียม จำนวนนับ/1000วินาที/กรัม		ร้อยละของยูเรเนียมเทียบ กับยูเรเนียมมาตรฐาน		ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น (เทา)		ปริมาณแร่	
		ในช่วงพีค 0.609 MeV	ในช่วงพีค 1.764 MeV	ในช่วงพีค 0.609 MeV	ในช่วงพีค 1.764 MeV	ในช่วงพีค 0.609 MeV	ในช่วงพีค 1.764 MeV	กรัม	ร้อยละ
		ยูเรเนียมมาตรฐาน	8.83670	1,335.00	312.89	0.05	0.05	-	-
แรปอน	8.24444	415.92	111.83	0.0156	0.0178	-	-	155.2	100
หัวแร่	5.78219	1,445.65	354.54	0.054	0.057	3.5	3.2	45.4	29
หางแร่	10.23740	164.69	50.31	0.0062	0.008	-	-	109.1	71

ตารางที่ 4.9

แสดงผลการเพิ่มความเข้มข้นยูเรเนียมในหินทรายขนาด - 35, +48 เมช (ค้ำยัน้ำ)

ตัวอย่าง	น้ำหนักตัวอย่าง ที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)	จำนวนนับสุทธิของยูเรเนียม		ร้อยละของยูเรเนียมเทียบ		ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น		ปริมาณแร่	
		จำนวนนับ/1000วินาที/กรัม		กับยูเรเนียมมาตรฐาน		(เทวา)		กรัม	ร้อยละ
		ในช่วงคิก 0.609 MeV	ในช่วงพีค 1.764 MeV	ในช่วงคิก 0.609 MeV	ในช่วงพีค 1.764 MeV	ในช่วงคิก 0.609 MeV	ในช่วงพีค 1.764 MeV		
ยูเรเนียมมาตรฐาน	8.83670	1,204.74	237.41	0.05	0.05	-	-	-	
แร่ปอน	8.34999	431.02	99.28	0.0179	0.021	-	-	97	100
หัวแร่	7.71364	1,010.26	229.07	0.0419	0.0482	2.34	2.31	23	24
หางแร่	9.30412	337.81	86.09	0.014	0.0161	-	-	74	76

ตารางที่ 4.10

แสดงผลการเพิ่มความเข้มข้นยูเรเนียมในหินทรายขนาด - 28, 35 เมช

ตัวอย่าง	น้ำหนักตัวอย่าง ที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)	จำนวนนับสุทธิของยูเรเนียม		ร้อยละของยูเรเนียมเทียบกับ ยูเรเนียมมาตรฐาน		ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น (เท่า)		ปริมาณแร่	
		จำนวนนับ/1000วินาที/กรัม						กรัม	ร้อยละ
		ในช่วงพีค 0.609MeV	ในช่วงพีค 1.764MeV	ในช่วงพีค 0.609 MeV	ในช่วงพีค 1.764 MeV	ในช่วงพีค 0.609 MeV	ในช่วงพีค 1.764 MeV		
ยูเรเนียมมาตรฐาน	8.83670	1,335.00	312.89	0.05	0.05	-	-	-	-
แร่ปอน	7.92941	452.99	118.04	0.0169	0.0188	-	-	130	100
หัวแร่	6.05199	1,270.82	306.35	0.048	0.0489	2.8	2.7	54	42
หางแร่	10,31389	167.35	48.58	0.0063	0.0078	-	-	75	58

ตารางที่ 4.11

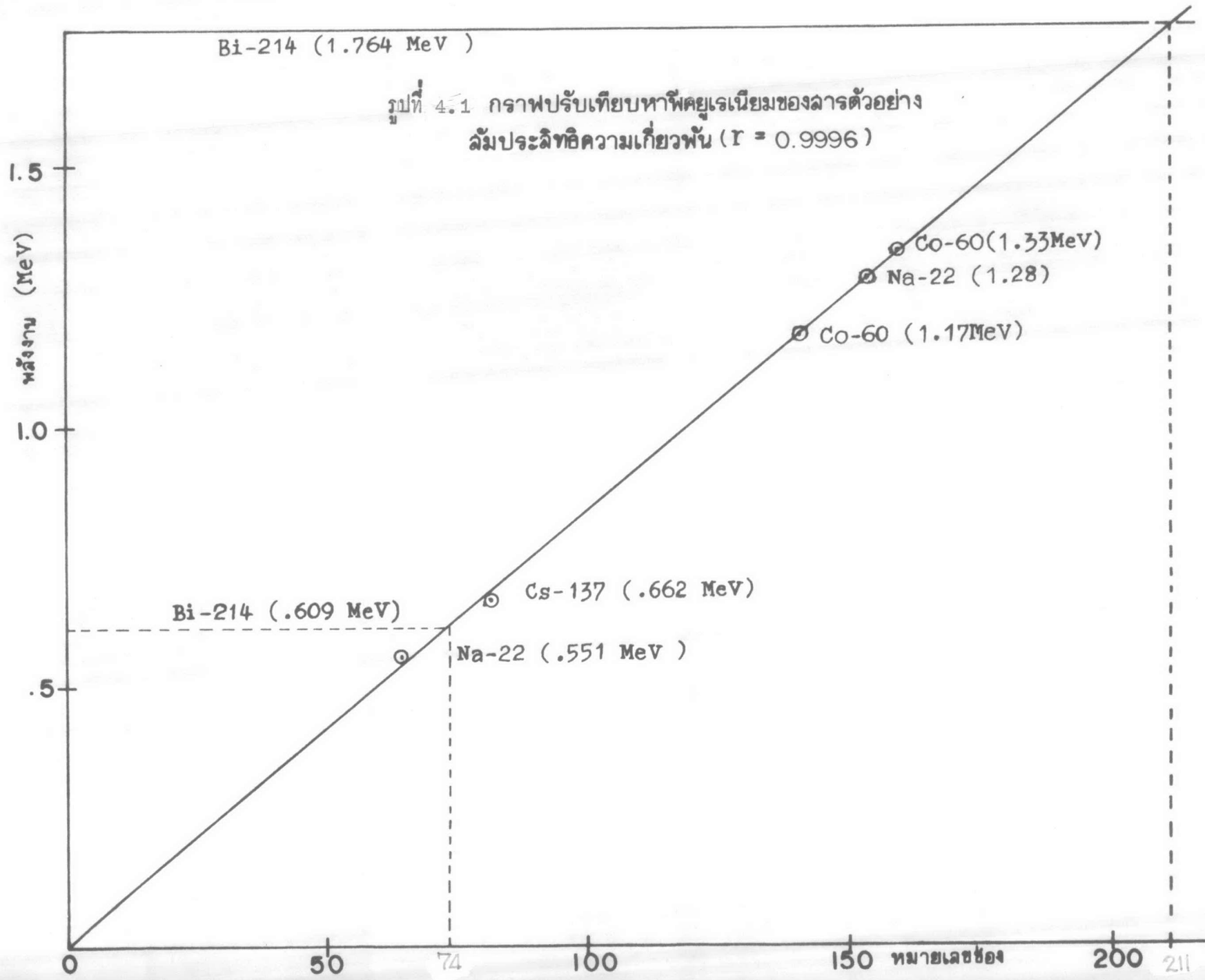
แสดงผลการเพิ่มความเข้มข้นยูเรเนียมในหินทรายขนาด - 20, 28 เมช

ตัวอย่าง	น้ำหนักตัวอย่าง ที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)	จำนวนนับสุทธิของยูเรเนียม จำนวนนับ/1000วินาที/กรัม		ร้อยละของยูเรเนียมเทียบ กับยูเรเนียมมาตรฐาน		ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น (เท่า)		ปริมาณแร่	
		ในช่วงพีค 0.609 MeV	ในช่วงพีค 1.764 MeV	ในช่วงพีค 0.609 MeV	ในช่วงพีค 1.764 MeV	ในช่วงพีค 0.609 MeV	ในช่วงพีค 1.764 MeV	กรัม	ร้อยละ
		ยูเรเนียมมาตรฐาน	8.83670	1344.73	269.67	0.05	0.05	-	-
แรปอน	8.26111	486.38	97.56	0.018	0.018	-	-	105	107
หัวแร่	7.22139	1063.85	216.89	0.0396	0.040	2.2	2.2	37.2	35
หางแร่	9.85561	217.54	42.81	0.0081	0.0079	-	-	64	65

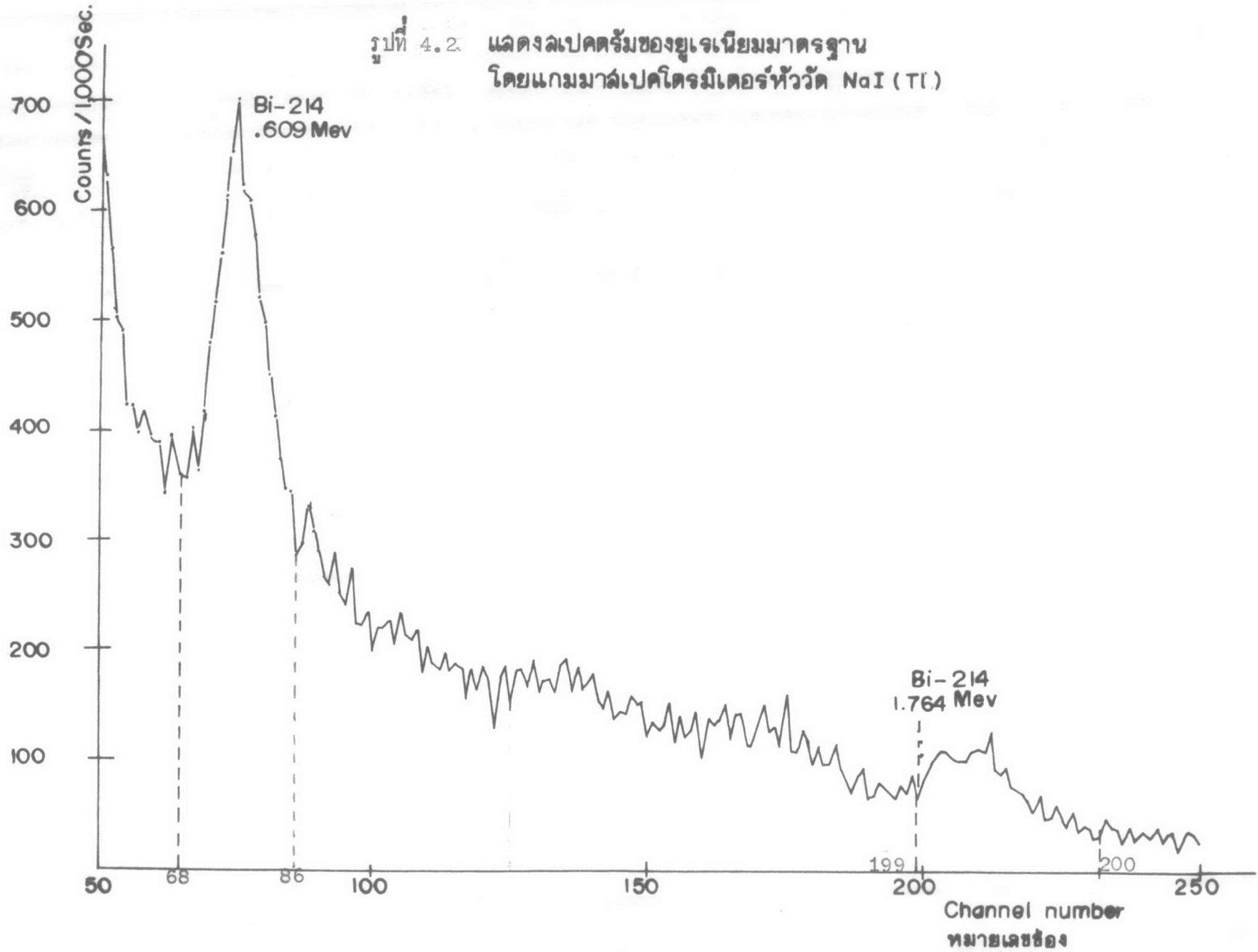
ตารางที่ 4.12

แสดงผลการเพิ่มความเข้มข้นยูเรเนียมในหินทรายขนาด + 20 เมช

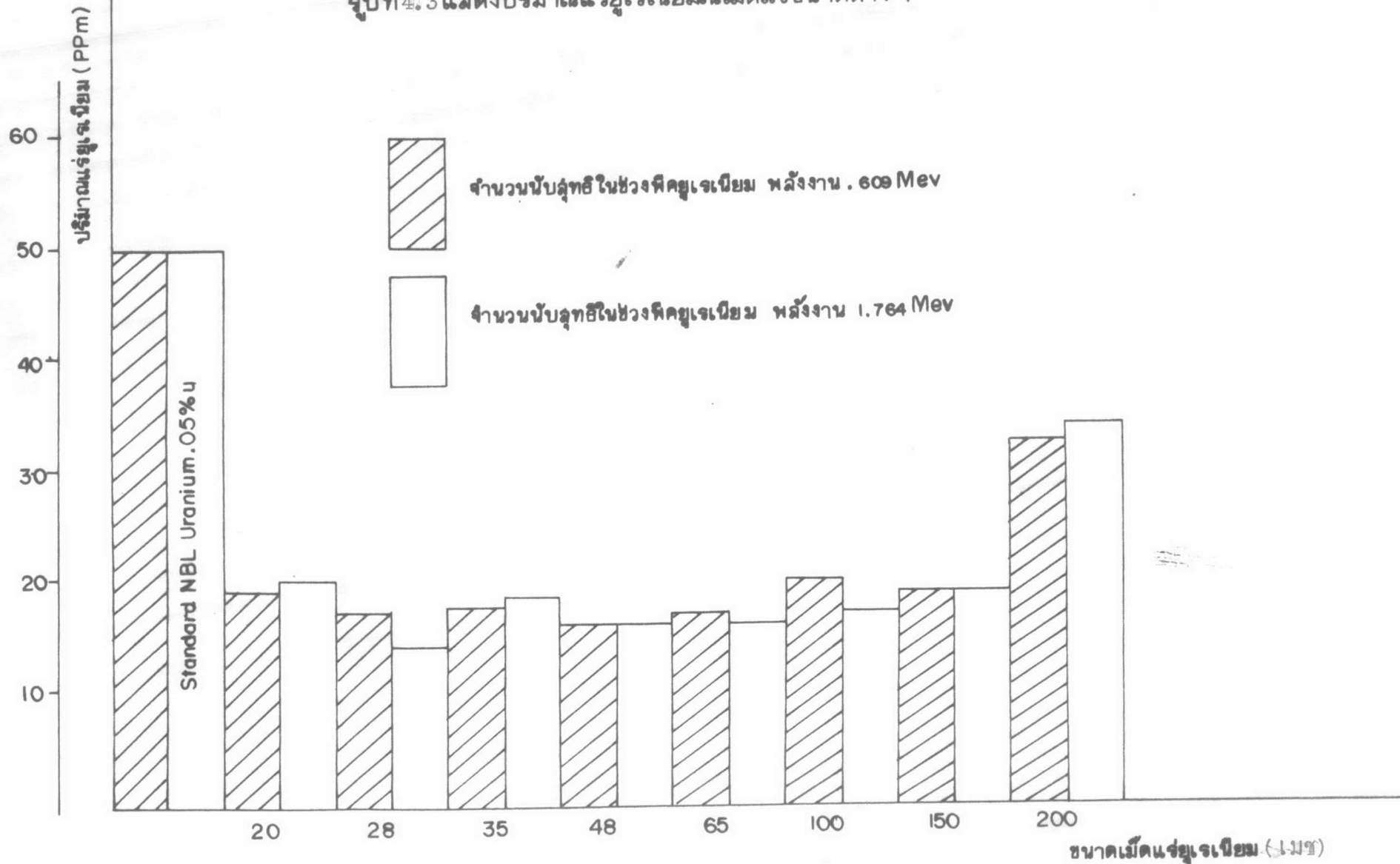
ตัวอย่าง	น้ำหนักตัวอย่าง ที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)	จำนวนนับสุทธิของยูเรเนียม		ร้อยละของยูเรเนียมเทียบ กับยูเรเนียมมาตรฐาน		ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น (เท่า)		ปริมาณแร่	
		ในช่วงพีค 0.609MeV	ในช่วงพีค 1.764MeV	ในช่วงพีค 0.609MeV	ในช่วงพีค 1.764MeV	ในช่วงพีค 0.609MeV	ในช่วงพีค 1.764MeV	กรัม	ร้อยละ
		จำนวนนับ/1000วินาที/กรัม	จำนวนนับ/1000วินาที/กรัม	จำนวนนับ/1000วินาที/กรัม	จำนวนนับ/1000วินาที/กรัม	จำนวนนับ/1000วินาที/กรัม	จำนวนนับ/1000วินาที/กรัม		
ยูเรเนียมมาตรฐาน	8.83670	1344.73	269.67	0.05	0.05	-	-	-	-
แรปอน	8.07627	462.09	92.86	0.0172	0.0172	-	-	97	100
หัวแร่	8.21490	972.25	200.00	0.036	0.037	2.1	2.2	28	29
หางแร่	10.23580	335.19	65.26	0.0125	0.0121	-	-	66	71

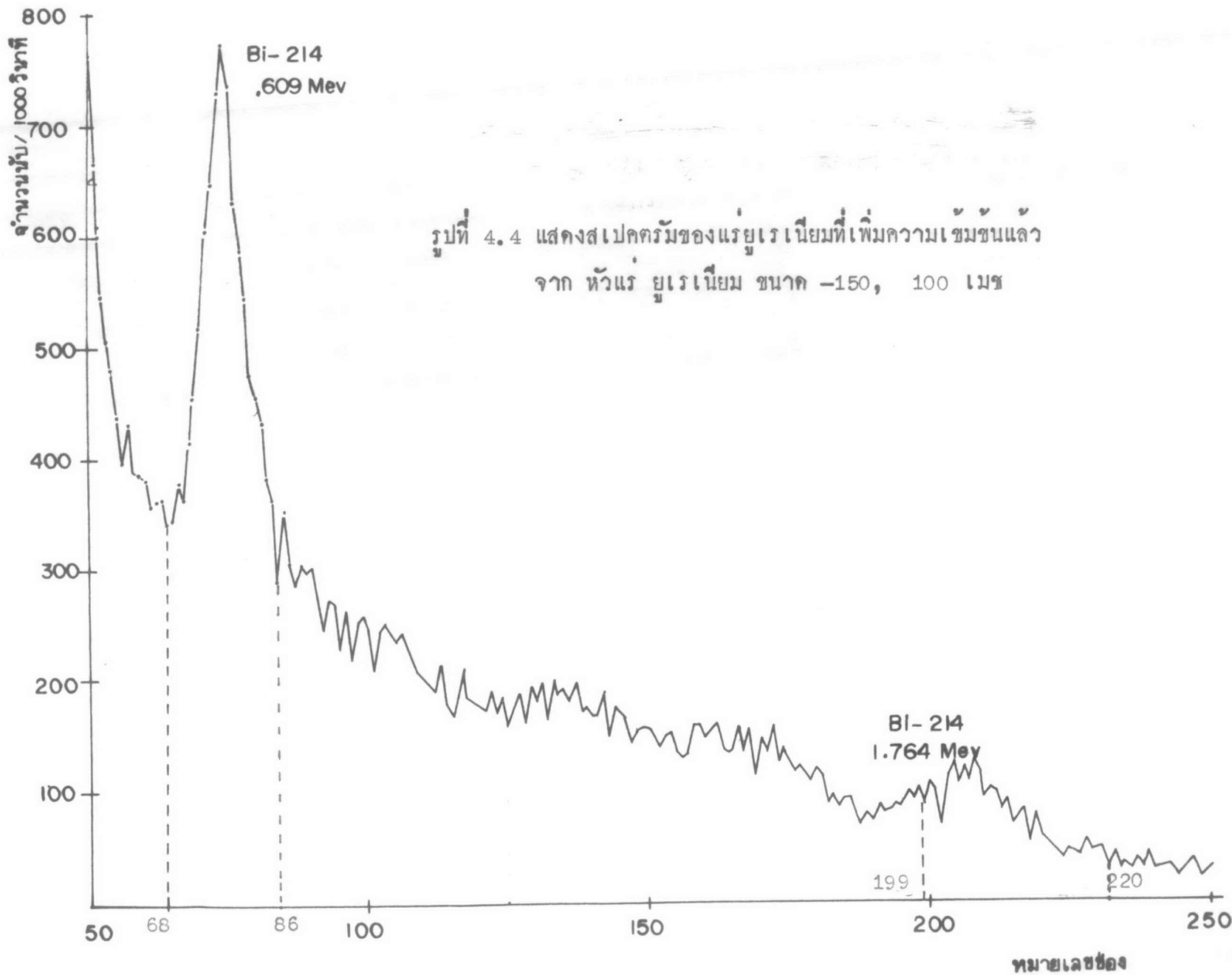


รูปที่ 4.2 แสดงผลเปดตรี้มของยูเรเนียมมาตรฐาน
โดยแกมมาสเปคโตรมิเตอร์หัววัด NaI (TI)



รูปที่ 4.3 แสดงปริมาณแร่ยูเรเนียมในเม็ดแร่ขนาดต่าง ๆ





รูปที่ 4.4 แสดงสเปกตรัมของแร่ยูเรเนียมที่เพิ่มความเข้มข้นแล้ว
จาก หัวแร่ ยูเรเนียม ขนาด -150, 100 เมช

