



- บทที่ 4

ผลการวิจัย

ตารางที่ 4.1 ค่าจำนวนนับรังสีของแบลจค์ ต่อ 30000 วินาที สำหรับชนิด Pb-214
Bi-214 และK-40 เมื่อใช้หัววัด NaI(Tl) ชนิดแท่งตัน ขนาด 3"x3"

จำนวนครั้งที่วัด	จำนวนนับรังสี/30000 วินาที		
	Pb-214 ch 309-374	Bi - 214 ch 528-604	K - 40 ch 1100-1451
1	92503	54160	60123
2	90349	52919	58564
3	91825	53134	59992
4	92639	53596	60963
5	90787	53416	60241
6	91227	53359	59656
7	91580	53277	60042
8	93174	54420	60800
9	93453	54142	60580
10	93213	54759	60157
11	93249	54490	59917
12	95220	55495	61704
13	94351	54812	61483
14	95012	55309	60800
เฉลี่ย	92756 ±305	54092 ±233	60358 ±246

ตารางที่ 4.2 ค่าจำนวนนับรังสีของฉนวนลงค์ ต่อ 15000 วินาที ที่ Pb-214 Bi-214 และ K-40 เมื่อใช้หัววัด NaI(Tl) ชนิด แท่งตัน ขนาด 5" x 5"

จำนวนครั้งที่วัด	จำนวนนับรังสี/30000วินาที		
	Pb-214 ch 320-391	Bi-214 ch 561-644	K-40 ch 1190-1576
1	90065	56507	43340
2	87930	55332	42238
3	88121	55038	41921
4	89093	55773	43400
5	87613	55058	41041
6	88026	55185	42221
เฉลี่ย	88474 ±297	55482 ±236	42360 ±206

ในการวิจัย ค่าจำนวนนับรังสีเป็นค่าที่ได้จากค่า อินทิเกรต(Integrate) ของเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง เนื่องจากตัวอย่างที่วัดมีความแรงแรงรังสีต่ำมาก ไม่สามารถหาค่าพื้นที่(Area)ของพีคได้ สำหรับการใส่ค่า อินทิเกรต นั้นอาจจะนำมาซึ่งข้อสงสัยว่า ปริมาณรังสีที่วัดได้อาจเกิดจากเรดิโอไอโซโทปตัวอื่นที่มีอยู่ในธรรมชาติแล้วเช่น Bi-214, Pb-214 แต่เนื่องจาก Pb-214 และ Bi-214 มีครึ่งชีวิต 27 และ 20 นาทีตามลำดับ แต่การเกิด สมดุลย่อยแบบเชคคูลาร์ ระหว่าง Ra-226 กับ daughter product นั้นต้องใช้เวลาประมาณ 30 วัน ฉะนั้นเมื่อถึงเวลานี้จึงไม่มีปริมาณรังสีของธาตุดังกล่าวอยู่เลย อีกประการหนึ่งก็คือการเกิดการกระเจิงแบบคอมตันของ พีค K-40 ที่พลังงาน 1.46 Mev ซึ่งเป็น พีคที่อยู่ข้างหลัง พีคที่ต้องการวัด (Bi-214 609 kev และ Pb-214 352 kev) แต่จากการพิจารณาค่าสถิติของการวัด ได้ว่า ค่าจำนวนนับรังสีของ k-40 ค่อนข้างคงที่ทั้งจากการวัดสารละลายมาตรฐานและแบบกราวนด์ ฉะนั้นโอกาสที่จะเกิดการกระเจิงแบบคอมตันไปรบกวน พีคต่างๆ จึงมี

ค่าเท่ากัน ทั้งของตัวอย่าง และแบลด์ จึงไม่มีผลต่อความผิดพลาดของการคำนวณมากนัก

ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับรังสีต่อ 30000 วินาที กับค่าความแรงรังสีจำเพาะเมื่อใช้หัววัด NaI(Tl) ชนิดแท่งตัน ขนาด 3"×3"

Specific activity pCi/200 Cm ³	จำนวนนับรังสี/30000 วินาที	
	(320-391) KeV	(561-644)KeV
	Ch 309-374	Ch 528-604
37.3	519	505
74.6	1388	923
111.9	2011	1662
198.1	3220	2218

นำค่าจำนวนนับรังสีต่อ 30000 วินาที และค่าความแรงรังสีจำเพาะของ Pb-214 มาเขียนกราฟเปรียบเทียบ โดยใช้ Least squares จะได้สมการดังนี้

$$Y = 16.38362X + 56.18775 \text{ -----(4.1)}$$

และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ได้เท่ากับ 0.99253

สำหรับ Bi-214 ได้ สมการ Least squares คือ

$$Y = 10.77184X + 190.84021 \text{ -----(4.2)}$$

และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ได้เท่ากับ 0.97269

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าจำนวนนับรังสีต่อ 15000 วินาที กับค่าความ
 แกร่งรังสีจำเพาะของสารละลายมาตรฐานเรเดียม-226 ที่ peak Pb-214
 (352 KeV) และ Bi-214(609 KeV) เมื่อใช้หัววัด/NaI(Tl) ชนิดแท่งต้น
 ขนาด 5" x 5"

specific activity pCi/liter	จำนวนนับรังสี/15000 วินาที	
	Pb-214 ch 320-391 (320-391) KeV	Bi-214 ch 560-644 (560-644) KeV
37.3	801	1122
74.6	1779	1855
111.9	3099	2282
198.1	4595	3274

เมื่อนำค่าจำนวนนับรังสีต่อ 15000 วินาที กับค่าความแกร่งรังสีจำเพาะของ Pb-214 มาหา
 ความสัมพันธ์ โดยใช้สมการ Least squares จะได้สมการคือ

$$Y = 23.625 X + 76.653 \text{ ----- (4.3)}$$

โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์ได้เท่ากับ 0.975686

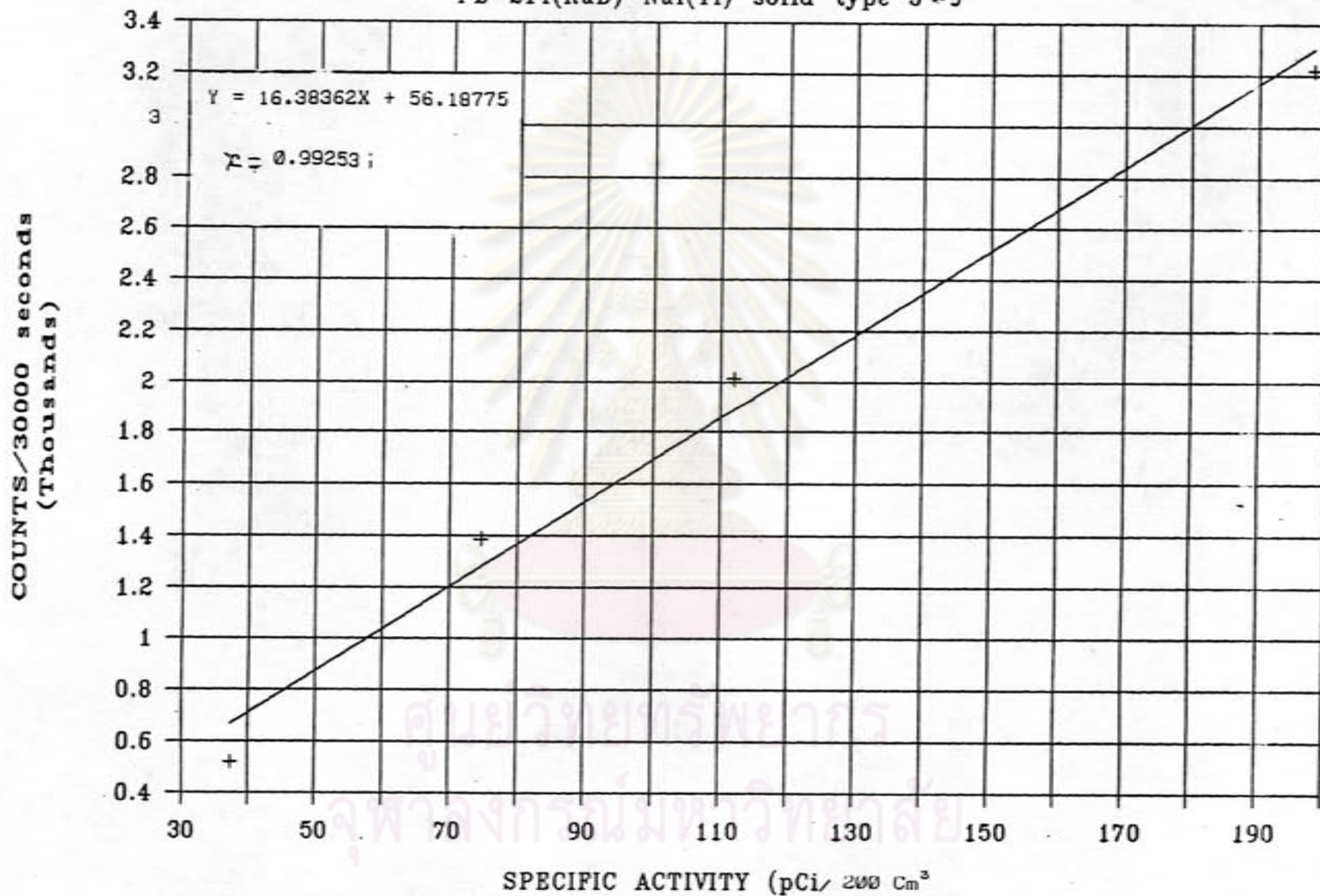
ทำนองเดียวกัน สำหรับ Bi-214 ได้สมการ Least squares คือ

$$Y = 12.9485X + 767.5064 \text{ ----- (4.4)}$$

จากความสัมพันธ์นี้หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ได้เท่ากับ 0.92370

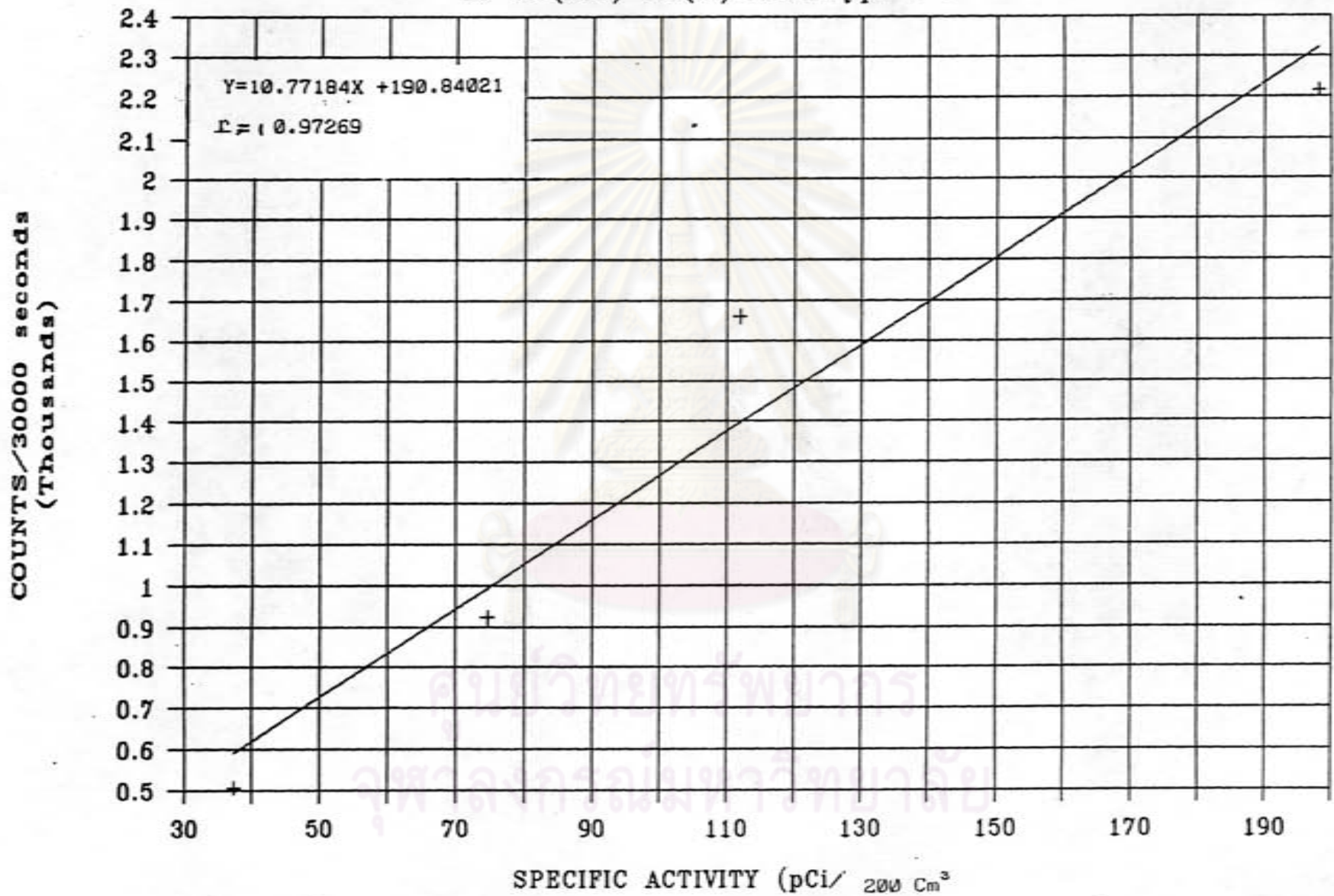
เมื่อนำค่าความสัมพันธ์จาก สมการที่ 4.1 4.2 และ 4.3 4.4 มาแทนค่าและเขียนเป็น
 กราฟปรับเทียบของสารละลายมาตรฐานเรเดียม-226 ที่ peak Pb-214 และ Bi-214 จะได้ดังกราฟที่
 แสดงในรูปที่ 4.2 4.3 และ 4.4 4.5 สำหรับหัววัด NaI(Tl) ชนิดแท่งต้น ขนาด 3"x3" และ
 5"x5" ตามลำดับ

Pb-214(RaB) NaI(Tl) solid type 3"x3"



รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบของสารละลายมาตรฐานเรเดียม-226 ที่ peak Pb-214 (352 Kev)
หัววัด NaI(Tl) 3"x3"

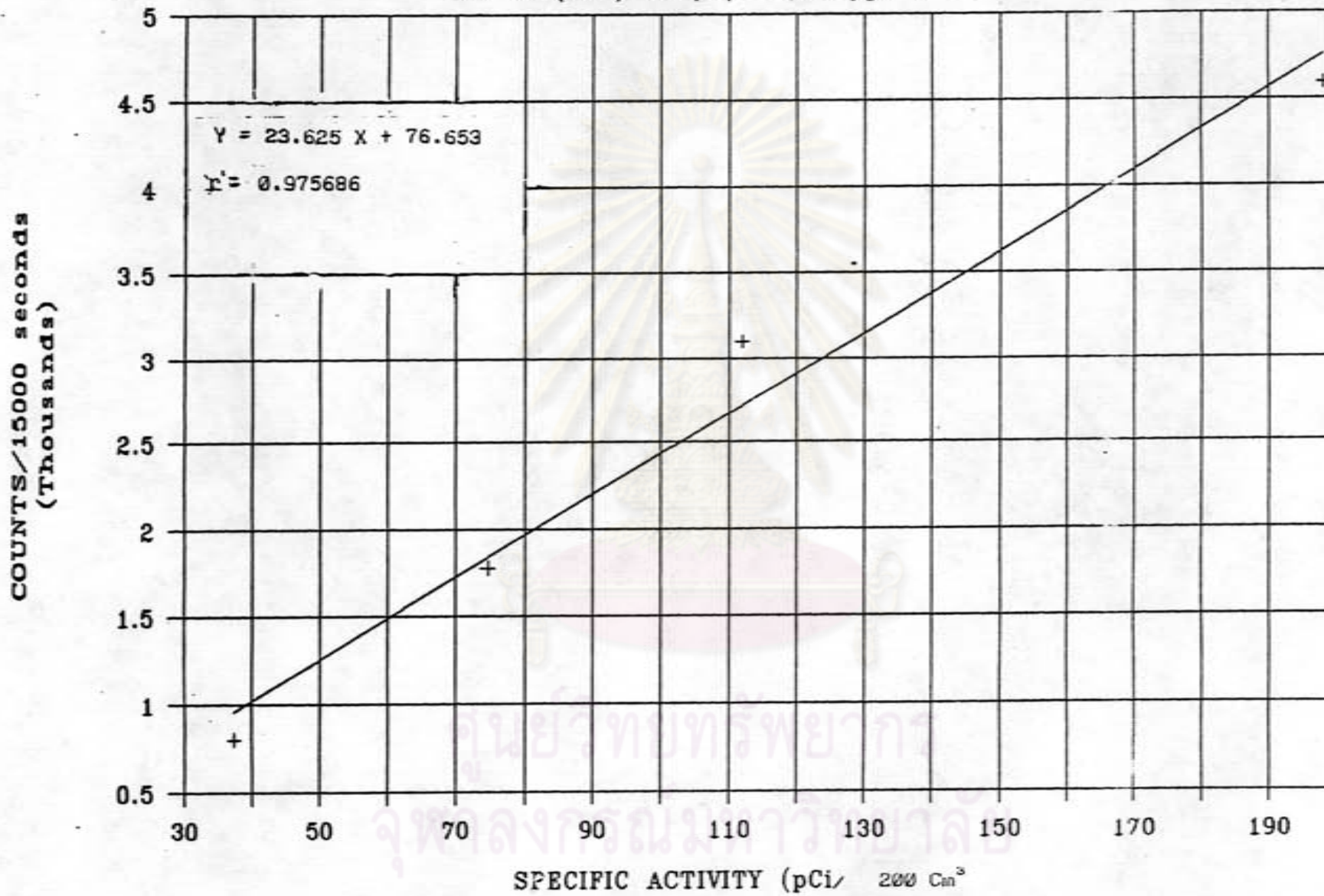
Bi-214(RaC) NaI(Tl) solid type 3"x3"



รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบของสารละลายมาตรฐานเรเดียม-226 ที่ peak Bi-214 (609 Kev)

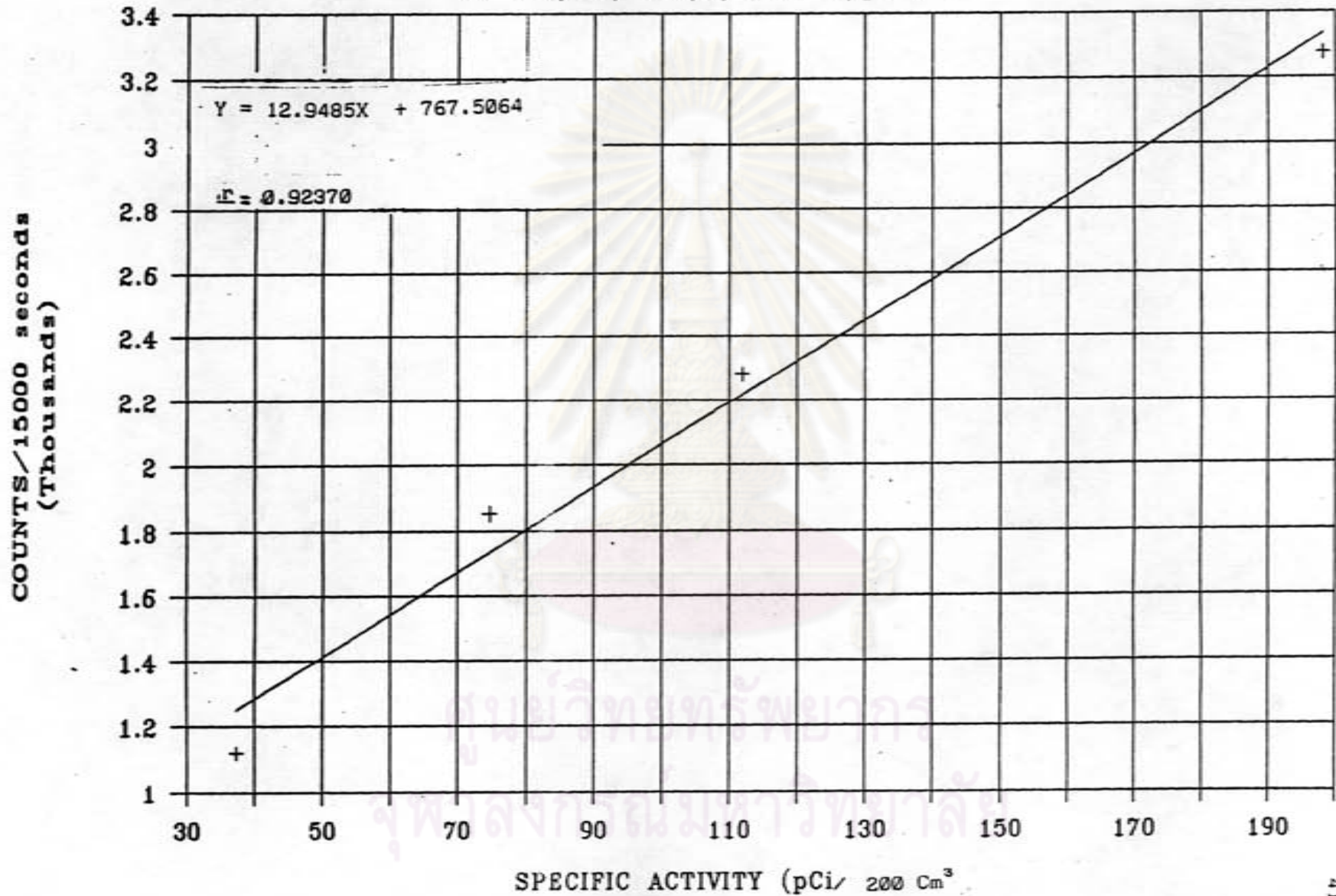
หัววัด NaI(Tl) 3"x3"

Pb-214(RaB) NaI(Tl) solid type 5"x5"



รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบของสารละลายมาตรฐานเรเดียม-226 ที่ peak Pb-214 (352 Kev)
หัววัด NaI(Tl) 5"x5"

Bi-214(RaC) NaI(Tl) solid type 5"x5"



รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบของสารละลายมาตรฐานเรเดียม-226 ที่ peak Bi-214 (609 Kev) หัววัด NaI(Tl) 5"x5"

ตารางที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าจำนวนนับรังสีสุทธิ ต่อ เวลา 15000 วินาที กับค่าความแรงรังสีจำเพาะของสารละลายมาตรฐาน เรเดียม-226 ที่ peak Pb-214 (352 KeV) และ ที่ peak Bi-214(609KeV) เมื่อใช้หัววัด Hyperpure Germanium ที่มีประสิทธิภาพ 20.8 เปอร์เซ็นต์

specific activity pCi/liter	จำนวนนับรังสี/15000 วินาที	
	ch 694-716 (346-357) KeV Pb-214	ch 1208-1231 (603-614) KeV Bi-214
37.3	89	54
74.6	170	95
111.9	207	189
198.1	340	245

จากในตารางที่ 4.5 เมื่อใช้ Least square หาความสัมพันธ์ระหว่าง จำนวนนับรังสีสุทธิ ต่อ 15000 วินาที กับ ความแรงรังสีจำเพาะที่ peak Pb-214 จะได้สมการดังนี้คือ

$$Y = 1.512199 X + 42.00075 \text{-----}(4.5)$$

โดยมีค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ = 0.989671

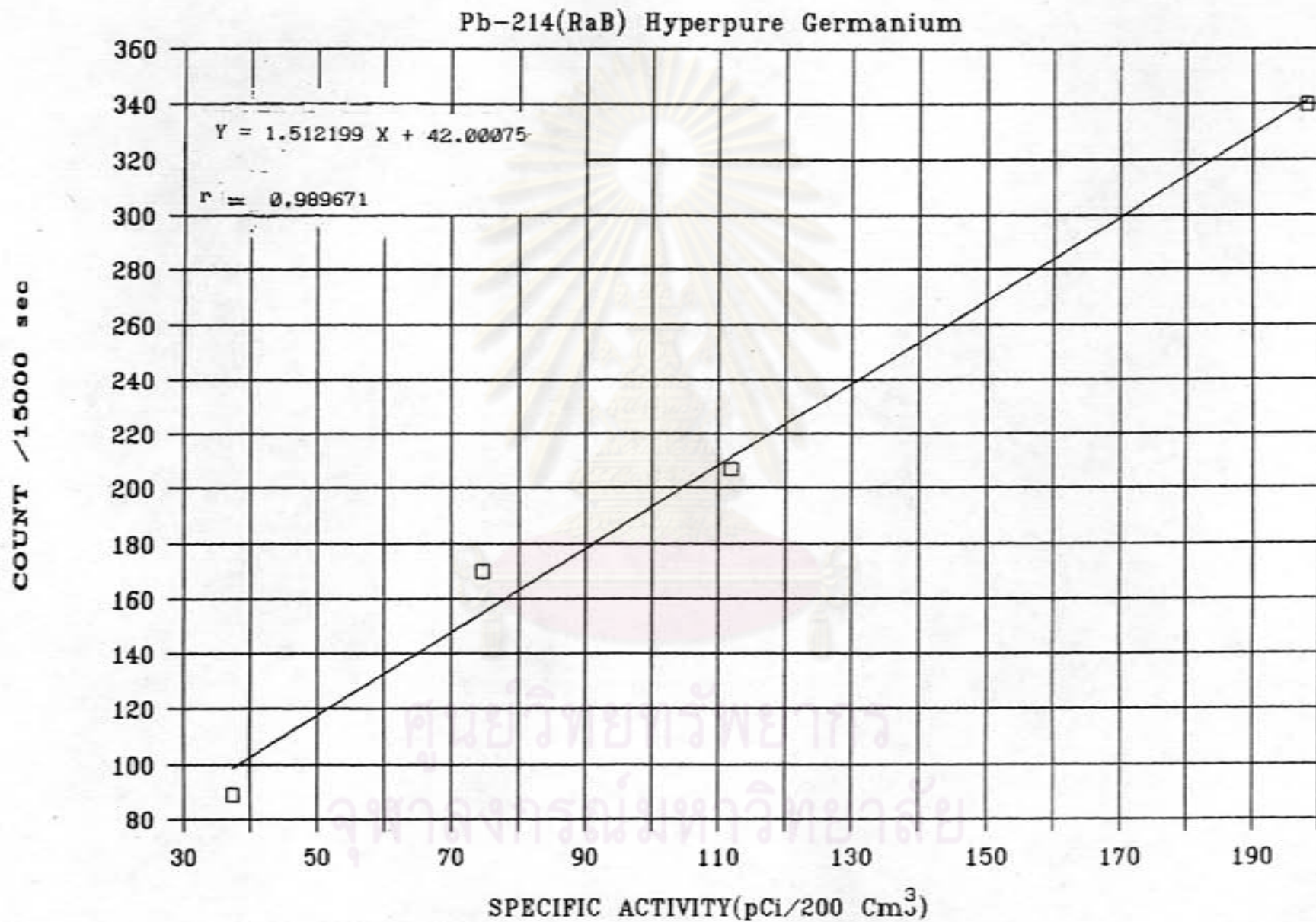
และทำนองเดียวกัน ที่ peak Bi-214 ได้สมการ Least square ดังนี้

$$Y = 1.215944 X + 17.49829 \text{-----}(4.6)$$

โดยมีค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ = 0.925705

เมื่อใช้ความสัมพันธ์ของสมการที่ 4.5 และ 4.6 เขียนกราฟเปรียบเทียบ ของสารละลายมาตรฐาน เรเดียม-226 ที่ peak Pb-214 และ Bi-214 สำหรับหัววัด Hyperpure Germanium จะได้กราฟดังแสดงในรูปที่ 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ

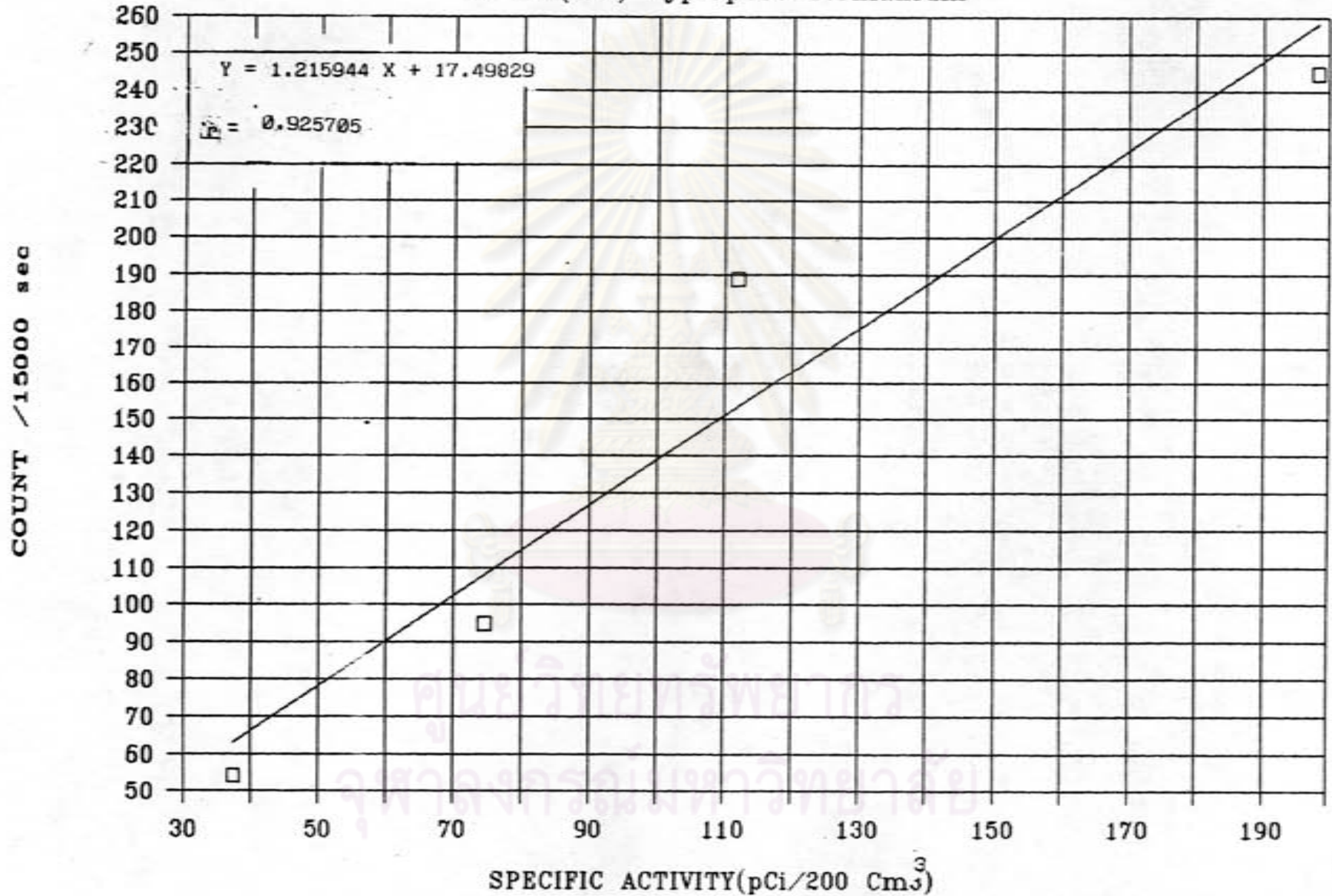




รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบของสารละลายมาตรฐานเรเดียม-226 ที่ peak Pb-214 (352 Kev)

หัววัด Hyperpure Germanium

Bi-214(RaC) Hyperpure Germanium



รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบของสารละลายมาตรฐานเรเดียม-226 ที่ peak Bi-214 (609 Kev) ฟ้าวัด hyperpure germanium

ตารางที่ 4.6 ค่าจำนวนนับรังสีสุทธิของเรเดียม-226 ในน้ำตัวอย่างต่อเวลา 30000วินาที ที่พีค Pb-214 และ Bi-214เมื่อใช้หัววัด Na(Tl) ชนิดแท่งต้นขนาด 3"x3"

Water sample	จำนวนนับรังสี/30000 วินาที	
	Ch 309 - 374 Pb-214	Ch 528 - 604 Bi-214
SWR1	1905 ± 379	1294 ± 330
SWR2	ND	ND
SWK1	ND	ND
SWK2	923 ± 433	793 ± 329
SWK3	ND	ND
SWK4	ND	ND
SWT1	ND	ND
SWT2	ND	ND
SWE	892 ± 432	788 ± 330

หมายเหตุ:

- SWR1 คือ น้ำที่เก็บจากรางแร่เหมืองฉีด ที่ อ.ร่อนพิบูลย์ จ.นครศรีธรรมราช
- SWR2 คือ น้ำที่เก็บจากบริเวณขุมแร่เก่า อ.ร่อนพิบูลย์ จ.นครศรีธรรมราช
- SWK1 คือ น้ำที่เก็บจากขุมแร่เก่า จ.ภูเก็ต
- SWK2 คือ น้ำที่เก็บจากขุมแร่ใหม่ จ.ภูเก็ต
- SWK3 คือ น้ำบ่อต้น ที่อยู่ใกล้ขุมแร่เก่า จ.ภูเก็ต
- SWK4 คือ น้ำบ่อต้น ใกล้ขุมแร่ใหม่ จ.ภูเก็ต
- SWT1 คือ น้ำพุร้อน อ.ทุ่งสง จ.นครศรีฯ
- SWT2 คือ น้ำบ่อต้น ใกล้บริเวณน้ำพุร้อน อ.ทุ่งสง จ.นครศรีฯ
- SWE คือ น้ำที่เก็บจากบริเวณโรงประลองแร่ ภาควิชาเหมืองแร่ คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ค่าจำนวนนับรังสีสุทธิของเรเดียม-226 ในน้ำตัวอย่างต่อเวลา 15000 วินาที
ที่พีค Pb-214 และ Bi-214 เมื่อใช้หัววัด NaI(Tl) ชนิด
แท่งตัน ขนาด 5" x 5"

Water Sample	จำนวนนับรังสี/30000 วินาที	
	Ch 320 - 390 Pb-214	Ch 560 - 644 Bi-214
SWR1	3333 ± 423	2494 ± 336
SWR2	ND	ND
SWK1	ND	ND
SWK2	1112 ± 420	1342 ± 334
SWK3	ND	ND
SWK4	ND	ND
SWT1	ND	ND
SWT2	ND	ND
SWE	1538 ± 422	1110 ± 334

ค่าความแรงรังสี ที่หาได้จากกราฟเปรียบเทียบ ค่าที่ออกมาจะมีหน่วยเป็นนิโคคูรี ต่อ 200 ลูก
บาศก์เซ็นต์ติเมตร แต่เนื่องจากตัวอย่างนั้นได้เตรียมมาจากปริมาณตัวอย่างทั้งหมด 5 ลิตร (5000 ลูก
บาศก์เซ็นต์ติเมตร) ฉะนั้นจึงต้องคำนวณย้อนกลับเพื่อหาปริมาณของเรเดียม-226 ในน้ำตัวอย่างจริง ๆ 1
ลิตร

สมมติว่าความทรงรังสีที่วัดได้มีค่า a pCi/200 cm₃

นั่นคือ ความแรงรังสีจำเพาะ = $a/5$ pCi/liter

ผลการคำนวณได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.8 และตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 ค่าความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ในน้ำตัวอย่าง ที่วัด Pb-214 และ Bi-214 เมื่อใช้หัววัด NaI(Tl) ชนิดแท่งต้น ขนาด 3"X3"

ตัวอย่างน้ำ	specific	activity (pCi/liter)
	เทียบกับ Pb-214 352 KeV	เทียบกับ Bi-214 609 KeV
SWR1	22.58±4.58	20.48±2.60
SWR2	ND	ND
SWK1	ND	ND
SWK2	10.58±4.58	11.18±2.58
SWK3	ND	ND
SWK4	ND	ND
SWT1	ND	ND
SWT2	ND	ND
SWE	10.20±4.58	11.10±2.58

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 ค่าความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ในน้ำตัวอย่าง ที่ peak Pb-214 และ Bi-214 วัดด้วยหัววัด NaI(Tl) ชนิดแท่งตัน ขนาด 5"x5"

น้ำตัวอย่าง	Specific activity (pCi/liter)	
	เทียบกับ 352 KeV Pb-214	เทียบกับ 609 KeV Bi-214
SWR1	27.58±2.93	26.68±6.68
SWR2	ND	ND
SWK1	ND	ND
SWK2	8.78±2.90	8.88±6.70
SWK3	ND	ND
SWK4	ND	ND
SWT1	ND	ND
SWT2	ND	ND
SWE	12.38±2.90	9.93±6.70

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 4.10 ค่าจำนวนนับรังสีสุทธิต่อ 15000 วินาที ของเรเดียม-226 ที่ผิด Pb-214 (352 KeV) และ Bi-214 (609 KeV) ในน้ำตัวอย่าง เมื่อใช้หัววัด Hyperpure Germanium ที่มีประสิทธิภาพ 20.8 เปอร์เซ็นต์

น้ำตัวอย่าง	จำนวนนับสุทธิ/15000 วินาที	
	Pb-214 ch 694-716 (346-357) KeV	Bi-214 ch 1208-1231 (609-614) KeV
SWR1	345 ±24	254 ±19
SWR2	ND	ND

ตารางที่ 4.11 ค่าความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ที่ผิด Pb-214 (352 KeV) และ Bi-214 (609 KeV) ในน้ำตัวอย่าง วัดด้วยหัววัด Hyperpure Germanium ที่มีประสิทธิภาพ 20.8 เปอร์เซ็นต์

น้ำตัวอย่าง	specific activity (pCi/liter)	
	ch 694-716 (346.3-357.3) KeV Pb-214	ch 1208-1231 (602.6-614.1) KeV Bi-214
SWR1	40.20 ± 1.88	37.43 ± 0.68
SWR2	ND	ND

ตารางที่ 4.12 ค่า LLD ของการวัดหาปริมาณเรเดียม-226 ในน้ำ ที่ peak Pb-214 และ Bi-214 โดยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตตรีโดยใช้หัววัด NaI(Tl) ชนิดแท่งตั้ง ขนาด 3"x3" และ 5"x5" [พีโคคูรี ต่อ 200 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร]

หัววัดรังสี	Pb-214 (RaB) 352 KeV	Bi - 214 (RaC) 609 kev
NaI(Tl) 3" x 3"	44.13±2.55	51±3.37
NaI(Tl) 5" x 5"	30.05±1.74	43.35±3.02

ค่าต่ำสุดของการวัด เมื่อใช้หัววัด Hyperpure Germanium เพื่อตรวจสอบผลการวิจัย มีค่าเท่ากับ 23.024 ± 6.10 และ 20.152 ± 6.28 pCi/200Cm³ สำหรับเรเดียม-226 ที่พีค Pb-214 (352 KeV) และ Bi-214 (609 KeV) ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย