

ภาคผนวก ก

ประสิทธิภาพของเครื่องสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมาหัววัดเรืองแสง (NaI (TI))

เป็นผลจากการเปรียบเทียบระหว่างอัตราจำนวนพัลส์ที่เครื่องสเปกโตรมิเตอร์วัดได้ต่อหน่วยความเข้มข้นของ K หรือ U หรือ Th ในการเปรียบเทียบแบบนี้จำเป็นต้องใช้สารอ้างอิงมาตรฐาน(Certified Reference Material, CRM หรือ Reference Material, RM) ที่รู้ค่าความเข้มข้นที่แน่นอนของ K-U-Th หรือของไอโซโทปที่กำลังตรวจวัด สารอ้างอิงมาตรฐานที่ใช้เป็นของทบวงพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ(International Atomic Energy Agency, IAEA) คือ IAEA RGU-1 สำหรับ Uranium และ IAEA RGTh-1 สำหรับ Thorium ส่วนสารมาตรฐาน Potassium ใช้สารเคมี Potassium Chloride(KCl) เป็นสารมาตรฐาน

สารตัวอย่างที่จะนำมาตรวจวัดในการทดลองนี้อาจเป็นวัสดุธรรมชาติ เช่น ดิน หิน ทราชแร่ หรืออาจเป็นวัสดุก่อสร้าง เช่น ทราช ปูน หินก่อสร้าง อาจเป็นอาหาร เช่น นมผงจากยุโรป หรืออาจเป็นถั่วเตรียมจากกุ้ง หอย ปู ปลา พืชผัก หรือตะกอนที่เตรียมจากการตกตะกอนของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำบาดาล

สัญลักษณ์ที่ใช้

R_k = ปริมาณของ K ในหินตัวอย่าง (g)

R_u = ปริมาณของ U ในหินตัวอย่าง (mg)

R_t = ปริมาณของ Th ในหินตัวอย่าง (mg)

R_1 = อัตรานับ (Count Per Minute) ที่ปรับแก้แล้วในช่องที่ 1 (ช่องของK)

R_2 = อัตรานับ (Count Per Minute) ที่ปรับแก้แล้วในช่องที่ 2 (ช่องของU)

R_3 = อัตรานับ (Count Per Minute) ที่ปรับแก้แล้วในช่องที่ 3 (ช่องของTh)

$$R_k = 66.63921R_1 + (-48.9275)R_2 + (-12.694)R_3 \quad (1)$$

$$R_u = (-0.7897)R_1 + 98.64952R_2 + (-39.0576)R_3 \quad (2)$$

$$R_t = 0.601106R_1 + (-3.70764)R_2 + 315.2625R_3 \quad (3)$$

ภาคผนวก ข

การคำนวณค่า Hazard Quotient (HQ)

1. การคำนวณหาค่า dose

นำค่าความเข้มข้นกัมมันตภาพรังสีโพแทสเซียม, ยูเรเนียม และทอเรียมที่วัดได้มา
คำนวณหาอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ โดยคำนวณจากสมการ (UNSCEAR, 2000)

$$D(nGy/h) = 0.462A_{Ra} + 0.604A_{Th} + 0.0417A_K$$

โดยที่ A_{Ra} , A_{Th} และ A_K คือค่าความเข้มข้นกัมมันตภาพของ U-238, Th-232 และ K-40 ตามลำดับ มีหน่วยเป็น Bq/kg

ตัวอย่างการคำนวณ ตัวอย่างหินในอำเภอกะทู้ (Ro-K4) มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียม เท่ากับ 796.122, 3713.67 และ 323.366 Bq/kg ซึ่งความเข้มข้นกัมมันตภาพของเรเดียมสามารถแทนด้วยความเข้มข้นกัมมันตภาพของยูเรเนียมได้เนื่องจากเกิดสมดุลงี้แบบถาวร

นำความเข้มข้นแทนค่าใน สมการ $D(Gy/h) = 0.462A_{Ra} + 0.604A_{Th} + 0.0417A_K$

จะได้ $D(Gy/h) = (0.462 \times 3713.67) + (0.604 \times 323.37) + (0.041 \times 796.12)$

$$D = 399.97 Gy/h$$

2. การคำนวณหาค่า Effective Dose

นำค่า dose ที่ได้มาคำนวณ โดยใช้สูตร

$$\text{annual effective dose(Sv)} = \text{absorbed dose rate (Gy/h)} \times 8760 \text{ h} \times 0.2 \times 0.7 \text{ Sv/Gy}$$

$$\text{annual effective dose(Sv)} = 3.99.97 \times 10^{-9} \text{ (Gy/h)} \times 8760 \text{ h} \times 0.2 \times 0.7 \text{ Sv/Gy}$$

$$\text{annual effective dose(mSv)} = 0.49$$

3. การประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น

นำค่าปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี (Effective dose) มาเปรียบเทียบกับค่าปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปีไม่เกิน 0.1 mSv โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{Hazard Quotient}(HQ) = \frac{\text{Effectivedose}}{RfD}$$

$$\text{Hazard Quotient}(HQ) = \frac{0.49}{0.1}$$

$$\text{Hazard Quotient}(HQ) = 4.9$$

ตาราง 12 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียม ในดินพื้นที่จังหวัดภูเก็ต

อำเภอ	Sample No	ความเข้มข้นกัมมันตภาพ			Dose (nGy/h)	Effective Dose (mSv/y)
		โพแทสเซียม-40 (Bq/kg)	ยูเรเนียม (Bq/kg)	ทอเรียม (Bq/kg)		
กะทู้	So-K1	144	16	0	13.22	0.02
	So-K2	391	40	0	34.71	0.04
	So-K3	521	188	38	131.78	0.16
	So-K4	551	86	0	62.78	0.08
	So-K5	1028	267	340	371.97	0.46
	So-K6	919	245	259	308.33	0.03
	ค่าเฉลี่ย	592±267	140±87	106±124	153±038	0.19±0.14
เมือง	So-M1	0	131	0	60.34	0.07
	So-M2	564	224	23	141.12	0.12
	So-M3	823	272	141	245.21	0.30
	So-M4	336	205	25	123.64	0.15
	So-M5	1455	160	193	251.12	0.31
	So-M6	221	213	134	188.35	0.23
	So-M7	293	25	65	62.78	0.08
	So-M8	72	18	43	37.28	0.05

ตาราง 12 (ต่อ)

อำเภอ	Sample No	ความเข้มข้นกัมมันตภาพ			Dose (nGy/h)	Effective Dose (mSv/y)
		โพแทสเซียม-40 (Bq/kg)	ยูเรเนียม (Bq/kg)	ทอเรียม (Bq/kg)		
	ค่าเฉลี่ย	471±334	156±65	89±48	145.47	0.18±0.07
กลาง	So-T1	665	131	71	131.29	0.16
	So-T2	577	157	220	229.59	0.28
	So-T3	0	50	0.	23.25	0.03
	So-T4	0	52	0	24.21	0.03
	So-T5	145	68	0	91.40	0.11
	So-T6	0	107	104	112.05	0.14
	ค่าเฉลี่ย	231±249	94±36	66±70	92.92	0.11±0.07
	ค่าเฉลี่ยจังหวัด	435±177	133±38	82±45	132.11	0.16±0.05

ตาราง 13 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียม ของหินในจังหวัด
ภูเก็ต

อำเภอ	Sample No	ความเข้มข้นกัมมันตภาพ			Dose (nGy/h)	Effective Dose (mSv/y)
		โพแทสเซียม-40 (Bq/kg)	ยูเรเนียม (Bq/kg)	ทอเรียม (Bq/kg)		
กะทู้	Ro-K1	615	143	0	92.10	0.11
	Ro-K2	648	202	132	199.67	0.24
	Ro-K3	990	245	207	279.46	0.34
	Ro-K4	769	372	323	399.10	0.49
	ค่าเฉลี่ย	756±168	240±96	166±134	242.58	0.30±0.17
เมือง	Ro-M1	709	178	85	163.44	0.20
	Ro-M2	1031	125	112	168.25	0.21
	Ro-M3	L.L.D.	2	38	23.96	0.03
	Ro-M4	1186	220	266	311.51	0.38
	Ro-M5	1358	180	270	302.81	0.37
	Ro-M6	555	30	0	36.98	0.05
	ค่าเฉลี่ย	806±370	108±72	129±93	165.63	0.20±0.08
ถลาง	Ro-T1	1031	104	255	245.49	0.30
	Ro-T2	1679	1	0	70.30	0.09
	Ro-T3	1056	287	295	354.93	0.44
	Ro-T4	627	9	27	46.15	0.06
	ค่าเฉลี่ย	1098±430	46±132	144±150	178.96	0.22±0.09
ค่าเฉลี่ยจังหวัด	875±208	150±56	144±65	192.76	0.24±0.06	

ตาราง 14 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียม ในทรายก่อสร้าง
ของจังหวัดภูเก็ต

อำเภอ	Sample No	ความเข้มข้นกัมมันตภาพ			Dose (nGy/h)	Effective Dose (mSv/y)
		โพแทสเซียม-40 (Bq/kg)	ยูเรเนียม (Bq/kg)	ทอเรียม (Bq/kg)		
กะทู้	Sa-K1	173	69	14	92.18	0.1
	Sa-K2	185	74.	44	131.53	0.16
	Sa-K3	10	15	21	37.70	0.04
	Sa-K4	379	93	132	261.18	0.32
	Sa-K5	31	36	54	96.97	0.12
	Sa-K6	31	91	0.	85.78	0.11
	Sa-K7	113	98	77	180.56	0.22
	Sa-K8	67	27	39	70.60	0.09
	ค่าเฉลี่ย	124±85	63±22	48±29	120.68	0.15±0.06
เมือง	Sa-M1	0	14	0	12.45	0.01
	Sa-M2	147	75	4	85.05	0.1
	Sa-M3	13	62	0	57.95	0.03
	Sa-M4	136	83	0	86.97	0.11
	Sa-M5	0.	18	0	16.97	0.02
	Sa-M6	158	58	0	65.68	0.08
	Sa-M7	46	11	16	32.51	0.04
	Sa-M8	219	26	0	41.84	0.05
	Sa-M9	34	91	0	86.03	0.11
	Sa-M10	150	142	78	229.04	0.28
	ค่าเฉลี่ย	90±49	58±26	10±15	71.34	0.09±0.05

ตาราง 13 (ต่อ)

อำเภอ	Sample No	ความเข้มข้นกัมมันตภาพ			Dose (nGy/h)	Effective Dose (mSv/y)
		โพแทสเซียม-40 (Bq/kg)	ยูเรเนียม (Bq/kg)	ทอเรียม (Bq/kg)		
ถลาง	Sa-T1	0	11	0	10.52	0.01
	Sa-T2	0.	20	0	18.34	0.02
	Sa-T3	165	129	8	140.10	0.17
	Sa-T4	69	27	24	56.79	0.07
	Sa-T5	0	11	0	10.07	0.01
	Sa-T6	0	2	0	1.47	0.00
	ค่าเฉลี่ย	39±55	33±39	5±8	38.98	0.05±0.06
	ค่าเฉลี่ยจังหวัด	89±38	51±6	21±14	77.14	0.09±0.03

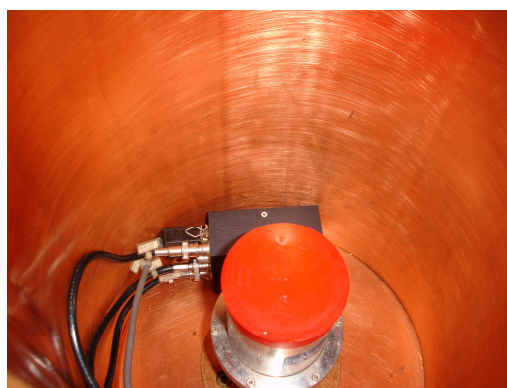
ภาคผนวก ค
เครื่องสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมา

5. หัววัดแบบสารกึ่งตัวนำ HPGe

- 1.1 หัววัดซึ่งอยู่ภายใต้กำกับรังสี (Canberra, Model 747. USA)
- 1.2 หัววัดเชื่อมต่อกับวิเคราะห์แบบหลายช่อง (8192 ช่อง Canberra, Model Inspector 2000, USA)
- 1.3 วิเคราะห์ยอดพลังงานรังสีแกมมาด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป (Canberra, Genie2k software Version 2.1, USA)
- 1.4 หัววัดรังสีแกมมามีประสิทธิภาพสัมพัทธ์ 13.9% และมีกำลังแยก 1.75 keV ที่พลังงานรังสีแกมมา 1332 keV ของโคบอลต์-60 และมีอัตราส่วนระหว่างยอดพลังงานต่อฐานคอมพิวเตอร์เท่ากับ 44.8:1



ภาพประกอบ 6 เครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์หัววัดแบบสารกึ่งตัวนำ HPGe



ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างน้ำผิวดินวางบนหัววัดหัววัดแบบสารกึ่งตัวนำ HPGe

6. หัววัดรังสีชนิดเรืองแสง (Scintillation detector, NaI(Tl))

- 2.1. หัววัดรังสีชนิดเรืองแสง (Scintillation detector, NaI(Tl)) ขนาด 3"×3" (GDA) อยู่ภายใต้ถ้ำตะกั่วกำบังรังสีความหนา 10 cm
- 2.2. หัววัดเชื่อมต่อกับเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง (1024 ช่อง)



ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างหินวางบนหัววัดหัววัดรังสีชนิดเรืองแสง NaI(Tl)

ภาคผนวก ง

ภาพเก็บตัวอย่างดิน หิน ทรายก่อสร้าง และน้ำผิวดิน



(ก)



(ข)

ภาพประกอบ 9 สถานที่เก็บตัวอย่างดินพื้นที่จังหวัดภูเก็ต



(ก)



(ข)

ภาพประกอบ 10 ตัวอย่างหินพื้นที่จังหวัดภูเก็ต



(ก)



(ข)

ภาพประกอบ 11 สถานที่เก็บตัวอย่างทรายก่อสร้างพื้นที่จังหวัดภูเก็ต



(ก)



(ข)

ภาพประกอบ 12 สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำผิวดินพื้นที่จังหวัดภูเก็ต

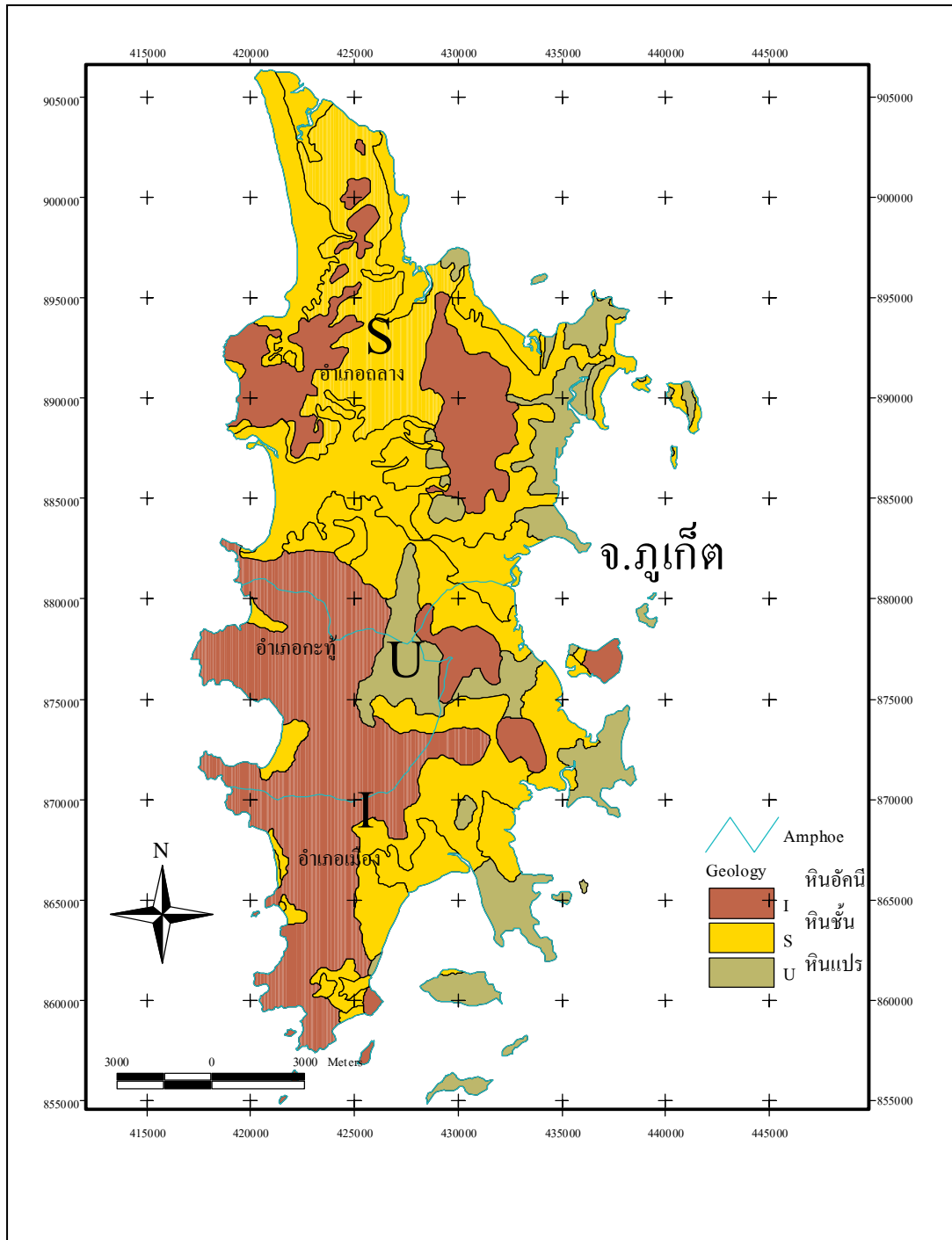


ภาพประกอบ 13 ตัวอย่างทรายก่อสร้าง



ภาพประกอบ 14 ตัวอย่างน้ำผิวดิน

ภาคผนวก จ



ภาพประกอบ 15 แผนที่ชนิดหินในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต