



ผลการทดลอง

ประสิทธิภาพการวัดรังสีแกมมาที่พลังงานต่าง

สารมาตรฐานกัมมันตรังสีที่ใช้เป็นตัวหาค่าประสิทธิภาพการวัดรังสี ได้แก่  $^{241}\text{Am}$   $^{133}\text{Ba}$   $^{137}\text{Cs}$   $^{22}\text{Na}$  และ  $^{60}\text{Co}$  ซึ่งให้พลังงานรังสีแกมมาตั้งแต่ 0.059 ถึง 1.332 MeV

ตารางที่ 4.1 แสดงประสิทธิภาพการวัดรังสีแกมมาพลังงานต่างๆ ที่ได้จากสารมาตรฐานกัมมันตรังสี

สารมาตรฐานกัมมันตรังสี	พลังงานรังสีแกมมา (keV)	ประสิทธิภาพการวัดรังสีแกมมา
$^{241}\text{Am}$	59	0.022
$^{133}\text{Ba}$	80	0.059
$^{133}\text{Ba}$	276	0.070
$^{133}\text{Ba}$	302	0.069
$^{133}\text{Ba}$	356	0.057
$^{133}\text{Ba}$	383	0.068
$^{137}\text{Cs}$	662	0.034
$^{60}\text{Co}$	1172	0.015
$^{24}\text{Na}$	1274	0.011
$^{60}\text{Co}$	1332	0.013

### ผลการวิเคราะห์สิ่งเจือปนในสารตัวอย่างเชิงคุณภาพ

ชนิดของสิ่งเจือปน สามารถวิเคราะห์ได้จากสเปกตรัมของรังสีแกมมาที่ได้จากการนำสารตัวอย่างไปอาบรังสีนิวตรอน โดยพิจารณาจากค่าพลังงานของรังสีแกมมาและค่าครึ่งชีวิต ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.2 ถึง 4.5 และรูปที่ 4.3 ถึง 4.10

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแกมมาที่ได้จากการอาบรังสีตัวอย่างโลหะแทนทาลัม นาน 10 นาที

พีคที่	พลังงาน (keV)	ไอโซโทปรังสี	ปฏิกิริยาก่อเกิด	ปฏิกิริยารบกวน (interference)
1	56	Hf $K_{\alpha 1}$	-	-
2	63	Hf $K_{\beta 1}$	-	-
3	93	$^{180}\text{Ta}$	$^{181}\text{Ta}(n,2n)$	$^{180}\text{W}(n,p)$
4	103	$^{180}\text{Ta}$	$^{181}\text{Ta}(n,2n)$	$^{180}\text{W}(n,p)$
5	213	$^{178}\text{Lu}$	$^{181}\text{Ta}(n,\alpha)$	-
6	325	$^{178}\text{Lu}$	$^{181}\text{Ta}(n,\alpha)$	-
7	425	$^{178}\text{Lu}$	$^{181}\text{Ta}(n,\alpha)$	-
8	843	$^{27}\text{Mg}$	$^{27}\text{Al}(n,p)$	$^{26}\text{Mg}(n,\gamma)$ , $^{28}\text{Si}(n,\alpha)$
9	846	$^{56}\text{Mn}$	$^{56}\text{Fe}(n,p)$	$^{56}\text{Mn}(n,\gamma)$ , $^{59}\text{Co}(n,\alpha)$
10	1014	$^{27}\text{Mg}$	$^{27}\text{Al}(n,p)$	$^{26}\text{Mg}(n,\gamma)$ , $^{28}\text{Si}(n,\alpha)$
11	1366	$^{24}\text{Na}$	$^{27}\text{Al}(n,\alpha)$	$^{23}\text{Na}(n,\gamma)$ , $^{24}\text{Mg}(n,p)$
12	1779	$^{28}\text{Al}$	$^{28}\text{Si}(n,p)$	$^{27}\text{Al}(n,\gamma)$ , $^{30}\text{P}(n,\alpha)$
13	1810	$^{56}\text{Mn}$	$^{56}\text{Fe}(n,p)$	$^{56}\text{Mn}(n,\gamma)$ , $^{59}\text{Co}(n,\alpha)$

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแกมมาที่ได้จากการอบรังสีตัวอย่างสารประกอบ  
ฟลูออไรด์ของแทนทาลัมนาน 10 นาที

พีคที่	พลังงาน (keV)	ไอโซโทปรังสี	ปฏิกิริยาก่อเกิด	ปฏิกิริยารบกวน (interference)
1	56	Hf $K_{\alpha 1}$	-	-
2	63	Hf $K_{\beta 1}$	-	-
3	93	$^{180}\text{Ta}$	$^{181}\text{Ta}(n,2n)$	$^{180}\text{W}(n,p)$
4	103	$^{180}\text{Ta}$	$^{181}\text{Ta}(n,2n)$	$^{180}\text{W}(n,p)$
5	213	$^{173}\text{Lu}$	$^{181}\text{Ta}(n,\alpha)$	-
6	325	$^{173}\text{Lu}$	$^{181}\text{Ta}(n,\alpha)$	-
7	425	$^{173}\text{Lu}$	$^{181}\text{Ta}(n,\alpha)$	-
8	511	$^{18}\text{F}$	$^{19}\text{F}(n,2n)$	-
9	843	$^{27}\text{Mg}$	$^{27}\text{Al}(n,p)$	$^{26}\text{Mg}(n,\gamma)$ , $^{28}\text{Si}(n,\alpha)$
10	1014	$^{27}\text{Mg}$	$^{27}\text{Al}(n,p)$	$^{26}\text{Mg}(n,\gamma)$ , $^{28}\text{Si}(n,\alpha)$
11	1336	$^{24}\text{Na}$	$^{27}\text{Al}(n,\alpha)$	$^{23}\text{Na}(n,\gamma)$ , $^{24}\text{Mg}(n,p)$

ตารางที่ 4.4 แสดงพลังงานรังสีแกมมาที่ได้จากการอบรังสีตัวอย่างของโลหะแทนทาลัม  
30 นาที

พีคที่	พลังงาน (keV)	ไอโซโทปรังสี	ปฏิกิริยาก่อเกิด	ปฏิกิริยารบกวน (interference)
1	56	Hf $K_{\alpha 1}$	-	-
2	63	Hf $K_{\beta 1}$	-	-
3	93	$^{180}\text{Ta}$	$^{181}\text{Ta}(n,2n)$	$^{180}\text{W}(n,p)$
4	100	$^{182}\text{Ta}$	$^{182}\text{W}(n,p)$	$^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

พีคที่	พลังงาน (keV)	ไอโซโทปตั้งต้น	ปฏิกิริยาที่เกิด	ปฏิกิริยาแทรกซ้อน (interference)
5	103	$^{180}\text{Ta}$	$^{181}\text{Ta}(n,2n)$	$^{180}\text{W}(n,p)$
6	133	$^{181}\text{Hf}$	$^{181}\text{Ta}(n,p)$	$^{180}\text{Hf}(n,\gamma)$
7	152	$^{182}\text{Ta}$	$^{182}\text{W}(n,p)$	$^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$
8	179	$^{182}\text{Ta}$	$^{182}\text{W}(n,p)$	$^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$
9	198	$^{182}\text{Ta}$	$^{182}\text{W}(n,p)$	$^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$
10	213	$^{178}\text{Lu}$	$^{181}\text{Ta}(n,\alpha)$	-
11	215	$^{180m}\text{Hf}$	$^{181}\text{Ta}(n,p)$	-
12	222	$^{182}\text{Ta}$	$^{182}\text{W}(n,p)$	$^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$
13	229	$^{182}\text{Ta}$	$^{182}\text{W}(n,p)$	$^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$
14	264	$^{182}\text{Ta}$	$^{182}\text{W}(n,p)$	$^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$
15	325	$^{178}\text{Lu}$	$^{181}\text{Ta}(n,\alpha)$	-
16	332	$^{180m}\text{Hf}$	$^{181}\text{Ta}(n,p)$	-
17	345	$^{181}\text{Hf}$	$^{181}\text{Ta}(n,p)$	$^{180}\text{Hf}(n,\gamma)$
18	425	$^{178}\text{Lu}$	$^{181}\text{Ta}(n,\alpha)$	-
19	442	$^{180m}\text{Hf}$	$^{181}\text{Ta}(n,p)$	-
20	481	$^{181}\text{Hf}$	$^{181}\text{Ta}(n,p)$	$^{180}\text{Hf}(n,\gamma)$
21	511	-	-	-
22	846	$^{56}\text{Mn}$	$^{56}\text{Fe}(n,p)$	$^{56}\text{Mn}(n,\gamma),$ $^{59}\text{Co}(n,\alpha)$
23	934	$^{92m}\text{Nb}$	$^{93}\text{Nb}(n,2n)$	$^{92}\text{Mo}(n,p)$
24	1120	$^{182}\text{Ta}$	$^{182}\text{W}(n,p)$	$^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$
25	1188	$^{182}\text{Ta}$	$^{182}\text{W}(n,p)$	$^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$
26	1220	$^{182}\text{Ta}$	$^{182}\text{W}(n,p)$	$^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$
27	1230	$^{182}\text{Ta}$	$^{182}\text{W}(n,p)$	$^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$
28	1293	$^{41}\text{Ar}$	$^{41}\text{K}(n,p)$	$^{44}\text{Ca}(n,\alpha)$

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

พีคที่	พลังงาน (keV)	ไอโซโทปรังสี	ปฏิกิริยาที่ก่อให้เกิด	ปฏิกิริยาแทรกซ้อน (interference)
29	1366	$^{24}\text{Na}$	$^{27}\text{Al}(n,\alpha)$	$^{23}\text{Na}(n,\gamma)$ , $^{24}\text{Mg}(n,p)$
30	1807	$^{56}\text{Mn}$	$^{56}\text{Fe}(n,p)$	$^{56}\text{Mn}(n,\gamma)$ , $^{59}\text{Co}(n,\alpha)$

ตารางที่ 4.5 แสดงพลังงานรังสีแกมมาที่ได้จากการอบรังสีตัวอย่างสารประกอบแทนทาลัม  
30 นาที

พีคที่	พลังงาน (keV)	ไอโซโทปรังสี	ปฏิกิริยาที่ก่อให้เกิด	ปฏิกิริยาแทรกซ้อน (interference)
1	56	Hf $K_{\alpha 1}$	-	-
2	63	Hf $K_{\beta 1}$	-	-
3	93	$^{180}\text{Ta}$	$^{181}\text{Ta}(n,2n)$	$^{180}\text{W}(n,p)$
4	100	$^{182}\text{Ta}$	$^{182}\text{W}(n,p)$	$^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$
5	103	$^{180}\text{Ta}$	$^{181}\text{Ta}(n,2n)$	$^{180}\text{W}(n,p)$
6	133	$^{181}\text{Hf}$	$^{181}\text{Ta}(n,p)$	$^{180}\text{Hf}(n,\gamma)$
7	152	$^{182}\text{Ta}$	$^{182}\text{W}(n,p)$	$^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$
8	179	$^{182}\text{Ta}$	$^{182}\text{W}(n,p)$	$^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$
9	198	$^{182}\text{Ta}$	$^{182}\text{W}(n,p)$	$^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$
10	213	$^{178}\text{Lu}$	$^{181}\text{Ta}(n,\alpha)$	-
11	215	$^{180m}\text{Hf}$	$^{181}\text{Ta}(n,p)$	-
12	222	$^{182}\text{Ta}$	$^{182}\text{W}(n,p)$	$^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$
13	229	$^{182}\text{Ta}$	$^{182}\text{W}(n,p)$	$^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$
14	264	$^{182}\text{Ta}$	$^{182}\text{W}(n,p)$	$^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$
15	325	$^{178}\text{Lu}$	$^{181}\text{Ta}(n,\alpha)$	-

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

พีคที่	พลังงาน (keV)	ไอโซโทปรังสี	ปฏิกิริยาก่อเกิด	ปฏิกิริยารบกวน (interference)
16	332	$^{180m}\text{Hf}$	$^{181}\text{Ta}(n,p)$	-
17	345	$^{181}\text{Hf}$	$^{181}\text{Ta}(n,p)$	$^{180}\text{Hf}(n,\gamma)$
18	425	$^{178}\text{Lu}$	$^{181}\text{Ta}(n,\alpha)$	-
19	444	$^{180m}\text{Hf}$	$^{181}\text{Ta}(n,p)$	-
20	481	$^{181}\text{Hf}$	$^{181}\text{Ta}(n,p)$	$^{180}\text{Hf}(n,\gamma)$
21	511	$^{18}\text{F}$	$^{19}\text{F}(n,2n)$	-
22	843	$^{27}\text{Mg}$	$^{27}\text{Al}(n,p)$	$^{20}\text{Mg}(n,\gamma),$ $^{28}\text{Si}(n,\alpha)$
23	934	$^{92m}\text{Nb}$	$^{93}\text{Nb}(n,2n)$	$^{92}\text{Mo}(n,p)$
24	1014	$^{27}\text{Mg}$	$^{27}\text{Al}(n,p)$	$^{26}\text{Mg}(n,\gamma),$ $^{28}\text{Si}(n,\alpha)$
25	1120	$^{182}\text{Ta}$	$^{182}\text{W}(n,p)$	$^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$
26	1188	$^{182}\text{Ta}$	$^{182}\text{W}(n,p)$	$^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$
27	1220	$^{182}\text{Ta}$	$^{182}\text{W}(n,p)$	$^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$
28	1230	$^{182}\text{Ta}$	$^{182}\text{W}(n,p)$	$^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$
29	1336	$^{24}\text{Na}$	$^{27}\text{Al}(n,\alpha)$	$^{23}\text{Na}(n,\gamma),$ $^{24}\text{Mg}(n,p)$

ผลการวิเคราะห์สิ่งเจือปนในสารตัวอย่างเชิงปริมาณ

การหาปริมาณสิ่งเจือปนในสารตัวอย่างแทนหาความบริสุทธิ์สูงในครั้งนี ใช้วิธีคำนวณหรือวิธีสัมบูรณ์(Absolute method) โดยคำนวณจากสมการที่ 2.10 เป็นหลัก ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.6 และ 4.7

ตารางที่ 4.6 แสดงชนิดปริมาณธาตุที่พบในสารตัวอย่างผงโลหะแทนทาลัม

ธาตุ	ปริมาณ ( $\mu\text{g/g}$ )
เหล็ก	$1307.94 \pm 81.16$
อะลูมิเนียม	$292.84 \pm 8.03$
ซิลิกอน	$157.48 \pm 14.53$
โพแทสเซียม	$1225 \pm 134$
ไนโอเบียม	$191.14 \pm 13.83$
ทังสแตน	$44280 \pm 665$



ตารางที่ 4.7 แสดงชนิดและปริมาณของธาตุที่พบในตัวอย่างสารประกอบฟลูออไรด์ของแทนทาลัม

ธาตุ	ปริมาณ ( $\mu\text{g/g}$ )
เหล็ก	-
อะลูมิเนียม	$1015 \pm 77$
ซิลิกอน	-
โพแทสเซียม	-
ไนโอเบียม	$254.91 \pm 15.97$
ทังสแตน	$46800 \pm 682$

#### ค่าขีดจำกัดการวัด (Detection Limit)

เนื่องจากการวิเคราะห์เชิงปริมาณของสิ่งเจือปนในสารตัวอย่างแทนทาลัม ใช้วิธีสัมบูรณ์ (Absolute method) ดังนั้นการหาค่าขีดจำกัดการวัด (detection limit) ของธาตุต่างๆที่พบในสารตัวอย่าง จึงใช้วิธีประมาณค่าันับรังสีต่ำสุด ในระยะเวลาวัดรังสีของแต่ละธาตุที่พบในสารตัวอย่าง และธาตุแต่ละชนิดไม่ได้อยู่รวมกัน

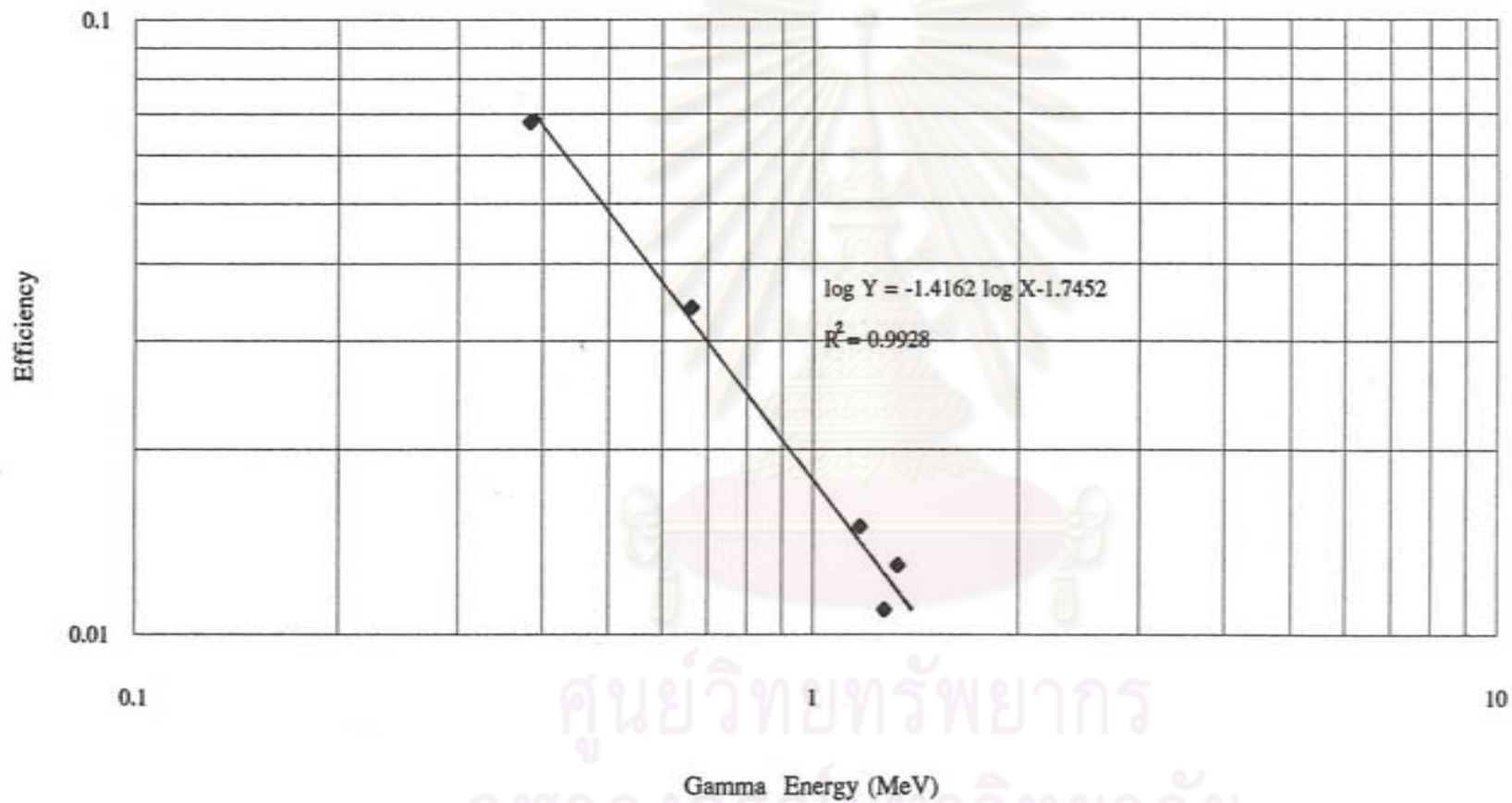
ตารางที่ 4.8 ค่าขีดจำกัดการวัดที่ได้จากการคำนวณของธาตุต่างๆที่พบในสารตัวอย่าง

ธาตุ	เวลานับรังสี (sec)	ค่าขีดจำกัดการวัด* ( $\mu\text{g}$ )
เหล็ก	3600	79
อะลูมิเนียม	3600	55
ซิลิกอน	150	126
โพแทสเซียม	600	2526
ไนโอเบียม	72000	19
ทังสเตน	72000	13296

\*อัตรานับรังสีน้อยสุดที่ใช้คำนวณคือ 100 countsที่เวลานับรังสีต่างๆ

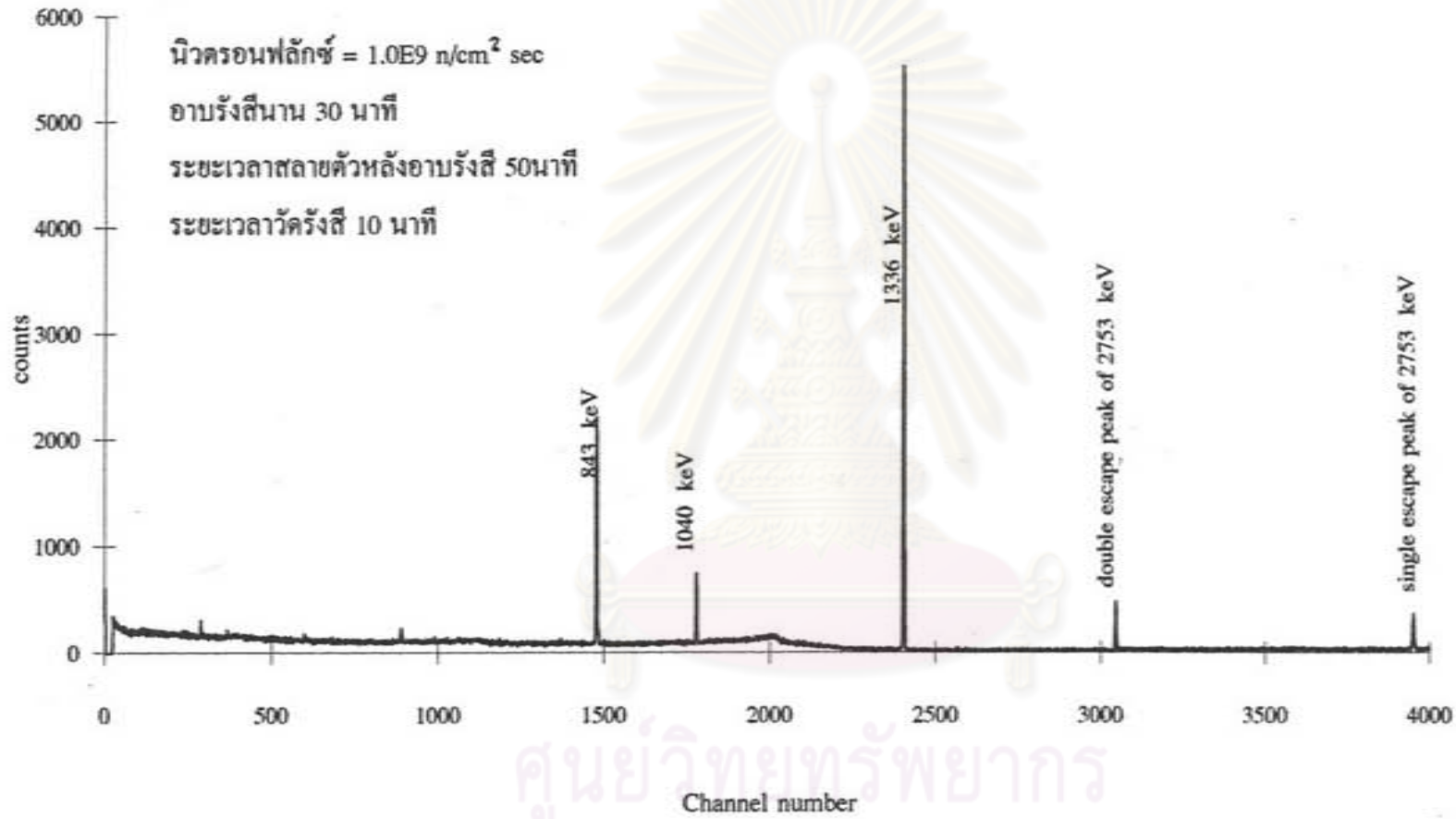
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



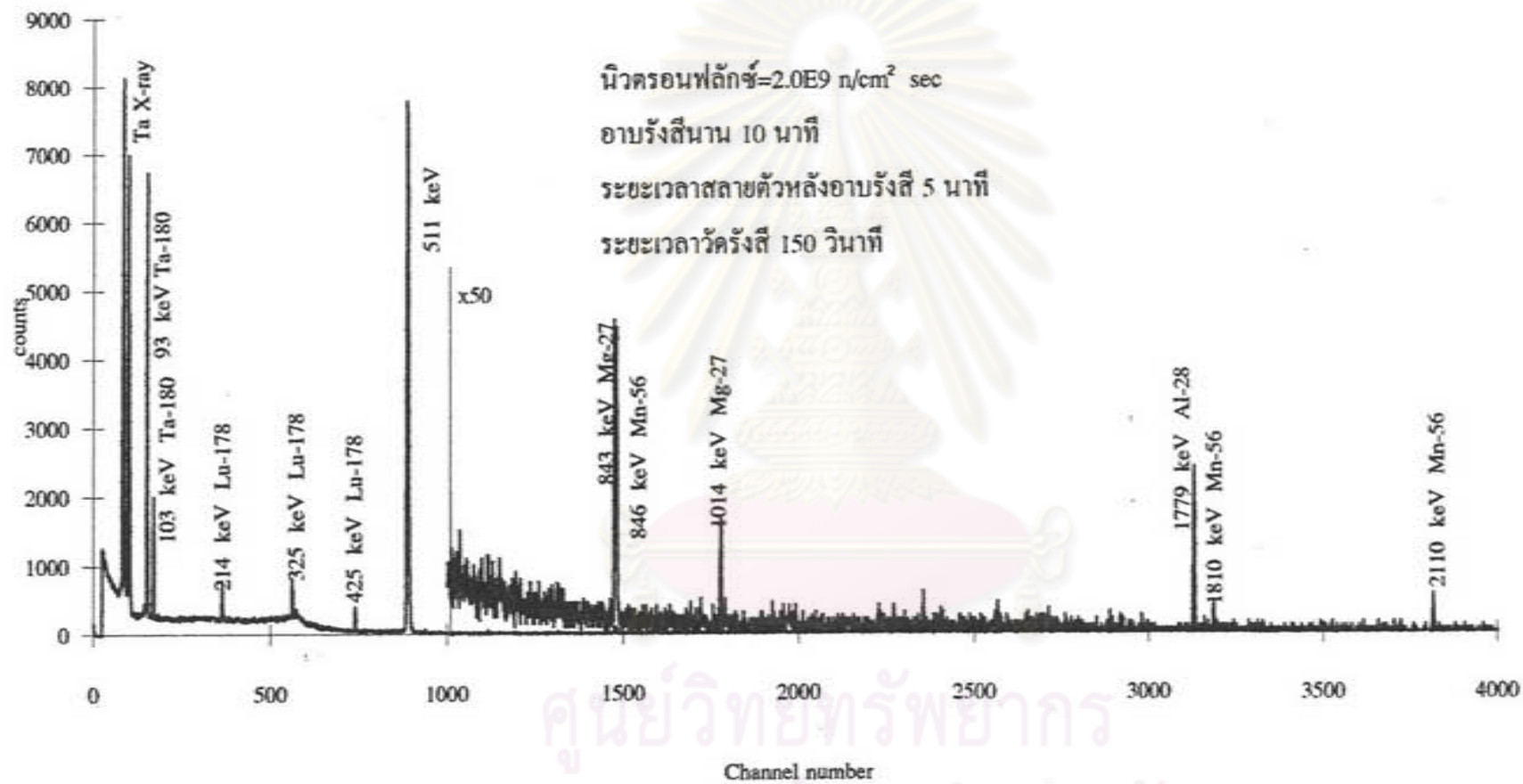


รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานรังสีแกมมากับประสิทธิภาพการวัด

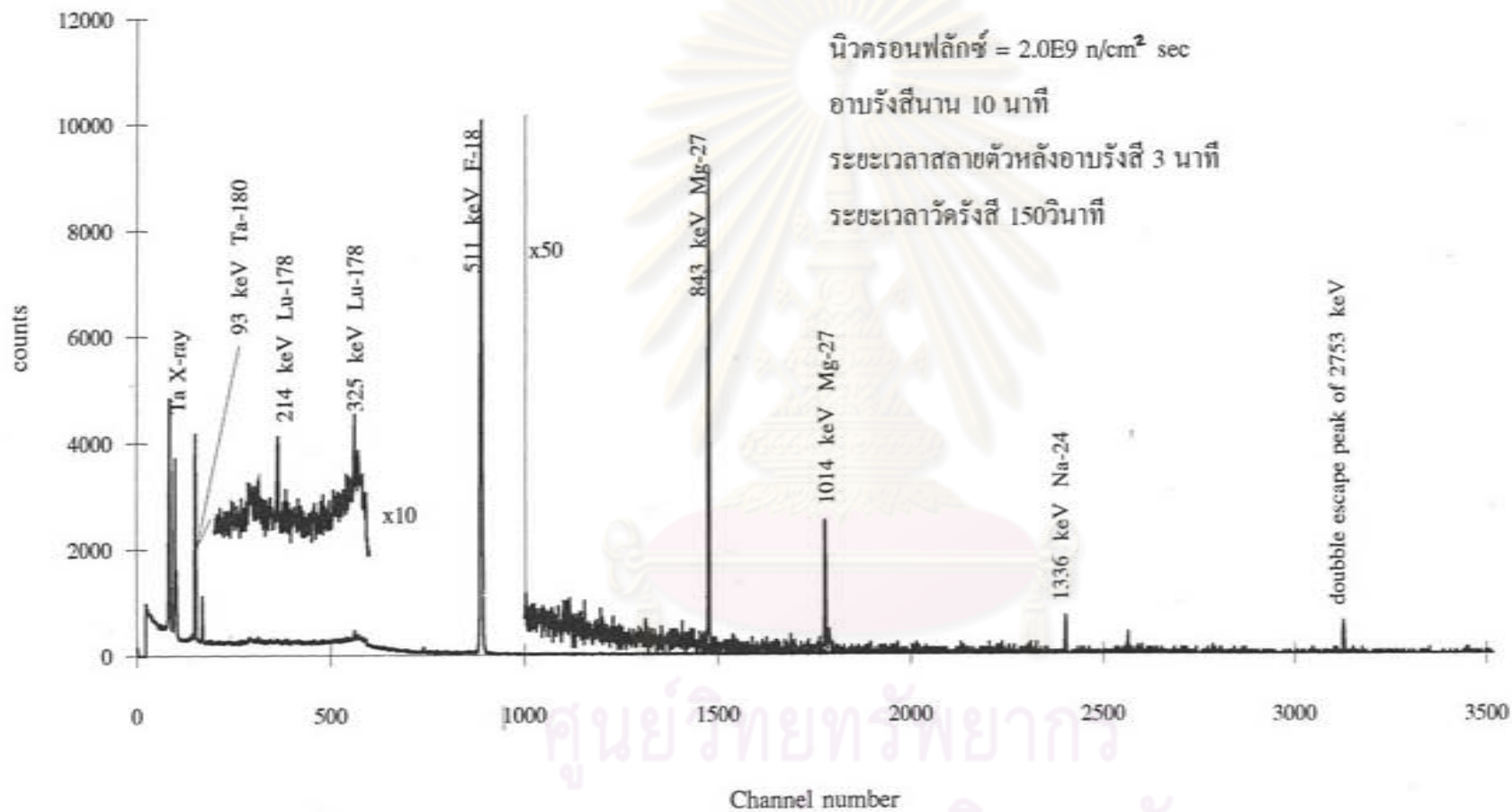
7666891 I



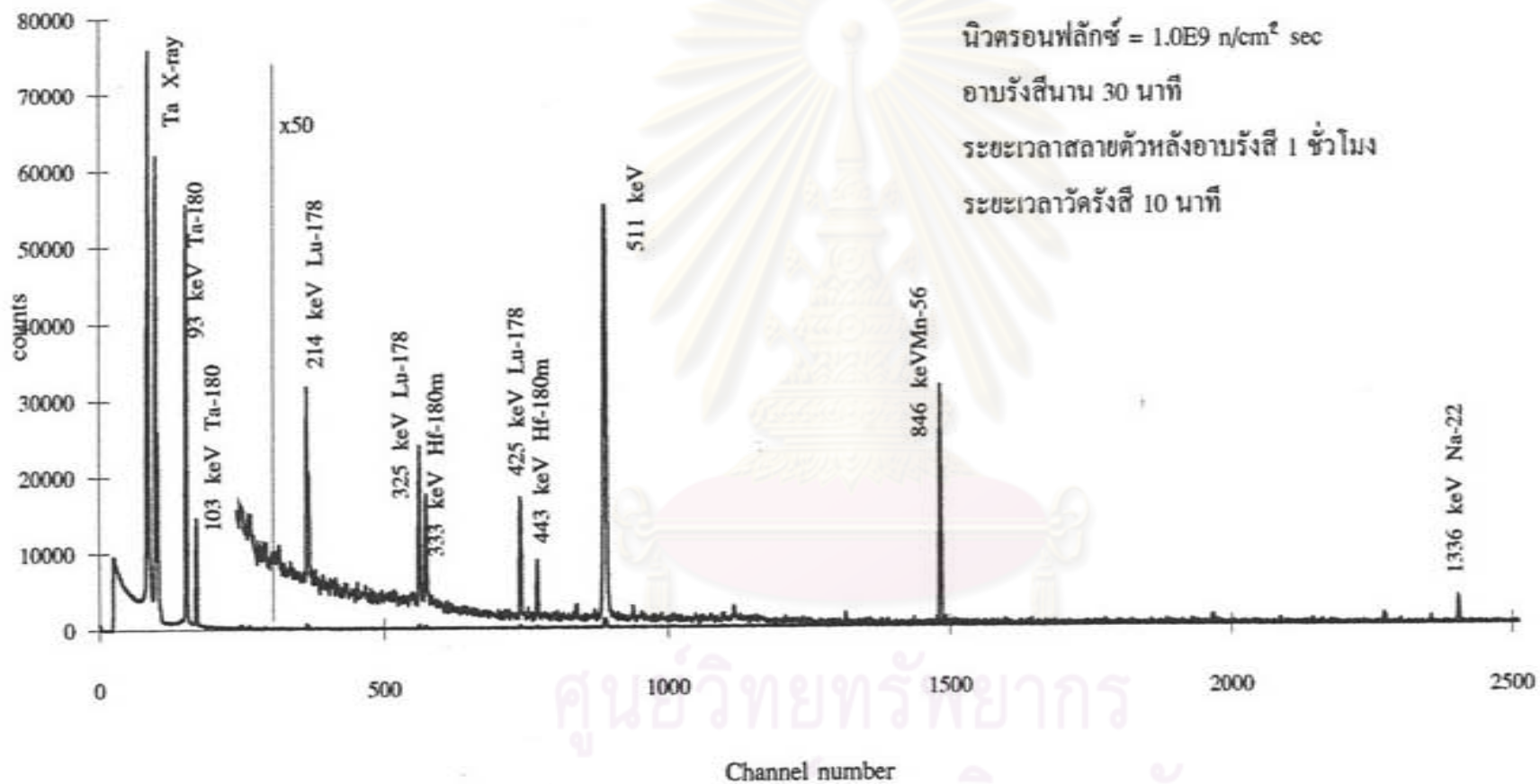
รูปที่ 4.2 แสดงสเปกตรัมของอะลูมิเนียมที่เป็น flux monitor



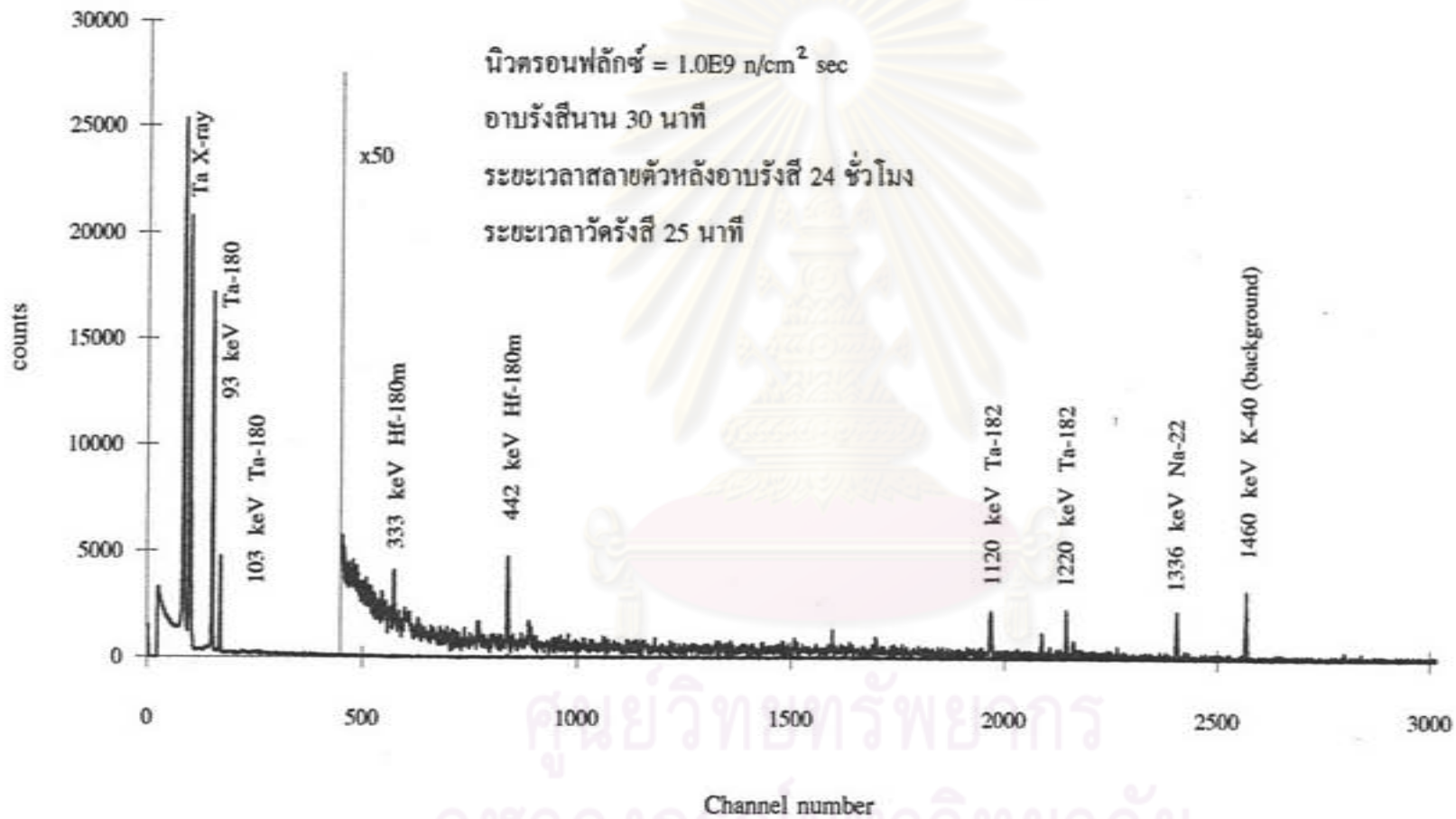
รูปที่ 4.3 แสดงสเปกตรัมรังสีแกมมาที่ได้จากการอบรมรังสีผงโลหะแทนทาลัม



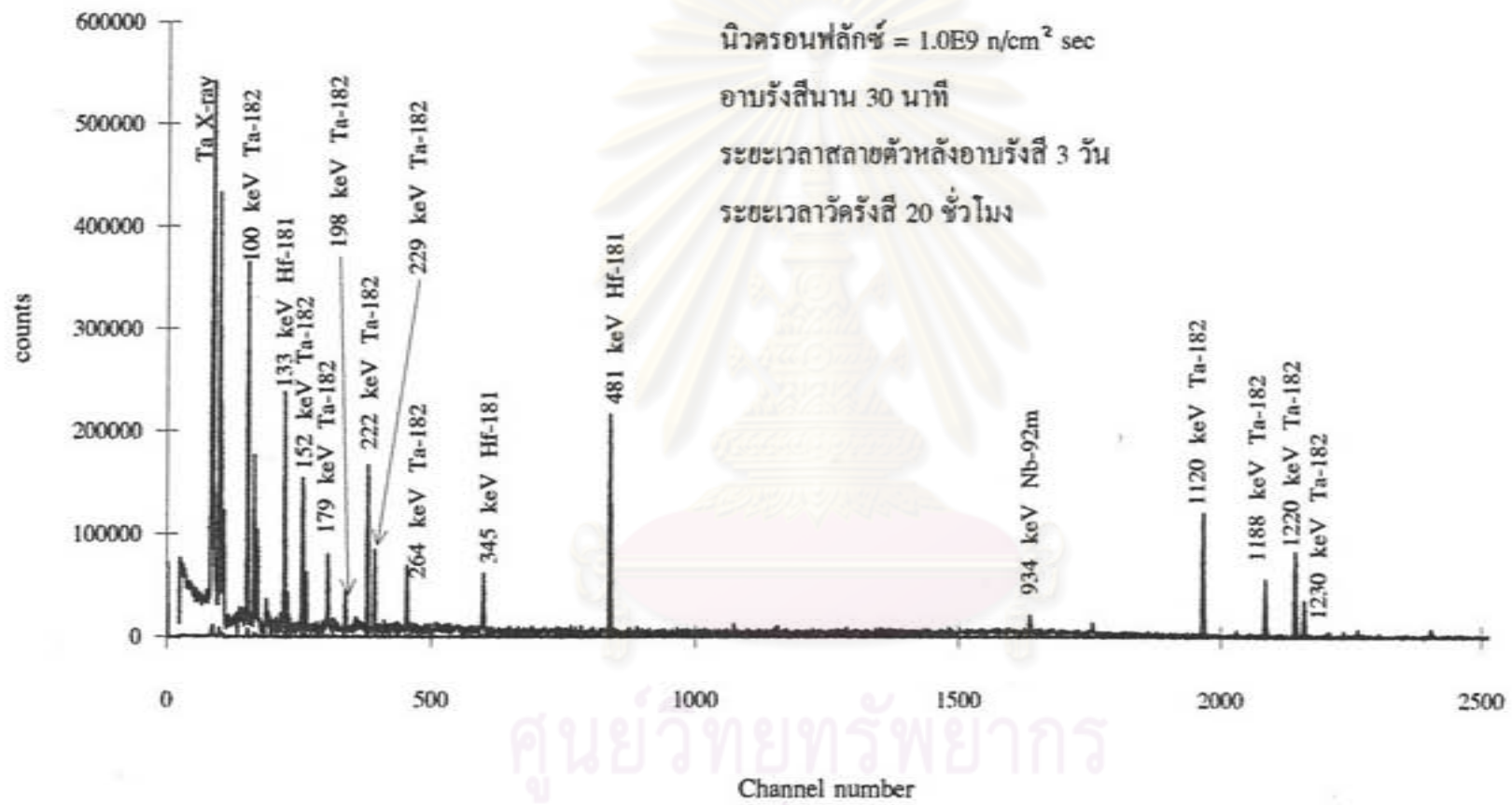
รูปที่ 4.4 แสดงสเปกตรัมที่ได้จากการอบรมรังสีสารประกอบฟลูออไรด์ของแทนทาลัม



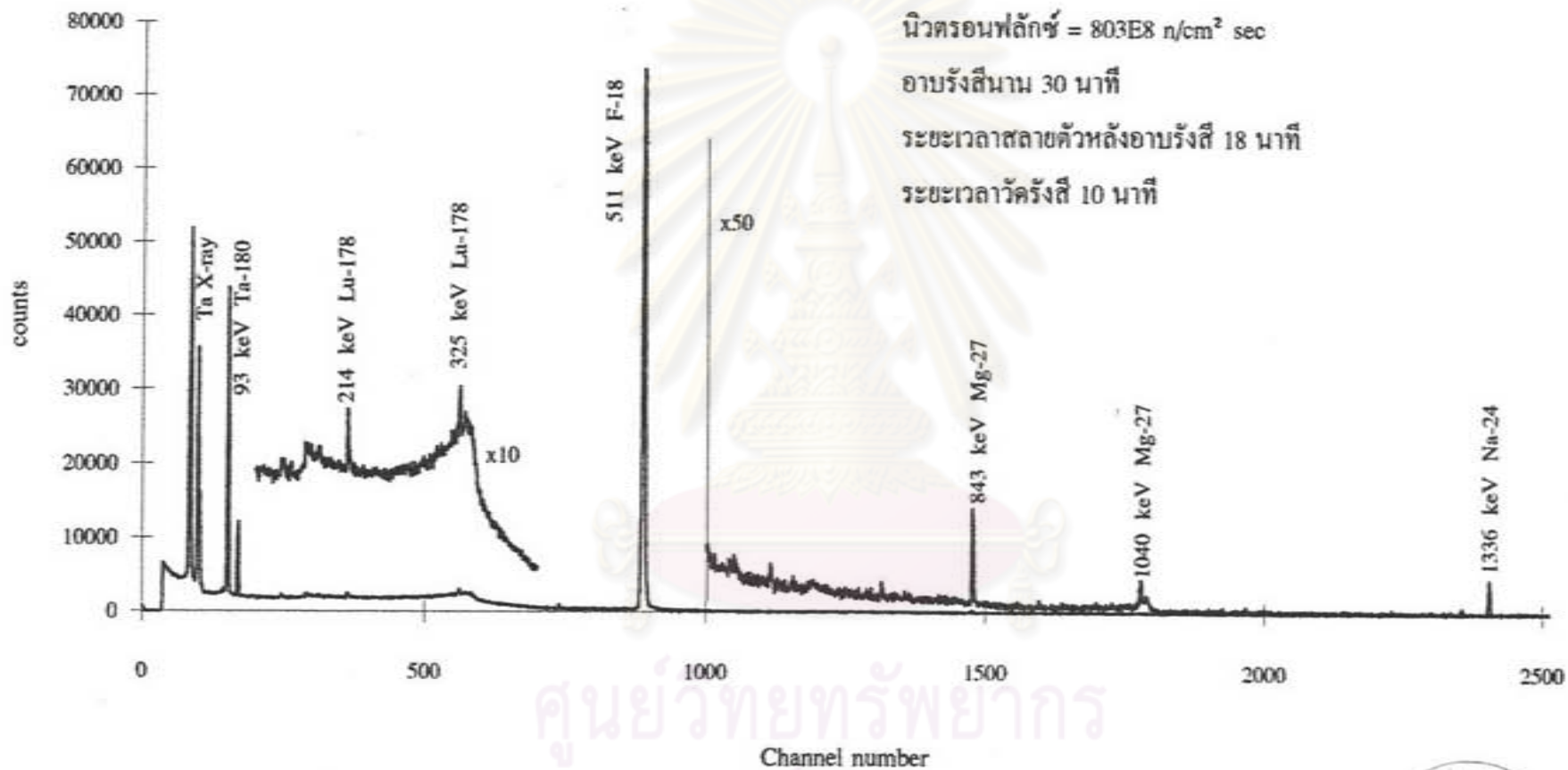
รูปที่ 4.5 แสดงสเปกตรัมรังสีแกมมาที่ได้จากการอาบรังสีผงโลหะแทนทาลัม



รูปที่ 4.6 แสดงสเปกตรัมรังสีแกมมาที่ได้จากการอาบรังสีหังโลหะแทนทาลัม



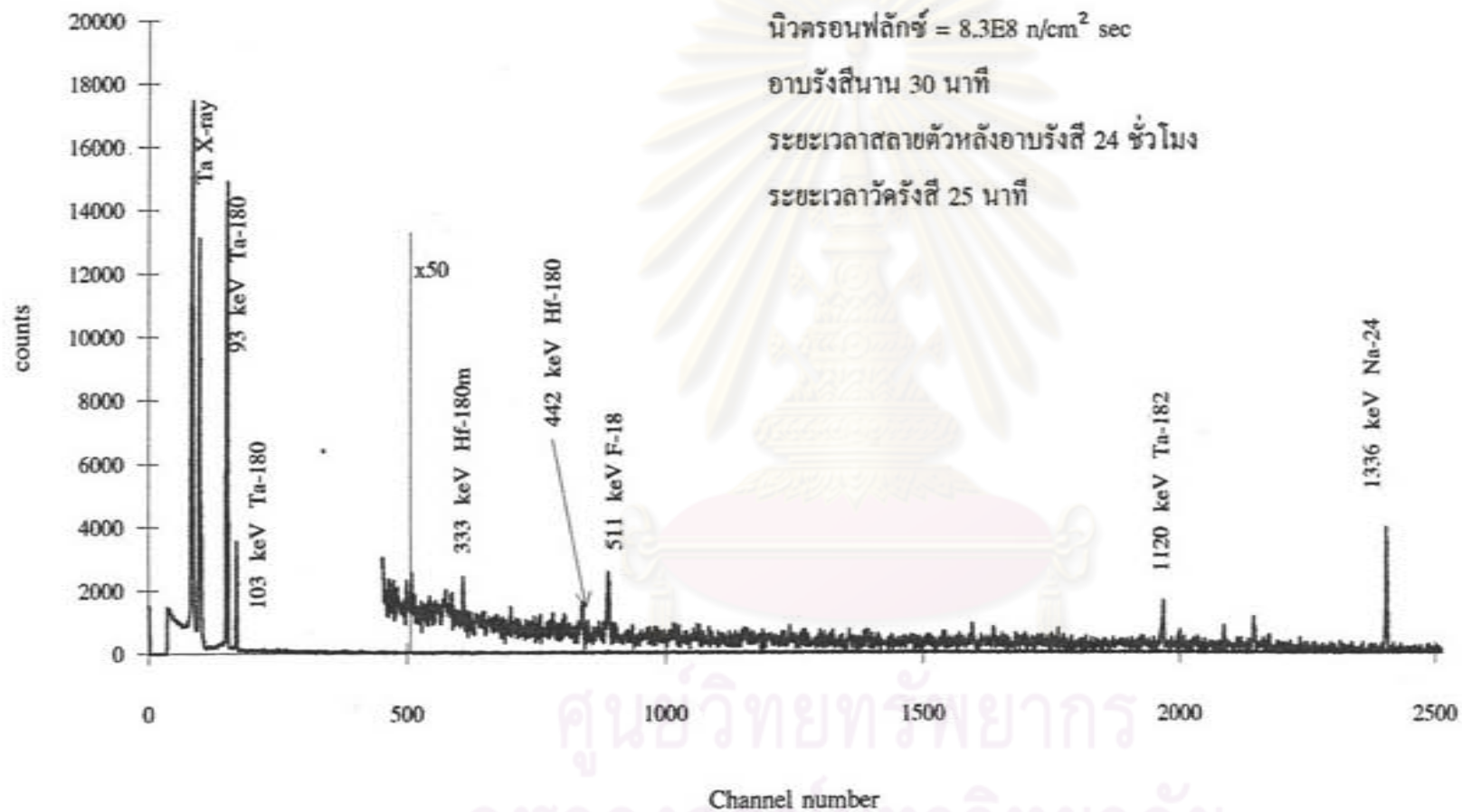
รูปที่ 4.7 แสดงสเปกตรัมรังสีแกมมาที่ได้จากการอาบรังสีหงโลหะแทนทาลัม



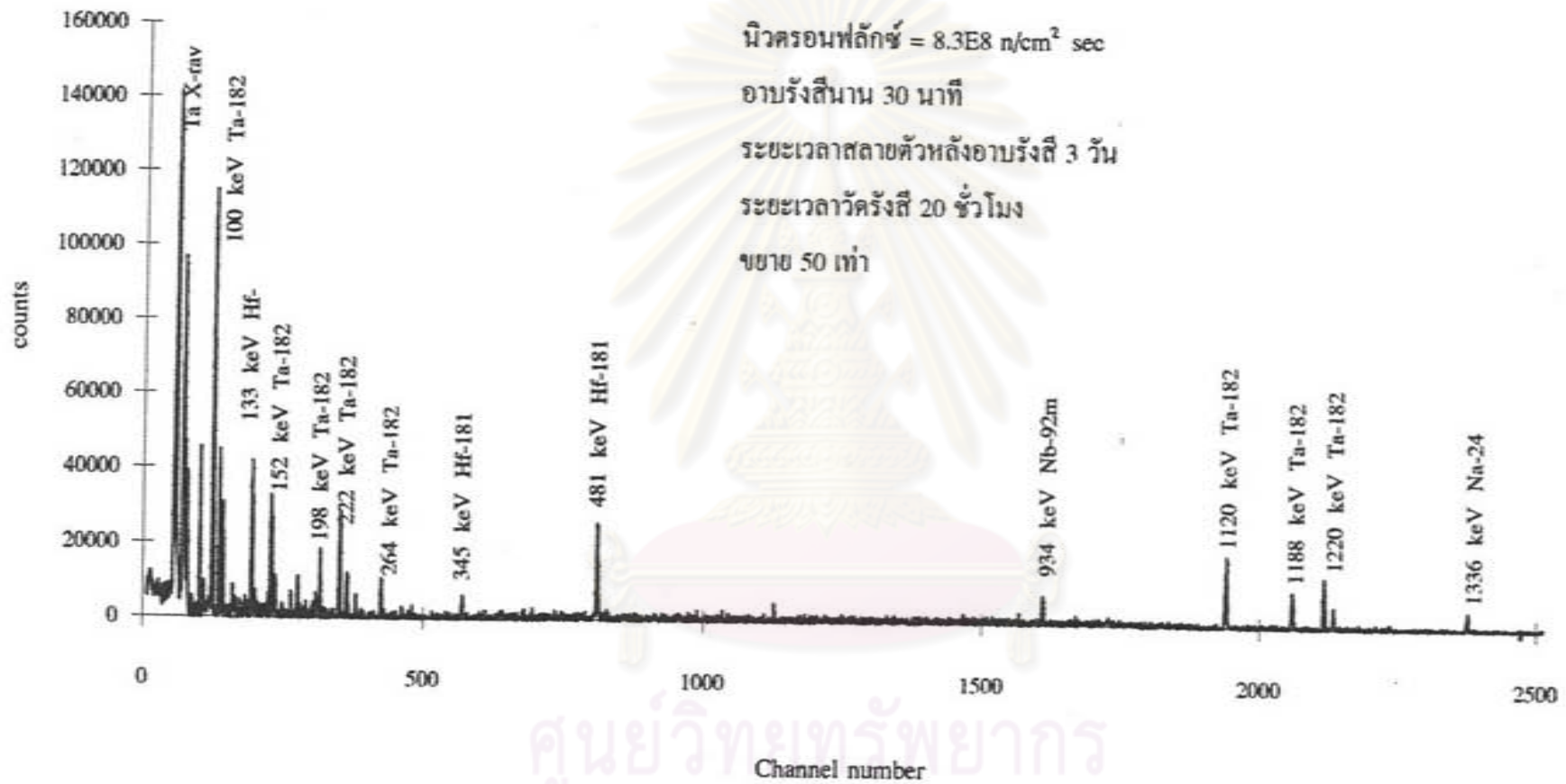
รูปที่ 4.8 แสดงสเปกตรัมรังสีแกมมาที่ได้จากการอบรมรังสีสารประกอบฟลูออไรด์ของแทนทาลัม







รูปที่ 4.9 แสดงสเปกตรัมรังสีแกมมาที่ได้จากการอาบรังสีสารประกอบฟลูออไรด์ของแทนทาลัม



รูปที่ 4.10 แสดงสเปกตรัมรังสีแกมมาที่ได้จากการอบรมรังสีสารประกอบฟลูออไรด์ของแทนทาลัม