บทที่ 5

ผลการวิเคราะห์

5.1 ผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ

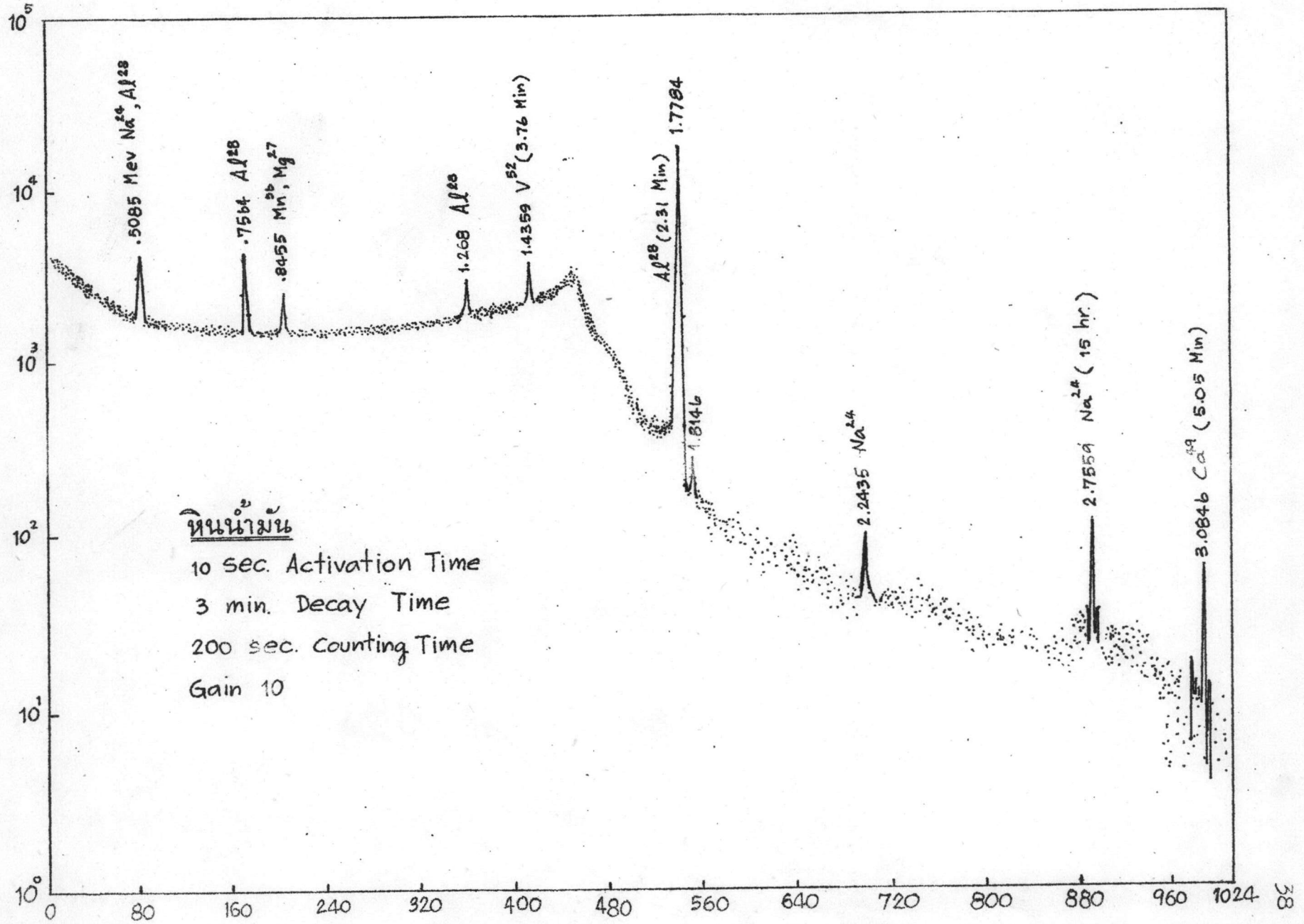
5.1.1 ธาตุที่มีครึ่งชีวิตไม่เกิน 10 ชั่วโมง

จากการบรรจุตัวอย่างหินน้ำมันลงในหลอดโปลีเอททิลีนขนาดเล็ก และใส่ในกระบอกอาบรังสี (Rabbit) นำไปอาบรังสีด้วยระบบท่อลมซึ่งมีนิวตรอน-ฟลักประมาณ 3×10^{11} นิวตรอน/ซม.^{2}/วินาที เป็นเวลา 10 วินาที นามาวัดรังสีและร่างรูปได้ผลดังนี้

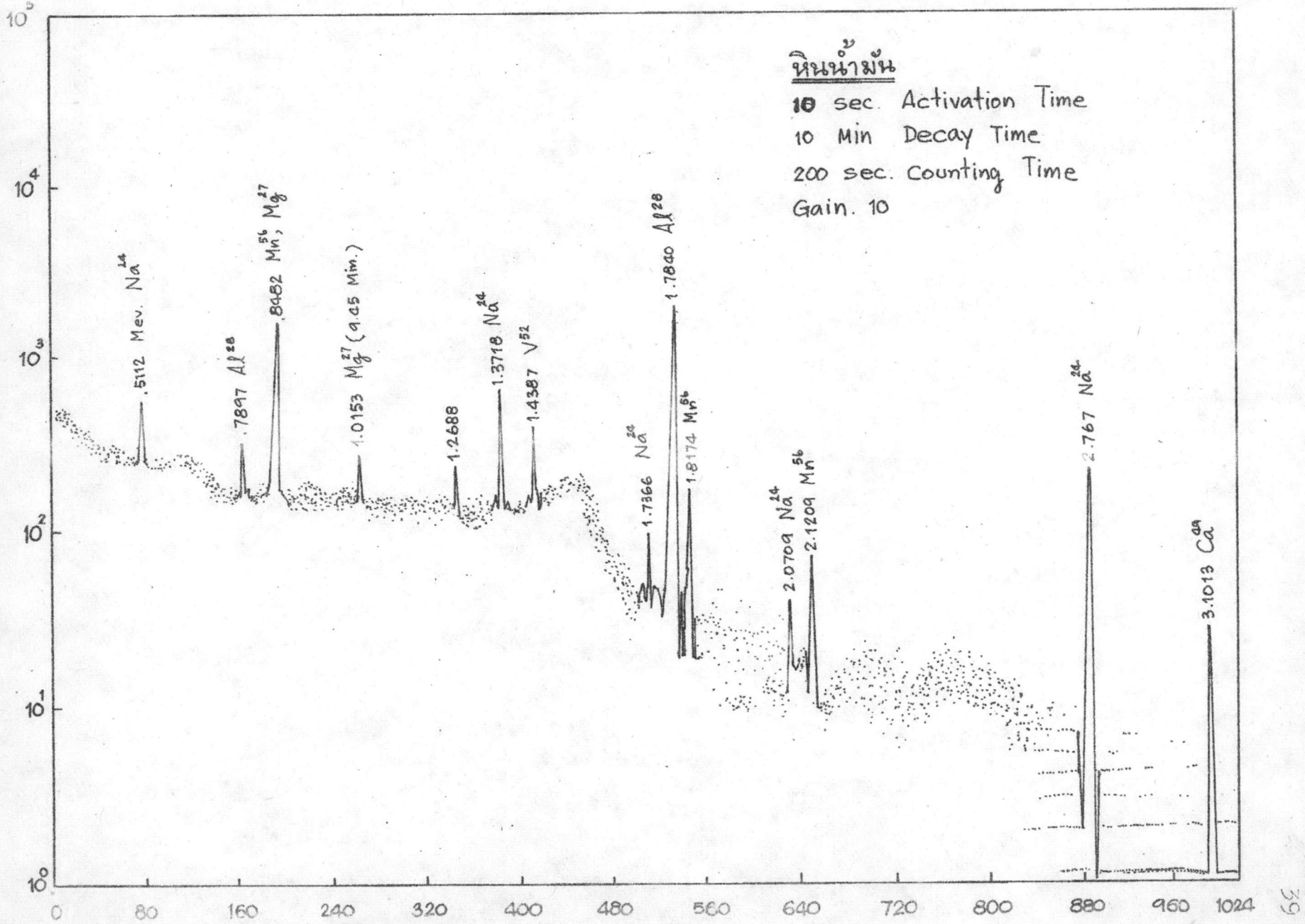
รูปที่ 5-1 เป็นการวัดรังสีหลังการอาบรังสี 3 นาที จะเห็นได้ว่ายอดพลังงานรังสีแกมมา (peak) จะเห็นเพียงยอด 1.77, 1.27, 0.75 MeV ของ Al-28 และเห็นยอด 1.43 ของ V-52, 0.85 ของ Mg-27, Mn-56 ขึ้นมาเล็กน้อย เนื่องจากรังสีแกมมาของธาตุอื่น ๆ ที่มีพลังงานต่ำกว่า 1.778 MeV ถูกพลังงานของรังสีแกมมาจาก Al-28 บังหมด ทางด้านขวามือจะเห็นยอดพลังงาน 2.76 MeV ของ Na-24 และ 3.08 MeV ของ Ca-49

รูปที่ 5-2 เป็นการวัดรังสีหลังจากการอาบรังสี 10 นาที Al-28 สลายตัวไปมากแล้วทำให้เห็นยอดพลังงานของธาตุอื่นเพิ่มขึ้นมาดังนี้ ยอด 1.01 MeV ของ Mg-27 เริ่มเห็นชัดแล้ว และยอด 1.43 MeV ของ V-52 จะเห็นชัดยิ่งขึ้น ยอด 1.81 และ 2.11 MeV ของ Mn-56, 1.37, 1.73 และ 2.76 MeV ของ Na-24 เห็นได้อย่างชัดเจน

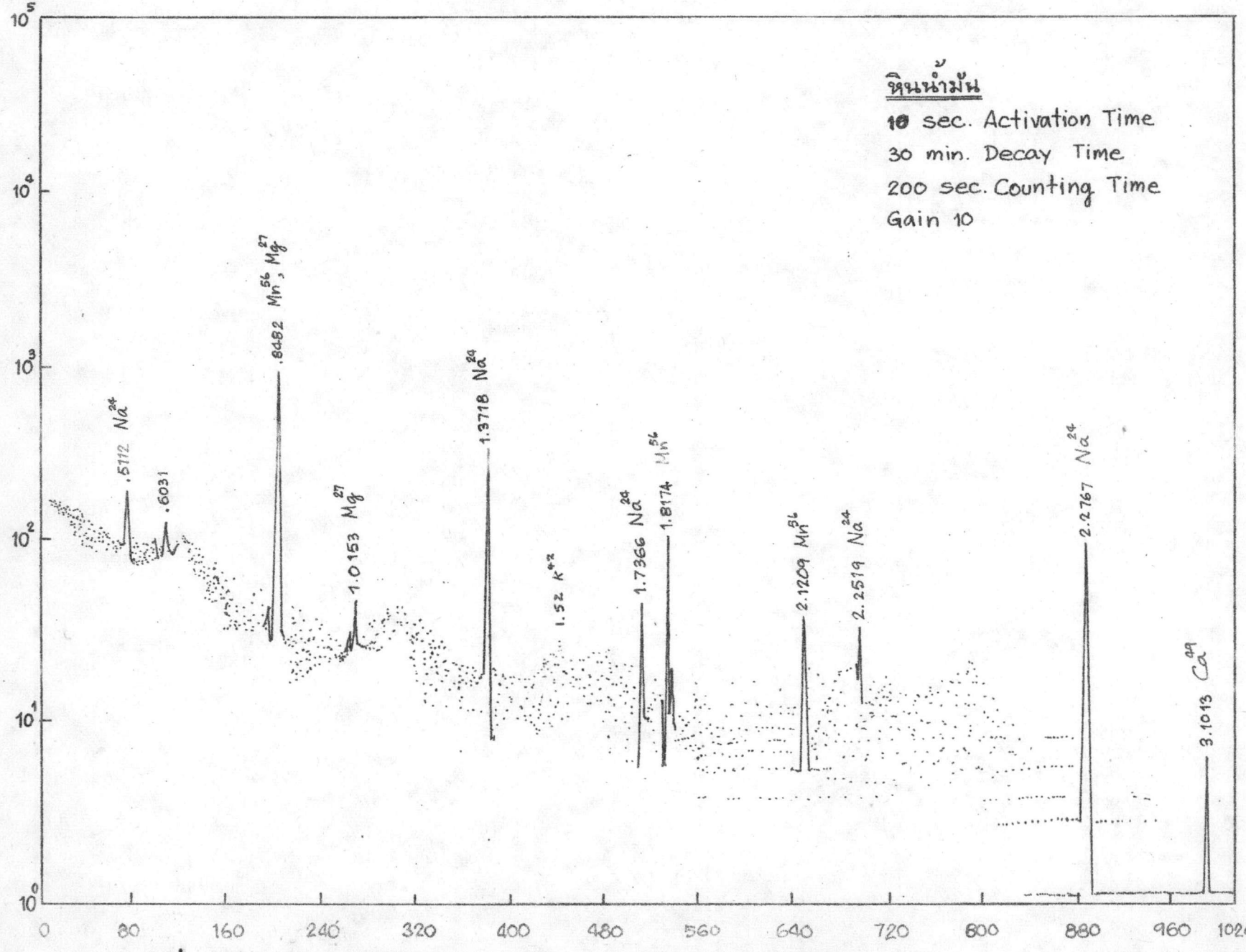
รูปที่ 5-3 เป็นการวัดรังสีหลังจากการอาบรังสี 30 นาที ในรูปนี้จะเห็นว่าพลังงานรังสีแกมมาของ Al-28, V-52 หายไปแล้ว ส่วนยอด 1.01 MeV ของ Mg-24 และ 3.08 MeV ของ Ca-49 ลดลงไปมาก ยอดพลังงานรังสี



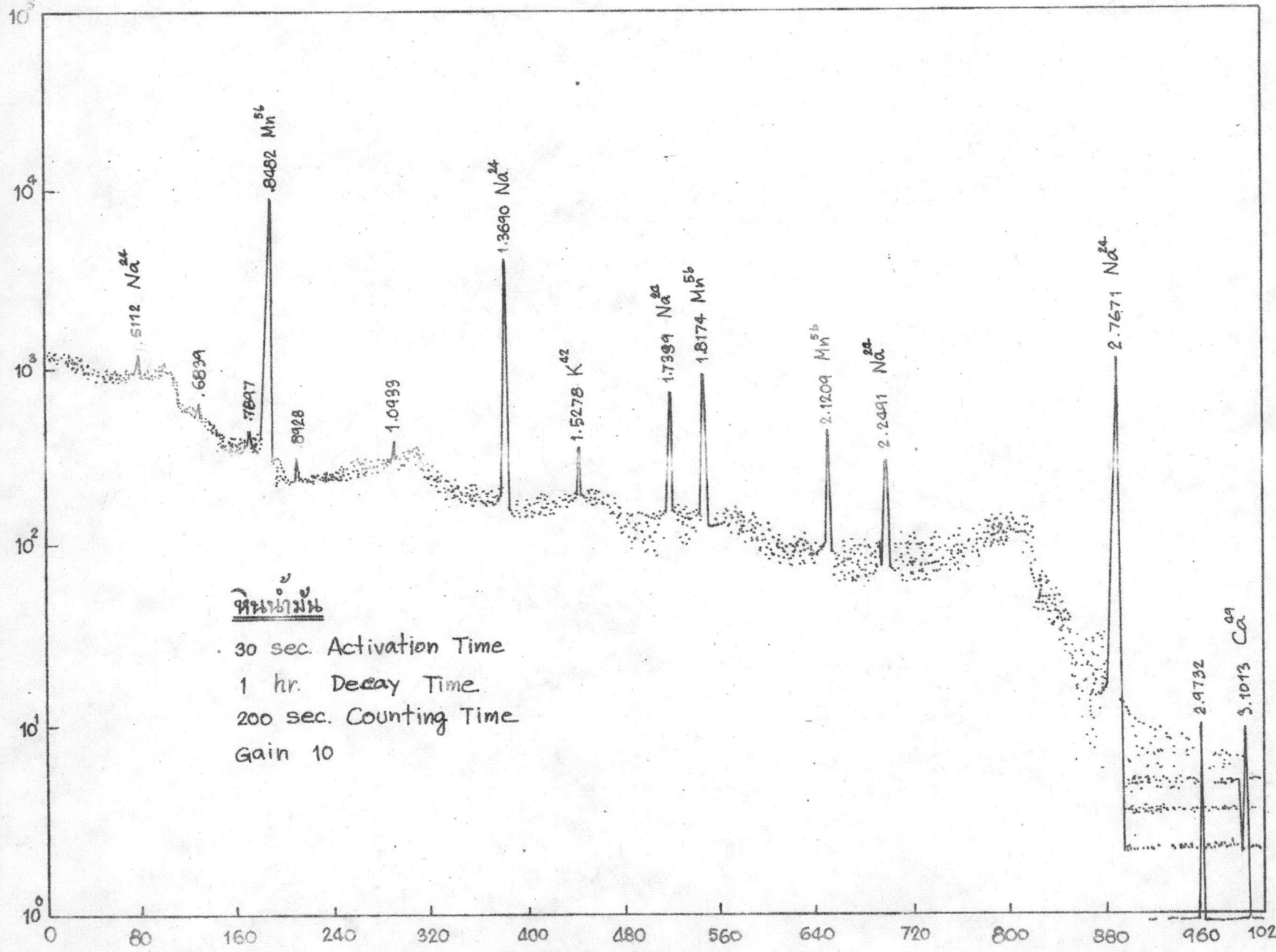
รูปที่ 5-1 ยอดพลังงานรังสีแกมมาหลังการอาบรังสี 3 นาที



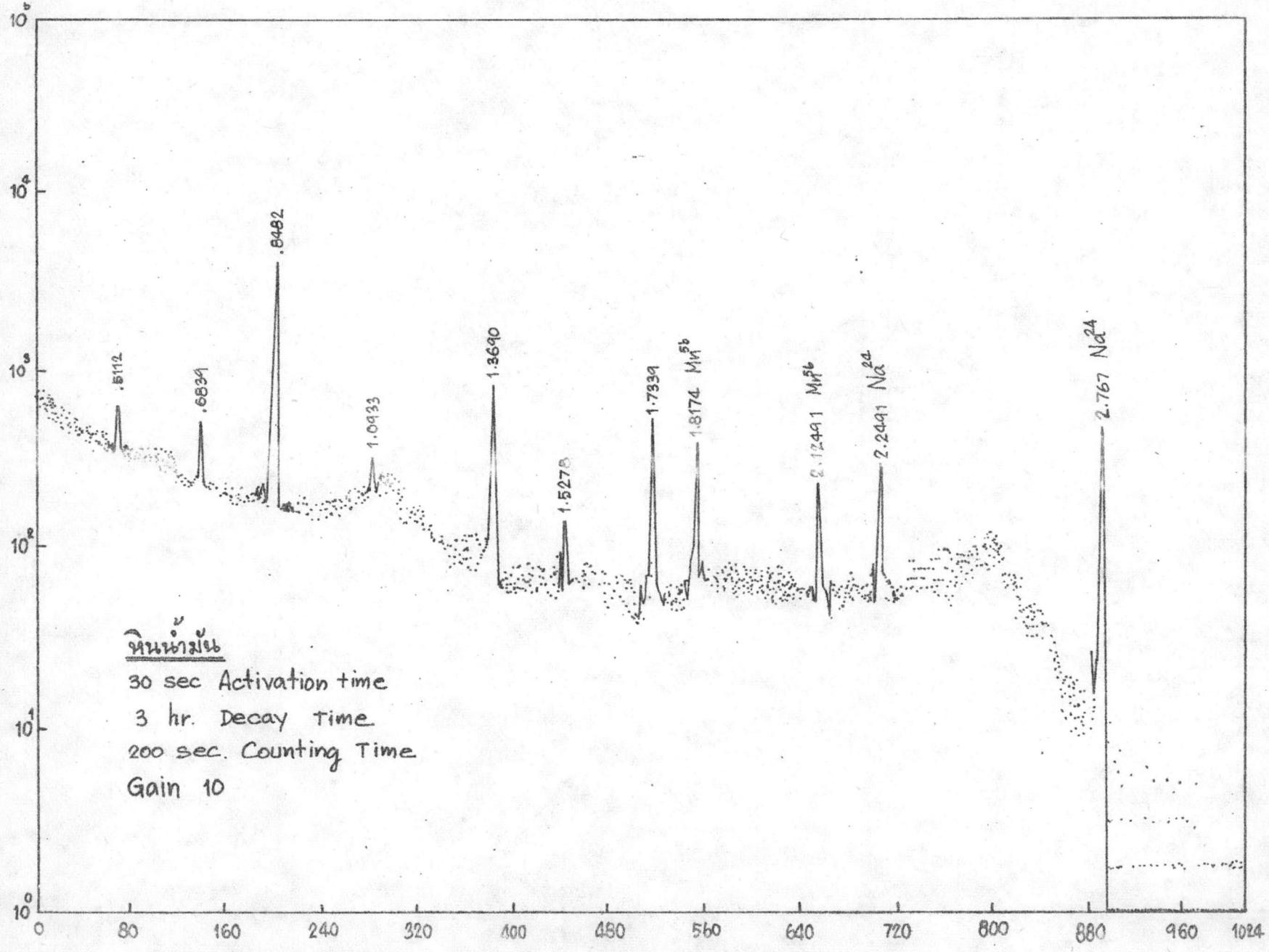
รูปที่ 5-2 ยอดพลังงานรังสีแกมมาหลังการอาบรังสี 10 นาที



รูปที่ 5-3 ยอดพลังงานรังสีแกมมาหลังการอาบรังสี 30 นาที



รูปที่ 5-4 ยอดพลังงานรังสีแกมมาหลังการอาบรังสี 1 ชั่วโมง



รูปที่ 5-5 ยอดพลังงานรังสีแกมมาหลังการอาบรังสี 3 ชั่วโมง

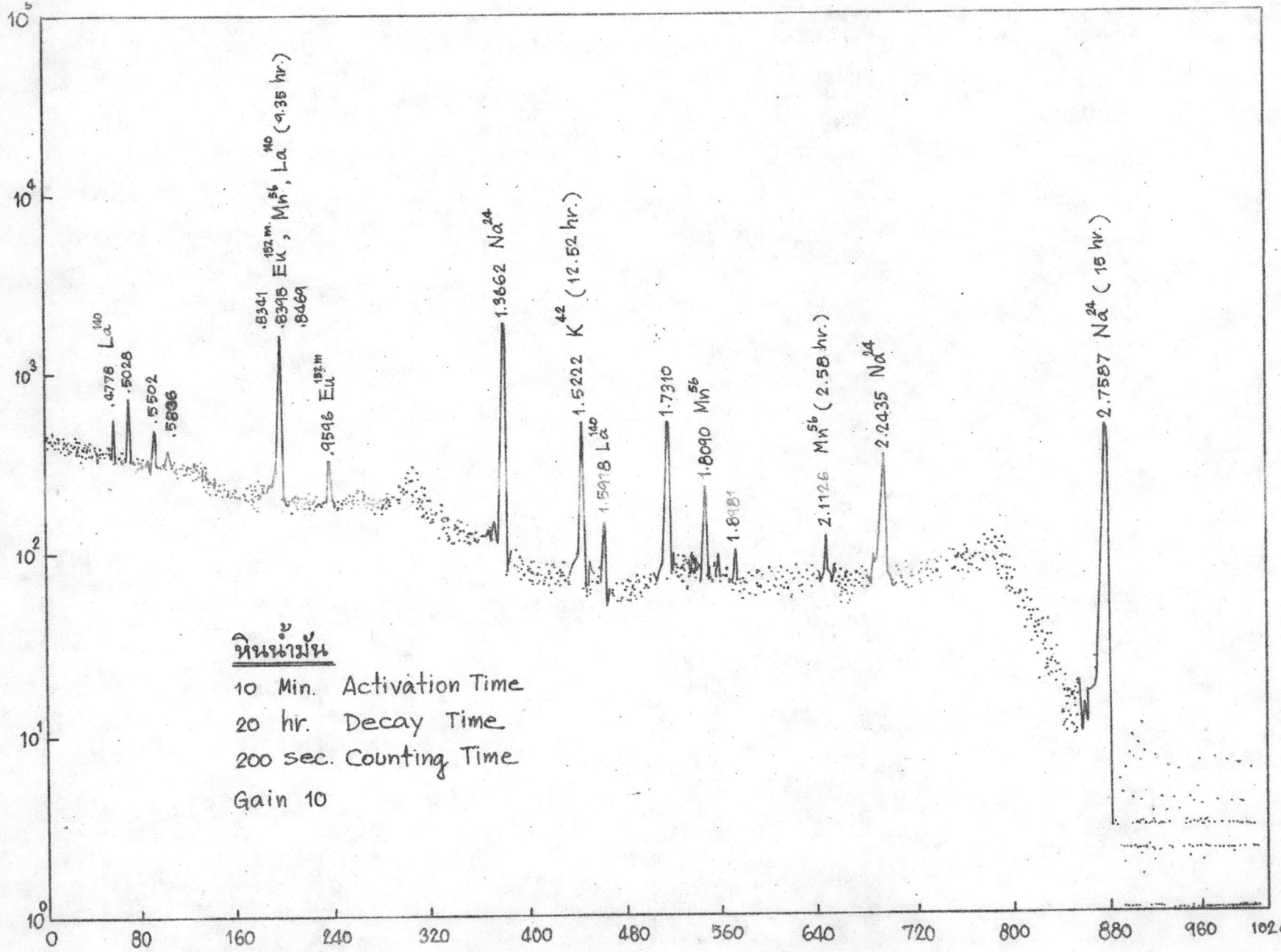
แกมมาของ Na-24, Mn-56 ปรากฏเห็นอย่างชัดเจน และเป็นที่น่าสังเกตว่ายอดพลังงานขนาด 1.53 MeV ของ K-42 ก็พอจะเห็นบ้างเล็กน้อยเท่านั้น เพราะอาบรังสีด้วยระยะเวลาอันสั้น

รูปที่ 5-4 และรูปที่ 5-5 เป็นการวัดพลังงานรังสีแกมมา โดยใช้เวลาอาบรังสี 30 วินาที แล้วปล่อยให้สลายตัว 1 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมงตามลำดับ จากรูปทั้งสองนี้ จะเห็นว่ายอดพลังงานรังสีแกมมาของ Na-24, Mn-56 และ K-42 ปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจน ธาตุที่มีครึ่งชีวิตน้อยกว่า 10 นาที จะสลายตัวหมด

ผลการวิเคราะห์ธาตุที่มีครึ่งชีวิตไม่เกิน 10 ชั่วโมงนี้ แสดงรายละเอียดตามตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 การวิเคราะห์ธาตุที่มีครึ่งชีวิตไม่เกิน 10 ชั่วโมง

ธาตุ	ไอโซโทปเสถียร	ไอโซโทปกัมมันตรังสี	ครึ่งชีวิต	รังสีแกมมาที่ใช้ในการวิเคราะห์ MeV
Aluminum	Al-27	Al-28	2.27 นาที	1.779, 1.270, 0.672
Calcium	Ca-48	Ca-49	8.70 นาที	3.083
Magnesium	Mg-26	Mg-27	9.50 นาที	0.844, 1.014
Manganese	Mn-55	Mn-56	2.58 ชั่วโมง	0.847, 1.817, 2.113
Sulphur	S-36	S-37	5.05 นาที	3.102
Vanadium	V-51	V-52	3.76 นาที	1.4344



รูปที่ 5-6 ยอดพลังงานรังสีแกมมาหลังการอาบรังสี 20 ชั่วโมง

หมายเหตุ S-37นั้น โอกาสในการเกิด (n, γ) มีน้อย ในการ plot มักไม่เห็นรูปในกราฟ แต่จากการพิจารณาตัวเลขที่พิมพ์ เชื่อแน่ว่ามีกัมมะฉันอยู่ในตัวอย่างหินน้ำมันด้วย

5.1.2 ธาตุที่มีครึ่งชีวิตระหว่าง 10 ชั่วโมงถึง 1 วัน

อาบรังสีหินน้ำมันตัวอย่างเป็นเวลา 10 นาที ด้วยระบบท่อลมแล้วทิ้งไว้ให้สลายตัว 20 ชั่วโมง จึงทำการวัดรังสี

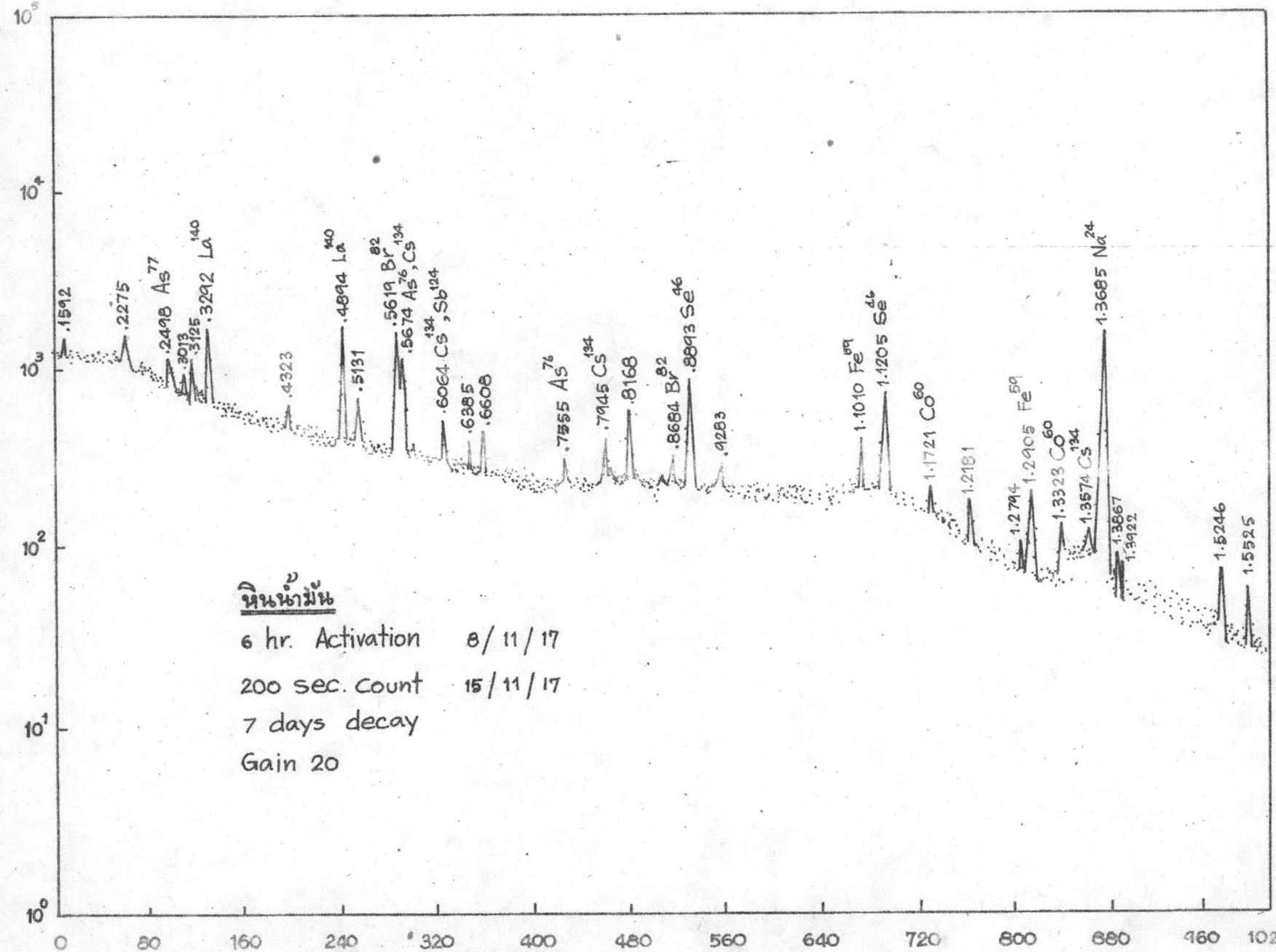
รูปที่ 5-6 แสดงผลการวัดรังสีหลังจากทิ้งไว้ให้สลายตัว 20 ชั่วโมงแล้ว จะเห็นยอดพลังงานรังสีแกมมาของ Na-24, K-42 อย่างชัดเจน และยังปรากฏพลังงานรังสีแกมมาของธาตุที่มีช่วงชีวิตมากกว่า 1 วัน บางธาตุให้เห็นด้วย

ตารางที่ 5-2 การวิเคราะห์ธาตุที่มีครึ่งชีวิตระหว่าง 10 ชั่วโมงถึง 1 วัน

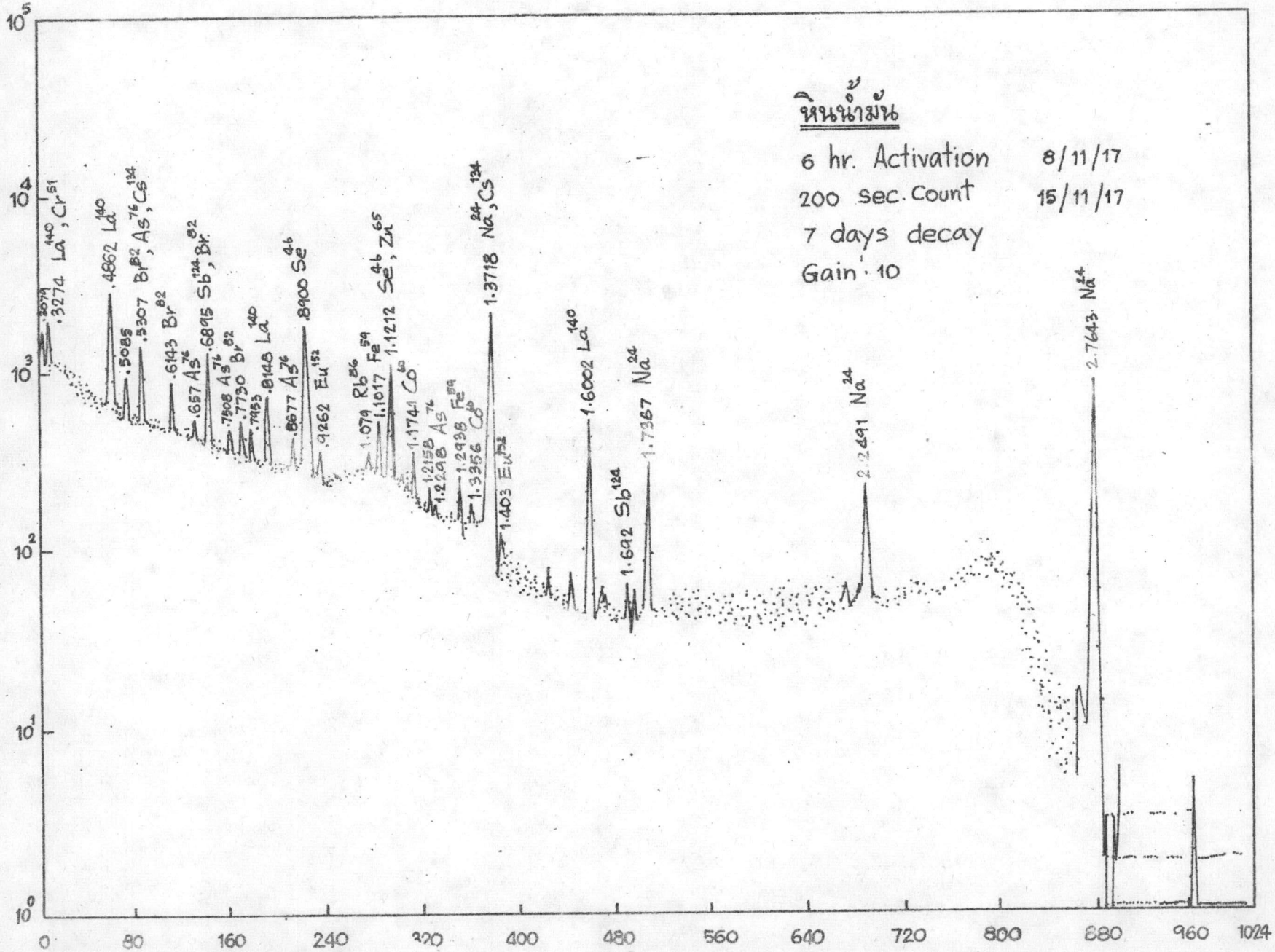
ธาตุ	ไอโซโทปเสถียร	ไอโซโทปกัมมันตรังสี	ครึ่งชีวิต ชั่วโมง	รังสีแกมมาที่ใช้ในการวิเคราะห์ MeV
Potassium	K-41	K-42	12.42	1.5247, 0.3129
Sodium	Na-23	Na-24	15.00	1.3684, 1.73, 2.754

5.1.3 ธาตุที่มีครึ่งชีวิตมากกว่า 1 วัน

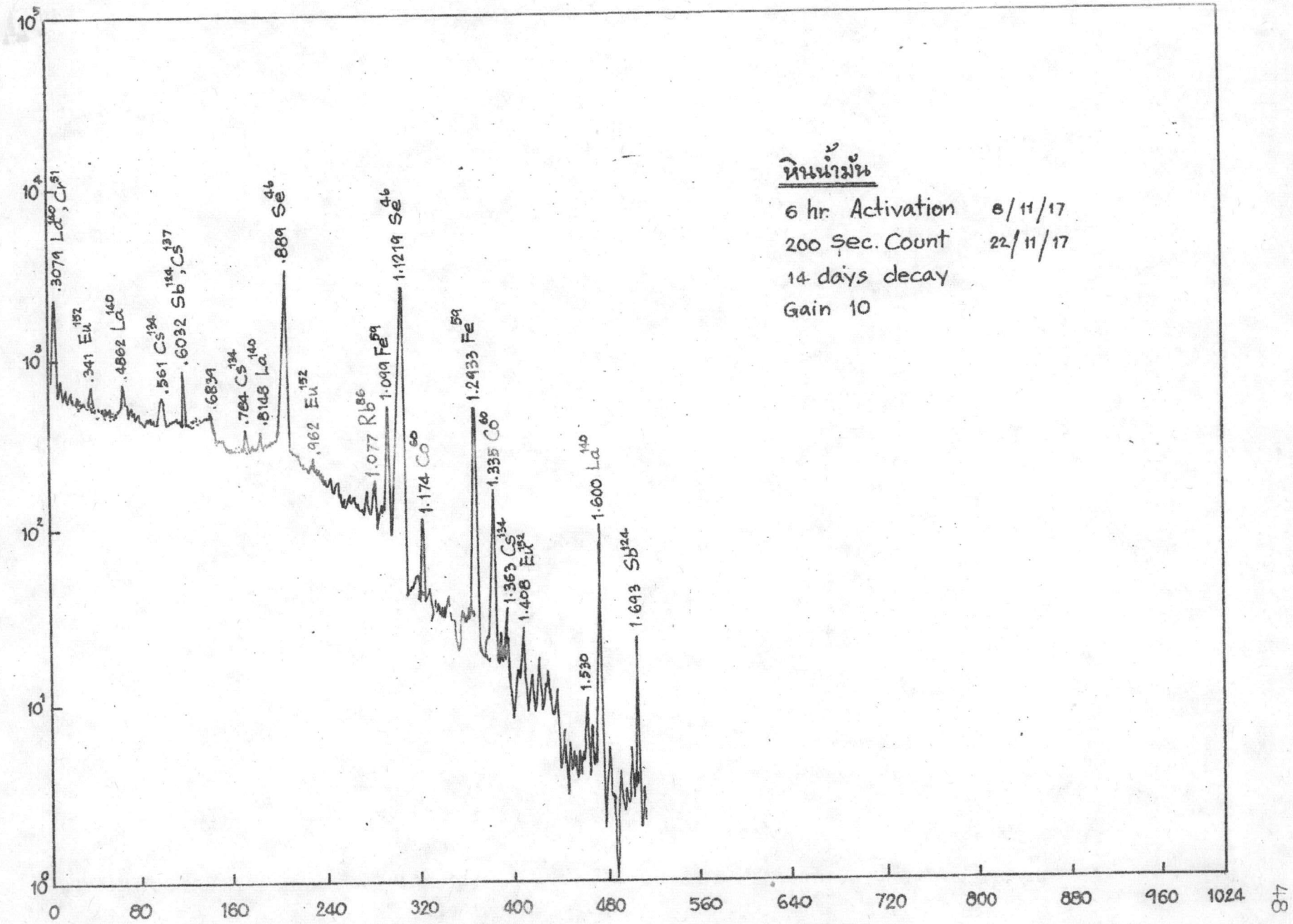
จากการอาบรังสีหินน้ำมันในน้ำใกล้กองเชื้อเพลิงของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูเป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้สลายตัวในน้ำข้างบ่อเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูเป็นเวลา 7 วัน จึงนำมาทำความสะอาดและวัดรังสีต่อไป



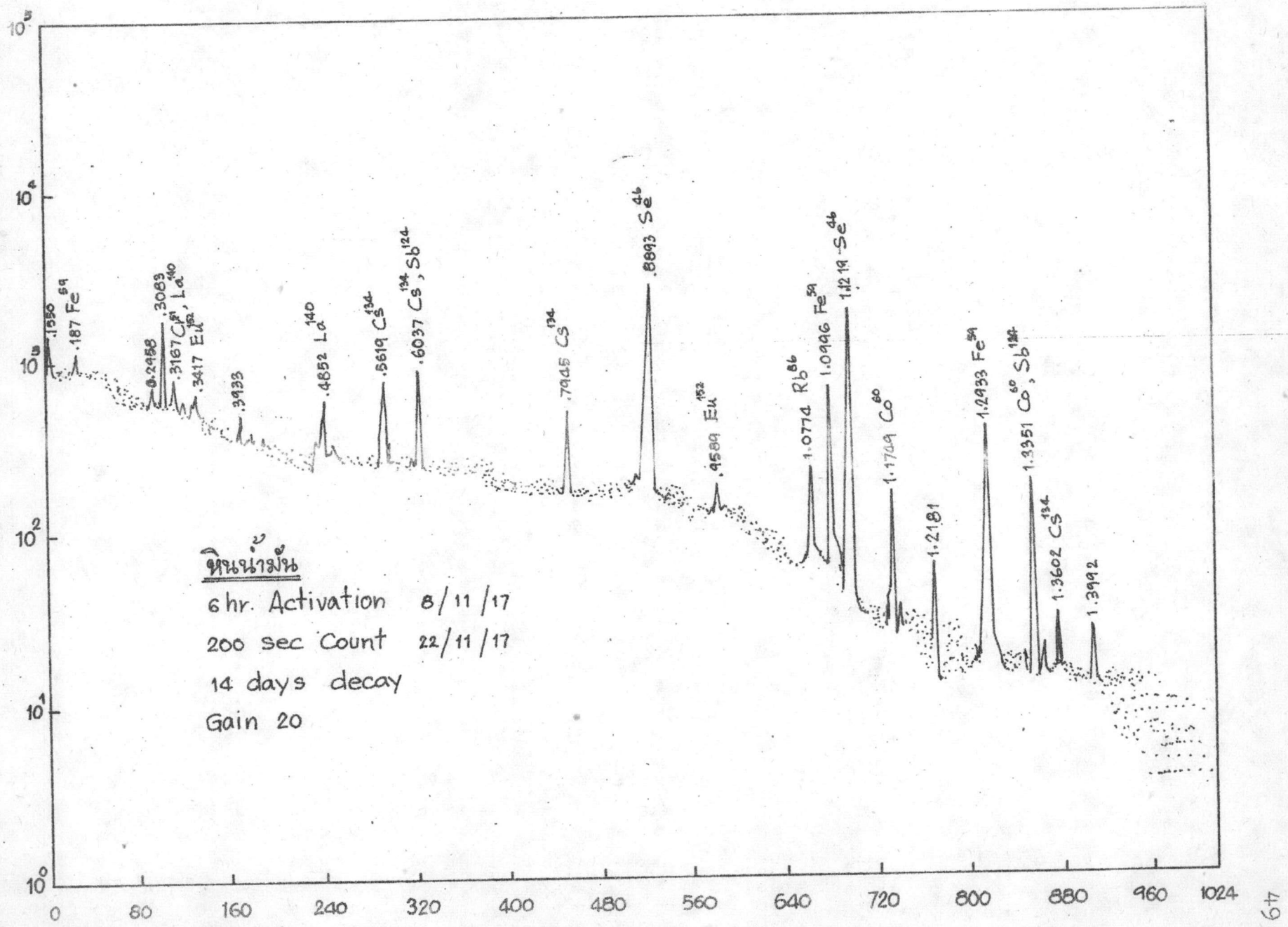
รูปที่ 5-7 ยอดพลังงานรังสีแกมมาหลังการอาบรังสี 7 วัน



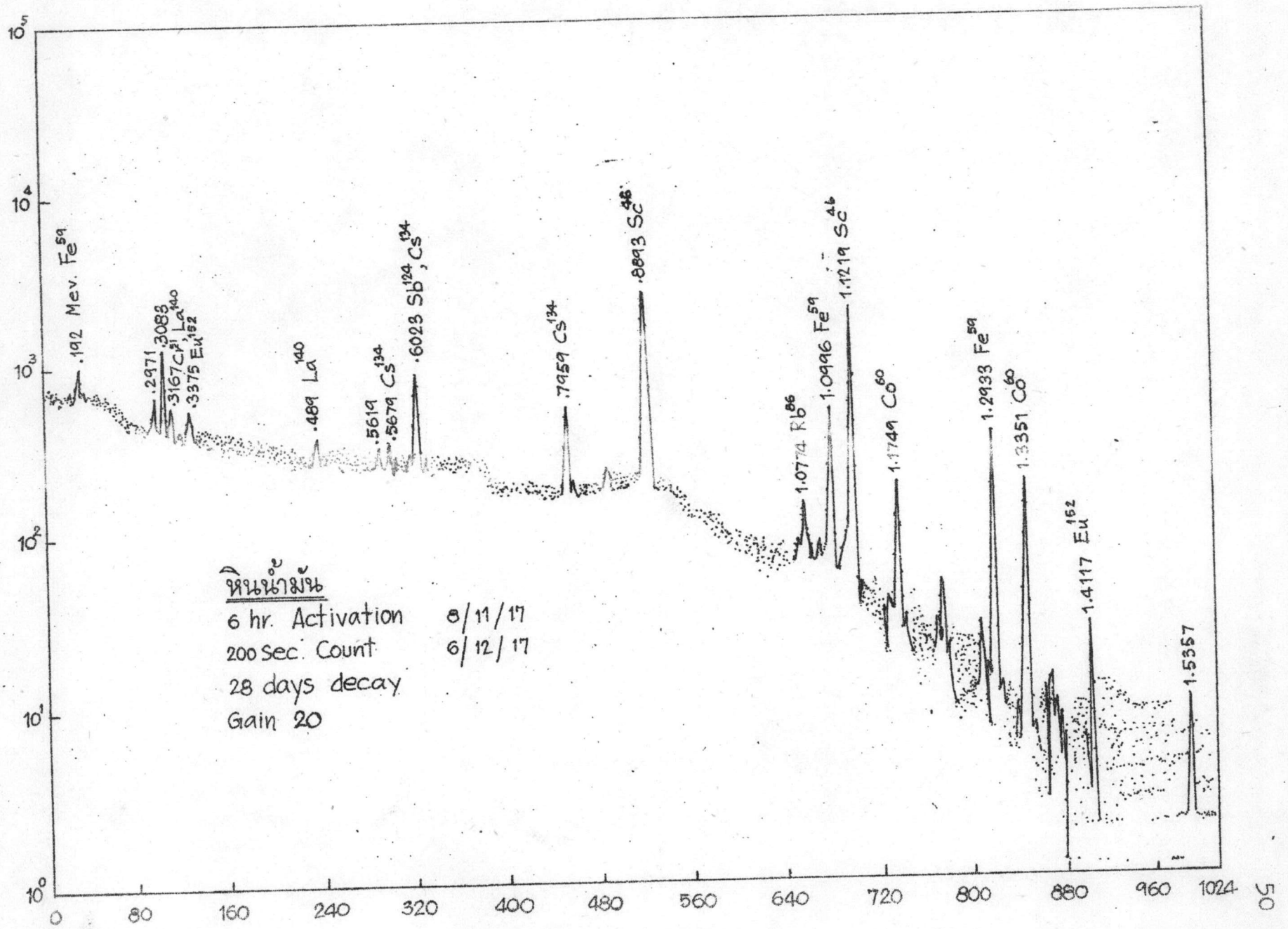
รูปที่ 5-8 ยอดพลังงานรังสีแกมมาหลังการอาบรังสี 7 วัน



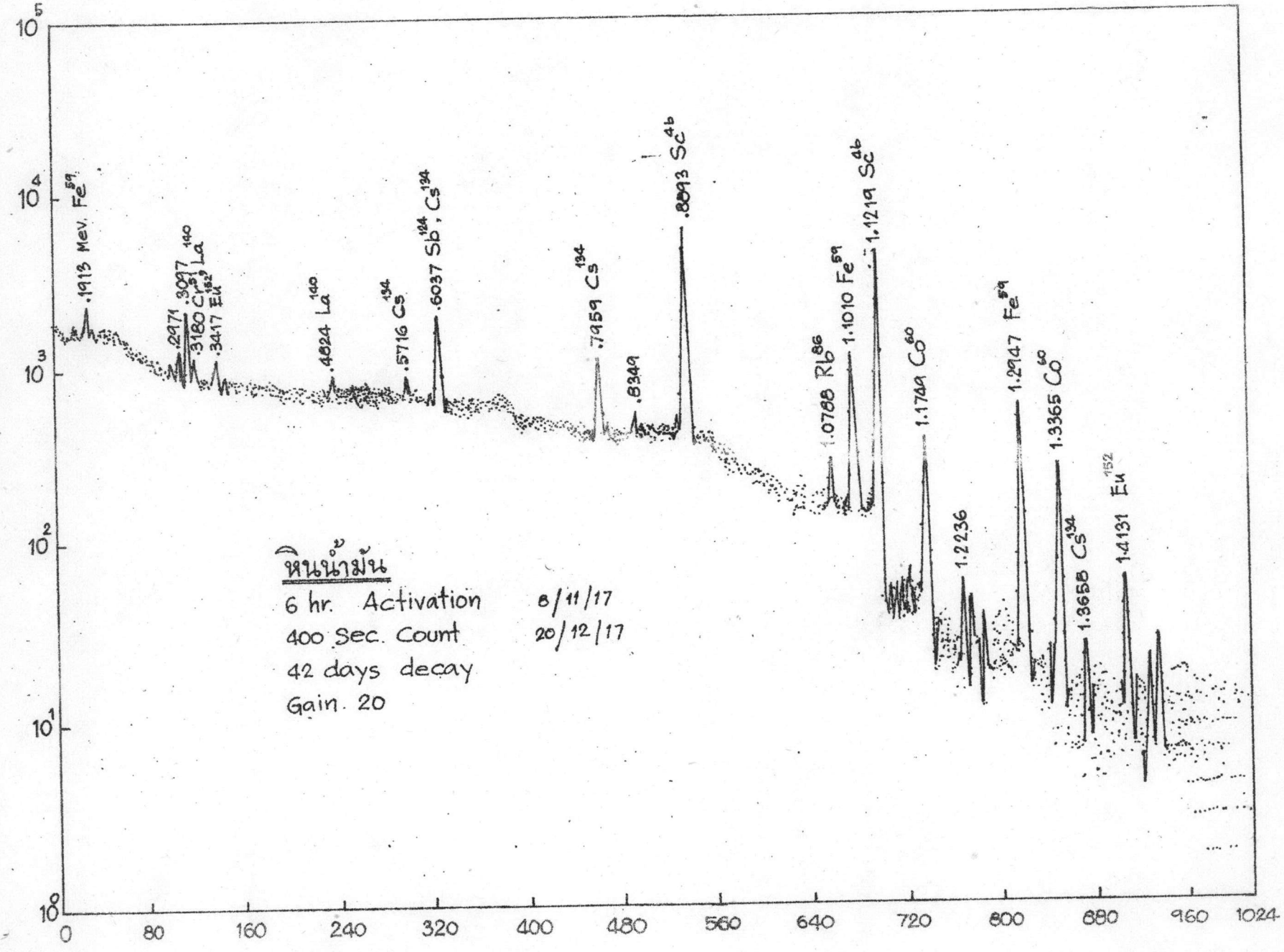
รูปที่ 5-9 ยอดพลังงานรังสีแกมมาหลังการอาบรังสี 14 วัน



รูปที่ 5-10 ยอดพลังงานรังสีแกมมาหลังการอาบรังสี 14 วัน



รูปที่ 5-11 ยอดพลังงานรังสีแกมมาหลังการอาบรังสี 28 วัน

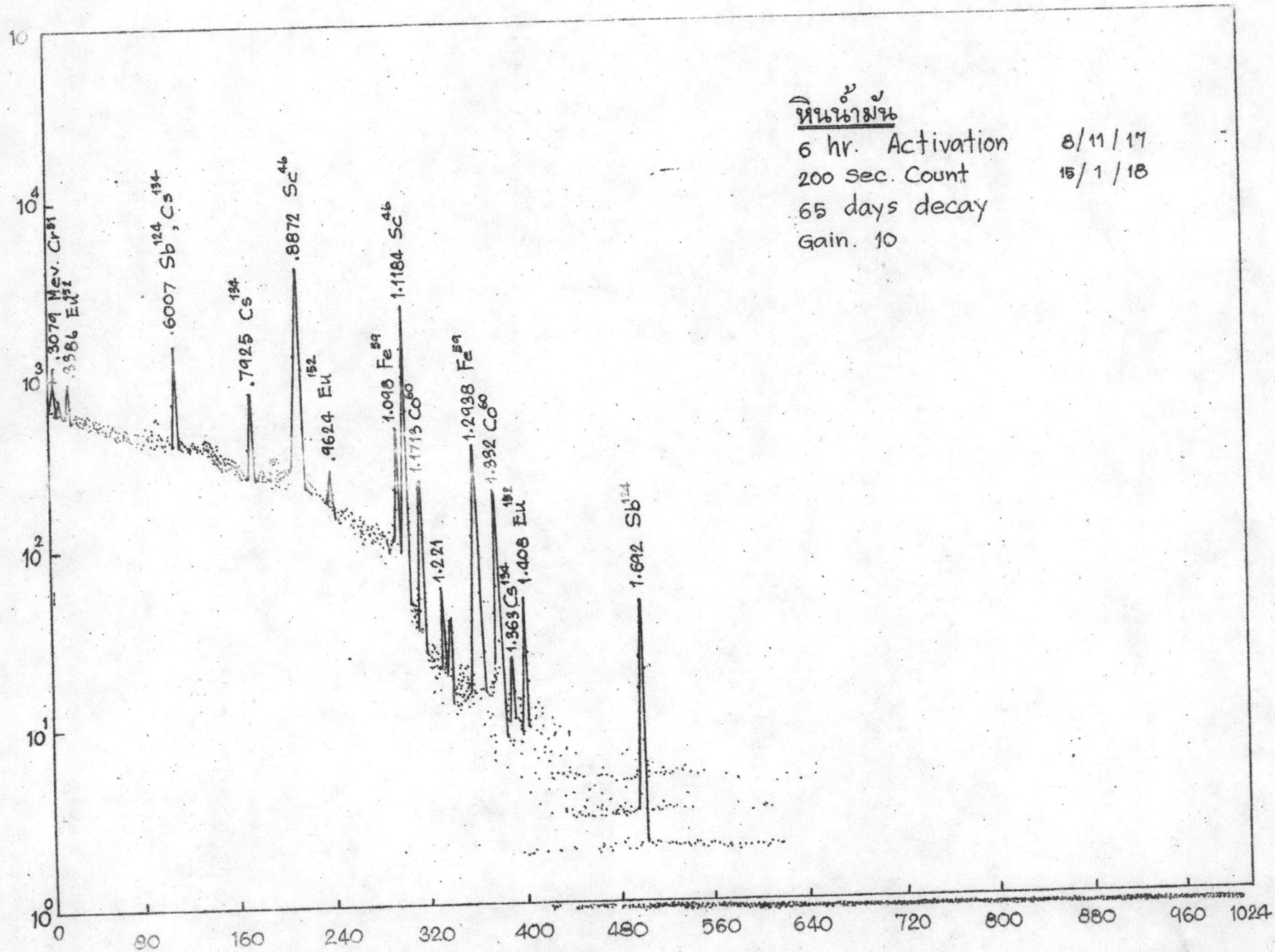


รูปที่ 5-12 ยอดพลังงานรังสีแกมมาหลังการอาบรังสี 42 วัน

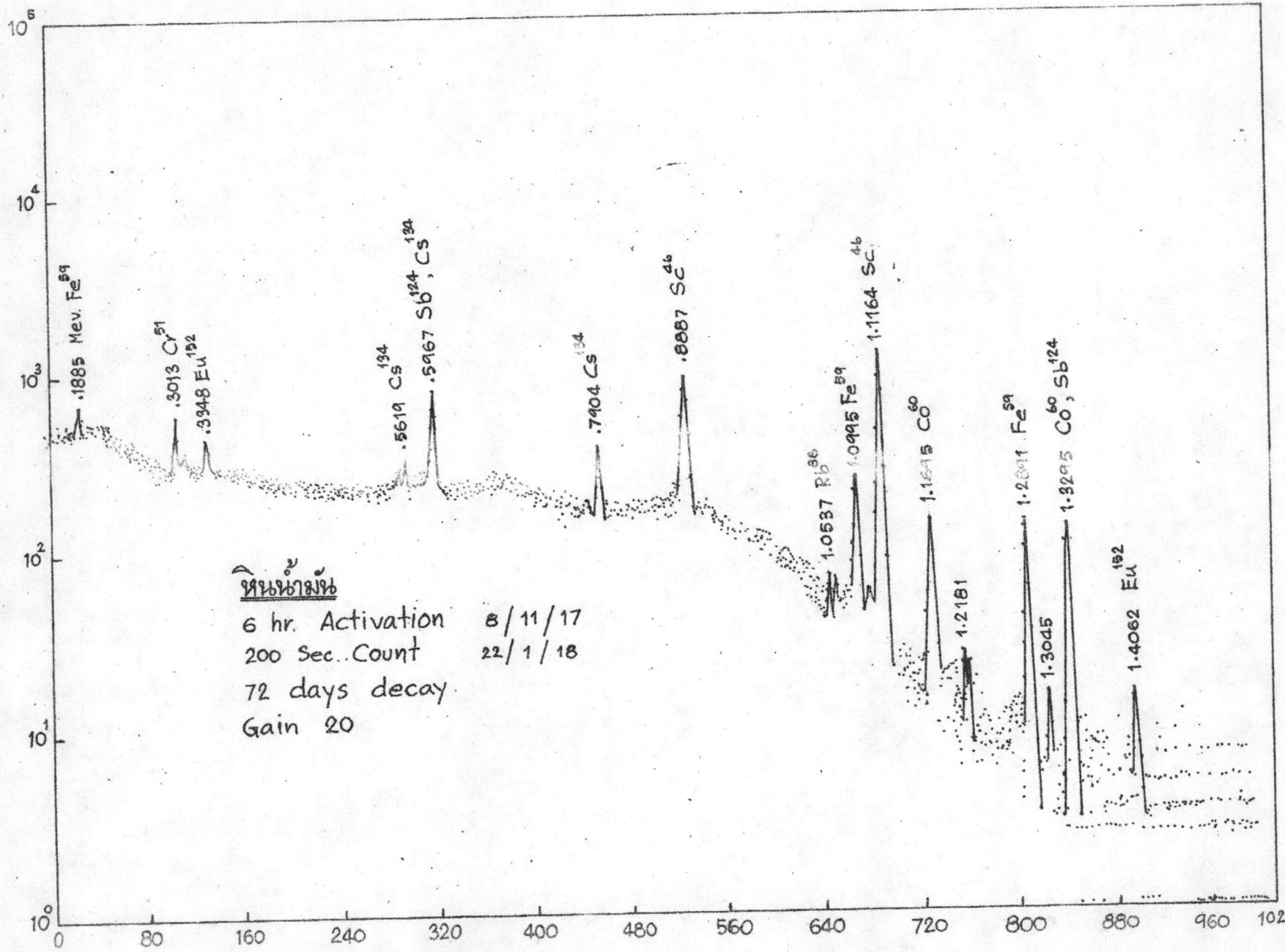
รูปที่ 5-7 และรูปที่ 5-8 แสดงผลการวัดรังสีตัวอย่างหินน้ำมันหลังการอาบรังสีแล้ว 7 วัน โดยวัดด้วย Gain 10 และ Gain 20 ตามลำดับ ในรูปที่ 5-7 จะเห็นยอดพลังงานรังสีแกมมาของธาตุ Sb-124, As-76, Br-82, Cs-134, Co-60, Cr-51, Eu-152, Fe-59, La-140, Rb-86, Sc-46, Zn-65, Na-24 ซึ่งแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5-3 แต่ยอดพลังงานรังสีแกมมาส่วนใหญ่ถูกรบกวนด้วยรังสีแกมมาพลังงานสูงของ Na-24 ยอดพลังงานที่เห็นชัดคือ Br-82, As-76, Sc-46, La-140 และ Na-24 ในรูปที่ 5-8 จะเห็นยอดพลังงานอย่างสูง 1.55 MeV เท่านั้น เนื่องจากใช้วัดด้วย Gain 20 แต่จะเห็นได้ว่าการแบ่งช่วงพลังงานละเอียดขึ้น ยอดพลังงานเห็นชัดเจนขึ้น ยอดพลังงานบางยอด เช่น 0.56 MeV ของ Br-82, As-76, Cs-134 แยกยอดออกเป็น 2 ยอดติดกัน

รูปที่ 5-9 และรูปที่ 5-10 แสดงผลการวัดรังสีตัวอย่างหินน้ำมันหลังจากอาบรังสีแล้ว 14 วัน โดยวัดด้วย Gain 10 และ Gain 20 ตามลำดับ ในรูปที่ 5-9 จะเห็นได้ว่า Na-24 ซึ่งมีครึ่งชีวิต 15 ชั่วโมงสลายตัวไปหมดแล้ว ยอดพลังงานที่เห็นสูงสุดมีค่าประมาณ 1.7 MeV พลังงานของไอโซโทปต่าง ๆ ที่เคยถูกรบกวนจาก Na-24 จะถูกรบกวนน้อยลง และเห็นยอดพลังงานชัดเจนยิ่งขึ้น ยอดพลังงานของ Br-82, As-76 ซึ่งมีครึ่งชีวิต 35 ชั่วโมง และ 26.5 ชั่วโมง ตามลำดับ เช่น 0.77, 0.75 MeV หายไปแล้ว ในรูปที่ 5-10 แสดงการวัดด้วย Gain 20 ยอดพลังงานรังสีแกมมาของไอโซโทปต่าง ๆ แยกกันอย่างชัดเจน และจะเห็นยอดพลังงานที่มีค่าต่ำ ๆ ด้วย

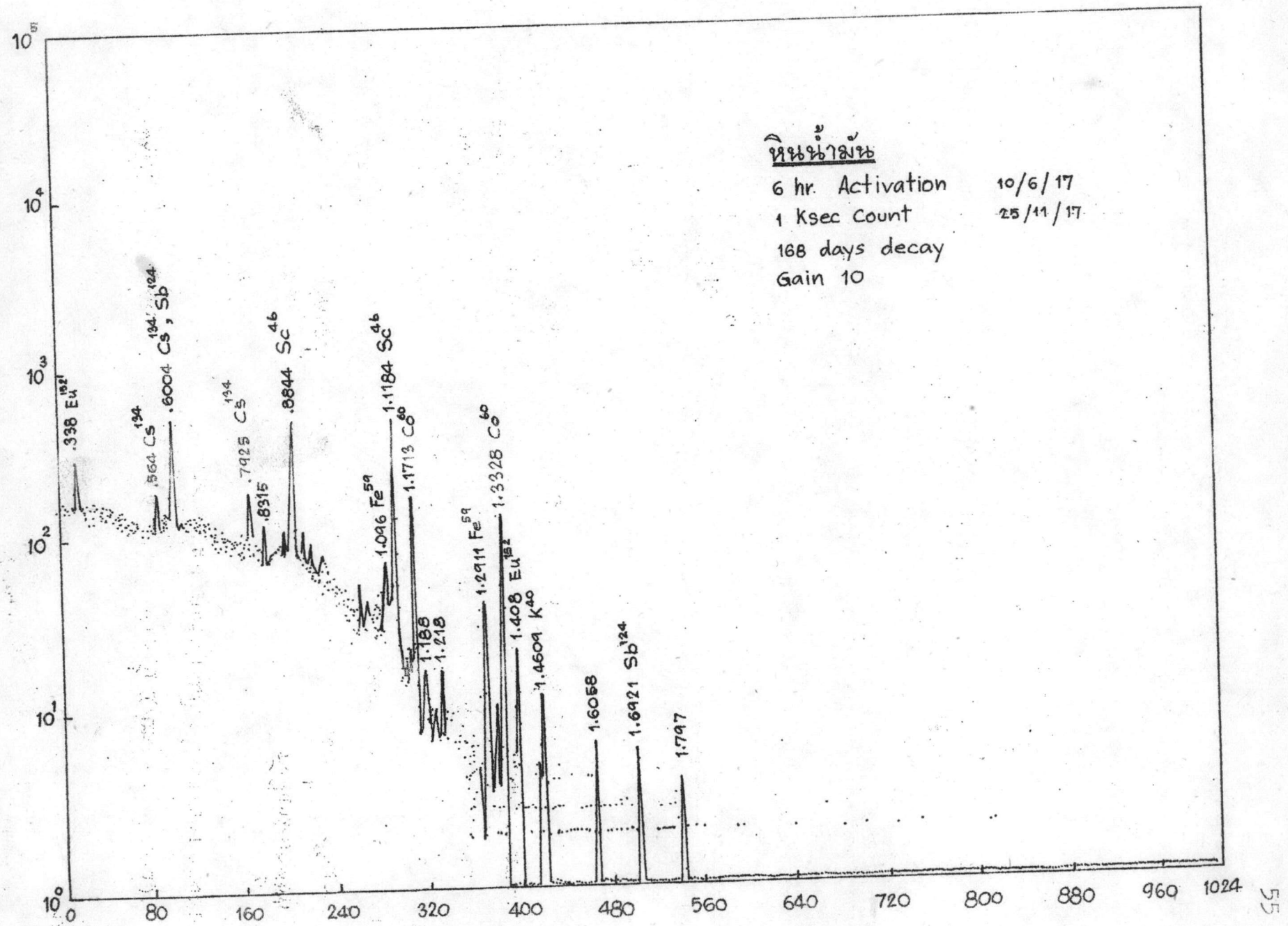
รูปที่ 5-11 และรูปที่ 5-12 แสดงการวัดรังสีตัวอย่างหินน้ำมันหลังการอาบรังสี 28 วัน และ 42 วัน โดยใช้เวลาการนับรังสี 200 และ 400 วินาที ตามลำดับ ในรูปทั้งสองนี้จะเห็นได้ว่ายอดพลังงานของ Cs-134, Fe-59, Co-60 ซึ่งมีครึ่งชีวิตยาวกว่า 40 วัน จะสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน ส่วน La-140 ซึ่งมีครึ่งชีวิต 40 ชั่วโมงลดลงไปเกือบจะไม่เห็นแล้ว แต่ยอดพลังงานที่มีค่าสูง ๆ ของ



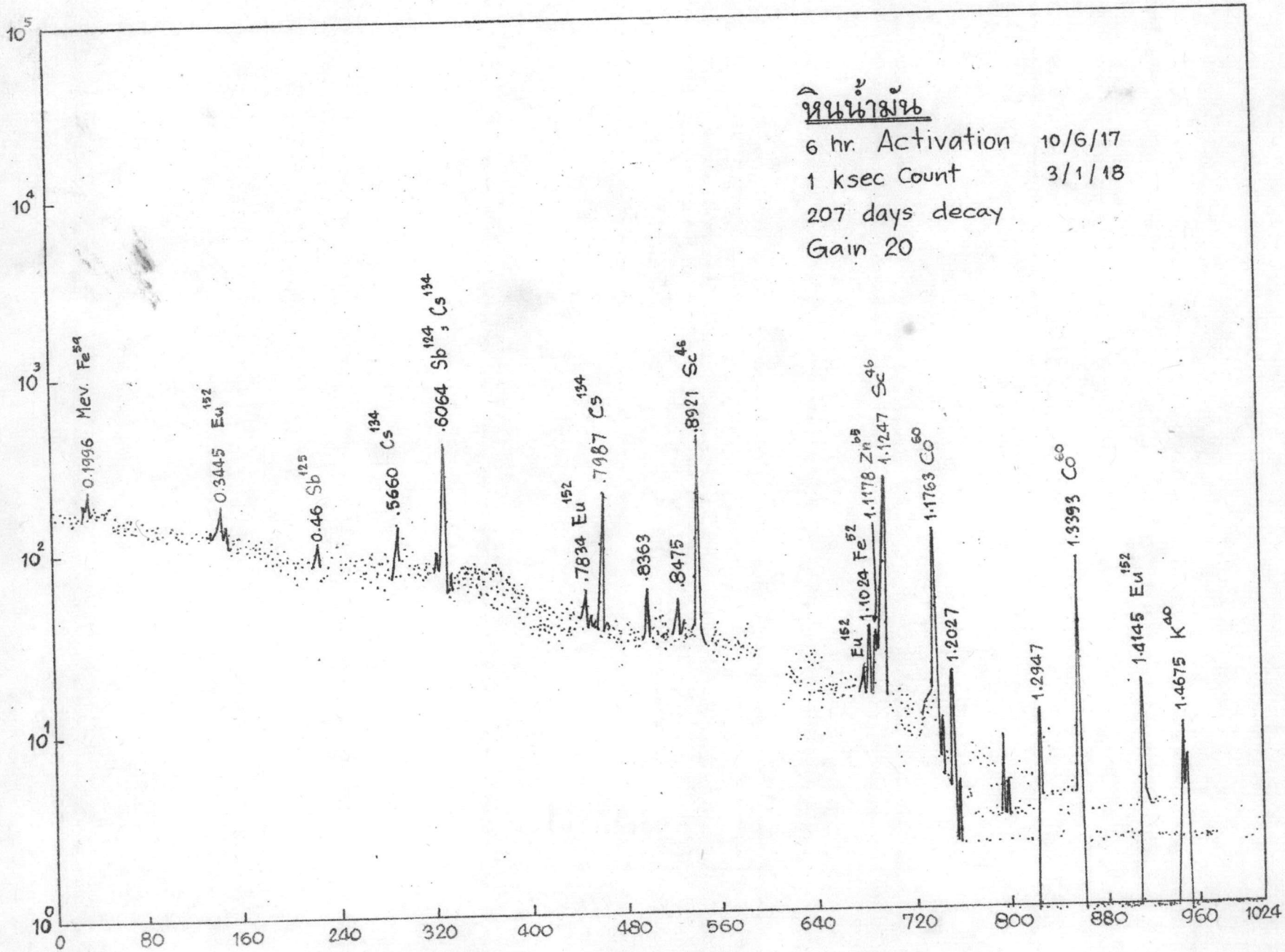
รูปที่ 5-13 ยอดพลังงานรังสีแกมมาหลังการอาบรังสี 65 วัน



รูปที่ 5-14 ยอดพลังงานรังสีแกมมาหลังการอาบรังสี 72 วัน



รูปที่ 5-15 ยอดพลังงานรังสีแกมมาหลังการอาบรังสี 168 วัน



รูปที่ 5-16 ยอดพลังงานรังสีแกมมาหลังการอาบรังสี 207 วัน

La, Sb จะมองไม่เห็นเนื่องจากวัดด้วย Gain 20

รูปที่ 5-13 แสดงการวัดพลังงานรังสีแกมมาด้วย Gain 10 หลังจากการอาบรังสี 65 วัน จะเห็นได้ว่า La-140 หายไปแล้ว และจะเห็นยอดพลังงานขนาด 1.69 MeV ของ Sb-124 ด้วย

รูปที่ 5-14 แสดงการวัดพลังงานรังสีแกมมาของหินน้ำมันหลังการอาบรังสี 72 วัน ด้วย Gain 20 ซึ่งจะเห็นได้ว่ายอดพลังงานรังสีแกมมาของไอโซโทปต่าง ๆ แยกจากกันยังชัดเจน

รูปที่ 5-15 และรูปที่ 5-16 แสดงการวัดพลังงานรังสีแกมมาของหินน้ำมัน หลังการอาบรังสี 168 วัน และ 207 วัน โดยใช้ Gain 10 และ Gain 20ตามลำดับ เวลาที่ทำการวัดเพิ่มเป็น 1000 วินาที เพื่อให้ได้รายละเอียดมากยิ่งขึ้น จะเห็นว่าจะเหลือเฉพาะไอโซโทปที่มีครึ่งชีวิตยาว ๆ ได้แก่ Eu-152, Sb-124, Cs-134, Sc-46, Fe-59, Co-60 เท่านั้น ในรูป 5-16 จะเห็นได้ว่ายอดพลังงานขนาด 1.12 MeV แต่เดิมแยกออกเป็น 1.1178 และ 1.124 ของ Zn-65 และ Sc-46 แล้ว ดังนั้นจะเห็นว่าการหาปริมาณของสังกะสีด้วยวิธีนี้จะต้องใช้เวลารอจนกว่ายอดพลังงานของ Zn-65 และ Sc-46 จะแยกออกจากกัน ซึ่งใช้เวลากว่า 6 เดือน จึงจะเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตามการหาปริมาณโดยประมาณอาจทำได้จากการเทียบค่าของพลังงาน 0.89 และ 1.12 MeV ของ Sc แล้วหาค่าของ Zn-65 ได้ แต่จากรูปที่ 5-16 นี้ ทำให้มั่นใจได้ว่ามี Zn อยู่ในตัวอย่างหินน้ำมัน

รายละเอียดเกี่ยวกับการพิจารณาไอโซโทปที่มีครึ่งชีวิตมากกว่า 1 วัน นี้แสดงรูปในตารางที่ 5-3 แล้ว

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5-3 การวิเคราะห์ธาตุที่มีครึ่งชีวิตมากกว่า 1 วัน

ธาตุ	ไอโซโทปเสถียร	ไอโซโทปกัมมันตรังสี	ครึ่งชีวิต	รังสีแกมมาที่ใช้ในการวิเคราะห์ MeV
Antimony	Sb-123	Sb-124	60.9 วัน	0.6026, 0.6457 0.7228, 1.3252 1.4368, 1.6907 2.0906
Arsenic	As-75	As-76	26.5 ชั่วโมง	0.5592, 0.6570 0.7675, 0.8675 1.2288
Bromine	Br-81	Br-82	35 ชั่วโมง	0.5543, 0.6190 0.6983, 0.7766 0.8278, 1.0439 1.3172, 1.4747
Cesium	Cs-133	Cs-134	2.07 ปี	0.5632, 0.5693 0.6047, 0.7958 0.8029, 1.3648
Cobalt	Co-59	CO-60	5.26 ปี	1.1731, 1.3324
Chromium	Cr-50	Cr-51	27 วัน	0.3200
Europium	Eu-151	Eu-152	12.2 ปี	0.3442, 0.4110 0.4439, 0.7786 0.9641, 1.0860 1.4075

ตารางที่ 5-3 (ต่อ)

ธาตุ	ไอโซโทปเสถียร	ไอโซโทปกัมมันตรังสี	ครึ่งชีวิต	รังสีแกมมาที่ใช้ในการวิเคราะห์ MeV
Iron	Fe-58	Fe-59	45.1 วัน	1.1099, 1.2915
Lanthanum	La-139	La-140	40.27ชั่วโมง	0.3286, 0.4868
				0.8155, 1.5954
Rubidium	Rb-85	Rb-86	18.66 วัน	1.0766
Scandium	Sc-45	Sc-46	85. วัน	0.8894, 1.1203
Zinc	Zn-64	Zn-65	243.7 วัน	0.5100, 1.1154

5.2 ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

5.2.1 สารมาตรฐานที่ใช้

ในกรณีที่ปริมาณธาตุในสารตัวอย่างมีปริมาณน้อย สารมาตรฐานที่ใช้จะเป็นรูปสารละลายที่มีความเข้มข้นคงที่ ถ้าธาตุมีปริมาณมาก สารตัวอย่างจะใช้ของแข็งซึ่งมีปริมาณไม่เท่ากันทุกครั้งขึ้นอยู่กับการเตรียมของแต่ละครั้ง รายละเอียดเกี่ยวกับสารมาตรฐานมีดังนี้

ตารางที่ 5-4 สารมาตรฐานที่ใช้

ธาตุ	สารประกอบ	สถานะ	ปริมาณความเข้มข้น ppm.
Al	Al_2O_3	ของแข็ง	$1.2 \times 10^4 - 1.4 \times 10^4$
Sb	Sb_2O_4	สารละลาย	17.88
As	As_2O_3	สารละลาย	50.00
Br	NH_4Br	สารละลาย	49.66
Ca	$CaCO_3$	ของแข็ง	$2.0 \times 10^4 - 3.0 \times 10^4$
Cs	$CsNO_3$	สารละลาย	100.00
Co	Co_3O_4	สารละลาย	28.399
Cr	K_2CrO_4	สารละลาย	24.50
Eu	Eu_2O_3	สารละลาย	66.22
Fe	Fe_2O_3	ของแข็ง	$1.4 \times 10^4 - 3.0 \times 10^4$
La	$LaCO_3$	สารละลาย	53.20
Mg	MgO	ของแข็ง	$0.7 \times 10^4 - 1.2 \times 10^4$
Mn	MnO_2	สารละลาย	100.00
K	K_2CO_3	ของแข็ง	$0.8 \times 10^4 - 1.2 \times 10^4$
Rb	RbCl	สารละลาย	60.08
Na	$NaHCO_3$	ของแข็ง	$0.9 \times 10^4 - 1.5 \times 10^4$
Sc	Sc_2O_5	สารละลาย	51.11
S	S	ของแข็ง	-----
V	V_2O_5	สารละลาย	22.40672
Zn	ZnO	สารละลาย	-----

5.2.2 รายละเอียดเกี่ยวกับการวิเคราะห์หาปริมาณของธาตุ

ตารางที่ 5-5 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ

ไอโซโทปกัมมันตรังสี	ครึ่งชีวิต	เวลาที่ใช้อาบรังสี	เวลาที่รอให้สลายตัว	นิวตรอนฟลักซ์ $n/cm^2/sec.$	พลังงานรังสีแกมมาที่ใช้วิเคราะห์ MeV.
Al-28	2.27 นาที	10 วินาที	----	10^{11}	1.7789
Sb-124	60.9 วัน	6 ชั่วโมง	14 วัน	10^{12}	1.6907
As-76	26.5 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	7 วัน	10^{12}	0.6570
Br-82	35.0 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	7 วัน	10^{12}	0.7766
Ca-49	8.70 นาที	30 วินาที	----	10^{11}	3.0830
Cs-134	2.07 ปี	6 ชั่วโมง	14 วัน	10^{12}	0.7958
Co-60	5.26 ปี	6 ชั่วโมง	14 วัน	10^{12}	1.3324
Cr-51	27 วัน	6 ชั่วโมง	14 วัน	10^{12}	0.3200
Eu-152	12.2 ปี	6 ชั่วโมง	14 วัน	10^{12}	1.4075
Fe-59	45.1 วัน	6 ชั่วโมง	14 วัน	10^{12}	1.2915
La-140	40.27 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	14 วัน	10^{12}	1.5954
Mg-27	9.5 นาที	30 วินาที	10 นาที	10^{11}	1.0140
Mn-56	2.58 ชั่วโมง	30 วินาที	3 ชั่วโมง	10^{11}	0.8469
K-42	12.42 ชั่วโมง	10 นาที	20 ชั่วโมง	10^{11}	1.5247
Rb-86	18.66 วัน	6 ชั่วโมง	14 วัน	10^{12}	1.0766
Na-24	15.0 ชั่วโมง	5 นาที	20 ชั่วโมง	10^{11}	2.7536
Sc-46	85 วัน	6 ชั่วโมง	14 วัน	10^{12}	0.8849
S-32	5.8 นาที	----	----	----	----
V-51	3.7 นาที	10 วินาที	10 นาที	10^{11}	1.4344
Zn-65	243.7 วัน	----	----	----	----

ตารางที่ 5-6 ผลการวิเคราะห์ธาตุในตัวอย่างหินน้ำมันที่ยังไม่ได้สกัดน้ำมันออกและที่สกัดน้ำมันออกแล้ว

ตัวอย่างที่ / ธาตุ (ppm.)	1 ยังไม่ได้สกัดน้ำมัน	2 สกัดที่ 400° ซ	3 สกัดที่ 800° ซ
Al	40834 ± 4931	49849 ± 1710	73775 ± 3272
Sb	5.42 ± 0.76	7.46 ± 3.92	18.15 ± 0.97
As	141 ± 10	98 ± 16	208 ± 15
Br	12.40 ± 0.45	3.34 ± 2.09	3.87 ± 0.39
Ca	42481 ± 4284	65308 ± 4630	88441 ± 4284
Cs	11.44 ± 2.99	15.28 ± 4.43	22.55 ± 3.34
Co	12.23 ± 2.14	11.24 ± 1.17	20.49 ± 3.79
Cr	44.38 ± 0.13	33.76 ± 0.27	120.22 ± 8.12
Eu	0.74 ± 0.04	1.21 ± 0.10	1.18 ± 0.15
Fe	21064 ± 2532	24921 ± 475	32750 ± 2538
La	18.56 ± 2.79	32.51 ± 3.25	41.59 ± 2.59
Mg	31087 ± 3640	35911 ± 2358	46529 ± 4247
Mn	274 ± 8	376 ± 22	372 ± 17
K	16364 ± 2456	21686 ± 1270	25306 ± 1536
Rb	83.28 ± 4.41	141 ± 9	157 ± 18
Sc	6.21 ± 0.72	9.46 ± 0.57	11.60 ± 2.40
Na	8638 ± 328	16954 ± 3315	17029 ± 2168
V	36.80 ± 2.59	39.23 ± 2.86	49.63 ± 3.45

ตารางที่ 5-7 ผลการวิเคราะห์ธาตุในตัวอย่างหินน้ำมันที่มีน้ำมันปริมาณต่าง ๆ ในตัวอย่างที่ 4-6

ตัวอย่างที่	4	5	6
ชื่อตัวอย่าง	A - 3	A - 1	A - 2
ปริมาณน้ำมัน / ธาตุ (ppm.)	0 %	1.0 %	14.0 %
Al	44351 ± 1093	59116 ± 1875	44956 ± 116
Sb	3.20 ± 0.72	3.25 ± 1.01	4.61 ± 1.43
As	112 ± 29	77.03 ± 14.99	73.58 ± 0.08
Br	10.37 ± 3.33	6.82 ± 1.68	8.30 ± 0.42
Ca	128581 ± 21518	60761 ± 5866	51367 ± 6083
Cs	13.89 ± 1.54	17.21 ± 0.57	14.51 ± 2.26
Co	11.07 ± 2.55	10.75 ± 0.77	11.75 ± 1.35
Cr	51.31 ± 8.89	48.79 ± 1.44	56.16 ± 3.41
Eu	0.58 ± 0.04	1.00 ± 0.42	0.63 ± 0.08
Fe	23152 ± 3952	26668 ± 466	26736 ± 3199
La	22.62 ± 2.65	37.82 ± 3.51	25.40 ± 2.64
Mg	21775 ± 5199	37686 ± 359	31864 ± 2493
Mn	459 ± 14	384 ± 26	225 ± 14
K	13335 ± 1875	17569 ± 831	12168 ± 363
Rb	163 ± 42	291 ± 3	205 ± 52
Sc	8.49 ± 2.99	9.53 ± 1.75	7.26 ± 0.81
Na	1475 ± 281	1971 ± 4	2225 ± 277
V	43.16 ± 3.47	41.51 ± 2.84	45.56 ± 1.79

ตารางที่ 5-8 ผลการวิเคราะห์ธาตุในตัวอย่างหินน้ำมันที่มีน้ำมันปริมาณต่าง ๆ กันในตัวอย่างที่ 7-11

ตัวอย่างที่	7	8	9	10	11
ชื่อตัวอย่าง	G 4.2	B - 6	B - 7	C - 4	D 6.2
น้ำมัน / ธาตุ (ppm.)	4.0 %	8.0 %	^1.0 %	18.0 %	25.0 %
Al	54826 ± 447	39409 ± 2180	45842 ± 2130	43253 ± 2521	41109 ± 872
Sb	9.08 ± 3.19	4.55 ± 1.99	7.70 ± 0.83	8.37 ± 1.60	4.39 ± 0.86
As	102 ± 23	126 ± 5	117 ± 14	106 ± 3	133 ± 9
Br	4.15 ± 1.08	3.24 ± 0.22	5.40 ± 1.09	2.89 ± 1.18	1.92 ± 0.35
Ca	63086 ± 3745	52202 ± 5837	49649 ± 6498	40067 ± 2722	13504 ± 1632
Cs	15.30 ± 3.08	13.18 ± 3.25	18.33 ± 3.27	18.24 ± 5.56	16.02 ± 2.73
Co	10.99 ± 1.05	14.71 ± 2.37	18.48 ± 1.26	16.33 ± 2.65	17.27 ± 3.17

ตารางที่5-8 (ต่อ)

ตัวอย่างที่	7	8	9	10	11
ชื่อตัวอย่าง	G 4.2	B - 6	B - 7	C - 4	D 6.2
ธาตุ (ppm.) \ น้ำมัน	4.0 %	8.0 %	11.0 %	18.0 %	25.0 %
Cr	56.99 ±14.26	37.97 ± 5.66	58.51 ±10.83	31.27 ± 0.55	37.99 ± 5.69
Eu	1.08 ± 0.17	0.90 ± 0.06	1.10 ± 0.18	1.37 ± 0.28	0.80 ± 0.09
Fe	27616 ± 2382	25757 ± 1870	33717 ± 2592	35573 ± 890	25701 ± 473
La	31.75 ± 1.61	28.95 ± 1.82	30.31 ± 4.84	42.65 ± 4.23	32.99 ± 4.95
Mg	40947 ± 3291	40692 ± 473	23980 ± 128	32217 ± 553	15980 ± 2157
Mn	604 ± 27	346 ± 24	329 ± 24	275 ± 14	427 ± 22
K	14595 ± 2587	11873 ± 936	18369 ± 1720	16723 ± 2449	30678 ± 1490
Rb	201 ± 28	107 ± 32	105 ± 15	137 ± 27	155 ± 40

ตารางที่ 5-8 (ต่อ)

ตัวอย่างที่	7	8	9	10	11
ชื่อตัวอย่าง	G 4.2	B - 6	B - 7	C - 4	D 6.2
ธาตุ \ น้ำมัน (ppm.)	4.0 %	8.0 %	11.0 %	18.0 %	25.0 %
Sc	8.38 ± 1.50	6.45 ± 2.43	7.86 ± 2.03	8.08 ± 2.79	6.85 ± 2.09
Na	7811 ± 643	10092 ± 176	13438 ± 240	19161 ± 1677	4940 ± 345
V	50.83 ± 0.82	31.13 ± 3.71	48.42 ± 4.52	35.88 ± 3.96	41.21 ± 3.13

5.3 การอภิปรายผลการวิจัย

การหาแร่ธาตุปริมาณน้อยในตัวอย่างหินน้ำมัน 11 ตัวอย่าง จากแหล่งแม่สอด จังหวัดตาก โดยวิธีนิวตรอนแอคติเวชั่นแบบไม่ใช้วิธีทางเคมีนี้ สามารถหาธาตุต่าง ๆ ได้ 20 ธาตุคือ Al, Sb, As, Br, Ca, Cs, Co, Cr, Eu, Fe, La, Mg, Mn, K, Rb, Sc, Na, V, S และ Zn ในจำนวนธาตุต่าง ๆ

ที่หาได้นี้ S และ Zn ไม่สามารถจะทำการวิเคราะห์หาปริมาณได้ในการวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากโอกาสในการเกิดไอโซโทปกัมมันตรังสีของกัมมะถันมีน้อย เคยทดลองใช้กัมมะถันบริสุทธิ์ประมาณ 2 มิลลิกรัม อาบรังสีด้วยระบบท่อลมซึ่งมีนิวตรอนฟลั๊กซ์ประมาณ 10^{11} นิวตรอน/ซม.^{2}/วินาที เป็นเวลา 30 วินาที แล้วทำการวัดใกล้หัววัดปรากฏว่าจำนวนนับได้ของยอดพลังงานขนาด 3.1 MeV ของกัมมะถันมีเพียง 11 ครั้งต่อ 200 วินาที และรูปร่างของยอดพลังงานไม่สมบูรณ์ ถ้าอาบรังสีนานเกินไปก็จะทำให้ปริมาณรังสีของสารตัวอย่างที่ใช้ควบคู่กับกัมมะถันมาตรฐานแรงเกินไป จึงไม่สามารถหาปริมาณที่แน่นอนของกัมมะถันได้ ส่วน Zn นั้น ปรากฏว่ายอดพลังงานรังสีแกมมาที่เกิดขึ้นเกิดซ้อนกับยอดพลังงาน 1.12 MeV ของ Sc-46 ต้องรอเวลาให้ Sc-46 สลายตัวไปมากเสียก่อนจึงจะเห็นยอดพลังงานของ Zn-65 ได้ ซึ่งต้องใช้เวลารอกว่า 6 เดือน จึงไม่สามารถหาปริมาณของสังกะสีได้โดยตรงในการวิจัยครั้งนี้ ธาตุต่างที่เกิดขึ้นอาจ จำแนกตามปริมาณได้เป็น 2 พวกคือ

1. พวกที่มีปริมาณเป็นเปอร์เซ็นต์ มี 6 ธาตุ โดยมีปริมาณเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 5-9 ดังนี้

<u>ตารางที่ 5-9</u> ธาตุที่มีค่าเป็นเปอร์เซ็นต์โดยประมาณ

ตัวอย่างที่ / ธาตุ	1	2	3	4 - 11
	ปริมาณของสารคิดเป็นเปอร์เซ็นต์			
Al	4.08	4.95	7.38	3.94 - 5.91
Ca	4.25	6.53	8.84	1.35 - 12.86
Fe	2.10	2.49	3.28	2.32 - 3.56
Mg	3.11	3.59	4.65	1.60 - 4.09
K	1.64	2.17	2.53	1.33 - 3.07
Na	0.86	1.69	1.70	0.19 - 1.92

2. ธาตุที่มีค่าเป็น ppm. 12 ธาตุสามารถแสดงช่วงของปริมาณในตัวอย่างหินน้ำมันได้ตามตารางที่ 5-10

ตารางที่ 5-10 ธาตุที่มีค่าเป็น ppm.

ตัวอย่างที่ / ธาตุ	1, 4 - 11
	จำนวน ppm. ของสาร
Sb	3.20 - 9.08
As	73.58 - 132.80
Br	1.92 - 12.40
Cs	11.44 - 18.33
Co	10.75 - 18.48
Cr	31.27 - 58.51
Eu	0.58 - 1.37
La	18.56 - 42.65
Mn	273.90 - 603.60
Rb	83.28 - 291.43
Sc	6.21 - 9.53
V	31.13 - 50.83

นอกจากธาตุที่พบ 20 ธาตุข้างต้นแล้ว เชื่อว่ายังมีธาตุปริมาณน้อยอื่น ๆ อีก แต่เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้มีเวลาการวิจัยและเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัยจำกัด ถ้าหากพิจารณาอย่างละเอียดและทำการวัดนาน ๆ ในเทอมเป็นชั่วโมงแล้ว ย่อมจะมีโอกาสพบธาตุที่มีปริมาณน้อยกว่า 1 ppm. ในตัวอย่างหินน้ำมันที่ใช้นี้ได้ เนื่องจากสำรวจดูจากรายงานอื่น ๆ ยังไม่พบว่ามีการหาธาตุปริมาณน้อยในตัวอย่างหินน้ำมันเลย จึงไม่สามารถเปรียบเทียบชนิดของธาตุที่มีปริมาณน้อยจากการวิจัยอื่น ๆ ได้ แต่จากการเทียบปริมาณของธาตุที่มีอยู่ในเทอมเป็นเปอร์เซ็นต์จากการวิเคราะห์กากหินน้ำมันแหล่งแม่สอดของกรมโลหกิจแห่งสหรัฐอเมริกา ในปี พ.ศ. 2502 แล้ว อาจพิจารณาอย่างง่าย ๆ ตามตารางที่ 5-11

<u>ตารางที่ 5-11</u> เปรียบเทียบผลของธาตุเป็นเปอร์เซ็นต์โดยประมาณ

กากหินน้ำมันแม่สอด วิเคราะห์โดย U.S.A.	คิดเป็นปริมาณของธาตุ	ค่าที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้	
		กากหินน้ำมันสกัดที่ 800° ซ.	หินน้ำมัน
	ปริมาณของธาตุเป็นเปอร์เซ็นต์		
Al_2O_3 19.9%	Al 10.50	Al 7.37	Al 3.94 - 5.91
Fe_2O_3 4.8%	Fe 3.35	Fe 3.28	Fe 2.32 - 2.56
CaO 3.3%	Ca 2.47	Ca 8.84	Ca 1.35 - 12.86
MgO 3.8%	Mg 2.27	Mg 4.65	Mg 1.60 - 4.09
K ไม่ได้หาไว้	K ไม่ได้หาไว้	K 2.53	K 1.18 - 3.07
Na ไม่ได้หาไว้	Na ไม่ได้หาไว้	Na 1.70	Na 0.15 - 1.92

จะเห็นได้ว่าปริมาณของธาตุที่หาได้จากการวิจัยครั้งนี้ นอกจาก Al แล้ว ก็นับว่าอยู่ในช่วงที่เป็นไปได้ และจากการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กในหินน้ำมันของ น.ส.นิรมล ผดุงกุล นิสิตปีที่ 4 คณะวิทยาศาสตร์และอักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อภาคต้นปีการศึกษา 2517-18 ตามโครงงานหินน้ำมันไทย ปรากฏว่าผลการวิเคราะห์ทางเคมีได้เหล็กในหินน้ำมันแหล่งแม่สอด ระหว่าง 1.05 - 1.51 % ซึ่งนับว่าเป็นค่าที่น้อยกว่าค่าที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้และผลของ Fe_2O_3 ตามตารางที่ 5-11 ในการวิจัยครั้งนี้ ได้พยายามทำให้ตัวอย่างหินน้ำมันมีเนื้อสม่ำเสมอใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยการบดให้เป็นผงละเอียดและคลุกเคล้ากันให้มากที่สุด แต่ก็เชื่อว่ายังมีส่วนที่ไม่สม่ำเสมอบ้าง และจากการพิจารณาดูผลการวิเคราะห์กากหินน้ำมันในประเทศต่าง ๆ และแหล่งต่าง ๆ กัน ก็จะเห็นได้ว่า ค่าที่ได้ก็แตกต่างกันไปบ้าง แต่อยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน จึงเชื่อว่าส่วนประกอบของหินน้ำมันต้องขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของหินน้ำมันจากแต่ละแหล่งด้วย

ถ้าเทียบผลการวิเคราะห์ Al, Mn, Na จากดินชนิดต่าง ๆ จากหลายจังหวัด ในประเทศไทยซึ่งได้ผลว่า

Al[1]	0.679 -----	7.901 %
Mn[2]	66 -----	1512 ppm.
Na[3]	156 -----	11378 ppm.
Sc[4]	6 -----	94 ppm.

จะเห็นได้ว่าปริมาณของ Al, Mn, Na, Sc ในหินน้ำมันมีอยู่ในช่วงที่มีอยู่ในดิน

1, 2. M.L. Anong Nilubol, Prapai Sungtong, and Darakarat Chamnirokasarnt. 1970 Soil Analysis by Neutron Activation Method. Thai AEC-36.

3. สุรดี ทองแสง และผัสสพร จิตตาภรณ์ 2514 "การวิเคราะห์หาปริมาณโซเดียมในดิน" วารสาร Thai AEC-47

4. วัลลภ บุญคง 2515 "การวิเคราะห์สแกนเดียม" วารสาร Thai AEC-61, 23