

รายการอ้างอิง

- 1) Beck , H.L. , Condon , W . J . , and Lowder , W. M. , “ Spectrometric Techniques for Measuring Environmental Gamma-ray Radiation ”, USAEC Report HASL No 150 October (1964) :
- 2) Beck H.L. , “ Environmental Gamma-Ray Radiation from Deposited Fission Products ” , 1960-1964 Health Physics No 12 313-322 (1966) :
- 3) Beck H.L. , Lowder , W. M. Bennett , B . G . , and Condon , W . J . “ Further Studies of External Environmental Radiation ”, USAEC Report HASL No 170 March (1966) :
- 4) Beck H.L. , and De Planque, G. ;“ The Radiation Field in Air Due to Distributed Gamma-Ray Sources in the Ground ”, USAEC Report HASL No 195 May (1968) :
- 5) Beck H.L. , Lowder , W. M. , and McLaughlin , J . E . ;“ In Situ External Environmental Gamma-Ray Measurements Utilizing Ge (Li) and NaI(Tl) Spectrometry and Pressurized Ionization Chambers.”, Proc. of Symposium on Rapid Methods for Measuring Radioactivity in the Environment IAEA-SM No 148/2 , Vienna (1971) :
- 6) Beck H.L. , “ The Physics of Environmental Radiation Fields ”, Proceeding of the 2nd International Symposium on the Natural Radiation Environment Houston , Texas (1972) :

- 7) Beck H.L , J.A. Decampo , C.V. Gogolak , W.M. Lowder , J.E. McLaughlin , and P.D. Raft ,“ New perspectives on low level environmental radiation monitoring around nuclear facilities ”, Nuclear Technology No 14 232 (1972) :
- 8) Beck H.L , J.A. Decampo , C.V. Gogolak ,“ In situ Ge (Li) and NaI(Tl) gamma-ray spectrometry ”, HASL No 258 (1972) :
- 9) Bernd Kanhn , Wayne M. Lowder , Julian M. Nielsen , Jacob Sedlet , McDonald E. Wrenn. ,“ Environmental Radiation Measurements ”, Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements December 27 (1976) :
- 10) Cardinale A and Frittelli , L. ,“ Improved Methods for Measurement of Gamma Exposure Rate in the Natural Radiation Environment ”,. Comitato Nazionale Energia Nucleare Report RT/FI (68)54 Rome (1968) :
- 11) Gordon Gilmore and John Hemingway . ;“Practical Gamma-Ray Spectrometry ”, John wiley & sons (Publisher) Great Britain (1995) :
- 12) Gunnink, R. , Niday , J . B . , Anderson , R . P . , and Meyer, R . A . ,“Gamma-Ray Energies and Intensities ”, LRL Report UC10-15439 (1969) :
- 13) John R. Lamarsh ,“ Introduction to Nuclear Engineering ”, 2nd edition. Addison-Wesley Publishing company U.S.A (1983) :
- 14) Kevin M. Miller , Peter Shebell , and Gladys A. Klemic. ,“ Environmental Measurement Laboratory ”, U.S. Department of Energy New York Health Physics Society (1994) :

- 15) Knoll , G . F . , “ Radiation Detection and Measurement.”, John Wiley Sons New York (1979) :
- 16) Lingeman , E.W.A. , Konijn , J. Polak , P. , and Waptra , A. H. , The Decay of ^{214}Pb and ^{226}Ra Daughters Nuclear Physics No 133 630-647 (1969) :
- 17) Lowder , W.M. Beck , H.L. , and Condon , W. J. , “ Spectrometric Determination of Dose Rates from Natural and Fallout Gamma-Radiation in the United States ”, 1962-1963 Nature No 202 745-749 (1964) :
- 18) Lowder , W.M. , Beck H.L. , and Condon , W. J. , “ Field Spectrometric Investigations of Environmental Radiation in the U.S.A ”; The Natural Radiation Environment , Ch. 35 (Adams, J.A.S. , Lowder, W.M. , Editors) Uni. of Chicago Press Chicago (1964) :
- 19) Lowder , W.M. , Raft , P.D. , and Gogolak , C. V . , “ Environmental Gamma-Ray Radiation from N-16 in Reactor Turbines ”, . Transaction of the American Nuclear Society 15 June (1972) :
- 20) Mowatt , R . S . , “ ^{152}Eu and ^{226}Ra Relative gamma-ray Intensities for Rapid Efficiency Calibrations of Ge(Li) Detectors ”, Canadian Journal of Physics No 48 2606-2608 (1970) :
- 21) Nicholas Tsoulfanidis , “ Measurement and Detection of Radiation ”, McGraw-Hill Series in Nuclear Engineering Hemisphere Publishing Corporation New York (1983) :
- 22) R . A . Faires , G . G . J . Boswell , Radioisotope Laboratory Techniques , 4th edition Butterworth & Co (Publishers) Ltd, (1981) :

- 23) พิพัฒน์ โชคสุวัฒน์สกุล , “ การสำรวจยูเรเนียมตามแนวถนนบางสายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยใช้หัววัดโซเดียมไอโอไดต์ (แทลเลียม) ”, วิทยานิพนธ์ปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหา
วิทยาลัย พ.ศ. 2530 :



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Nuclide	Abundance		Half Life	Radiation*	Energy*	Intensity*	Reference*
	Elemental	Litho- sphere*					
⁴⁰ K	percent 0.0118	μK g ⁻¹ 3	1.28 × 10 ¹⁰ y	e _{A1} e _{A2} β X γ	MeV 0.00024 0.00296 1.314 (0.562) 0.00300 1.4608	percent ~16 7.0 89.3 1.1 10.7	1, 2
⁸⁷ Rb	27.55	75	4.7 × 10 ¹⁰ y	β	0.274	100	3

* Ref: Adams (1962)

* "e_A" = Auger electron.

* For beta particles the maximum energy is given, with the average energy in parentheses.

* Percentage yield relative to total radionuclide decay rate

* Key to references: 1 - Martin and Blichert-Toft (1970); 2 - Bowman and MacMurdo (1974); 3 - Verheul (1971)

ตารางที่ 2.1 แสดงธาตุกัมมันตรังสีดั้งเดิมที่เกิดมาพร้อมผิวโลก

Radionuclide	Soil concentration		Mean specific activity Ci g ⁻¹
	Typical range	World average	
	g g ⁻¹ soil	g g ⁻¹ soil	
⁴⁰ K	(0.5-3.0) × 10 ⁻⁶	1.5 × 10 ⁻⁶	1.0 × 10 ⁻¹¹
⁸⁷ Rb	-	4.0 × 10 ⁻⁵	3.5 × 10 ⁻¹²
²²⁶ Ra	(0.5-2.0) × 10 ⁻¹²	8.0 × 10 ⁻¹²	8.0 × 10 ⁻¹²
²³² Th	(2-12) × 10 ⁻⁶	6.0 × 10 ⁻⁶	6.5 × 10 ⁻¹²
²³⁸ U	(1-4) × 10 ⁻⁶	2.0 × 10 ⁻⁶	6.7 × 10 ⁻¹²

References: Vinogradov (1959); Grodzinskii (1965); Baranov and Morozova (1973).

ตารางที่ 2.2 แสดงธาตุกัมมันตรังสีในดิน

ตารางที่ 2.3 แสดงธาตุกัมมันตรังสีที่เกิดจากปฏิกิริยาของรังสีคอสมิก

Nuclide	Rate of Atmospheric Production of Atoms ^a	Half-Life	Radiation ^b	Energy ^c	Intensity ^d	Reference ^e
				MeV	percent	
³ H	0.25	12.35 y	β^-	0.0185 (0.00568)	100	1
⁷ Be	8.1×10^{-2}	53.3 d	e_A	0.000054	88	1, 2
			γ	0.47759	10.3	
¹⁰ Be	4.5×10^{-2}	2.7×10^6 y	β^-	0.555	100	3
¹⁴ C	2.5	5730 y	β^-	0.1561 (0.0493)	100	1
²² Na	8.6×10^{-3}	2.60 y	e_A	0.00082	3.5	1
			β^-	0.5459 (0.2156)	90.49	
			γ_1	0.5110	181.08	
			γ_2	1.27454	99.95	
²⁶ Al	1.4×10^{-1}	7.4×10^5 y	β^-	1.16	84.6	2, 3
			γ_1	0.5110	169.2	
			γ_2	1.12967	2.5	
			γ_3	1.80865	99.76	
²⁸ Si	1.6×10^{-1}	280 y	β^-	0.21	100	3, 4
³² P	8.1×10^{-1}	14.29 d	β^-	1.7089 (0.6950)	100	1
³⁴ P	6.8×10^{-1}	24.8 d	β^-	0.248	100	3
³⁵ S	1.4×10^{-1}	85.0 d	β^-	0.1673 (0.04879)	100	1
³⁶ Cl	1.1×10^{-1}	3.01×10^5 y	e_{A1}	0.00016	3.2	1
			e_{A2}	0.0021	1.5	
			β^-	0.7059 (0.2514)	95.1	
³⁷ Ar	8.3×10^{-1}	35.0 d	γ	0.815 (max.)	100	3
³⁹ Cl	1.6×10^{-1}	56.2 min	β_1^-	1.91	85	2, 3
			β_2^-	2.18	8	
			β_3^-	3.45	7	
			γ_1	0.25026	44	
			γ_2	0.98579	2	
			γ_3	1.09097	2	
			γ_4	1.2672	50	
			γ_5	1.51731	35	
³⁹ Ar	4.0×10^{-1}	269 y	β^-	0.565	100	3

^a Ref: Lal and Peters (1967).

^b " e_A " = Auger electron.

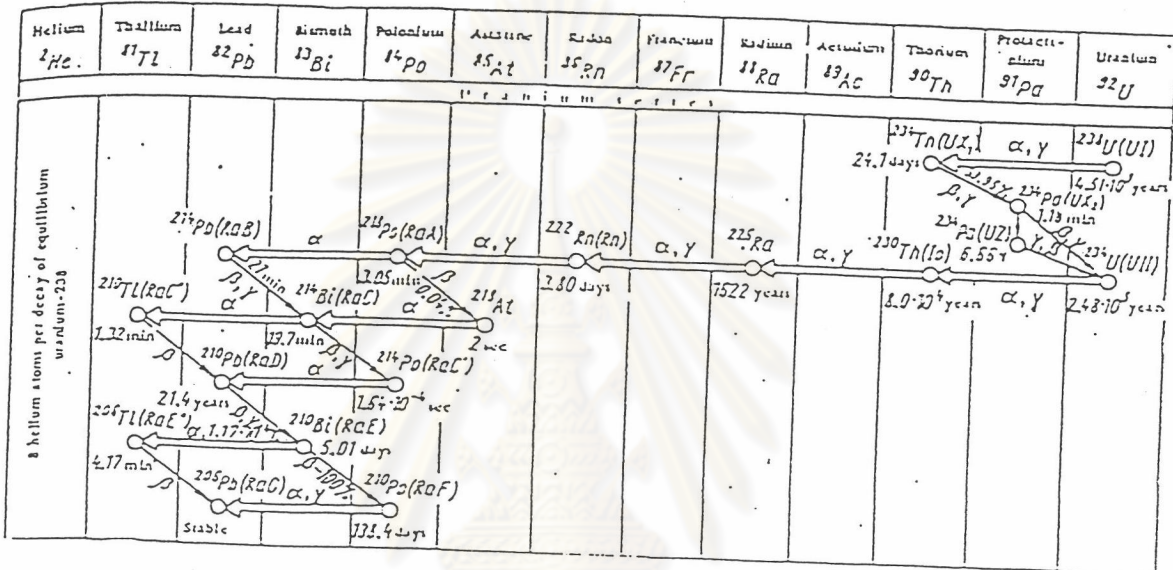
^c For beta particles the maximum energy is given, with the average energy in parentheses.

^d Percentage yield relative to total radionuclide decay rate.

^e References: 1—Martin and Blichert-Toft (1970); 2—Bowman and MacMurdo (1974); 3—Lederer *et al.* (1967); 4—Jantsch (1967).

Decay scheme	Half-life of isotope	Radiation	Gammas per disintegration	Gamma-ray energy (MeV)
^{40}K	$1.3 \times 10^9 \text{ a}$	β, γ	0.11	1.4608
(89%) $^{40}\text{Ca} + \beta$	Stable	-	-	-
(11%) $^{40}\text{Ar} + \gamma$	Stable	-	-	-

ตารางที่ 2.4 แสดงรูปแบบการสลายตัวของโปแตสเซียม-40



ตารางที่ 2.5 (ก) แสดงอนุกรมการสลายตัวของยูเรเนียม

Decaying isotope	Gamma-ray energy (MeV)	Gammas per 100 disintegrations
^{214}Pb	0.2952	17.9
^{214}Pb	0.3520	35.0
^{214}Bi	0.6094	43.0
^{214}Bi	1.1204	14.5
^{214}Bi	1.2382	5.6
^{214}Bi	1.3778	4.6
^{214}Bi	1.7647	14.7
^{214}Bi	2.2045	4.7
^{214}Bi	2.4480	1.5

ตารางที่ 2.5 (ข) แสดงพลังงานต่างๆในอนุกรมยูเรเนียม (เรียงตามลำดับพลังงาน)

ตารางที่ 2.5(ค) แสดงคุณสมบัติของธาตุในอนุกรมยูเรเนียม

Nuclide	Half-Life	Radiation*	Energy*	Intensity*	Reference*
			MeV	percent	
^{238}U	4.49×10^8 y	α_1	4.149	23	1, 2, 3
		α_2	4.196	77	
		ce_1	0.030	23	
^{234}Th	24.10 d	ce_2	0.043	23	1, 4, 5, 6
		β_1^-	0.100	12	
		β_2^-	0.101	21	
		β_3^-	0.193	67	
		ce	0.08	11	
		γ_1	0.0633	5	
		γ_2	0.0923	2	
		γ_3	0.0928	3	
^{234}Pa	1.17 min	β_1^-	1.5	~2	1, 4, 5, 6
		β_2^-	2.29	~98	
^{234}U	2.48×10^5 y	γ	1.0011	0.59	1, 3, 4
		α_1	4.722	27.5	
^{230}Th	7.7×10^4 y	α_2	4.774	72.5	1, 3, 7
		α_1	4.621	23.4	
^{226}Ra	1602 y	α_2	4.6875	76.3	1, 3, 5, 6
		α_1	4.602	5.5	
		α_2	4.785	94.5	
		ce	0.1696	1.2	
^{222}Rn	3.824 d	γ	0.1861	3.7	1, 3
		α	5.490	100	
^{218}Po	3.05 min	X	0.08117	1.26	1, 3
		α	6.003	100	
^{214}Pb	26.5 min	β_1^-	0.20 (0.056)	2.2	1, 5, 6
		β_2^-	0.51 (0.152)	1.3	
		β_3^-	0.69 (0.215)	46	
		β_4^-	0.75 (0.236)	43	
		β_5^-	1.04 (0.348)	7	
		ce_1	0.03684	10	
		ce_2	0.04923	4.8	
		ce_3	0.15139	6.2	
		ce_4	0.20469	7.7	
		ce_5	0.22553	1.1	
		ce_6	0.26146	3.6	
		ce_7	0.27683	1.3	
		ce_8	0.33560	1.6	
		e_λ	0.00815	20	
		X_1	0.01084	14	
X_2	0.07892	22.3			
^{214}Bi	19.8 min	γ_1	0.05323	2.2	1, 5, 6
		γ_2	0.24192	7.4	
		γ_3	0.29522	17.9	
		γ_4	0.35199	35.0	
		β_1^-	0.82 (0.264)	2.9	
^{214}Po	19.8 min	β_2^-	1.08 (0.362)	6.6	1, 5, 6
		β_3^-	1.15 (0.391)	4.9	

ตารางที่ 2.5(ง) แสดงคุณสมบัติของธาตุในอนุกรมยูเรเนียม (ต่อ)

Nuclide	Half-Life	Radiation ^a	Energy ^b	Intensity ^c	Reference ^d
(Cont'd)		β_1^-	1.27 (0.438)	4.5	
		β_2^-	1.39 (0.487)	1.6	
		β_3^-	1.43 (0.504)	5.7	
		β_4^-	1.51 (0.537)	13	
		β_5^-	1.55 (0.554)	17	
		β_6^-	1.62 (0.583)	1.2	
		β_{10}^-	1.74 (0.600)	3.5	
		β_{11}^-	1.86 (0.686)	1.0	
		β_{12}^-	1.90 (0.702)	3.6	
		β_{13}^-	3.28 (1.317)	19	
		γ_1	0.6094	43.0	
		γ_2	0.6656	1.5	
		γ_3	0.7634	4.9	
		γ_4	0.8062	1.2	
		γ_5	0.9341	3.1	
		γ_6	1.1204	14.2	
		γ_7	1.1553	1.7	
		γ_8	1.2382	6.0	
		γ_9	1.2811	1.6	
		γ_{10}	1.3778	4.6	
		γ_{11}	1.3854	1.0	
		γ_{12}	1.4017	1.6	
		γ_{13}	1.4080	2.6	
		γ_{14}	1.5095	2.2	
		γ_{15}	1.6615	1.1	
		γ_{16}	1.7299	3.0	
		γ_{17}	1.7647	15.6	
		γ_{18}	1.8477	3.2	
		γ_{19}	2.1189	1.2	
		γ_{20}	2.2045	5.0	
		γ_{21}	2.4480	1.6	
²¹⁴ Po	162 μ s	α	7.6871	100	1, 3
²¹⁴ Pb	22.3 y	β_1^-	0.017 (0.0033)	50	1, 5, 6, 8
		β_2^-	0.061 (0.0158)	20	
		ce ₁	0.03012	57.9	
		ce ₂	0.04251	13.3	
		ce ₃	0.04557	4.4	
		e _A	0.00815	34.5	
		X	0.01084	23.4	
		γ	0.04651	4.05	
²¹⁴ Bi	5.012 d	β^-	1.1610 (0.3945)	100	1, 3, 8
²¹⁴ Po	138.38 d	α	5.3045	100	

^a "ce" = conversion electron; "e_A" = Auger electron.

^b For beta particles the maximum is given, with the average energy in parentheses.

^c Relative to ²³⁸U or ²³²Ra decay rates; assumed secular equilibrium.

^d References: 1 - Martin and Blichert-Toft (1970); 2 - Ellis (1970a); 3 - Rytz (1973); 4 - Ellis (1970b); 5 - Bowman and MacMurdo (1974); 6 - Beck (1972a); 7 - Ellis (1970c); 8 - Lewis (1971b).

6 helium atoms per decay of equilibrium thorium-232													51													
	The group of the element in the Periodic Table																									
<table border="1"> <tr> <td>0</td><td>III</td><td>IV</td><td>V</td><td>VI</td><td>VII</td><td>0</td><td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td>V</td><td>VI</td> </tr> </table>													0	III	IV	V	VI	VII	0	I	II	III	IV	V	VI	
0	III	IV	V	VI	VII	0	I	II	III	IV	V	VI														
Physico-chemical properties in natural media																										
<p>An inert gas formed upon alpha-decay. Neutral atoms are formed after two electrons are attached to an alpha particle.</p> <p>In rocks and soil there is practically no migration, due to the short half-lives (except for the end products of the decay chain).</p> <p>The chief source of these elements in the hydrosphere and the atmosphere are radioactive emanations. The elements appear in the atmosphere as charged aerosols.</p> <p>Migration depends on the half-lives irrespective of the chemical properties.</p>																										
<p>Ac. level gas which is brought from the atmosphere as a result of emanation from rocks and soil. It is usually present in the atmosphere in the form of free atoms. It is easily washed out from rocks by natural water.</p> <p>Found in negligible quantities, has not been studied in natural media.</p> <p>Easily leached and washed out by water. ^{210}Po after accumulation in rocks in quantities exceeding equilibrium with uranium.</p> <p>Behavior in nature studied insufficiently.</p> <p>Found only in tetravalent form in nature. Thorium compounds are practically insoluble in water. ^{232}Th migrates through mineralogical processes, in the form of stable minerals.</p> <p>Due to short half-lives, uranium X₁ and uranium Z practically do not migrate. The behavior of protactinium (^{231}Pa) has not been studied.</p> <p>Encountered in trivalent and hexavalent forms. Distinguished by its high chemical activity. The tetravalent form resembles thorium in its chemical properties. The hexavalent form migrates with water, in solution it migrates over large distances.</p>																										

Legend: α - emission, β - emission, γ - γ -decay

$^{226}\text{Ra}(\text{ThX}) - 1510\text{yr}$
 O - half-life 3.54 days
 0.014% - transformation probability

ตารางที่ 2.6 (ก) อนุกรมการสลายตัวของทอเรียม

Decaying isotope	Gamma-ray energy (MeV)	Gammas per 100 disintegrations
^{212}Pb	0.2386	45.0
^{228}Ac	0.3385	12.3
^{204}Tl	0.5107	9.0
^{204}Tl	0.5831	30.0
^{212}Bi	0.7272	7.0
^{228}Ac	0.9111	29.0
^{228}Ac	0.9667	23.0
^{228}Ac	1.5881	4.6
^{204}Tl	2.6147	35.9

ตารางที่ 2.6 (ข) แสดงพลังงานต่างๆในอนุกรมทอเรียม (เรียงตามลำดับพลังงาน)

ตารางที่ 2.6(ค) แสดงคุณสมบัติของธาตุในอนุกรมทอเรียม

Nuclide	Half-Life	Radiation*	Energy**	Intensity*	Reference
			MeV	percent	
^{232}Th	1.405×10^{10} y	α_1	3.953	23	1, 2, 3
		α_2	4.012	77	
		ce_1	0.040	18	
		ce_2	0.054	5	
^{228}Ra	5.75 y	e_λ	0.00948	40	1
		β^-	0.055 (0.0141)	100	
^{228}Ac	6.13 h	ce	0.0054	27	1, 4, 5
		β_1^-	0.456 (0.132)	5.3	
		β_2^-	0.494 (0.145)	6.9	
		β_3^-	0.620 (0.187)	4.6	
		β_4^-	0.996 (0.321)	7.9	
		β_5^-	1.026 (0.332)	3.5	
		β_6^-	1.125 (0.370)	11	
		β_7^-	1.180 (0.390)	39	
		β_8^-	1.752 (0.615)	14	
		β_9^-	1.819 (0.649)	2.7	
		β_{10}^-	2.089 (0.756)	6	
		ce_1	0.0368	59	
		ce_2	0.0521	21	
		ce_3	0.0743	4.6	
		ce_4	0.078	3.4	
		ce_5	0.093	1.2	
		ce_6	0.108	6.1	
		ce_7	0.123	1.9	
		ce_8	0.1635	1.4	
		e_λ	0.00948	40	
		X_1	0.01297	33	
X_2	0.09557	6.3			
γ_1	0.1291	2			
γ_2	0.2095	4			
γ_3	0.2702	4			
γ_4	0.3230	3			
γ_5	0.3385	11			
γ_6	0.4095	2			
γ_7	0.4630	4			
γ_8	0.7719	2			
γ_9	0.7949	4			
γ_{10}	0.833	3			
γ_{11}	0.9111	29			
γ_{12}	0.9645	6			
γ_{13}	0.9689	17			
γ_{14}	1.4592	1			
γ_{15}	1.498	2			
γ_{16}	1.5881	5			
γ_{17}	1.63	5			
^{208}Tl	1.913 y	α_1	5.341	26.7	1, 3, 4
		α_2	5.423	72.7	
		ce_1	0.0653	20	
		ce_2	0.0797	5.3	
			0.0833	2.0	

ตารางที่ 2.6(ง) แสดงคุณสมบัติของธาตุในอนุกรมทอเรียม (ต่อ)

Nuclide	Half-Life	Radiation*	Energy ^b	Intensity ^c	Reference ^d
²²⁶ Ra	3.64 d	α_1	5.449	5.2	1, 3, 4
		α_2	5.68 ^f	94.8	
		X	0.0857	44.0	
		γ	0.24098	4.0	
²²² Rn	55.3 s	α	6.288	100	1
²¹⁸ Po	0.15 s	α	6.778	100	1, 3
²¹⁴ Pb	10.64 h	β_1^-	0.154 (0.0410)	5.1	1, 4, 5, 6
		β_2^-	0.332 (0.0938)	33	
		β_3^-	0.571 (0.171)	13	
		ce ₁	0.14810	30	
		ce ₂	0.21009	1.2	
		ce ₃	0.22223	5.3	
		ce ₄	0.23462	1.3	
		e _{A1}	0.00815	20	
		e _{A2}	0.05816	1.4	
		X ₁	0.01084	13.3	
		X ₂	0.07892	34.0	
		γ_1	0.23862	44.9	
		γ_2	0.30009	3.4	
		²¹⁴ Bi	60.55 min	α_1	
α_2	6.090			9.6	
β_1^-	0.625 (0.190)			2.2	
β_2^-	0.733 (0.223)			1.3	
β_3^-	1.519 (0.530)			5.0	
β_4^-	2.246 (0.831)			54.3	
ce ₁	0.02450			19.6	
ce ₂	0.03615			4.5	
e _A	0.00778			12.0	
X	0.01027			7.5	
γ_1	0.03985			1.06	
γ_2	0.7272			7.1	
γ_3	0.7854			1.0	
γ_4	1.6208			1.3	
²¹⁴ Po	0.305 μ s	α	8.784	54.07	1, 3, 6
		β_1^-	1.034 (0.341)	1.0	
²¹⁴ Pb	3.07 min	β_2^-	1.287 (0.440)	8.5	1, 4, 5, 7
		β_3^-	1.520 (0.533)	8.2	
		β_4^-	1.797 (0.647)	18.7	
		ce	0.15924	1.0	
		X	0.07674	2.3	
		γ_1	0.27735	2.4	
		γ_2	0.51080	3.5	
		γ_3	0.58314	30.5	
		γ_4	0.36037	4.6	
		γ_5	2.61466	35.93	

* "ce" = conversion electron; "e_A" = Auger electron.

^b For beta particles the maximum energy is given, with the average energy in parentheses.

^c Relative to ²³²Th decay rate; assumed secular equilibrium.

^d References: 1 - Martin and Blichert-Toft (1970); 2 - Schmorak (1970a); 3 - Rytz (1970); 4 - Beek (1972a); 5 - Bowman and MacMurdo (1974); 6 - Paechel and Martin

ตารางที่ 2.7(ก) แสดงธาตุกัมมันตรังสีที่มนุษย์ผลิตขึ้น

Nuclide	Origin*	Half-Life	Radiation*	Energy*	Intensity*	References*
				MeV	percent	
^3H	NE, NF	12.35 y	β^-	0.0185 (0.00568)	100	1
^{14}C	NE, FF	5730 y	β^-	0.1561 (0.0493)	100	1
^{54}Mn	NE	312.5 d	e_{A1}	0.00057	149	1, 2
			e_{A2}	0.00478	65.6	
			X_{A}	0.00547	23.6	
			γ	0.53483	99.973	
^{59}Fe	NE	2.7 y	e_{A1}	0.00063	146.6	1
			e_{A2}	0.00519	63.0	
			X_{A}	0.00595	25.7	
^{60}Co	NE, NF	5.26 y	β^-	0.31788 (0.0959)	99.92	1, 2
			γ_1	1.17321	99.92	
			γ_2	1.33248	100	
^{65}Zn	NE, NF	243.8 d	e_{A1}	0.00093	134	1, 2
			e_{A2}	0.00703	51.6	
			β^-	0.331 (0.1433)	1.41	
			X_{A}	0.00813	35.2	
			γ_1	0.5110	2.32	
			γ_2	1.11552	50.75	
^{81}Kr	NE, NF	10.73 y	β^-	0.173 (0.0475)	0.43	2, 3
			β^-	0.637 (0.2514)	99.57	
			γ	0.51399	0.43	
^{90}Sr - ^{90}Y	NE, NF	23.5 y (Sr) 64.0 h (Y)	β^-	0.546 (0.1963)	100	1
			β^-	2.274 (0.936)	99.93	
^{90}Zr	NE	63.93 d	e_{A}	0.00215	1.4	3, 4
			ce	0.2164	1.1	
			β^-	0.3656 (0.109)	54.6	
			β^-	0.3981 (0.120)	44.4	
			γ_1	0.72413	44.4	
			γ_2	0.75672	54.6	
^{93}Nb	NE	35.15 d	β^-	0.1597 (0.0434)	99.92	3, 4
			γ	0.76579	99.92	
^{101}Ru - ^{101}Rh	NE, NF	369 d (Ru) 30.4 s (Rh)	β^-	0.0394 (0.0101)	100	1, 2
			β^-	1.95 (0.736)	1.72	
			β^-	2.41 (0.986)	10.5	
			β^-	3.03 (1.280)	8.4	
			β^-	3.54 (1.525)	78.8	
			γ_1	0.5115	20.5	
			γ_2	0.6218	9.76	
			γ_3	1.0501	1.45	
^{125}Sb - ^{125}Te	NE	2.77 y (Sb) 58 d (Te)	e_{A1}	0.00319	54	1, 2
			e_{A2}	0.02272	11.1	
			ce ₁	0.00365	72	
			ce ₂	0.03052	9.1	
			ce ₃	0.03445	1.66	
			ce ₄	0.07746	12.1	
			ce ₅	0.10433	9.1	
			cc ₁	0.10326	2.5	
			β^-	0.094 (0.0246)	13.3	
			β^-	0.124 (0.0329)	6.0	

ตารางที่ 2.7 (ก) ต่อ

Nuclide	Origin ^a	Half-Life	Radiation ^b	Energy ^c	Intensity ^d	References
(Cont'd)			X ₁	0.00503	2.10	
			X ₂	0.03671	9.0	
			γ ₁	0.08012	1.54	
			γ ₂	0.13353	10.8	
²³⁹ Pu	SNAP, NE	37.75 y	γ ₃	0.69643	1.47	
			α ₁	5.4992	71.1	7, 8
²⁴⁰ Pu	NE, NF	2.439 × 10 ⁴ y	α ₂	5.4565	28.7	
			α ₁	5.155	73.3	8, 9
			α ₂	5.143	15.1	
²⁴¹ Pu	NE, NF	6537 y	α ₃	5.105	11.5	
			α ₁	5.1683	76.0	8, 10
²⁴² Pu	NE, NF	14.8 y	α ₂	5.1238	24.0	
²⁴³ Am	NE, NF	433 y	β ⁻	0.0208	100	11
			ce ₁	0.00475	8.7	1
			ce ₂	0.01160	11.4	
			ce ₃	0.02063	4.0	
			ce ₄	0.02182	10.2	
			ce ₅	0.02485	1.1	
			ce ₆	0.02748	3.7	
			ce ₇	0.03170	1.4	
			ce ₈	0.03770	2.7	
			ce ₉	0.037936	34.0	
			ce ₁₀	0.053813	10.3	
			ce ₁₁	0.058035	3.7	
			e _A	0.01009	36.0	
			α ₁	5.3854	1.6	
			α ₂	5.4430	12.8	
			α ₃	5.4857	55.2	
			X	0.01394	29.0	
			γ ₁	0.02635	2.5	
			γ ₂	0.059536	35.9	

^a "NE" - Nuclear explosions

"NF" - Nuclear facilities

"SNAP" - SNAP-9A (System for Nuclear Auxiliary Power) which dispersed about 1 kg ²³⁹Pu in the earth's atmosphere (Hardy *et al.*, 1973)

"FF" - Fossil fuel power plants and other industries.

"ce" = Conversion electron; "e_A" = Auger electron; "X_λ" = K_λ x ray.

^c For beta particles the maximum energy is given, with the average energy in parentheses.

^d Percentage yield relative to total radionuclide decay rate.

^e References: 1 - Martin and Blichert-Toft (1970); 2 - Bowman and MacMurdo (1974); 3 - Martin (1973); 4 - Medsker and Horen (1972); 5 - Horen (1972); 6 - Nuclear Data Group (1965); 7 - Ellis (1970a); 8 - Rytz (1973); 9 - Artna-Cohen (1971); 10 - Schmorak (1971); 11 - Ellis (1970b).

ตารางที่ 3.1 เวิร์กชีตสำหรับคำนวณการเปรียบเทียบหัววัดรังสี

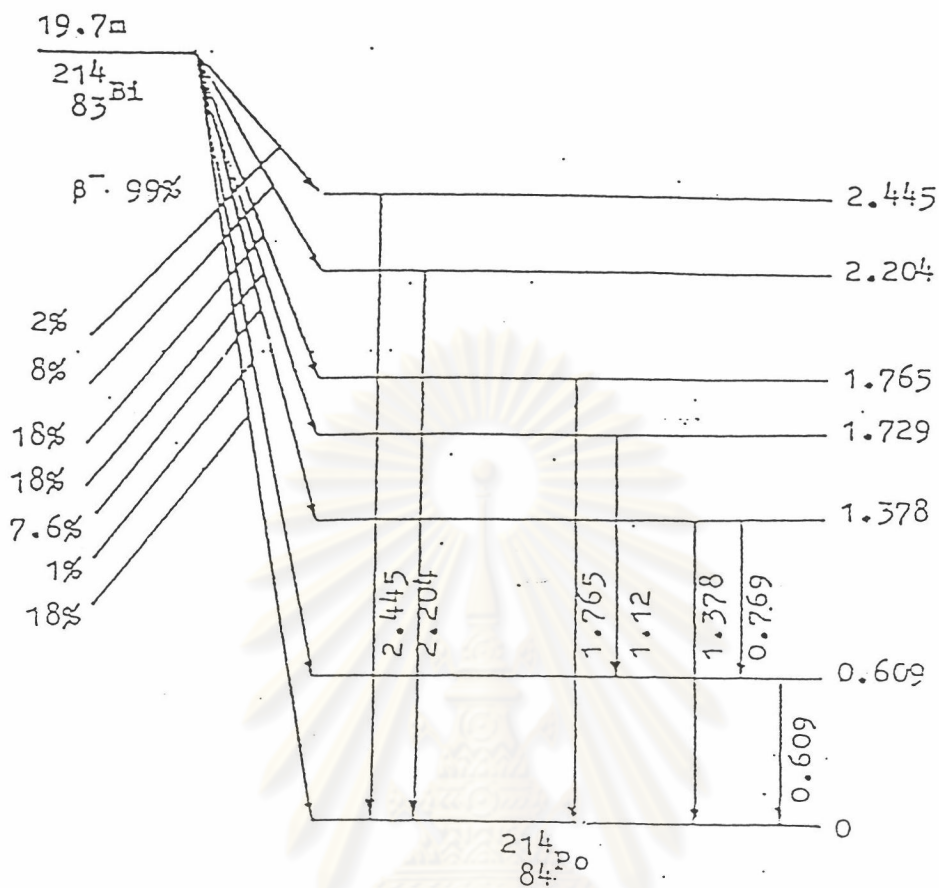
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	deg	rad	$\exp(-ua \cdot h/\alpha \cdot d/(\text{deg}))$	$\sin \cdot \exp$	Phi	N/N0	Us	Ua	$\ln(k-40)$	c3	c2	c1	c0	p	
2	0	0	0.9936756	0	0	0	-	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00
3	0.1	0.0017453	0.9936756	0.0162083	0.0017343	0.0162083	1.0080368	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00
4	0.2	0.0034907	0.9936756	0.0324166	0.0034686	0.0324166	1.0073812	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00
5	0.3	0.005236	0.9936755	0.0486248	0.0052028	0.0486248	1.0067332	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00
6	0.4	0.0069813	0.9936755	0.0648328	0.0069371	0.0648328	1.0060928	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00
7	0.5	0.0087266	0.9936754	0.0810406	0.0086713	0.0810406	1.00546	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00
8	0.6	0.010472	0.9936753	0.0972482	0.0104056	0.0972482	1.0048347	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00
9	0.7	0.0122173	0.9936752	0.1134554	0.0121397	0.1134554	1.0042169	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00
10	0.8	0.0139626	0.993675	0.1296623	0.0138739	0.1296623	1.0036065	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00
11	0.9	0.015708	0.9936748	0.1458688	0.015608	0.1458688	1.0030036	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00
12	1	0.0174533	0.9936747	0.1620749	0.017342	0.1620749	1.0024081	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00
13	1.1	0.0191986	0.9936745	0.1782805	0.019076	0.1782805	1.00182	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00
14	1.2	0.020944	0.9936742	0.1944855	0.0208099	0.1944855	1.0012393	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00
15	1.3	0.0226893	0.993674	0.2106898	0.0225438	0.2106898	1.0006658	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00
16	1.4	0.0244346	0.9936737	0.2268936	0.0242776	0.2268936	1.0000997	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00
17	1.5	0.0261799	0.9936735	0.2430966	0.0260113	0.2430966	0.9995408	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00
18	1.6	0.0279253	0.9936732	0.2592989	0.027745	0.2592989	0.9989892	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00
19	1.7	0.0296706	0.9936729	0.2755004	0.0294785	0.2755004	0.9984447	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
896	89.4	1.5603244	0.5456039	5.0988221	0.545574	5.0988221	0.0209772	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00
897	89.5	1.5620697	0.4833422	4.5170447	0.4833238	4.5170447	0.0155583	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00
898	89.6	1.563815	0.403014	3.7663947	0.4030042	3.7663947	0.010121	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00
899	89.7	1.5655603	0.2976885	2.7820978	0.2976845	2.7820978	0.0046654	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00
900	89.8	1.5673057	0.1624221	1.5179545	0.1624211	1.5179545	-0.000809	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00
901	89.9	1.569051	0.0263811	0.2465519	0.0263811	0.2465519	-0.006301	0.0850741	6.344E-05	7.2868764	-9.10E-01	1.26E+00	-3.82E-01	1.01E+00	1.59E+00
902															
903			878.04579	5168.3629	553.01483	5168.3629	0.8628201								

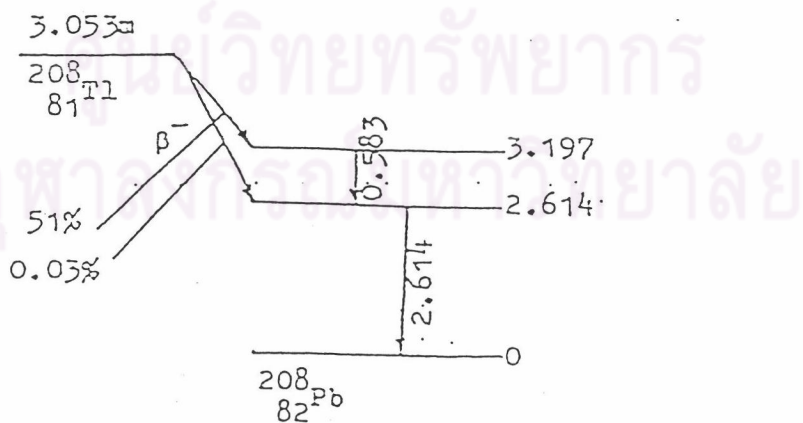
	P	Q	R	S	T	U
1	eff(1461)	N0/flux	N0(counts)/6000 sec	cps	flux/I(table)	Nf/I
2	1.68E-05	2.11E+00	1658(+)-148	0.27633+-0.02466	2.03E-01	0.369002836
3		(cps/photon/cm ² .sec)			(Photon/cm ² .sec/micro R	(cps/mico R /h)
4						
5	from equation $y = 0.2584 \cdot X^{0.4911}$					
6	at alpha/p= 0 flux at 1461keV					
7	=	9.256615626	(Photon/cm ² sec per photon/sec.g)			
8						
9	so flux/S = flux*intensity					
10	=	9.25661*0.107(from table 2.6)				
11	or	0.990457872	photons/cm ² /sec/Bq/g			
12		0.036642911	photons/cm ² /sec/pCi/g			
13						
14		(flux/I)/(flux/S)=S/I		the unit is (micro R/h/pCi/g)		
15			5.53995294			
16						
17	$Nf/S = (Nf/I) / (S/I)$					
18	$Nf/S =$	0.066607576	(cps/(pCi/g))			
19						
20	cps/(Nf/S)					
21	=	4.148677222	(+-)	0.370328244		
22	=	4.148(+)-0.370	pCi/g			
23	=	153.500(+)-13.700	Bq/kg			
24	และ cps/ (Nf/I)					
25	=	0.74885603+-0.06684501 micro R/h				

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1			ตัวอย่างเวริกซ์การวิเคราะห์ K , U และ Th ในดิน (ผลจากในห้องปฏิบัติการ)									
2						PEAK INTEGRAL (COUNTS PER 15000S)						
3						K Peak		U Peak		Th Peak		
4						Raw	Net	Raw	Net	Raw	Net	
5	BG		BACKGROUND		I..k	60109		14092		9465		
6					II..u-th	61597		14639		9609		
7	STD's	K		2.24	%	84254	24145	15390	1298	9694	229	
8		U		3.40E-06	ppm	84051	2454	22615	7976	10060	451	
9		Th		2.07E-06	ppm	61835	238	15001	362	11415	1806	
10												
11						Raw	Net	Raw	Net	Raw	Net	
12	BG		BACKGROUND		I	58973		15897		9266		
13					II for pae	61817		14478		9784		
14	SAMPLES		chul			93930	34957	17380	1483	9666	400	
15			ong1			93075	34102	18351	2454	10466	1200	
16			ong2			97263	38290	18347	2450	10566	1300	
17			uthi2			311101	252128	20472	4575	13687	4421	
18			uthi3			329210	270237	20394	4497	13456	4190	
19			pung1			207759	148786	19009	3112	10874	1608	
20			pae3			70820	9003	16418	1940	10484	700	
21			pae2			69061	7244	16188	1710	10284	500	
22			map1			86048	7075	21906	6009	14258	4992	
23			map3			65967	6994	21693	5796	14181	4915	
24	specific activity											
25		std K	0.6985	Bq/g	=	18.880	pCi/g					
26		std U	0.04164	Bq/g	=	1.1255292	pCi/g					
27		std Th	0.01619	Bq/g	=	0.4376157	pCi/g					
28												
29	****	1 Bq =	2.703x10 ⁻¹¹		Ci							
30		=	27.03		pCi							

	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	
3	Wt. in g		<----- FACTORS ----->													
4						*****	s1	คือ U กวน K								
5	400						s2	คือ Th กวน U								
6	400		s1 =	0.307673			s3	คือ Th กวน K								
7	400		s2=	0.200443	s3=	0.1317829										
8																
9																
10																
11																
12	260		% K =	0.491921103	U (ppm)=	9.1999E-07	Th(ppm)=	7.05E-07		Net K	34472.67609	Net U	1402.822813	Net Th	400	
13	265			0.465696713		1.42423E-06		2.08E-06		Net K	33262.83595	Net U	2213.468439	Net Th	1200	
14	300			0.463083775		1.24441E-06		1.99E-06		Net K	37445.05543	Net U	2189.424142	Net Th	1300	
15	550			1.689145281		1.14362E-06		3.89E-06		Net K	250410.4306	Net U	3688.841639	Net Th	4421	
16	570			1.748055143		1.09401E-06		3.37E-06		Net K	268559.6249	Net U	3657.143965	Net Th	4190	
17	340			1.611944857		1.39904E-06		2.17E-06		Net K	147715.7814	Net U	2789.687708	Net Th	1608	
18	445			0.069670414		6.89591E-07		7.21E-07		Net K	8357.035906	Net U	1799.689922	Net Th	700	
19	365			0.067924496		7.52016E-07		6.28E-07		Net K	6682.823111	Net U	1609.778516	Net Th	500	
20	487			0.03715122		1.75357E-06		4.7E-06		Net K	4876.193462	Net U	5008.388704	Net Th	4992	
21	470			0.03841018		1.74532E-06		4.79E-06		Net K	4866.126443	Net U	4810.822813	Net Th	4915	
22				pCl/g		pCl/g		pCl/g								
23		chul		4.146292074		0.30455174		0.149115155								
24		ong1		3.925252601		0.471475438		0.438904983								
25		ong2		3.90322874	3.914240671	0.411945972	0.441710705	0.420007685	0.429456334							
26		uthi2		14.23742476		0.378581105		0.779099571								
27		uthi3		14.73396271	14.48569374	0.362158609	0.370369857	0.712482673	0.745791122							
28		pung1		13.58671979		0.463135727		0.458397528								
29		paе3		0.587236209		0.228280748		0.152466057								
30		paе2		0.572520266	0.579878237	0.248945841	0.238613294	0.132773768	0.142619912							
31		map1		0.313139254		0.580497934		0.993529474								
32		map3		0.32375075	0.318445002	0.57776751	0.579132722	1.013586469	1.003557971							

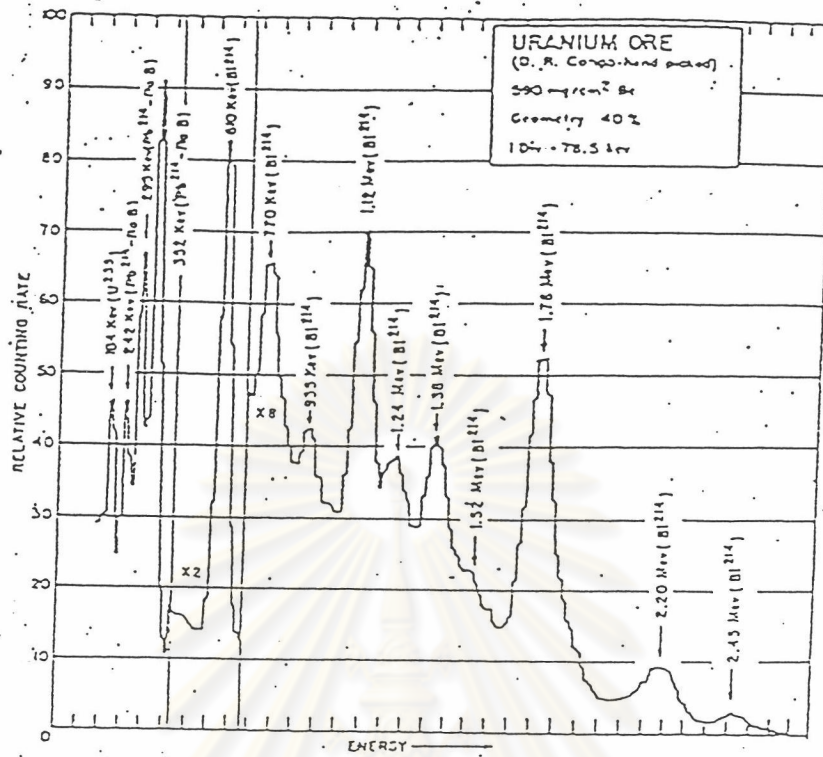


รูปที่ 2.1 รูปแบบการสลายตัว (decay scheme) ของบิสมัท-214

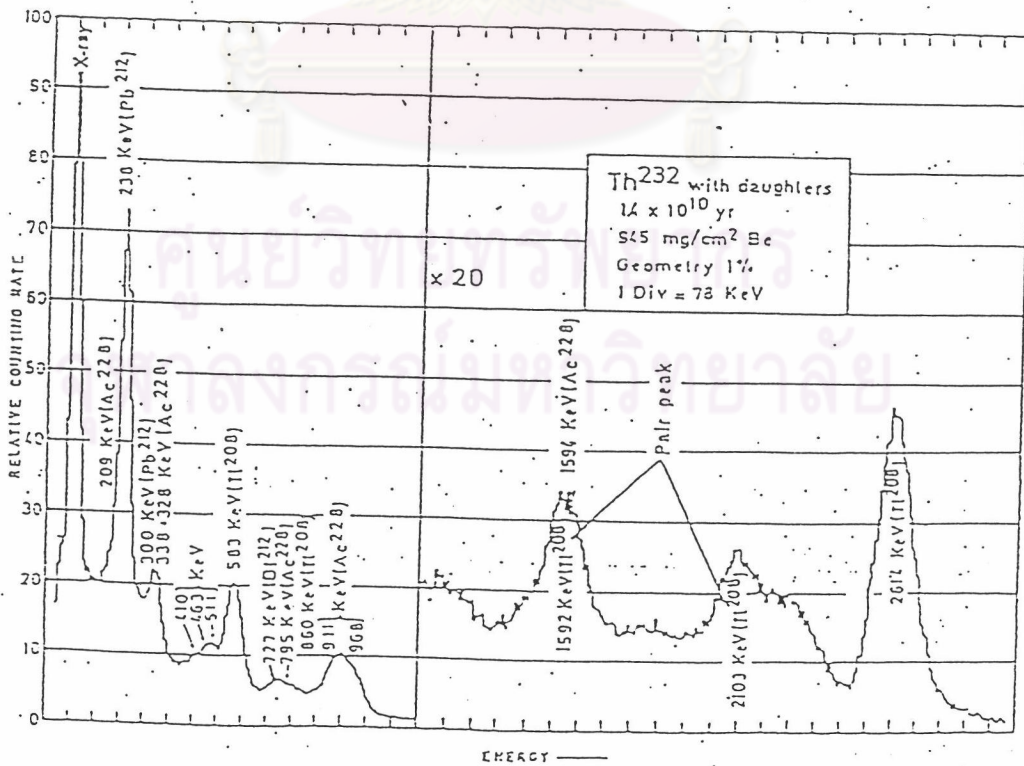


รูปที่ 2.2

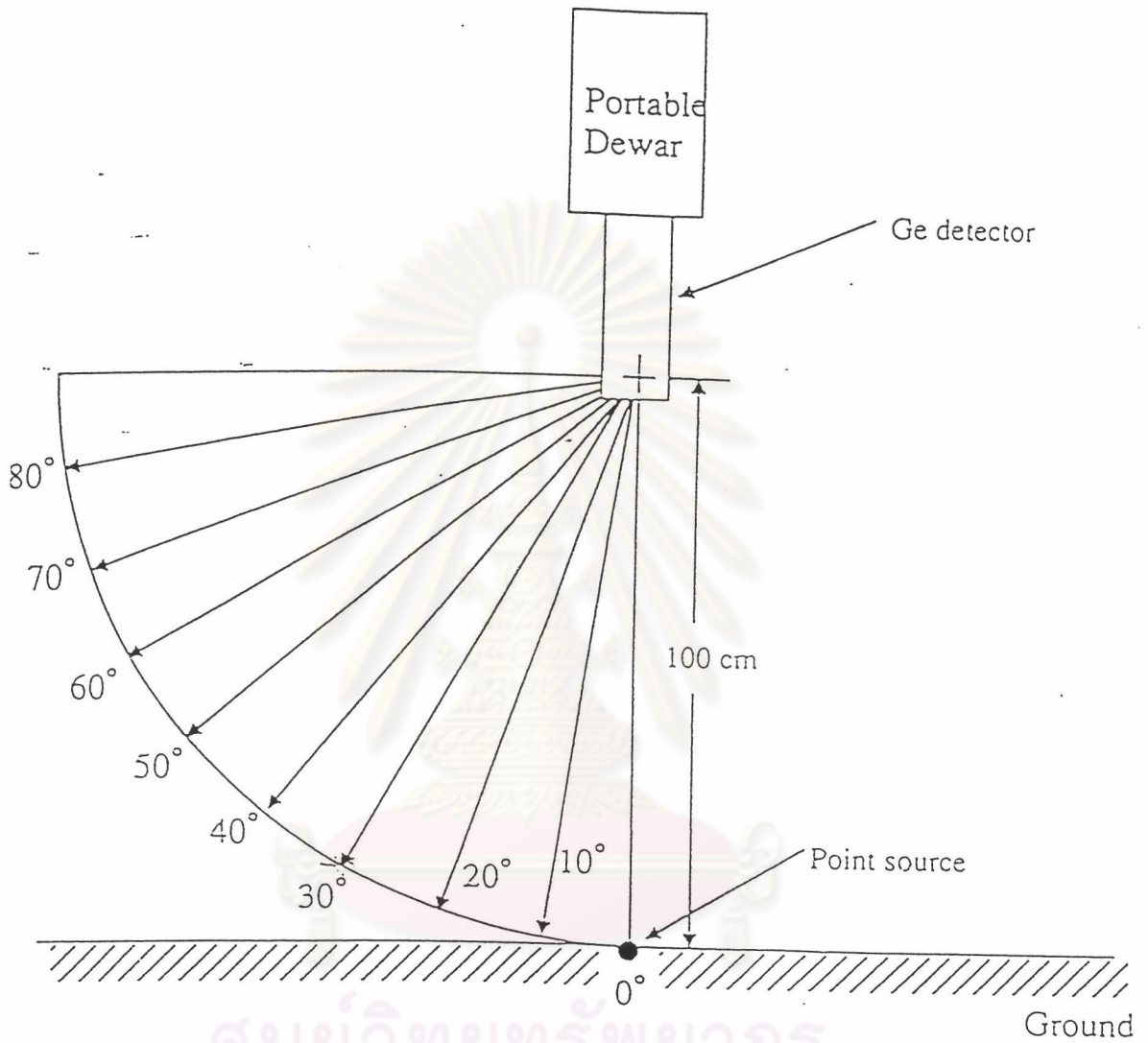
รูปแบบการสลายตัว (decay scheme) ของแทลเลียม-208



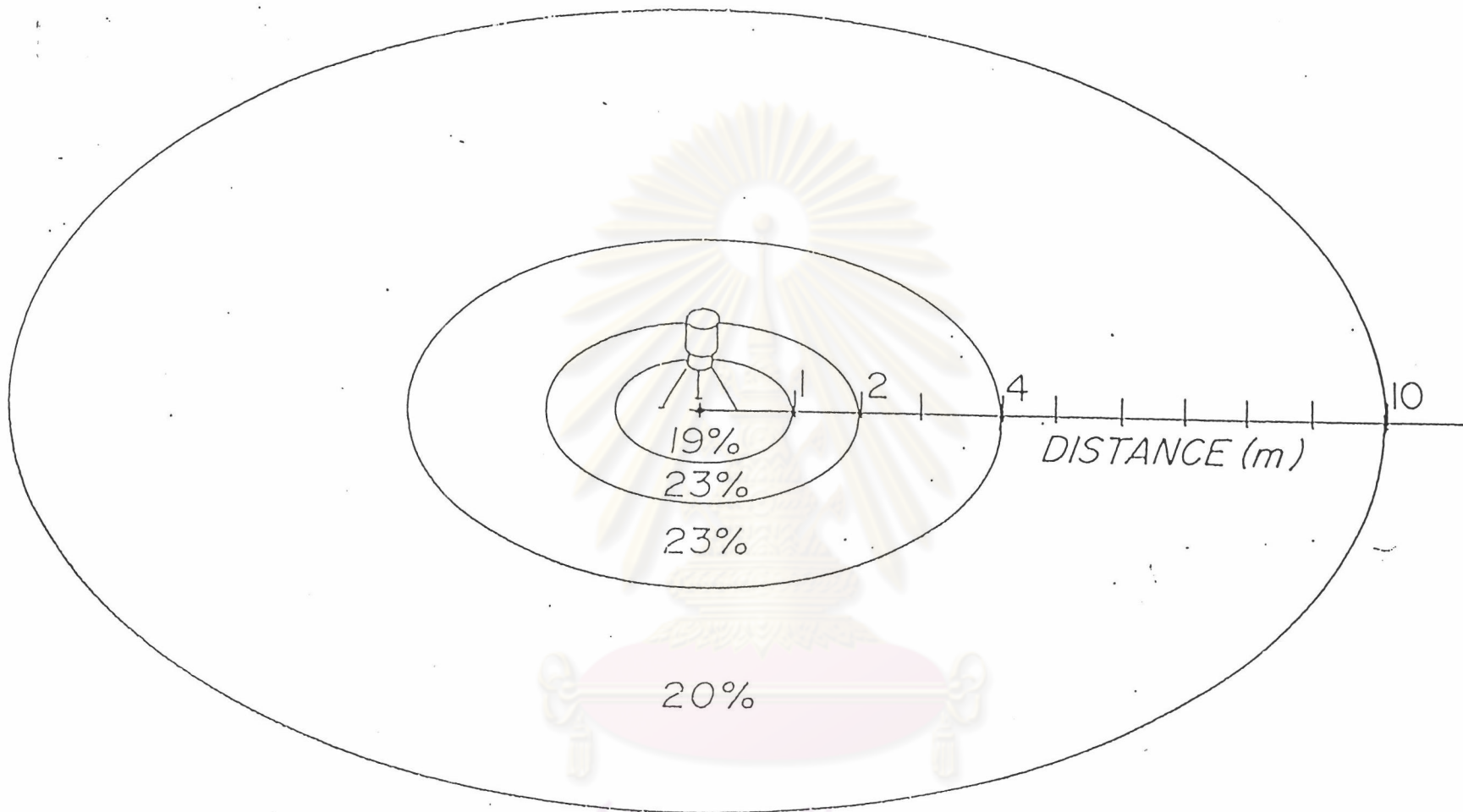
รูปที่ 2.3 สเปกตรัมของยูเรเนียม (U-238)



รูปที่ 2.4 สเปกตรัมของทอเรียม-232 และผลผลิตไออนุกรม

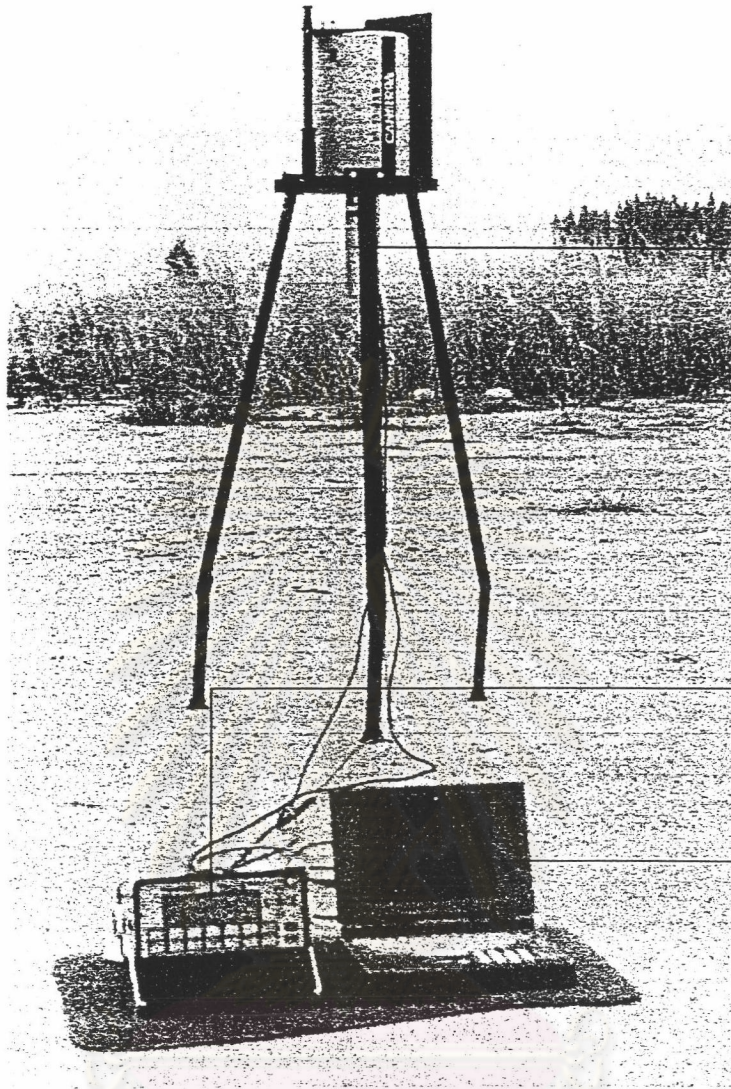


รูปที่ 2.5 แสดงวิธีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในแต่ละมุม สำหรับการวัดรังสีในสิ่งแวดล้อม โดยที่ เส้นโค้งของประสิทธิภาพถูกทำขึ้นโดยการวัดทุก point source ในทุก ๆ 10 องศา



รูปที่ 2.6

แสดงความสัมพันธ์ของฟลักซ์ที่มีผลต่อพื้นดิน ณ.ระดับความสูง 1 เมตรจากหัววัด ในกรณีของรังสีที่มีพลังงานระดับกลาง (662 keV) และเส้นที่แสดงถึงเปอร์เซ็นต์การกระจายของฟลักซ์ในดิน เมื่อ $\alpha/\rho = 0.21 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$



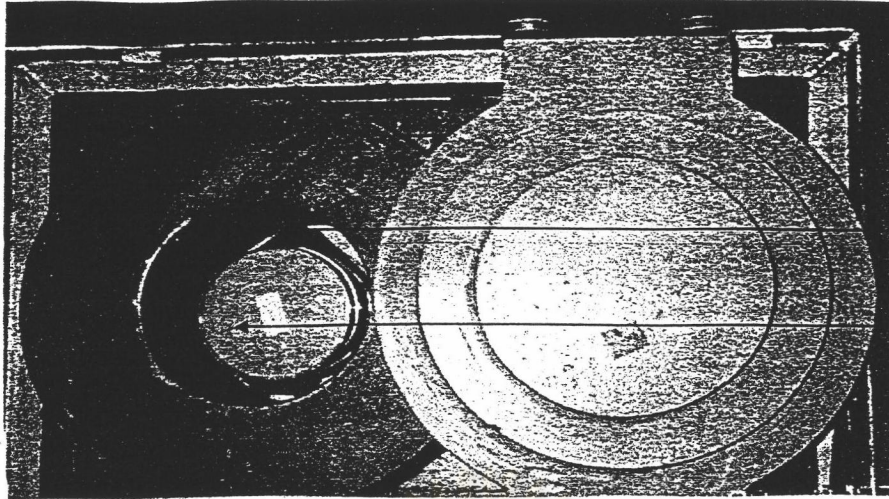
หัววัดรังสี
เจอร์เมเนียมความบริสุทธิ์สูง

MCA แบบกระเป๋าทิว

คอมพิวเตอร์แบบกระเป๋าทิว

รูปที่ 2.7 แสดงการจัดระบบวัดรังสีแกมมาในพื้นที่จริง

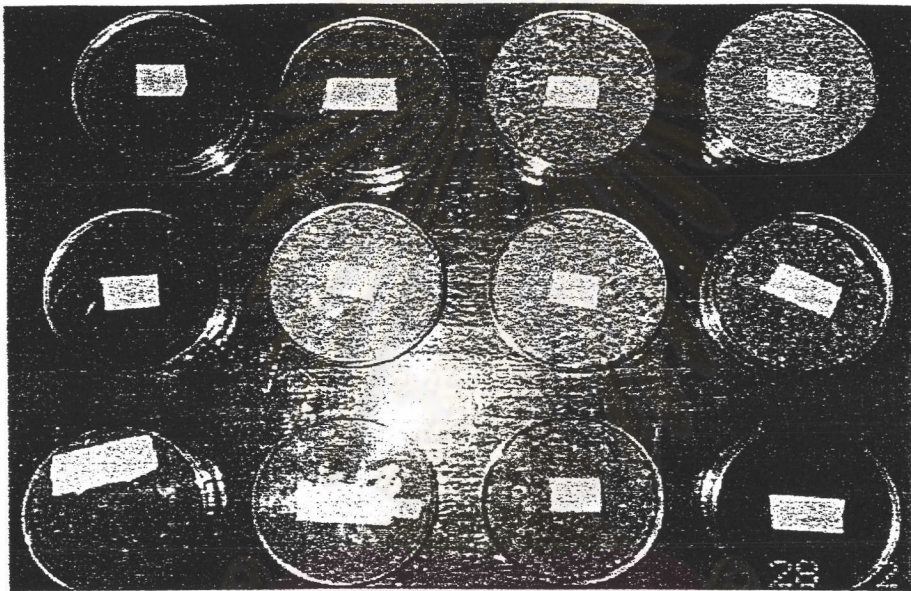
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หัววัดรังสี NaI(Tl)
5 นิ้ว x 5 นิ้ว

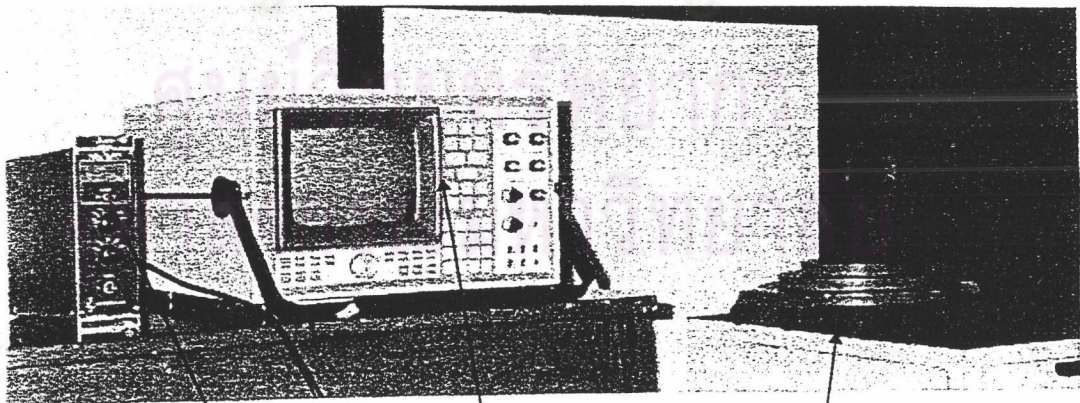
ภาชนะบรรจุ
ตัวอย่างดิน

รูปที่ 3.1



ภาชนะบรรจุ
ตัวอย่างดินจากพื้นที่ต่าง ๆ

รูปที่ 3.2



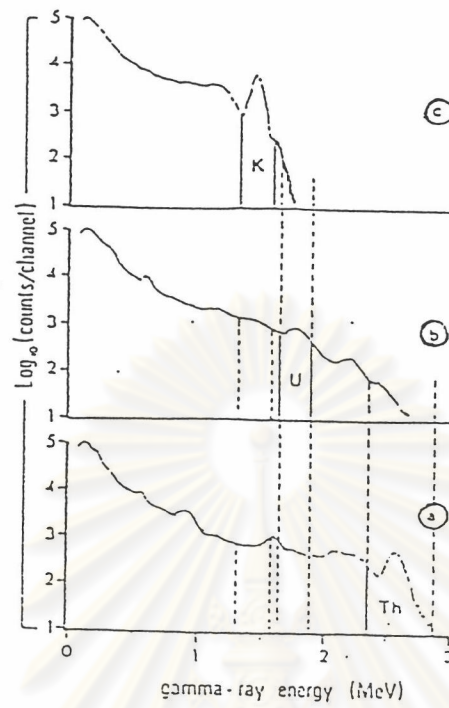
รูปที่ 3.3

ตัวจ่ายกำลังไฟฟ้าคัทยสูง

หลุมที่บรรจุหัววัด NaI(Tl) 5 นิ้ว x 5 นิ้ว

MCA

การจัดเครื่องมือวัดในห้องปฏิบัติการ

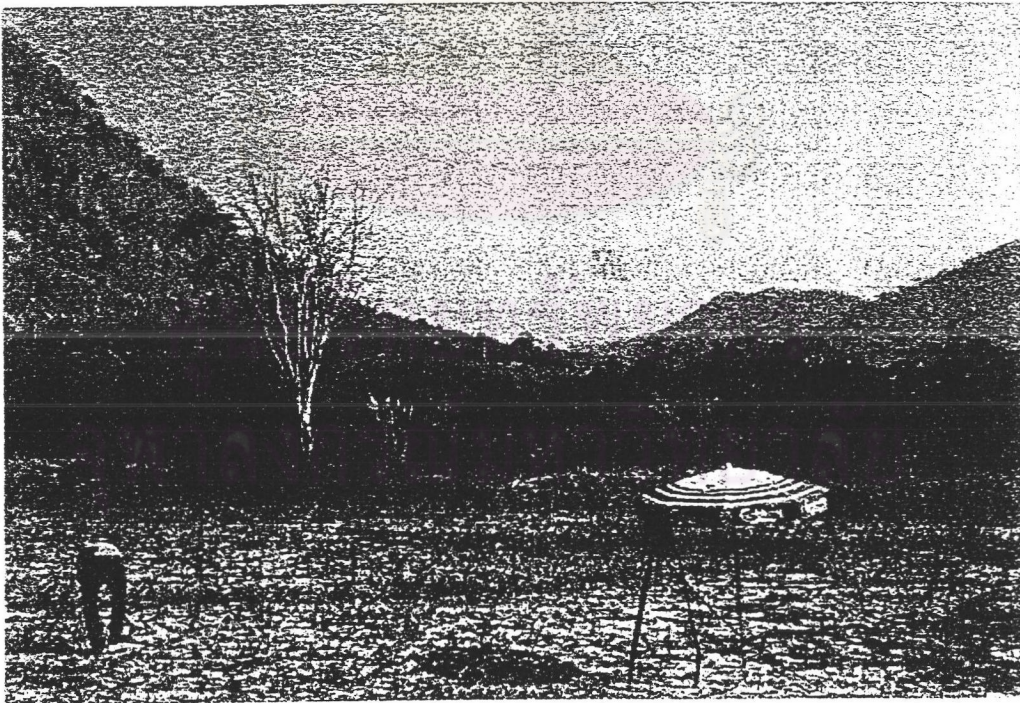


รูปที่ 3.4 สเปกตรัมของรังสีแกมมาจากสารมาตรฐาน (a) ทอเรียม (b) ยูเรเนียม (c) โปแทสเซียม

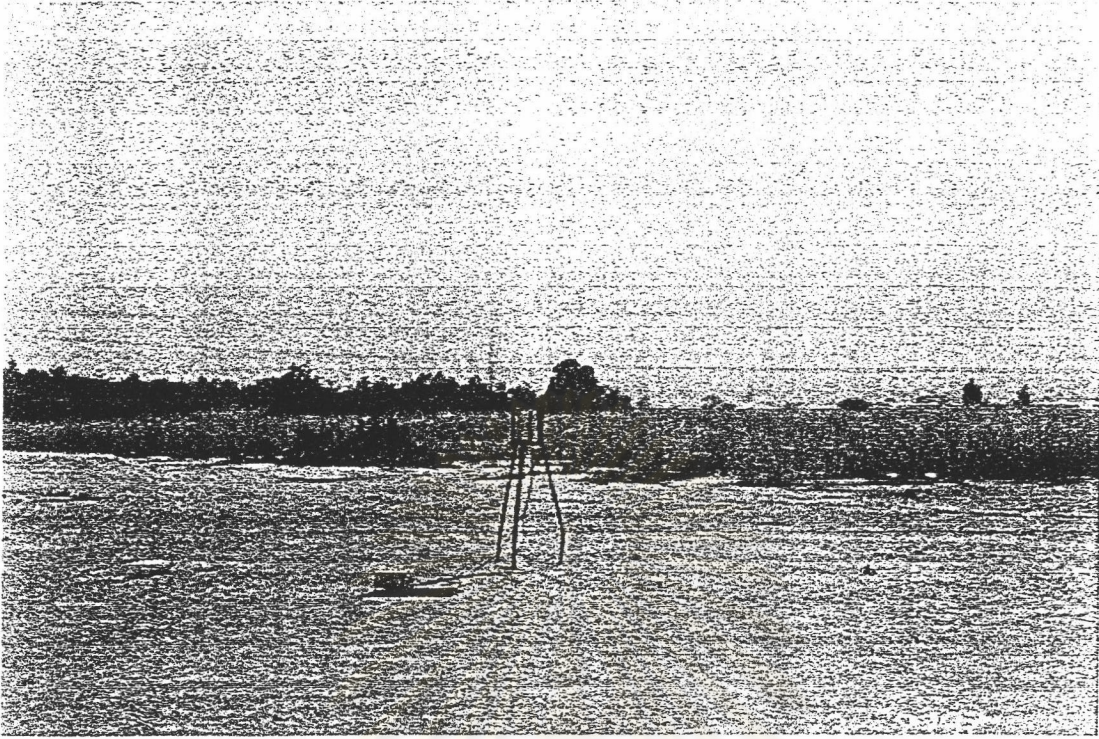
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะพื้นที่ ในบริเวณสถานที่ก่อสร้างศูนย์วิจัยนิวเคลียร์องค์รักษ์



รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะพื้นที่ ในบริเวณ อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี



รูปที่ 4.3 บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ระยอง



รูปที่ 4.4 บริเวณใกล้ชายหาด บ้านเพ ระยอง



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การเปรียบเทียบห้วงรังสีเจอร์เมเนียมความบริสุทธิ์สูง สำหรับการวัดรังสีในสิ่งแวดล้อม

จากการทำการวัดรังสีจากต้นกำเนิดรังสีมาตรฐานแบบจุด จำนวน 5 ชนิด หลายพลังงาน ที่มุมต่างๆ ได้ผลการวัด และการคำนวณประสิทธิภาพของการวัด โดยใช้ GANAAS ได้ดังตาราง

ผ-ก-1

ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของการวัด จากการวัดต้นกำเนิดรังสีมาตรฐาน หลายพลังงาน ที่ มุม 0 ถึง มุม 90 (วัดที่ความสูง 100 cm. ใช้เวลาวัด 4000 วินาที)											
energy	eff degree 0	eff degree10	eff degree20	eff degree30	eff degree40	eff degree50	eff degree60	eff degree70	eff degree80	eff degree90	
276.3	4.52E-05	3.61E-05	3.61E-05	3.56E-05	3.54E-05	3.51E-05	3.47E-05	3.36E-05	3.30E-05	3.26E-05	
302.7	4.27E-05	3.28E-05	3.23E-05	3.15E-05	3.12E-05	3.09E-05	3.09E-05	3.01E-05	2.85E-05	2.74E-05	
355.9	3.86E-05	2.67E-05	2.67E-05	2.66E-05	2.62E-05	2.59E-05	2.59E-05	2.58E-05	2.47E-05	2.31E-05	
383.7	3.69E-05	2.53E-05	2.51E-05	2.50E-05	2.50E-05	2.48E-05	2.47E-05	2.41E-05	2.26E-05	2.14E-05	
511	3.09E-05	2.00E-05	2.00E-05	2.00E-05	1.99E-05	1.98E-05	1.98E-05	1.92E-05	1.90E-05	1.79E-05	
661.66	2.63E-05	1.60E-05	1.60E-05	1.58E-05	1.57E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.48E-05	
1173	1.84E-05	9.25E-06	9.01E-06	9.01E-06	8.96E-06	8.91E-06	8.88E-06	8.83E-06	8.64E-06	8.53E-06	
1275	1.75E-05	8.79E-06	8.70E-06	8.62E-06	8.62E-06	8.42E-06	8.37E-06	8.24E-06	7.97E-06	7.71E-06	
1332	1.70E-05	8.26E-06	8.14E-06	8.10E-06	7.93E-06	7.81E-06	7.80E-06	7.79E-06	7.75E-06	7.52E-06	

และผลพื้นที่พีคของพลังงานเหล่านี้ โดยการอ่านจาก MCA หรือ ผลที่ได้จากคำนวณด้วยมือนั้นได้ผลเดียวกัน และสามารถคำนวณประสิทธิภาพการวัด จากสมการที่ (2.11) ได้ดังตาราง ผ-ก-2

ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพของการวัด จากการวัดต้นกำเนิดรังสีมาตรฐาน หลายพลังงาน ที่มุม 0 ถึง มุม 90 (วัดที่ความสูง 100 cm. ใช้เวลาวัด 4000 วินาที)											
energy	eff degree 0	eff degree10	eff degree20	eff degree3 0	eff degree40	eff degree50	eff degree60	eff degree70	eff degree80	eff degree90	
276.3	4.51E-05	3.61E-05	3.61E-05	3.56E-05	3.54E-05	3.51E-05	3.47E-05	3.36E-05	3.30E-05	3.25E-05	
302.7	4.27E-05	3.28E-05	3.23E-05	3.15E-05	3.12E-05	3.09E-05	3.09E-05	3.01E-05	2.85E-05	2.74E-05	
355.9	3.86E-05	2.67E-05	2.67E-05	2.66E-05	2.62E-05	2.59E-05	2.59E-05	2.58E-05	2.47E-05	2.31E-05	
383.7	3.69E-05	2.53E-05	2.51E-05	2.50E-05	2.50E-05	2.48E-05	2.47E-05	2.41E-05	2.26E-05	2.14E-05	
511	3.09E-05	2.00E-05	2.00E-05	2.00E-05	1.99E-05	1.99E-05	1.98E-05	1.92E-05	1.90E-05	1.79E-05	
661.66	2.63E-05	1.60E-05	1.60E-05	1.58E-05	1.57E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.50E-05	1.48E-05	
1173	1.84E-05	9.25E-06	9.01E-06	9.01E-06	8.96E-06	8.91E-06	8.88E-06	8.83E-06	8.64E-06	8.53E-06	
1275	1.75E-05	8.79E-06	8.70E-06	8.62E-06	8.62E-06	8.42E-06	8.37E-06	8.24E-06	7.97E-06	7.71E-06	
1332	1.69E-05	8.26E-06	8.14E-06	8.11E-06	7.93E-06	7.81E-06	7.80E-06	7.78E-06	7.75E-06	7.51E-06	

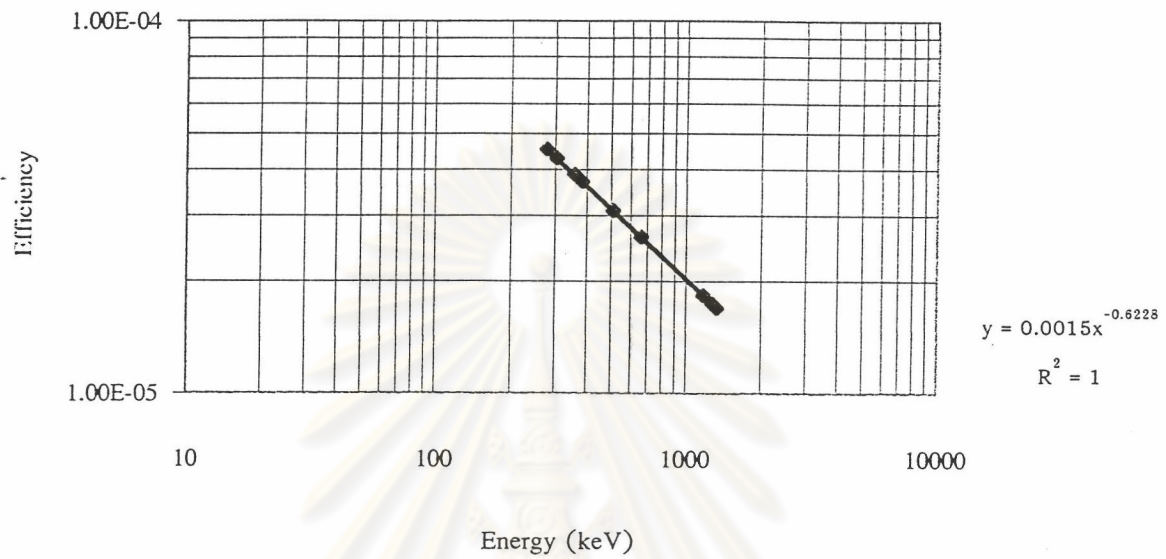
อาศัยข้อมูลประกอบการคำนวณ จากตารางที่ ผ-ก-3

sources	energy(keV)	half life(y)	intensity
Ba-133	276.3	10.54	0.070
	302.7	10.54	0.140
	355.9	10.54	0.690
	383.7	10.54	0.080
Na-22	511	2.62	0.999
	1275	2.62	1.800
Cs-137	661.66	30	0.852
Co-60	1173	5.27	0.999
	1332	5.27	1.000

ซึ่งผลจากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป GANAAS กับการคำนวณด้วยมือนั้น เกือบจะเท่ากันพอดี จึงสามารถลดขั้นตอนการคำนวณด้วยมือลงไปได้ โดยต่อจากนี้ไป ทุกสเปกตรัมในงานวิจัยนี้จะคำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป GANAAS แทนเพราะให้ผลเหมือนกัน

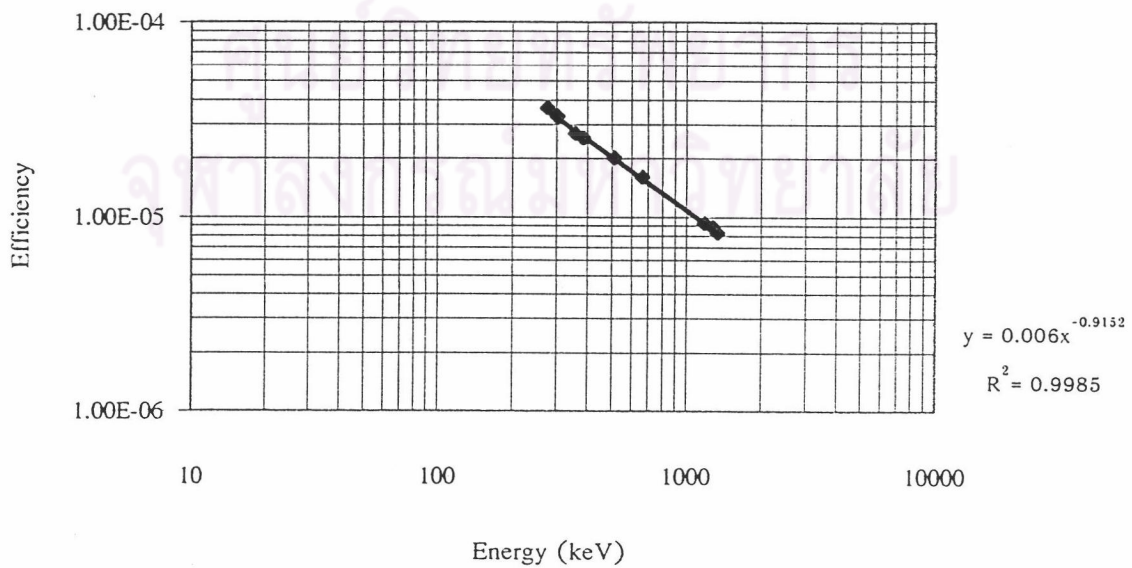
จากผลคำนวณประสิทธิภาพการวัดตั้งแต่ 0-90 องศา(ทีละ 10 องศา)ที่ได้จากข้างบน สามารถนำมาเขียนเส้นของความสัมพันธ์ได้ ดังแสดงในรูป ผ-ก-4-1 ถึง ผ-ก-4-10

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพของการวัด(ที่มุม 0 องศา) กับ พลังงาน



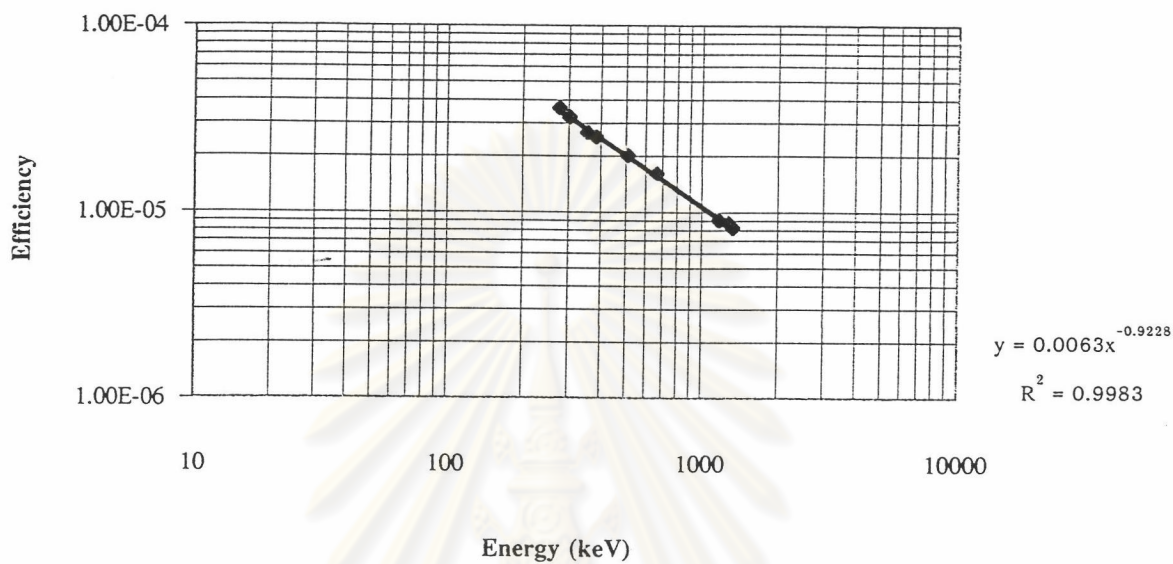
รูปที่ ผ-ก-4-1

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพของการวัด(ที่มุม 10 องศา) กับ พลังงาน



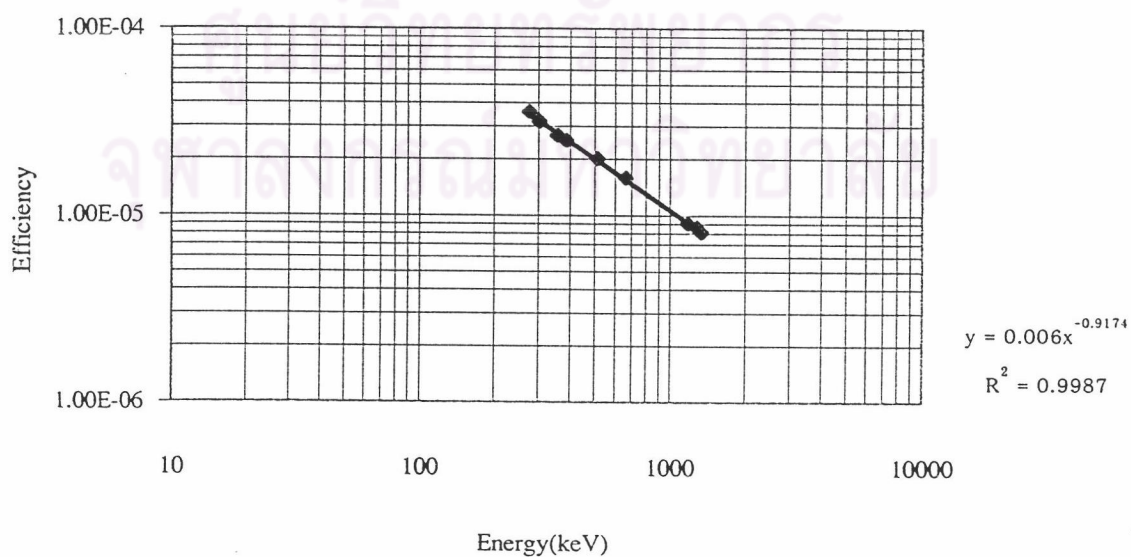
รูปที่ ผ-ก-4-2

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพของการวัด(ที่มุม 20 องศา) กับ พลังงาน



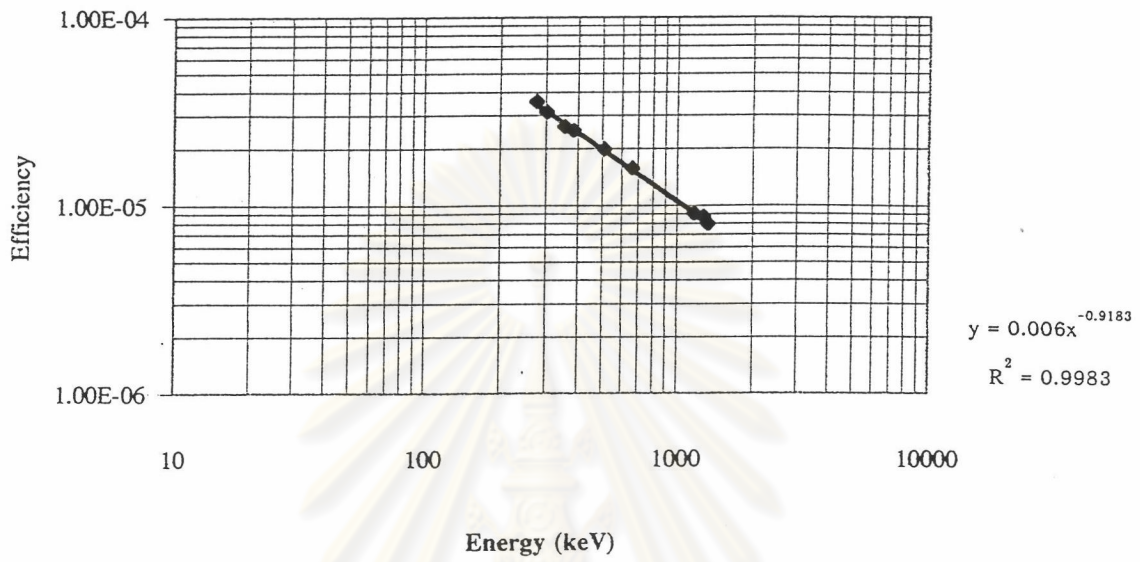
รูปที่ ผ-ก-4-3

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการวัด(ที่มุม 30 องศา) กับ พลังงาน



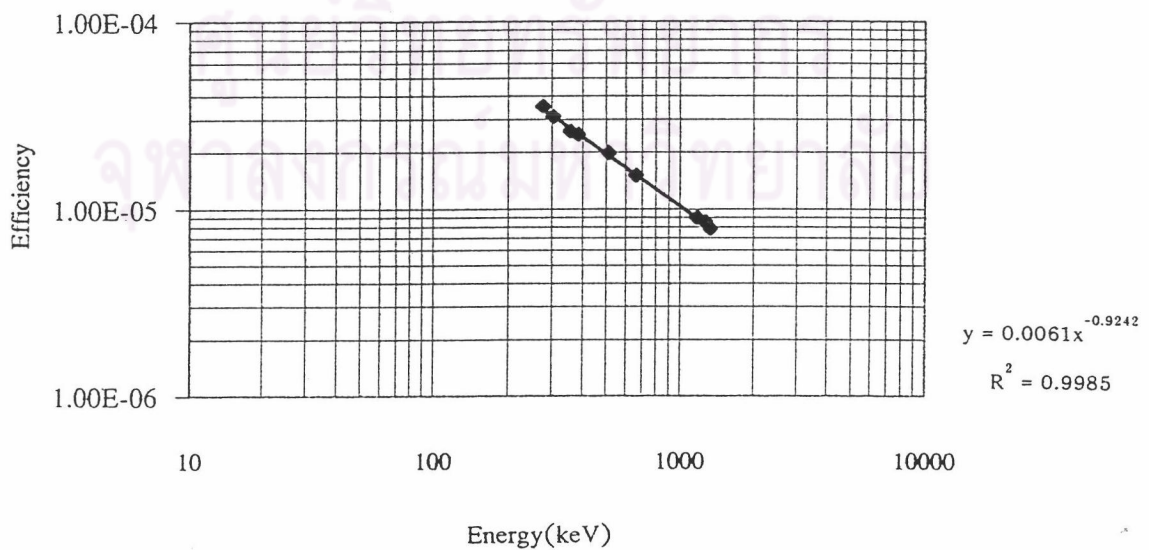
รูปที่ ผ-ก-4-4

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการวัด(ที่มุม 40 องศา) กับ พลังงาน



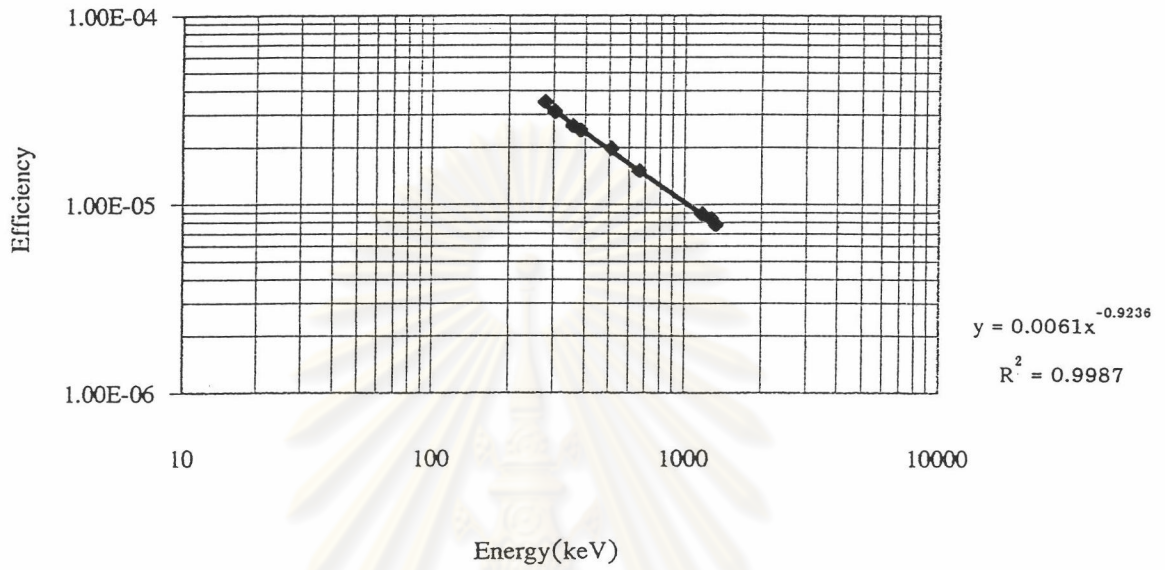
รูปที่ ผ-ก-4-5

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการวัด(ที่มุม 50 องศา) กับ พลังงาน



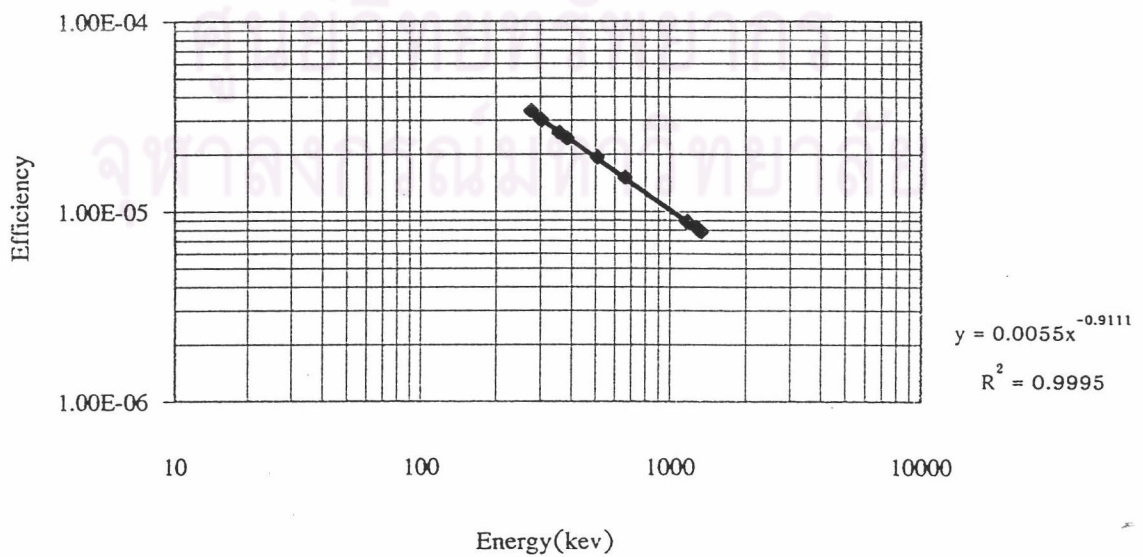
รูปที่ ผ-ก-4-6

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการวัด(ที่มุม 60 องศา) กับ พลังงาน



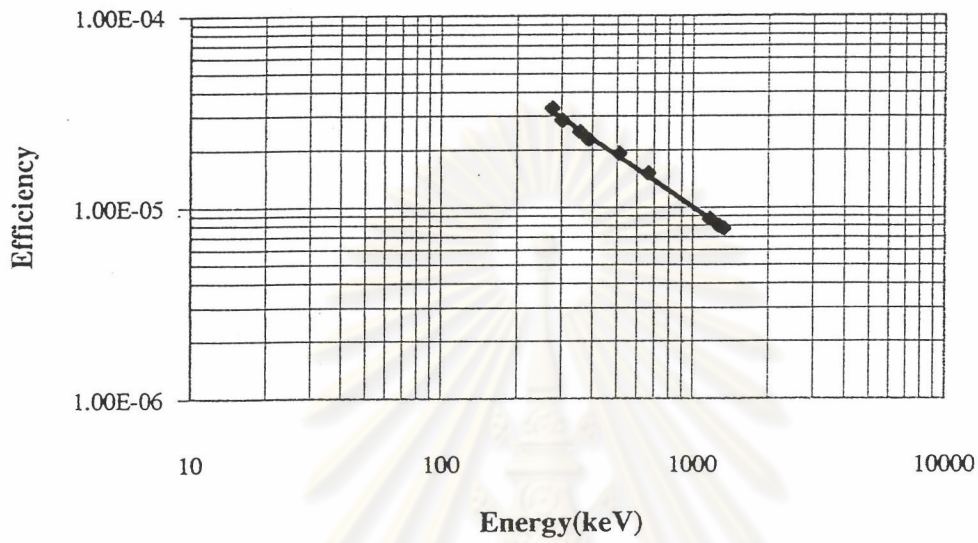
รูปที่ ผ-ก-4-7

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการวัด(ที่มุม 70 องศา) กับ พลังงาน



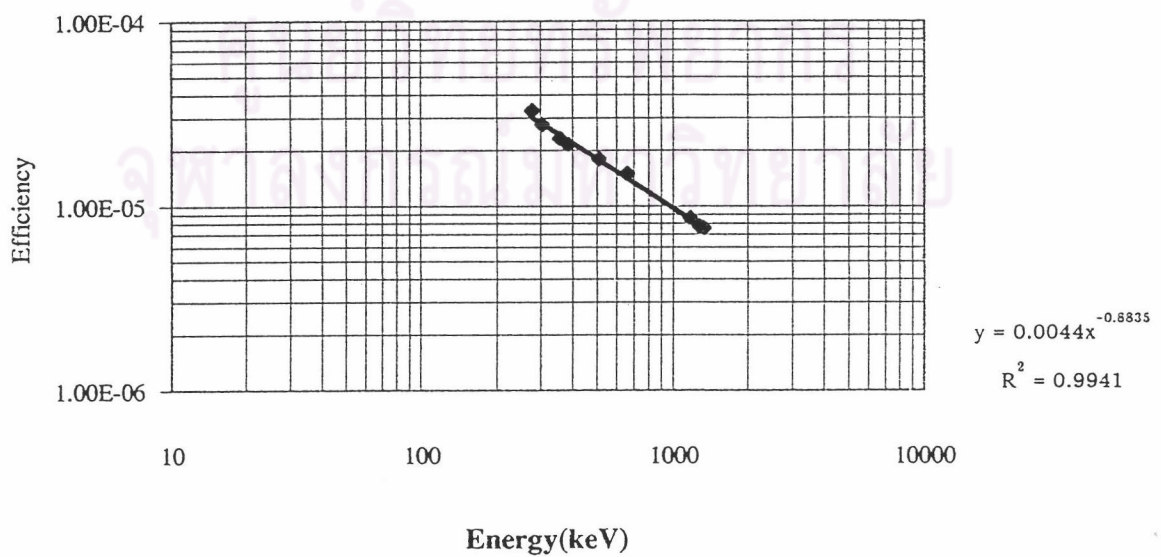
รูปที่ ผ-ก-4-8

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการวัด(ที่มุม 80 องศา) กับ พลังงาน



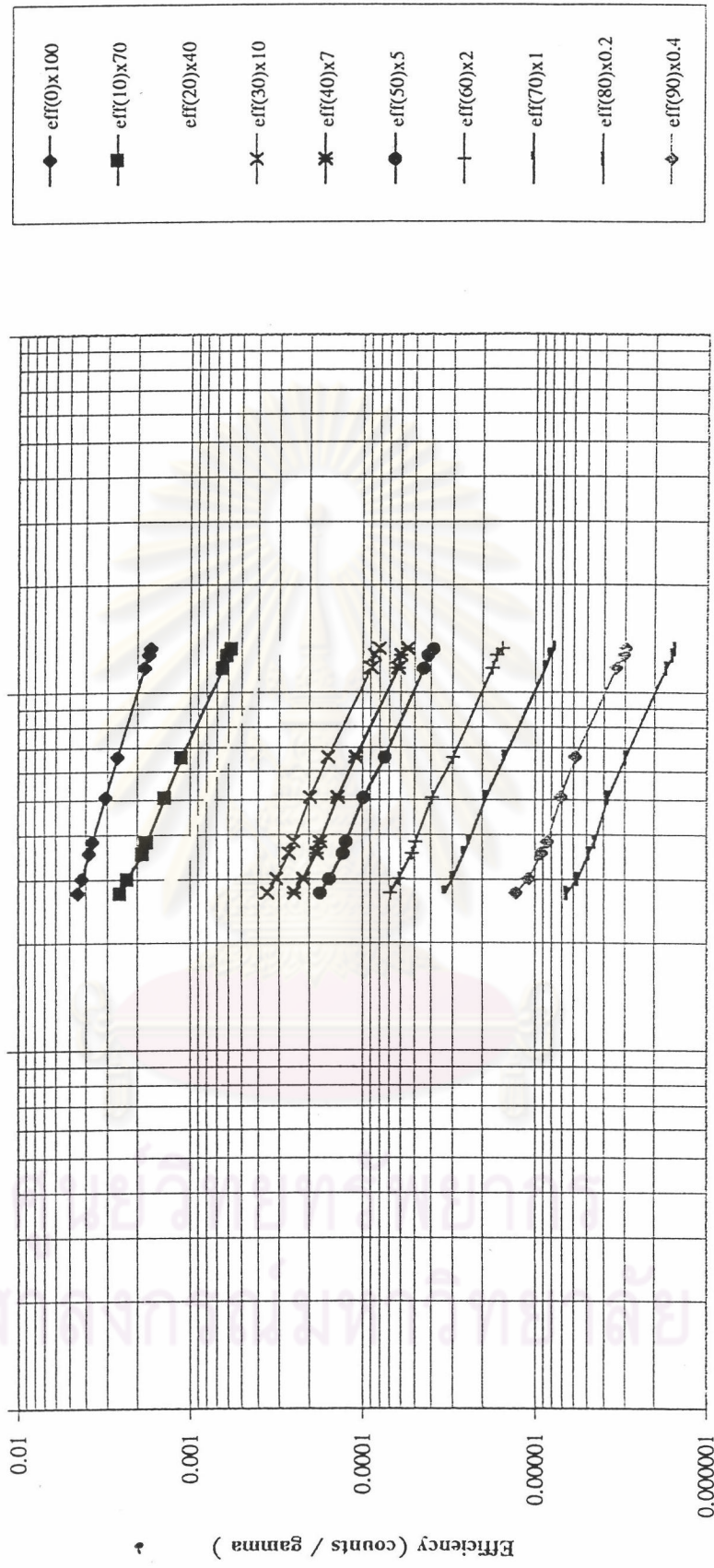
รูปที่ ผ-ก-4-10

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการวัด(ที่มุม 90 องศา) กับ พลังงาน



รูปที่ ผ-ก-4-9

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นกำเนิดรังสีหลายพลังงาน กับประสิทธิภาพการวัดที่มุม 0 - 90 องศา



รูปที่ ผ-ก-4-11 Energy (keV)

จากขั้นตอนนี้จะได้สมการความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการวัด กับ พลังงาน ซึ่งนำมาคำนวณแทนค่า x ในสมการด้วย พลังงานต่างๆของรังสีแกมมาในอนุกรมยูเรเนียม อนุกรมทอเรียม และโปแตสเซียม ได้ดังตารางที่ ผ-ก-5

จากนั้นนำค่าประสิทธิภาพการวัดรังสีของหัววัด ตั้งแต่ 0-90 องศา มาหาค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของหัววัดรังสี ได้ผลดังตาราง ผ-ก-6

นำค่าในตาราง ผ-ก-6 มาเขียนเส้นความสัมพันธ์ของข้อมูลมุมต่างๆ ได้ดังตัวอย่าง รูป ผ-ก-7 จากรูป รูป ผ-ก-7 นี้ ทำให้เราได้ทราบ สมการของความสัมพันธ์เหล่านี้ในแต่ละมุม ดังแสดงตัวอย่างในตาราง ผ-ก-8

energy(keV)	equation
1461	$y = (-0.9101X^3) + (1.2593X^2) - (0.3822) + 1.0087$
1765	$y = (-0.9195X^3) + (1.2725X^2) - (0.3861) + 1.0088$
2614	$y = (-0.9383X^3) + (1.2984X^2) - (0.394) + 1.009$

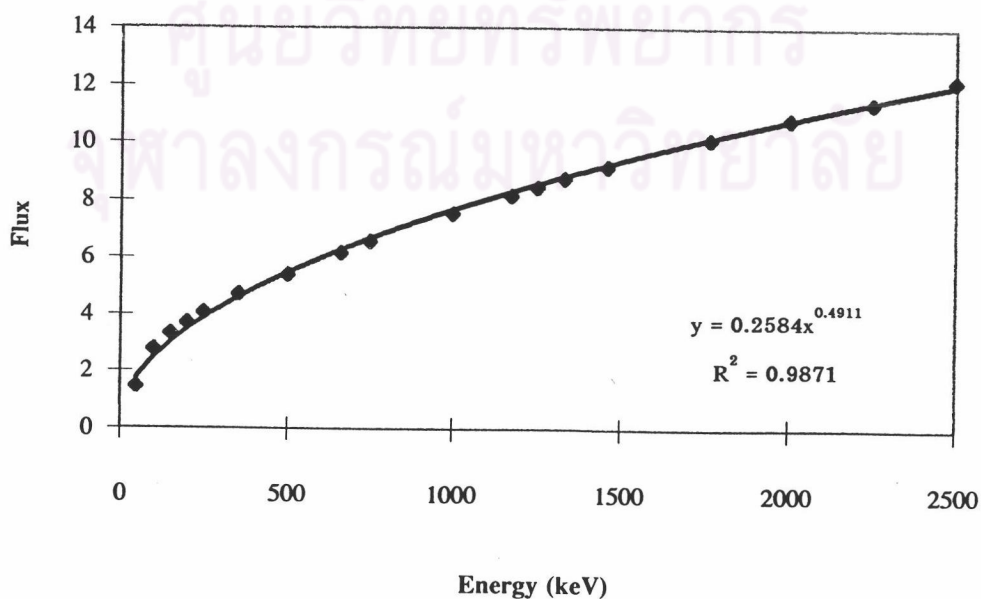
จากนั้น หาค่า ประสิทธิภาพที่ได้ มาคำนวณ หาค่า ϕ จากสมการ

$$\phi = \frac{A(\mu Ci) \times G(\text{gamma / dis}) \times (3.7 \times 10^4) \times (\text{dis / sec})}{4 \times \pi \times h^2 (\text{cm}^2)}$$

จากนั้นนำค่า ϕ มาใส่ในตารางที่ ผ-ก-9

สามารถเขียนเป็นเส้นความสัมพันธ์ระหว่าง ϕ กับ พลังงาน ได้ดังรูป ผ-ก-10

เส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ของแกมมา กับ พลังงาน



ผ-ก-5

ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพที่มุม 0 - 90 ทีละ 10 องศา กับ พลังงานต่าง ๆ

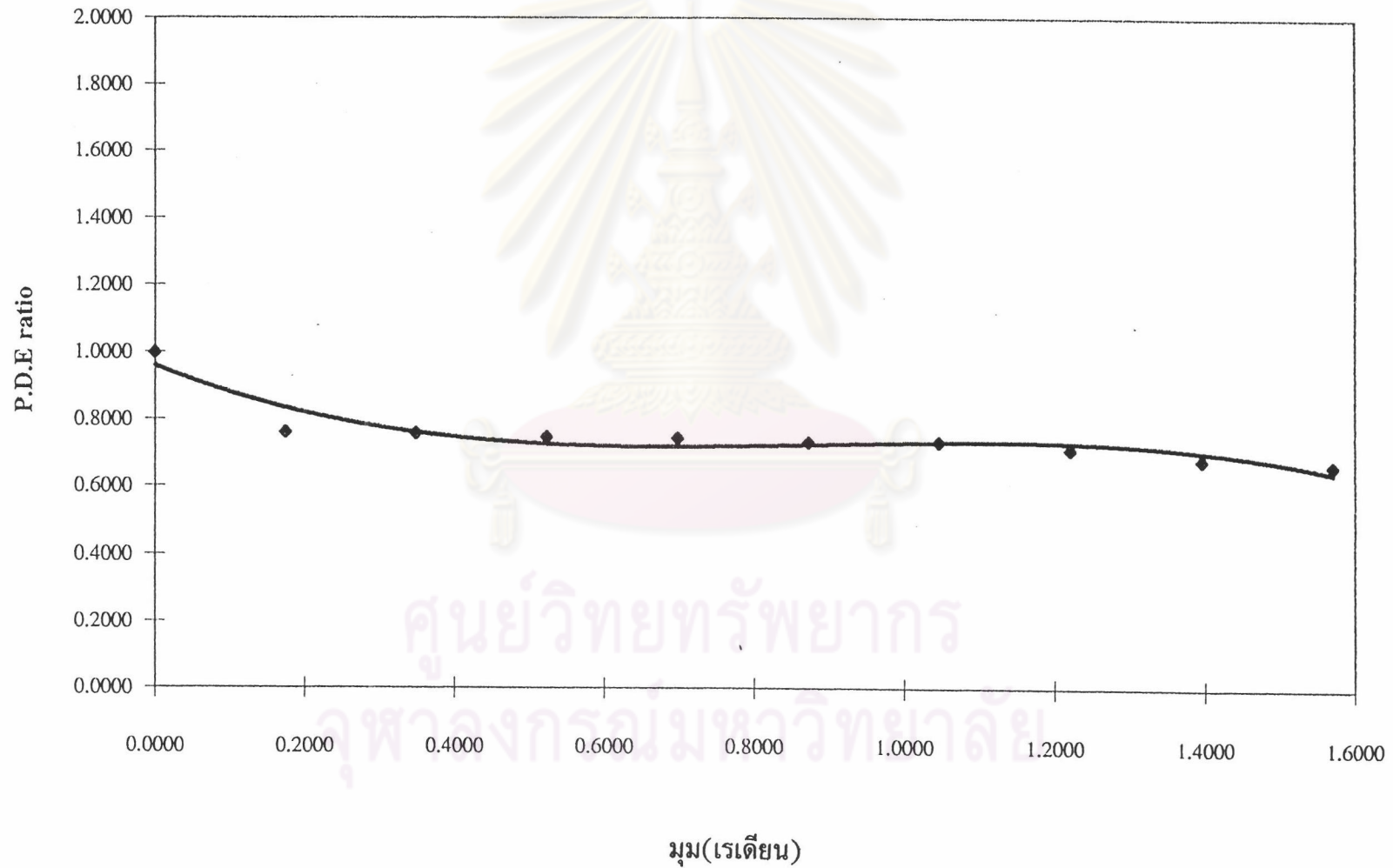
energy(keV)	eff degree 0	eff degree10	eff degree20	eff degree30	eff degree40	eff degree50	eff degree60	eff degree70	eff degree80	eff degree90
129	7.271E-05	7.107E-05	7.023E-05	6.949E-05	6.918E-05	6.835E-05	6.855E-05	6.568E-05	6.204E-05	6.008E-05
209.16	5.381E-05	4.550E-05	4.513E-05	4.460E-05	4.439E-05	4.373E-05	4.387E-05	4.228E-05	4.026E-05	3.920E-05
239	4.953E-05	4.023E-05	3.994E-05	3.946E-05	3.927E-05	3.866E-05	3.878E-05	3.745E-05	3.573E-05	3.484E-05
242	4.914E-05	3.977E-05	3.949E-05	3.902E-05	3.882E-05	3.821E-05	3.834E-05	3.702E-05	3.533E-05	3.446E-05
270	4.590E-05	3.595E-05	3.572E-05	3.529E-05	3.511E-05	3.454E-05	3.465E-05	3.351E-05	3.204E-05	3.129E-05
276.3	4.525E-05	3.519E-05	3.498E-05	3.455E-05	3.437E-05	3.381E-05	3.392E-05	3.281E-05	3.138E-05	3.065E-05
282	4.468E-05	3.453E-05	3.433E-05	3.391E-05	3.374E-05	3.317E-05	3.329E-05	3.221E-05	3.081E-05	3.011E-05
295.07	4.343E-05	3.312E-05	3.294E-05	3.253E-05	3.236E-05	3.181E-05	3.192E-05	3.090E-05	2.959E-05	2.893E-05
301	4.290E-05	3.252E-05	3.234E-05	3.194E-05	3.177E-05	3.123E-05	3.134E-05	3.035E-05	2.907E-05	2.842E-05
302.7	4.275E-05	3.235E-05	3.218E-05	3.177E-05	3.161E-05	3.107E-05	3.118E-05	3.019E-05	2.892E-05	2.828E-05
338.23	3.989E-05	2.920E-05	2.907E-05	2.870E-05	2.855E-05	2.804E-05	2.814E-05	2.729E-05	2.619E-05	2.564E-05
351.86	3.892E-05	2.815E-05	2.804E-05	2.768E-05	2.753E-05	2.704E-05	2.713E-05	2.632E-05	2.528E-05	2.476E-05
355.9	3.865E-05	2.786E-05	2.774E-05	2.739E-05	2.724E-05	2.675E-05	2.685E-05	2.605E-05	2.502E-05	2.451E-05
383.7	3.688E-05	2.599E-05	2.590E-05	2.556E-05	2.543E-05	2.496E-05	2.505E-05	2.433E-05	2.339E-05	2.293E-05
462.94	3.281E-05	2.186E-05	2.181E-05	2.152E-05	2.140E-05	2.098E-05	2.106E-05	2.050E-05	1.978E-05	1.943E-05
510	3.089E-05	1.999E-05	1.996E-05	1.969E-05	1.958E-05	1.919E-05	1.926E-05	1.877E-05	1.813E-05	1.784E-05
511	3.085E-05	1.995E-05	1.993E-05	1.965E-05	1.954E-05	1.915E-05	1.922E-05	1.874E-05	1.810E-05	1.781E-05
583.29	2.841E-05	1.766E-05	1.765E-05	1.741E-05	1.731E-05	1.695E-05	1.701E-05	1.661E-05	1.608E-05	1.584E-05
609.49	2.764E-05	1.696E-05	1.696E-05	1.672E-05	1.662E-05	1.627E-05	1.634E-05	1.596E-05	1.546E-05	1.524E-05
611.6	2.759E-05	1.690E-05	1.690E-05	1.667E-05	1.657E-05	1.622E-05	1.628E-05	1.591E-05	1.541E-05	1.519E-05
666	2.616E-05	1.563E-05	1.564E-05	1.541E-05	1.532E-05	1.499E-05	1.505E-05	1.472E-05	1.428E-05	1.409E-05
727	2.477E-05	1.441E-05	1.443E-05	1.422E-05	1.414E-05	1.383E-05	1.388E-05	1.359E-05	1.321E-05	1.304E-05
755	2.419E-05	1.392E-05	1.394E-05	1.374E-05	1.366E-05	1.335E-05	1.340E-05	1.313E-05	1.277E-05	1.261E-05
768	2.394E-05	1.370E-05	1.372E-05	1.352E-05	1.344E-05	1.314E-05	1.320E-05	1.293E-05	1.257E-05	1.242E-05
772	2.386E-05	1.363E-05	1.366E-05	1.346E-05	1.338E-05	1.308E-05	1.313E-05	1.287E-05	1.251E-05	1.237E-05
794.84	2.343E-05	1.327E-05	1.330E-05	1.310E-05	1.303E-05	1.273E-05	1.278E-05	1.253E-05	1.219E-05	1.205E-05
860.59	2.230E-05	1.233E-05	1.237E-05	1.218E-05	1.211E-05	1.183E-05	1.188E-05	1.165E-05	1.135E-05	1.123E-05
911.44	2.152E-05	1.170E-05	1.173E-05	1.156E-05	1.149E-05	1.122E-05	1.126E-05	1.106E-05	1.079E-05	1.068E-05
934	2.119E-05	1.144E-05	1.147E-05	1.130E-05	1.123E-05	1.097E-05	1.101E-05	1.082E-05	1.055E-05	1.045E-05
968	2.072E-05	1.107E-05	1.110E-05	1.094E-05	1.087E-05	1.061E-05	1.066E-05	1.047E-05	1.022E-05	1.013E-05
1120.4	1.892E-05	9.669E-06	9.713E-06	9.564E-06	9.504E-06	9.270E-06	9.310E-06	9.164E-06	8.967E-06	8.899E-06
1173	1.839E-05	9.268E-06	9.314E-06	9.170E-06	9.112E-06	8.886E-06	8.923E-06	8.789E-06	8.607E-06	8.545E-06
1238.15	1.778E-05	8.817E-06	8.864E-06	8.727E-06	8.671E-06	8.453E-06	8.489E-06	8.366E-06	8.200E-06	8.147E-06
1275	1.746E-05	8.582E-06	8.630E-06	8.495E-06	8.440E-06	8.227E-06	8.262E-06	8.146E-06	7.988E-06	7.938E-06
1332	1.699E-05	8.242E-06	8.291E-06	8.161E-06	8.108E-06	7.901E-06	7.935E-06	7.828E-06	7.681E-06	7.638E-06
1377.42	1.664E-05	7.991E-06	8.040E-06	7.914E-06	7.862E-06	7.660E-06	7.693E-06	7.592E-06	7.454E-06	7.415E-06
1460.62	1.604E-05	7.570E-06	7.620E-06	7.499E-06	7.450E-06	7.255E-06	7.287E-06	7.197E-06	7.073E-06	7.040E-06
1509.38	1.572E-05	7.344E-06	7.395E-06	7.276E-06	7.229E-06	7.039E-06	7.070E-06	6.985E-06	6.868E-06	6.839E-06
1588	1.523E-05	7.008E-06	7.059E-06	6.945E-06	6.899E-06	6.716E-06	6.746E-06	6.669E-06	6.563E-06	6.539E-06
1730	1.444E-05	6.475E-06	6.527E-06	6.420E-06	6.378E-06	6.205E-06	6.233E-06	6.168E-06	6.079E-06	6.062E-06
1765	1.426E-05	6.357E-06	6.408E-06	6.304E-06	6.261E-06	6.091E-06	6.118E-06	6.057E-06	5.971E-06	5.956E-06
1845	1.387E-05	6.102E-06	6.153E-06	6.052E-06	6.012E-06	5.847E-06	5.873E-06	5.817E-06	5.739E-06	5.727E-06
2205	1.241E-05	5.177E-06	5.227E-06	5.139E-06	5.104E-06	4.959E-06	4.981E-06	4.945E-06	4.893E-06	4.893E-06
2448	1.163E-05	4.701E-06	4.750E-06	4.669E-06	4.637E-06	4.502E-06	4.523E-06	4.496E-06	4.456E-06	4.461E-06
2614	1.116E-05	4.424E-06	4.473E-06	4.397E-06	4.366E-06	4.237E-06	4.257E-06	4.235E-06	4.202E-06	4.210E-06

ผ-ก-6

ตารางแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพของการนับพิกทีหลายพลังงาน กับ มุมเรเดียนต่าง ๆ

energy(keV)	เรเดียน 0	เรเดียน 0.17	เรเดียน 0.34	เรเดียน 0.52	เรเดียน 0.69	เรเดียน 0.87	เรเดียน 1.04	เรเดียน 1.22	เรเดียน 1.39	เรเดียน 1.57
	0.0000	0.1745	0.3491	0.5236	0.6981	0.8727	1.0472	1.2217	1.3963	1.5708
129	1.0000	0.9774	0.9659	0.9556	0.9514	0.9400	0.9427	0.9032	0.8532	0.8263
209.16	1.0000	0.8455	0.8386	0.8288	0.8248	0.8125	0.8152	0.7857	0.7481	0.7285
239	1.0000	0.8123	0.8065	0.7969	0.7929	0.7805	0.7831	0.7561	0.7215	0.7036
242	1.0000	0.8093	0.8036	0.7939	0.7900	0.7776	0.7802	0.7534	0.7190	0.7013
270	1.0000	0.7831	0.7783	0.7687	0.7649	0.7524	0.7549	0.7300	0.6979	0.6816
276.3	1.0000	0.7777	0.7730	0.7635	0.7597	0.7471	0.7497	0.7251	0.6936	0.6775
282	1.0000	0.7730	0.7684	0.7590	0.7551	0.7426	0.7451	0.7209	0.6897	0.6739
295.07	1.0000	0.7626	0.7583	0.7489	0.7451	0.7325	0.7350	0.7115	0.6813	0.6660
301	1.0000	0.7580	0.7539	0.7445	0.7407	0.7281	0.7306	0.7075	0.6776	0.6625
302.7	1.0000	0.7567	0.7527	0.7433	0.7395	0.7269	0.7294	0.7063	0.6766	0.6615
338.23	1.0000	0.7320	0.7286	0.7194	0.7156	0.7030	0.7054	0.6841	0.6565	0.6427
351.86	1.0000	0.7233	0.7203	0.7110	0.7073	0.6946	0.6971	0.6763	0.6494	0.6361
355.9	1.0000	0.7209	0.7179	0.7087	0.7049	0.6923	0.6947	0.6741	0.6474	0.6342
383.7	1.0000	0.7048	0.7023	0.6931	0.6894	0.6767	0.6792	0.6596	0.6343	0.6219
462.94	1.0000	0.6662	0.6648	0.6558	0.6522	0.6395	0.6419	0.6249	0.6027	0.5922
510	1.0000	0.6471	0.6462	0.6374	0.6338	0.6211	0.6234	0.6077	0.5871	0.5774
511	1.0000	0.6467	0.6458	0.6370	0.6335	0.6208	0.6231	0.6073	0.5868	0.5771
583.29	1.0000	0.6216	0.6213	0.6127	0.6092	0.5965	0.5988	0.5846	0.5660	0.5576
609.49	1.0000	0.6134	0.6134	0.6048	0.6013	0.5886	0.5909	0.5773	0.5593	0.5512
611.6	1.0000	0.6128	0.6128	0.6042	0.6007	0.5880	0.5903	0.5767	0.5588	0.5507
666	1.0000	0.5973	0.5977	0.5892	0.5858	0.5731	0.5754	0.5627	0.5460	0.5386
727	1.0000	0.5818	0.5826	0.5742	0.5708	0.5582	0.5604	0.5486	0.5331	0.5265
755	1.0000	0.5753	0.5762	0.5678	0.5645	0.5519	0.5541	0.5427	0.5277	0.5213
768	1.0000	0.5723	0.5733	0.5650	0.5616	0.5490	0.5512	0.5400	0.5252	0.5190
772	1.0000	0.5714	0.5724	0.5641	0.5607	0.5482	0.5504	0.5392	0.5245	0.5183
794.84	1.0000	0.5665	0.5676	0.5593	0.5559	0.5434	0.5455	0.5347	0.5203	0.5143
860.59	1.0000	0.5531	0.5545	0.5463	0.5430	0.5305	0.5327	0.5226	0.5092	0.5038
911.44	1.0000	0.5437	0.5453	0.5372	0.5339	0.5214	0.5235	0.5140	0.5013	0.4963
934	1.0000	0.5397	0.5414	0.5333	0.5301	0.5176	0.5197	0.5104	0.4980	0.4932
968	1.0000	0.5339	0.5358	0.5277	0.5245	0.5120	0.5141	0.5052	0.4932	0.4886
1120.4	1.0000	0.5110	0.5134	0.5055	0.5023	0.4900	0.4920	0.4843	0.4739	0.4703
1173	1.0000	0.5040	0.5065	0.4987	0.4955	0.4832	0.4853	0.4780	0.4681	0.4647
1238.15	1.0000	0.4959	0.4986	0.4908	0.4877	0.4754	0.4775	0.4706	0.4612	0.4582
1275	1.0000	0.4916	0.4943	0.4866	0.4835	0.4712	0.4733	0.4666	0.4576	0.4547
1332	1.0000	0.4852	0.4880	0.4804	0.4773	0.4651	0.4671	0.4608	0.4522	0.4496
1377.42	1.0000	0.4803	0.4833	0.4757	0.4726	0.4604	0.4624	0.4563	0.4480	0.4457
1460.62	1.0000	0.4719	0.4751	0.4675	0.4645	0.4523	0.4543	0.4487	0.4410	0.4389
1509.38	1.0000	0.4673	0.4705	0.4630	0.4600	0.4479	0.4498	0.4445	0.4370	0.4352
1588	1.0000	0.4603	0.4636	0.4561	0.4531	0.4411	0.4430	0.4380	0.4310	0.4294
1730	1.0000	0.4486	0.4521	0.4448	0.4418	0.4298	0.4318	0.4273	0.4211	0.4200
1765	1.0000	0.4459	0.4495	0.4421	0.4392	0.4272	0.4292	0.4248	0.4188	0.4178
1845	1.0000	0.4400	0.4437	0.4364	0.4335	0.4216	0.4235	0.4195	0.4138	0.4130
2205	1.0000	0.4171	0.4212	0.4141	0.4112	0.3995	0.4014	0.3984	0.3942	0.3942
2448	1.0000	0.4042	0.4085	0.4015	0.3987	0.3871	0.3889	0.3866	0.3832	0.3836
2614	1.0000	0.3963	0.4007	0.3938	0.3911	0.3795	0.3813	0.3794	0.3764	0.3771

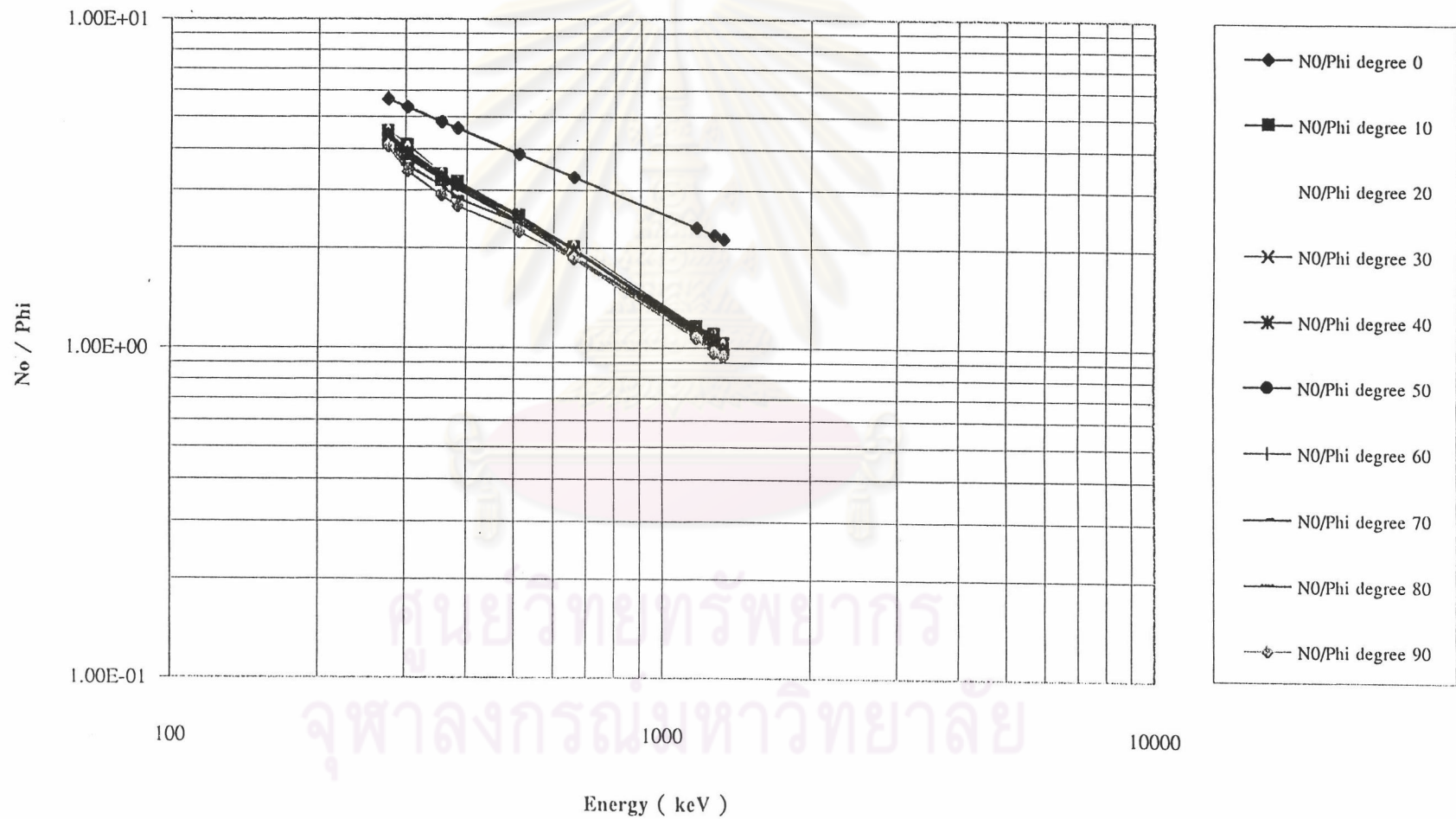
ตัวอย่างความสัมพันธ์ของ อัตราส่วนของประสิทธิภาพการนับ
(Peak Detection Efficiency Ratio) ที่พีคพลังงาน 296 keV ณ มุม 0 - 1.57 เรเดียน

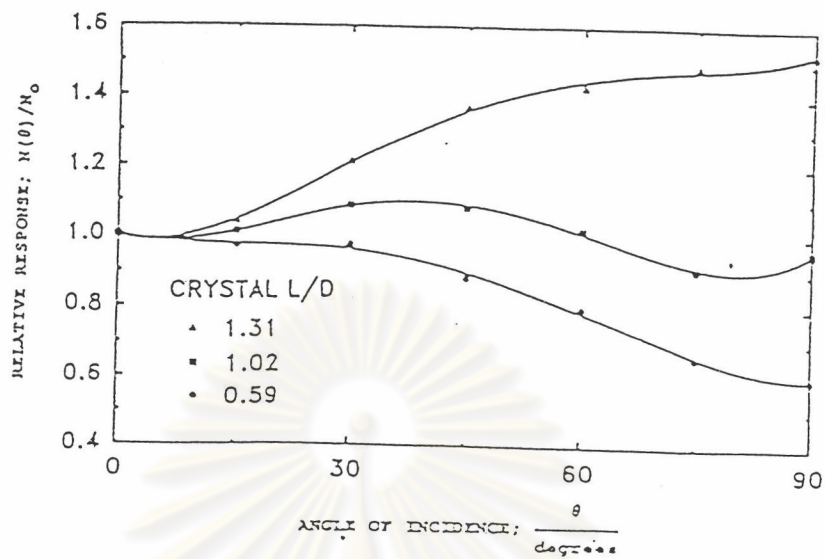


ตาราง ผ-ก-9 แสดงค่า Flux (ฟลักซ์) ที่พลังงานต่างๆ ในกรณีที่มีการกระจายของรังสีแบบ สม่่า
 เสมอกับความลึกของพื้นดินที่ $\frac{\alpha}{\rho} = 0$ (เป็นการกระจายของธาตุกัมมันตรังสีในดินตามธรรมชาติ)

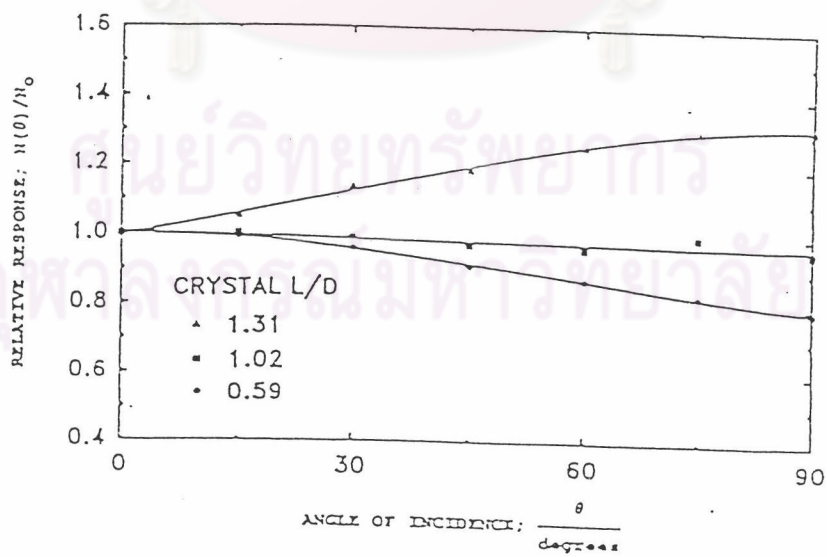
Energy (keV)	Flux (of uniform)
50	1.4403
100	2.7744
150	3.3264
200	3.7056
250	4.064
354	4.7184
500	5.3904
662	6.1456
750	6.5312
1000	7.528
1173	8.1472
1250	8.4384
1333	8.7504
1460	9.1472
1765	10.091
2004	10.818
2250	11.397
2500	12.173

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง N_0/Φ ที่มุมต่าง ๆ (0-90 องศา) กับ หลายพลังงาน

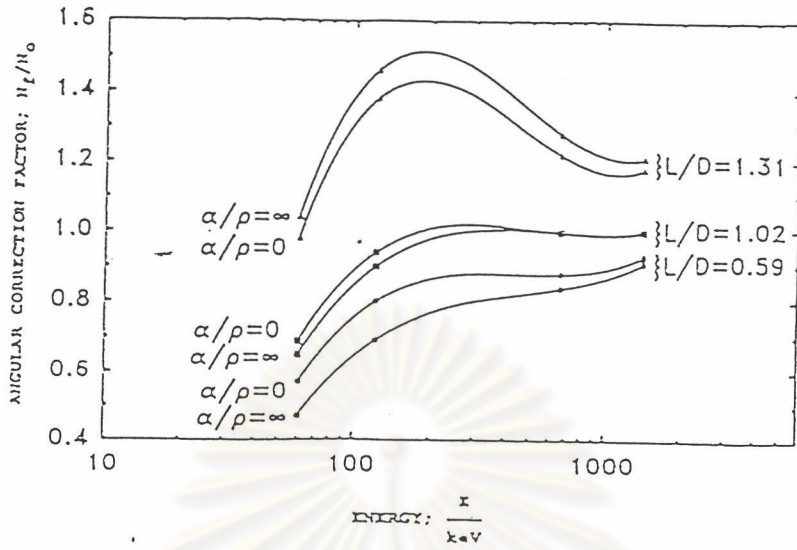




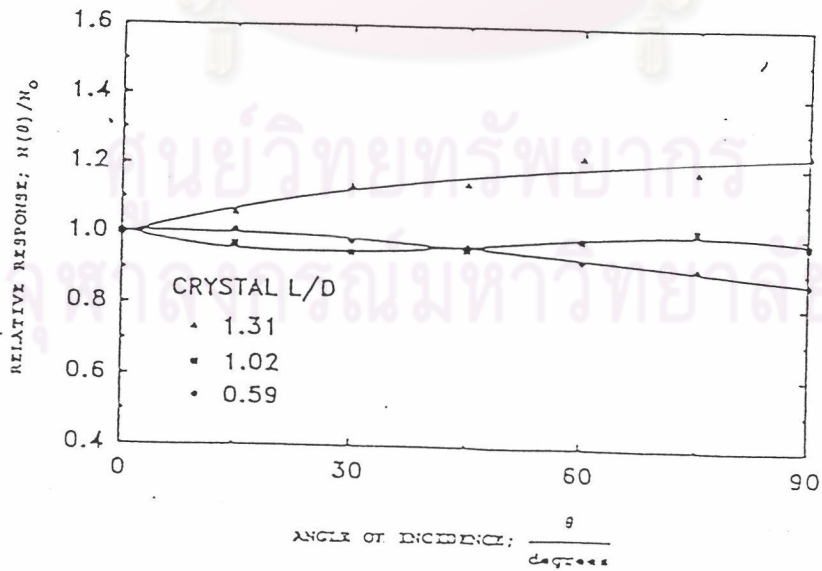
รูปที่ ผ-ก-13-1



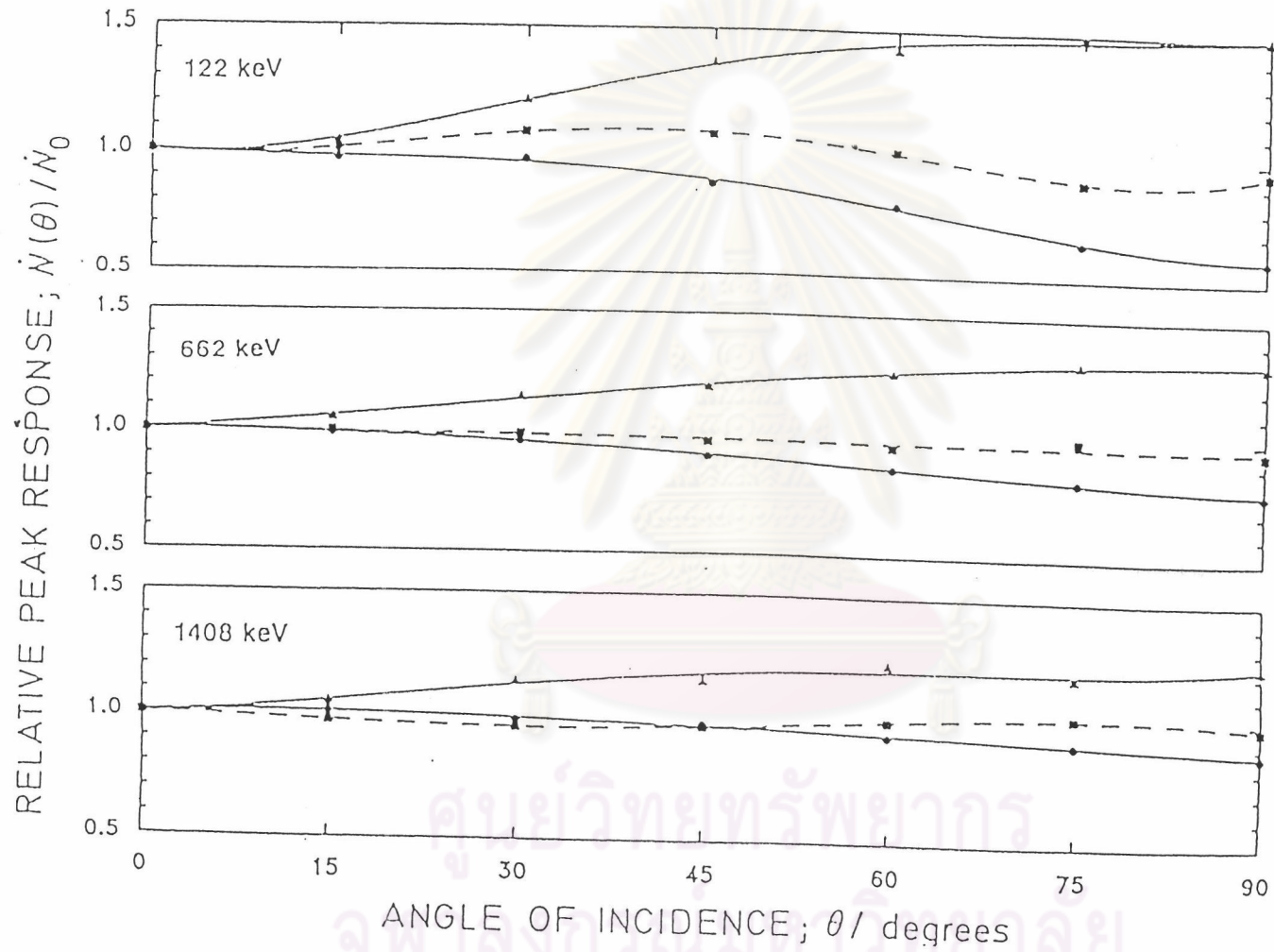
รูปที่ ผ-ก-13-2



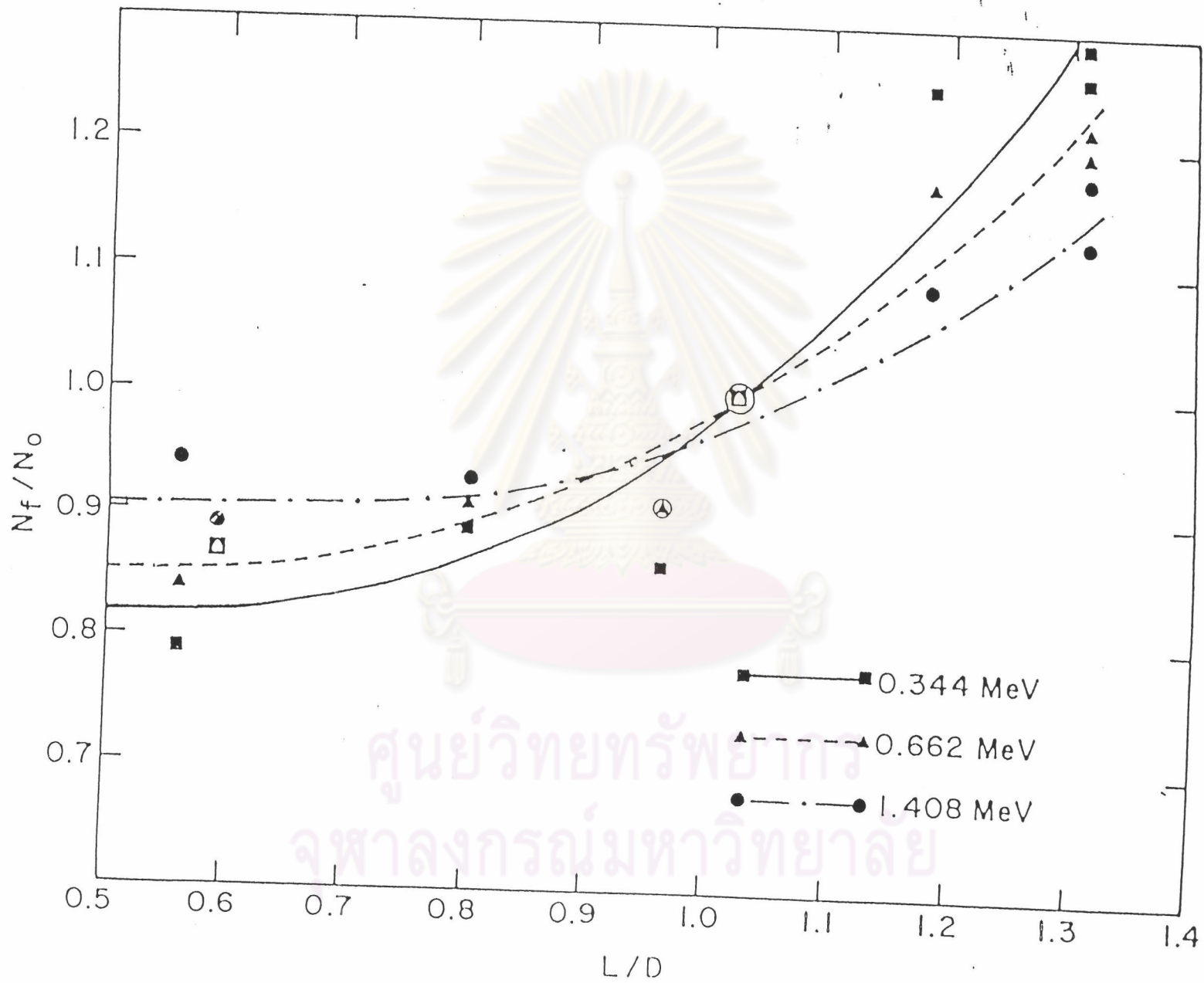
แสดงความสัมพันธ์ของค่าแก่การตอบสนองของหัววัดรังสีที่มุมต่างๆกับพลังงาน เปรียบเทียบกัน
ระหว่างค่า $L/D = 1.31, 1.02, 0.59$ เมื่อ $\frac{\alpha}{\rho} = 0, \infty$



รูปที่ ผ-ก-13-3



รูปที่ พ-ก-13-4



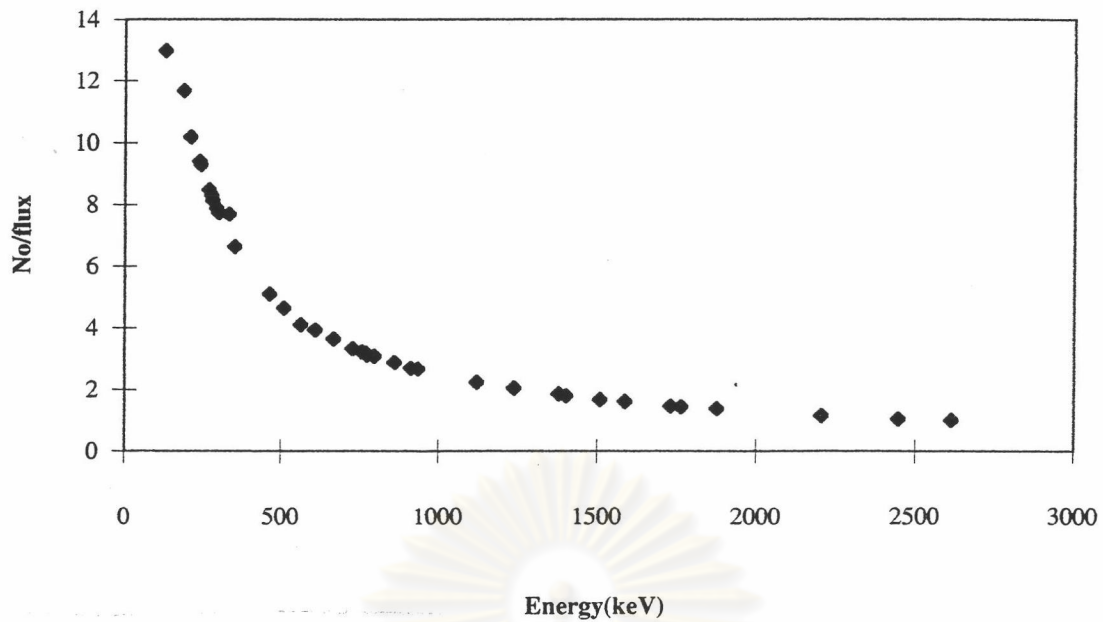
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ผ-ก-13-5

และคำนวณ $\frac{N_0}{\phi}$ ได้จากสมการ (2.7) แล้วนำมาแสดงผลไว้ในตาราง ผ-ก-11 และรูป ผ-ก-12 และ ผ-ก-13

ผ-ก-11

Nuclide	energy(keV)	NO/flux
K-40	1461	17.6
U-series		
Ra-225	186	11.7
Pb-214	242	9.3
	295	7.9
	352	6.65
Bi-214	609	3.95
	666	3.65
	768	3.19
	934	2.68
	1120	2.24
	1238	2.05
	1378	1.86
	1401	1.8
	1510	1.69
	1730	1.48
	1765	1.46
	1875	1.4
	2205	1.16
	2448	1.06
Th-series		
Ac-226	129	13
	210	10.2
Pb-212	239	9.4
Ru-224	241	9.39
Ac-226	270	8.5
Tl-208	277	8.3
Ac-226	282	8.15
Pb-212	301	7.75
Ac-226	333	7.7
Mixed	328-340	6.98
Ac-226	463	5.1
Tl-208	510	4.65
Tl-208	563	4.12
Bi-212	727	3.35
Ac-226	755	3.25
Ac-226	772	3.13
Ac-226	795	3.1
Ac-226	830+835+840	2.9
Tl-208	860	2.88
Ac-228	911	2.71
Ac-228	965+969	2.58
Ac-228	1588	1.62
Tl-208	2615	1.01



สามารถคำนวณหา ค่าแก้การตอบสนองของรังสีของหัววัดที่มุมต่างๆ ได้จากสมการ(2.8) หรือ

$$\text{สมการ} \quad \frac{N_f}{N_0} = \frac{1}{\phi_0} \int_0^{\pi/2} R(\theta) \frac{d\phi}{d\theta} d\theta$$

$R(\theta)$ หมายถึง มุมที่ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการวัดที่โฟโตพีคของหัววัด

ดังแสดงในคอลัมน์ G ของเวิร์กชีตรูปที่ 3.1 (ค่าที่นำมาใช้ในการคำนวณคือค่าตัวเลขในคอลัมน์ G903 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยตั้งแต่ คอลัมน์ G2-G901)

ผ-ก-14 ตัวอย่างตารางผลการเปรียบเทียบหัววัดรังสีเจอร์เมเนียมความบริสุทธิ์สูง ขนาด

75 ลูกบาศก์เซนติเมตรที่ความสูง 1 เมตรในดิน(กรณี $\frac{\alpha}{\rho} = 0$)จากสถาบันค้นคว้าวิจัยทางพลังงานปรมาณู ประเทศญี่ปุ่น (JAERI)

ผ-ก-15 แสดง $\frac{\phi}{I}$ ที่พลังงานต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ผ-ก-14 แสดงตัวอย่างลักษณะข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณรังสีในสิ่งแวดล้อมในพื้นที่
จริงโดยใช้หัววัดรังสีเจอร์เมเนียมความบริสุทธิ์สูงปริมาตร 73 cm³ (กรณีการ
วัดการกระจายของธาตุกัมมันตรังสีในดินตามธรรมชาติ)

Nuclide	Gamma-ray energy (keV)	$N_0/4$ ($\frac{cps}{\text{photon/cm}^2\text{-sec}}$)	N_f/N_0	q/S ($\frac{\text{photon/cm}^2\text{-sec}}{dCi/a}$)	N_f/S ($\frac{cps}{dCi/a}$)	q/I ($\frac{\text{photon/cm}^2\text{-sec}}{uR/h}$)	N_f/I ($\frac{cps}{uR/h}$)
K-40	1461	1.75	0.976	3.63(-2)	6.24(-2)	2.03(-1)	3.49(-1)
U-238 series							
Ra-226	186	11.7	0.940	4.58(-3)	5.04(-2)	2.52(-3)	2.77(-2)
Pb-214	242	9.30	0.952	1.04(-2)	9.21(-2)	5.71(-3)	5.06(-2)
	295	7.90	0.960	2.91(-2)	2.21(-1)	1.60(-2)	1.21(-1)
	352	6.65	0.961	5.01(-2)	3.84(-1)	3.30(-2)	2.11(-1)
Bi-214	609	3.95	0.969	9.42(-2)	3.61(-1)	5.18(-2)	1.98(-1)
	666	3.55	0.970	3.39(-3)	1.20(-2)	1.86(-3)	6.59(-3)
	755	3.19	0.971	1.17(-2)	3.62(-2)	6.43(-3)	1.99(-2)
Th-232 series	934	2.65	0.972	8.10(-3)	2.11(-2)	4.45(-3)	1.15(-2)
	1120	2.24	0.972	4.21(-2)	9.17(-2)	2.31(-2)	5.03(-2)
U-235 series	1238	2.05	0.972	1.72(-2)	3.43(-2)	9.45(-3)	1.83(-2)
	1378	1.86	0.974	1.49(-2)	2.70(-2)	8.19(-3)	1.48(-2)
U-238 series	1401-03	1.80	0.975	1.25(-2)	2.19(-2)	5.37(-3)	1.21(-2)
	1510	1.69	0.976	7.12(-3)	1.17(-2)	3.91(-3)	2.55(-2)
U-238 series	1730	1.48	0.978	1.02(-2)	1.48(-2)	5.60(-3)	8.11(-3)
	1765	1.46	0.978	5.39(-2)	7.70(-2)	2.96(-2)	4.23(-2)
U-238 series	1845	1.40	0.979	7.91(-3)	1.08(-2)	4.35(-3)	5.95(-3)
	2205	1.18	0.979	1.95(-2)	2.25(-2)	1.07(-2)	1.24(-2)
U-238 series	2448	1.06	0.979	6.66(-3)	6.91(-3)	3.66(-3)	3.60(-3)
	Th-232 series						
Ac-228	129	13.0	0.894	2.90(-3)	3.37(-2)	1.03(-3)	1.20(-2)
	210	10.2	0.948	5.80(-3)	5.61(-2)	2.06(-3)	1.99(-2)
Pb-212	239	9.40	0.952	7.25(-2)	5.49(-1)	2.57(-2)	2.30(-1)
Rn-224	241	9.39	0.952		5.48(-1)	2.57(-2)	2.30(-1)
Ac-228	270	8.50	0.958	1.02(-2)	8.31(-2)	3.62(-2)	2.95(-1)
Tl-208	277	8.30	0.958		8.11(-2)	3.62(-2)	2.88(-1)
Ac-228	282	8.15	0.959	7.97(-2)	7.97(-2)	3.62(-2)	2.83(-1)
Pb-212	301	7.75	0.960		5.53(-3)	4.11(-2)	1.96(-3)
Ac-228	333	7.70	0.961	2.18(-2)	1.51(-1)	7.73(-3)	5.72(-2)
Mixed	328-340	6.98	0.961	2.90(-2)	1.95(-1)	1.03(-2)	6.91(-2)
Ac-228	463	5.10	0.963	9.20(-3)	4.52(-2)	3.26(-3)	1.60(-2)
Tl-208	510	4.55	0.965	1.93(-2)	8.66(-2)	5.84(-3)	3.07(-2)
Tl-208	563	4.12	0.968	6.39(-2)	2.55(-1)	2.27(-2)	9.05(-2)
Bi-212	727	3.35	0.970	1.86(-2)	6.04(-2)	5.60(-3)	2.14(-2)
Ac-228							
Ac-228	755	3.25	0.971	2.70(-3)	8.52(-3)	9.57(-4)	3.02(-3)
U-238 series	772	3.13	0.971	4.10(-3)	1.27(-2)	1.45(-3)	4.48(-3)
	795	3.10	0.971	1.20(-2)	3.61(-2)	4.25(-3)	1.25(-2)
U-238 series	830+835+840	2.50	0.971	9.40(-3)	2.65(-2)	3.33(-3)	9.38(-3)
	Tl-208	260	2.88	0.971	1.18(-2)	3.30(-2)	4.13(-3)
Ac-228	511	2.71	0.971	7.55(-2)	1.99(-1)	2.58(-2)	7.05(-2)
U-238 series	965-969	2.53	0.971	6.13(-2)	1.54(-1)	2.17(-2)	5.44(-2)
	1588	1.62	0.975	1.23(-2)	1.94(-2)	4.35(-3)	6.89(-3)
Tl-208	2615	1.01	0.979	1.67(-1)	1.65(-1)	5.92(-2)	5.25(-2)

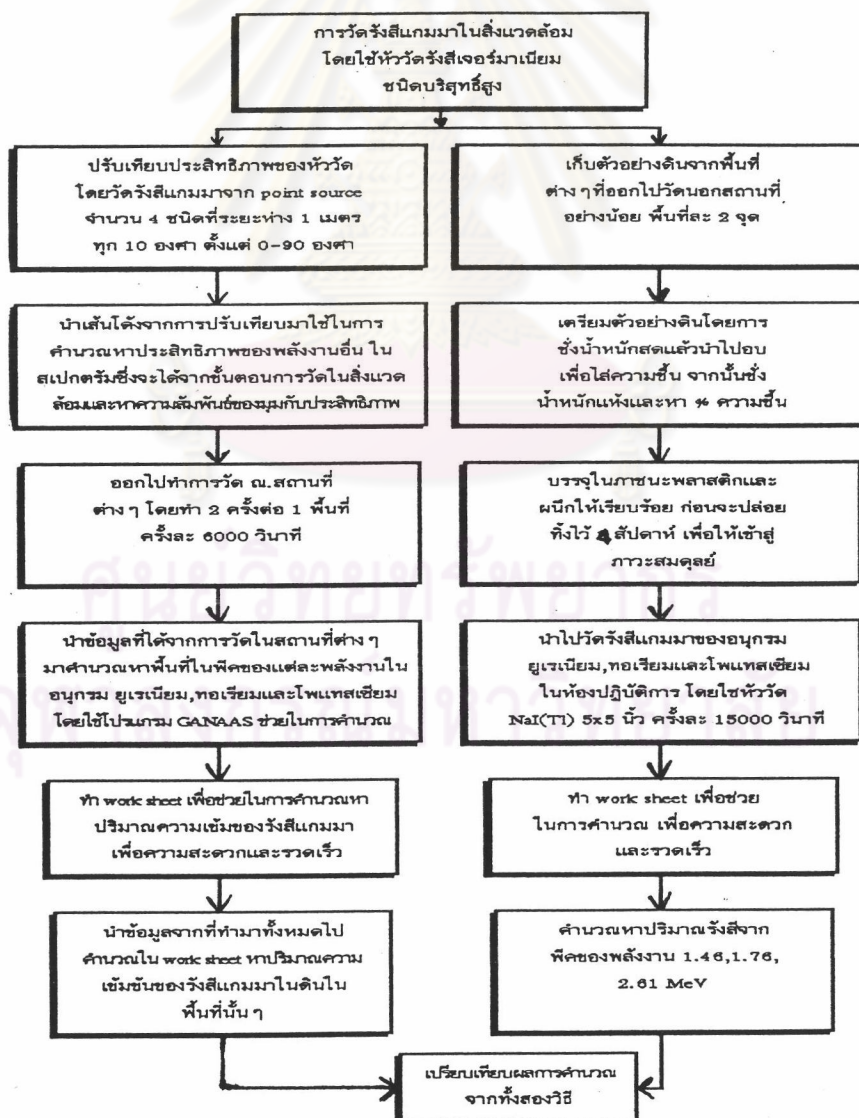
ตาราง ผ-ก-15 แสดงค่า Flux/I ที่พลังงานต่างๆของต้นกำเนิดรังสีมาตรฐานแบบจุด
(H.L.Beck,et;HASL-258(1972))

point source	Energy (keV)	Flux/I (photon/cm ² .sec/micro R/h)
Ac-228	129	1.03E-03
Ra-226	186	2.52E-03
Ac-228	209.16	2.06E-03
Pb-214	242	5.71E-03
Ac-228	270	3.62E-03
Pb-214	295.07	1.60E-02
Pb-212	300	1.96E-03
Ac-228	338.23	7.73E-03
Pb-214	351.86	3.30E-02
Ac-228	462.94	3.26E-03
Tl-208	510	6.84E-03
Tl-208	583.29	2.27E-02
Bi-214	609.49	5.18E-02
Cs-137	661.91	6.06E-01
Bi-214	666	1.86E-03
Bi-214	768	6.43E-03
Ac-228	794.84	4.25E-03
Tl-208	860.59	4.18E-03
Ac-228	911.44	2.68E-02
Bi-214	934	4.45E-03
Bi-214	1120.4	2.31E-02
Bi-214	1238.15	9.45E-03
Bi-214	1377.42	8.19E-03
K-40	1460.62	2.03E-01
Bi-214	1509.38	3.91E-03
Ac-228	1587.96	4.36E-03
Bi-214	1730	5.60E-03
Bi-214	1764.05	2.96E-02
Bi-214	1845	4.35E-03
Bi-214	2205	1.07E-02
Bi-214	2448	3.66E-03
Tl-208	2615	5.92E-02

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ผลจากการวัดรังสีแกมมาในสิ่งแวดล้อมโดยใช้หัววัดรังสีเจอร์เมเนียมความ
บริสุทธิ์สูง จากการวัดในพื้นที่จริง

หลังจากได้สเปกตรัมของผลการวัดในพื้นที่ต่างๆ มาแล้ว นำไปคำนวณหา พื้นที่พิก และ
ประสิทธิภาพจาก โปรแกรม GANAAS แล้วนำค่าที่ได้ไปใส่ไว้ในเวิร์กชีตที่ 3.2 เพื่อคำนวณ
จากตารางนี้ จะเห็นว่าสามารถแปลงหน่วยจาก pCi/g ไปเป็น Bq/kg ได้โดยการคูณด้วย 3.7
ซึ่งสามารถเขียนสรุปขั้นตอนการทำวิจัยได้อย่างสั้น ๆ ดังนี้



ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ผลการวัดรังสีแกมมาจากสิ่งแวดล้อมในห้องปฏิบัติการ จากตัวอย่างดินของพื้นที่จริง

ผลการวัดจากที่ได้แสดงไว้ใน เวิร์กชีต 3.3 นำข้อมูลเหล่านั้นมา คำนวณวิเคราะห์ดังแสดงใน เวิร์กชีต 3.4

การคำนวณหา %/g ของ โปแตสเซียม ทำได้โดย

std ใน 1000 กรัมของ K_2SO_4 มี K บริสุทธิ์ 448 กรัม
 ในการ dilute 20 เท่า ใช้ K_2SO_4 จำนวน 25 กรัม กับ H_3BO_3 475 กรัม ได้ สารตัวอย่างจำนวน 500 กรัม แต่ ใน ภาชนะของเรารับรังสีได้ 400 กรัม
 ดังนั้น $(25 \times 400) / 500$ เท่ากับ ใช้ K_2SO_4 20 กรัม
 ในตัวอย่าง 400 กรัมใช้ K_2SO_4 20 กรัม ถ้า ในตัวอย่าง 100 กรัม ใช้ K_2SO_4 ก็ 5 กรัม
 เท่ากับ $(20 \times 100) / 400$ เท่ากับ 5 กรัม
 จาก std K_2SO_4 1000 กรัม ให้ K บริสุทธิ์ 448 กรัม
 ถ้า std K_2SO_4 5 กรัม ให้ K บริสุทธิ์ เท่ากับ $(448 \times 5) / 1000$
 เท่ากับ 2.24 กรัม

การคำนวณหา ppm/g ของ ยูเรเนียม ทำได้โดย

ใน std U ore 1000 กรัม ให้ U บริสุทธิ์ 400 มิลลิกรัม
 dilute 117 เท่า ใช้ U ore 3.404 กรัม ผสมกับ H_3BO_3 396.596 กรัม
 ดังนั้น ใน 3.404 กรัม มี U บริสุทธิ์ เท่ากับ
 $(400 \times 3.404) / (1000 \times 1000)$
 เท่ากับ 0.0013616 กรัม
 ใน 400 กรัมมี U บริสุทธิ์เท่ากับ 0.001362 กรัม
 ดังนั้นใน 1 กรัม เท่ากับ $0.001362 / 400$ เท่ากับ 3.404×10^{-6} กรัม

การคำนวณหา ppm/g ของ ทอเรียม ทำได้โดย

ใน 400 กรัมตัวอย่าง Th ore มี Th บริสุทธิ์ = 2.06504 กรัม
 กำหนด 1000 กรัมให้ Th บริสุทธิ์ 800/1000 กรัม
 ถ้า 2.06504 กรัม = 0.00165203 กรัม
 ใน 1 กรัมตัวอย่าง Th ore มี Th บริสุทธิ์ = 0.001652/800
 = 2.065E-06

ตาราง ผ-ก-16 แสดงค่า Flux ต่อ pCi/g ของ ²²⁶Ra และ ²³²Th ที่ความสูง 1 เมตรเหนือพื้นดิน (กรณีที่มีการกระจายของรังสีแบบ สม่่าเสมอกับความลึกของพื้นดินที่

$$\frac{\alpha}{\rho} = 0)$$

Decaying Isotope	E (keV)	γ 's/dls.*	Flux (γ 's/cm ² -s)	Decaying Isotope	E (keV)	γ 's/dls.*	Flux (γ 's/cm ² -s)
²¹⁴ Pb	186	0.034	4.58(-3)	²¹⁴ Pb	239	0.490	7.25(-2)
²¹⁴ Pb	242	0.070	1.04(-2)	²¹⁴ Pb	241		
	295	0.179	2.91(-2)	²¹⁴ Pb	270	0.065	1.02(-2)
	352	0.350	6.01(-2)	²¹⁴ Pb	277		
²¹⁴ Pb	609	0.430	9.42(-2)	²¹⁴ Pb	282	0.034	5.52(-3)
	666	0.025	3.39(-3)	²¹⁴ Pb	301		
	768	0.048	1.17(-2)	²¹⁴ Pb	338	0.129	2.18(-2)
	934	0.031	8.10(-3)	²¹⁴ Pb	338-340	0.172	2.90(-2)
	1120	0.145	4.21(-2)	²¹⁴ Pb	463	0.047	9.20(-3)
	1238	0.056	1.72(-2)	²¹⁴ Pb	510	0.096	1.92(-2)
	1378	0.046	1.49(-2)	²¹⁴ Pb	583	0.300	6.39(-2)
	1401-08	0.038	1.25(-2)	²¹⁴ Pb	727	0.079	1.86(-2)
	1510	0.021	7.12(-3)	²¹⁴ Pb	755	0.011	2.70(-3)
	1730	0.028	1.02(-2)	²¹⁴ Pb	772	0.017	4.10(-3)
	1765	0.147	5.39(-2)	²¹⁴ Pb	795	0.049	1.20(-2)
	1848	0.021	7.91(-3)	²¹⁴ Pb	830-834-0	0.038	9.40(-3)
	2205	0.047	1.95(-2)	²¹⁴ Pb	860	0.047	1.18(-2)
	2448	0.015	6.66(-3)	²¹⁴ Pb	911	0.390	7.55(-2)
²¹⁴ Pb	129	0.025	2.90(-3)	²¹⁴ Pb	965-69	0.230	6.23(-2)
	210	0.041	5.80(-3)	²¹⁴ Pb	1568	0.046	1.53(-2)
				²¹⁴ Pb	2615	0.360	0.167

*Transitions for which γ 's/dls. < 0.02 are not listed except where they are required to correct measurements of the flux from some other natural or fallout emitter. Series equilibrium is assumed.

From H.L. Beck, et al; HASL-258(1972)

ตาราง ผ-จ แสดงผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นของความแรงรังสีในดิน จากวิธีการวัดในพื้นที่จริง กับ การวัดจากตัวอย่างดินที่เก็บมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

In-situ measurement point: Lawn between Machine Shop and Storehouse, JARI

Nuclide	In-situ Gd(Li) 14:00 - 16:00 October 26, 1975	Soil sampling method average of 5 sampled points	
		Surface	30 cm depth
Bi-214	0.29 pCi/g	0.154 pCi/g	0.245 pCi/g
Tl-208	0.48 pCi/g	0.421 pCi/g [†]	0.459 pCi/g
K-40	9.37 pCi/g	3.85 pCi/g	14.8 pCi/g
Cs-137	69.47 nCi/cm ² *	77.7 nCi/cm ²	

[†] Average of two points
* c/p = 0.461

ตาราง ผ-ง-2 แสดงค่า $\frac{\mu}{\rho}$ (cm²/g) และ μ (cm⁻¹) ของพลังงานต่างๆ ในดิน(ที่มี % น้ำ ต่างกัน) และใน น้ำ อากาศ และ อลูมิเนียม

Gamma-ray energy (keV)	Mass attenuation coefficient μ/ρ (cm ² /g)						Linear attenuation coefficient μ (cm ⁻¹)		
	Soil ¹⁾ 0% H ₂ O	Soil ¹⁾ 10% H ₂ O	Soil ¹⁾ 25% H ₂ O	Aluminum ²⁾	Water ²⁾	Air ²⁾ †	Soil 10% H ₂ O $\rho=1.6\text{g/cm}^3$	Soil** $\rho=1.5\text{g/cm}^3$	Air
10				25.8	4.96	4.76			
15				7.67	1.49	1.44			
20	3.01	2.78	2.05	3.22	0.705	0.683	4.446	4.830	0.000823
25	2.34	1.52	1.13	1.76			2.432	2.640	
30	1.00	0.938	0.838	1.03	0.335	0.315	1.5008	1.545	0.000380
35	0.656	0.644	0.566	0.669			1.0304	1.0035	
40	0.470	0.471	0.433	0.492	0.243	0.225	0.7536	0.7380	0.000271
45	0.380	0.381	0.338	0.386			0.6096	0.5790	
50	0.327	0.314	0.293	0.319	0.211	0.193	0.5024	0.4785	0.000233
55	0.282	0.277	0.265	0.277			0.4432	0.4155	
60	0.254	0.248	0.239	0.246	0.196	0.177	0.3968	0.3690	0.000213
65	0.233	0.230	0.221	0.219			0.3630	0.3285	
70	0.218	0.214	0.206	0.205			0.3424	0.3075	
75	0.204	0.202	0.194	0.193			0.3232	0.2895	
80	0.192	0.190	0.189	0.185	0.178	0.161	0.3040	0.2775	0.000194
85	0.189	0.185	0.181	0.177			0.2960	0.2655	
90	0.179	0.178	0.175	0.171			0.2848	0.2565	
95	0.173	0.173	0.170	0.166			0.2768	0.2490	
100	0.166	0.167	0.157	0.160	0.157	0.151	0.2672	0.2400	0.000182
150	0.138	0.139	0.141	0.134	0.149	0.134	0.2224	0.2235	0.000152
200	0.124	0.125	0.127	0.120	0.136	0.123	0.2000	0.2040	0.000148
250	0.114	0.115	0.118	0.111			0.1840		
300	0.106	0.108	0.109	0.103	0.118	0.106	0.1728	0.1770	0.000128
350	0.100	0.101	0.105	0.098			0.1616		
400	0.0950	0.0963	0.0975	0.0925	0.106	0.0953	0.1541	0.1590	0.000115
450	0.0906	0.0919	0.0931	0.0875			0.1470		
500	0.0869	0.0875	0.0894	0.0844	0.0966	0.0868	0.1400	0.1449	0.000105
550	0.0831	0.0844	0.0856	0.0806			0.1350		
600	0.0800	0.0813	0.0825	0.0775	0.0896	0.0804	0.1301	0.1344	0.000097
650	0.0769	0.0788	0.0800	0.0756			0.1251		
700	0.0744	0.0756	0.0775	0.0731			0.1210		
750	0.0725	0.0731	0.0750	0.0706			0.1170		
800	0.0706	0.0713	0.0725	0.0681	0.0786	0.0706	0.1141	0.1179	0.0000851
850	0.0681	0.0694	0.0706	0.0669			0.1110		
900	0.0669	0.0675	0.0688	0.0644			0.1080		
950	0.0656	0.0650	0.0669	0.0631			0.1040		
1000	0.0638	0.0638	0.0650	0.0614	0.0706	0.0635	0.1021	0.1059	0.0000765
1500	0.0515	0.0521	0.0530	0.0500	0.0575	0.0517	0.0834	0.0863	0.0000623
2000	0.0444	0.0449	0.0456	0.0432	0.0493	0.0444	0.0718	0.0740	0.0000535
2500	0.0398	0.0401	0.0413	0.0388			0.0642		
3000	0.0362	0.0364	0.0371	0.0353	0.0396	0.0358	0.0582	0.0594	0.0000431
4000				0.0310	0.0340	0.0308		0.0510	0.0000371
5000				0.0280	0.0302	0.0274		0.0453	0.0000330
6000				0.0265	0.0276	0.0251		0.0414	0.00003025
8000				0.0242	0.0242	0.0222		0.0363	0.0000268
10000				0.0230	0.0220	0.0203		0.0330	0.0000245
15000				0.0217	0.0193	0.0179		0.0290	0.0000216
20000				0.0215	0.0180	0.0169		0.0270	0.0000204
30000				0.0217	0.0170	0.0161		0.0255	0.0000194
40000				0.0224	0.0166	0.0159		0.0249	0.0000192
50000				0.0229	0.0166	0.0161		0.0249	0.0000194
60000				0.0234	0.0166	0.0161		0.0249	0.0000194
80000				0.0243	0.0169	0.0164		0.0254	0.0000198
100000				0.0251	0.0172	0.0168		0.0258	0.0000202

1) H.L. Beck, J.A. DeCampo, and C.V. Gogolak: HASL-256 (1972)

2) K. Siegbahn, ed., "X-Ray Spectroscopy" Vol. 1, Appendix 1, p. 827 (North-Holland Publ. Co. 1965).

* Soil 10% H₂O: 13.5% Al₂O₃, 4.5% Fe₂O₃, 67.5% SiO₂, 4.5% CO₂, 10% H₂O density 1.6 g/cm³.

† Air: 75.5% N, 23.2% O, 1.3% Ar by weight.

cm²/g × 0.001205 = cm⁻¹ at 20°C and 76 cmHg pressure

** μ/ρ for soil was taken as μ/ρ of Al for gamma-rays of smaller than 100 keV and μ/ρ of water for gamma-rays of larger than 100 keV. Then, multiplied by $\rho = 1.5\text{g/cm}^3$.

ตารางแสดงน้ำหนักและความชื้นของดินในบริเวณต่างๆที่นำกลับมาวัดรังสีในห้องปฏิบัติการ

สถานที่	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	% น้ำ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย			
จุดที่ 1	350 กรัม	284 กรัม	18.86 %
จุดที่ 2	320 กรัม	260 กรัม	18.75 %
ศูนย์วิจัยของครุฑ			
จุดที่ 1	340 กรัม	265 กรัม	22.06 %
จุดที่ 2	370 กรัม	300 กรัม	18.92 %
อ. บ้านไร่ จ. อุทัยธานี			
จุดที่ 1	590 กรัม	570 กรัม	3.39 %
จุดที่ 3	570 กรัม	550 กรัม	3.51 %
รร. บ้านปุง อ. บ้านไร่			
จุดที่ 1	360 กรัม	340 กรัม	5.56 %
จุดที่ 2	400 กรัม	376 กรัม	6.00 %
อ. บ้านเพ จ. ระยอง			
จุดที่ 1	370 กรัม	365 กรัม	1.35 %
จุดที่ 3	450 กรัม	445 กรัม	1.11 %
นิคมมาบตาพุด			
จุดที่ 2	520 กรัม	487 กรัม	6.35 %
จุดที่ 3	500 กรัม	470 กรัม	6.00 %

*** หมายเหตุ การคำนวณเปอร์เซ็นต์ของน้ำในดิน ทำดังนี้ $\frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักสดและแห้ง}}{\text{น้ำหนักสด}} \times 100$

น้ำหนักสด

W-2 DETECTOR SPECIFICATIONS AND PERFORMANCE DATA

Specifications

Model GC1020 Serial Number 5902318

The purchase specifications and therefore the warranted performance of this detector are as follows:

Active volume cc Relative efficiency 10 %

Resolution 2.0 keV (FWHM) at 1.33 MeV

 keV (FWTM) at 1.33 MeV

1.0 keV (FWHM) at 122 keV

 keV (FWTM) at

Peak/Compton 34 : 1 Cryostat well diameter mm Well depth mm

Cryostat description or Drawing Number if special 7935-7 (Big Mac)

Physical Characteristics

Geometry Closed-end coaxial

Diameter 43 mm Active volume 56.9 cc

Length 41.5 mm Well depth mm

Distance from window 5 mm Well diameter mm

Electrical Characteristics

Depletion voltage (+)4500 V dc

Recommended bias voltage V dc (+)4500 V dc

Leakage current at recommended bias 0.07 nA

Preamplifier test point voltage at recommended voltage (-)1.52 V dc

Capacitance at recommended bias ~ 16 pF

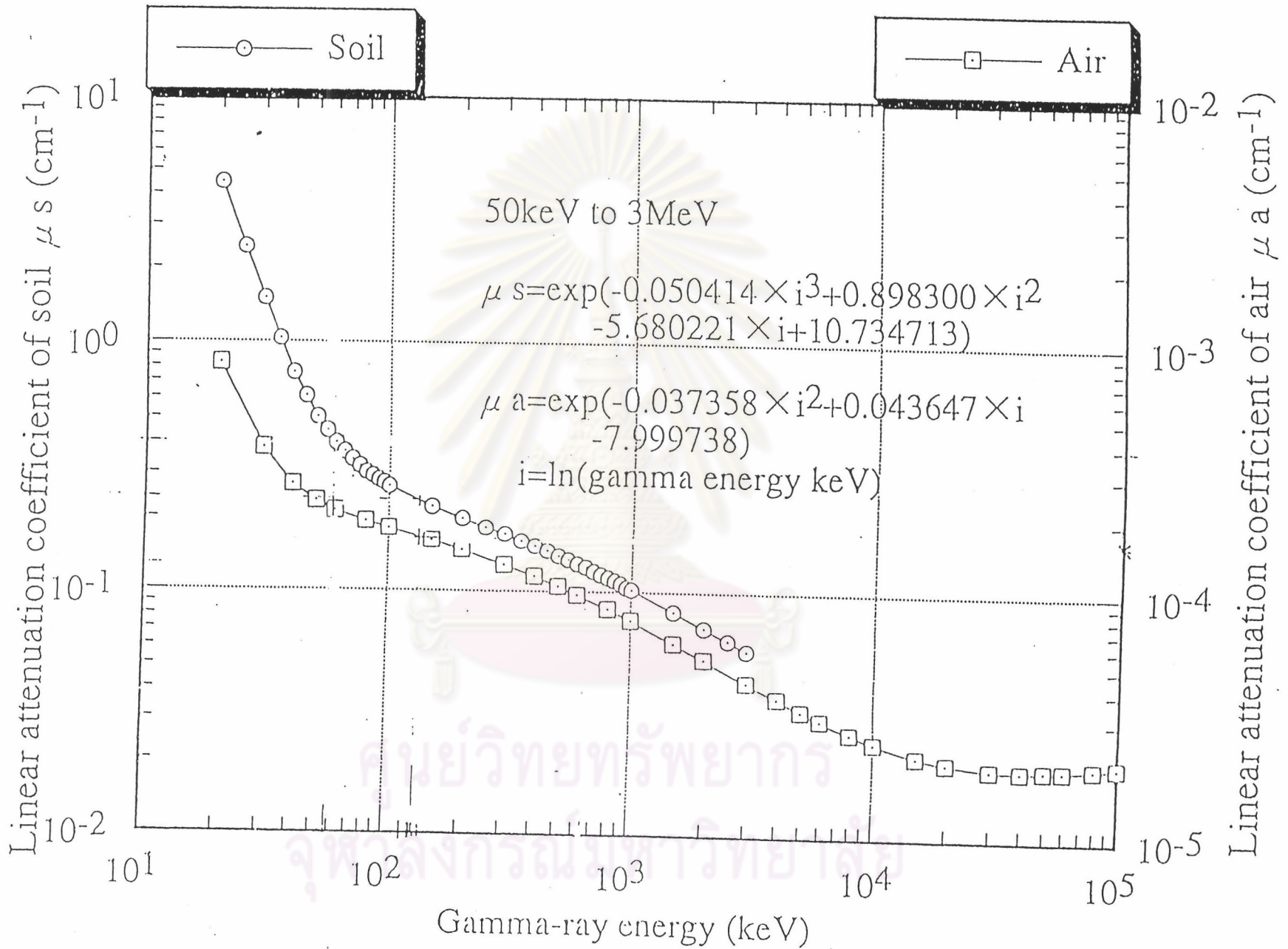
Resolution and Efficiency

With amp time constant of 4 μ s

Isotope	⁵⁷ Co	⁶⁰ Co			
Energy (keV)	122	1332			
FWHM (keV)	0.86	1.77			
FWTM (keV)	1.58	3.29			
Peak/Compton		43.0:1			
Rel. Efficiency		12.9			

Tested by: Bill Lutz Date: June 1, 1990

Approved by: Dennis D... .. Date: June 1, 1990



ผ-๗

Linear attenuation coefficient of gamma-rays for soil and air

รูปที่ ๗-๑ Principal Gamma Ray Energies for the Analysis
of Natural Radionuclides

Energy (keV)	Nuclide	Parent Series	Comments
186	^{226}Ra	^{238}U	low intensity, high continuum, cannot be resolved from ^{235}U peak at 185 keV
239	^{212}Pb	^{232}Th	strong peak, contribution from ^{224}Ra peak at 241 keV, interference from ^{214}Pb peak at 242 keV
295	^{214}Pb	^{238}U	generally clean peak, fairly strong
352	^{214}Pb	^{238}U	generally clean, strong peak
583	^{208}Tl	^{232}Th	generally clean, strong peak
609	^{214}Bi	^{238}U	strong peak, interference from 605 keV peak if ^{137}Cs is present
911	^{228}Ac	^{232}Th	generally clean, strong peak
965+969	^{228}Ac	^{232}Th	doublet, not as strong as 911 peak
1120	^{214}Bi	^{238}U	reasonably strong, continuum relatively low
1461	^{40}K	-	clean, strong, only peak for this nuclide
1765	^{214}Bi	^{238}U	reasonably strong, continuum low
2615	^{208}Tl	^{232}Th	clean, strong, continuum very low

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ประวัติผู้เขียน

นางสาวภาวดี สราภัสสร เกิดเมื่อวันที่ 14 มีนาคม พุทธศักราช 2513 ที่ จังหวัด
เชียงราย สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมที่ โรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัย สังกัดกรมสามัญศึกษา
จังหวัดกรุงเทพมหานคร ปี 2530 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีทางด้านรังสีเทคนิค คณะ
เทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล ปี 2535 เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโทสาขานิวเคลียร์
เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี 2536



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย