

核分裂生成物の γ 線スペクトル

1966 年 12 月

日本原子力研究所

Japan Atomic Energy Research Institute

日本原子力研究所は、研究成果、調査結果の報告のため、つぎの3種の研究報告書を、それぞれの通しナンバーを付して、不定期に公刊しております。

- | | | |
|---------|----------------------------------|-----------------|
| 1. 研究報告 | まとまった研究の成果あるいはその一部における重要な結果の報告 | JAERI 1001-3999 |
| 2. 調査報告 | 総説、展望、紹介などを含め、研究の成果、調査の結果をまとめたもの | JAERI 4001-5999 |
| 3. 資料 | 研究成果の普及、開発状況の紹介、施設共同利用の手引など | JAERI 6001-6999 |

このうち既刊分については「JAERI レポード一覧」にタイトル・要旨をまとめて掲載し、また新刊レポートは「原研びふりお」でその都度紹介しています。これらの研究報告書に関する頒布、著作権、複写のお問合せは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あてお申し越しください。

Japan Atomic Energy Research Institute publishes the nonperiodical reports with the following classification numbers:

1. **JAERI 1001-3999** Research reports,
2. **JAERI 4001-5999** Survey reports and reviews,
3. **JAERI 6001-6999** Information and Guiding Booklets.

Any inquiries concerning distribution copyright and reprint of the above reports should be directed to the Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

核分裂生成物の γ 線スペクトル

要 旨

核分裂生成物のうち、半減期が数分以上のもの 76 種、および ^{239}U , ^{239}Np について γ 線スペクトルを集録した。各スペクトログラムに、半減期、観測に用いられた γ 線検出器、吸収体、ジオメトリ、壊変図式を記した。スペクトログラムの縦軸は放射能を任意単位で示し、横軸は γ 線エネルギーを示す。

1966 年 9 月

日本原子力研究所 東海研究所
燃料開発部燃料照射第 2 研究室

亀 本 雄 一 郎

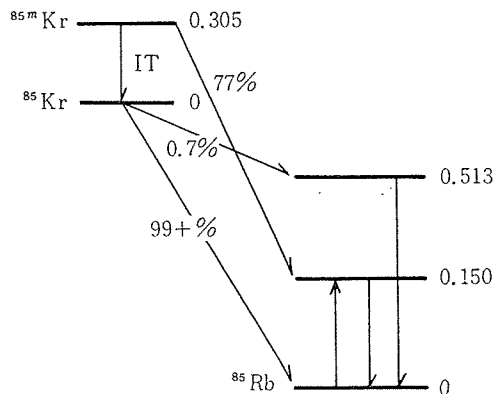
Gamma-ray Spectra of Fission Products

Summary

This report is a collection of the gamma-ray spectrograms for 76 different fission products with half-lives longer than a few minutes, uranium-239 and neptunium-239.

Half-life, absorber, gamma-ray detector, geometry, decay scheme, etc., are indicated on each spectrogram, an example of which is shown below.

- ^{85}Kr (nuclide)
- 10.3 y (half-life)
- { 100 mg/cm²Si (absorber)
- { 590 mg/cm²Be
- 4 × 4 inch NaI (gamma-ray detector)
- Geometry ~ 10% (geometry)
- (decay scheme)



Sept., 1966

Y. KAMEMOTO
Fuel and Fission Products Chemistry Laboratory
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute

目 次 (Contents)

まえがき (Introduction)	1	^{131}Te	19
核分裂生成物より放出される γ 線とその割合 (γ -ray radiated from fission products) ...	2	$^{131\text{m}}\text{Te}$	20
^{72}Ga	3	^{132}Te	20
^{85}Kr	3	$^{133\text{m}}\text{Te}$	21
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	4	^{130}I	21
^{87}Kr	4	^{131}I	22
$^{88}\text{Kr} \rightarrow ^{88}\text{Rb}$	5	^{132}I	22
^{88}Rb	5	^{134}I	23
^{89}Rb	6	^{135}I	23
$^{91}\text{Sr} \rightarrow ^{91\text{m}}\text{Y}$	6	^{136}I	24
^{92}Sr	7	^{133}Xe	24
^{93}Sr	7	$^{133}\text{Xe} + ^{135}\text{Xe}$	25
^{91}Y	8	^{137}Cs	25
^{92}Y	8	^{138}Cs	26
^{95}Zr	9	^{139}Ba	27
$^{97}\text{Zr} \rightarrow ^{97\text{m}}\text{Nb} \rightarrow ^{97}\text{Nb}$	9	^{140}Ba	28
^{95}Nb	10	^{140}La	28
$^{95\text{m}}\text{Nb}$	10	$^{140}\text{Ba} \rightarrow ^{140}\text{La}$	29
^{99}Mo	11	^{141}Ce	30
$^{101}\text{Mo} \rightarrow ^{101}\text{Tc}$	11	^{143}Ce	30
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	12	$^{144}\text{Ce} \rightarrow ^{144}\text{Pr}$	31
$^{103}\text{Ru} \rightarrow ^{103\text{m}}\text{Rh}$	12	^{146}Ce	32
$^{105}\text{Ru} \rightarrow ^{105\text{m}}\text{Rh} \rightarrow ^{105}\text{Rh}$	13	^{146}Pr	32
$^{106}\text{Ru} \rightarrow ^{106}\text{Rh}$	13	^{147}Nd	33
$^{109}\text{Pd} \rightarrow ^{109\text{m}}\text{Ag}$	14	^{149}Nd	33
^{111}Ag	14	^{147}Pm	34
$^{112}\text{Ag} + ^{111}\text{Ag}$	15	^{151}Pm	34
$^{115\text{m}}\text{Cd}$	15	^{153}Sm	35
^{115}Cd	16	^{155}Eu	35
$^{115}\text{Cd} \rightarrow ^{115\text{m}}\text{In}$	16	^{159}Gd	36
^{123}Sn	17	^{161}Gd	36
^{125}Sn	17	^{161}Tb	37
$^{125}\text{Sn} \rightarrow ^{125\text{m}}\text{Te}$	18	^{239}U	37
$^{129\text{m}}\text{Te} + ^{123\text{m}}\text{Te} + ^{125\text{m}}\text{Te}$	18	^{239}Np	38
^{129}Te	19	中性子照射ウラン (Neutron-irradiated U)	39

ま え が き

放射性核種をとりあつかう研究においては、 γ 線スペクトロメトリーが有用なことはよく知られている。この γ 線スペクトロメトリーを適用する場合には、その γ 線スペクトルをあらかじめ知っていることが望ましい。このためにいくつかの γ 線スペクトル集が公にされており、利用することができる。しかし実際に核分裂生成物の γ 線スペクトルを調べてみると、これらのスペクトル集では不十分なことが多く、不便を感ずることが多い。筆者は文献より核分裂生成物の γ 線スペクトルを集め、

筆者自身の測定したスペクトルを加えて、主要な核分裂生成物の γ 線スペクトル集を作成することを計画した。

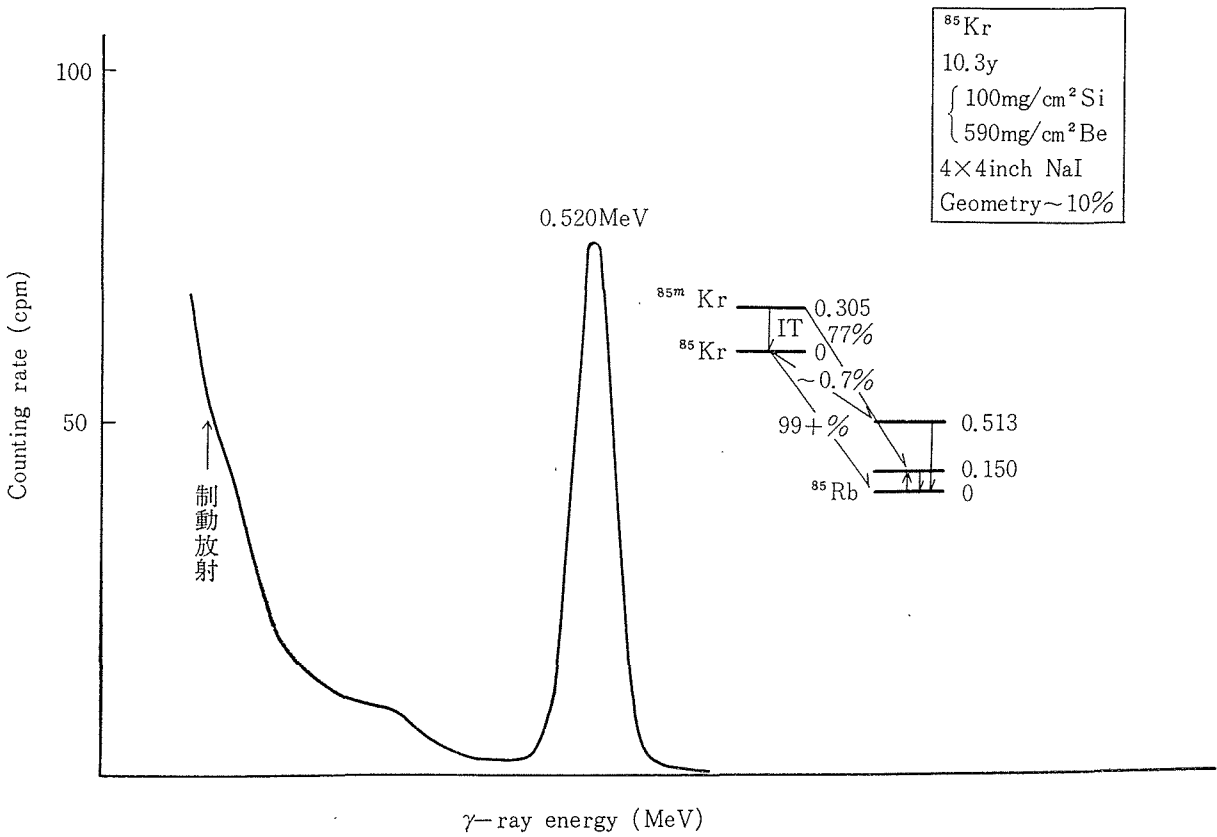
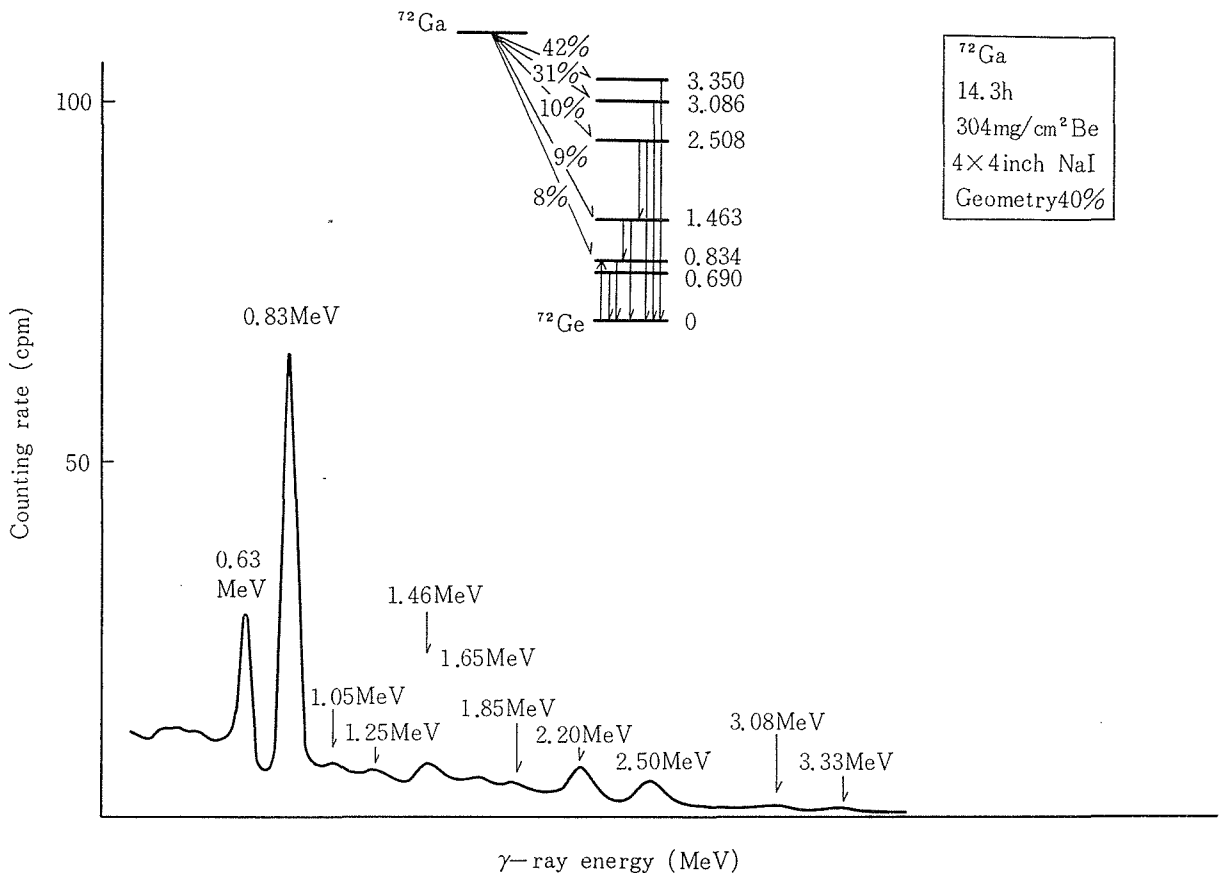
γ 線スペクトルは NaI クリスタルの形、大きさ、吸収体の有無、クリスタルと線源の距離などにより変化する。そこでわかる限り NaI クリスタルの大きさ、吸収体、ジオメトリなどについて、それぞれの γ 線スペクトルに付記した。また壊変図式についても既知のものは記すことにした。この報告を作成するに際して使用した文献はつぎのようなものである。

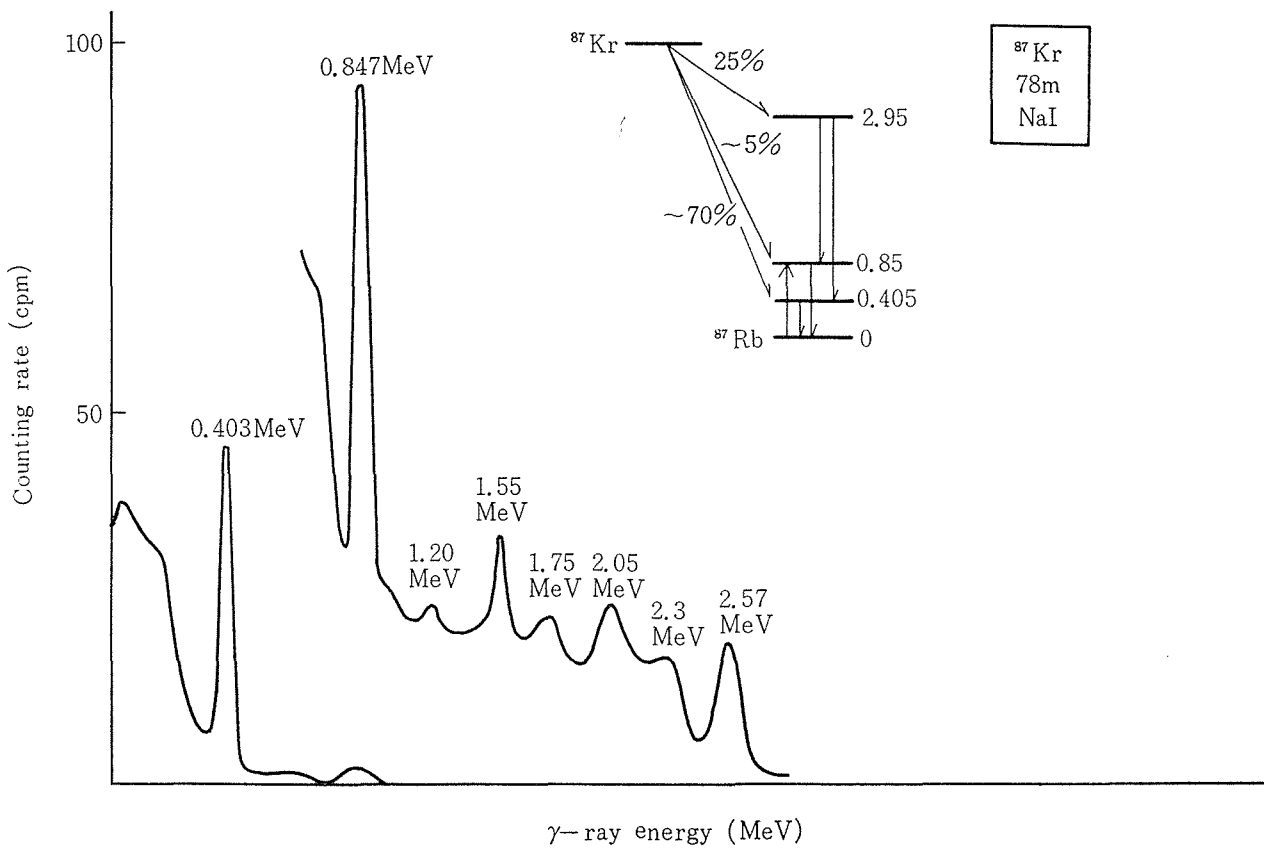
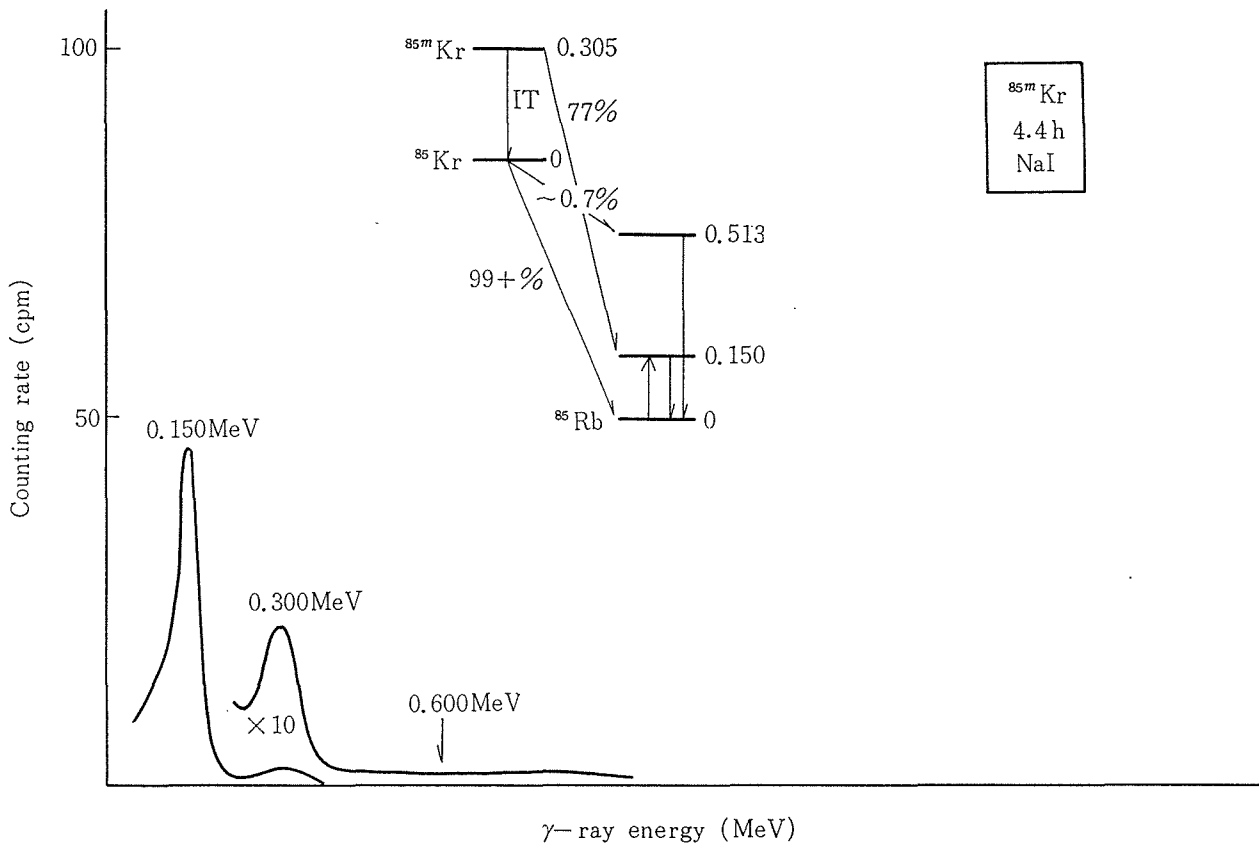
文 献

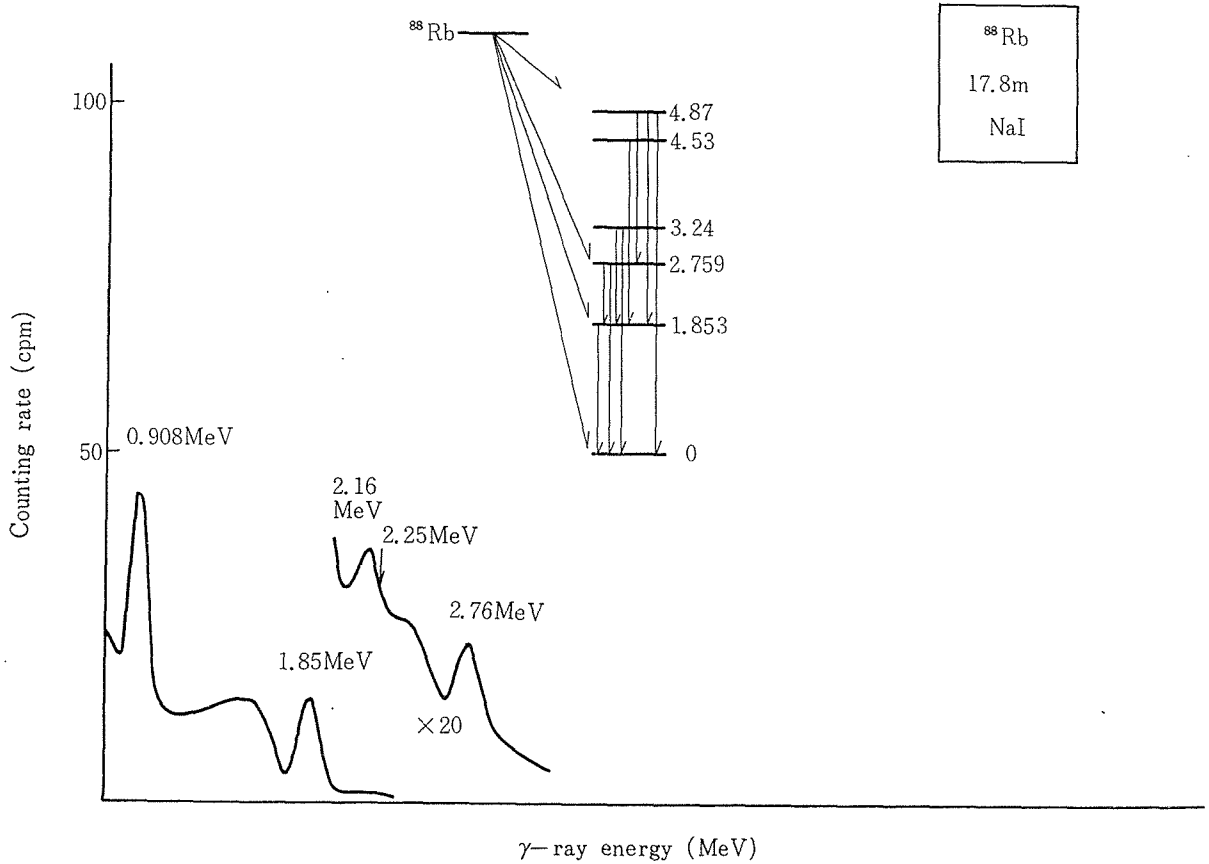
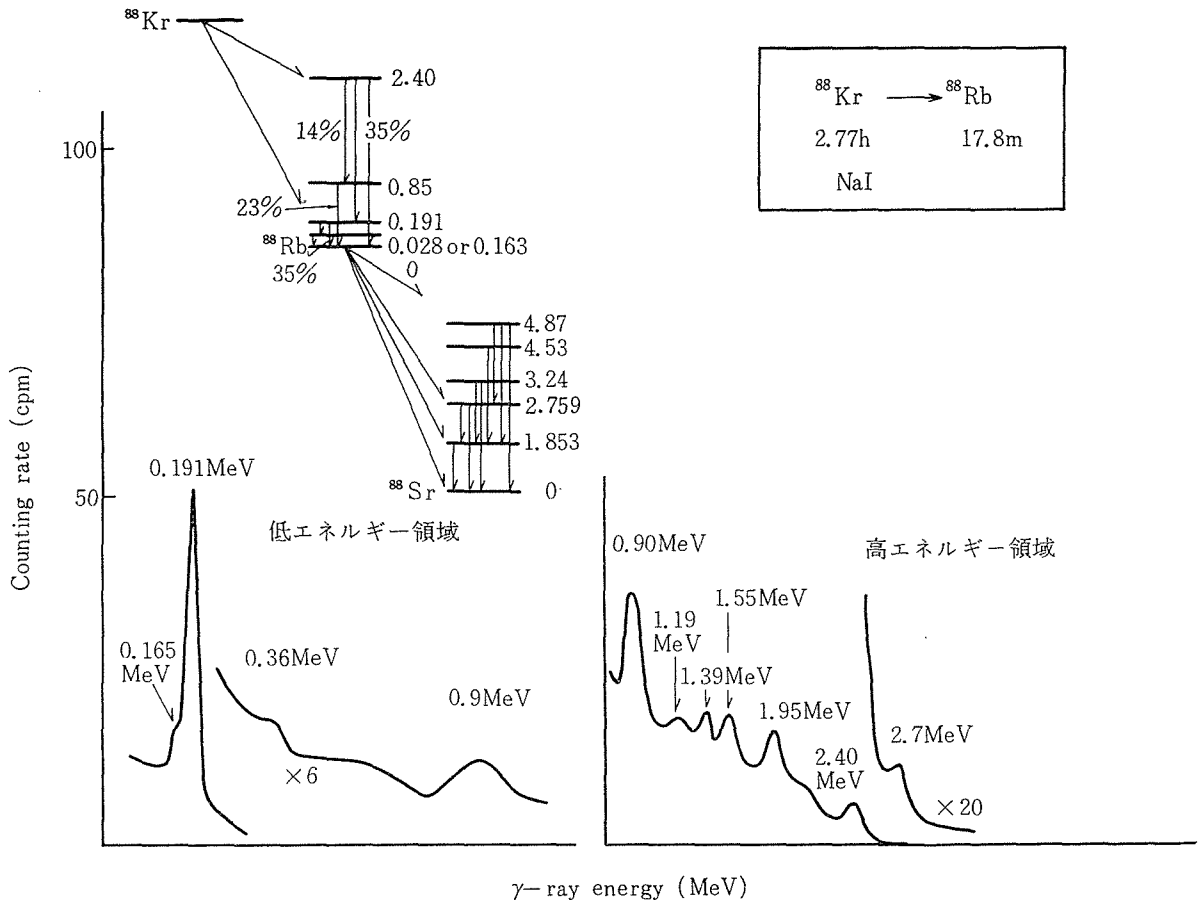
- 1) C. E. CROUTHAMEL: "Applied Gamma-Ray Spectrometry", Pergamon Press, Oxford, 1960
- 2) L. SALMON: *A. E. R. E. C/R* 2377 (1), 1959
- 3) 塩川, 浜口, 矢島, 近藤: "放射化学分析法", 新分析化学講座 4, 共立, 1959
- 4) G. D. O'KELLEY, N. H. LAZAR, E. FICHLER: *Phys. Rev.*, 102, 223 (1956)
- 5) T. ALVÄGER, G. OELSNER: *Arkiv Fysik*, 12, 319 (1957)
- 6) R. S. CAIRD, A. C. G. MITCHELL: *Phys. Rev.*, 94, 412 (1954)
- 7) W. E. GRAVES, A. C. G. MITCHELL: *Phys. Rev.*, 101, 701 (1956)
- 8) W. A. CASSATT, JR. W. W. MEINKE: *Phys. Rev.*, 99, 760 (1955)
- 9) H. SLÄTIS, L. ZAPPA: *Arkiv Fysik*, 6, 81 (1953)
- 10) I. BERGSTRÖM: *Arkiv Fysik*, 5, 191 (1952)
- 11) W. BERNSTEIN, S. S. MARKOWITZ, S. KATCOFF: *Phys. Rev.*, 93, 1073 (1954)
- 12) 岡野, 天道: 原子力工業, 12, No. 2, 10 (1966)
- 13) データ・シート, 原子力工業, 10, No. 1, 71 (1964)
- 14) D. STROMINGER, J. M. HOLLANDER, G. T. SEABORG: *Phys. Rev.*, 30, No. 2, Part 2 (1958)
- 15) SIGVARD THULIN: *Arkiv Fysik*, 9, 137 (1956)
- 16) MICHAEL MCKEOWN, SEYMOUR KATCOFF: *Phys. Rev.*, 94, 965 (1954)
- 17) "Nuclear Data Sheets", The National Academy of Sciences National Research Council, Washington.

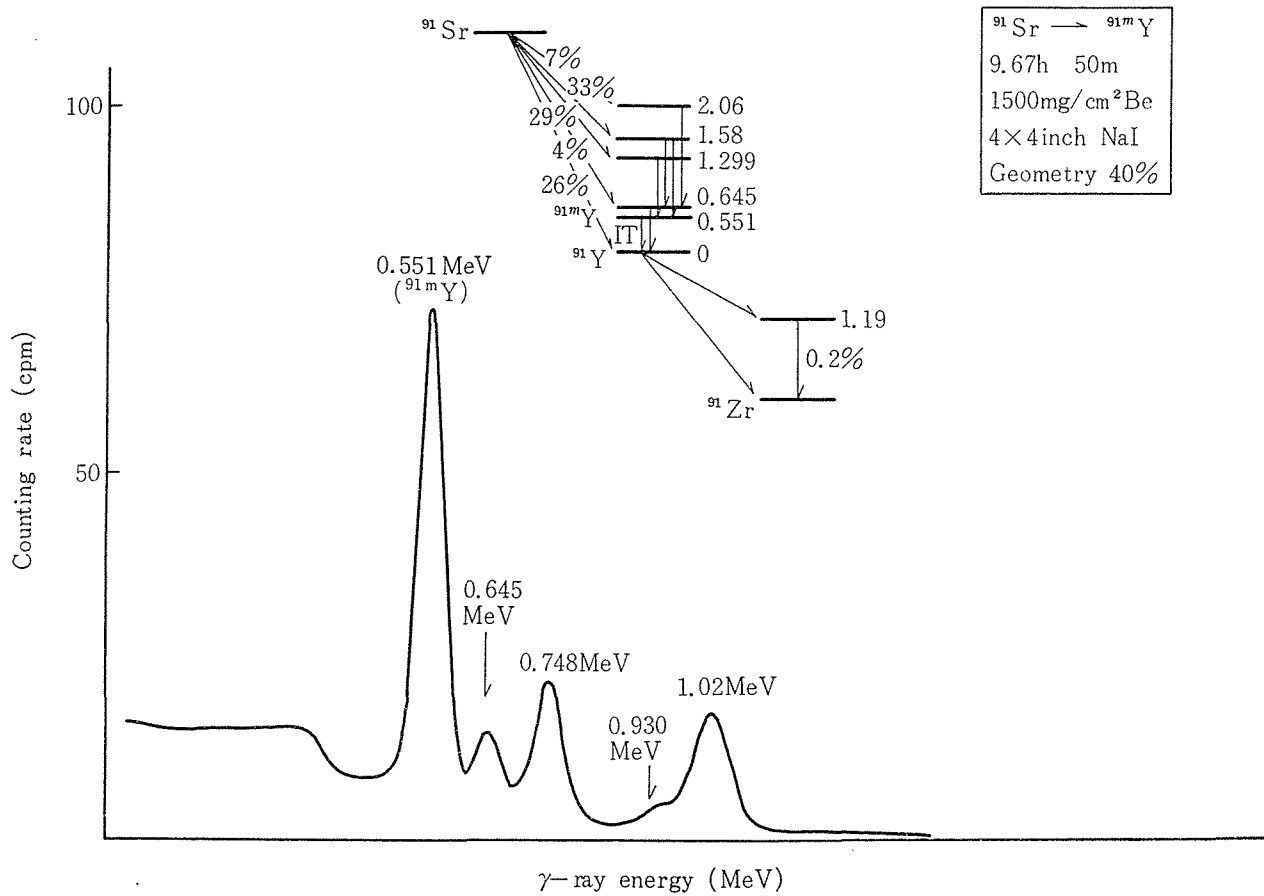
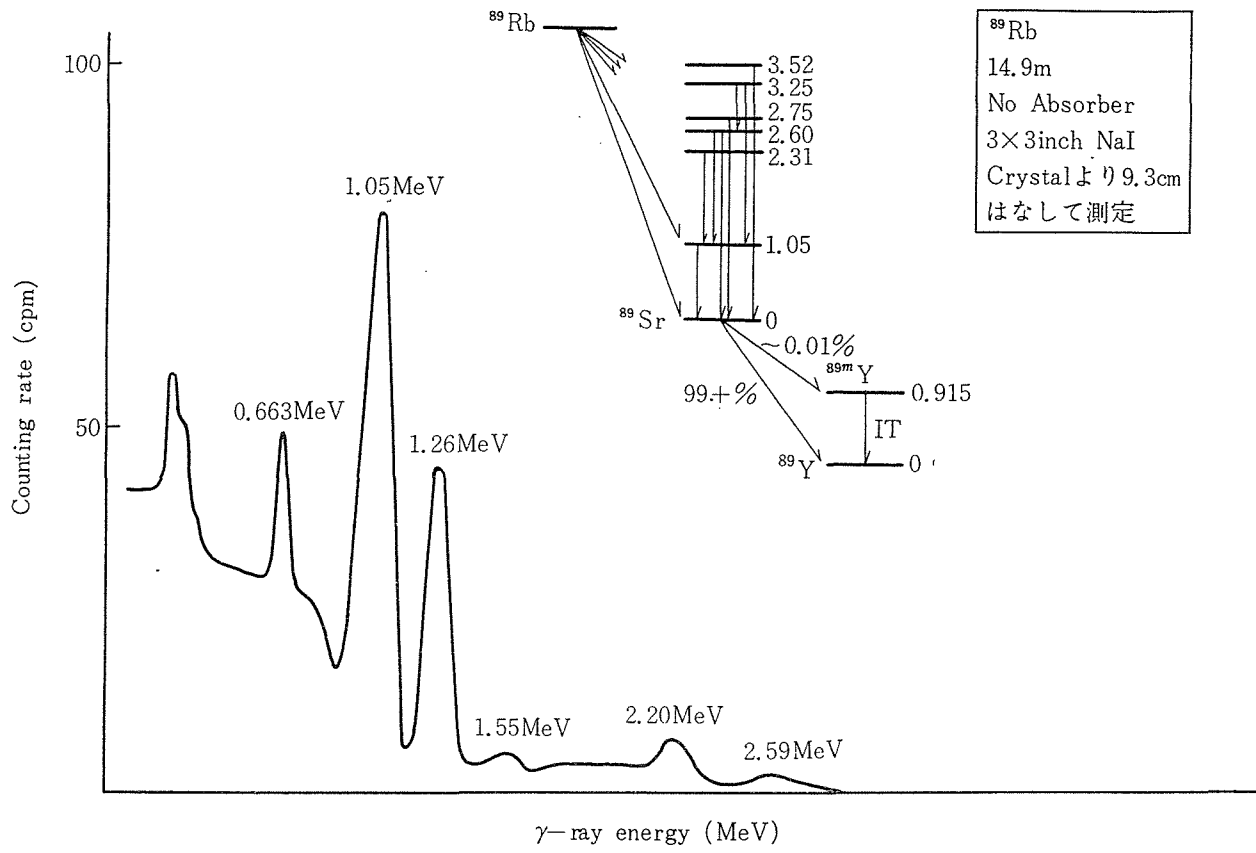
核分裂生成物より放出される γ 線とその割合

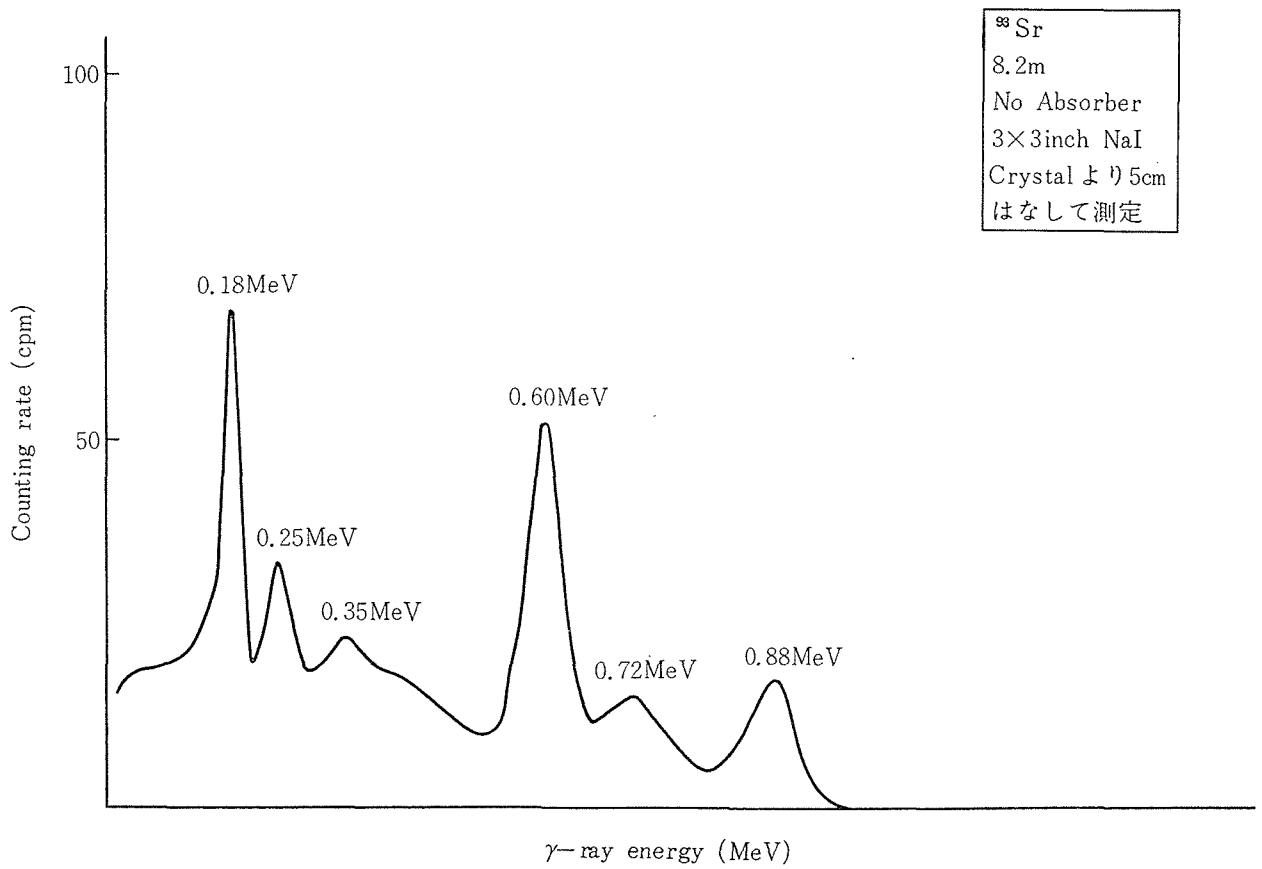
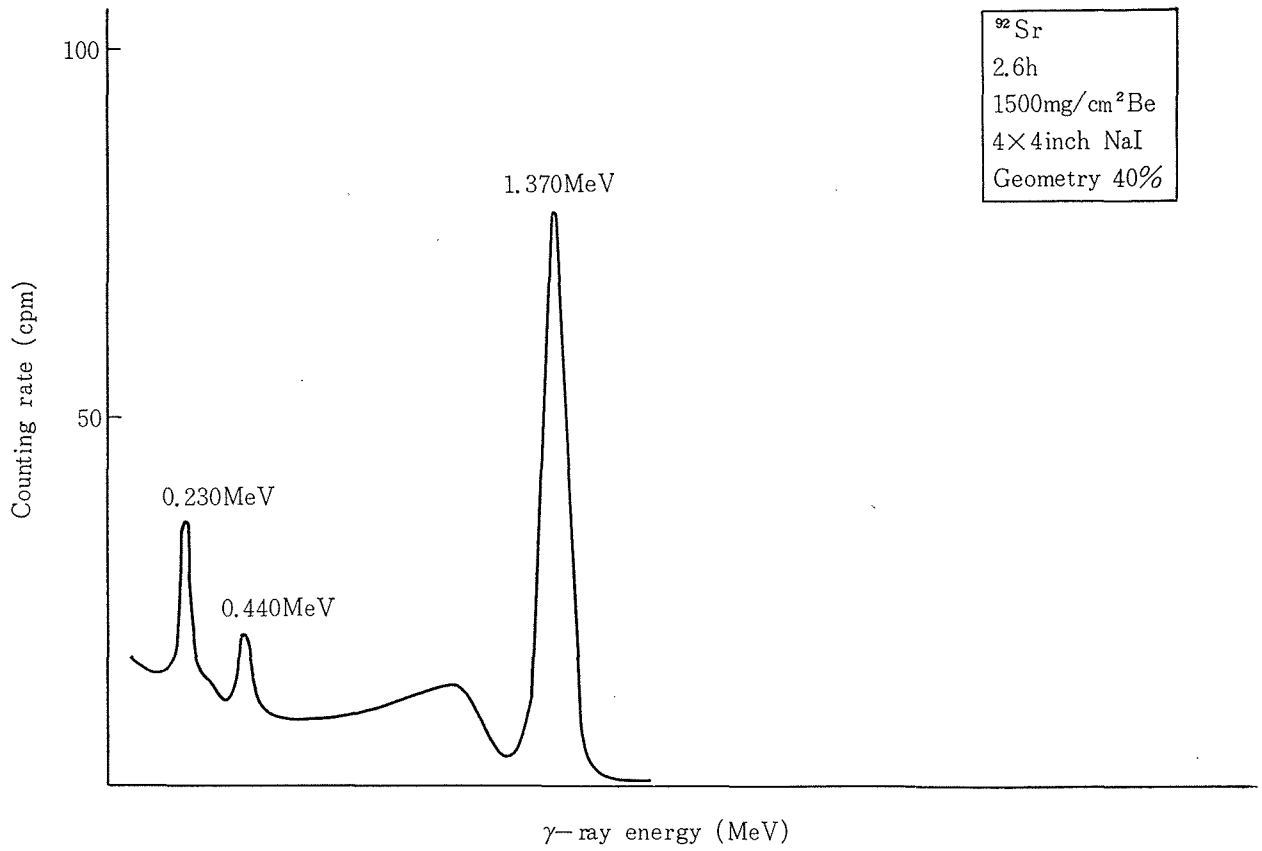
核種	放出 γ 線 エネルギー (MeV)	放出割合% (核分裂生成物の 全量を1とする)					核種	放出 γ 線 エネルギー (MeV)	放出割合% (核分裂生成物の 全量を1とする)				
		1日後	3日後	10日後	60日後	120日後			1日後	3日後	10日後	60日後	120日後
^{131}I	0.36	0.85	2.0	5.78	0.85	—	^{93}Y	0.7	7.6	1.25	—	—	—
	0.64	0.15	0.35	1.02	0.15	—		^{97}Zr	0.8	8.9	5.3	—	—
^{140}Pa	0.54	0.40	1.84	4.28	2.64	—	^{97}Nb	0.78	9.7	5.8	—	—	—
^{141}La	1.5	0.07	—	—	—	—	^{131}Te	0.70	0.27	—	—	—	—
^{105}Rh	0.32	0.05	0.09	—	—	—	^{134}I	0.16	0.27	—	—	—	—
^{149}Pm	0.285	1.4	2.9	—	—	—	^{134}I	1.1	0.10	—	—	—	—
^{132}Te	0.22	1.3	3.5	2.55	—	—	^{140}La	1.6	0.4	3.6	12	5.7	—
^{132}I	0.96	0.62	1.68	1.22	—	—	^{140}La	0.49	0.08	0.72	2.4	1.14	—
	0.53	0.65	1.75	1.27	—	—	^{140}La	0.82	0.28	2.52	8.4	3.99	—
^{91}Y	1.40	0.41	1.1	0.79	—	—	^{141}Ce	0.141	0.42	1.56	4.41	7.56	4.4
	0.78	0.50	1.31	0.95	—	—	^{103}Ru	0.50	0.20	—	2.55	7.2	6.2
^{92}Y	0.67	0.50	1.31	0.95	—	—	^{103}Rh	0.04	0.20	—	2.55	7.2	6.2
	1.0	2.0	—	—	—	—	^{95}Zr	0.71	0.30	1.10	3.35	12.8	15.3
^{99}Mo	0.6	2.0	—	—	—	—	^{147}Nd	0.58	—	0.40	1.0	0.56	—
	0.78	0.7	1.73	1.02	—	—	^{147}Nd	0.091	—	0.89	1.92	—	—
^{91}Sr	0.14	3.91	9.78	5.78	—	—	^{144}Ce	0.17	—	—	—	1.2	2.37
	1.3	2.68	0.42	—	—	—	^{144}Pr	0.696	—	—	—	0.08	0.16
^{143}Ce	0.5	6.8	10	—	—	—	^{144}Pr	2.2	—	—	—	0.08	0.17
^{133}I	0.53	3.65	3.3	—	—	—	^{144}Pr	1.5	—	—	—	0.04	0.07
							^{95}Nb	0.76	—	—	—	11.8	20.4

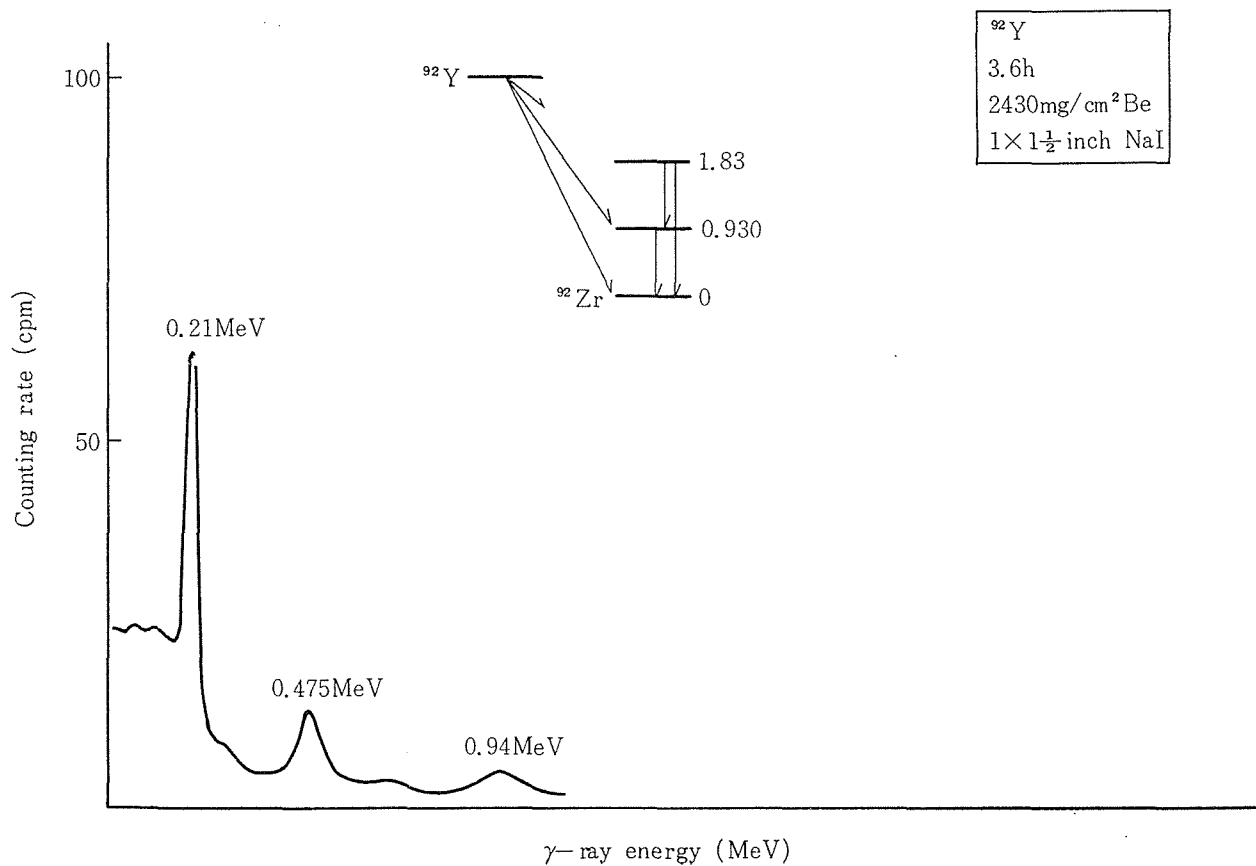
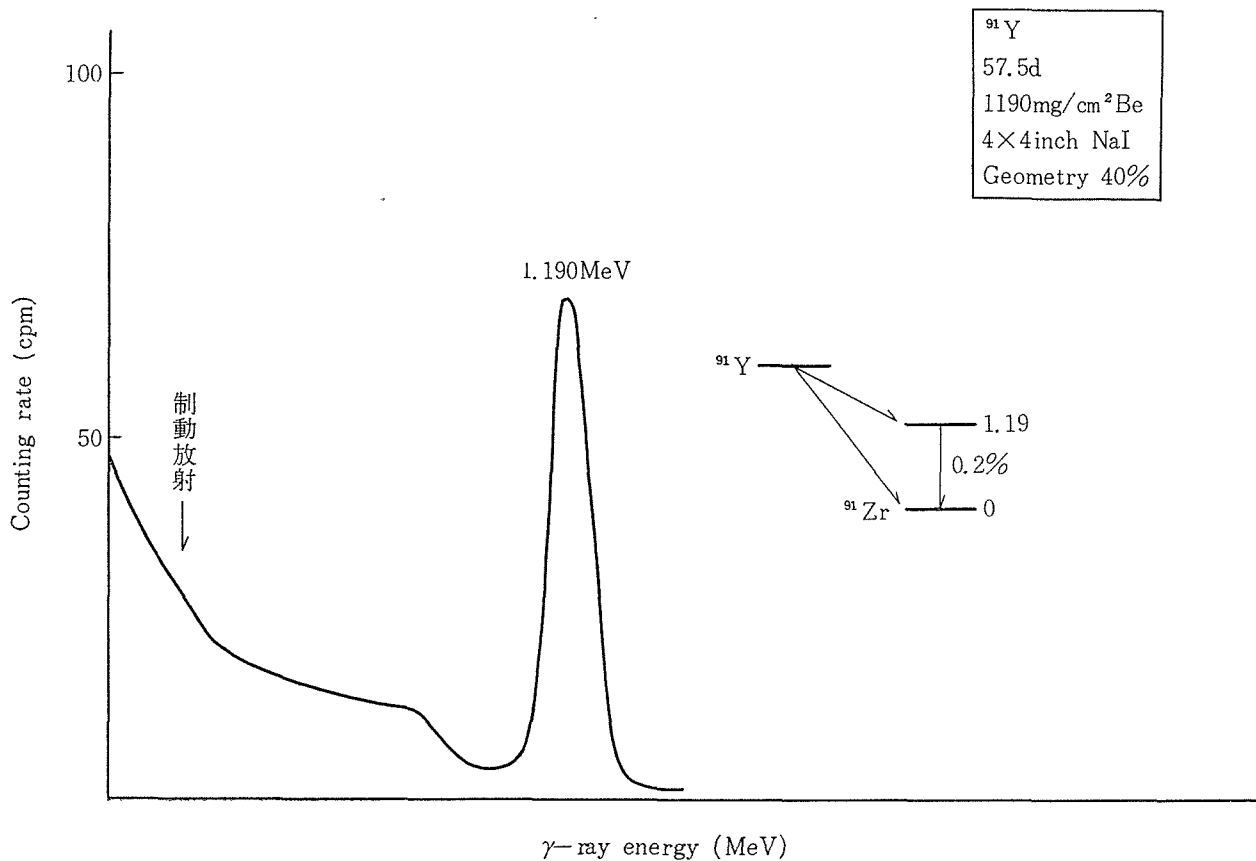


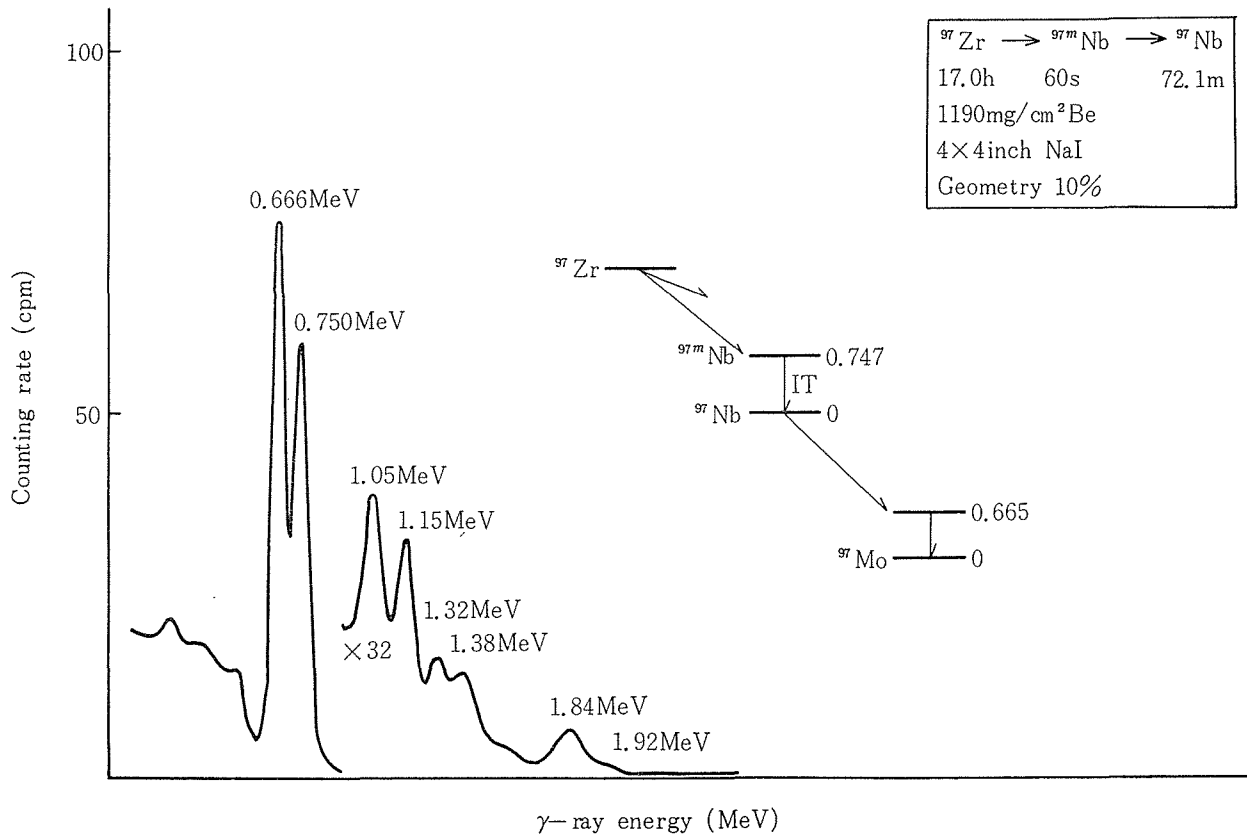
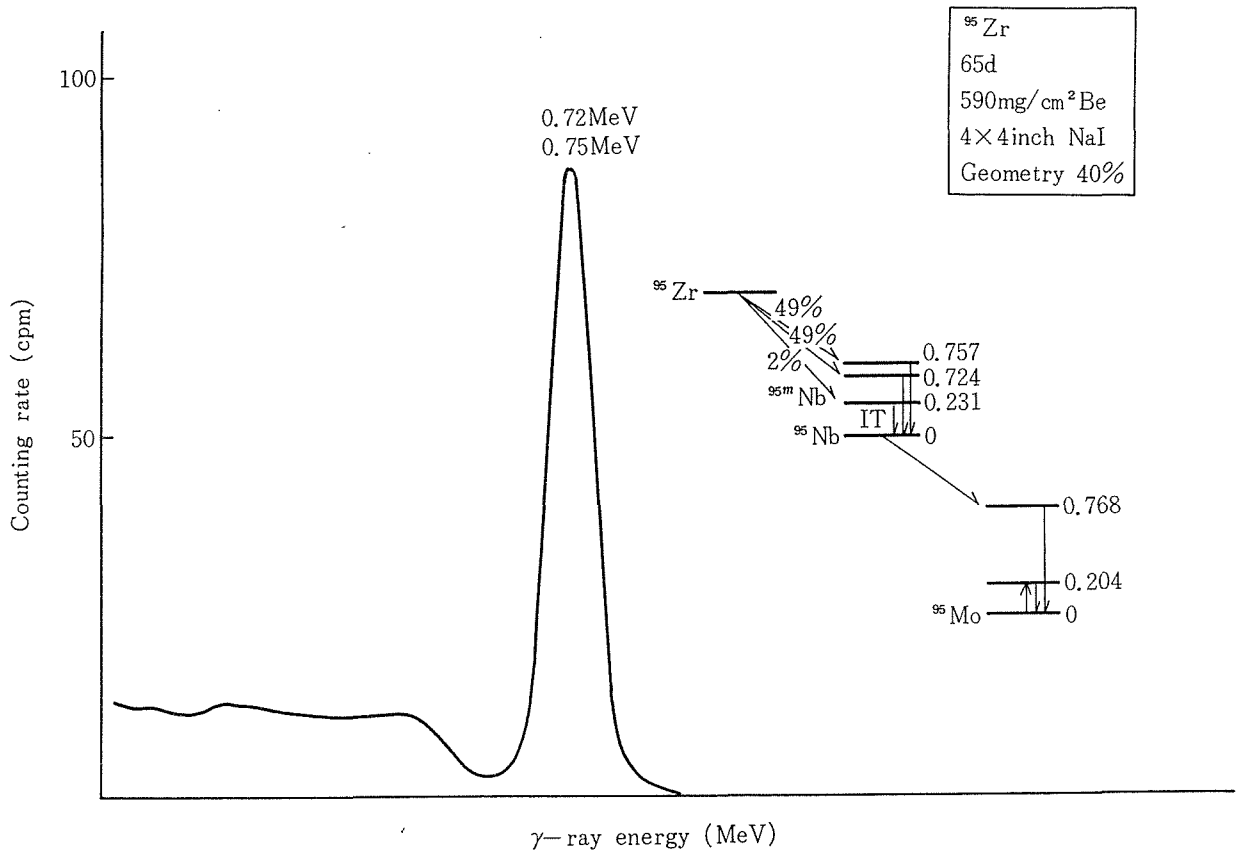


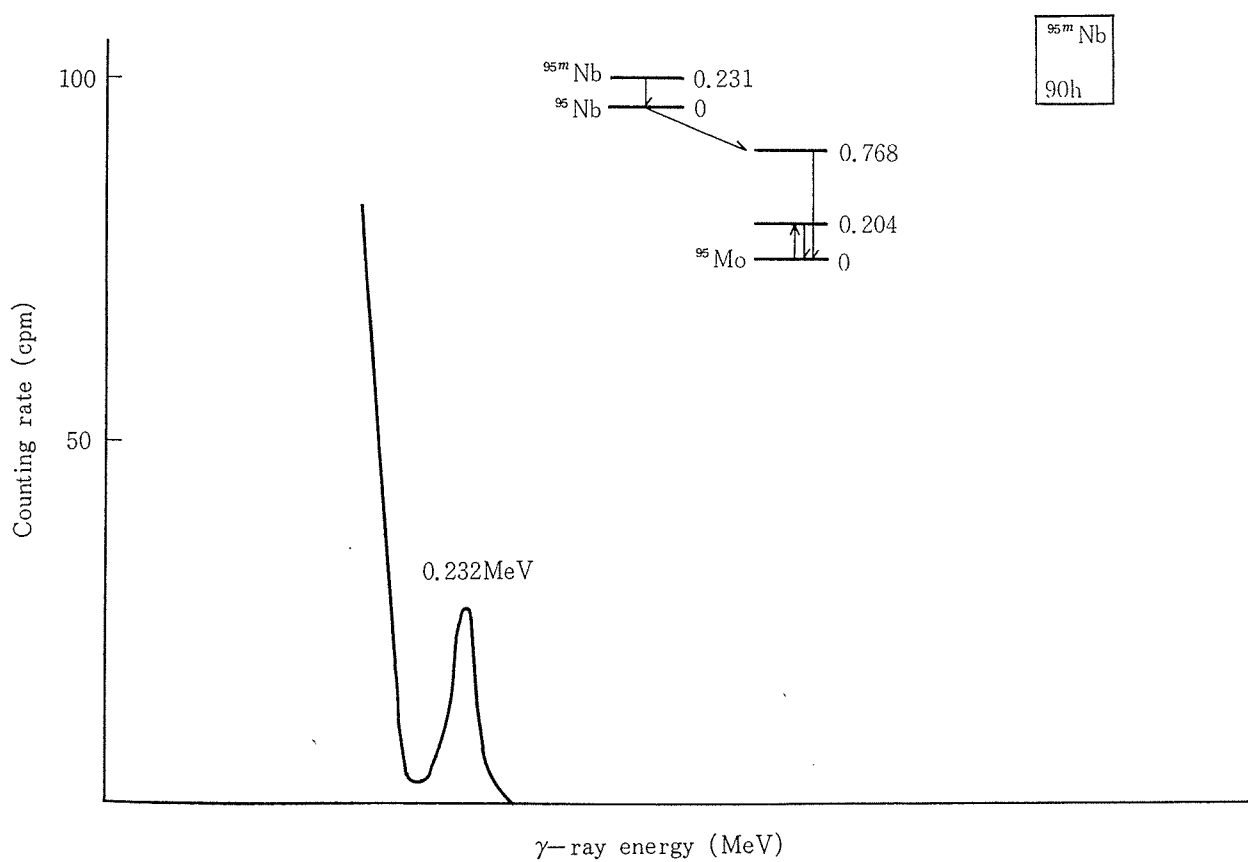
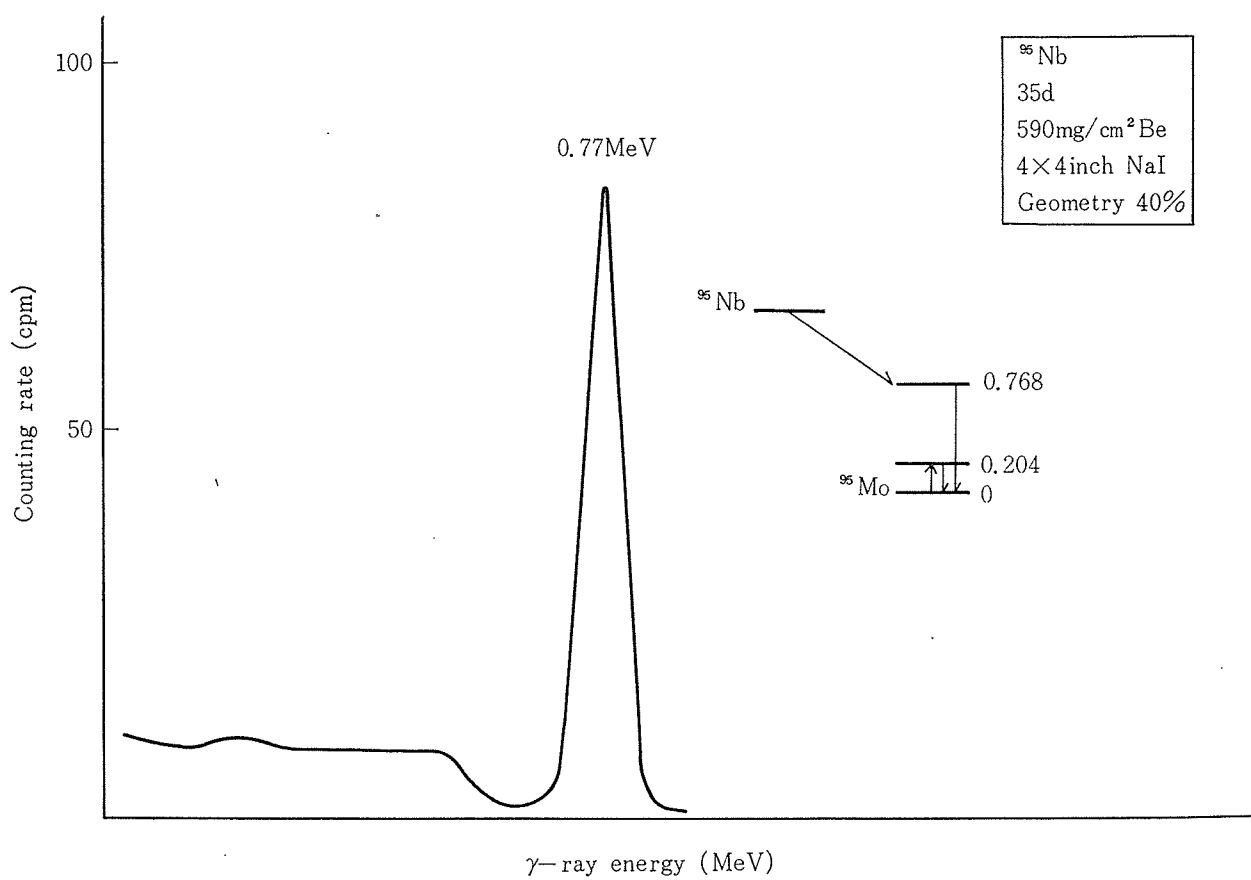


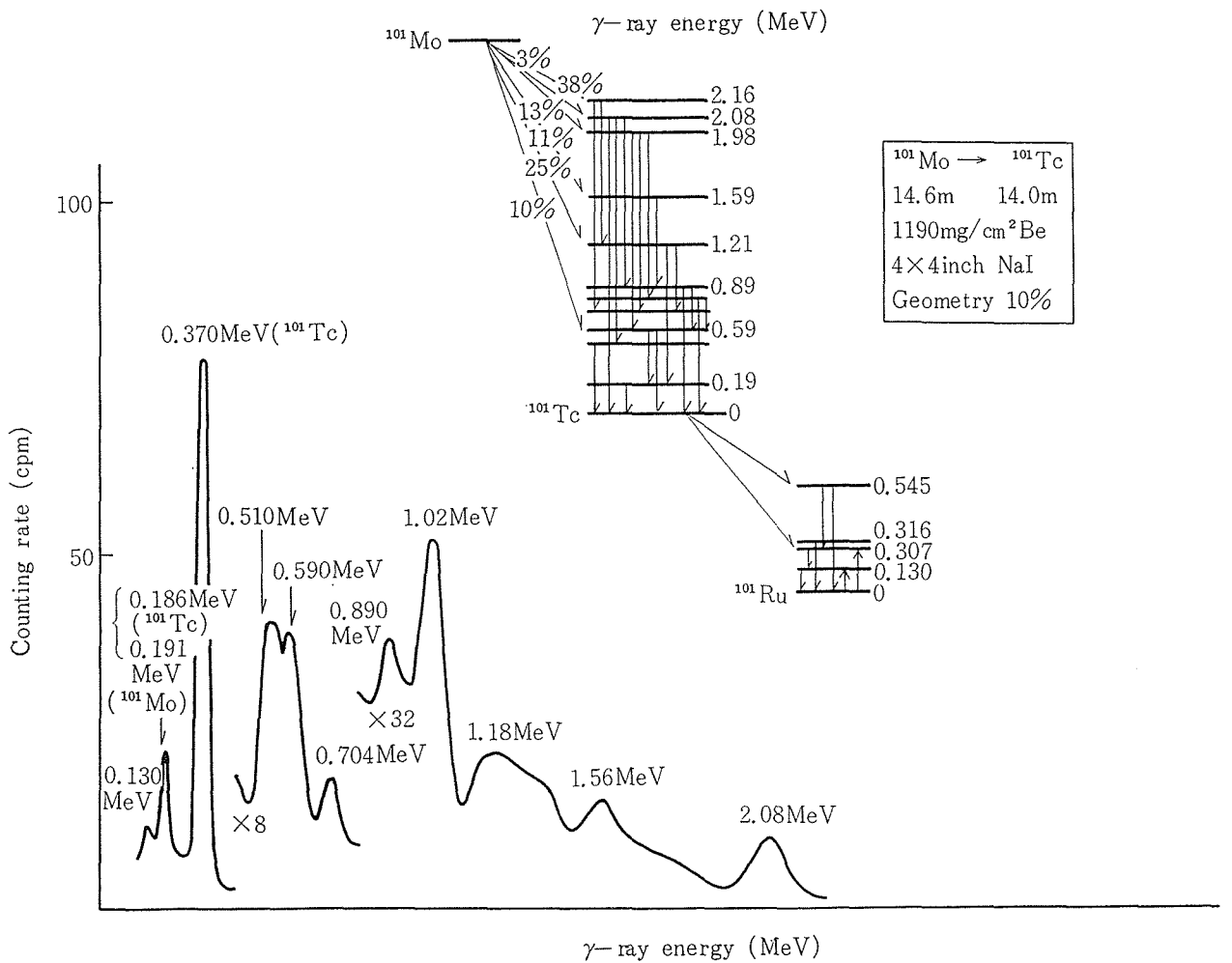
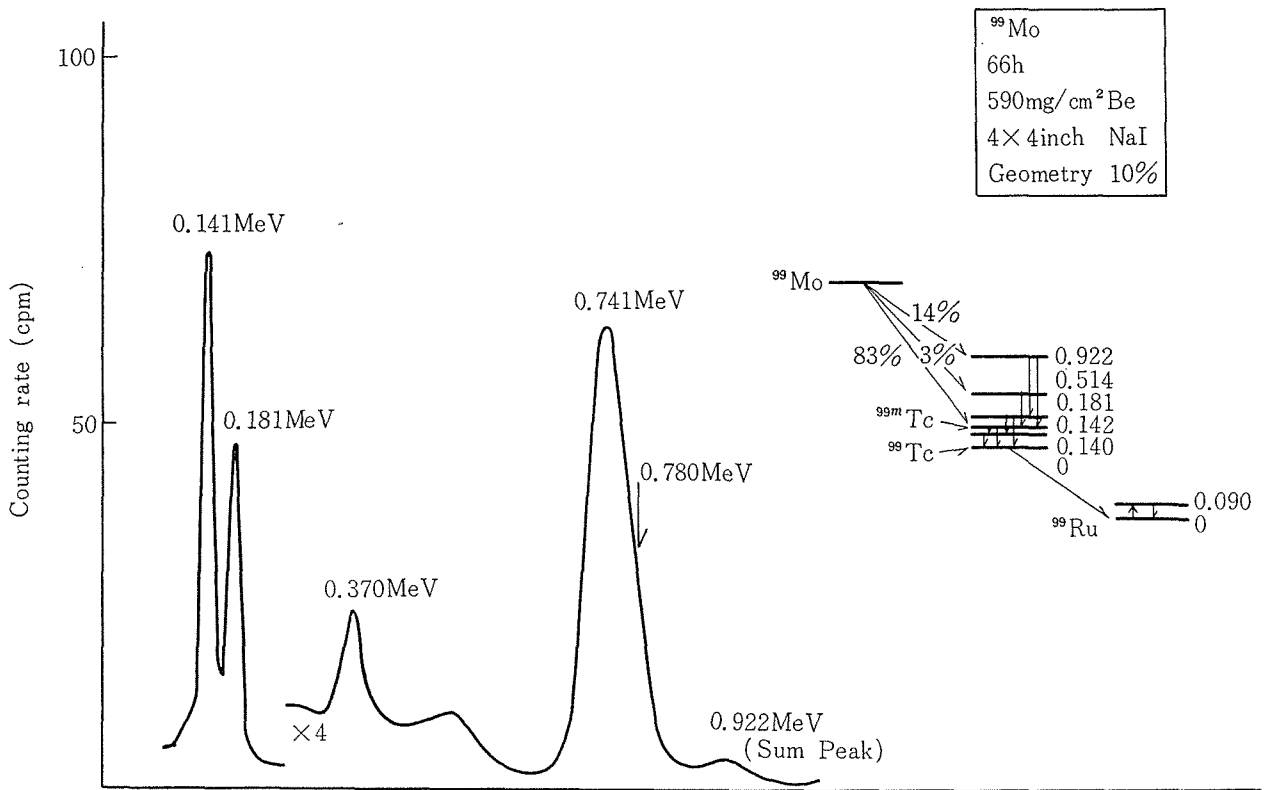


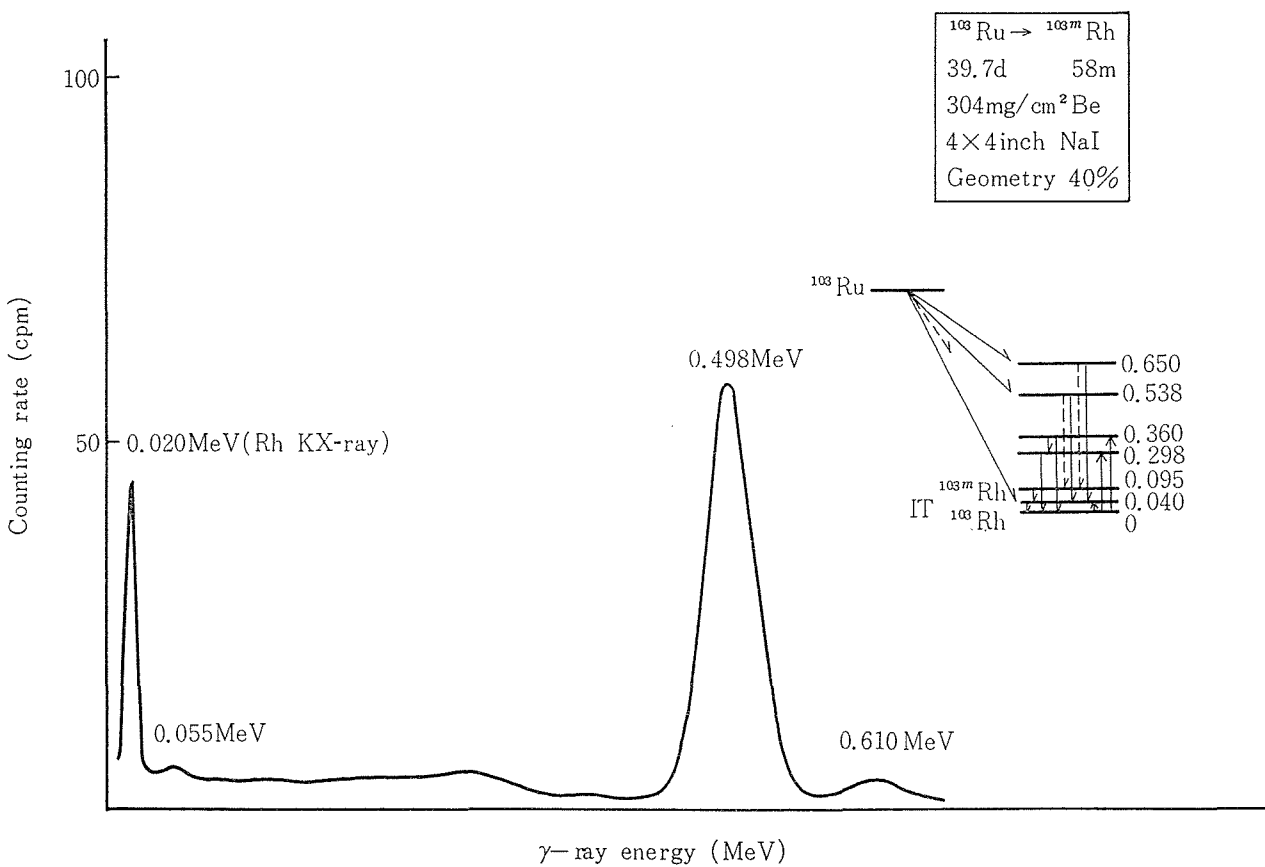
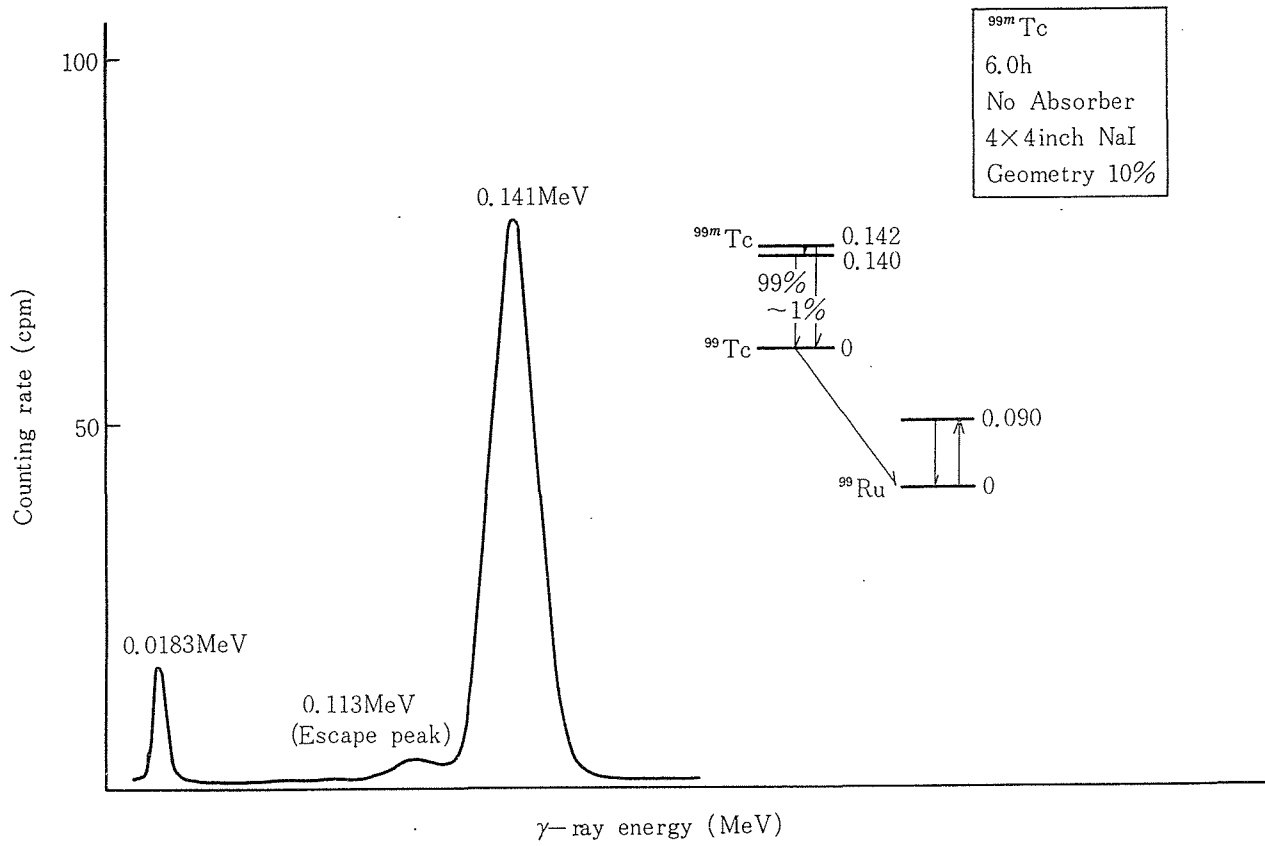


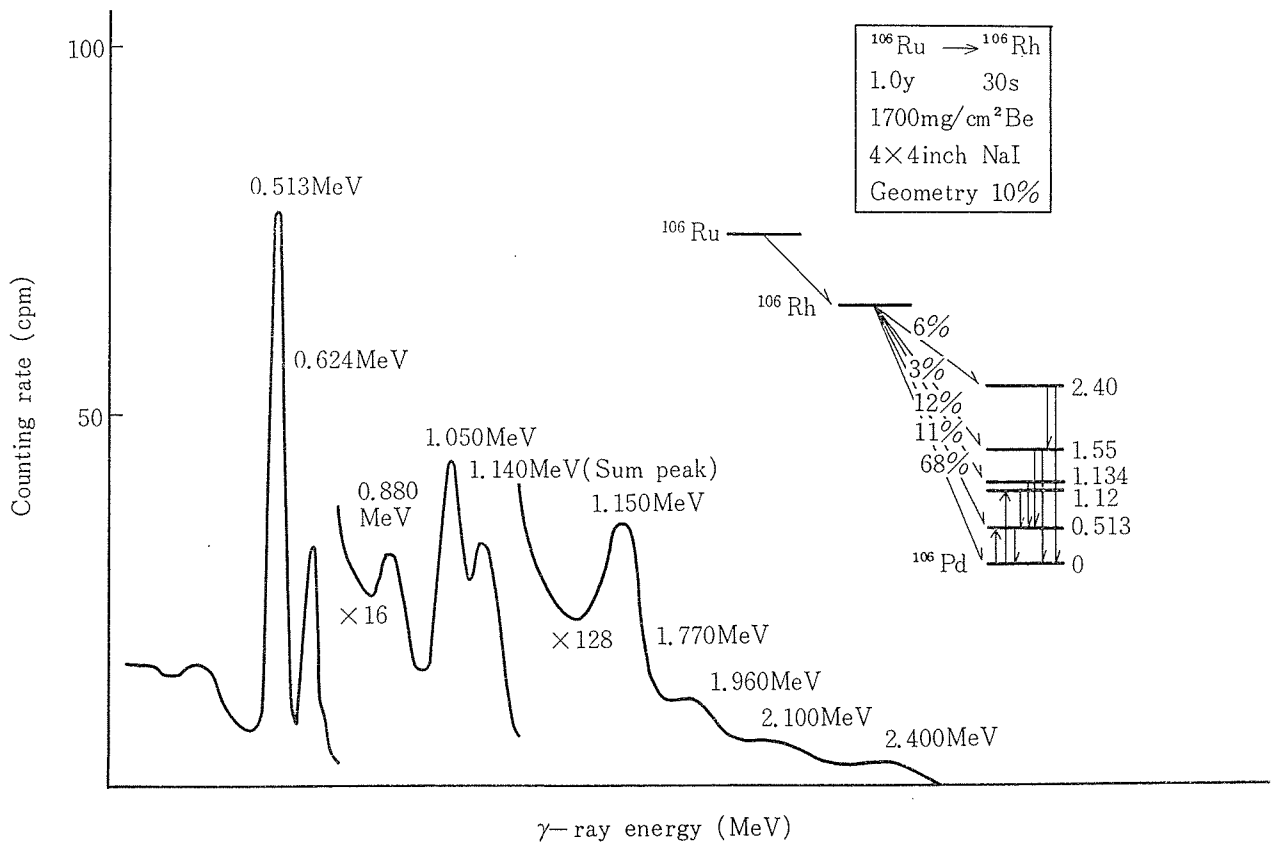
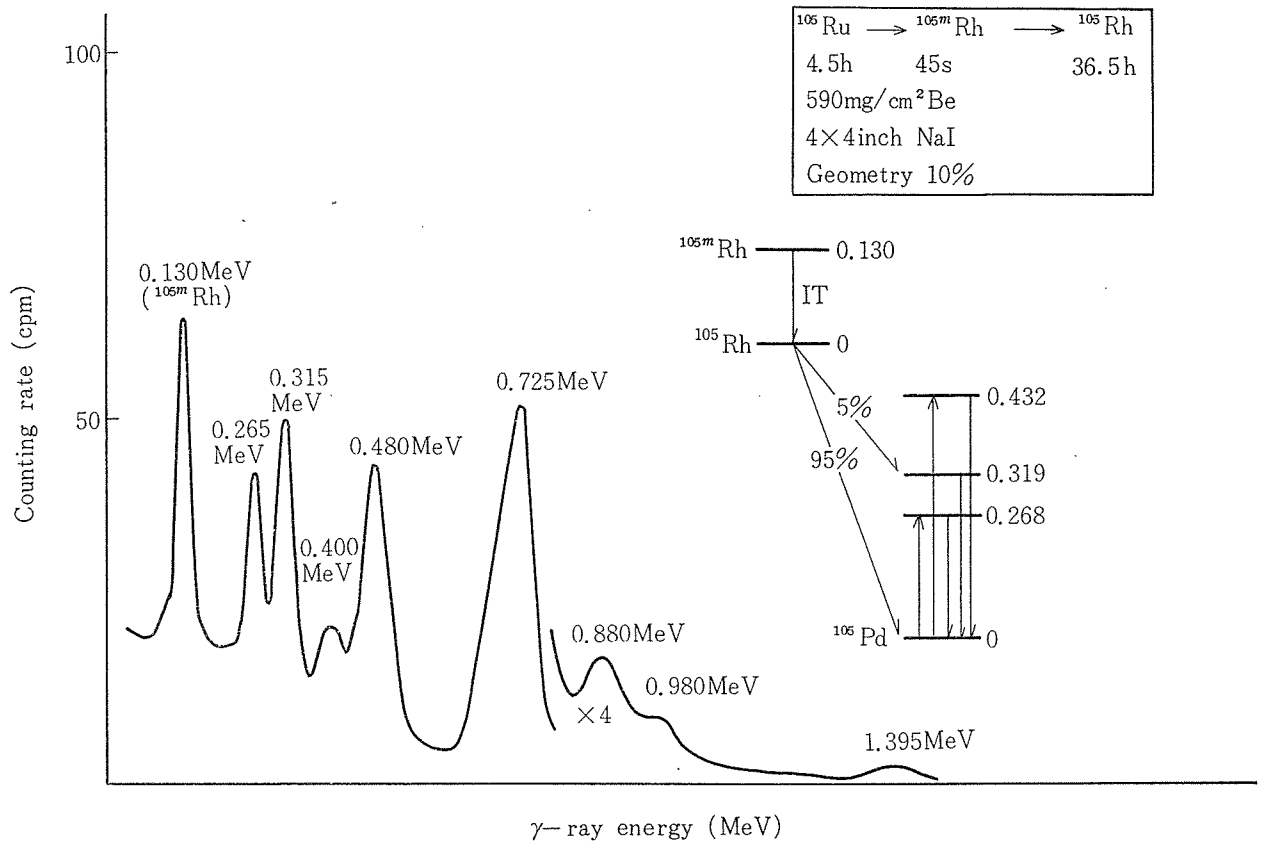


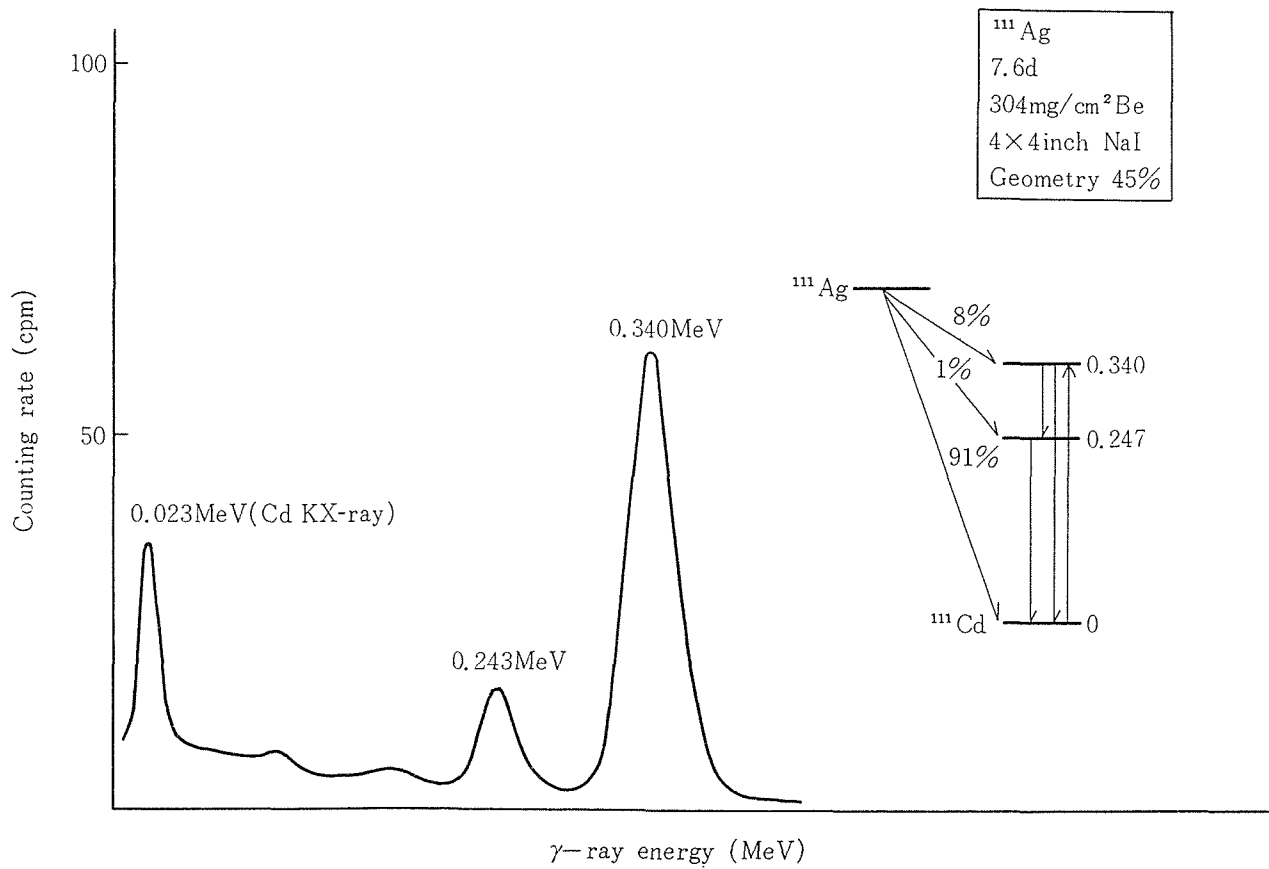
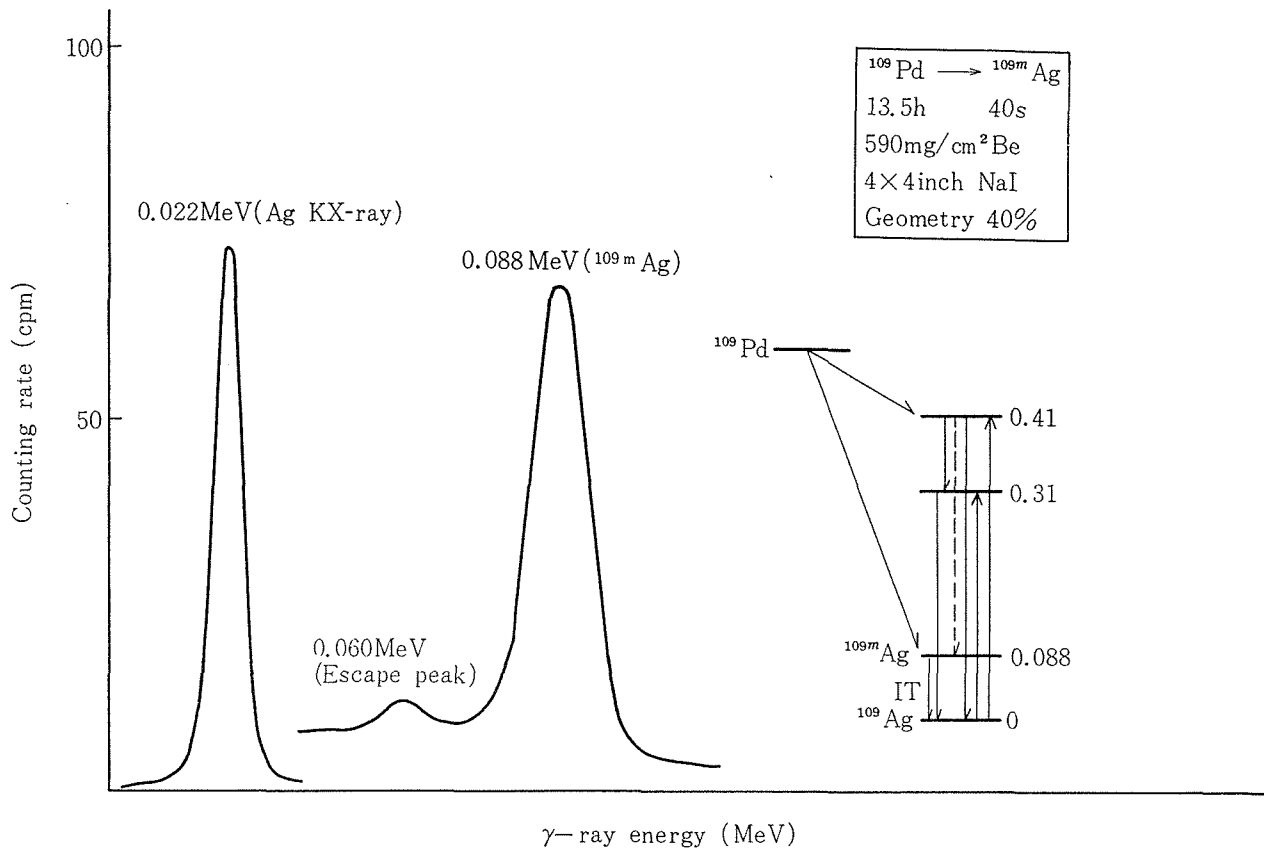


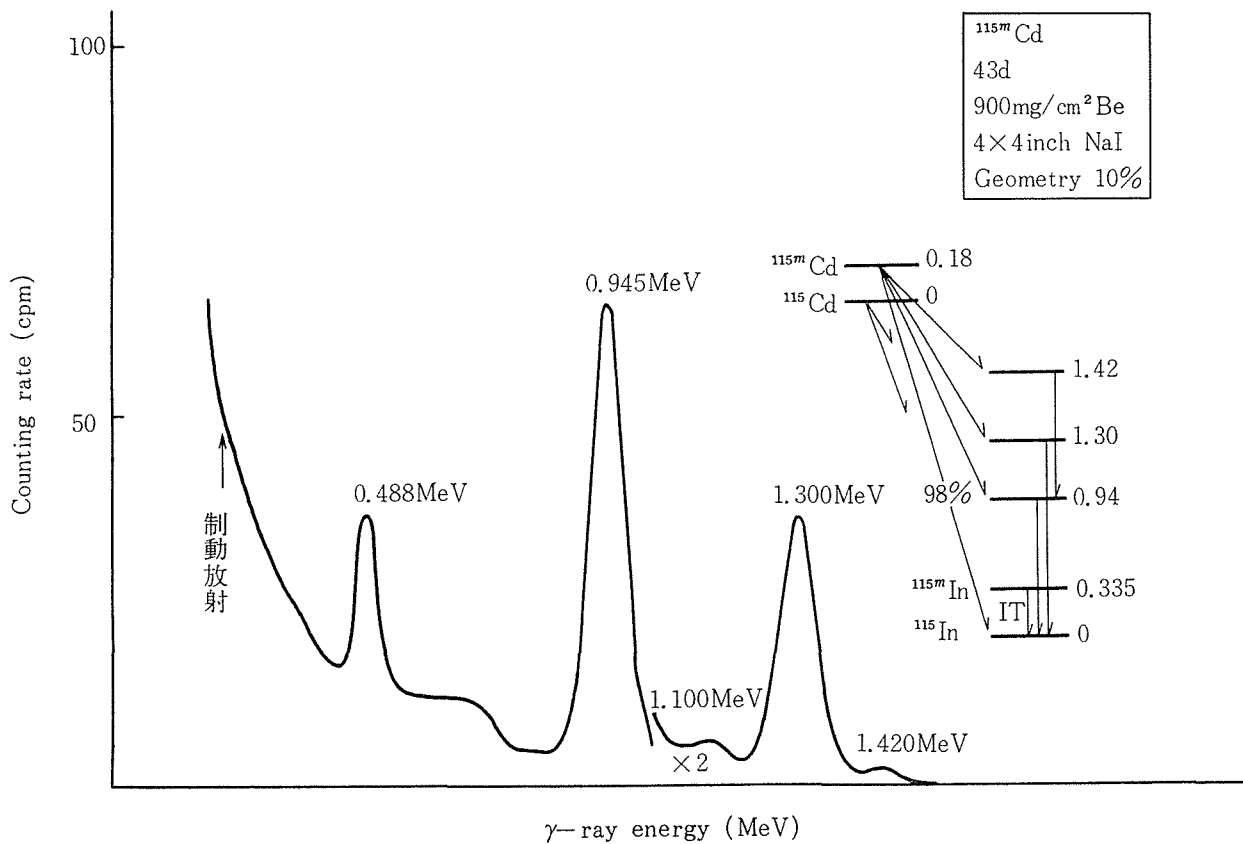
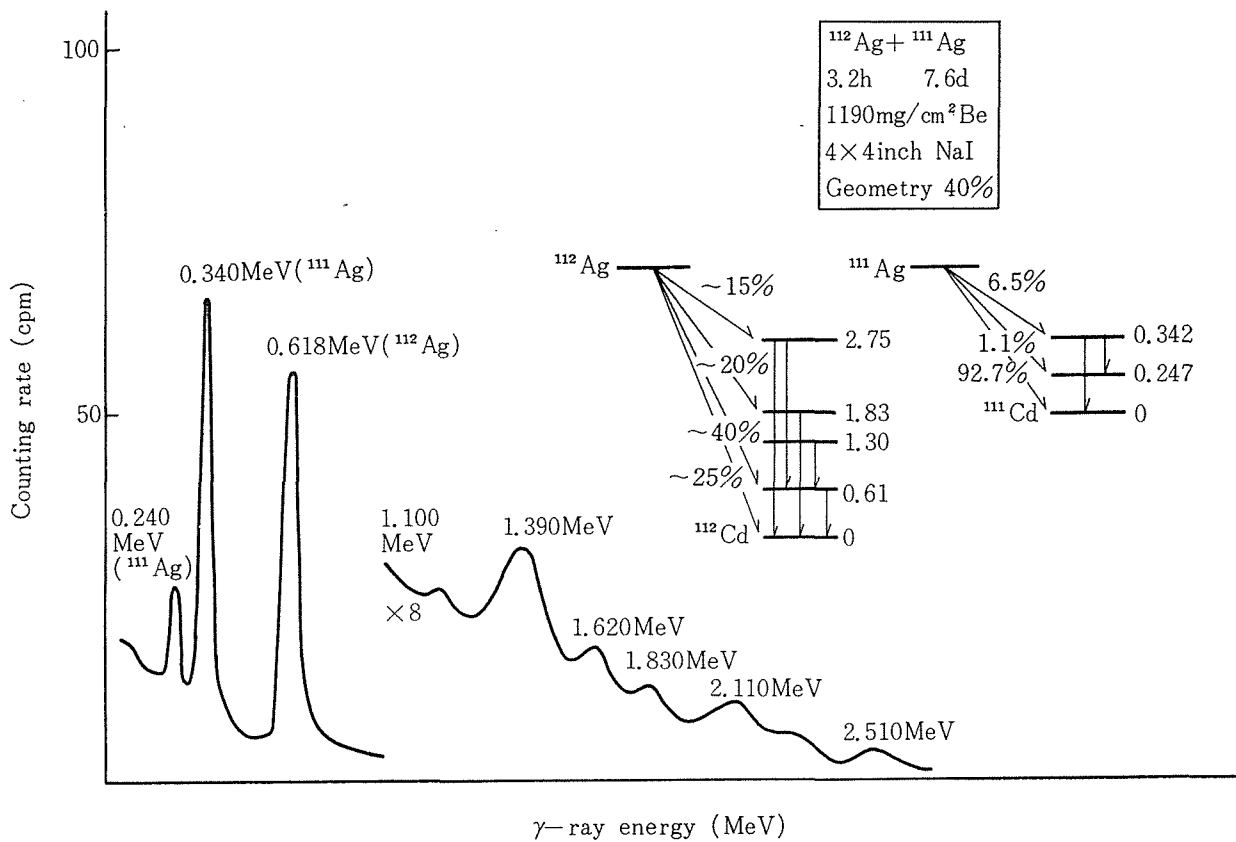


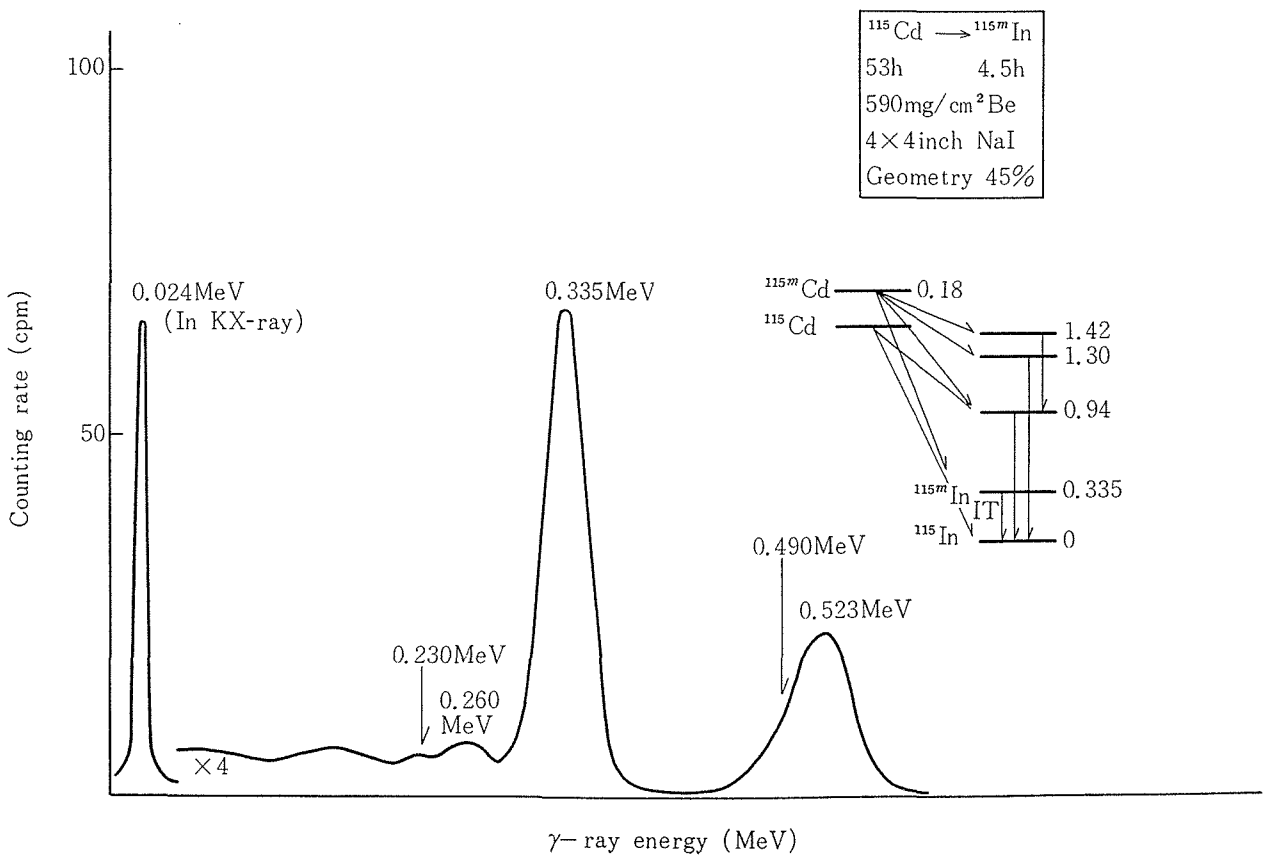
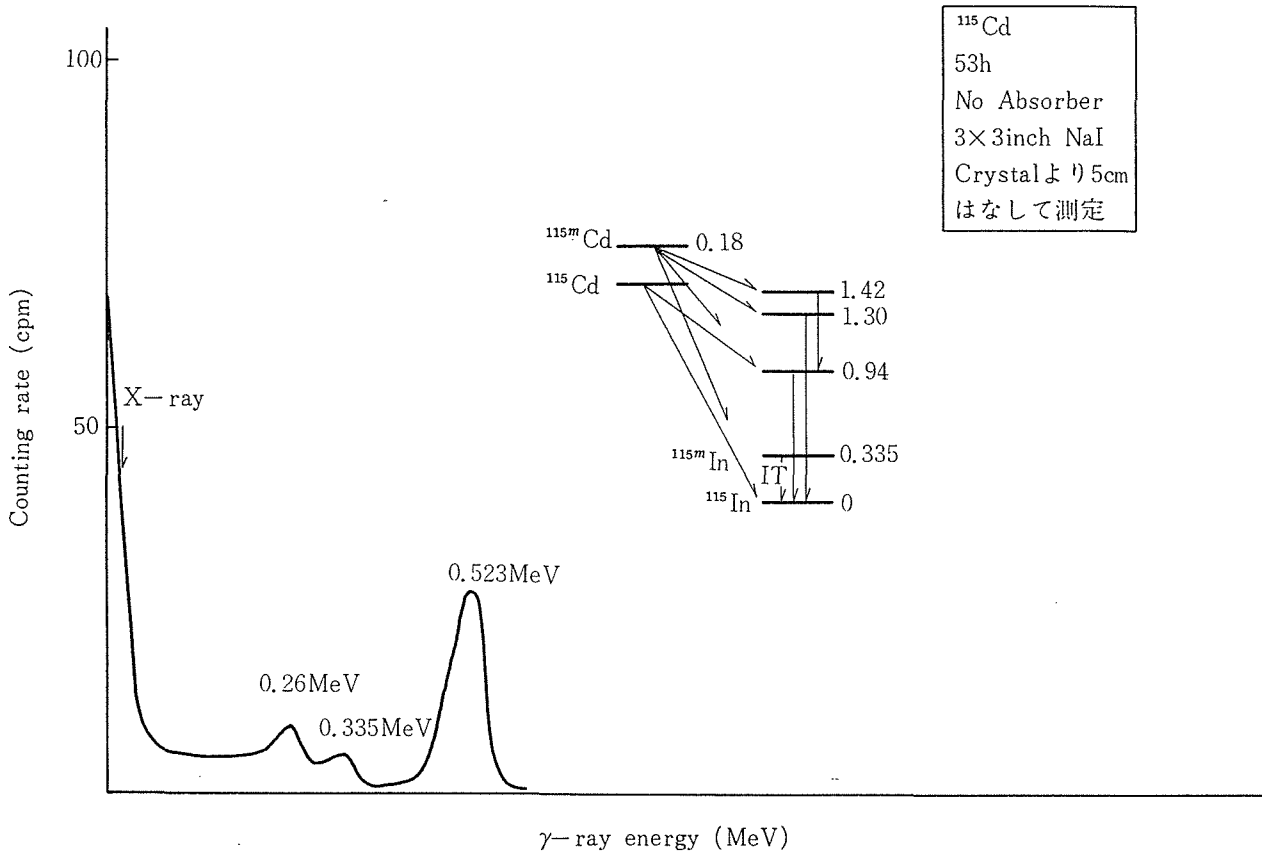


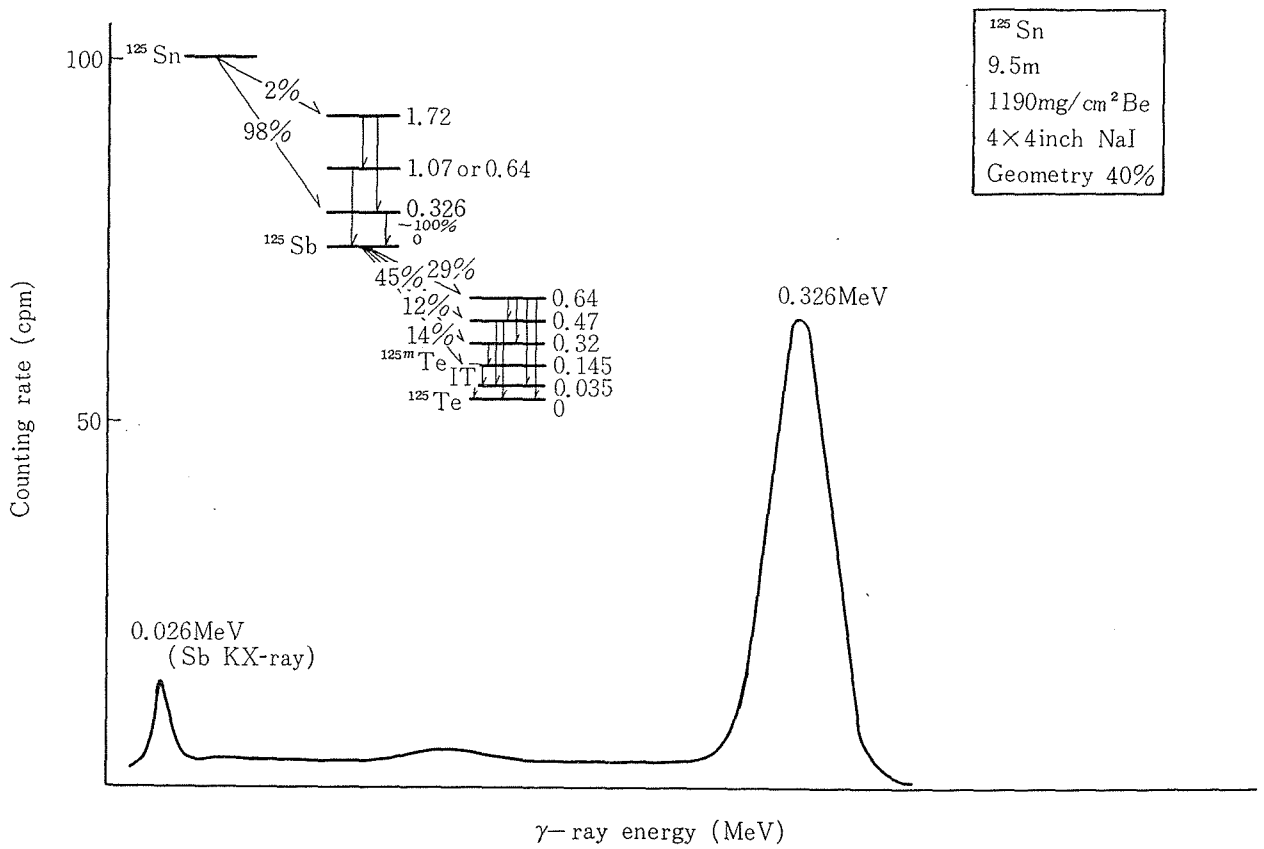
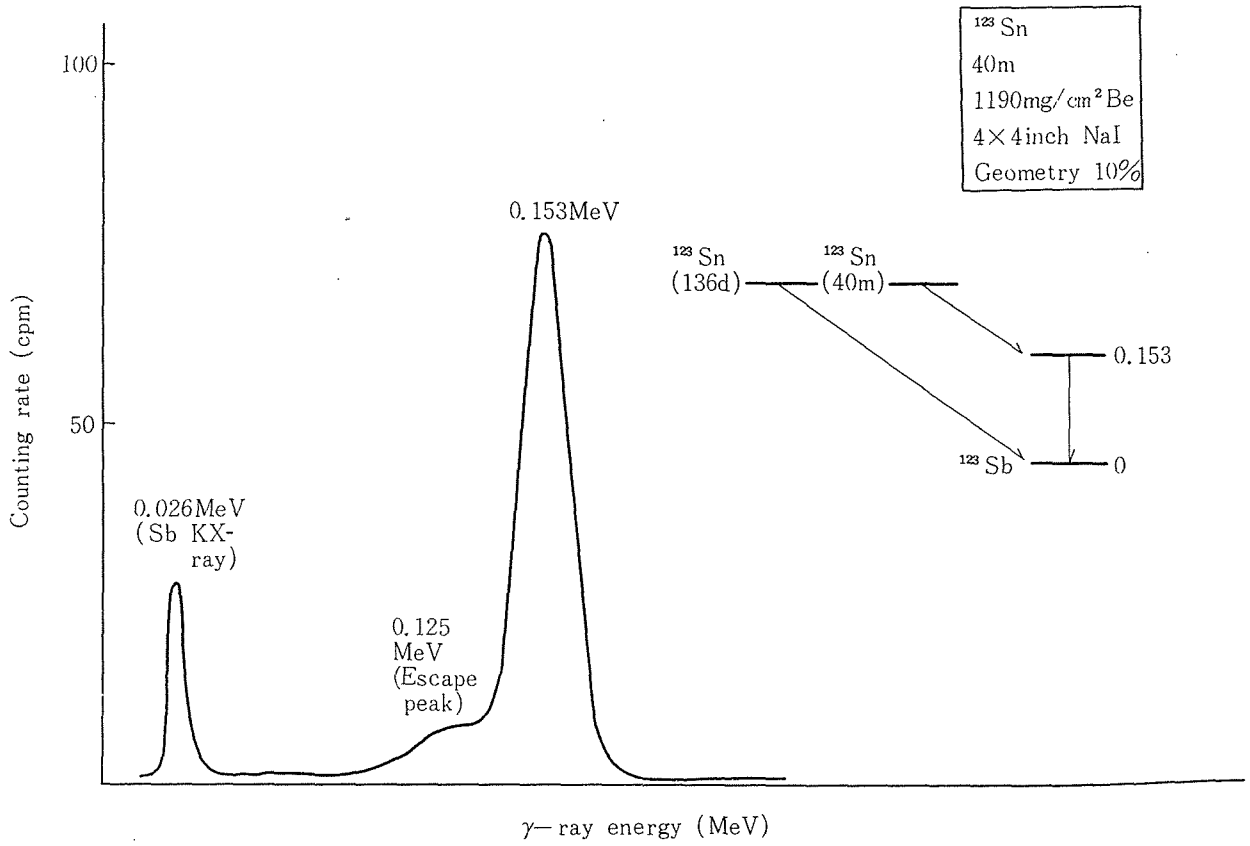


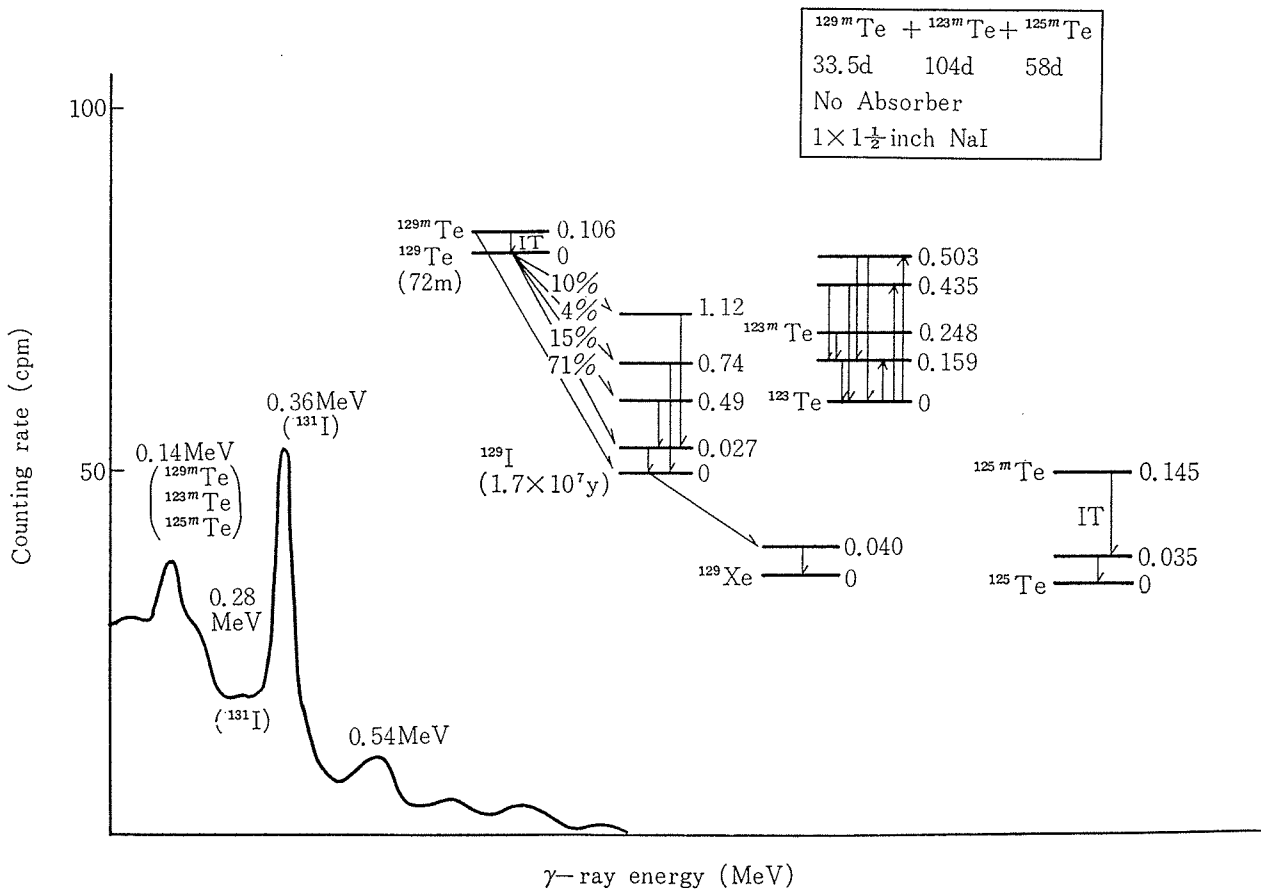
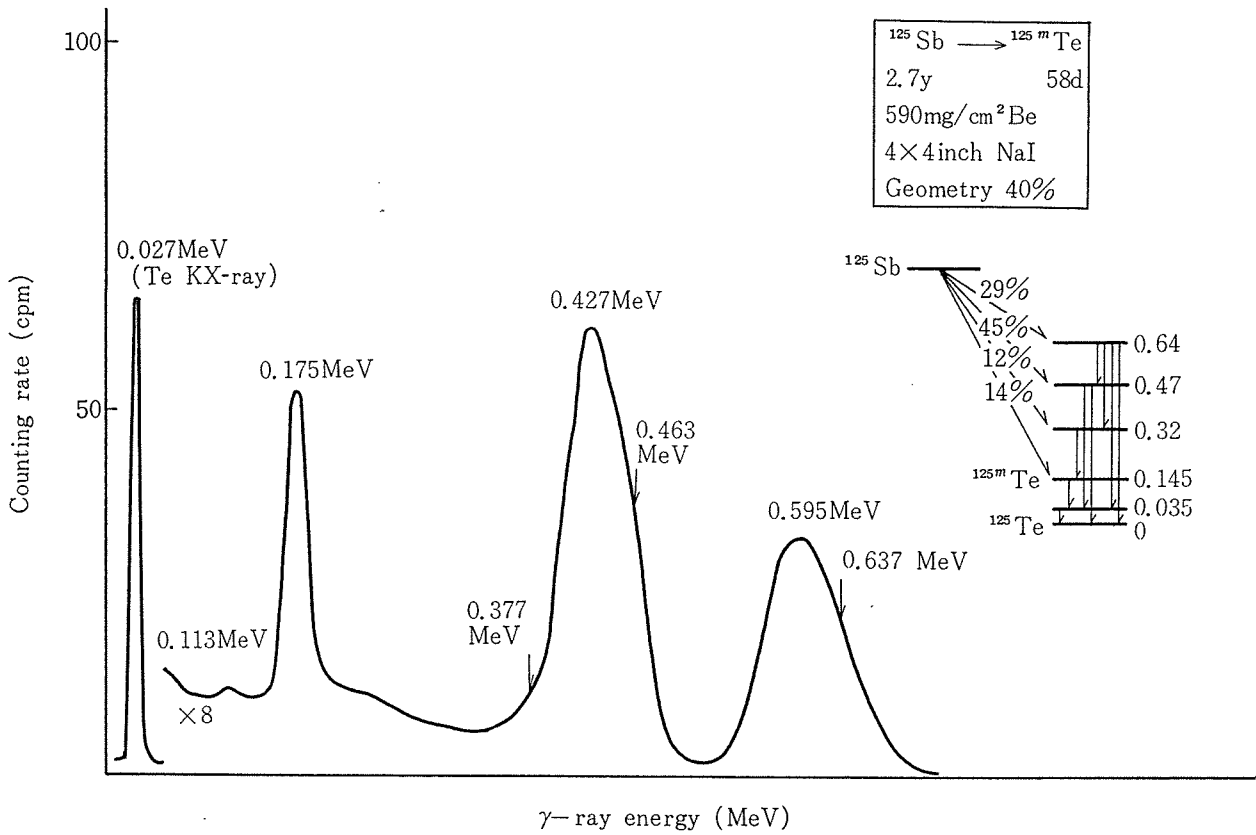


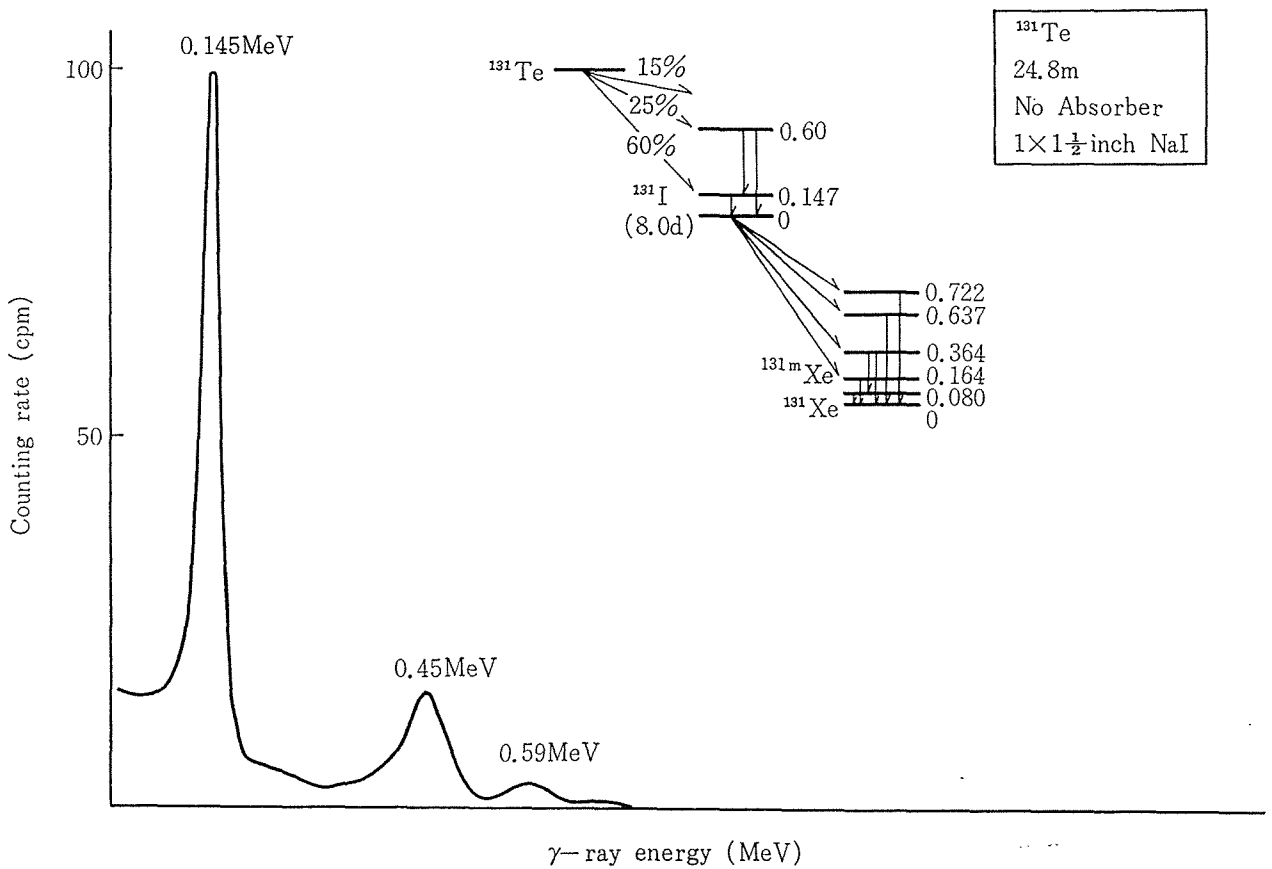
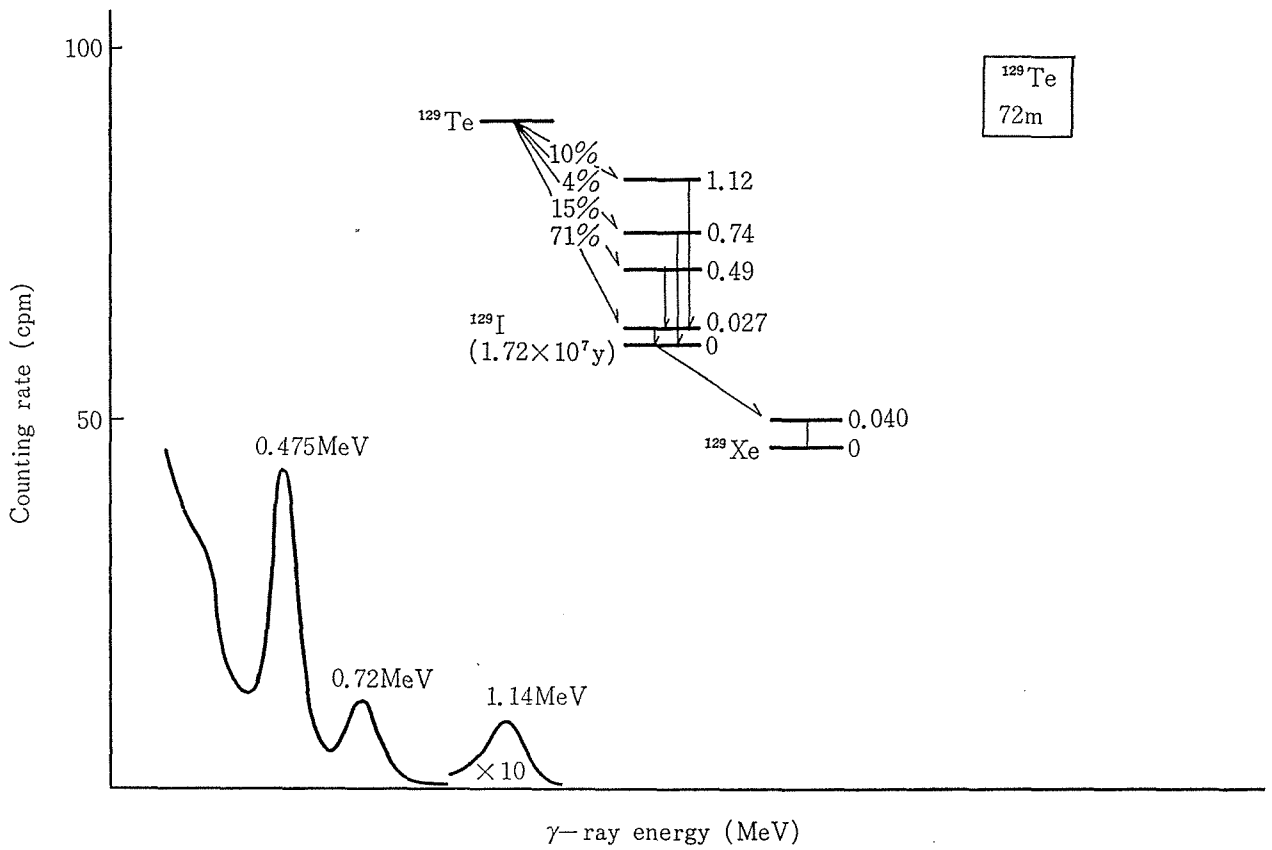


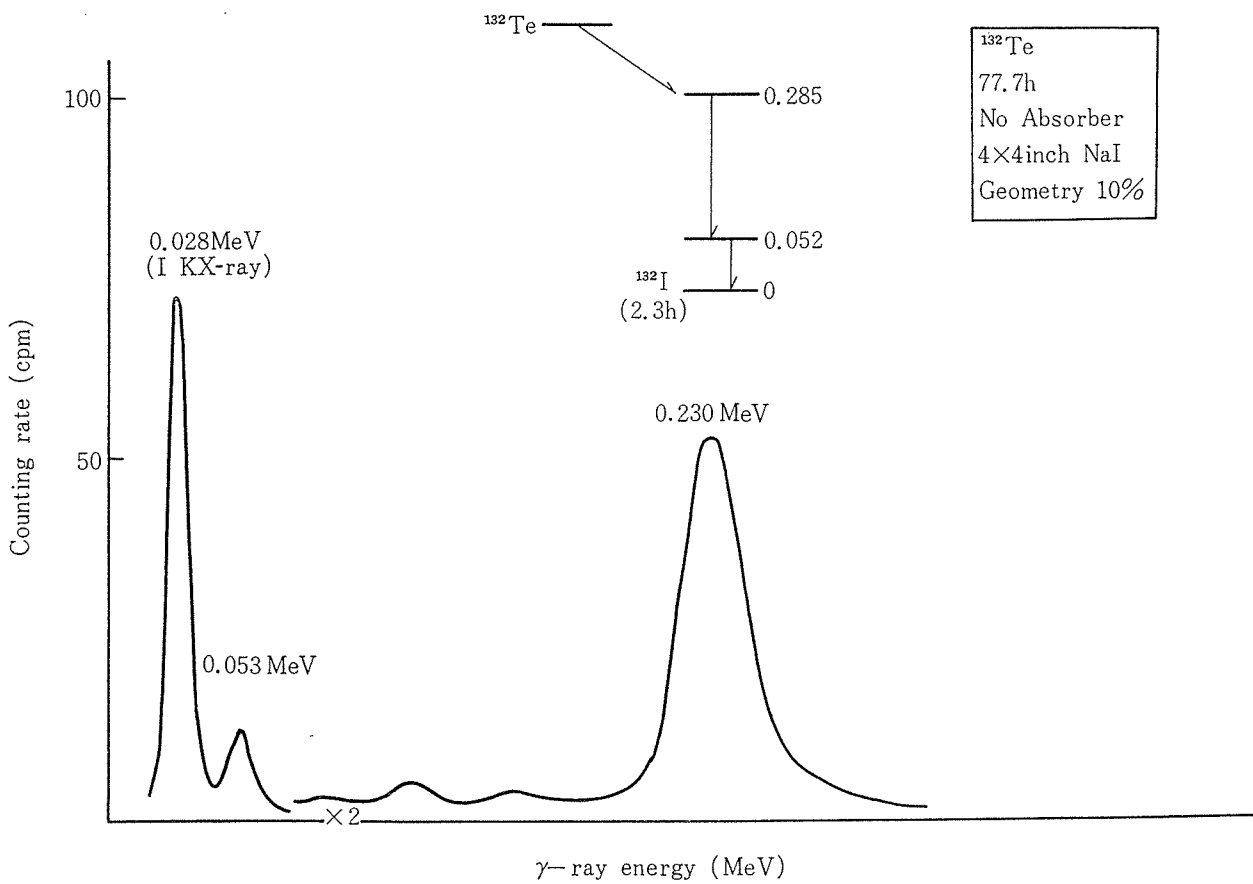
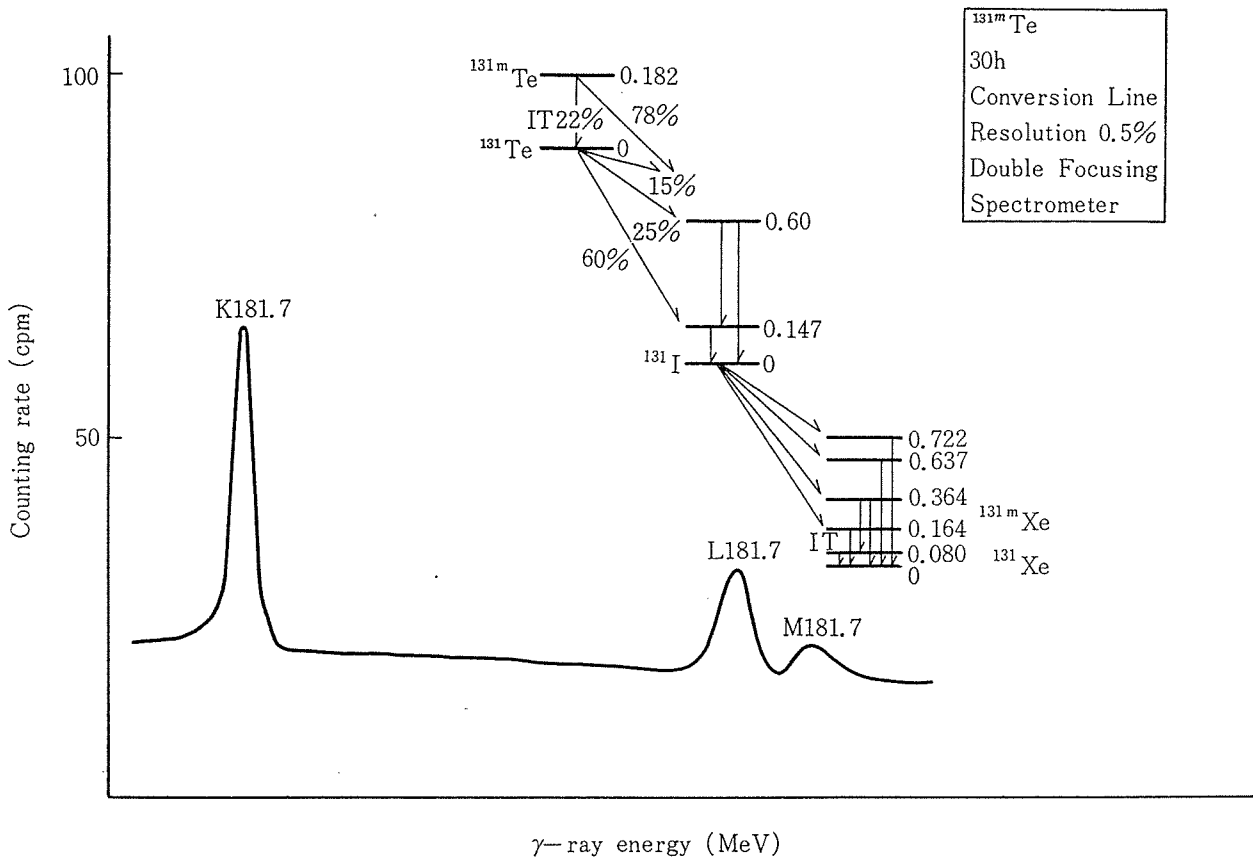


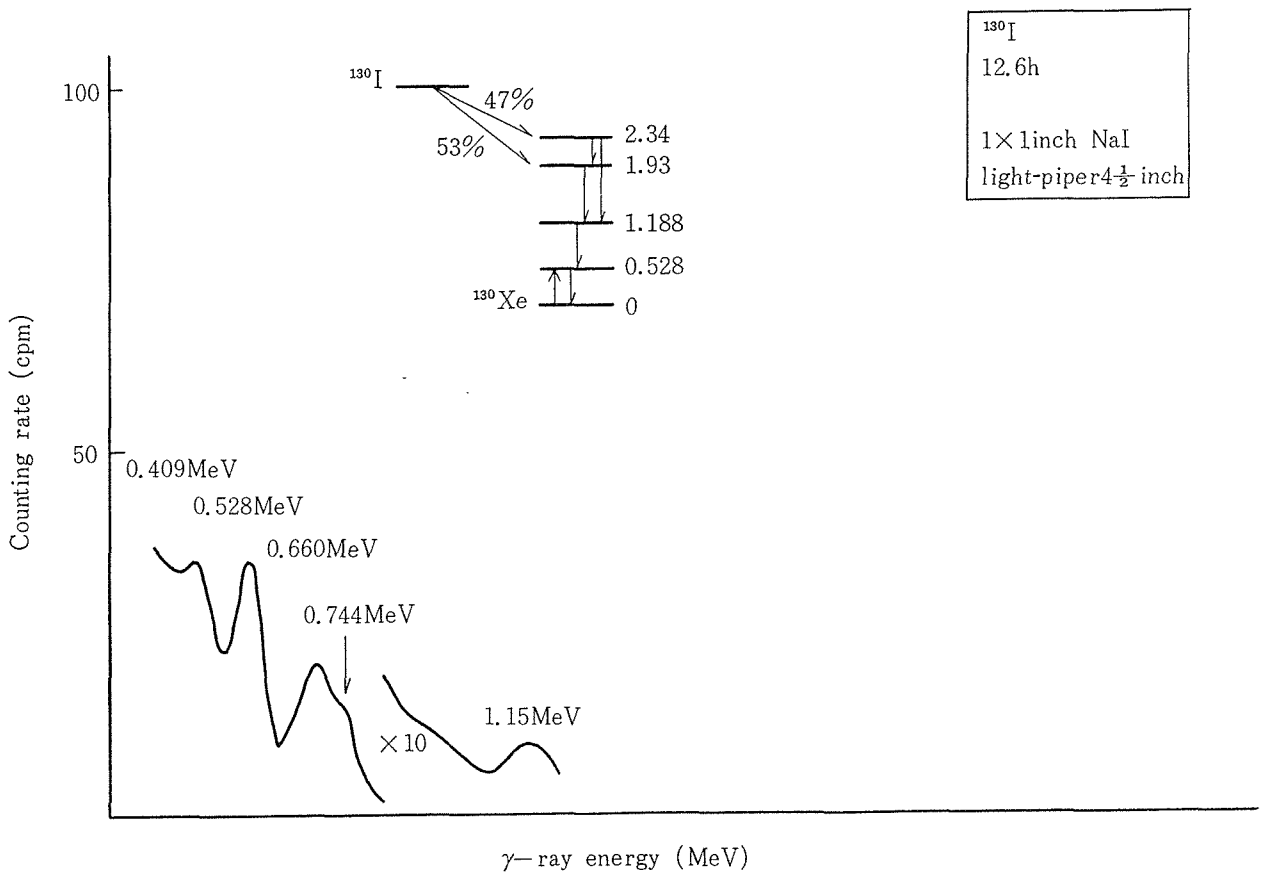
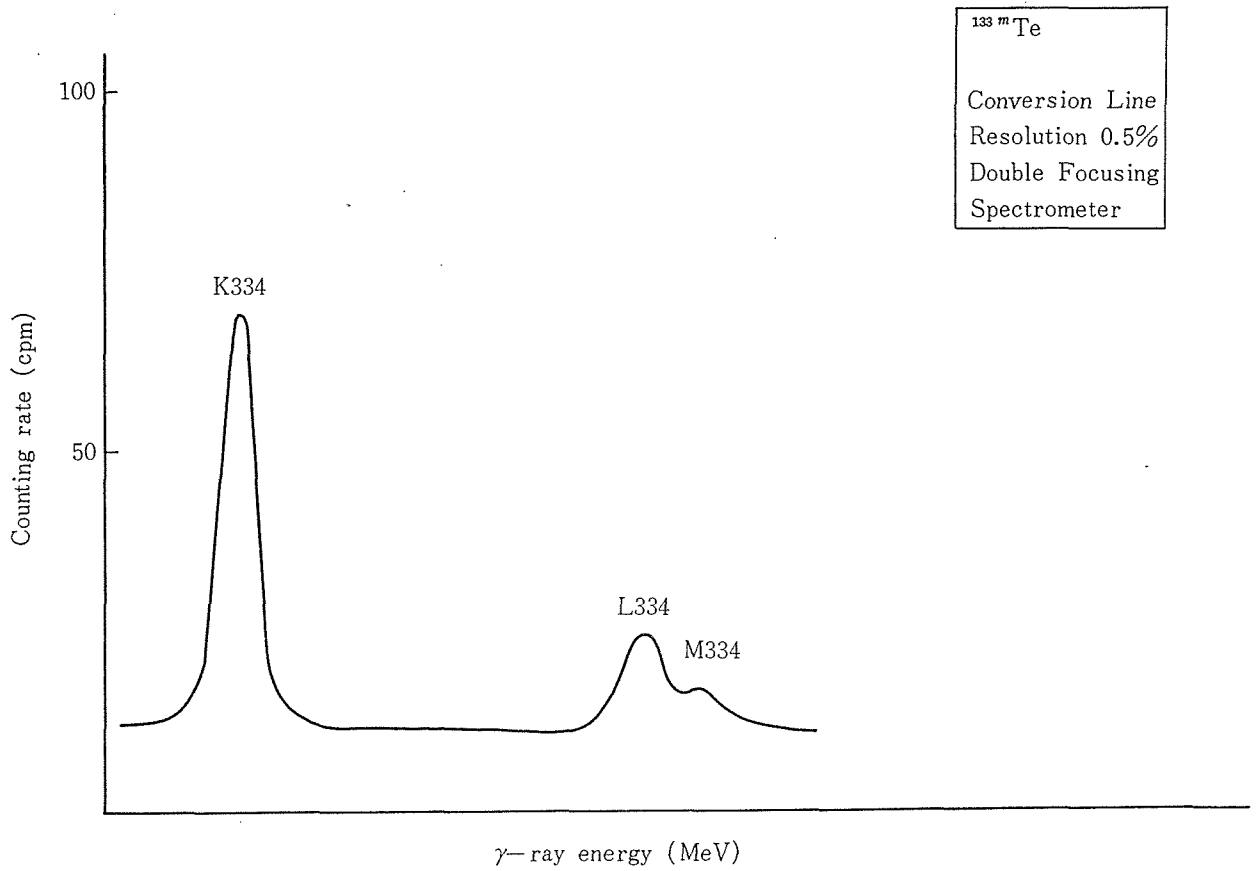


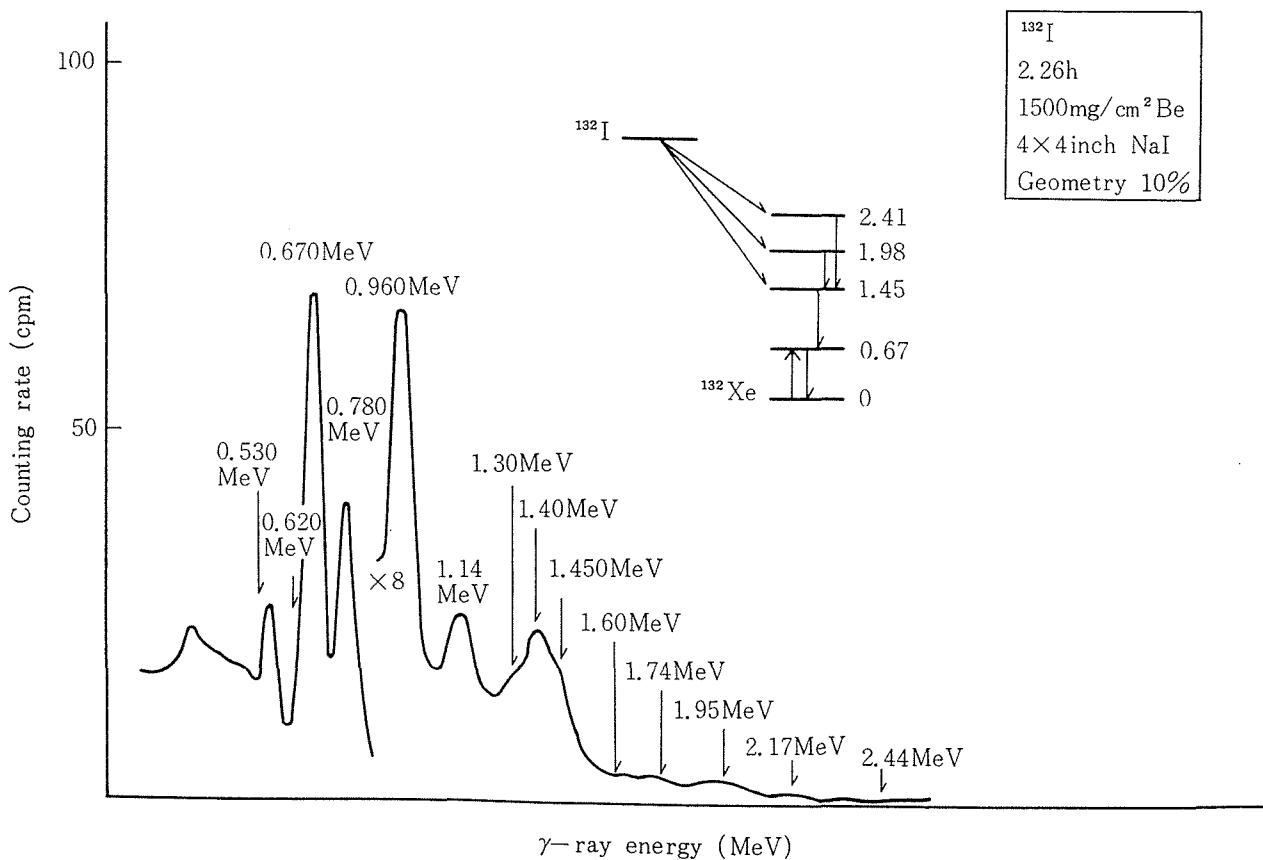
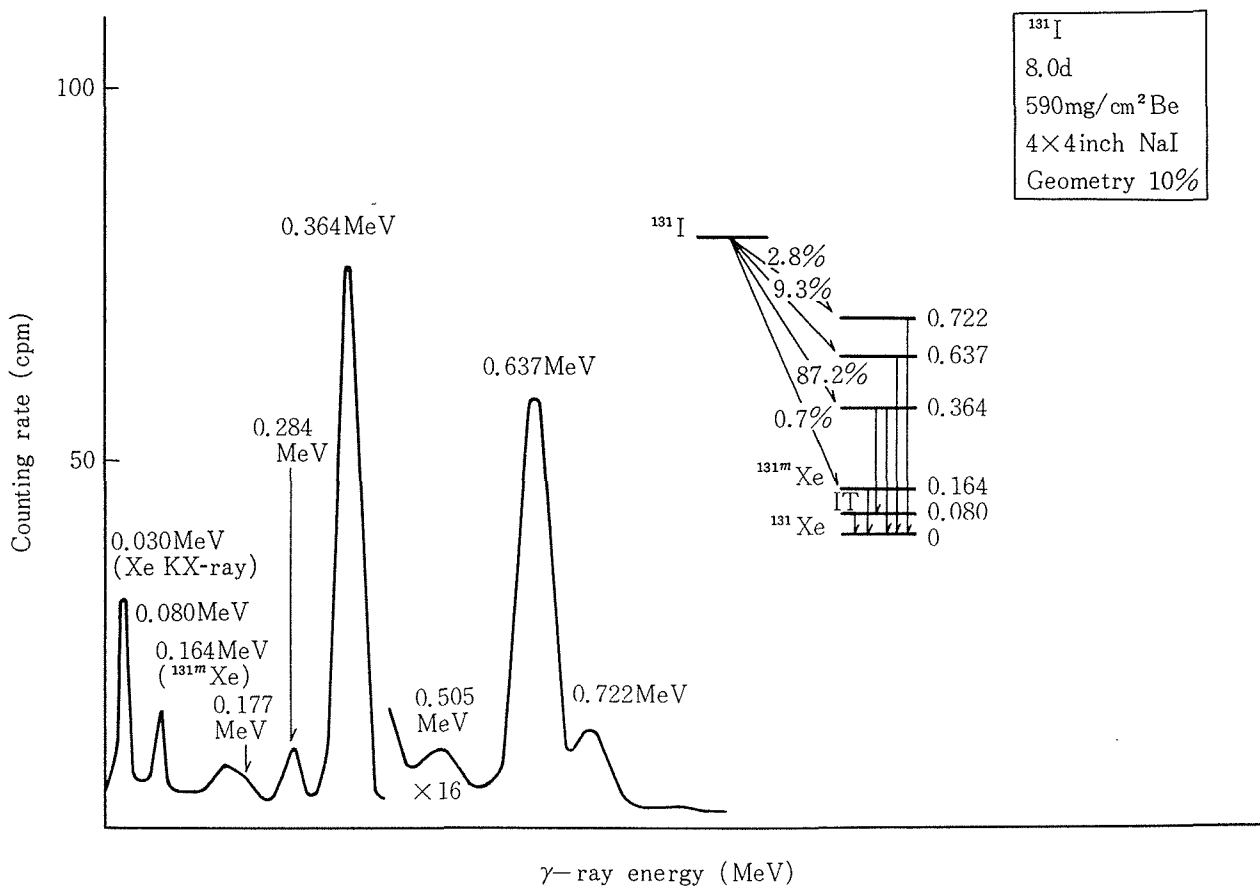


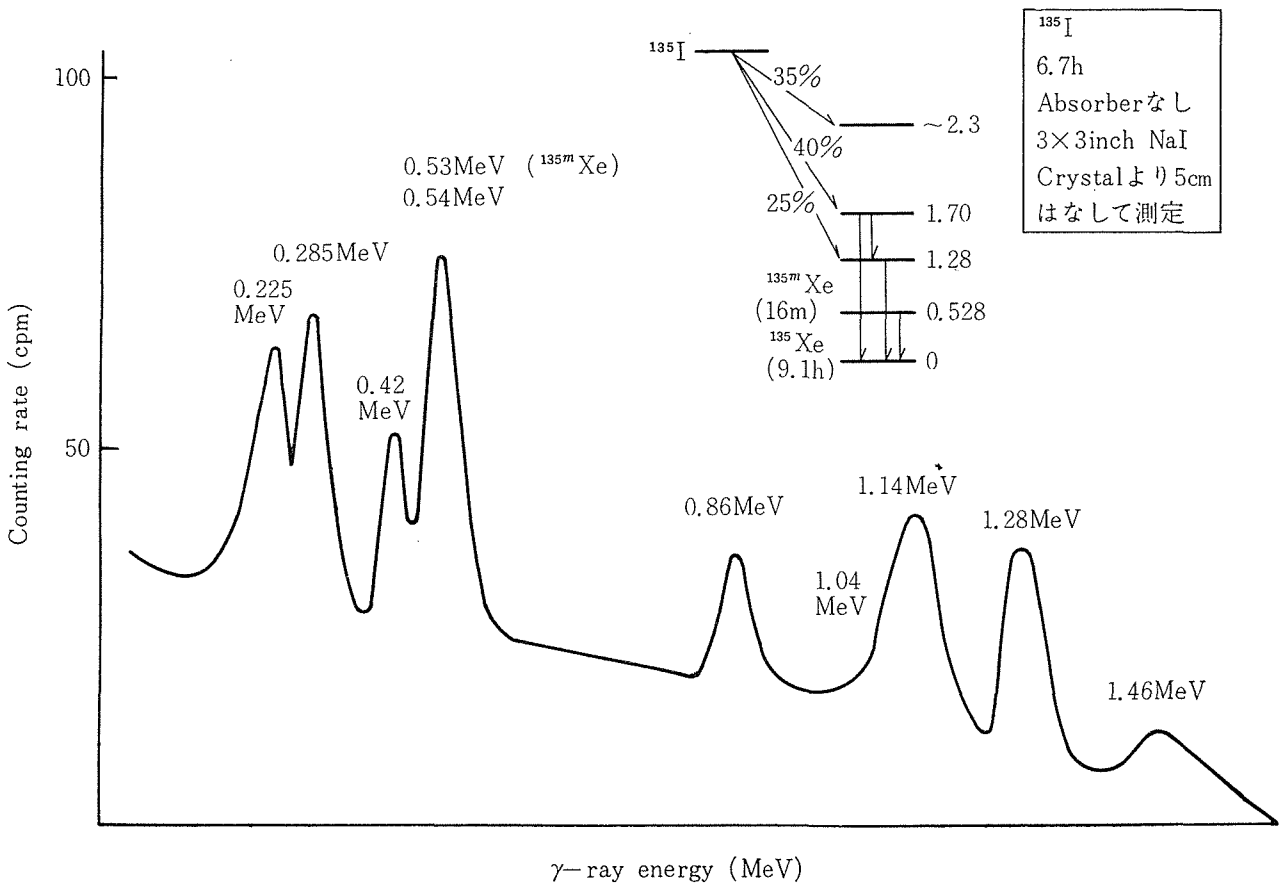
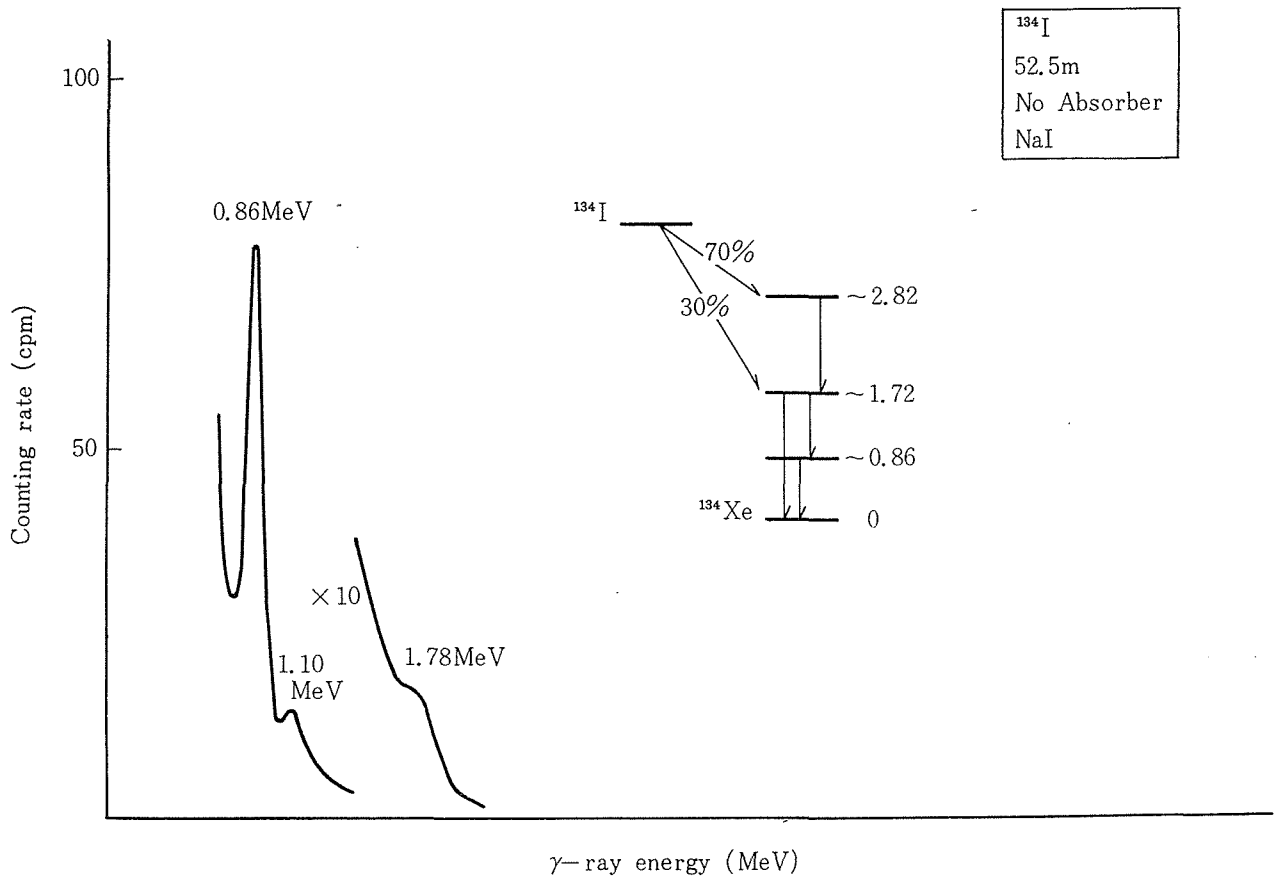


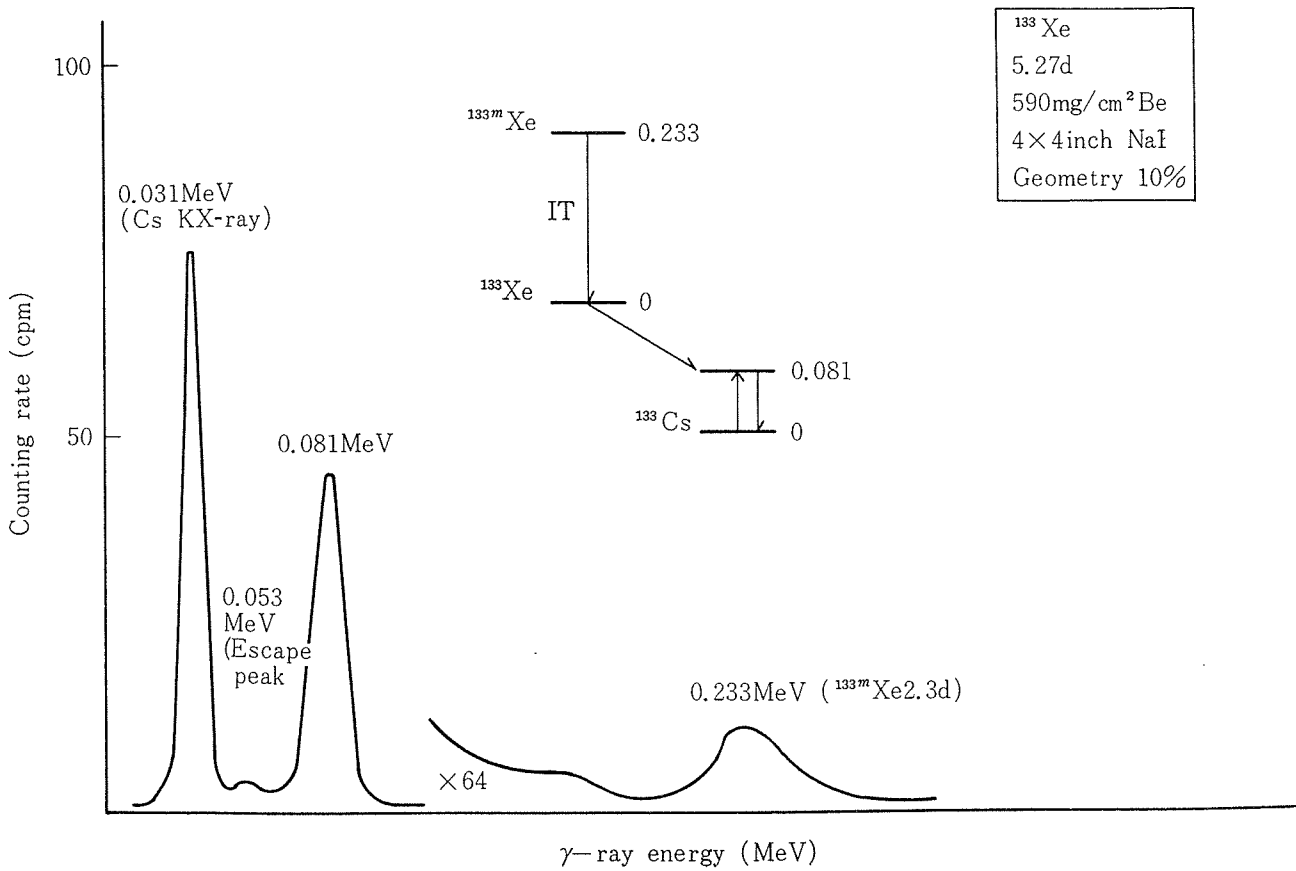
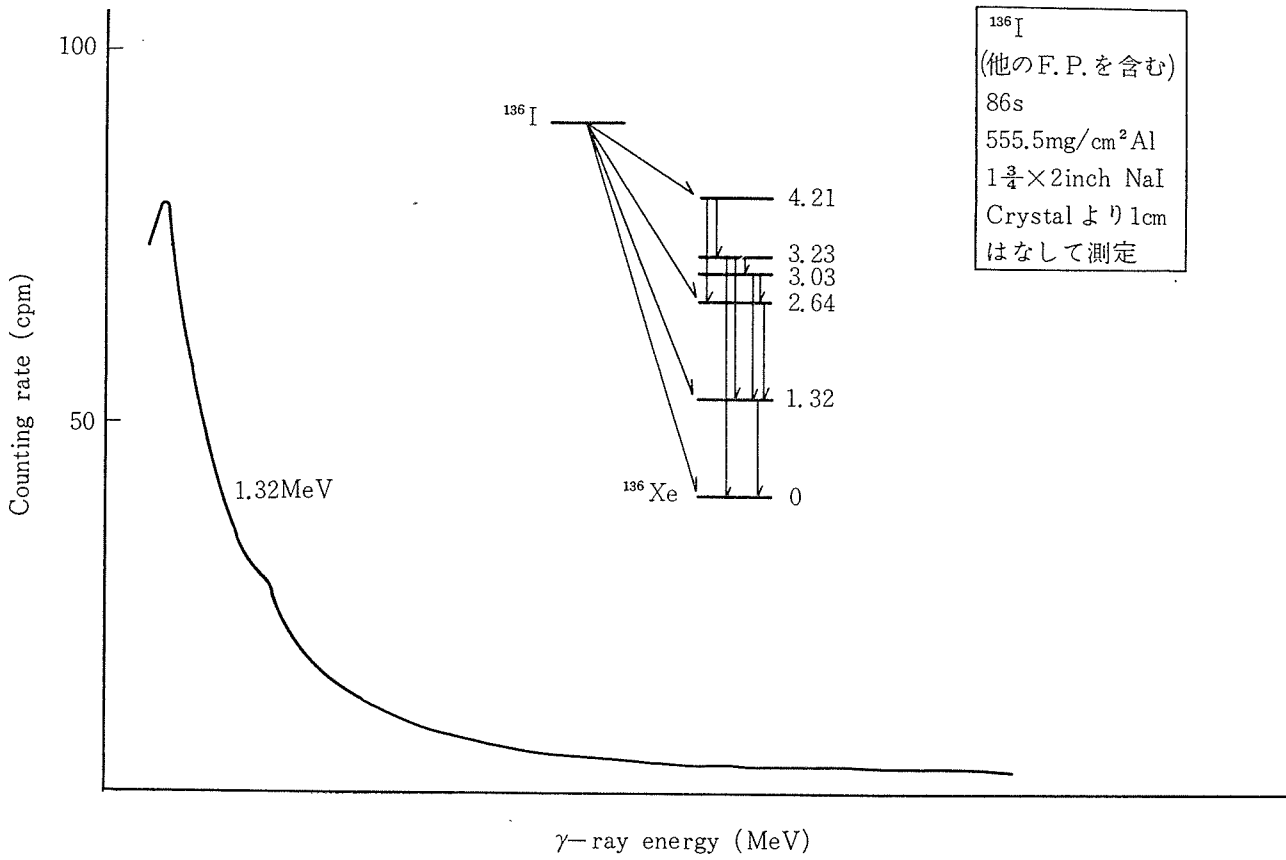


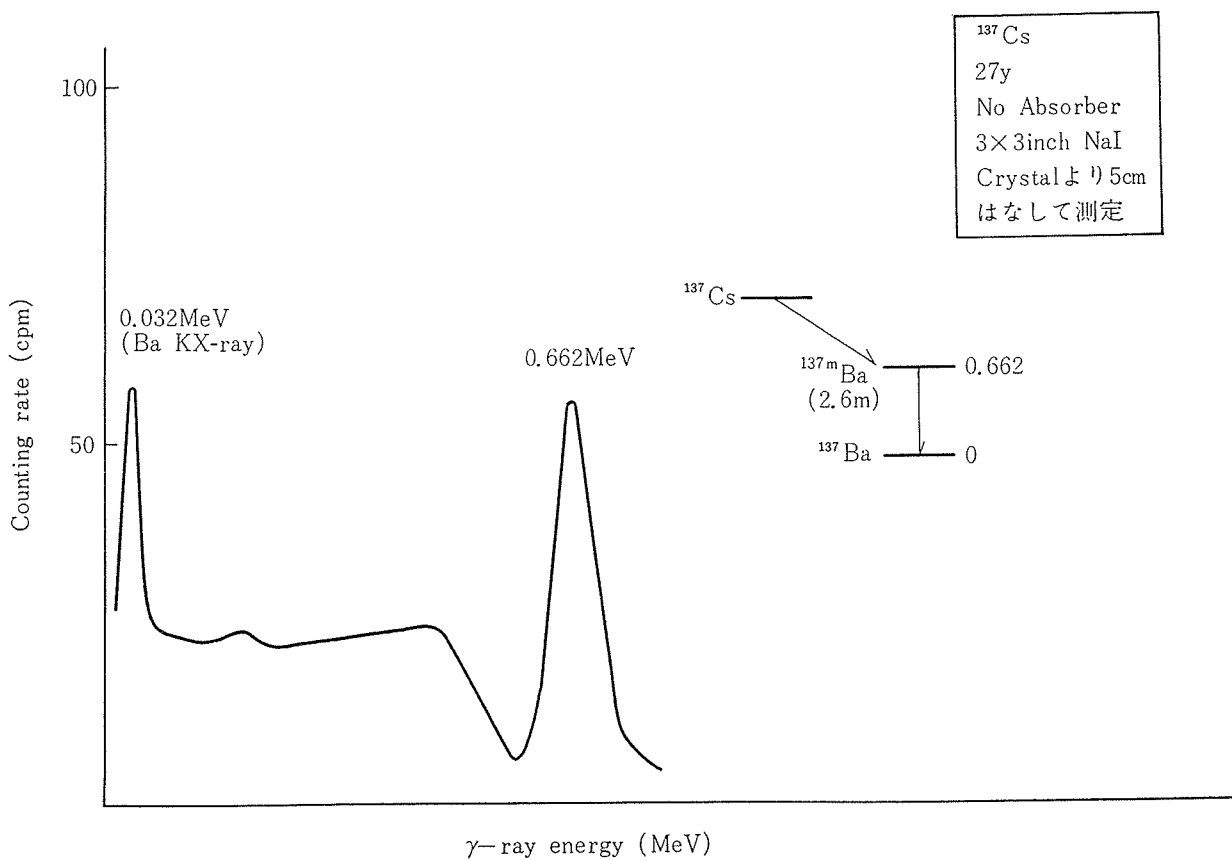
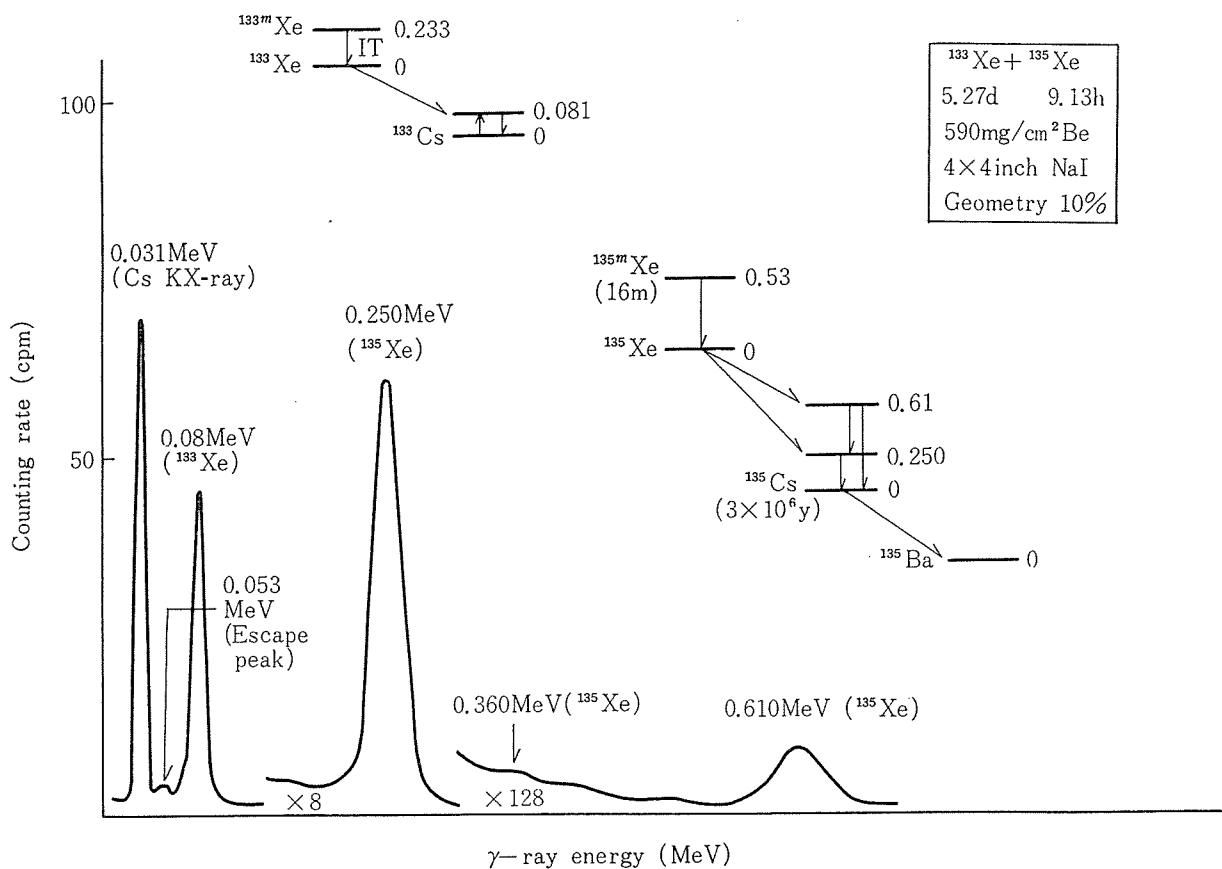


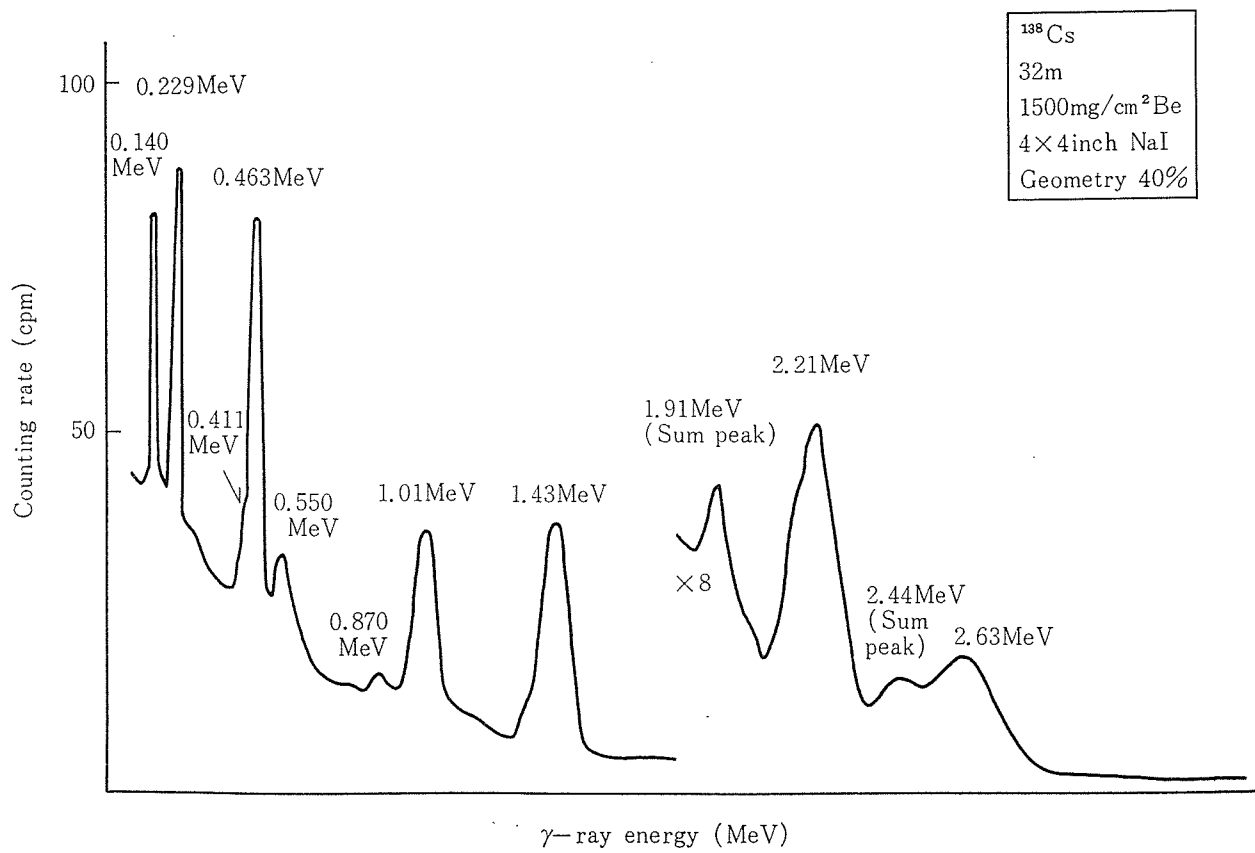
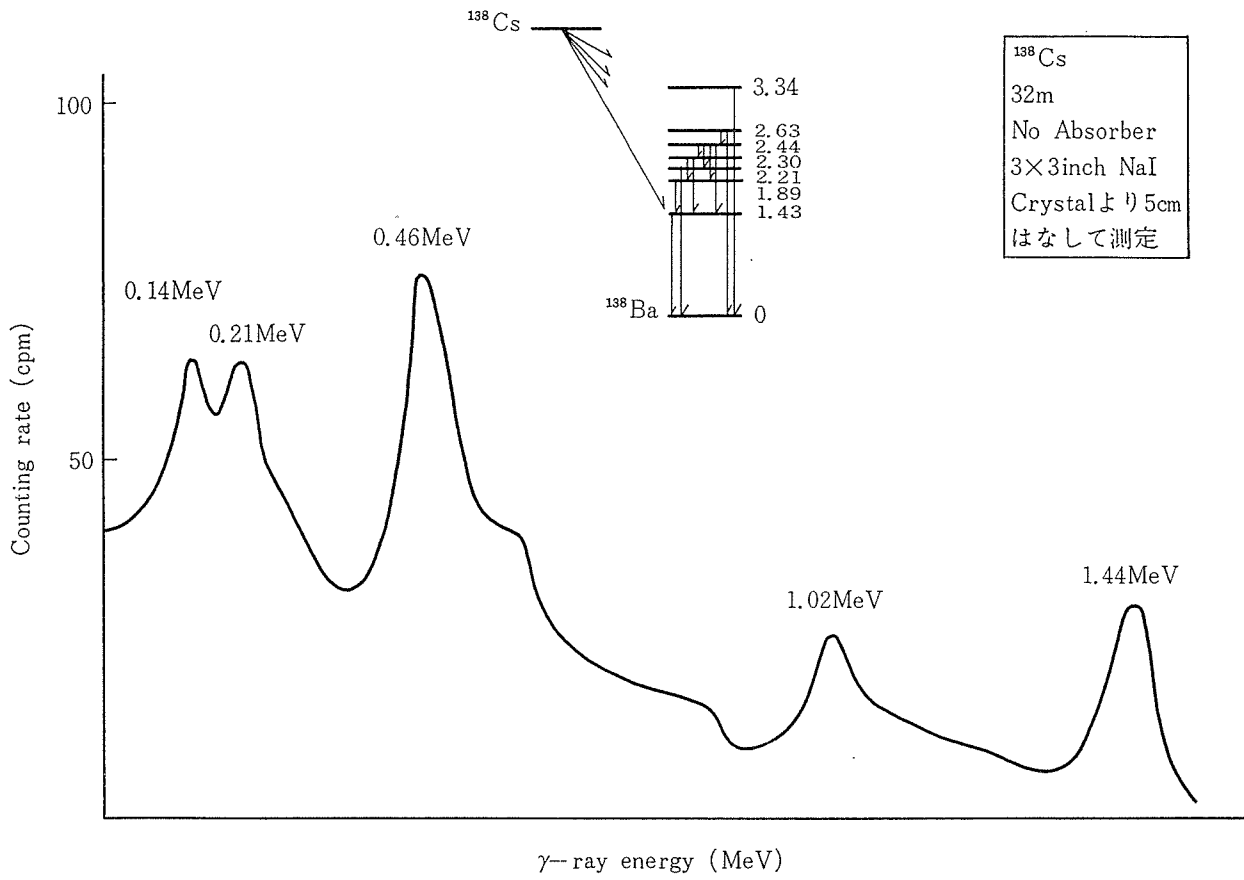


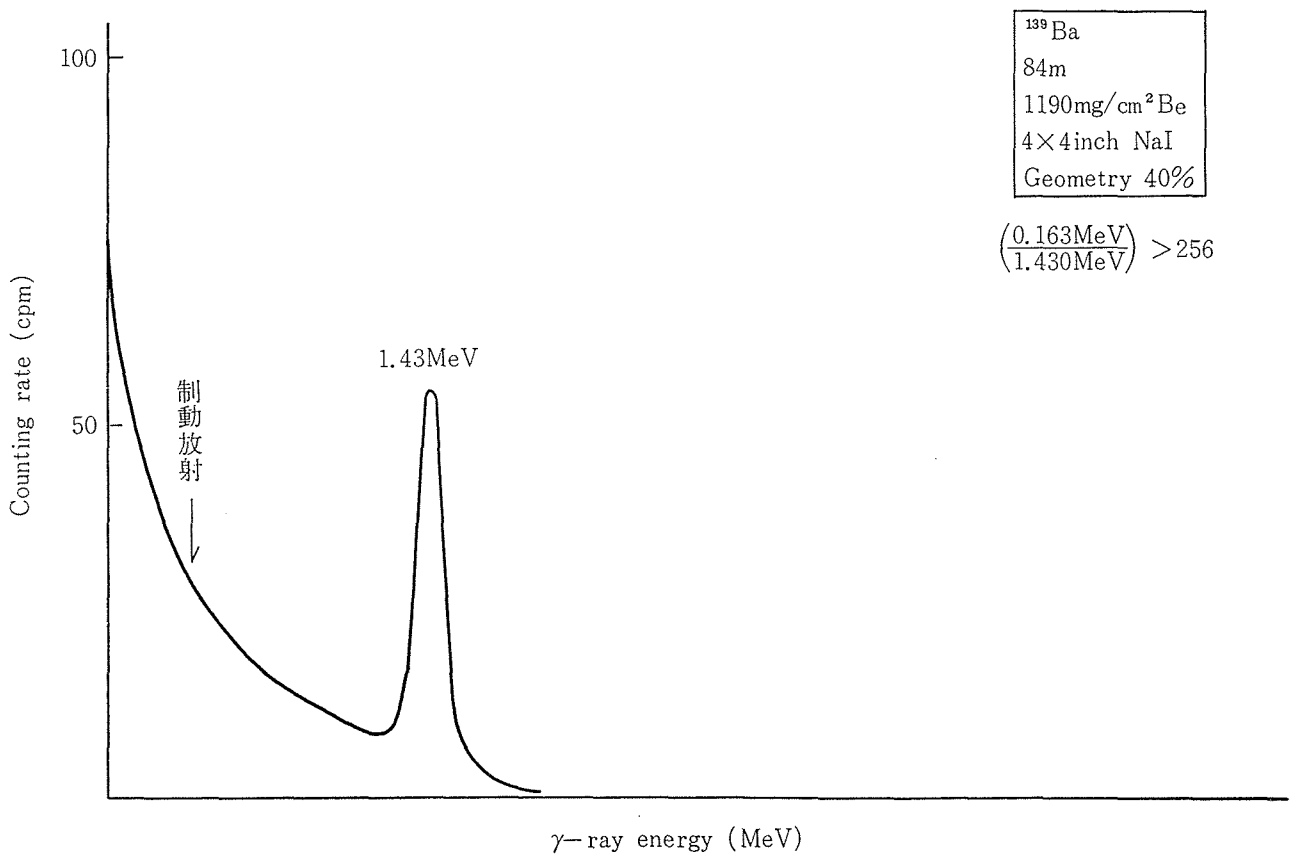
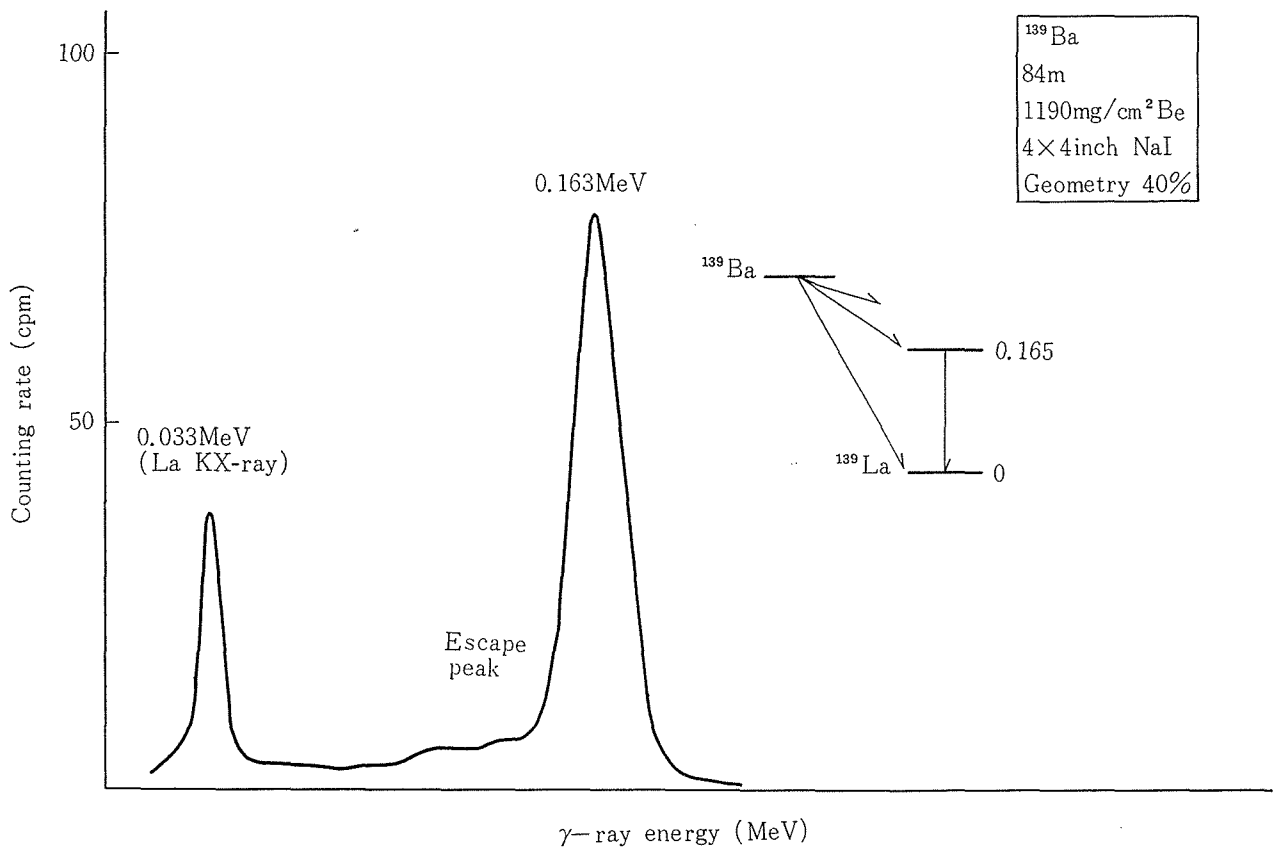


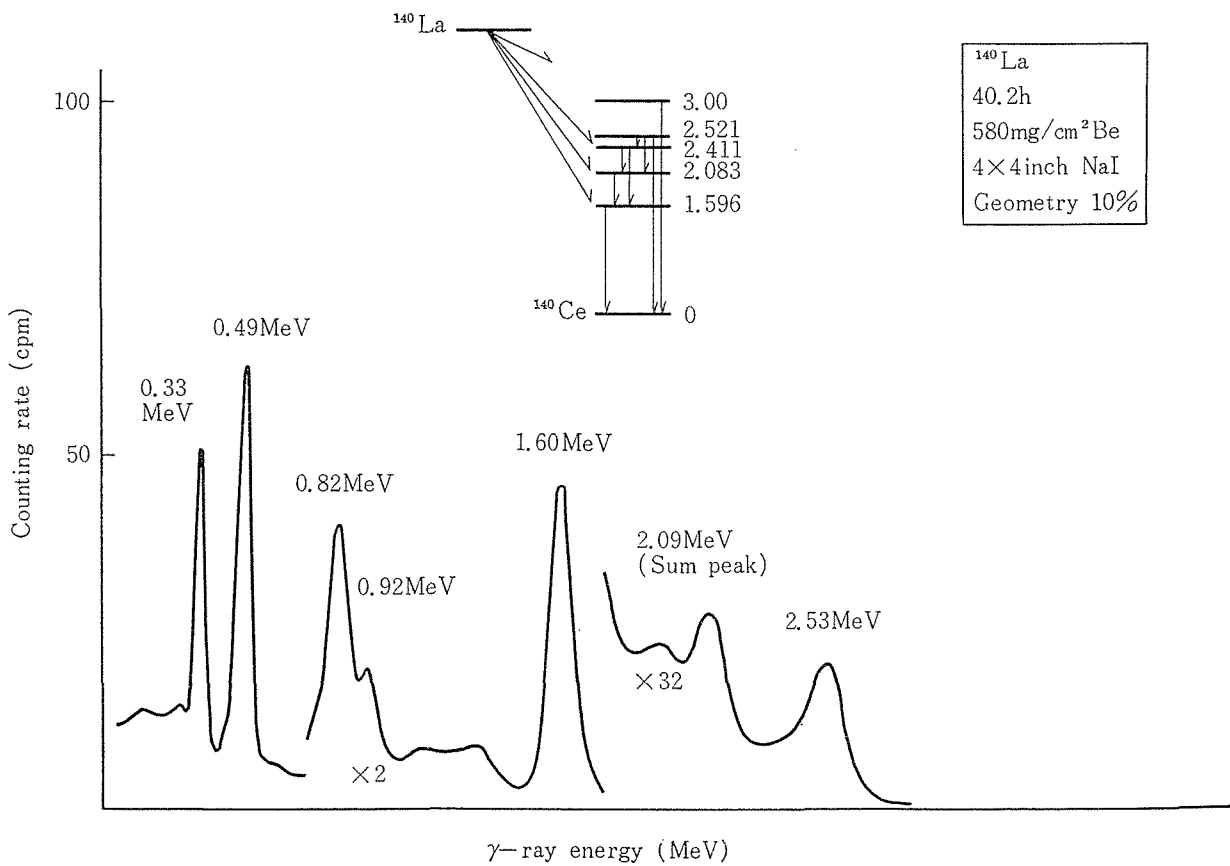
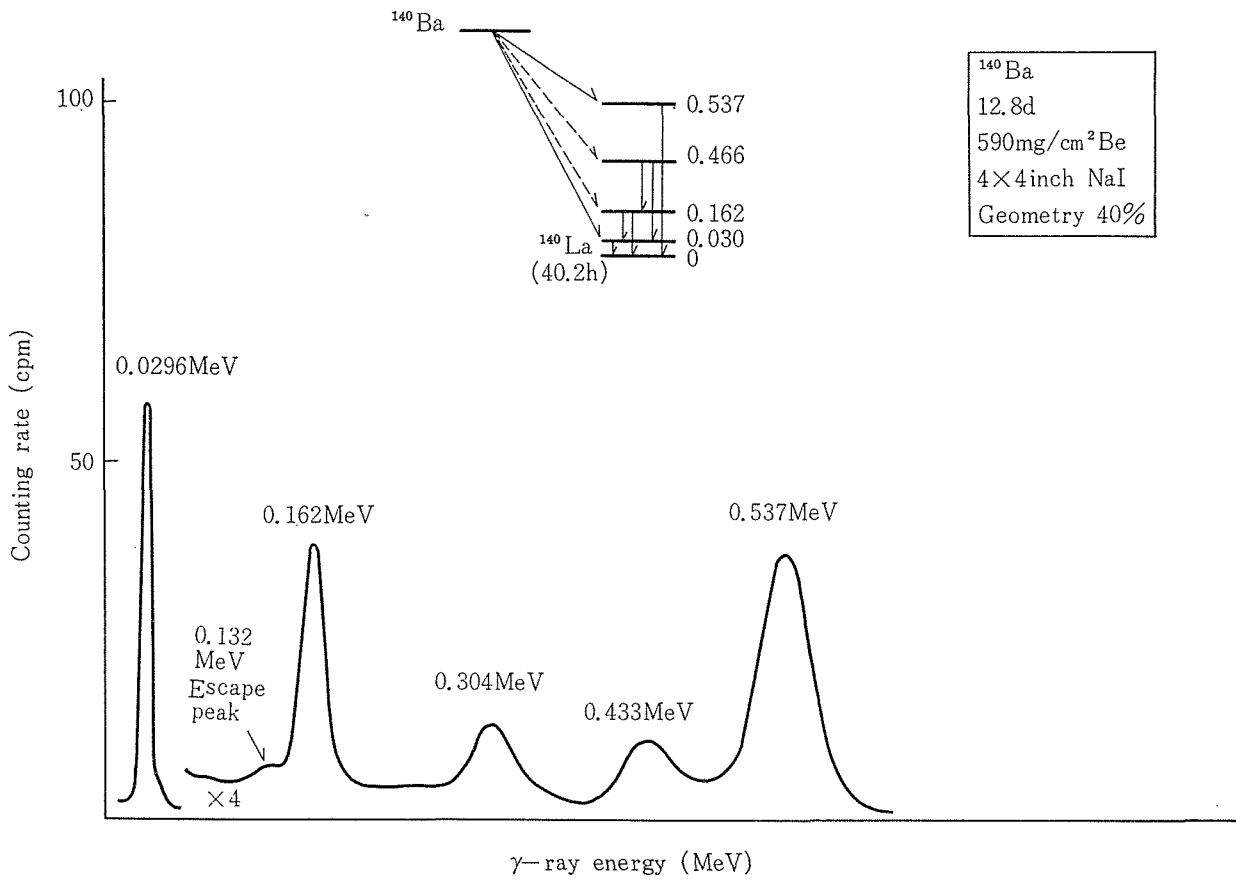


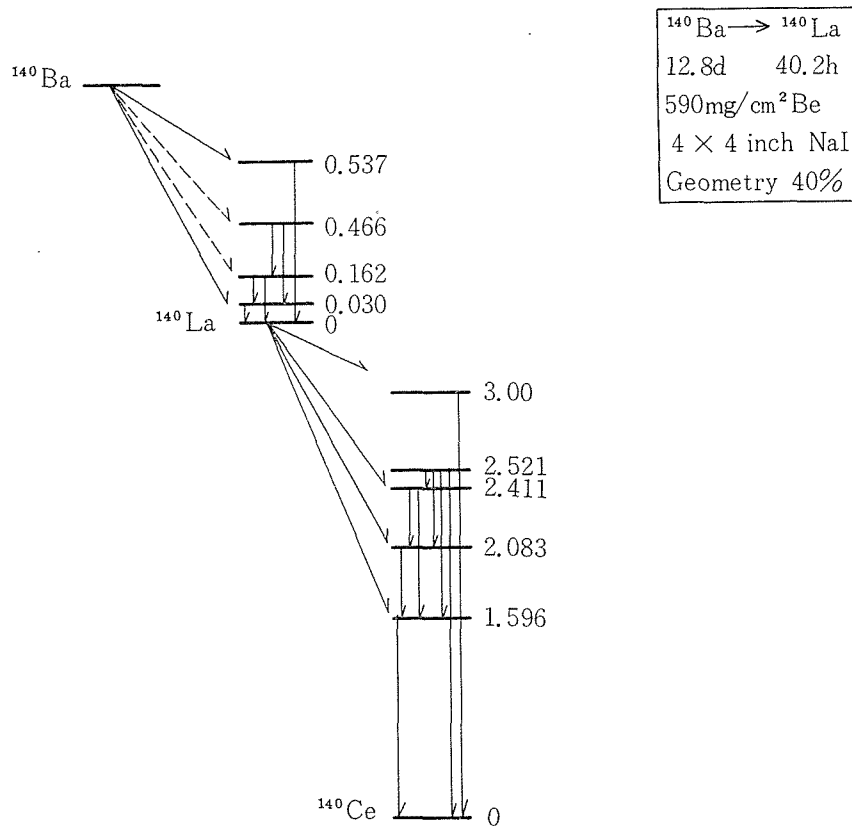
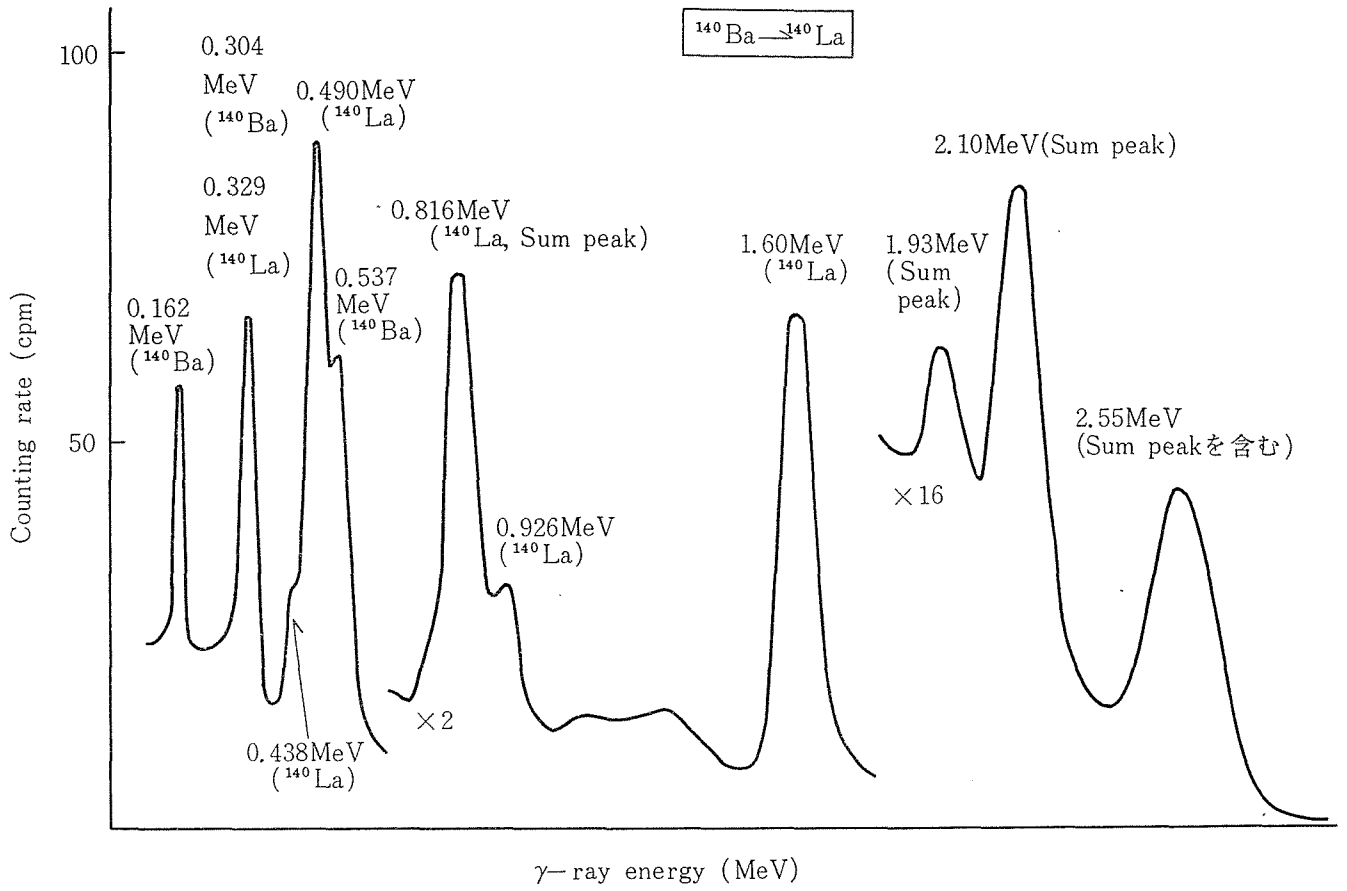


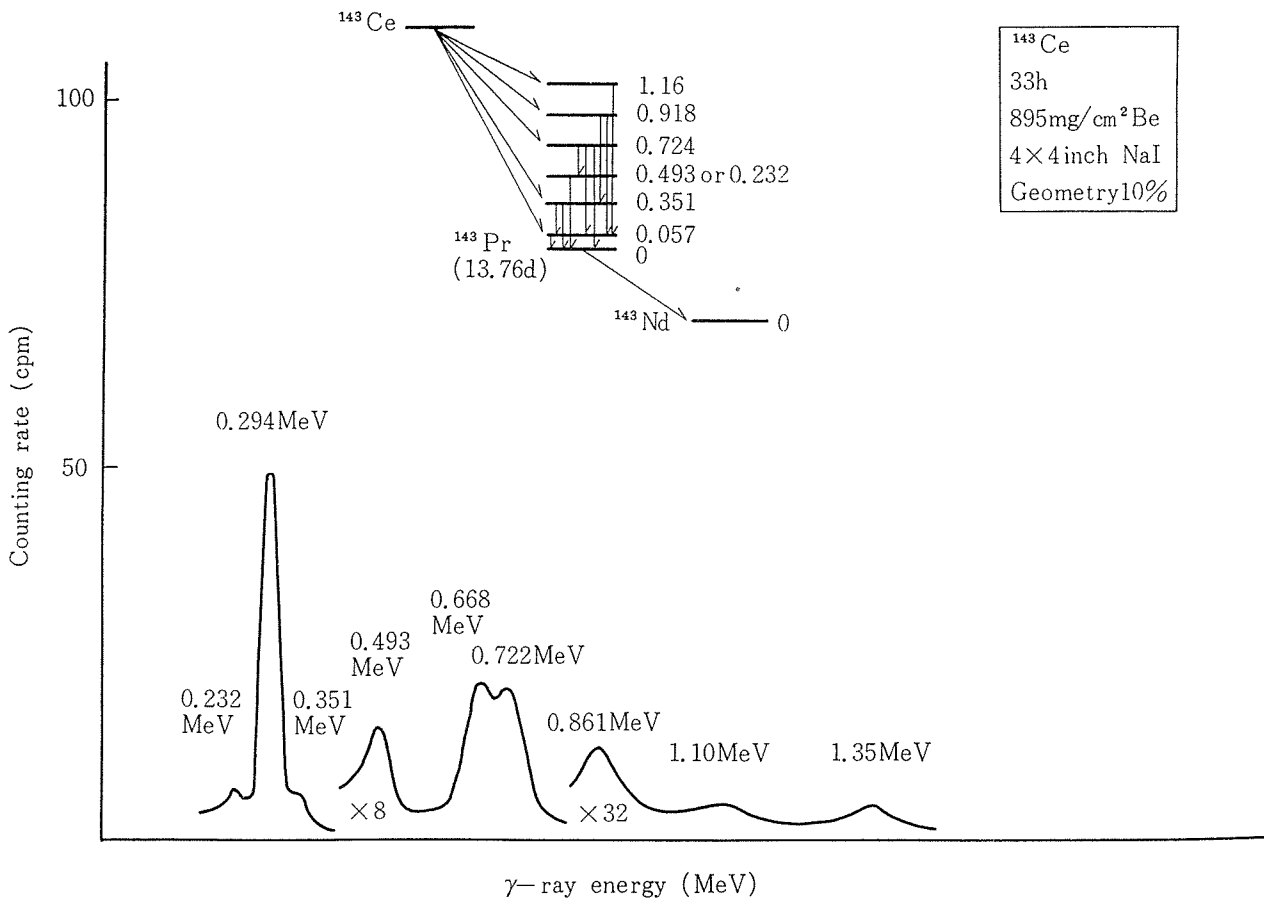
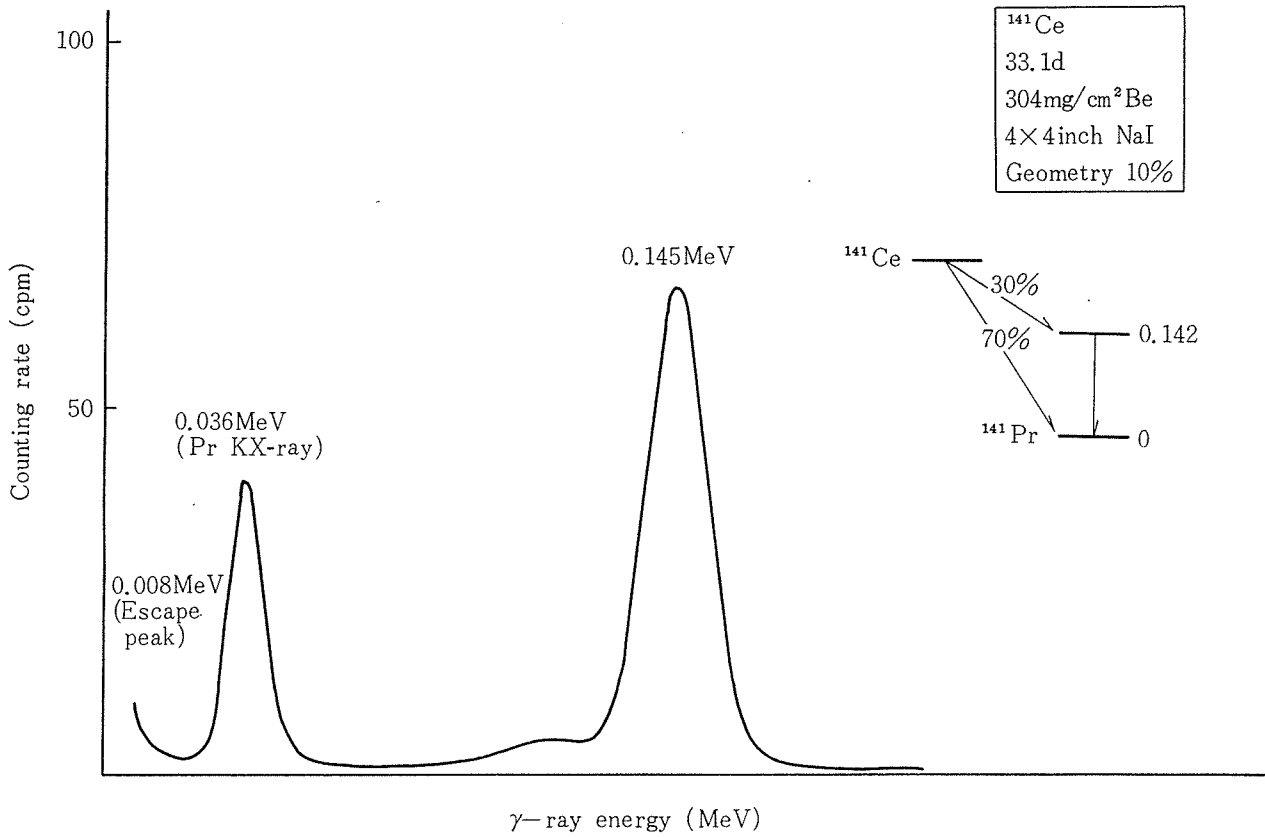


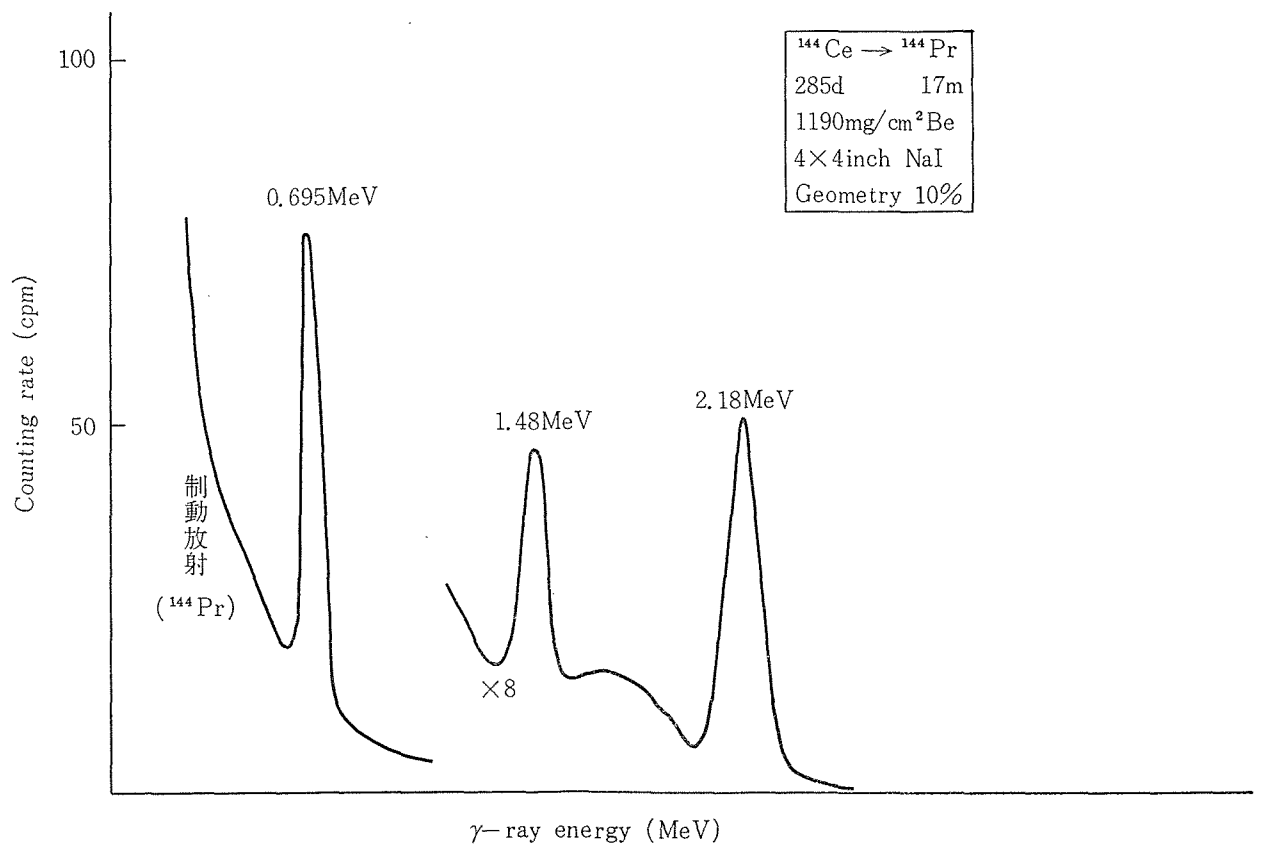
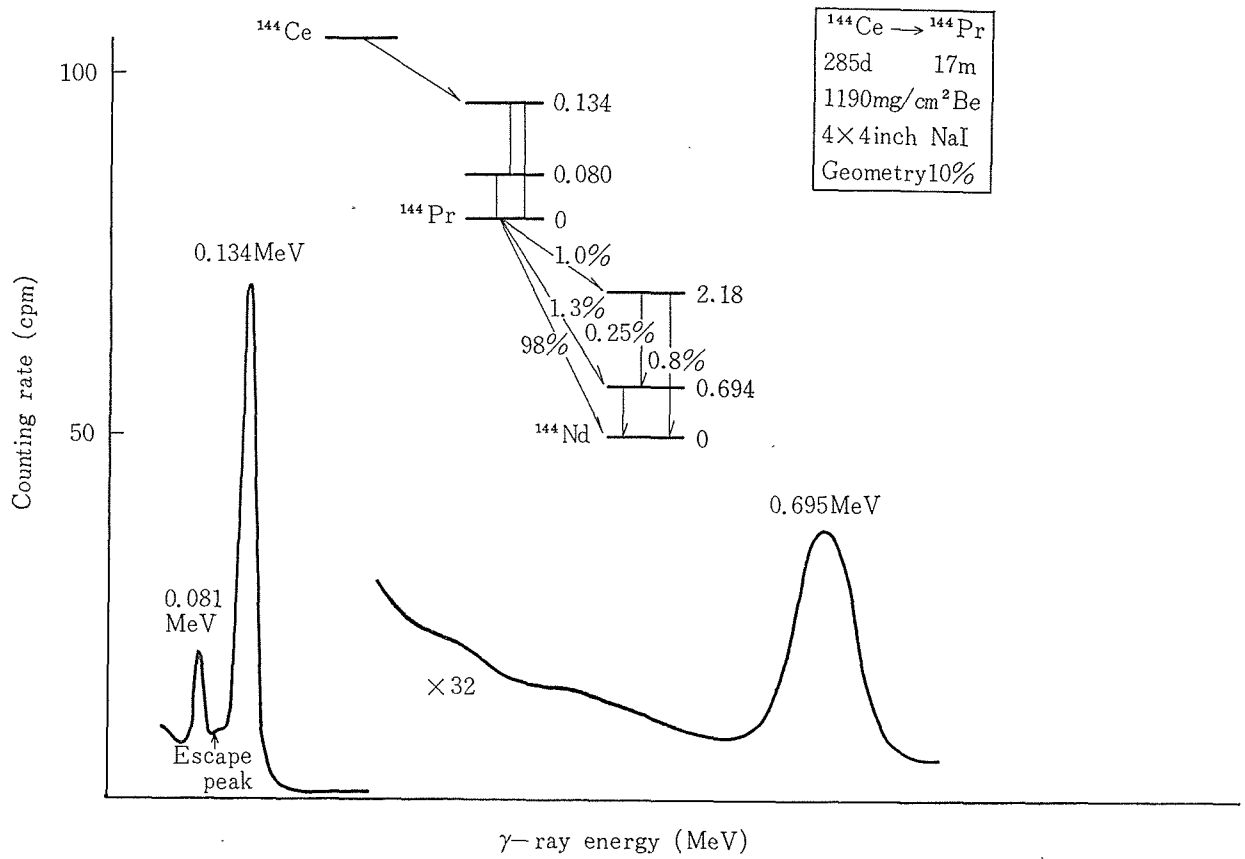


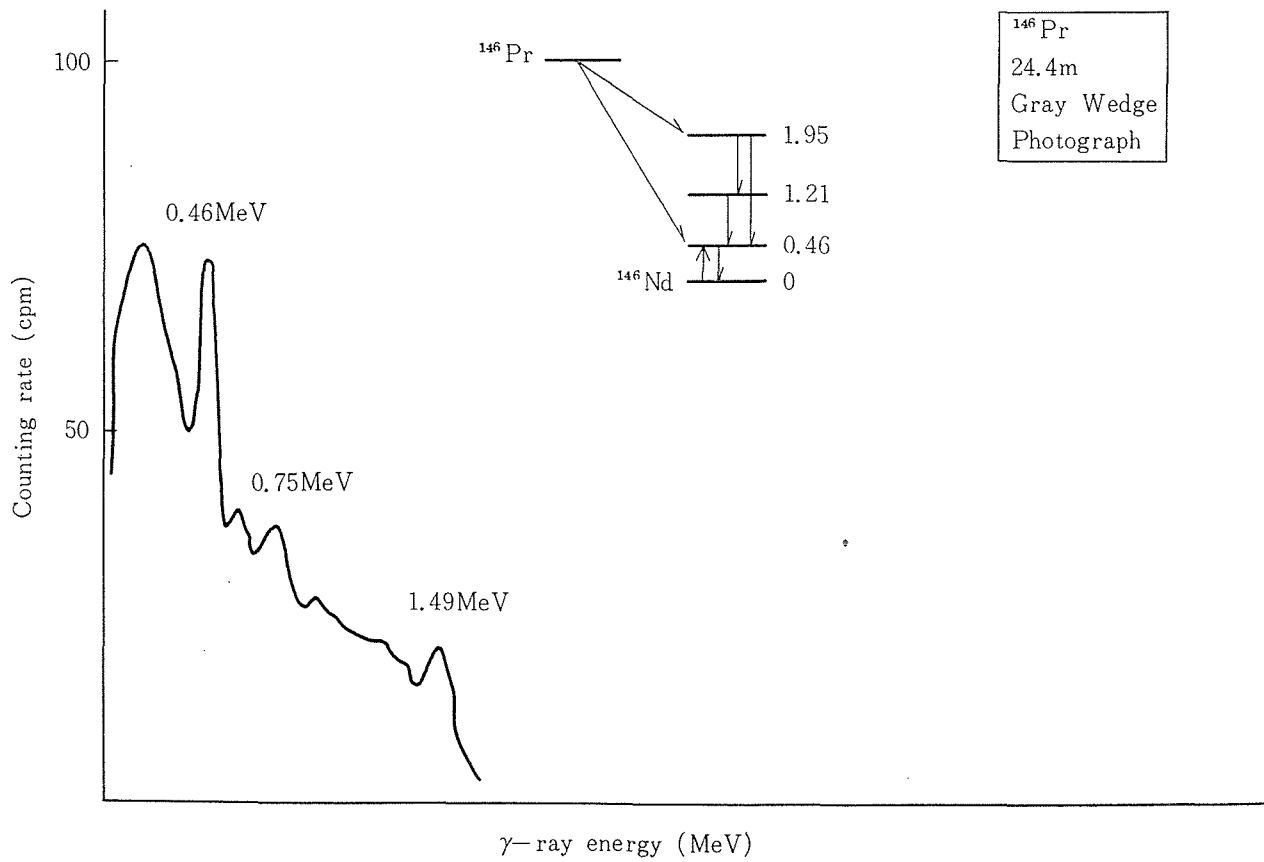
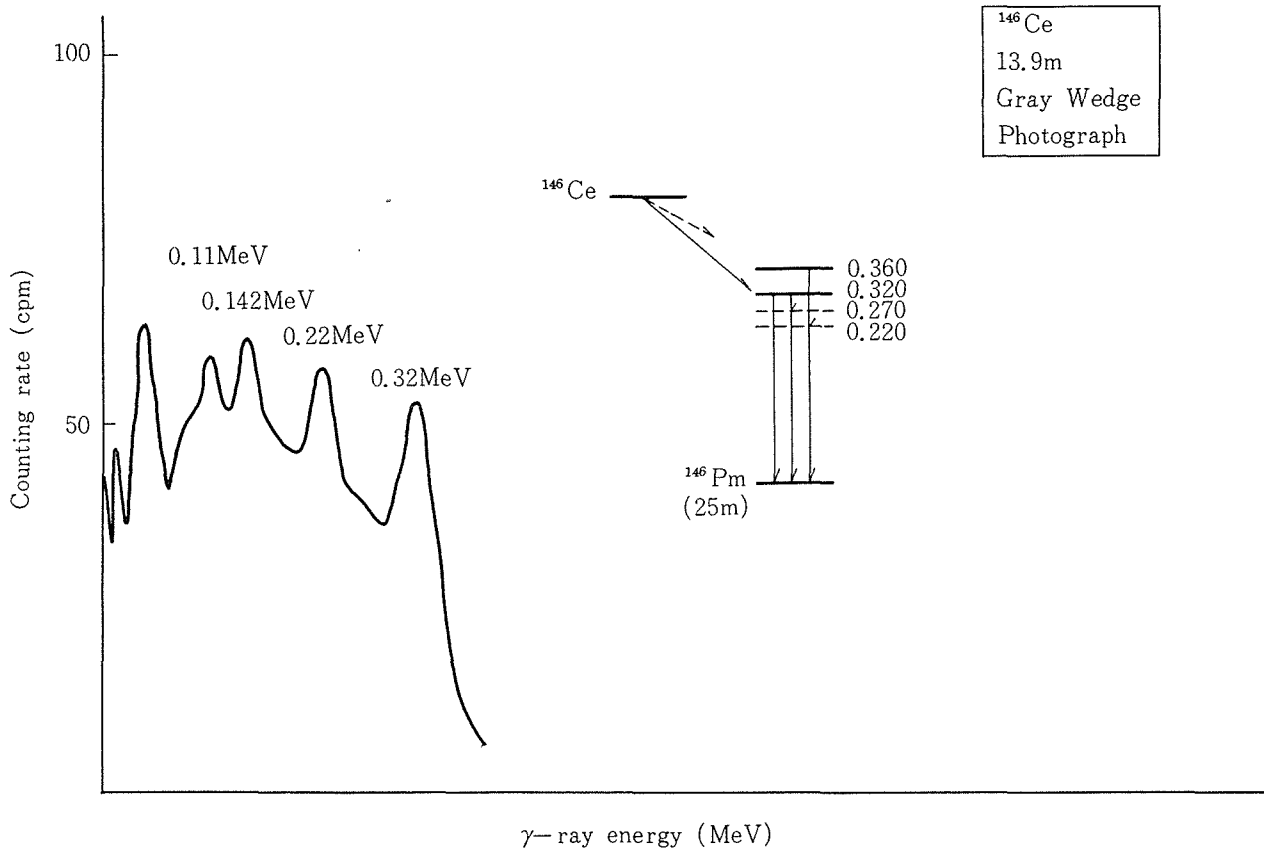


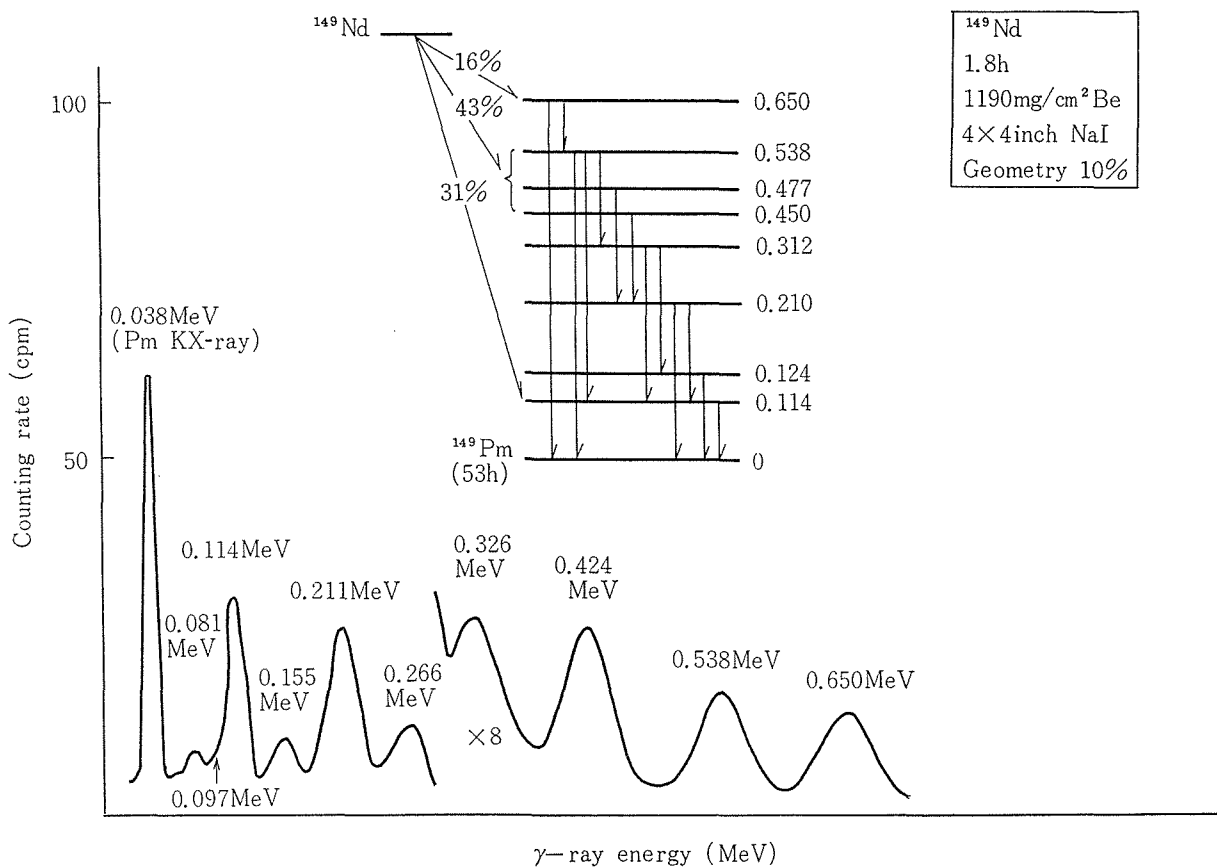
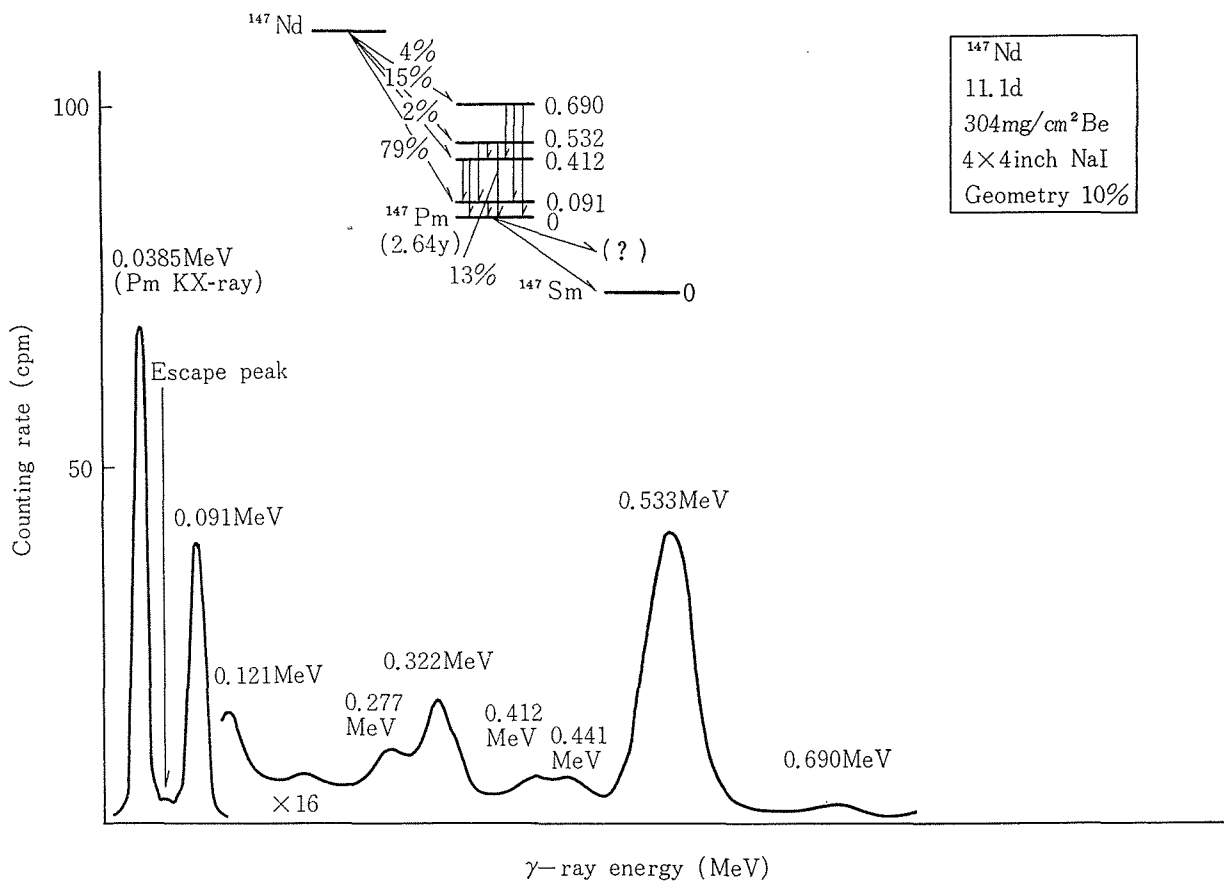


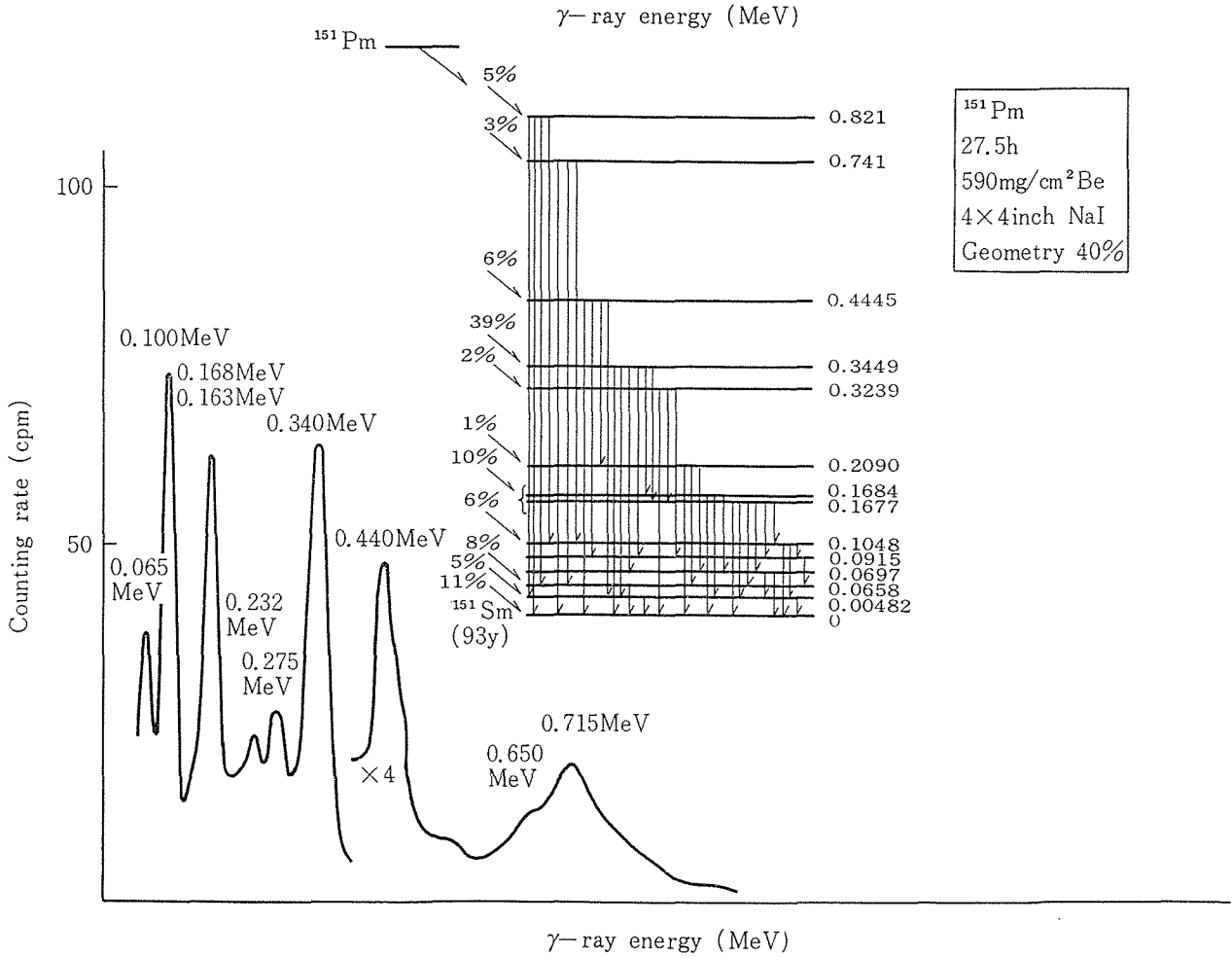
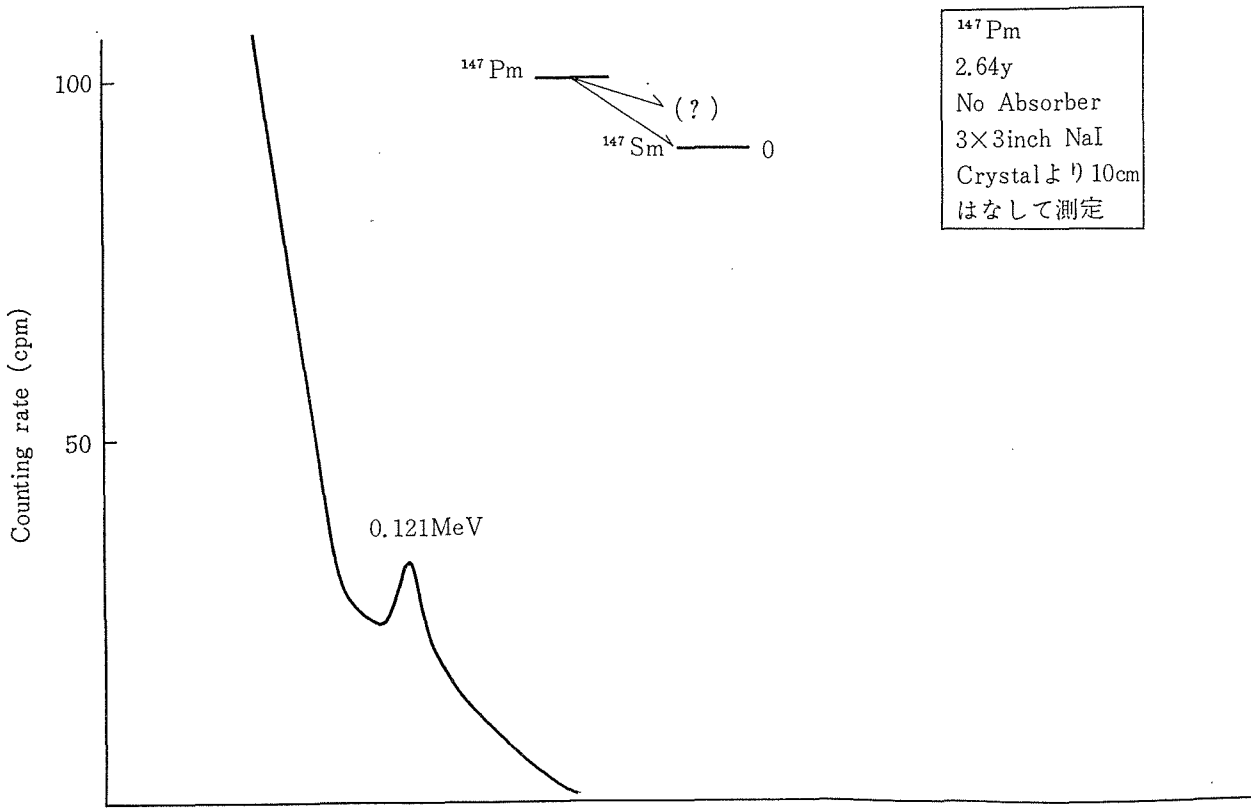


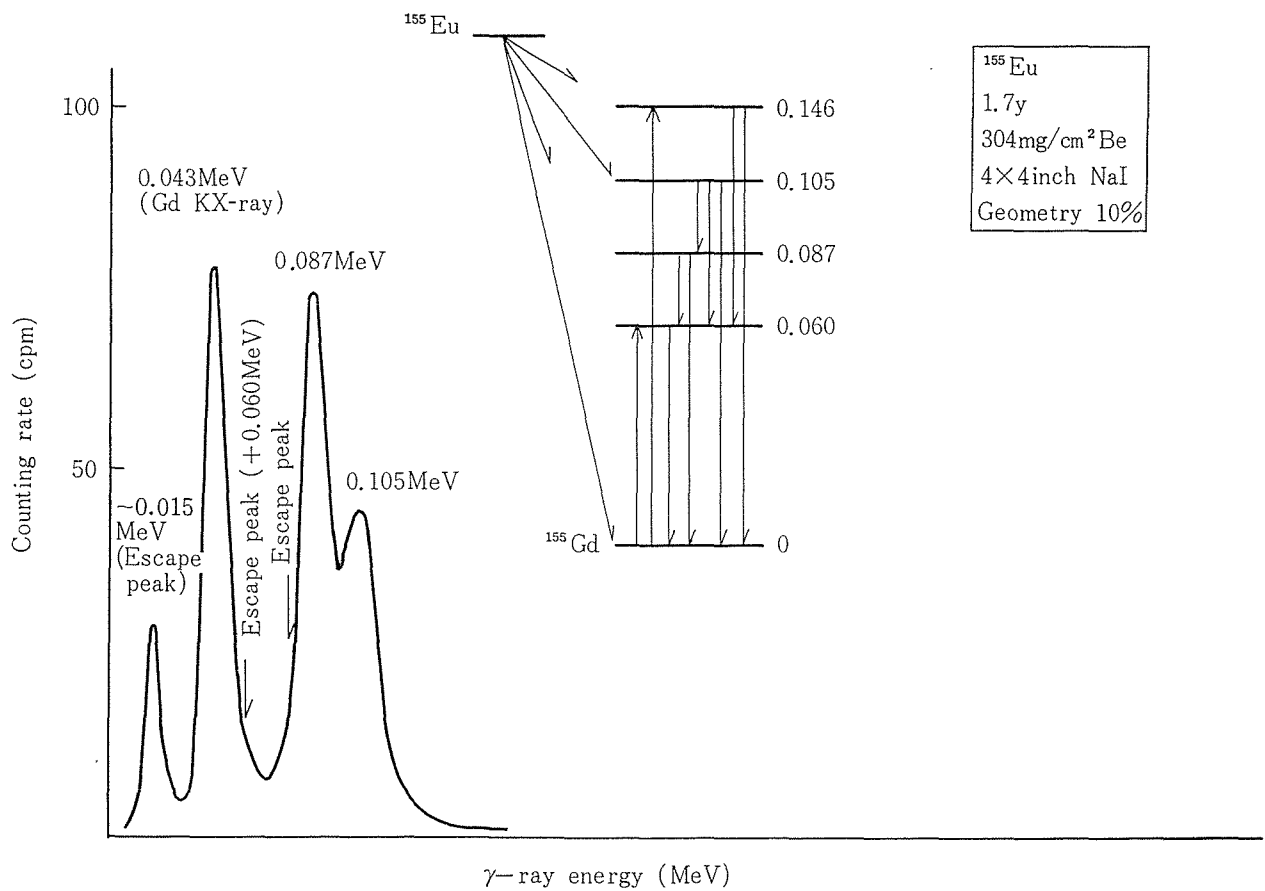
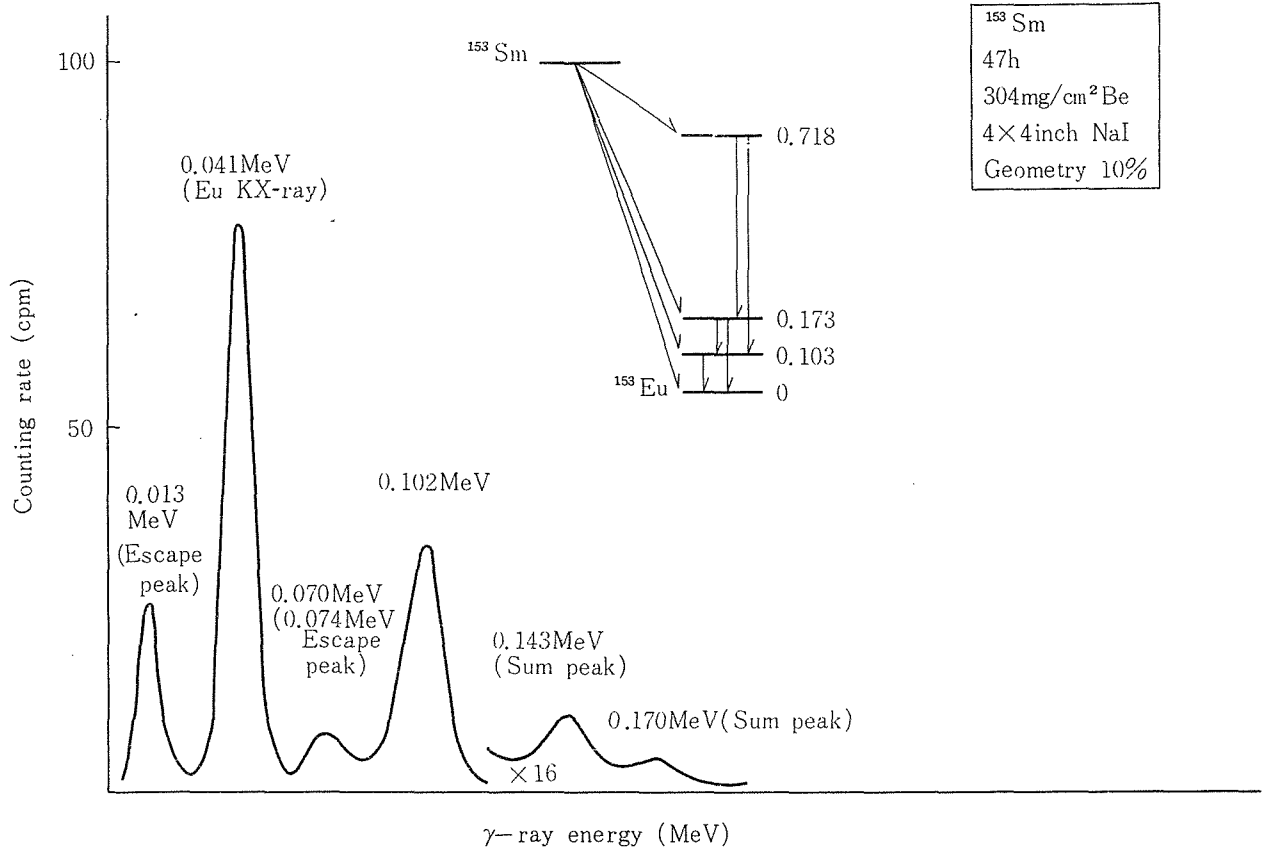


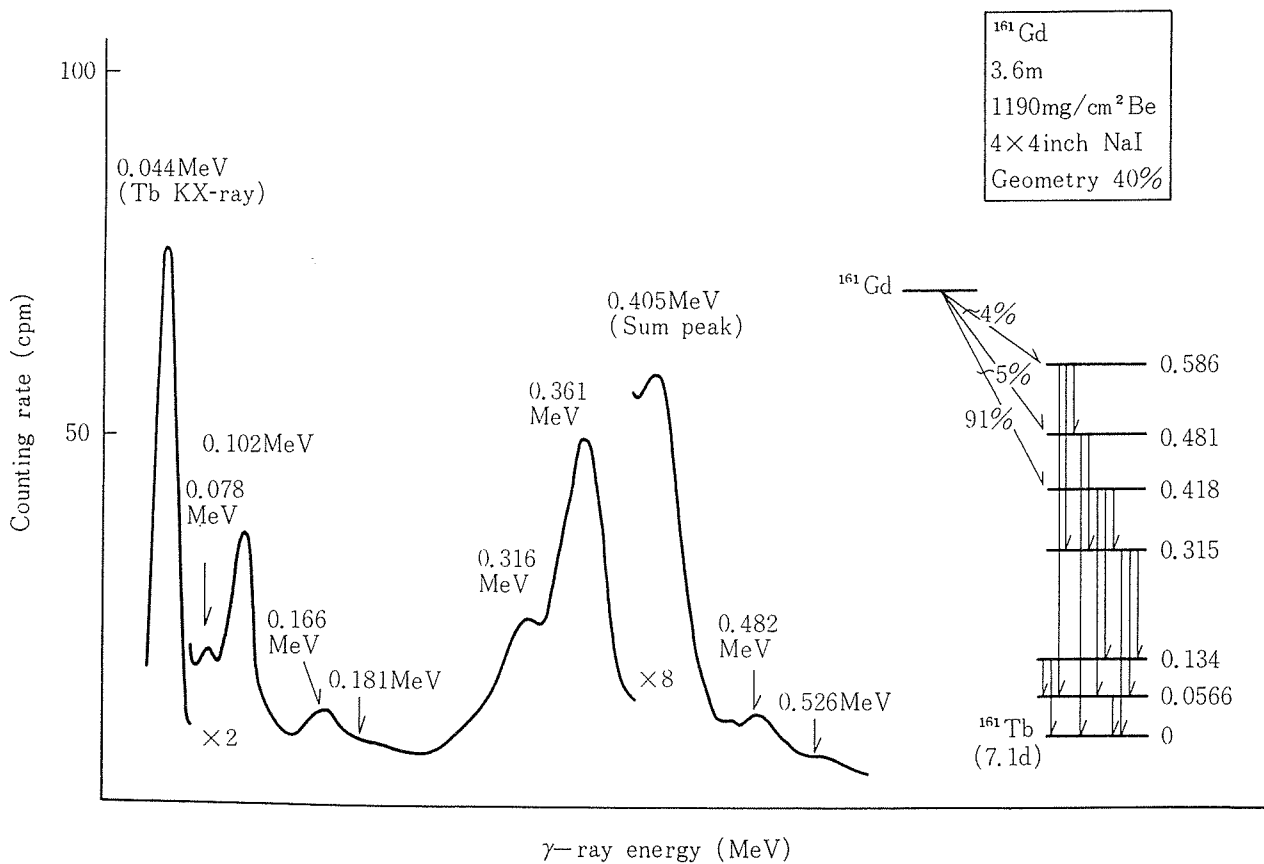
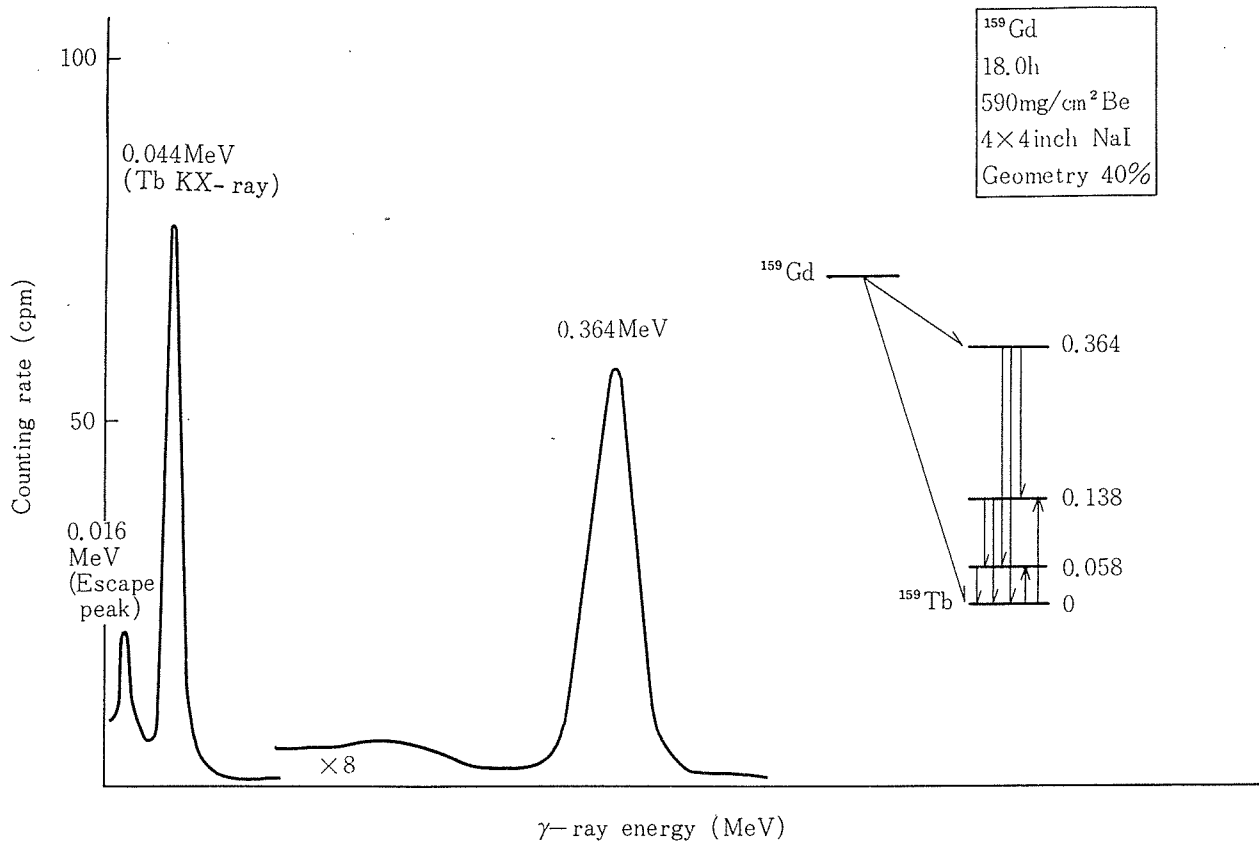


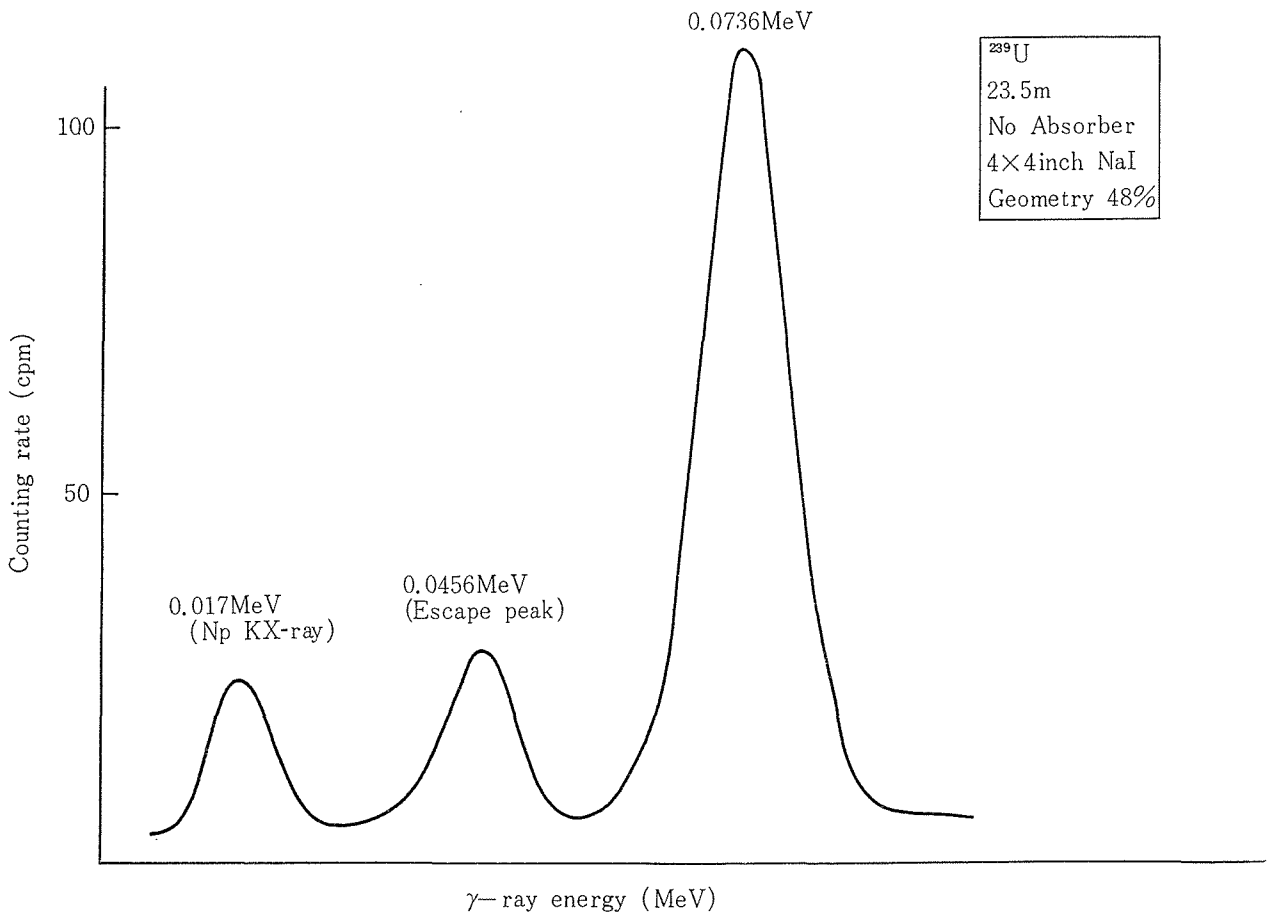
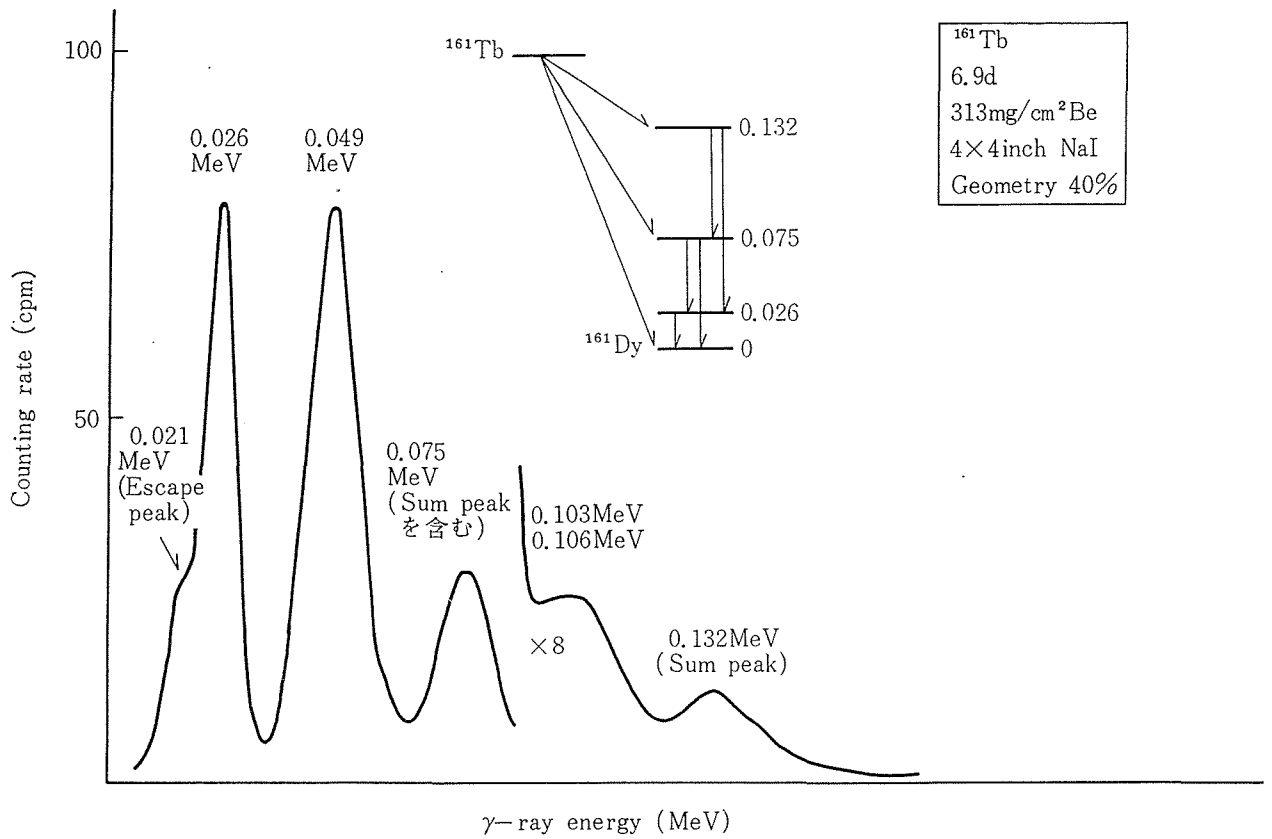


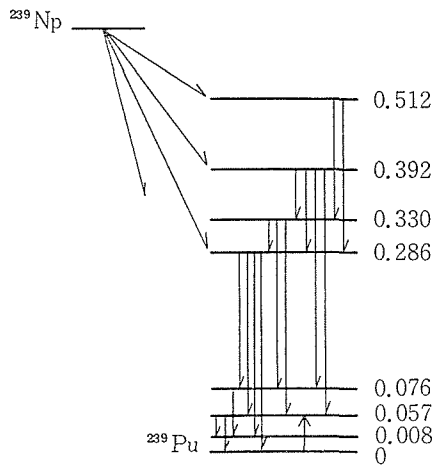
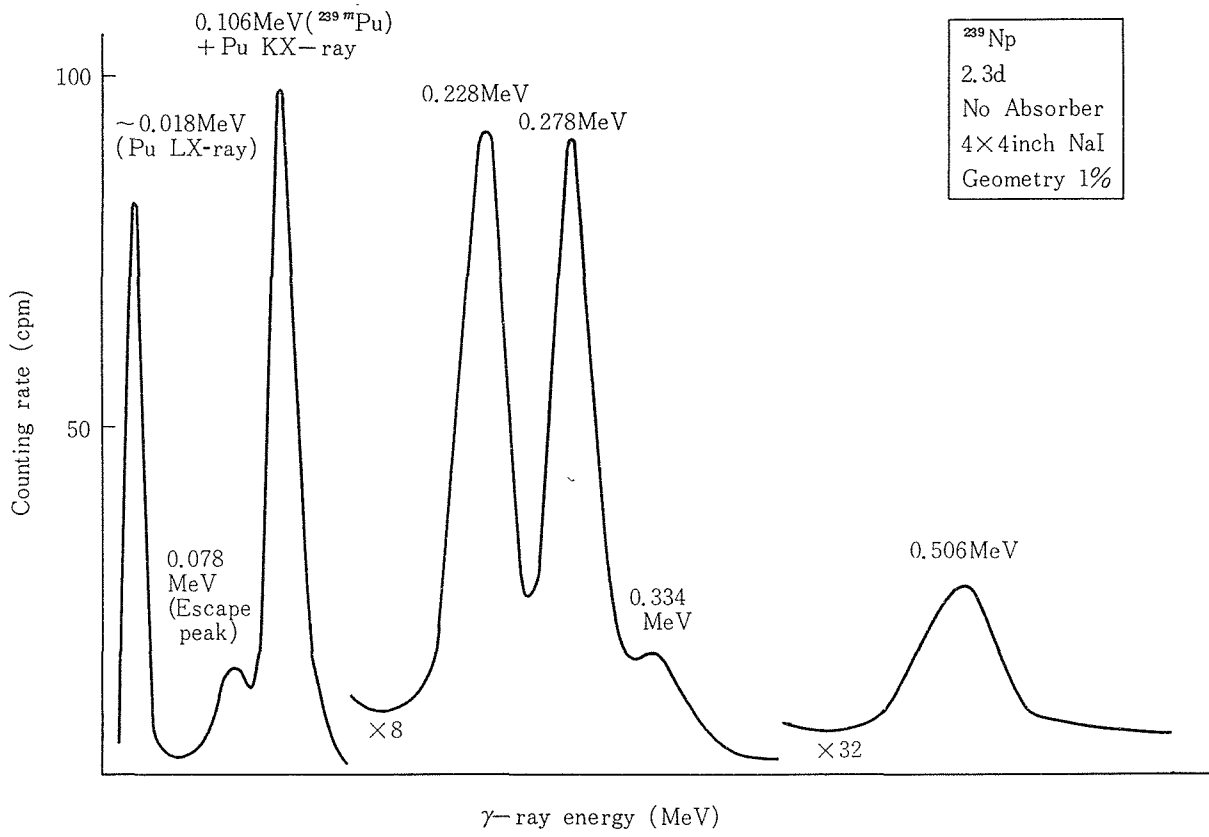


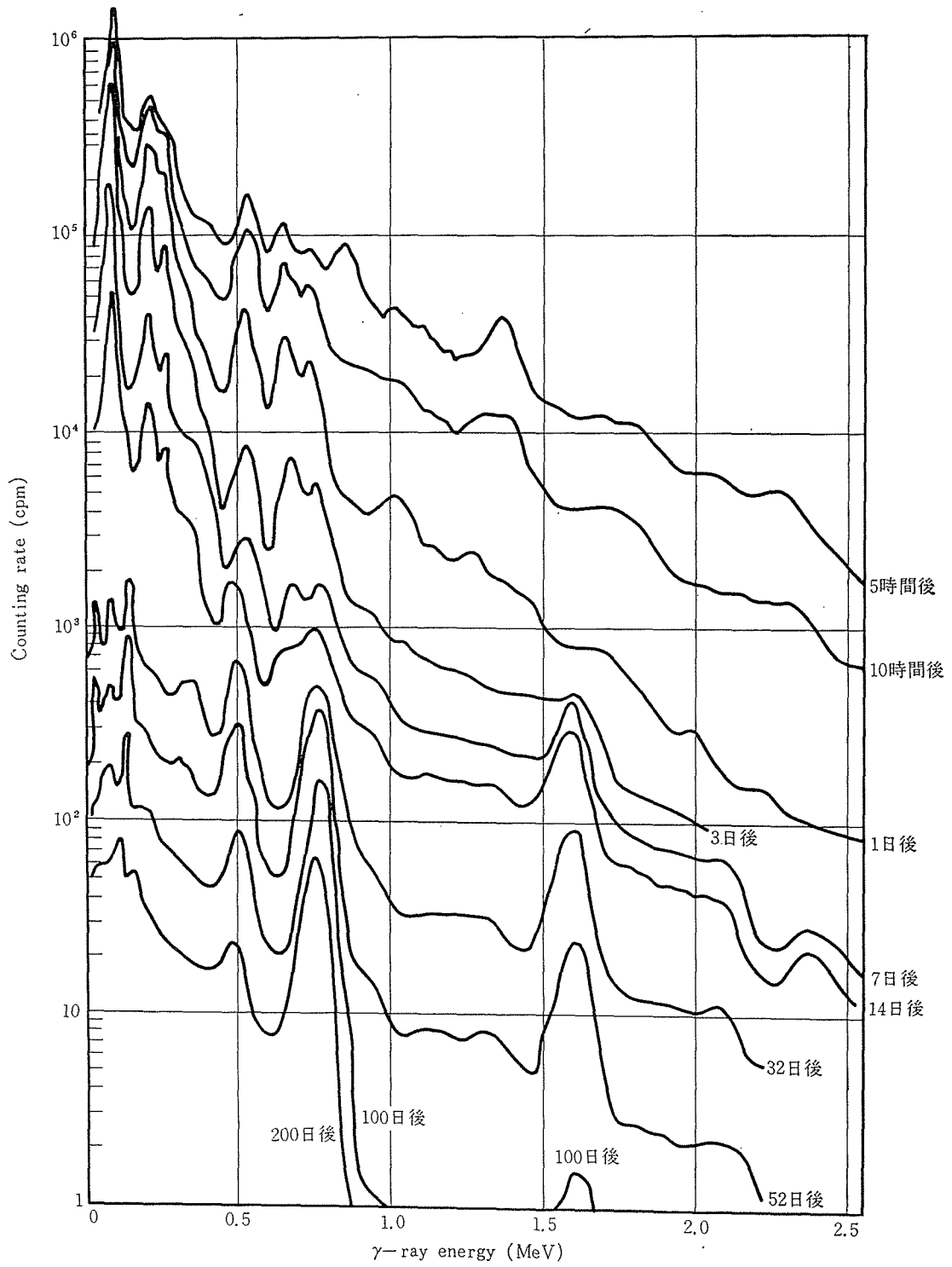












中性子照射ウラン試料の γ 線スペクトル
(天然ウラン 50 mg, 中性子 10¹⁶ nvt 照射)