

$\beta \cdot \gamma$ 混合場における β 線吸収線量の測定法の調査
 β Rays Dosimetry with Stack Type Detectors in
 β and γ Rays Mixed Fields

— 中間報告 —

June 1981

動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所

TOKAI WORKS

Power Reactor & Nuclear Fuel Development Corporation

複製あるいは入手については、下記にお問い合わせください。

茨城県那珂郡東海村 〒 319 - 11
動力炉・核燃料開発事業団
東海事業所技術部技術課 東海（02928）2-1111 内線 355

Enquires about copyright and reproduction should be addressed to ;
Tokai Works, Power Reactor and Nuclear Fuel Development
Corporation,
Tokai, Ibaraki, Post No. 319 - 11, Japan.

$\beta \cdot r$ 線混合場における β 線吸収線量の測定法の調査

道家 忠義 *
菊地 順 *
金盛 正至 ***
中田 啓 **

要 旨

$\beta \cdot r$ 線混合場における β 線測定を、単一の測定器により、直読式で実施するための調査検討を行った。本報告は中間報告であり、主に最大エネルギーが 0.5MeV 以上の β 線についての試験結果である。測定は、プラスチックシンチレーターを数枚用いた場合と、Si 半導体検出器を数枚用いた場合の 2 通りについて実施した。その結果数枚の Si 検出器を用い線量の深度分布を測定することにより β 線・ r 線の寄与を分離して測定できることがわかった。

* 早稲田大学工学研究所
** 放射線管理第 2 課
*** 放射線管理第 1 課

PNCT841-81-56
June, 1981

β Rays Dosimetry with Stack Type Detectors
in β and γ Rays Mixed Fields

Tadayoshi Doke* Masashi Kanamori**
Jun Kikuchi* Kei Nakata**

Abstract

β rays dosimetry in β and γ rays mixed fields are researched by using the stack type Silicon surface barrier detectors and plastic detectors. It is found that the dose of β rays and γ rays are detected separately by the stack type detectors.

* Science and Technology Research Institute of Waseda University
** Power Reactor & Nuclear Fuel Development Corporation

目 次

1. 諸 言	1
2. Si 検出器による実験方法及び結果	1
3. プラスチック シンチレーターによる実験方法と実測結果	2
4. 結 論	2

$\beta \cdot r$ 線混合場における β 線吸収線量の測定法の調査

1. 諸 言

β 、 r 線混合場における β 線吸収線量の測定は本質的には物体表面からの吸収線量の深度分布の測定による。その測定方法として、 β 線の最大エネルギーが 0.5 MeV 以上の場合と以下の場合とに区別し、本年度は 0.5 MeV 以上の場合の測定に重点を置いて、数枚の Si 検出器を並べた場合と数枚のプラスチック・シンチレーターを並べた場合について実験を行ったのでその実験方法と実測結果について報告する。

2. Si 検出器による実験方法及び結果

先ず、0.5 mm 厚、有効直径 20 mm ϕ の Si 検出器 8 枚を Fig. 1 の如く並べたものを使用、その上部に ^{207}Bi の線源を置いてその結果について調べた。この線源は点状ではなく 4 mm ϕ の disk 状である。 ^{207}Bi からは主として 1.063, 0.57 MeV の r 線が放出され、それと共にそれら r 線による内部転換電子が放出される。この場合、これら内部転換電子の寄与と r 線の寄与との弁別が問題となる。この実験によって得られたそれぞれの Si 検出器におけるエネルギー分布を Fig. 2 に示す。NaI の Si 検出器のエネルギー分布にはそれぞれの r 線の内部転換電子 (K, L 殻に相当する) のエネルギー分布がそのままの形で示されていると共に 70 KeV 附近に特性 X 線のピークが見られる。次段の Si 検出器からはこれらのピークは殆んど見られず全くくずれた形となる。これらのエネルギー分布から吸収エネルギーを求め、それを検出器の距離に対してプロットしたものを、Fig. 3, Fig. 4 (両対数表示) に示す。4 枚目の検出器より後ではその線量は距離と共に余り大きく変化せず、それは r 線からの寄与であることを示している。1 MeV の電子線の Si 内での外挿飛程は 2.2 mm であることを考慮すればこのような結果が得られることは予め予測されたことである。より厳密な r 線の寄与を推定すべくそれぞれの検出器の線源に対する立体角の 4π に対する割合で割ったものを Fig. 5 に示した。この場合、電子線の寄与のない領域では吸収エネルギーは、ほぼ一定となるはずである。そこで電子線の飛程外の三つの検出器の平均吸収エネルギーが r 線のみに対する寄与であるとして、かつ各検出器の張る立体角も考慮して r 線からの寄与を求めたものが、Fig. 3, 4 における曲線 r であり、それを全体から差し引いたものが求める β である。Table 1 はこれらを各検出器について求めた結果である。しかしこのような厳密な手続を経ることなく電子線の飛程外の部分は r 線によるものとして差し引いても殆んど大差ない結果が得られる。このように点

状に近いものに対して以上の如くであるならば、実際上は r 線の寄与は更に一様に近い場合が多いと考えられるので容易に β 線の寄与を弁別することが可能であろう。

次に、 ^{137}Cs 及び $^{90}\text{Sr} + ^{137}\text{Cs}$ について測定を行った。測定方法は ^{207}Bi の場合と同様であるが、 ^{90}Sr については、そのエネルギーが高いのでFig. 6 (Photo-1) に示すように12枚のSi検出器を使用した。Fig. 7に ^{137}Cs 、Fig. 8に $^{90}\text{Sr} + ^{137}\text{Cs}$ について実測した結果を示す。これらの分布より、 ^{207}Bi の場合と同様に吸収線量を求めた結果をFig. 9に示す。ここで横軸は線源からの深さ (g/cm^2)、縦軸はその深さでの吸収線量の対数としてある。この図からわかるように、夫々の場合について明らかに傾斜の変る点が認められる。これらの点はおおよそ夫々の電子線の外挿飛程に対応するところであり、これより深いところではその電子線の寄与がなくなるためである。従って測定しようとする最大エネルギーの電子線の外挿飛程より深いところでは r 線の寄与だけとなり、 β 、 r の寄与分離出来る。

3. プラスチックシンチレーターによる実験方法と実測結果

0.5mm厚、30mm × 15mmのプラスチック・シンチレーターに白色の塗料を塗り、これを10枚重ねて使用する。塗料によって各シンチレーターは光学的には分離されているので、これを浜松テレビ製位置有感型光電子増倍管にとりつけ、色々の深さでの発光量を測定しようと試みた。Photo-2は、頭部にプラスチック・シンチレーターがとりつけられた位置有感型光電子増倍管である。何れも遮光のためにブラックテープでカバーされている。しかしこの増倍管の位置分解能力が期待した程よくないことと、発光量が少い上に、使用する電磁石の冷却方法に問題があって増倍管の温度が上がり、雑音が増加して弁別が困難となり、良い結果が得られなかった。この増倍管を上手に使うのには、今少し時間が必要と思われる。そこで今回はこれを使用するのを断念し次のような方法で測定した。シンチレーターの表面部からの光のみが通るように細いスリットをあけ、一方シンチレーターと線源の間に種々の厚みの吸収材を置いて測定した。このときの結果をFig. 10に示す。横軸の深さは吸収材の厚みに対応するものである。図からわかるように、Si検出器の結果と同じような結果を示している。この方法でも測定出来るが、色々の厚みの吸収材を用いるため一度に測定出来ない欠点がある。

4. 結 論

以上述べたように、数枚のSi検出器を用いて線量の深度分布を測ることにより、 β 線と r 線の寄与を分けられることを示したが、今後更に、 r 線の強度が強い場合について検討しどの程度の精度で弁別可能かどうかについて調べ実際の β 線量測定の方法

を確立したいと考えている。プラスチック・シンチレーターを使用する方式は、プラスチック・シンチレーターの発光量が少く雑音との弁別が問題になること、位置有感性光電子増倍管又は複数の光電子増倍管を使用しなければならないこと等実用面で不利な点が多く、この目的には適してないと考えられる。

Figure Captions

- Fig. 1 ^{207}Bi 測定時の検出器の構成及び線源の位置
- Fig. 2 ^{207}Bi に対する各 Si 検出器のエネルギー分布。No. 1 (線源に最も近い) では内部転換電子に対するピークがみえる。
- Fig. 3 Fig. 2 から求めた各検出器での吸収エネルギー。横軸は各検出器の線源からの距離をとってある。
- Fig. 4 Fig. 3 と同じものを両対数で表示。
- Fig. 5 立体角補正した吸収エネルギーと距離の関係。
- Fig. 6 ^{137}Cs 及び $^{90}\text{Sr} + ^{137}\text{Cs}$ 測定時の検出器の構成及び線源の位置。
- Fig. 7 ^{137}Cs に対する各 Si 検出器のエネルギー分布。
- Fig. 8 $^{90}\text{Sr} + ^{137}\text{Cs}$ に対する各 Si 検出器のエネルギー分布。
- Fig. 9 ^{137}Cs 及び $^{90}\text{Sr} + ^{137}\text{Cs}$ に対する各検出器の吸収エネルギー。横軸は各検出器の線源からの距離を g/cm^2 の単位でとってある。また ^{207}Bi の結果も併せて示した。
- Fig. 10 プラスチック・シンチレーターで測定した ^{207}Bi の深度に対する吸収エネルギー。
- Table.1 各検出器における測定値。 ΔE は測定された吸収エネルギー。 $\Omega/4\pi$ は線源に対する立体角を 4π で割ったもの。 ΔE_c は全立体角に換算した吸収エネルギー。 ΔE_β , ΔE_r は No. 6 以降は β 線の寄与がないものとして No. 6 ~ No. 5 に外挿して求めた β 線及び r 線の寄与。
- Photo.1 Si 検出器の写真。
- Photo.2 プラスチック・シンチレーター及び位置有感型光電子増倍管の写真。左側の突起がシンチレーターである。

Table 1 半導体検出器各検出器における測定値

	Distance (mm)	ΔE ($\times 10^3$ MeV)	$\Omega/4\pi$	ΔE_C ($\times 10^3$ MeV)	ΔE_β ($\times 10^3$ MeV)	ΔE_γ ($\times 10^3$ MeV)
No.1	0.875	29.43	0.4555	64.61	27.79	1.64
No.2	1.625	13.40	0.419	31.98	11.89	1.51
No.3	2.375	6.80	0.3822	17.79	5.42	1.38
No.4	3.125	2.70	0.3488	7.74	1.44	1.26
No.5	3.875	1.71	0.3161	5.41	0.569	1.14
No.6	4.625	1.17	0.2872	4.07	0	1.17
No.7	5.375	0.925	0.2599	3.56	^{av.} 3.611 0	0.925
No.8	6.125	0.752	0.2350	3.20	0	0.752
Total		56.89			47.11	9.78

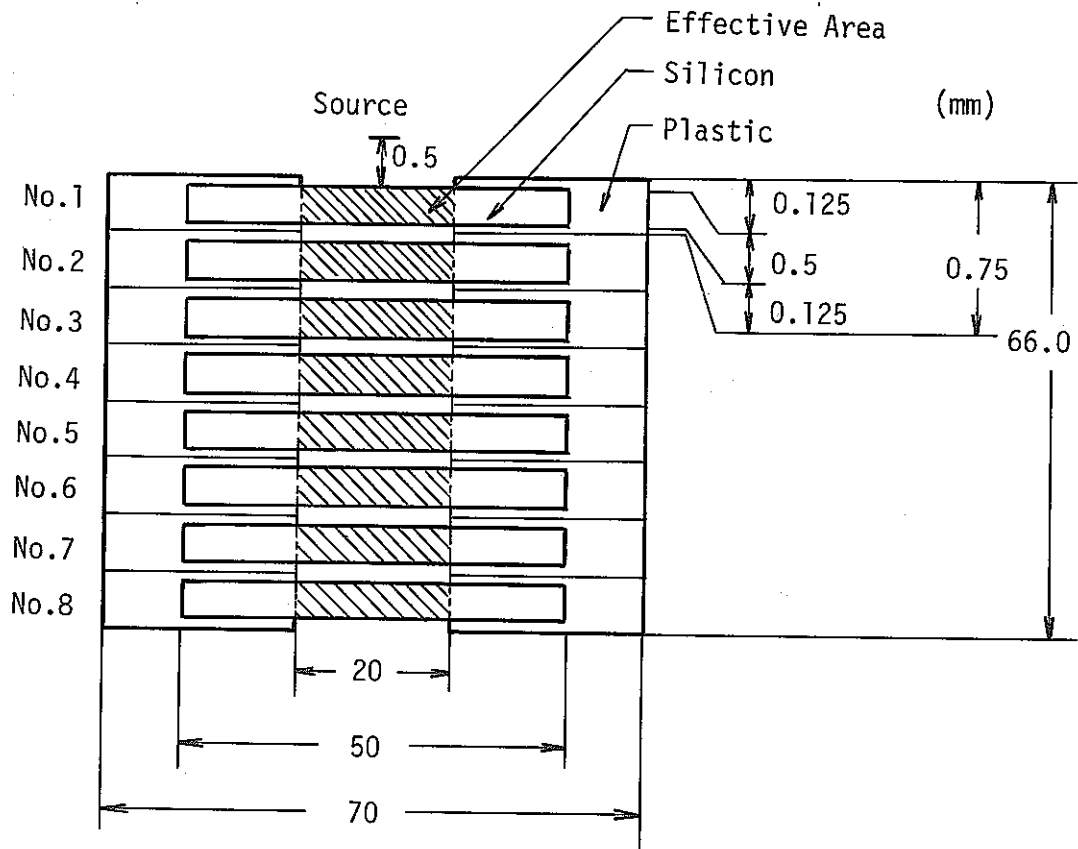


Fig. 1 ^{207}Bi 測定時の検出器の構成及び線源の位置

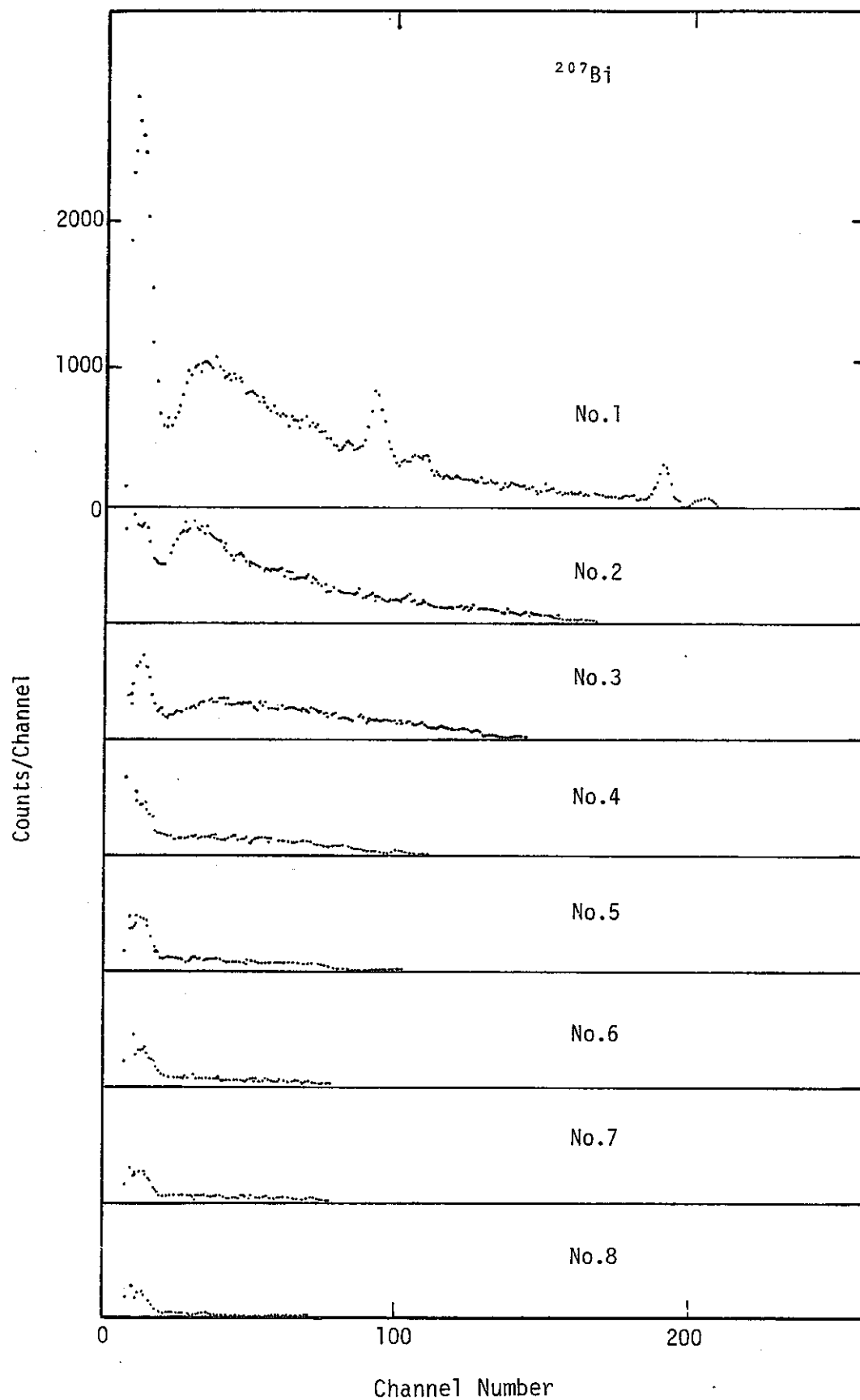


Fig. 2 ^{207}Bi に対する各 Si 検出器内のエネルギー分布

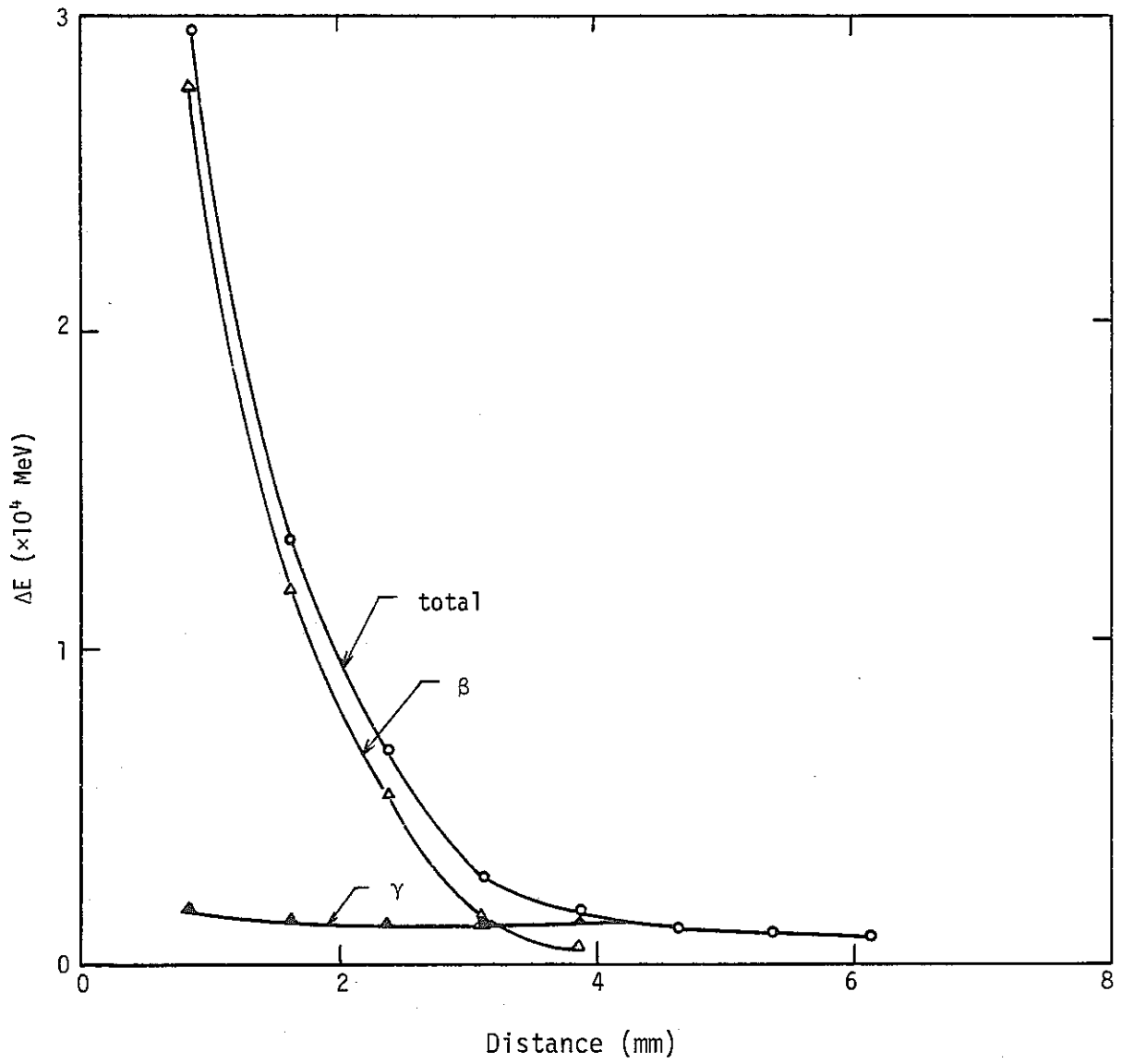


Fig. 3 各検出器における吸収エネルギー

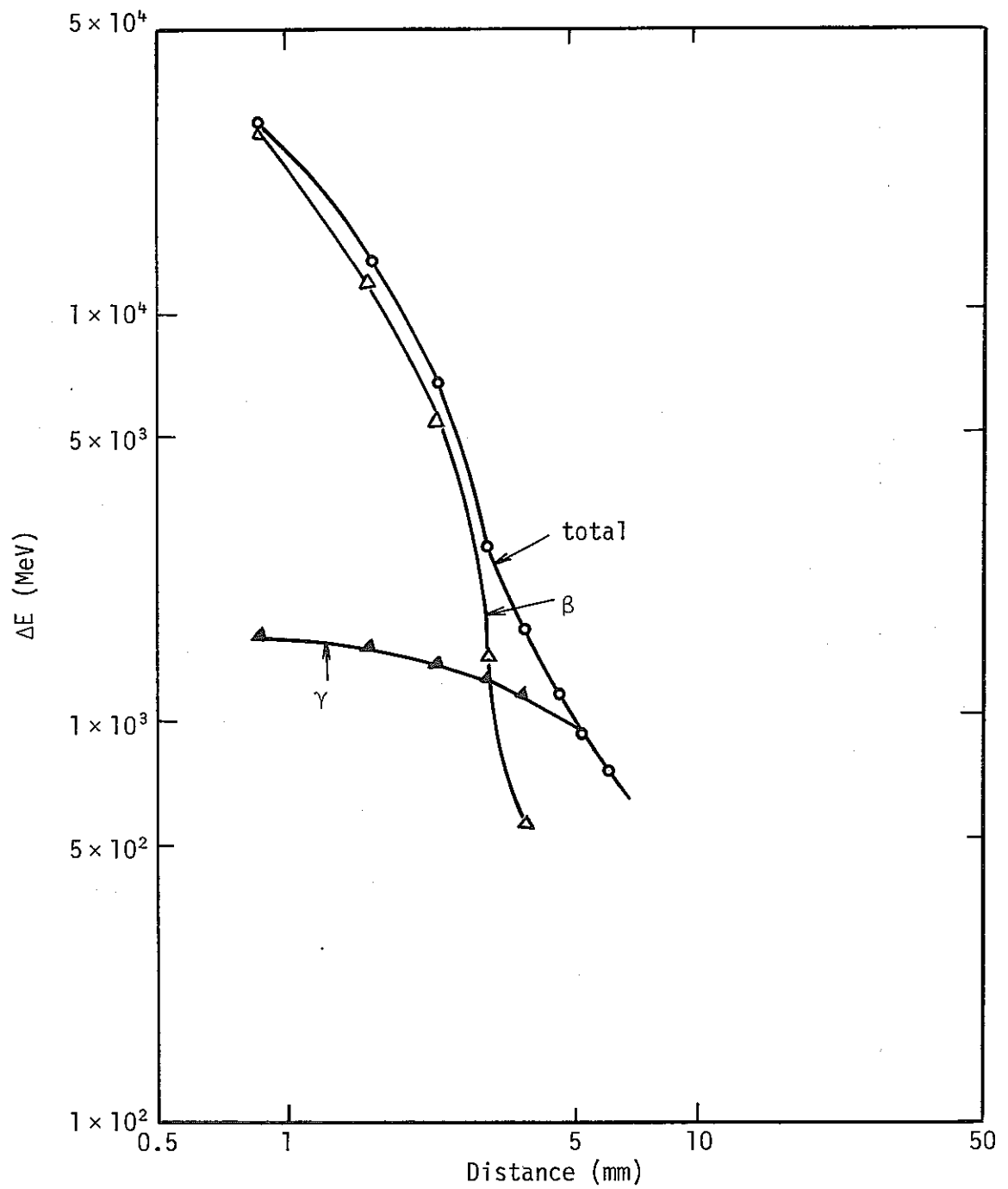


Fig. 4 各検出器における吸収エネルギー (log - log)

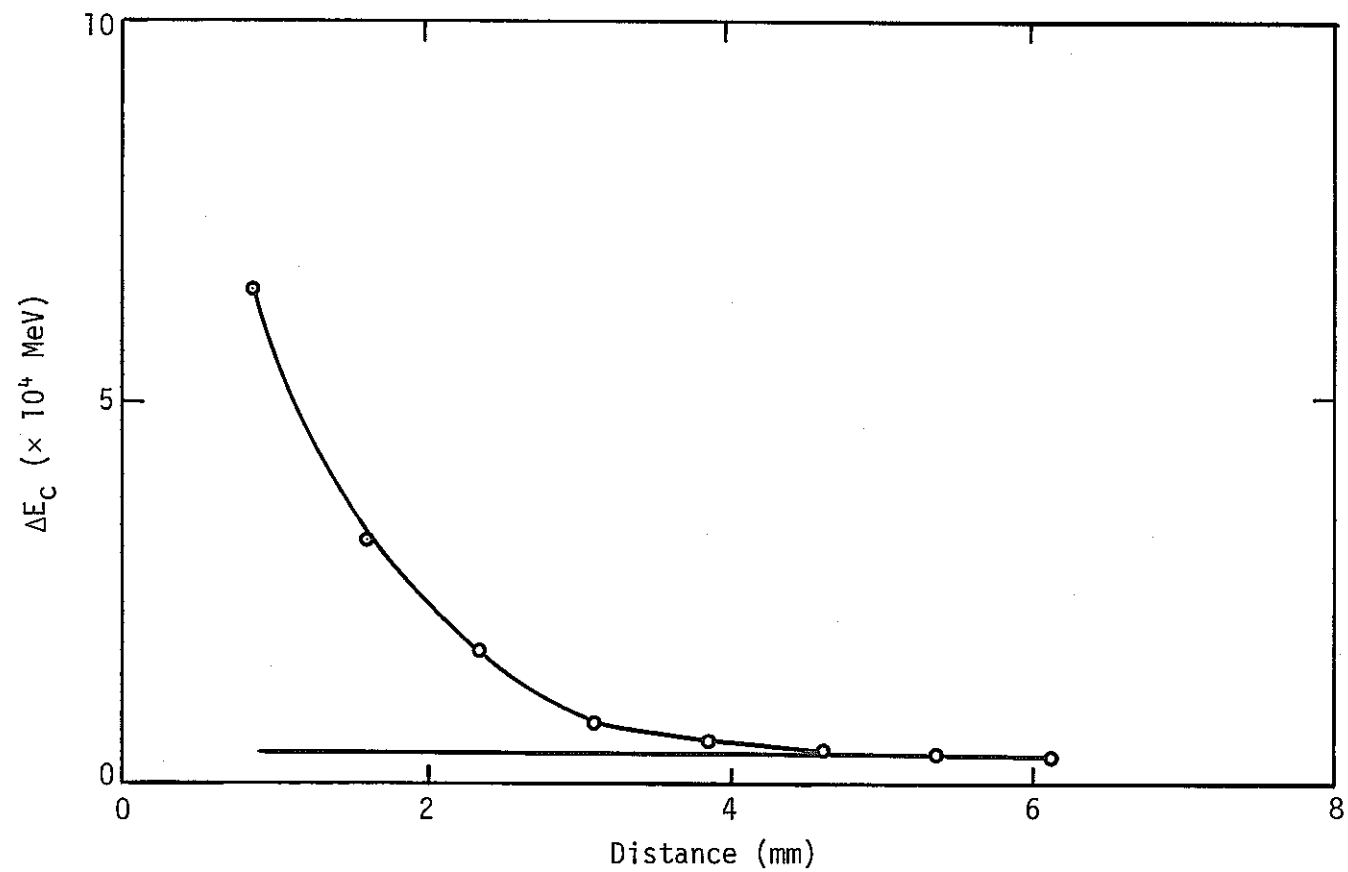
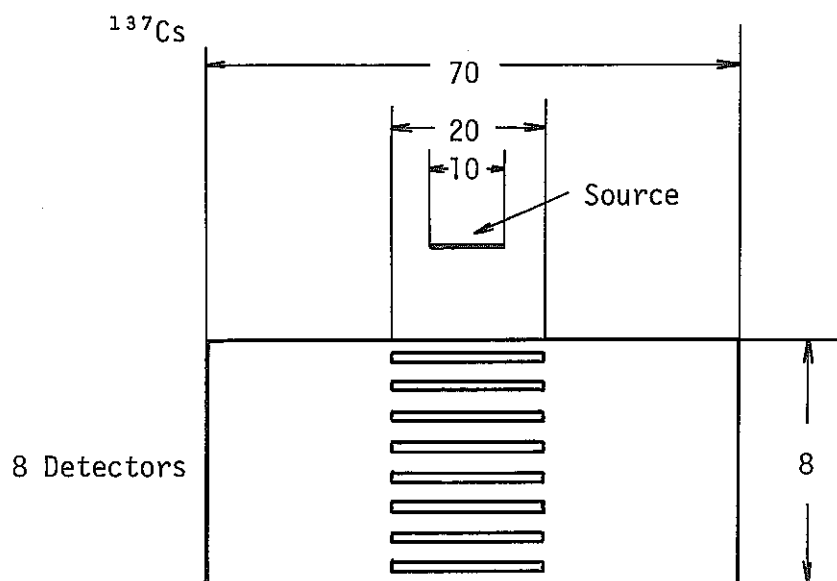


Fig. 5 立体角補正後の距離と吸収エネルギーの関係

Geometry (mm)



$^{90}\text{Sr} + ^{137}\text{Cs}$

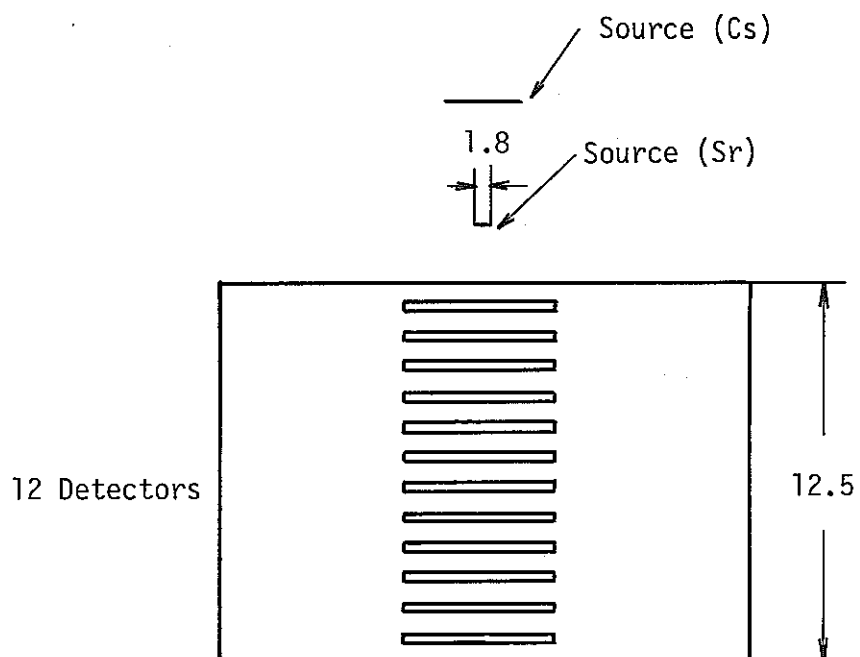


Fig. 6 検出器の構成図

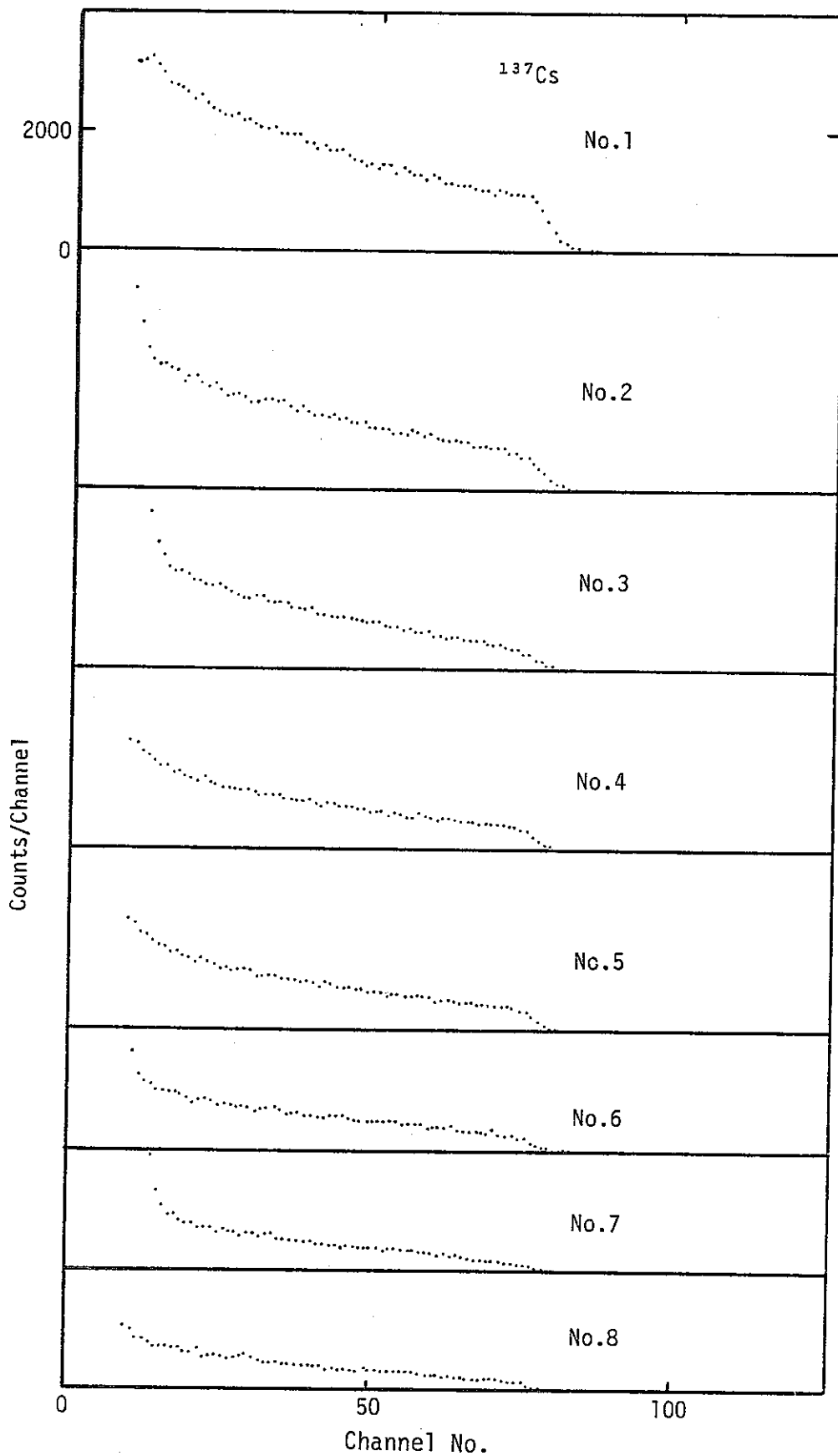


Fig. 7 ^{137}Cs に対する各 Si 検出器内のエネルギー分布

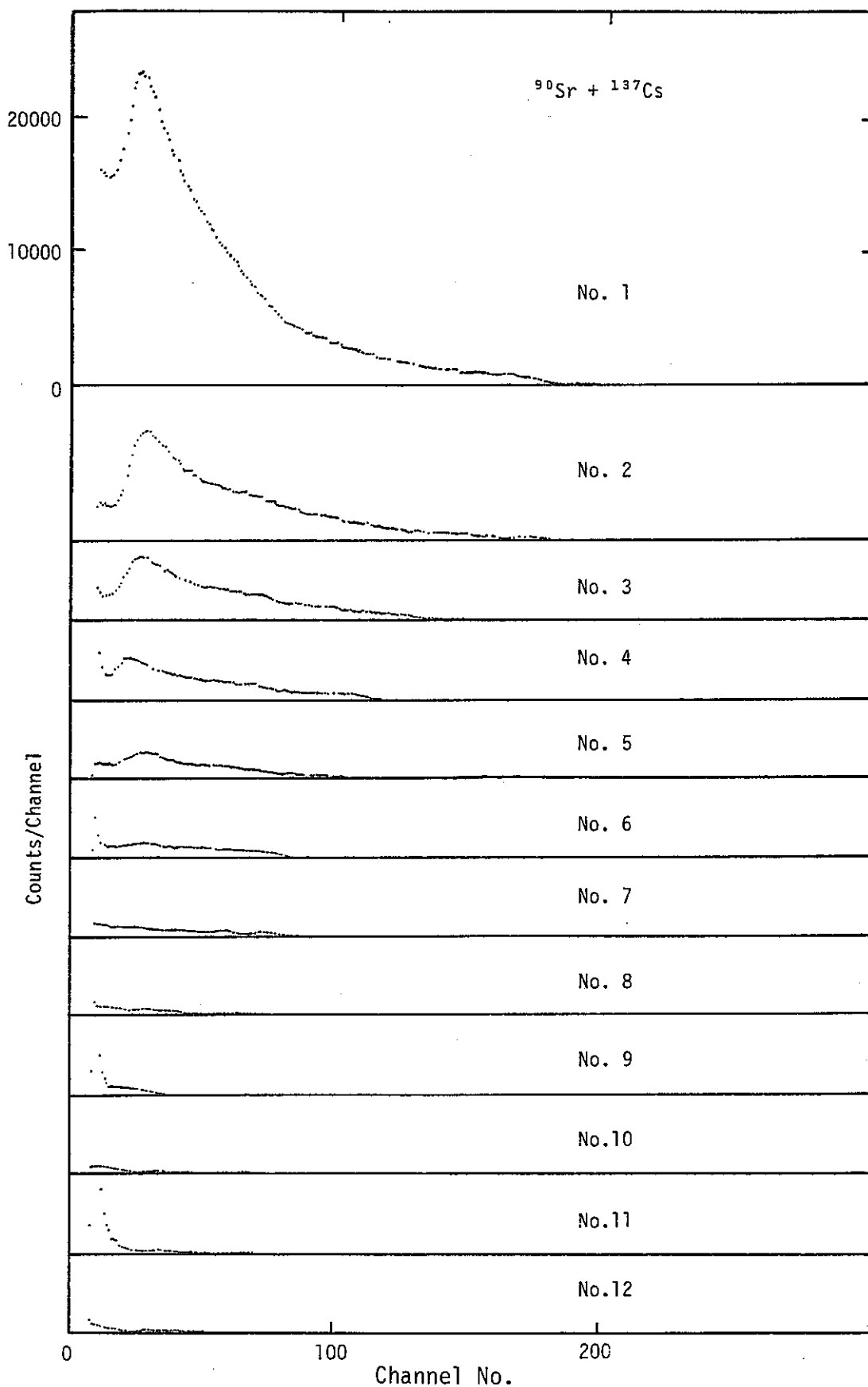


Fig. 8 $^{90}\text{Sr} + ^{137}\text{Cs}$ に対する各 Si 検出器内のエネルギー分布

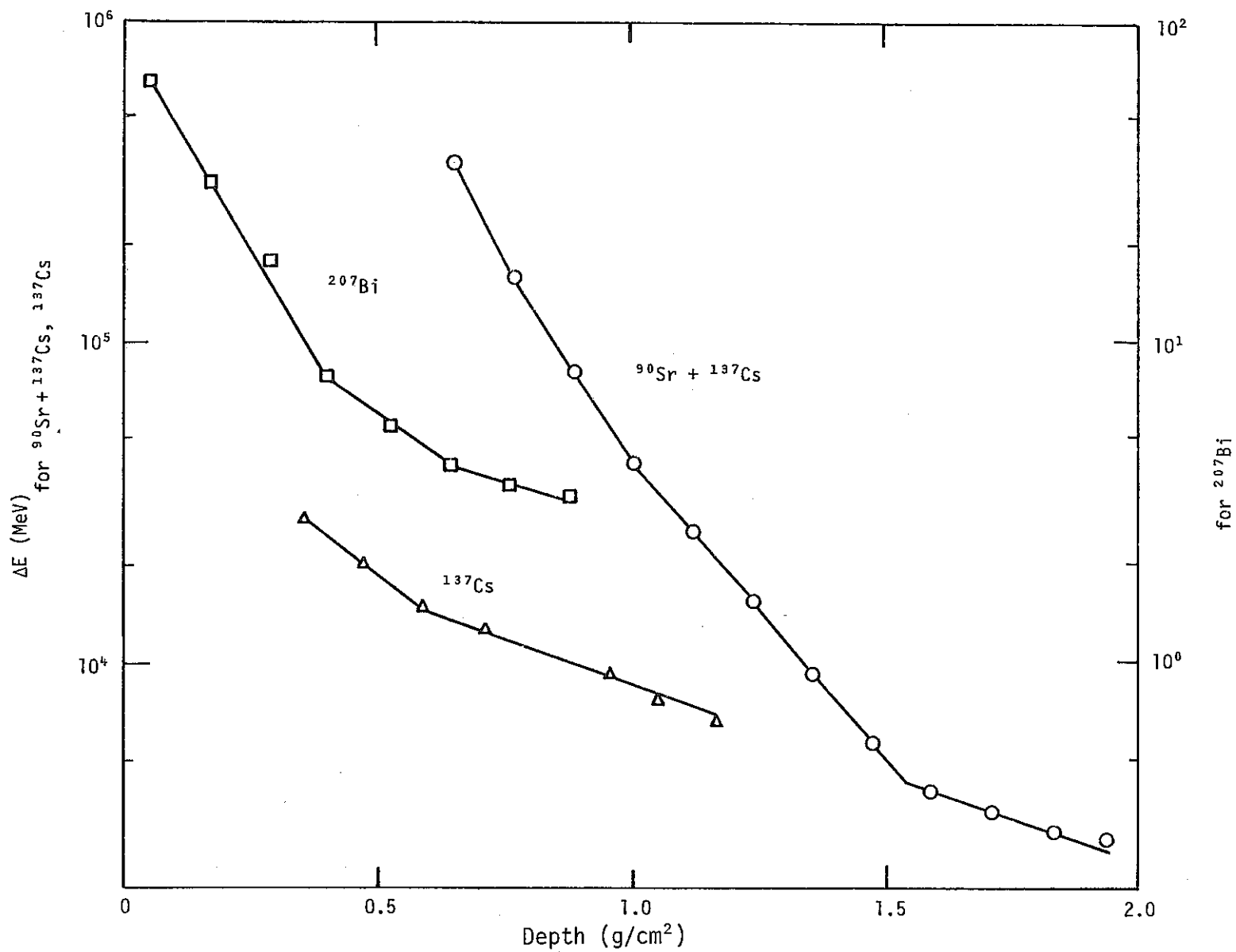


Fig. 9 各 Si 検出器の吸収エネルギー

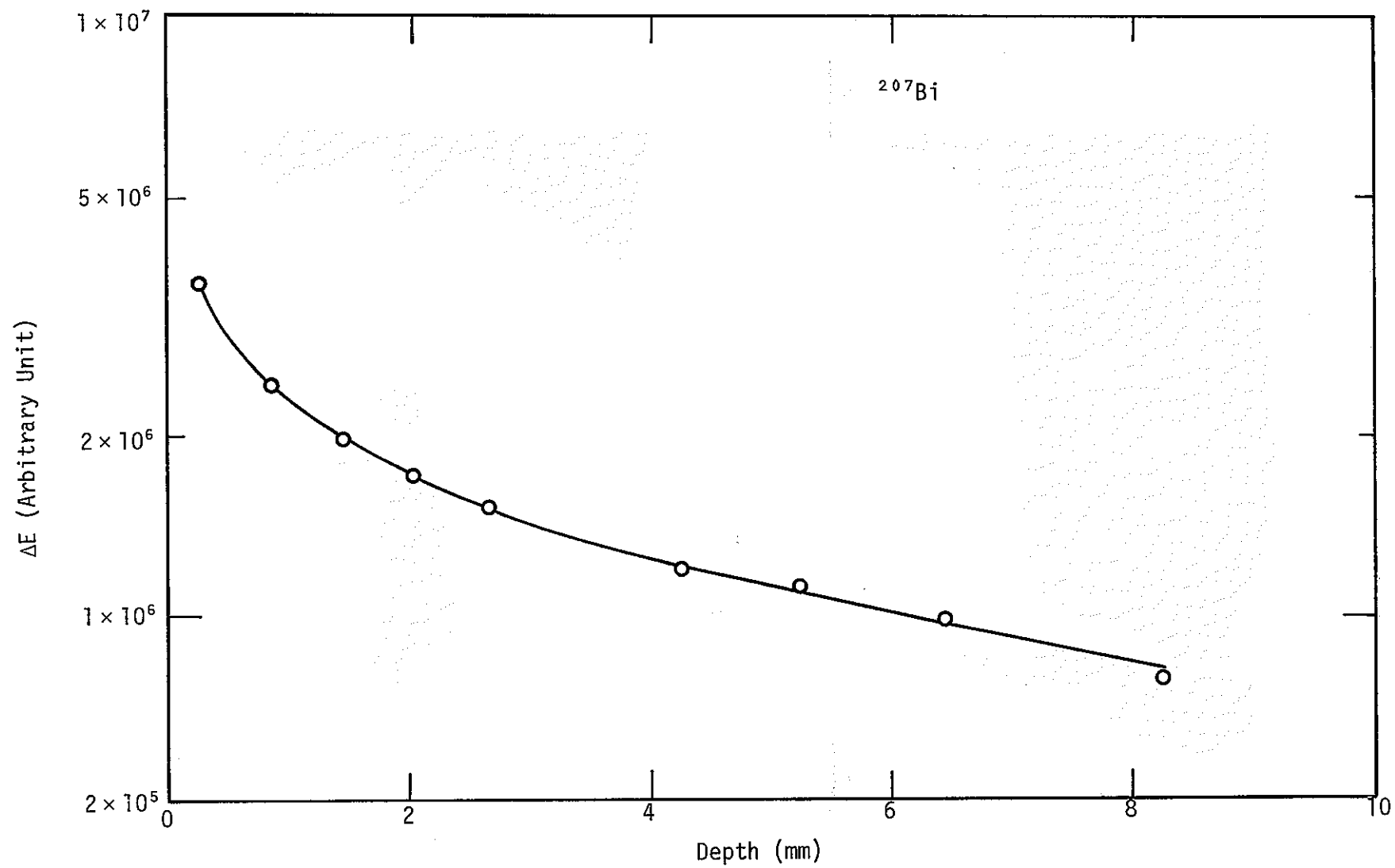


Fig. 10 プラスチックシンチレータによる吸収エネルギー測定

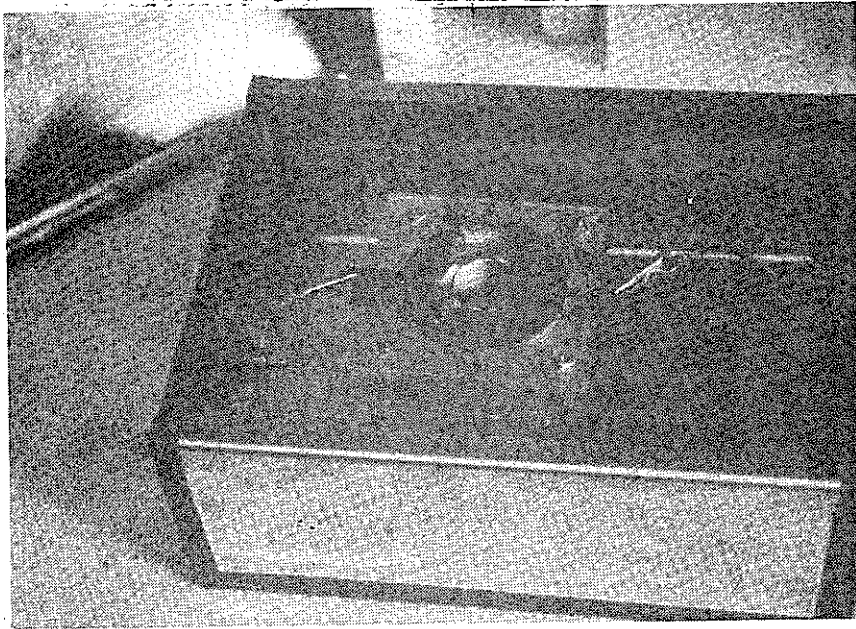


Photo. 1

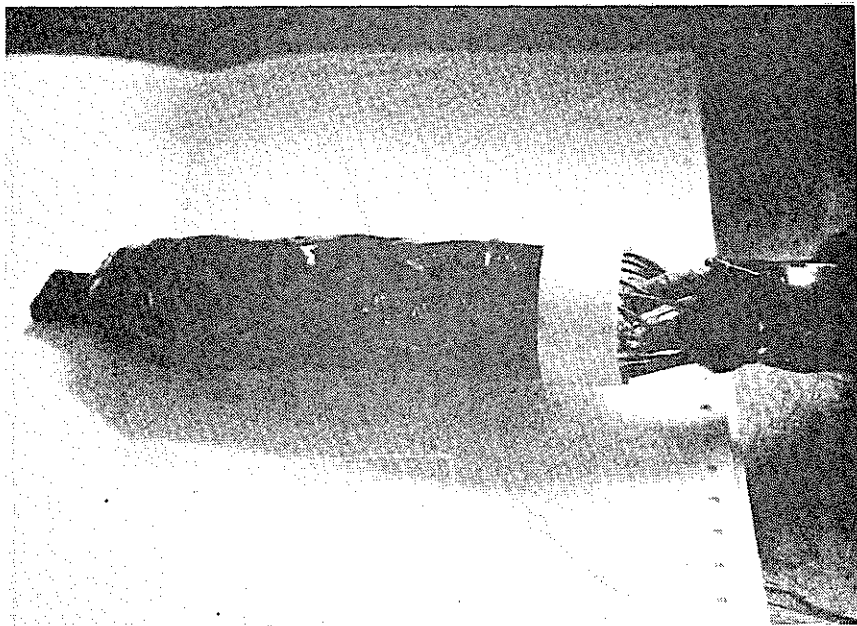


Photo. 2

PHOTOGRAPHED BY [illegible]