

本資料は 年 月 日付けで登録区分、
変更する。 2001. 6. -6

[技術情報室]

ホールボディカウンタの臓器ファントムによる校正(II)

8"φ×4" NaI(Tl)検出器の校正

Calibration procedures for whole body counter using organ phantoms

Calibration of 8"φ×4" NaI(Tl) detector

1980年3月

動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所

この資料は、社内における検討、周

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2001

1 9 8 0 年 3 月



ホールボディカウンタの臓器ファントムによる校正 (II)

8"φ×4" NaI (Tl) 検出器の校正

実施責任者 石 黒 秀 治 *

報告者 小 泉 勝 三 *

高 塩 一 教 *

期 間 1979年6月15日 ~ 1979年12月28日

目 的 体内に摂取した放射性物質を、ホールボディカウンタを用いて定性、定量するため、人体模擬ファントムを使用して検出器を校正する。

要 旨 動燃東海事業所の放射線保健室に昭和54年2月に設置したホールボディカウンタを校正した。検出器は8"直径×4"厚さのNaI (Tl) 2台である。

校正に使用した核種は⁴⁰K, ⁶⁰Co, ¹³⁷Csで、γ線エネルギー範囲で約0.66 MeV~1.46 MeVである。

ファントムには、人体と等価な呼吸係数を持つ“ランドファントム”と9つの部分からなる全身箱型ファントムを使用した。

⁴⁰Kについては全身、⁶⁰Coについては肺、¹³⁷Csについては全身と肺についてそれぞれ校正した。

校正結果は1970年にIAEAが提案した様式に従ってまとめた。

校正結果から算出した検出限界は、従来用いてきた5"直径×4"厚さのNaI (Tl) 検出器に比べ、¹³⁷Cs (全身) について、1.4倍向上した。

* (安全管理部安全対策課)

目 次

ま え が き	1
1. 装置の仕様	2
1.1 検出器支持用ベッド	2
1.2 検出器	2
1.3 電子回路系	6
2. 検出器の特性	8
2.1 γ 線エネルギーと分解能	8
2.2 γ 線エネルギーと計数効率	10
2.3 バックグラウンド	12
3. 校正方法	14
3.1 線源	14
3.2 ファントム	16
3.3 校正のジオメトリ	16
3.3.1 全身箱型ファントムのジオメトリ	16
3.3.2 ランドファントムのジオメトリ	16
3.4 γ 線スペクトル解析方法	16
4. 結果および結果の検討	21
4.1 全身箱型ファントムの校正結果	21
4.2 ランドファントムの校正結果	25
4.3 検出限界	30
結 言	32
Appendix	32
I γ 線スペクトル図	32
参 考 文 献	36

ま え が き

動燃・事海事業所には、1973年に鉄室内に設置した5"φ直径×4"厚さのNaI(Tl)検出器を持つホールボディカウンタがある。¹⁾この検出器を用いて、1974年から1978年にかけて再処理施設の放射線作業従事者を対象に測定を行なってきた。²⁾一方、再処理施設内において発生する核種は、F.P.の他にPuを含んでいるため、体内汚染の疑いがある時には、F.P.の測定と同時にPuを測定することが必要である。

従来、F.P.を測定するホールボディカウンタと、Puを測定する肺モニタは、独立した検出器を用いて測定してきた。また多重波高分析装置も1台であったため、F.P.とPuの両方を測定しようとすると、1人当たり約1時間半、ヒトを鉄室内に拘束することが必要であった。

実際の汚染時に、多くの被検者の測定に対応するためには、より効率的な測定方法が必要となった。

そこで、肺モニタを5"直径のNaI/CsI“ホスウィッチ型”検出器に更新したのを機会に、ホールボディカウンタの検出器として8"直径×4"厚さのNaI(Tl)検出器を2台を購入し、この検出器を、ベッドの下面に設定することによって、肺モニタの測定と同時に8"直径×4"厚さのNaI(Tl)検出器による測定が出来る様に工夫した。

さらに、これらの両検出器の出力がリアルタイムでデータ処理ができるように、28Kワードのミニコンピュータと4台のADCを持つ多重波高分析装置(ORTEC社7040型)を購入し、体内汚染時にデータ解析が迅速に行なえるように改善した。

8"φ直径×4"厚さのNaI(Tl)検出器2台は、主に、吸入摂取によって肺に沈着したF.P.と、胃腸管に飲み込まれたF.P.を定性、定量する目的で、人体等価“ランド”ファントムの肺と胃腸管に、¹³⁷Csおよび⁶⁰Coのカプセル状の線源をそれぞれ挿入して校正した。また、これらのデータを従来用いてきた5"φ直径×4"厚さのNaI(Tl)検出器の校正データと比較検討した。

NaI/CsI“ホスウィッチ型”検出器については、PNC-N841-79-52「NaI/CsI検出器による肺モニタの校正」³⁾に、また、データ処理装置については、PNC-N852-80-03「体外計測器データ処理装置の概要」⁴⁾として別にまとめた。

1. 装置の仕様

1.1 検出器支持用ベッド

検出器は現有の肺モニタによる肺中Puの沈着量の測定と同時に、F.P(^{137}Cs , ^{106}Ru など)の沈着量を測定する目的でベッドの下面に取り付けられている。この検出器支持用ベッドの概略図をFig.1に示す。また、その外観写真をPhoto.1に示す。ベッドの寸法は長さ200 cm、高さ70 cm、幅70 cmである。検出器には移動式台車が付いており体軸方向に170 cm移動可能である。ベッドにはキャスターが取り付けられており鉄室内の任意の位置に設定できる。ベッドの天板は厚さ15 mmの透明アクリルを使用している。

1.2 検出器

検出器はNaI(Tl)であり米国ハーショウ社製である。寸法は8"直径×4"厚さである。検出器窓には0.017"厚さのステンレススチールを、また、光電子増倍管には、バイアルカリウインドウのRCA4525(3"直径)を検出器1台について3本用いている。その仕様をまとめてTable 1.に示す。

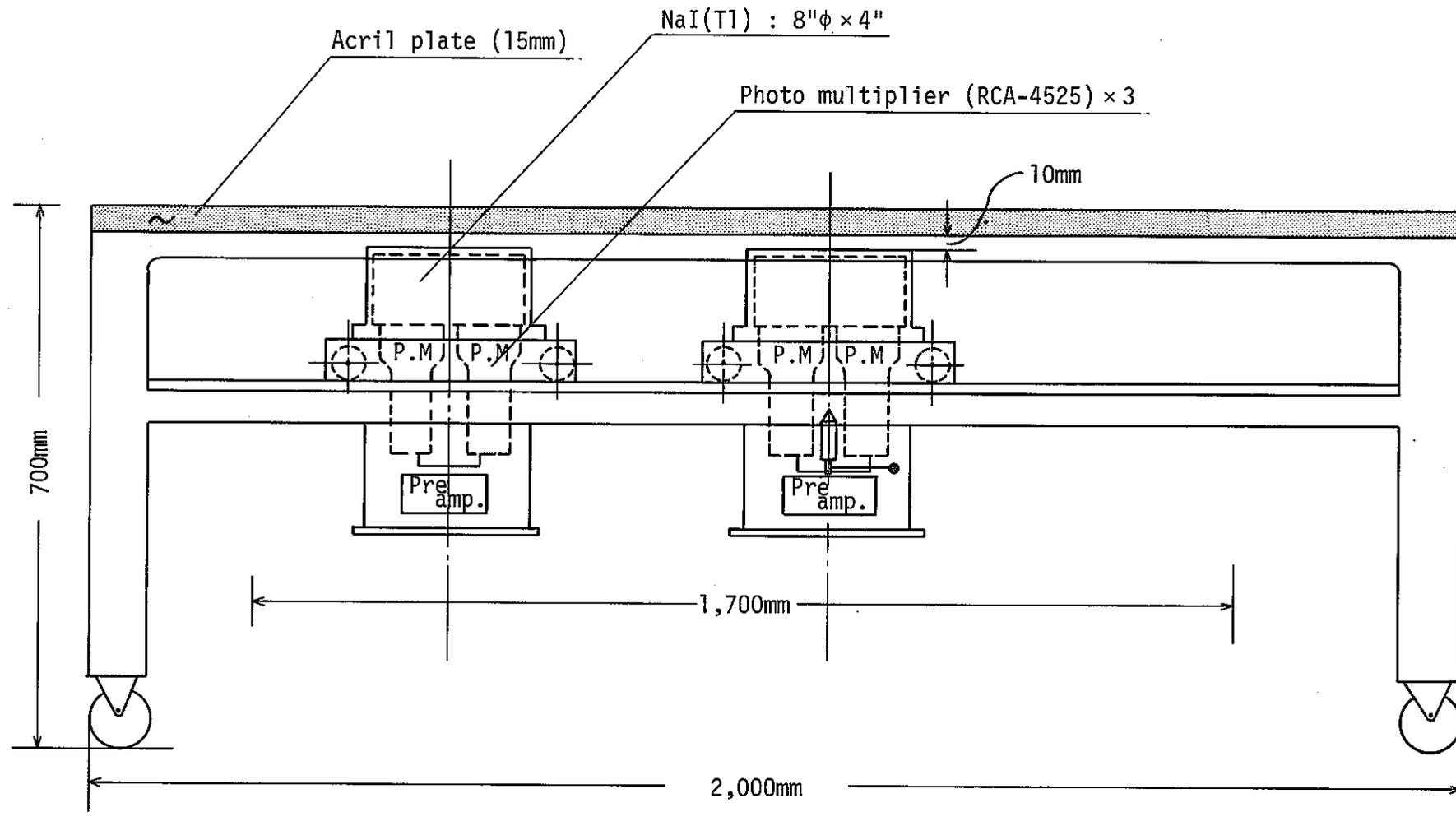


Fig. 1 Detector of whole body countor

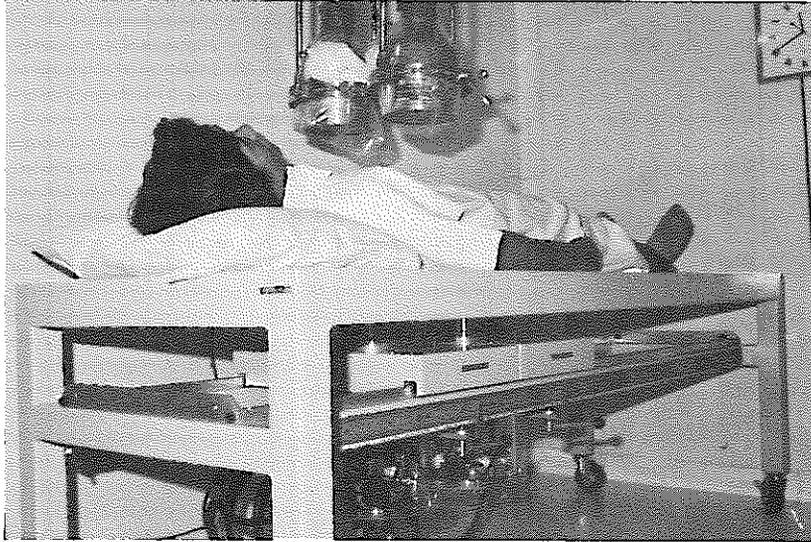


Photo. 1 General view of whole-body counting system with subject

Table 1. Specifications of the detector system

Detector	Cristal : NaI(Tl) x2 Shape : 8"φ x 4" Window : 0.019"(St) Phototube : RCA 4524 3"φ (3/1 detector)
Pre amp.	NB-11 (HARSHAW)
Main amp.	2010 (CANBERRA)
High voltage	415 B (FLUKE)
Analyzer	Model 7040 Multi channel analyzer 4000 ch (ORTEC)
Minicomputer	PDP11/04 28 K word (DEC)
Memory	AED3100P Dual floppy disk drive 256 K bite 2 Drive
Read out unit	Type writer LA-36 (DEC) X-Y plotter 7004B (H/P)

1.3 電子回路系

ホールボディカウンタの電子回路系を Fig.2 に、データ処理装置の外観写真を Photo. 2 に示す。2 台の検出器の出力は、それぞれ 2 台のプリアンプとリニアアンプを経て、2 台の ADC に入力される。この 2 台の ADC は、ミニコンピュータによって制御され 2 台の検出器を同時に測定することが可能である。その結果は、ディスプレイ部、タイプライタおよび X-Y プロッタに出力することができる。また、 γ 線スペクトルとその解析結果は、フロッピーディスクに記憶され保存できる。

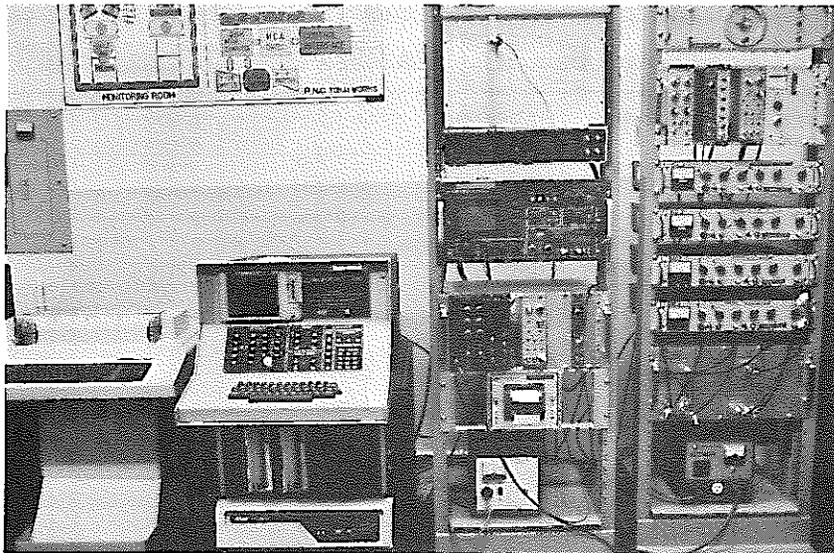


Photo. 2 Photograph of the multichannel analyzer, minicomputer and floppy disk.

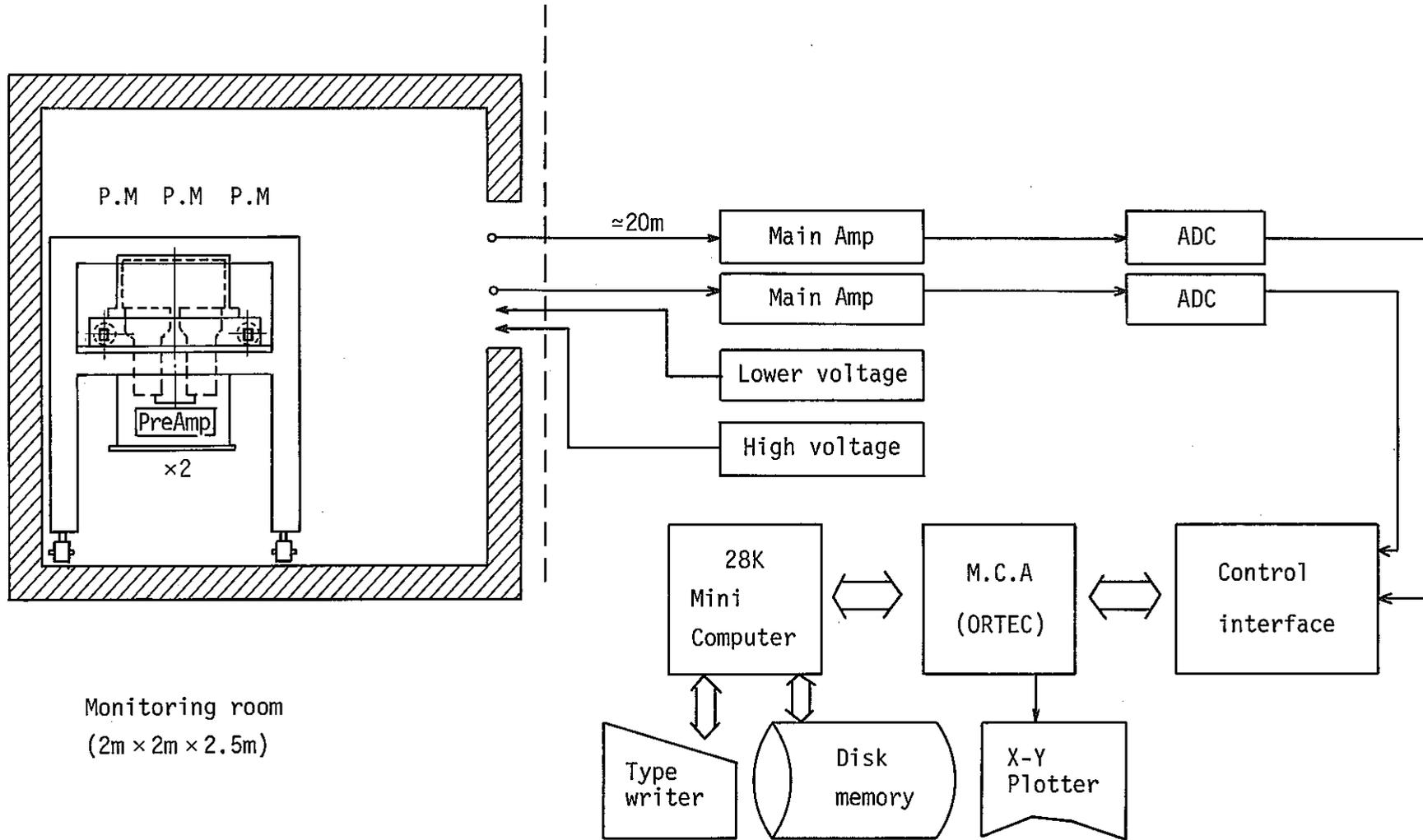


Fig. 2 Circuit block diagram of whole body counting system

2. 検出器の特性

2.1 γ 線エネルギーと分解能

8"直径の検出器について求めた γ 線エネルギーと分解能の関係をFig.3に示す。この検出器の ^{137}Cs 点線源に対する分解能は、約9%である。

分解能の算出は、次式によった。

$$W_{1/2} = \frac{4h_{1/2}}{h_{\max}} \times 100 (\%)$$

ここに、 $4h_{1/2}$ はピーク値の半分のところのパルス波高値の差

h_{\max} は全エネルギー吸収に相当した波高分布曲線のピーク値を示すパルス波高値である。

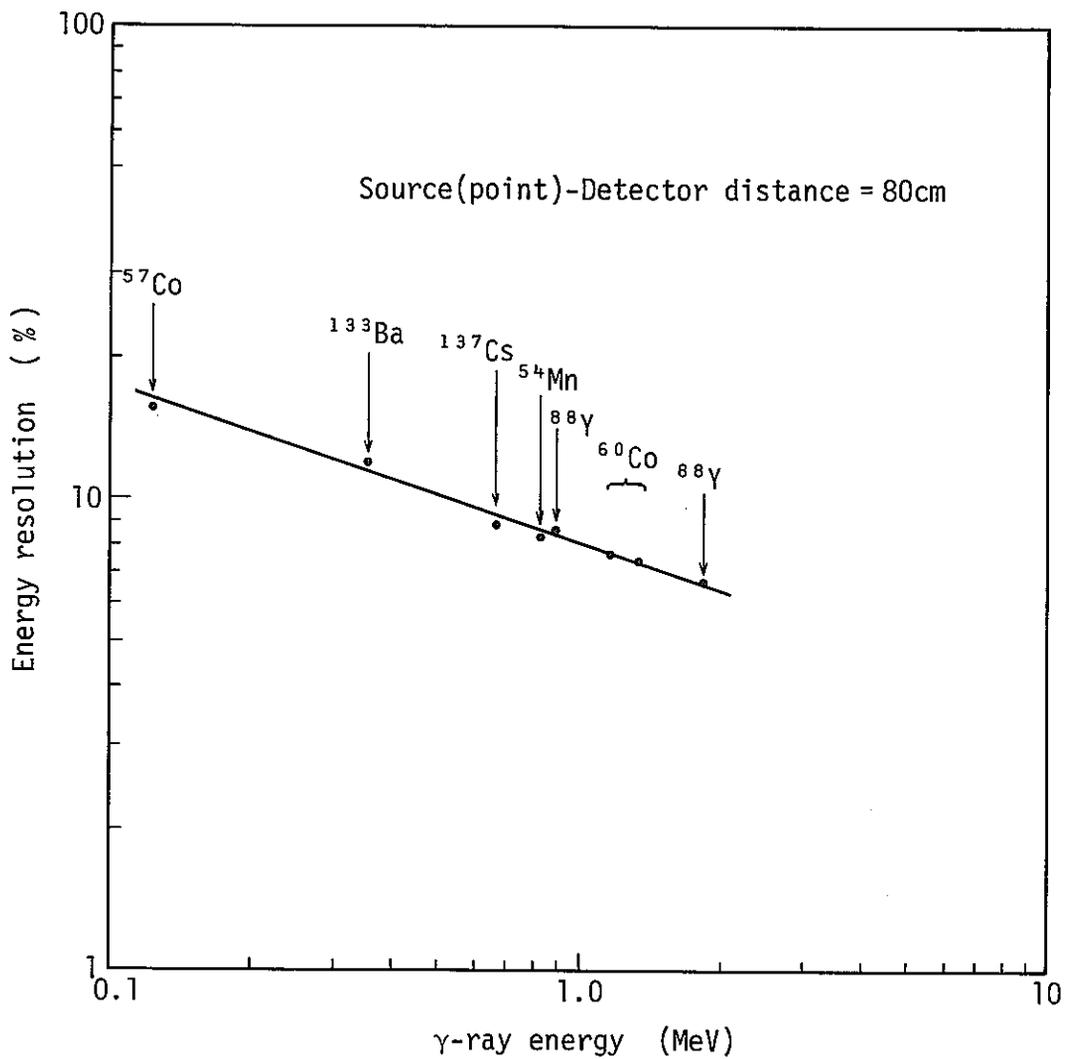


Fig. 3 Relation between gamma-ray energy and energy resolution

2.2 γ 線エネルギーと計数効率

8"直径の検出器について求めた γ 線エネルギーと計数効率の関係をFig.4に示す。点線源と検出器間距離は80 cmである。

ここでは計数効率の表わし方として、光電ピーク計数効率を用いて、計数効率について検討することにする。

光電ピーク計数効率 ϵ_{peak} は次式によって求める。

$$\epsilon_{\text{peak}} = \frac{N_p}{3.7 \times 10^4 \times A \times f \times \exp\left(-\frac{0.693 \times t}{T}\right)}$$

ここに、 N_p ：正味のピーク部分の計数率（cps）

A ：標準試料のある基準時点での放射能（ μCi ）

f ：着目しているガンマ線の放出割合

T ：標準試料の半減期（日）

t ：ある基準時点から標準試料を測定するまでに経過した日数（日）

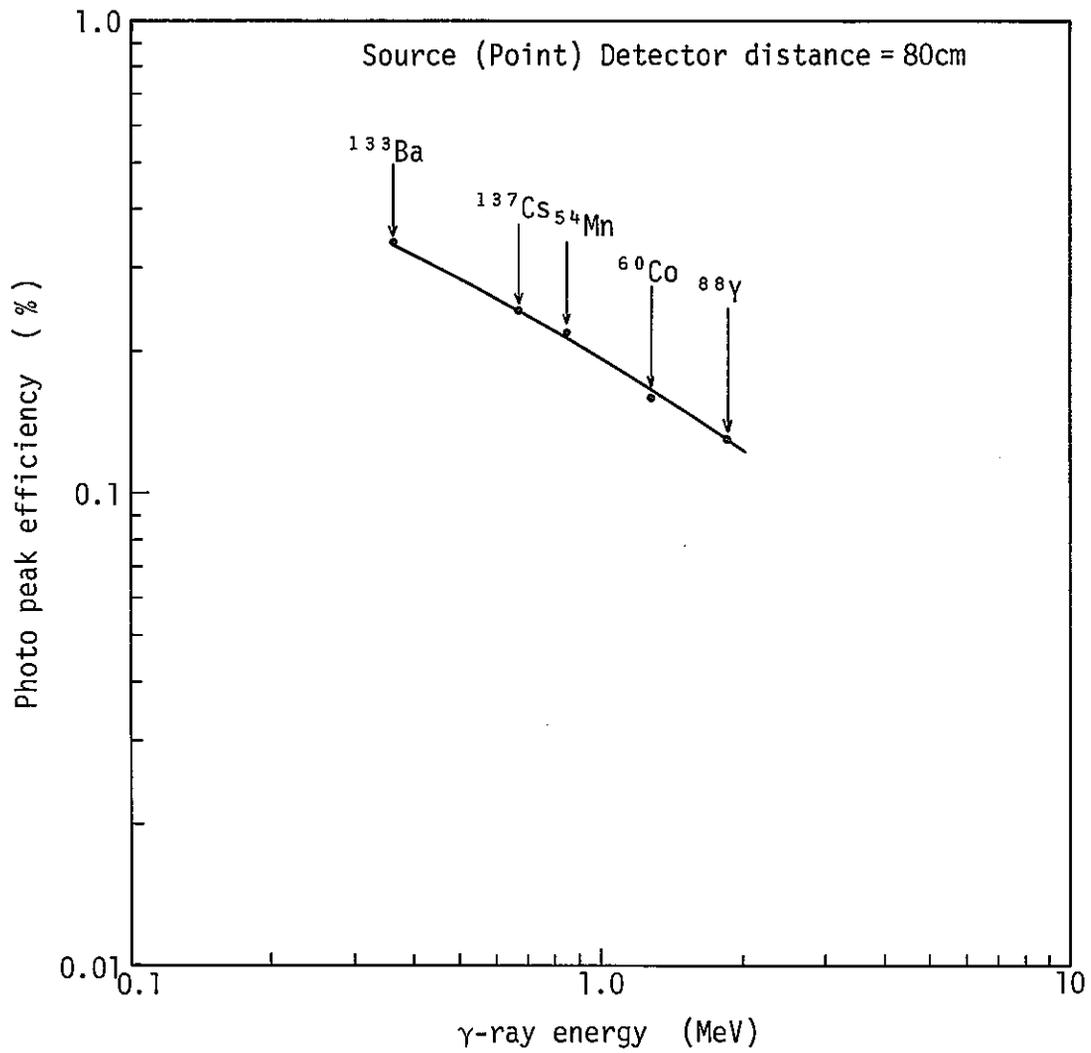


Fig. 4 Variation in efficiency to gamma-ray of various nuclides (Point source)

2.3 バックグラウンド

8"直径×4"厚さのNaI(Tl)検出器により測定した鉄室内のバックグラウンドスペクトルをFig.5に示す。0.15MeV～2.00MeVの積分計数率は1070cpmであった。

また、従来からある5"直径×4"厚さのNaI(Tl)検出器⁽¹⁾について測定した同じエネルギー領域の積分計数率は510cpmで、8"直径×4"厚さのNaI(Tl)検出器の方が約2倍計数率が多い。これは8"直径×4"厚さのNaI(Tl)検出器の容積が5"直径×4"厚さのNaI(Tl)検出器よりも約2.6倍大きいためである。

Fig.5のスペクトルにみられる0.51MeVのピークは宇宙線に起因する陽電子消滅の際に生ずる γ 線(Annihilation- γ -ray)である。0.61MeVのピークは鉛中に含まれるウラン系列の壊変生成物である²¹⁴Biによるものである。また、1.46MeVのピークは鉄室内の構成材量および光電子増倍管の窓材などに含まれる⁴⁰Kによるものである。

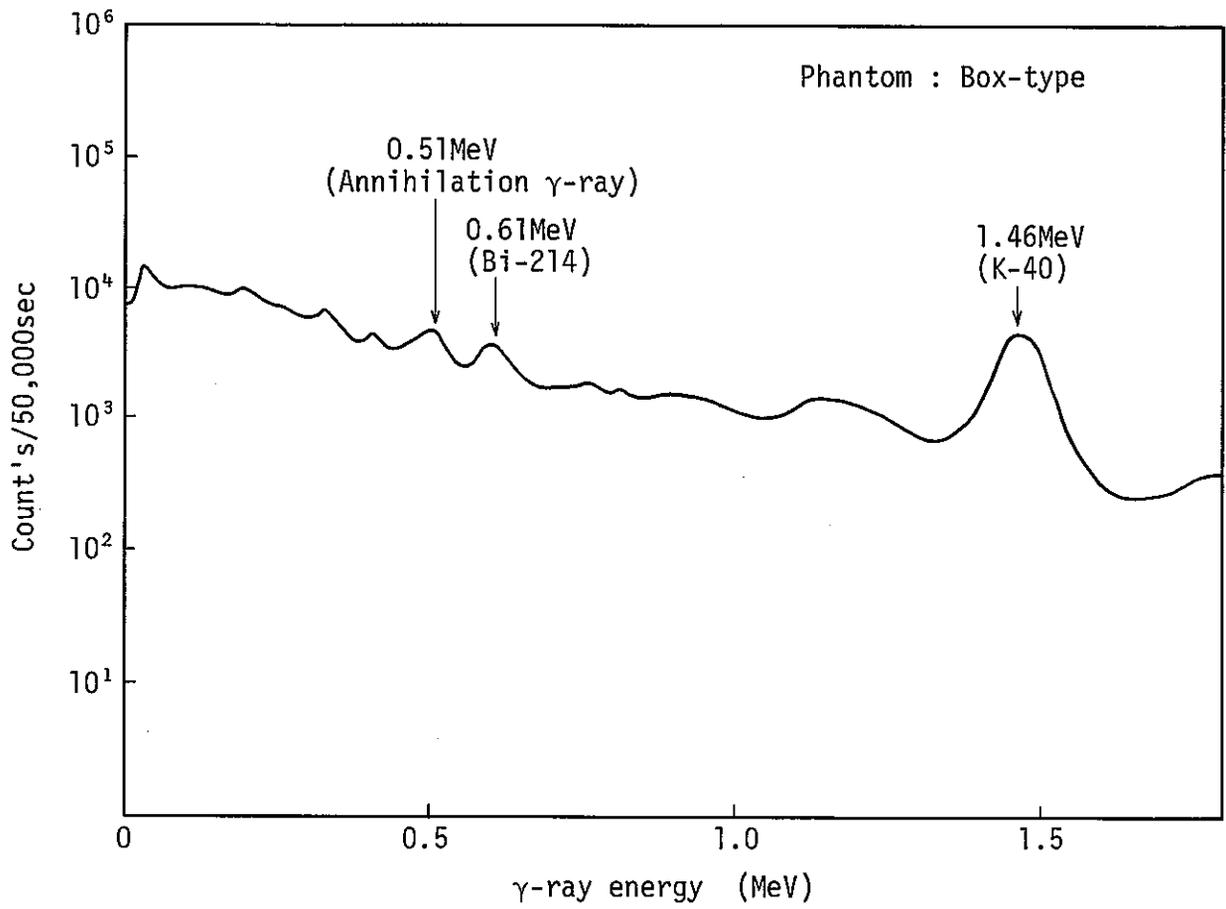


Fig. 5 Gamma-ray spectrum of background in monitoring room

3. 校正方法

3.1 線源

校正用線源は、日本アイソトープ協会から購入した放射能標準溶液を使用した。

校正線源には以下の2種類のものを使用した。

全身の校正には、Photo. 3(b)に示す箱型ファントムに、放射性物質を含む水溶液を充填して使用した。

肺の校正には、放射性物質を含む水溶液を、約200ヶの塩化ビニールのカプセルに1ヶ当り20 μ ℓ滴下し、水分を蒸発させた後、密封したカプセル状の線源を使用した。この線源の寸法をFig.6に示す。

校正時点での各核種の放射能と溶液量および校正に使用したファントムの種類をまとめて、Table 2.に示す。

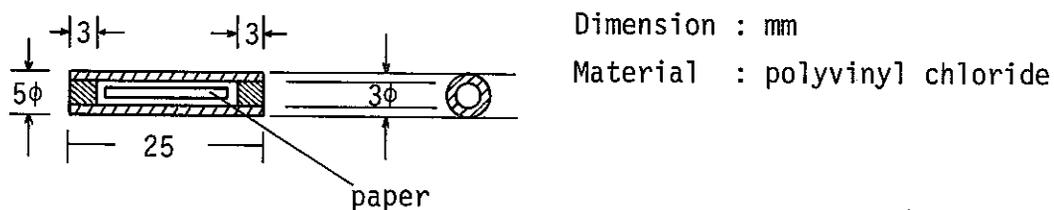


Fig. 6 Capsule source for calibration of lung

Table. 2 Specification of calibration source

Nuclide	Chemical form	Type of phantom			
		Box phantom*		Rando phantom**	
		Activity (nCi)	Organ (Volume)	Activity (nCi)	Organ
Co - 60	CoCl ₂ -H ₂ O	25.5	Brust (9.7 × 10 ³ cc)	19.4	G.I-tract
				30.2	Lung
Cs - 137	CsCl ₂ -H ₂ O	224.7	Whole body (5.11 × 10 ⁴ cc)	25.6	G.I-tract
		41.2	Brust (9.7 × 10 ³ cc)	40.2	Lung
K - 40	KBrO ₃ -H ₂ O	1.12 × 10 ³	Whole body (5.11 × 10 ⁴ cc)	—	—

* Solution of RI (at 09-JUL-79)

** Capsule source (at 09-JUL-79)

3.2 ファントム

校正に使用したファントムは、米国アルダーソン社製の骨入り人体等価ファントム（ランドファントム）と、9個からなる全身箱型ファントムの2種類である。これらファントムの外観写真をPhoto.3に、ファントムの仕様をTable.3に示す。ランドファントムは肺と胃腸管を対象とし核種は ^{60}Co と ^{137}Cs の校正に使用した。

箱型ファントムは全身を対象とし、核種は ^{40}K と ^{137}Cs について校正した。

また、ランドファントムの肺を用いた時に得られる校正定数と箱型ファントムの胸部のみ用いた時に得られる校正定数を比較するため箱型ファントムの胸部を対象とし、核種は ^{60}Co と ^{137}Cs について校正した。

3.3 校正のジオメトリー

3.1節で述べた線源を3.2節で述べた各ファントムに入れて、以下に述べるジオメトリーで検出器を校正した。

3.3.1 全身箱型ファントムのジオメトリー

全身箱型ファントムは、 ^{40}K 、 ^{137}Cs の2核種を使用して校正した。各核種の放射能はTable.2に示した。

測定のジオメトリーはFig.7に示す。このジオメトリーでは、検出器は1つは胸部の真下にし、もう1つの検出器は腹部の下にした。

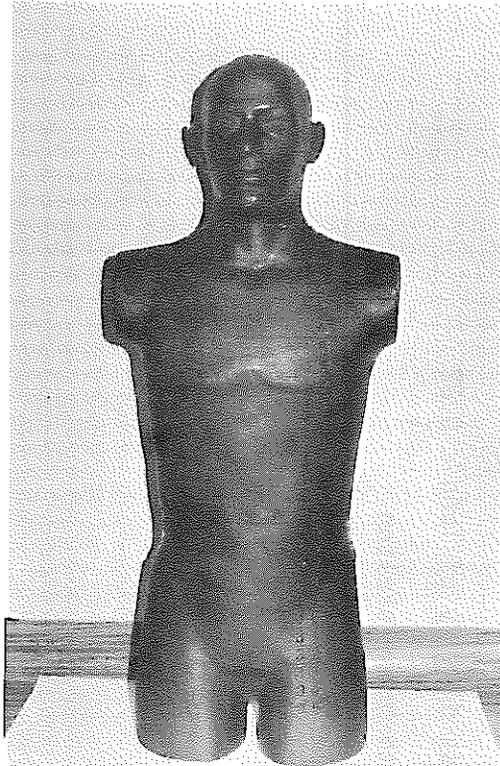
3.3.2 ランドファントムのジオメトリー

ランドファントムは、 ^{60}Co (肺)、 ^{137}Cs (肺)の校正に使用した。肺の校正に用いた線源はFig.6に示すカプセル線源で、このカプセル線源をランドファントムの肺野に174ヶ詰めて使用した。ジオメトリーはFig.8(a)とFig.8(b)に示した。このジオメトリーでは、検出器は1つは胸部の真下にし、もう1つの検出器は腹部の下にした。校正は仰臥位と伏臥位について行なった。さらに、胃腸管を対象としランドファントムを用い、核種は ^{60}Co 、 ^{137}Cs のカプセル線源を111ヶ詰めて校正した。測定のジオメトリーはFig.8(a)とFig.8(b)に示すジオメトリーで仰臥位と伏臥位について校正した。(胃腸管の確認は内臓の解剖学図から決定した。)線源の放射能はTable.2に示した。

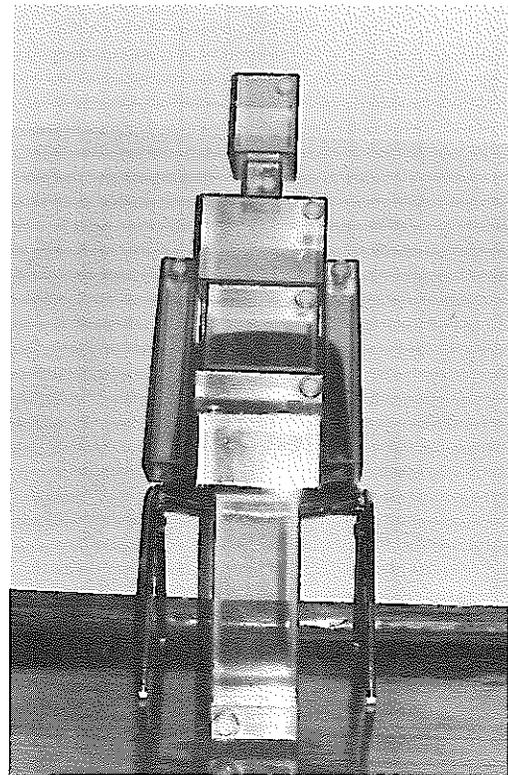
3.4 γ 線スペクトル解析方法

γ 線スペクトルの解析方法は、コーベル法⁵⁾によって行なった。コーベル法では、通常光電ピークをはさむ谷から谷を直線で結び、台形面積をバックグラウンドとして差し引く方法を用いる。エネルギーバンドは、光電ピークをはさむ谷から谷とした。

また、校正結果は、1970年にIAEAが提案した様式⁶⁾に従ってまとめた。



(a) Rando phantom



(b) Box-type phantom

Photo. 3 Phantom for calibration

Table. 3 Specification of the phantom

Type (Maker)	Material	Specification
Box-type (Fuji electric)	Polyvinyl chloride 5 mm thickness	Organ (Volume ; cc) Head (4000), Neck (500), Chest (9700) Abdomen (7200), West (10700), Thigh (8500) Leg and foot (6000), Arm (5000), Whole body (51600)
Rando (Alderson)	Radio equivalent to corresponding human material Z : 7.30 ρ : 0.985	Height ; 175 cm, Weight 73.5 Kg Effective atomic number : 7.30 Mass density of lung : 0.32 With human skelton

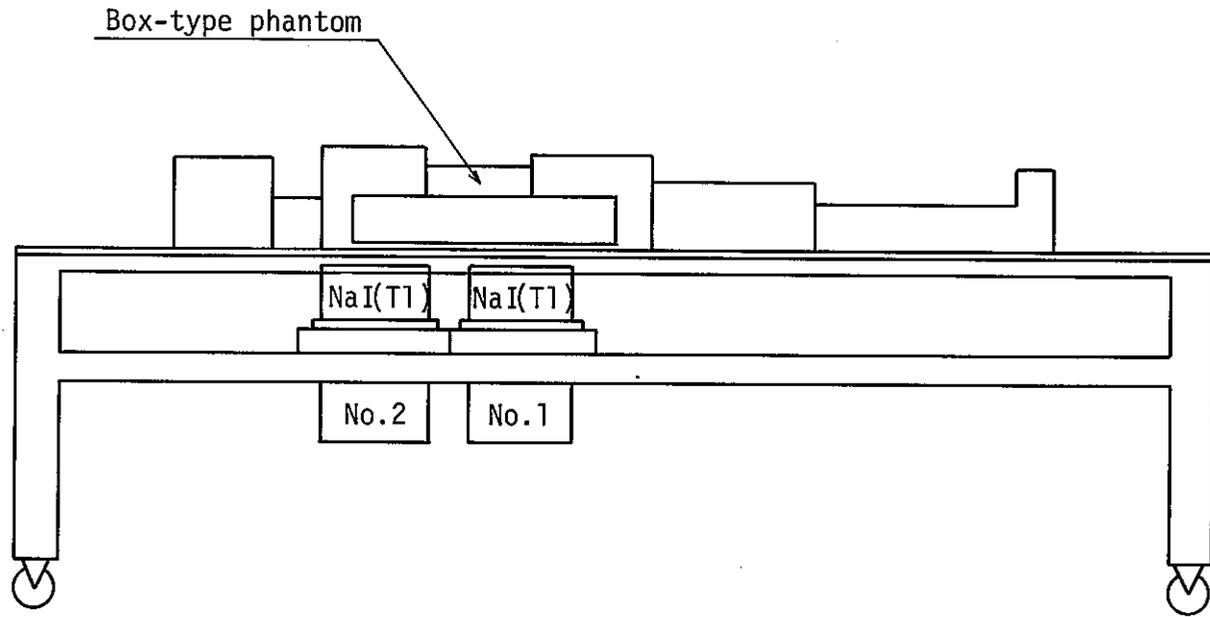
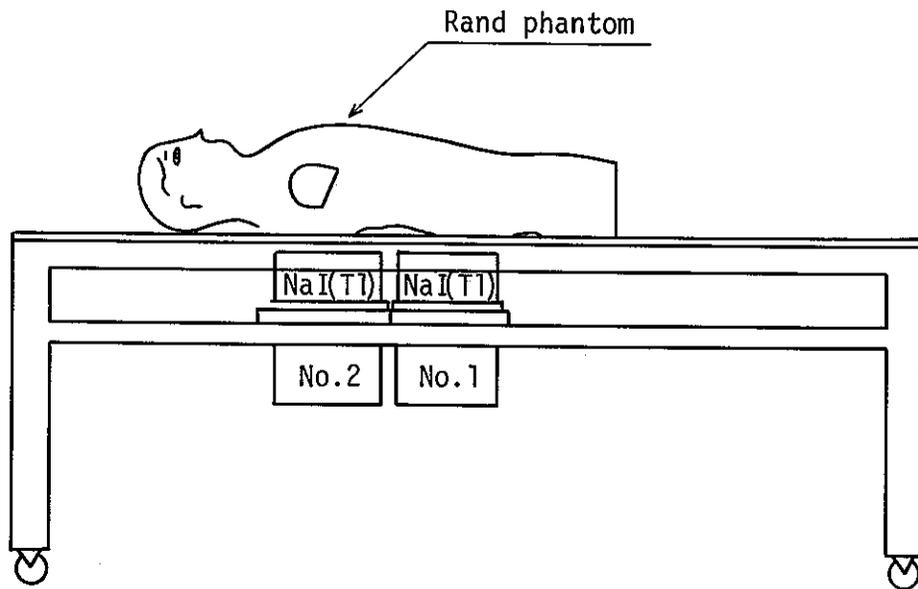
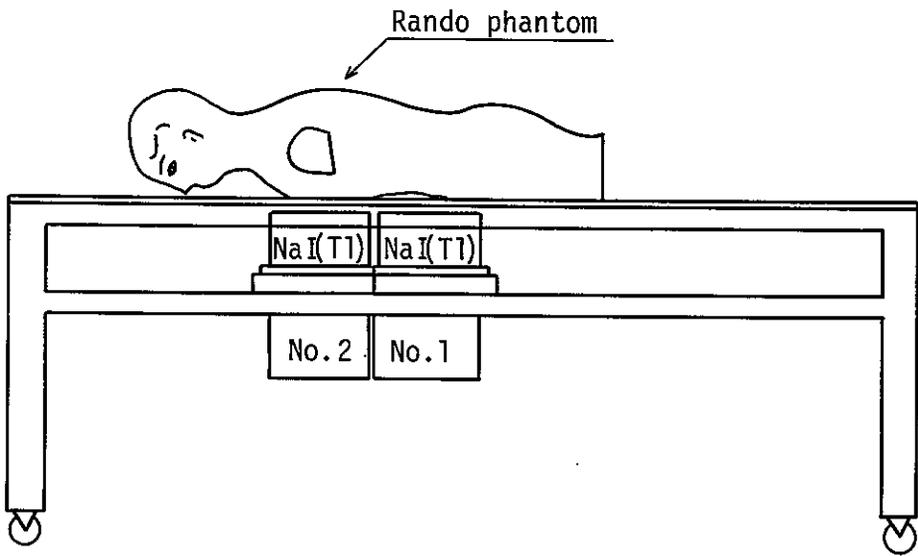


Fig. 7 Bed geometry of Box phantom



(a) Spine position



(b) Prone position

Fig. 8 Geometry of Rando phantom and Detector.

4. 結果および結果の検討

4.1 全身箱型ファントムの校正結果

全身箱型ファントムを使用して全身を対象に¹³⁷Cs, ⁴⁰Kを用いて校正した結果をTable. 4に示す。また、箱型ファントムの胸部のみを対象に¹³⁷Cs, ⁶⁰Coを用いて校正した結果をTable. 5に示す。これらの校正結果をもとに、 γ 線エネルギーの関数として求めた感度をFig. 9に示す。

感度は以下の式に示すように定義する。

$$K = \frac{a}{A} \times \frac{1}{f} \quad (\text{cpm/nCi})$$

K : 感度 (cpm/nCi)

a : 着目している γ 線エネルギーの正味計数率 (cpm)

A : ファントム中の放射能 (nCi)

f : 着目している γ 線の放出割合

全身箱型ファントムの¹³⁷Csについて5"直径×4"厚さのNaI(Tl)検出器と8"直径×4"厚さのNaI(Tl)検出器について校正定数を比較すると、前者は、5.3 (cpm/nCi)、後者は、10.5 (cpm/nCi)で、8"直径の検出器の方が5"直径の検出器より、約2.0倍感度が良いことがわかる。これは8"直径の検出器の方が5"直径の検出器よりも容積で約2.6倍大きいためである。

今回の校正では0.662 MeV以下の γ 線放出核種についてのデータが不足しているが、今後、校正する予定である。

Table. 4 CALIBRATION DATA

Spectrometric resolution			Integral background (0.2~2.0MeV) (cpm)	Radio unclide	Energy band			Net background (cpm)	Net pulse rate (cpm/nCi)	Contribution from			
¹³⁷ Cs (%)	⁶⁰ Co (%)	⁴⁰ K (%)			Lower limit (MeV)	Upper limit (MeV)	Band width (MeV)			¹³⁷ Cs (cpm/nCi)	⁶⁰ Co (cpm/nCi)	⁴⁰ K (cpm/g.K)	¹⁰⁶ Ru (cpm/nCi)
8.8	7.2	7.2	812.0	¹³⁷ Cs	0.59	0.72	0.13	67.0	10.5	—	—	0.3	—
				⁴⁰ K	1.38	1.54	0.16	55.2	1.2	0	—	—	—
				¹⁰⁶ Ru	0.57	0.68	0.11	66.4	—	10.5	—	0.27	—

Box phantom Organ : Whole body

Table 5. CALIBRATION DATA

Spectrometric resolution			Integral background (0.2~2.0MeV) (cpm)	Radio unclide	Energy band			Net background (cpm)	Net pulse rate (cpm/nCi)	Contribution from			
¹³⁷ Cs (%)	⁶⁰ Co (%)	⁴⁰ K (%)			Lower limit (MeV)	Upper limit (MeV)	Band width (MeV)			¹³⁷ Cs (cpm/nCi)	⁶⁰ Co (cpm/nCi)	⁴⁰ K (cpm/g.K)	¹⁰⁶ Ru (cpm/nCi)
8.8	7.2	7.2	812.0	¹³⁷ Cs	0.59	0.72	0.13	67.0	38.0	—	22	1.0	—
				⁶⁰ Co	1.23	1.42	0.19	43.6	34.0	0	—	1.3	—
				⁴⁰ K	1.38	1.54	0.16	55.2	3.6	0	5.9	—	—

Box phantom, Organ : Brust

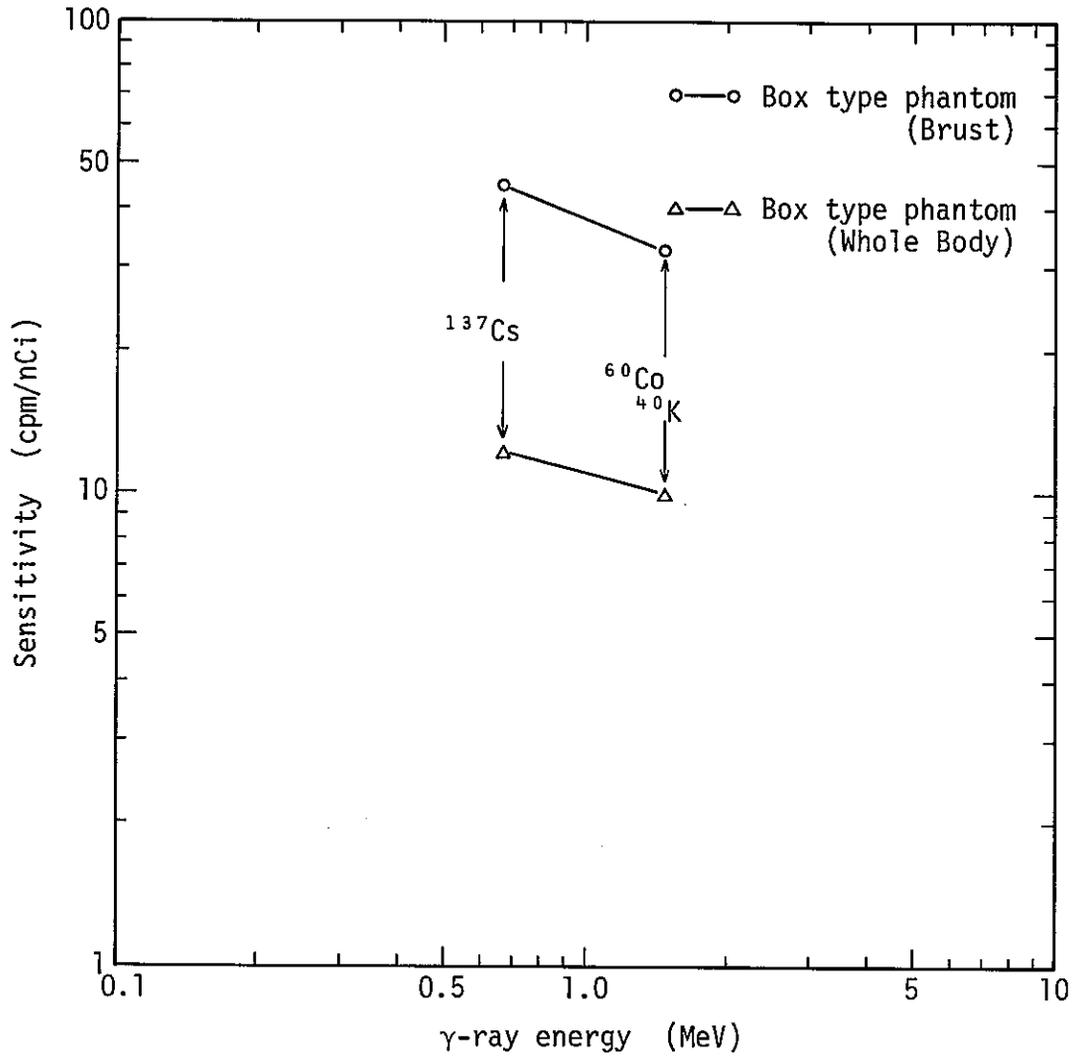


Fig. 9 Variation in sensitivity to gamma-ray energy of various nuclides and phantoms

4.2 ランドファントムの校正結果

肺について、ランドファントムを用いて、仰臥位と伏臥位について校正した結果を Table. 6 に、 γ 線エネルギーの関数として求めた感度を Fig. 10 に示す。 ^{60}Co の仰臥位の校正定数は、34 (cpm/nCi)、伏臥位の校正定数は、31 (cpm/nCi)であり、 ^{137}Cs の仰臥位の校正定数は、36 (cpm/nCi)伏臥位の校正定数は、34 (cpm/nCi)であった。

^{60}Co および ^{137}Cs の仰臥位について得られた校正定数を、5"直径×4"厚さのNaI (Tl) 検出器の校正定数と比較すると5"直径×4"厚さのNaI (Tl) 検出器の ^{60}Co の校正定数は、9.1 (cpm/nCi)、 ^{137}Cs の校正定数は10 (cpm/nCi)であり、8"直径×4"厚さのNaI (Tl) 検出器の方が ^{60}Co で3.7倍、 ^{137}Cs で3.6倍感度が良い。

また、ランドファントムを用いて、胃腸管について、腹部真下に検出器をおき校正した結果を Fig. 11 に示す。

^{60}Co 校正定数は仰臥位で17 (cpm/nCi)、伏臥位での校正定数は、39 (cpm/nCi)であり ^{137}Cs の校正定数は、仰臥位で、19 (cpm/nCi)、伏臥位で、47 (cpm/nCi)であった。得られた結果を ^{137}Cs について仰臥位と伏臥位で比較すると伏臥位の方が4倍感度が良い。これは、胃腸管の解剖学的位置が、腹部側に寄っていることによる。

Table 6. CALIBRATION DATA

Nuclide	Geometry	Back ground (cpm)	Net pulse rate (cpm/nCi)
^{137}Cs	Spine position	67.0	36.0
	Prone position	67.0	34.0
^{60}Co	Spine position	43.6	34.0
	Prone position	43.6	31.0

Rando phantom : Lung

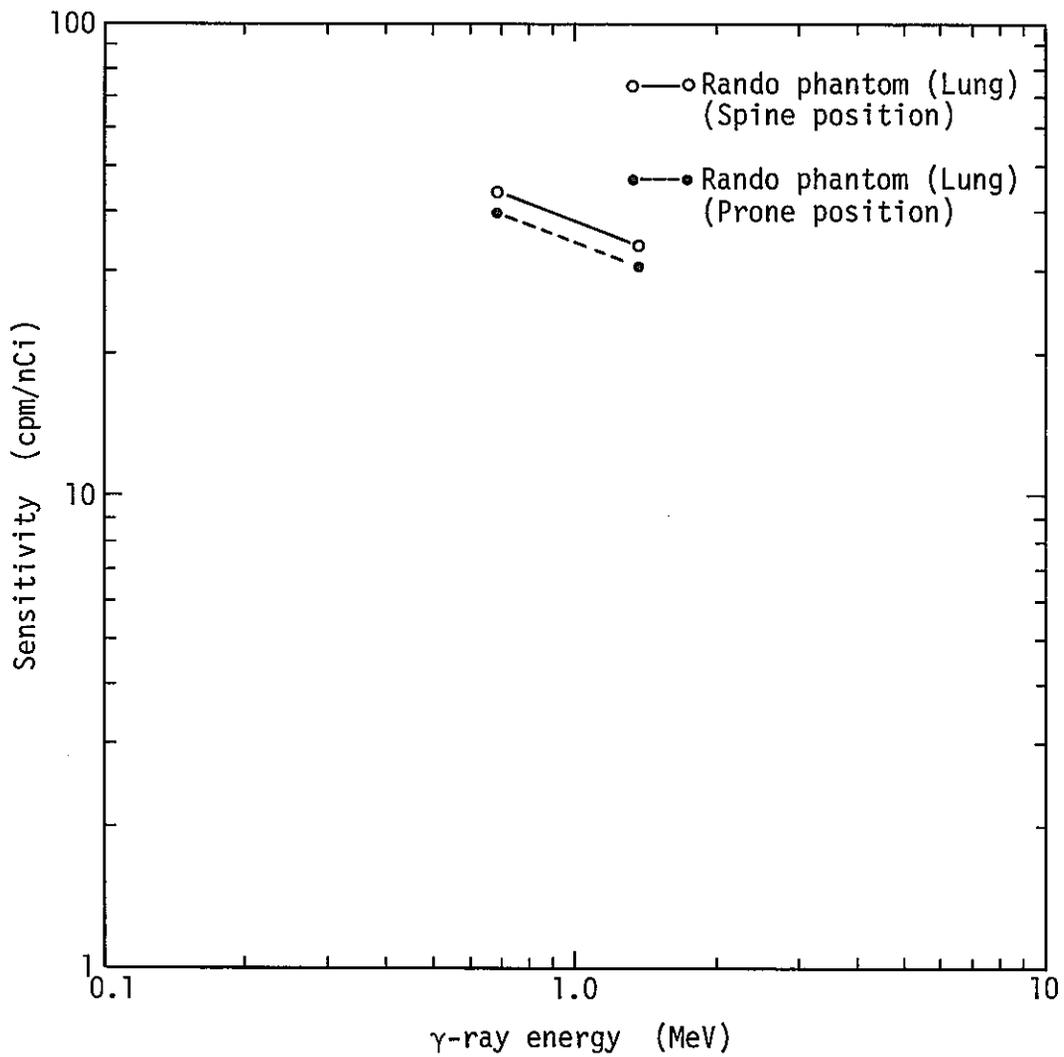


Fig. 10 Variation in sensitivity to gamma-ray energy of various nuclides

Table 7. CALIBRATION DATA

Nuclide	Geometry	Background (cpm)	Net pulse rate (cpm/nCi)	Contribution from G.I tract to Brust. (cpm/nCi)
Cs-137	Spine position	67.0	19.0	2.9
	Prone position	67.0	47.0	4.4
Co-60	Spine position	43.6	17.0	4.0
	Prone position	43.6	39.0	5.6

Rando Phantom : G.I tract

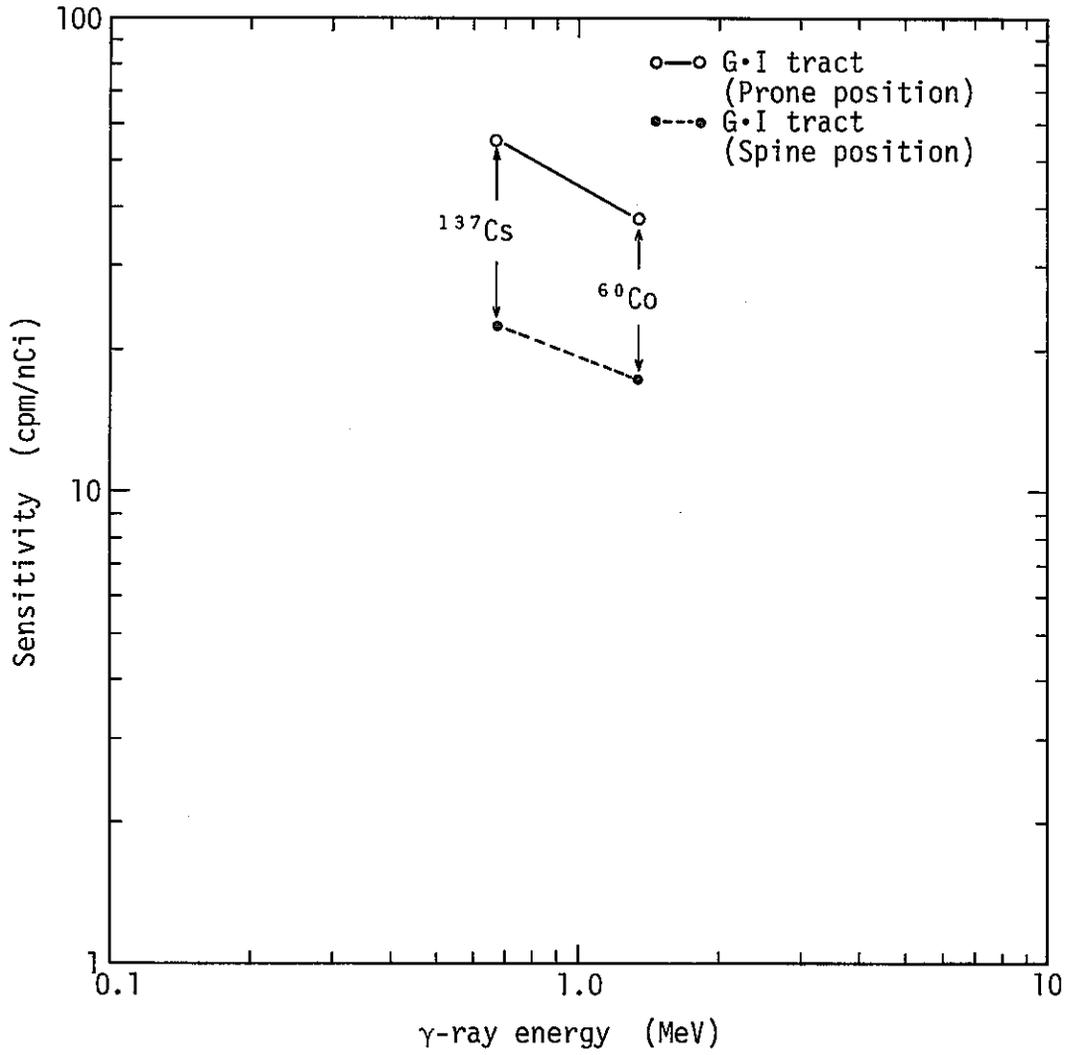


Fig. 11 Variation in sensitivity to gamma-ray energy of various nuclides

4.3 検出限界

検出限界算出式は次式を用いた。

最少検出限界 n_n (cpm) は、

$$n_n \geq \frac{k}{2} \left\{ \frac{k}{t_s} + \sqrt{\left(\frac{k}{t_s}\right)^2 + 4n_b \left(\frac{1}{t_s} + \frac{1}{t_b}\right)} \right\}$$

- ここに、 n_n : 検出できる正味計数率 (cpm)
 n_b : バックグラウンド計数率 (cpm)
 t_b : バックグラウンド測定時間 (min)
 t_a : 被検者測定時間 (min)
 : 3σ 法の理論から3をとる。

$$\text{検出限界放射能} = n_n \text{ (cpm)} / (\text{Net pulse rate (cpm/nCi)})$$

Table. 4 から Table. 7 の校正定数 (cpm/nCi), バックグラウンド計数率とを最少検出限界式に代入し, $t_s = 10$ 分, $t_b = 10$ 分, k は 3σ 法により 3 を代入して計算した検出限界, および ICRP - p_{ub} 2 に示されている最大許容身体負荷量 (Maximum permissible body burden) を Table. 6 にまとめて示す。

Table. 6 から, 各核種について得られる検出限界は, ^{60}Co 。(全身) については MPBB の 1 万 1 千分の 1, ^{106}Ru (全身) では, 1200 分の 1, ^{137}Cs 。(全身) については, 2 万 7 千分の 1 に相当する。 ^{137}Cs について, 8" 直径 × 4" 厚さの NaI (TL) 検出器では従来の 5" 直径 × 4" 厚さの NaI (TL) 検出器より 1.4 倍検出限界が向上した。

Table 8. Calibration data and minimum detectable amount

Nuclide	Organ	Background (cpm)	Net pulse rate (cpm/nCi)	Minimum detectable amount (nCi)		Maximum permissible body burden (μ Ci)
				$t_b = 10\text{min}$	$t_b = 833\text{min}$	
K-40	Whole body	55.2	1.1	9.5	6.9	—
Co-60	Whole body	43.6	10.2	0.9	0.66	10
	Lung	43.6	34	0.27	0.2	—
	G.I Spine position	43.6	17.0	0.55	0.4	—
	G.I Prone position	43.6	39.0	0.24	0.17	—
Cs-137	Whole body	67.0	10.4	1.1	0.8	30
	Lung	67.0	36.0	0.32	0.23	—
	G.I Spine position	67.0	19.0	0.6	0.44	—
	G.I Prone position	67.0	47.0	0.24	0.18	—
Ru-106	Whole body	66.4	1.4	8.1	5.9	10

$t_s = 10 \text{ min}$

結 言

動燃，東海事業所の放射線保健室鉄室内に設置されているホールボディカウンタを，人体模擬臓器を持つランドファントムと，9つの部分からなる箱型ファントムを用いて校正した。

校正に使用した核種は， ^{40}K ， ^{60}Co ， ^{137}Cs である。

得られた結果は，IAEAが提案した様式に従ってまとめた。校正の結果得られた検出限界は，測定時間10分の場合， ^{60}Co （全身）では，0.9 nCi（MPBBの1万1千分の1）， ^{106}Ru （全身）では，約8 nCi（MPBBの1200分の1）， ^{137}Cs （全身）では，約1 nCi（MPBBの2万7千分の1）であった。

今回の校正で8"φ×4"厚さのNaI(Tl)検出器の計数効率，従来用いていた5"直径×4"厚さのNaI(Tl)検出器に比べ ^{137}Cs （全身）について，2倍高いことが明らかになった。

以上の結果として検出限界を計算すると8"直径×4"厚さの検出器は従来用いていた5"直径×4"厚さのNaI(Tl)検出器に比べ， ^{137}Cs （全身）について，検出限界値は1.4倍向上した。

Appendix

I γ線スペクトル図

本文で行なった校正の結果得られたγ線スペクトル図の代表例をFig. I ~ Fig. IIIに示す。

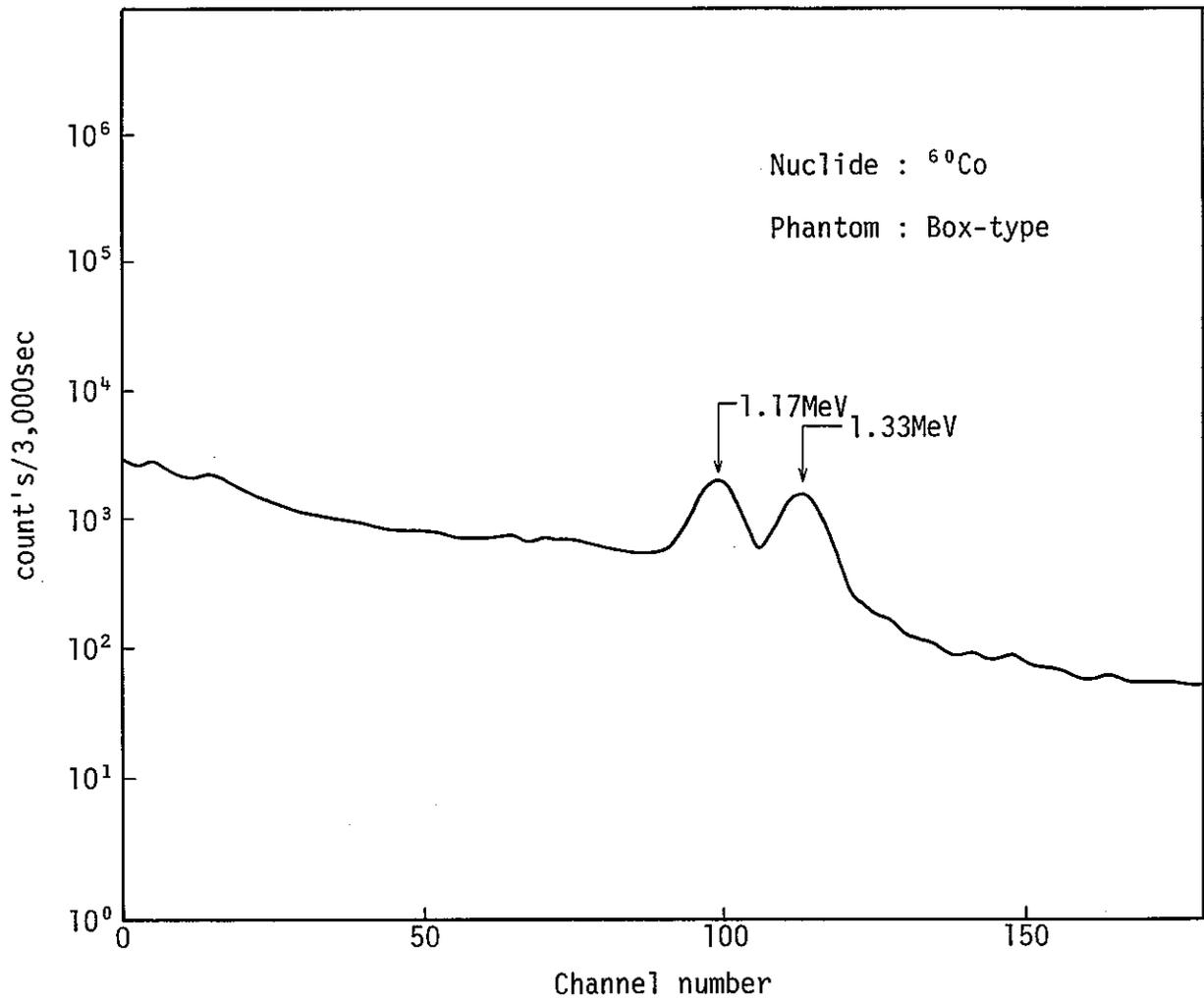


Fig. I Gamma-ray spectrum of ^{60}Co

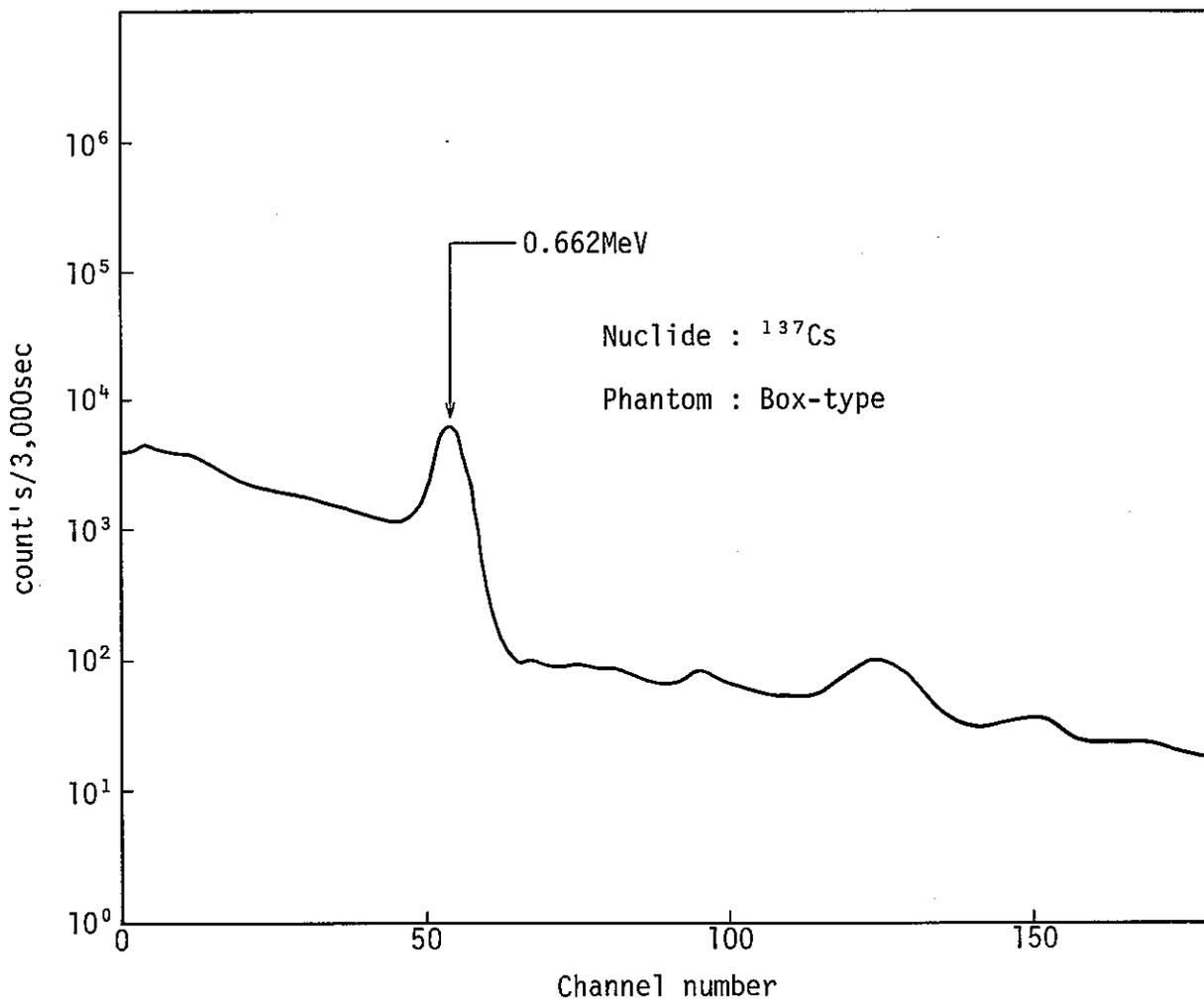


Fig. II Gamma-ray spectrum of ^{137}Cs

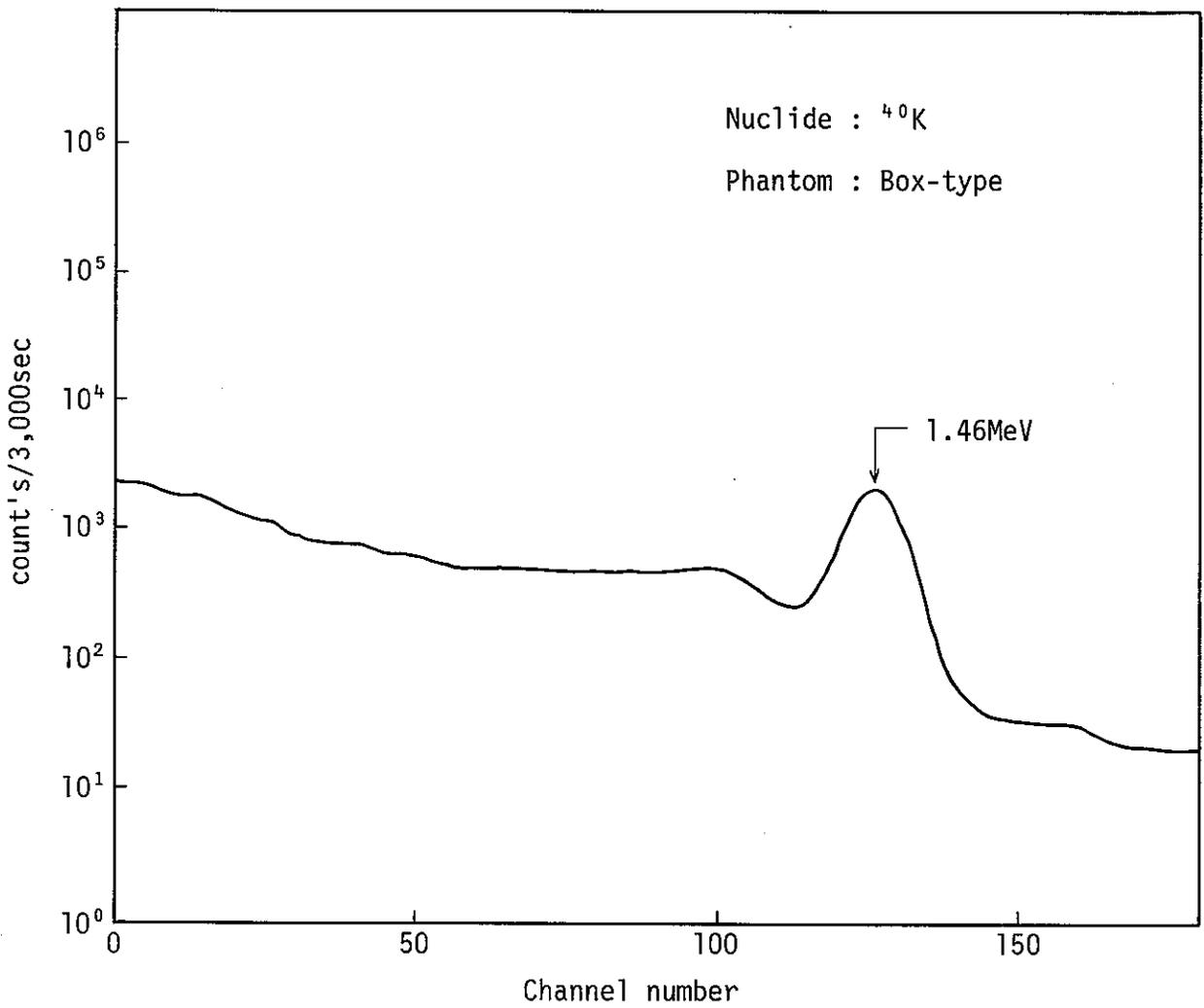


Fig. III Gamma-ray spectrum of ^{40}K

参 考 文 献

- 1) 須磨崎一治, 岡部正則他 2 : 「動燃東海事業所のホール・ボディカウンタ」, PNC - N841-74-44 (1974)
- 2) 須磨崎一治, 岡部正則他 1 : 「ホール・ボディカウンタによる再処理工場就業予定者等のバックグラウンド調査」
PNC-SN842-75-07 (1979)
- 3) 加藤仁三, 小泉勝三他 2 : 「NaI/CsI 検出器による肺モニタの校正」,
PNC-N841-79-52 (1979)
- 4) 加藤仁三, 小泉勝三他 2 : 「体外計測器データ処理装置の概要」
PNC-N852-80-03 (1980)
- 5) D. F. Covell : Ana. Chemi. , Vol. 31, No 11, (1957)
- 6) Directory of whole body radioactivity monitors, IAEA (1970)