

本資料は 〇/年 10月 〃日付けで登録区分、
変更する。

[技術情報室]

体表面モニタによる汚染 評価方法に関する調査

(動力炉・核燃料開発事業団 委託調査成果報告書)

1992年3月

日本原子力研究所



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)



限 定 資 料

PNC ~~5~~J9500 92-001

1 9 9 2 年 3 月

体表面モニタによる汚染評価方法に関する調査

南 賢太郎* ・千田 徹* ・吉田 真*

大井 義弘*

高速実験炉「常陽」等の原子力施設における放射線業務従事者の身体表面汚染管理をゲート型体表面モニタを用いて行っている。これらのモニタの校正方法を確立することを目的として、体表面の汚染評価方法について調査・検討を行った。調査結果に基づき、大洗工学センターにある個体廃棄物前処理施設（WDF）のゲート型体表面モニタを調査し、体表面汚染評価の精度改善を行うための方法について検討した。

本報告書は、日本原子力研究所が動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した研究の成果である。

契約番号：030D0124

事業団担当部課室および担当者：安全管理部 放射線管理課長 安藤 秀樹

*：保健物理部 線量計測課

目 次

1. 緒 言	1
2. 校正方法と汚染評価性能に関する調査・検討	2
2.1 調査目的	2
2.2 調査結果及び検討	2
3. 点線源による体表面モニタの応答に関する調査・検討	5
3.1 調査目的	5
3.2 調査内容	5
3.3 調査結果及び検討	6
4. 身体ファントムと汚染模擬線源による応答の調査・検討	9
4.1 調査目的	9
4.2 調査内容	9
4.3 調査結果及び検討	11
5. 本調査のまとめ	12
謝 辞	13
参考文献	13

1. 緒 言

本報告書は、動力炉・核燃料開発事業団 大洗工学センターより受託した調査項目「体表面モニタによる汚染評価方法に関する調査」に関する成果を記載したものである。以下に契約の概要を示す。

1) 題 目

体表面モニタによる汚染評価方法に関する調査

2) 調査目的

大洗工学センターでは、高速実験炉「常陽」等の原子力施設において、ゲート型体表面モニタを用いて放射線業務従事者の身体表面汚染検査を行っている。このモニタによる体表面汚染評価の精度改善を行うための校正方法について調査・検討し、評価方法を確立することを目的とする。

3) 調査範囲

- (1) 校正方法と汚染評価性能に関する調査・検討
- (2) 点線源による体表面モニタの応答に関する調査・検討
- (3) 身体ファントムと汚染模擬線源による応答の調査・検討

4) 調査内容

(1) 校正方法と汚染評価性能に関する調査・検討

皮膚表面汚染に対する管理基準値は、放射能面密度で示されている。この放射能面密度基準値を体表面モニタで合理的に評価する方法について調査・検討し、校正手法を確立する。

(2) 点線源による体表面モニタの応答に関する調査・検討

^{147}Pm 、 ^{204}Tl 、 ^{90}Sr - ^{90}Y 、 ^{60}Co 及び ^{137}Cs の点状校正用線源を用いて体表面モニタの水平、垂直応答等の基本的特性について調査・検討を行う。

(3) 身体ファントムと汚染模擬線源による応答の調査・検討

身体ファントムと面積の異なる ^{204}Tl 、 ^{90}Sr - ^{90}Y 、 ^{60}Co 及び ^{137}Cs の汚染模擬線源を用い、人体各部で汚染が発生した場合の応答を調査するとともに、体表面モニタによる評価誤差の調査・検討を行う。

(4) 成果の報告

上記(1)から(3)について得られた成果をまとめて報告する。

(5) 契約期間

平成3年8月20日より平成4年3月31日

(6) 実施場所

日本原子力研究所東海研究所 保健物理部・線量計測課

動力炉・核燃料開発事業団（以下、動燃と略す）にある高速実験炉「常陽」等の原子力施設において、ゲート型体表面モニタを用いて放射線業務従事者の身体表面汚染検査を行っている。放射線管理においては、表面汚染の管理基準値は放射能面密度で規定されている。手及び足部についてはハンドフットモニタと同様に管理できる。しかし、他の身体部位の場合は、身体汚染部位、分布、汚染核種、汚染部と検出器との距離、角度など複雑な条件が介在するので、測定値から直ちに放射能面密度を算出することは困難である。このため、体表面モニタの校正方法と汚染評価法について調査を行った。調査結果を基に現在使用しているゲート型体表面モニタのエネルギー応答特性等の基本的特性を調べ、体表面汚染評価の精度改善を行うための校正方法について調査・検討を行った。

以下、これらについて報告する。

2. 校正方法と汚染評価性能に関する調査・検討

2.1 調査目的

皮膚汚染に対する管理基準値は、放射能面密度で示されている。現在行っているゲート型体表面モニタによる汚染の管理は、主として β 線放出率について値付けされた一定面積（10cm×10cm）の面積線源を検出器保護グリル中央に密着させ校正定数を求めておき、身体測定時の計数率が管理基準値を越える汚染が発生した場合に退域できないよう判断レベルを設定して管理している。手足の場合は、検出器に密着して測定できるため現在の校正方法で汚染管理が行えるが、他の身体部位については、ある程度検出器より離れて測定せざるを得ない。このため、体表面モニタの校正方法について調査を行い、管理基準値を体表面モニタで合理的に評価する方法について調査・検討を行う。

2.2 調査結果及び検討

体表面モニタの国際規格（IEC，現在審議中）では、ICRP Publication 26¹⁾ 及び 35²⁾ で示されているように、日常の汚染はせいぜい100cm²程度で発生するものとし、体表面モニタの検出すべき放射能と機器効率を以下のように求めることとしている。

(1) 体表面モニタで検出すべき放射能と人体汚染の表面放出率

- ・衣服又は皮膚の表面汚染密度限度（ β 線放出核種）

$$4\text{Bq} / \text{cm}^2 \quad (10^{-4} \mu\text{Ci} / \text{cm}^2)$$

- ・表面汚染面積を 100cm^2 と仮定した場合の放射能

$$4\text{Bq} / \text{cm}^2 \times 100\text{cm}^2 = 400\text{Bq}$$

- ・皮膚汚染の線源効率を0.5としたときの表面放出率

$$400 \text{ s}^{-1} \times 0.5 = 200 \text{ s}^{-1}$$

(2) 機器効率の表現方法

機器効率は点線源（ β 線源）を用い、体表面モニタの検出器前面5cmの点を垂直方向（頭より足）に移動して求めた機器効率を、この時に得られた最大機器効率で規格化し、平均値を求め、これを体表面モニタの中央部で求めた水平方向の機器効率の平均値に乗ずることにより、体表面全体としての実効機器効率を求め、これを用いて汚染部の表面放出率を判別又は評価することとしている。

水平方向機器効率、垂直方向機器効率及び実効機器効率の求め方を以下に数式で示す。

水平方向機器効率

$$\bar{\eta} = \frac{1}{N_H} \sum_{i=1}^{16} \eta_i$$

ただし、

$\bar{\eta}$: 水平方向機器効率の平均値

η_i : 楕円ファントムの中心よりみた各方位における機器効率

N_H : η_i の測定個数 (例 16点)

垂直方向機器効率

$$g = \frac{1}{N_V} \sum_{i=1}^{85} (\varepsilon_i / \varepsilon_{max}) = \bar{\varepsilon} / \varepsilon_{max}$$

ただし、

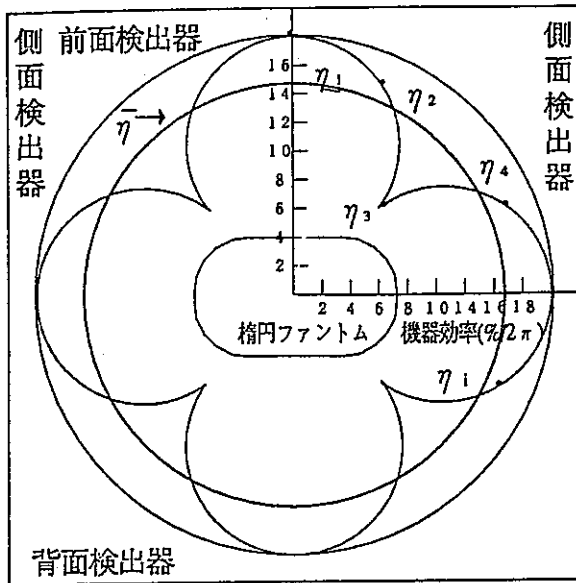
g : ε_{max} で規格化した垂直方向機器効率

$\bar{\varepsilon}$: 垂直方向機器効率の平均値

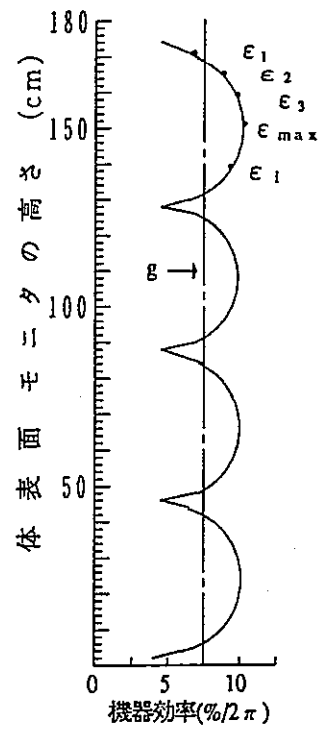
ε_i : 垂直方向の各点における機器効率

ε_{max} : 垂直方向機器効率の最大値

N_V : ε_i の測定個数 (例 85点)



(水平方向レスポンス図)



(垂直方向レスポンス図)

実効機器効率 (E_{eff})

$$E_{eff} = \frac{1}{N_v} \sum_{i=1}^{16} \eta_i \cdot \frac{1}{N_v} \sum_{i=1}^{85} (\epsilon_i / \epsilon_{max})$$

$$= \bar{\eta} \cdot \bar{\epsilon} / \epsilon_{max} = \bar{\eta} \cdot g$$

(3) 検出限界表面放出率

体表面モニタによる人体汚染部の検出限界表面放出率 (Minimum Detectable Surface Emission Rate, M. D. E. R.) は、本機のバックグラウンド計数率の標準偏差の P 倍を目安として定めることとし、これに、バックグラウンドの減算モードを固定方式、同時減算方式又は継続減算方式に区分して計数值補正を加え、定義することとしている。

以下に、あらかじめバックグラウンドを測定しておき、汚染測定後差し引く継続減算方式の式を示す。

$$M. D. E. R. = \frac{P (B_2 / t + B_2 / T)^{0.5} + 0.05B_2}{E_{eff}}$$

ただし、

B₂ : バックグラウンド計数率 (cps)

t : バックグラウンド測定時間 (S)

T : 身体測定時間 (S)

M. D. E. R. を算出する際には汚染測定時のバックグラウンドの変動を5%見込むこととしている。また、M. D. E. R. が10秒測定で 200 s^{-1} を越えてはならないとしている。

IEC 45B 86E³⁾ では、99%の信頼度でM. D. E. R. を求めることとしているので、P（標準偏差の何倍をとるかの定数）は3とする。

体表面モニタの手足を除く、水平・垂直方向の β 線に対する応答特性の試験には、 ^{30}C 1点状線源を用いること。

水平方向の応答特性試験には、周囲95 cm、長軸35 cmの楕円ファントムを用いること。ファントムの外側に線源を置き10度おきに移動させ全周にわたって試験を行うこととしている。この場合の高さ方向の位置は、垂直方向の試験で最大のレスポンスが得られた位置とすると規定されている。

線源についても線源効率が0.25以上のものを用いること。点状線源は、最大幅が1 cmを越えない校正用線源を用いることなどが規定されている。

本調査においては、 β 線エネルギーをパラメータとして水平・垂直方向の応答特性の調査を行い性能を評価することとした。また、水平方向の応答特性調査に用いるファントムについては、JIS Z 4915⁴⁾ に定める胸・腹部用X線水ファントムを用いることとした。

3. 点線源による体表面モニタの応答に関する調査・検討

3.1 調査目的

ゲート型体表面モニタには、手足の他に被検者の測定位置の前面及び背面に検出器が配置されている。本調査では、個々の検出器の感度検査を行うとともに、2.2.2節に示した性能評価方法により水平・垂直のエネルギー応答特性等の基本的特性について調べ、放射能検出性能の評価・検討を行う。

3.2 調査内容

測定対象としたゲート型体表面モニタ（日本放射線エンジニアリング(株)製MGM110 B型）の測定部の構成と主な仕様を表3-1に示す。また、調査に用いた校正用線源の仕様を表3-2に示す。

個々の検出器の感度検査及び水平・垂直方向のエネルギー応答特性調査方法を以下に示す。

(1) 検出器ごとの感度検査

6種類の面積線源(^{147}Pm 、 ^{60}Co 、 ^{137}Cs 、 ^{204}Tl 、 ^{90}Sr - ^{90}Y 及び U_3O_8)を用い、

い、検出器保護グリル表面における β 線エネルギー感度を調べた。前面及び背面に配置された検出器の測定位置は、検出器面の縦方向に対し垂直となる中央面と中央部から上下それぞれの検出器端までの中央面の3箇所とした。手掌部は中央面1箇所、足部については、両足のそれぞれの有感面中央位置の2箇所とした。

^{60}Co と ^{137}Cs 線源については、 β 線と γ 線が放出されるため、線種別に評価する必要がある。このため、背面部検出器において、それぞれの線源面に β 線遮蔽用のアクリル樹脂製の吸収板を重ねて測定した。他の検出器の感度については、このときの β 線と γ 線の正味計数率の比を求め評価した。

β 線の感度は、 2π 方向の表面放出率に対する計数効率（機器効率）を求め調査した。 γ 線の感度は、 4π 方向の光子総数に対する計数効率を求め評価した。また、 $\beta + \gamma$ 線計数率についても計数効率を求めた。この場合、全放射能に対する計数効率として評価した。

胸部検出器中央位置における感度調査状況を写真3-1に示す。

(2) 水平方向における β 線エネルギー応答特性

被検者測定位置に水を封入した楕円ファントムを設置し、ファントム中央部表面の水平16方位に点状の線源を貼付し、 β 線及び γ 線エネルギー応答特性を調査した。この場合、線源の高さ87cm（背面部検出器中央位置）とした。

ファントムと検出器位置関係を図3-1及び写真3-2に、前面及び背面スタンドの検出器の配置を図3-2に示す。

4種類の点状線源（ ^{60}Co 、 ^{137}Cs 、 ^{204}Tl 及び ^{90}Sr - ^{90}Y ）を用いてエネルギー応答特性を調査した。 ^{147}Pm 線源については、 β 線エネルギーが低く有意な応答が得られないため除外した。参考として γ 線に対する応答は、 ^{60}Co と ^{137}Cs のそれぞれの線源に β 線遮蔽用の吸収板（アルミニウム箔を重ね合わせたもの）で覆って測定した。

(3) 垂直方向における β 線エネルギー応答特性調査

被検者測定位置の縦方向（身長方向）について、前面及び背面に対し2cm間隔で測定した。このときの線源とスタンド面との距離は5cmとした。

4種類の線源を用いて水平方向の測定と同様に、応答特性を調査した。測定時の様子を写真3-3に示す。

3.3 調査結果及び検討

(1) 検出器ごとの感度検査

β 線エネルギーをパラメータとした検出器ごとの最大感度と平均感度調査結果を表3-3-1に、 γ 線感度を表3-3-2に示す。平均の感度は括弧内で示した。表中、 β 線の

最大エネルギーで示しているが、 ^{90}Sr - ^{90}Y 線源については、線源仕様によって β 線のエネルギースペクトルが異なるため、単に、 ^{90}Sr と ^{90}Y の最大エネルギーの平均とした。

これらの結果より、左手掌部検出器を含む前面及び背面のそれぞれの検出器中央面では、各エネルギーに対して同様な感度が得られている。右手掌部検出器では、測定するごとにバックグラウンド計数率が大きく変動してしまうため、正しい評価ができなかった。検出器寸法の異なる足部検出器の β 線感度は、他の検出器の平均感度と同等の感度となっている。足裏部は厚さ4 cmのプラスチックシンチレーション検出器が使用されているため、 γ 線に対する計数率が高くなり、その分感度も高くなっている（ γ 線感度調査を実施しなかったため、他のエネルギー特性結果を参考に評価した）。

前面及び背面に配置された検出器いずれにおいても検出器中央位置の感度が高く、上面及び下面は中央面に比べ感度が低くなっている。

背面部検出器の β 線のエネルギー特性を図3-3-1に示す。これらの結果、 β 線エネルギーが高いほど感度が高く、エネルギーが低くなるにつれて遮光膜（アルミ蒸着膜 1.6 mg/cm²×3枚）と空気層での吸収が大きくなり、感度も低下している。

(2) 水平方向におけるエネルギー応答特性調査結果

水平方向における応答特性結果を表3-4-1、2及び図3-4-1～図3-4-8に示す。

これらの結果、前面、背面とも検出器に近い5方位については、 β 線エネルギーに依存した応答特性が得られているが、身体側面に相当する左右3方位については、検出器の線源を見込む角度が狭くなり、実質的に感度を有しない結果となった。

^{90}Sr - ^{90}Y で見た場合、前面5方位の機器効率、9.1～19.3%であり、背面の5方位では、12.3～21.6%であった。背面に比べ前面の感度が低い傾向となっているのは、検出器の配置が異なり、胸部検出器中央位置から約10 cm下へずれているからである。

(3) 垂直方向における応答特性結果

前面及び背面の垂直方向の調査結果を表3-5-1～表3-5-16及び図3-5-1～図3-5-8に示す。これらの結果から、いずれの検出器においても検出器中央位置の感度が最大となり、中央位置から検出器端へ遠ざかるほどシンチレータ光の収集効率が低下するため、感度は低下する傾向となっている。また、検出器面が、スタンド面から2 cm内側に位置していることと、検出器と検出器間では検出器窓枠材等が遮蔽物となることなどの幾何学的効率の低下による影響が大きくなり、感度は低下している。

前面及び背面において、下部に位置する検出器に比べ、上部に位置する検出器の感度が高くなる傾向を示している。しかし、バックグラウンドの増加により、検出性能は低下し

ている。

(4) 実効機器（計数）効率調査結果

水平・垂直の応答調査結果より求めた実効器機器効率を表3-6-1に、 γ 線放出核種について求めた実効計数効率を表3-6-2に示す。

前面、背面における実効機器効率は、水平5方位の平均機器効率を用いて評価した。総合した評価においては、16方位の機器効率の平均で評価した場合と前面、背面それぞれ5方位における合計10方位の平均とした場合とについて評価した。10方位の平均で評価した機器効率は、表中括弧で示した。 γ 線放出核種についても同様とした。

垂直方向における評価範囲は、前面16cmから124cmまでの55点、背面については12cmから170cmまでの80点とした。

調査した β 線の最大エネルギー（0.22～1.42MeV）の範囲における実効機器効率（10方位の平均値）の範囲は、0.5～10%であった。 γ 線エネルギー（0.66～1.25MeV）における実効計数効率の範囲は、光子放出率を基準とした場合、1.7～2.5%となり、放射能を基準とした場合、3.2～3.3%と評価された。

(5) 検出限界放出率の評価結果

IECの算出式に従い、測定結果に基づき算出した実効機器効率と検出限界放出率を表3-7-1に、 γ 線の放出を伴う ^{137}Cs と ^{60}Co に着目した場合の実効計数効率（ γ ：光子放出率を基準、 $\beta + \gamma$ ：放射能を基準）と検出限界放出率を表3-7-2に示す。

検出限界放出率は、前面、背面それぞれの検出器群のバックグラウンド計数率の平均値を用いて算出した。測定時間は、実際の身体測定時間7秒、バックグラウンド測定時間70秒とした。

結果より、 β 線エネルギーの高い ^{90}Sr - ^{90}Y では、前面、背面とも管理基準値に相当する 200 s^{-1} を検出できる性能有する結果が得られている。他の β 線については、 200 s^{-1} の検出が困難な結果となる。

継続減算測定装置について、IECにより与えられた検出限界放出率では、統計的変動要因に加え、異なる時刻で得られたバックグラウンド計数率の5%を加算している。このため、検出限界放出率の値は、通常の統計変動のみを考慮した値に比べ高い値を示す。

今回対象とした装置においては、 γ 線に対する計数効率が高く設計されているため、低エネルギーの β 線放出核種に対する検出限界放出率も高くなる。したがって、 ^{137}Cs と ^{60}Co においては、 β 線に着目した場合よりもむしろ γ 線に着目した場合の方が検出限界放出率も低い。

モニタの設置場所におけるバックグラウンドの変化が統計的変動に入るようであれば、バックグラウンド計数率の5%を加算する必要はないであろう。

前面及び背面について算出した γ 線放出核種の検出限界放出率（放射能を基準）の範囲は、 $510\sim 580\text{ s}^{-1}$ である。管理基準値に相当する 4π 方向の放出率は、 400 s^{-1} であり、 $110\sim 180\text{ s}^{-1}$ ほど大きな値となっている。今回対象とした装置は、被検者の測定を行う直前までバックグラウンドを測定し、これらの移動平均値を自動減算している。したがって、バックグラウンドの統計変動のみを考慮したときには、 $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$ の他に放射能を基準として評価した ^{137}Cs と ^{60}Co についても管理基準値に相当するレベルの検出が可能となる。

4. 身体ファントムと汚染模擬線源による応答の調査・検討

4.1 調査目的

体表面モニタの放射能汚染検出性能は、汚染の分布状況及び人体部位によって変わる。本調査では、点状及び面状の汚染模擬線源を身体ファントムの腹、膝及び臀部等に貼付し、人体各部で汚染が発生した場合の β 線及び γ 線エネルギー応答特性を調べるとともに体表面モニタによる評価誤差の調査を行う。

また、点状線源を用いた応答特性の調査結果より評価した汚染検出性能と本調査で求めたエネルギー応答特性結果を比較し、体表面汚染評価の精度改善を行うための方法について調査検討し、調査方法を確立することを目的とする。

4.2 調査内容

本調査では、 1 cm^2 （点状）、 20 cm^2 及び 100 cm^2 （面状）の汚染模擬線源を、身体ファントム（マネキンに米を詰め込んだもの）の各部位に貼付して、 β 線及び γ 線エネルギー応答特性を調査した。

調査に用いた身体ファントムの仕様、汚染模擬線源の種類及び調査した身体測定部位は次のとおりである。

a) 身体ファントムの体格寸法

身長	: 175cm	腰回り	: 91cm
胸囲	: 90cm	体重	: 63kg
胴回り	: 71cm		

b) 汚染模擬線源

1 cm^2	:	^{60}Co 、 ^{137}Cs 、 ^{204}Tl 、 $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$
20 cm^2	:	同上
100 cm^2	:	同上

c) 身体測定部位

頭 部 (後頭部)	大腿部前後 (左、右)
右 肩	大腿部横 (左、右)
背腹部 (腹、背、右横腹)	膝部前後 (左、右)
右 肘	膝部横 (左、右)
臀 部 (左、右)	下腿部中央前後 (左、右)
陰 部	下腿部中央横 (左、右)

使用した汚染模擬線源は、日本アイソトープ協会製のものである。これらの線源は、身体ファントムに貼付したときに値付けした表面放出率が得られるようにアクリル板をアルミフォイルで覆ったベース上に線源を置いて測定し値付けされている（詳細は、付録に添付した線源仕様書参照）。

(1) 身体ファントムと検出器位置関係及び実験条件

ファントムと検出器位置関係を図4-1及び写真4-1, 2に示す。図中各部位の数値は、線源貼付位置からスタンド面までの距離を示す。なお、身体の左右で測定した部位は、平均値とした。測定時間は、線源強度を考慮して20秒から60秒の間で設定した。測定ごとに出力された全検出器のデータの中から線源に最も近い検出器及び隣接した検出器の中で顕著に計数が得られたデータについて、バックグラウンド（身体ファントムを設置した条件で60秒5回測定した平均値）を差し引き、正味計数率を求めた。各部位について得られた正味計数率を表面放出率で除して機器効率を求めた。

γ 線検出性能評価は、 β 線の最大エネルギーに相当する厚さのアルミニウム箔で線源を覆って行った。計数効率は、正味計数率を成績書に記載された放射能を光子総数に変換した値で除して求めた。また、実際の測定では、バックグラウンドを自動減算し $\beta + \gamma$ 線計数率から汚染の有無をチェックを行っている。このため、 $\beta + \gamma$ 線計数率についても計数効率を求めておく必要がある。この場合、全放射能に対する計数効率として評価した。

(2) 体表面汚染検出性能評価方法

体表面汚染検出性能評価は次の方法で行った。2.2.3節に示した式を以下の式に置き換えて調査したゲート型体表面モニタの検出器のバックグラウンド計数率、測定時間及び検出限界放出率 200 s^{-1} を式に当てはめ、 200 s^{-1} を検出できる機器効率を計算で求め、この値が(1)の測定で求めた機器効率よりも大きいかな否かで検出性能評価を行った。

$$E_{eff} = \frac{P (B_2/t + B_2/T) 0.5 + 0.05B_2}{M. D. E. R.}$$

さらに、3.3.2 節で実施した点線源により求めた実効機器効率と本調査で求めた機器効率を比較し、前記と同様な比較を行い、体表面汚染検出性能の評価を行った。

γ 線放出核種における検出性能評価は、 4π 方向の検出限界放出率 400 s^{-1} として、 β 線のと看同様な方法により行った。

4.3 調査結果及び検討

各部位について求めた機器効率及び γ 線計数効率を核種別に表4-1～表4-8及び図4-2～図4-8に示す。各部位で求めた ^{60}Co の β 線機器効率は1%以下となる部位が大半を占めるので、図は省略した。肘と陰部は、 100 cm^2 線源の貼付が困難なため測定を省略した。表中には「-」として示す。

これらの結果、身体各部位とも β 線エネルギーに依存した結果が得られている。

身体部位の左右において ^{90}Sr - ^{90}Y 線源を用いて求めた機器効率の結果では、検出器から2 cm後方に位置した側では、約10～30%低くなる結果が得られている。身体両側面における調査結果では、検出器と汚染面の方向が90度異なるため、有意な計数効率は得られなかった。

点状線源及び面状線源で求めた各部位の機器効率は、ほぼ一定した結果となっている。

(1) 体表面汚染検出性能評価結果

計算により求めた検出限界表面放出率 200 s^{-1} の検出が可能となる機器効率 ($T=7$ 秒, $t=70$ 秒のとき) は、前面で8.5%、背面で10.6%となる。これらの機器効率と汚染模擬線源で調査した各部位における機器効率とを比較すると、

^{90}Sr - ^{90}Y 線源が、腹、背、陰部などにある場合にそれらを満足する機器(計数)効率が得られている。

身体両側面において調査した結果では、検出器面と線源面との角度が大きく異なるため、機器効率は低く検出は困難となる。

身体両側面を除く他の部位については、腹や背に比べ、線源面が検出器面から遠ざかるため、空気層における吸収が増加することと、線源面に相対する検出器面の感度特性等によって 200 s^{-1} を検出できないところもある。

調査したゲート型体表面モニタは、 γ 線放出核種(主として、 ^{137}Cs)を対象に設計されており、低エネルギーの β 線では、上記の他に遮光膜での吸収による減衰が大きく検出限界表面放出率はより高くなる。

γ 線放出核種では、検出限界放出率を 400 s^{-1} (4π 方向)として、検出が可能となる計数効率を算出した。その結果、放射能を基準とした場合、前面で、4.3%、背面で5.3%となる。これらの計数効率と、汚染模擬線源を用いて評価した各部位の計数効率とを比較すると、 ^{60}Co 線源が、腹及び陰部などにある場合に、これらを満足する計数効率を得られている。また、バックグラウンドの統計変動のみとして評価した場合には、上記部位の他に、 ^{137}Cs では、腹及び背、 ^{60}Co では、背及び下腿部中央後面において 400 s^{-1} の検出が可能となる。前面及び背面の検出器に相対する他の部位では、管理基準値に相当する 400 s^{-1} と比較すると、 ^{137}Cs では、1.6～4.8倍、 ^{60}Co では、1.6～2.4倍ほど大きな値となる。

点線源により求めた実効機器(計数)効率と、汚染模擬線源を用いて評価した各部位の機器(計数)効率との比較では、後者のほうが全体的に低くなっている。これは、評価した部位が点状線源を用いて評価した位置よりも後方に位置となる部位が多いことと、検出器の垂直中心位置に相対する部位よりも左右に位置する部位では、検出器の有効横幅が18cmと短いため、中心位置に比べ、ジオメトリーが大きく変わるためと思われる。検出器の垂直軸中心位置に相対する腹、背、及び陰部などは、比較的良く一致している。

5. 本調査のまとめ

調査した放射能検出性能評価法は、ボックス型の体表面モニタを基本としており、 β 線を対象とし示されている。

対象としたゲート型体表面モニタは、2～4cmの厚さのプラスチックシンチレーション検出器を使用しており、 γ 線の検出を主として設計されている。また、手足測定用の検出器の他に、身体の前面と背面に検出器を配置し、両側面に検出器を有しない構造でボックス型の体表面モニタとは直接比較がむずかしい。

このため、検出性能の評価は、両側面に検出器がないことを考慮し、前面と背面について評価を行った。参考として γ 線についても評価を行った。

調査結果より、検出限界放出率が 200 s^{-1} 以上に高く評価された主な要因を以下に示す。

- (1) γ 線に対する計数効率が高く設計されているため、その分バックグラウンド計数率が高くなっていること。
- (2) 検出器遮光膜(アルミ蒸着膜：厚さ 4.8 mg/cm^2 相当)による β 線の吸収が大きいこと。
- (3) 検出器の縦の長さが50cmと長く、検出器中央位置と検出器端とにおけるシンチレータ光の収集効率が大きく異なること。

- (4) 検出器面がスタンド面から2 cm内側に位置することと、検出器と検出器間では、検出器窓枠材等の遮蔽物となり、幾何学的効率の低下による影響が大きいこと。
- (5) 身体の汚染を効率よく検出するには、前面と背面に使用している検出器の横幅（有効幅18 cm）が狭いこと。

また、継続減算測定装置において、IECにより与えられた検出限界放出率では、統計的変動要因に加え、異なる時刻で得られたバックグラウンド計数率の5%を加算することとしている。このことも検出限界放出率を高くしている要因となっている。モニタの設置場所におけるバックグラウンドの変化が統計変動内に入るようであれば、バックグラウンド計数率の5%を加算する必要はないと思われる。

γ 線放出核種の評価結果では、腹、背、陰部などの部位で管理基準値に相当する 400 s^{-1} を満足する結果が得られた。これらの他の部位で良く汚染が発生するようであれば、測定時間を長くすること等により、管理基準値に相当するレベルでの汚染管理を行うことができるであろう。

謝 辞

本報告書をまとめるにあたって、動力炉・核燃料開発事業団 大洗工学センター、安全管理部、放射線管理課長 安藤秀樹課長、鳥居建男副主任研究員、野崎達夫係員に終始懇切な御助言をいただきました。また、WDF施設で実施したゲート型体表面モニタの校正試験においては、元谷欣治係員、大野幸子係員に御協力をいただきました。謹んで謝意を表します。

参考文献

- 1) ICRP Publication 26, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (1977)
- 2) ICRP Publication 35, General Principles of Monitoring for Radiation Protection of Workers: Annals of the ICRP, 9, No. 4 (1982)
- 3) IEC 45B 86E, Installed personnel surface Contamination monitoring assemblies for alpha and beta emitters (審議中)
- 4) 日本規格協会, 胸・腹部用X線水ファントム: JIS Z 4915 (1974)

表 3 - 1 測定部の構成及び仕様

構 成	測定部位	主 な 仕 様
前面スタンド	胸 部 左手掌部 右手掌部 脚前面部	寸 法 : 450(W)×430(D)×1600(H)mm 検 出 器 : 500×200×20(t)mm 4 台 遮 光 膜 : A1マイラー(1.6mg/cm ²)×3枚 遮 蔽 材 : シンチレータ背面に15mm厚鉛板使用
背面スタンド	頭後面部 背 面 部 脚後面部	寸 法 : 450(W)×380(D)×1900(H)mm 検 出 器 : 前面スタンド仕様と同一 3 台 遮 光 膜 : " 遮 蔽 材 : "
足部スタンド	足 裏 部	寸 法 : 450(W)×550(D)×130(H)mm 但し、奥行き550mmの内、170mmは前面 スタンド内部挿入 検 出 器 : 330×330×40(t)mm 1 台 遮 光 膜 : 前面スタンド仕様と同一 遮 蔽 材 : " 防 塵 用 : 遮光膜上部に防塵用有機フィルムを使用 フィルム

表 3-3-1 検出器ごとの感度調査結果 (最大感度)

使用線源：面状線源(100 × 150 mm)

測定条件：検出器保護グリル密着

測定日：平成3年11月6, 7日

検出器 番号	核種 部位	^{147}Pm	^{60}Co	^{137}Cs	^{204}Tl	$^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$	U_3O_8
		0.22MeV (%)	0.31MeV (%)	0.56MeV (%)	0.77MeV (%)	1.42MeV (%)	2.29MeV (%)
1	胸	5.6 (2.6)	15.7 (7.9)	35.4 (19.8)	38.2 (20.9)	46.7 (34.0)	62.2 (48.4)
2	左手掌	0.7	15.4	33.1	33.2	45.4	58.2
3	右手掌	-	7.1	18.1	21.8	38.1	43.9
4	脚前	2.7 (0.7)	15.2 (7.6)	33.5 (18.3)	34.5 (18.5)	45.8 (33.1)	58.6 (45.5)
5	後面	4.4 -	16.8 (8.8)	39.5 (26.5)	38.2 (27.2)	47.8 (40.1)	59.0 (53.7)
6	背面	3.8 -	15.5 (7.9)	34.9 (20.8)	36.2 (21.8)	46.3 (35.3)	60.4 (49.2)
7	脚後	2.7 -	14.6 (7.5)	33.4 (19.5)	34.1 (19.7)	45.4 (34.3)	59.6 (48.6)
8	足裏	(1.2)	(7.7)	(24.4)	(22.2)	(34.2)	(51.8)

注1)括弧内数値は、平均値を示す。

表 3-3-2 検出器ごとの感度調査結果 (最大感度)

使用線源：面状線源(100 × 150 mm)

測定条件：検出器保護グリル密着

測定日：平成3年11月6, 7日

検出器 番号	核種 部位	^{60}Co γ 1.25MeV (%)	^{137}Cs γ 0.66MeV (%)	^{60}Co $\beta+\gamma$ 0.31+1.25MeV (%)	^{137}Cs $\beta+\gamma$ 0.56+0.66MeV (%)
1	胸	6.6 (5.2)	6.2 (4.2)	16.2 (11.9)	18.0 (10.6)
2	左手掌	6.4	5.8	15.8	16.8
3	右手掌	4.7	4.2	11.5	12.1
4	脚前	6.4 (5.1)	5.9 (3.8)	15.7 (11.6)	17.0 (9.7)
5	後面	7.0 (6.1)	6.9 (5.6)	17.3 (13.9)	20.1 (14.3)
6	背面	6.5 (5.3)	6.1 (4.4)	16.0 (12.1)	17.7 (11.1)
7	脚後	6.1 (5.1)	5.9 (4.1)	15.1 (11.6)	16.9 (10.5)
8	足裏	(6.9)	(5.5)	(15.8)	(14.0)

注1)括弧内数値は、平均値を示す。

表3-4-1 水平方向のエネルギー応答特性結果

平成3年11月12~13日

核 種		$^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y} \beta$ 1.42 MeV		$^{204}\text{Tl} \beta$ 0.77 MeV		$^{137}\text{Cs} \beta$ 0.56 MeV		$^{60}\text{Co} \beta$ 0.31 MeV	
方位	検出器 番 号	正味値 (cps)	効 率 (%)	正味値 (cps)	効 率 (%)	正味値 (cps)	効 率 (%)	正味値 (cps)	効 率 (%)
1	1	439	19.3	167	11.9	120	5.5	25	2.2
2	1	417	18.3	154	11.0	102	4.7	24	2.1
3	1	259	11.4	88	6.3	77	3.5	16	1.4
4	1	18	0.8	1	0.1	10	0.5	1	0.1
5	6	-1	0	-3	0	8	0.4	1	0.1
6	6	68	3.0	18	1.3	30	1.4	1	0.1
7	6	279	12.3	105	7.5	95	4.4	6	0.5
8	6	447	19.7	184	13.1	122	5.6	14	1.2
9	6	491	21.6	199	14.2	134	6.1	24	2.1
10	6	461	20.3	184	13.1	122	5.6	23	2.1
11	6	300	13.2	114	8.1	87	4.0	14	1.2
12	6	15	0.7	0	0	-1	0	5	0.4
13	1	-3	0	-9	0	-4	0	7	0.7
14	1	19	0.8	1	0.1	25	1.1	7	0.6
15	1	207	9.1	67	4.8	67	3.1	17	1.5
16	1	424	18.7	151	10.7	112	5.1	16	1.4

表3-4-2 水平方向のエネルギー応答特性結果

平成3年11月12~13日

核 種		$^{137}\text{Cs } \gamma$ 0.66 MeV		$^{60}\text{Co } \gamma$ 1.25 MeV		$^{137}\text{Cs } \beta+\gamma$ 0.56+0.66MeV		$^{60}\text{Co } \beta+\gamma$ 0.31+1.25 MeV	
方位	Det. No	正味値 (cps)	効 率 (%)	正味値 (cps)	効 率 (%)	正味値 (cps)	効 率 (%)	正味値 (cps)	効 率 (%)
1	1	188	5.4	168	2.7	308	7.5	193	6.1
2	1	186	5.3	161	2.6	288	7.0	185	5.9
3	1	101	2.9	121	1.9	178	4.3	137	4.4
4	1	21	0.6	59	0.9	31	0.8	60	1.9
5	6	4	0.1	30	0.5	12	0.3	31	1.0
6	6	37	1.1	79	1.3	67	1.6	80	2.5
7	6	113	3.2	146	2.3	208	5.0	152	4.8
8	6	213	6.1	184	2.9	335	8.1	198	6.3
9	6	233	6.7	190	3.0	367	8.9	214	6.8
10	6	226	6.5	183	2.9	348	8.4	206	6.6
11	6	122	3.5	136	2.2	209	5.1	150	4.8
12	6	30	0.9	63	1.0	29	0.7	68	2.2
13	1	8	0.2	21	0.3	-4	0	28	0.9
14	1	6	0.2	55	0.9	31	0.8	62	2.0
15	1	77	2.2	114	1.8	144	3.5	131	4.2
16	1	180	5.2	170	2.7	292	7.1	186	5.9

表3-5-1 垂直方向のエネルギー応答特性 ($^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$, 前面) β 放出率: $2.27 \times 10^9 \text{cps}$ 計測時間: 30秒 距離: 5cm

平成3年11月5日

高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)
16	189	98	4.3	72	224	123	5.4				
18	249	158	7.0	74	314	213	9.4				
20	311	220	9.7	76	372	271	11.9				
22	363	272	12.0	78	425	324	14.3				
24	395	304	13.4	80	481	380	16.7				
26	452	361	15.9	82	535	434	19.1				
28	504	413	18.2	84	565	464	20.4				
30	543	452	19.9	86	610	509	22.4				
32	587	496	21.8	88	668	567	24.9				
34	629	538	23.7	90	706	605	26.6				
36	687	596	26.2	92	742	641	28.2				
38	709	618	27.2	94	790	689	30.3				
40	754	663	29.2	96	793	692	30.4				
42	766	675	29.7	98	815	714	31.4				
44	755	664	29.2	100	792	691	30.4				
46	742	651	28.6	102	778	677	29.8				
48	717	626	27.5	104	728	627	27.6				
50	683	592	26.0	106	685	584	25.7				
52	651	560	24.6	108	641	540	23.8				
54	598	507	22.3	110	591	490	21.6				
56	563	472	20.8	112	548	447	19.7				
58	511	420	18.5	114	516	415	18.3				
60	475	384	16.9	116	458	357	15.7				
62	423	332	14.6	118	409	308	13.6				
64	366	275	12.1	120	358	257	11.3				
66	291	200	8.8	122	286	185	8.1				
68	211	120	5.3	124	211	110	4.8				
70	174	73	3.2								

表 3-5-2 垂直方向のエネルギー応答特性 ($^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$, 後面) β 放出率: $2.27 \times 10^6 \text{cps}$ 計測時間: 30 秒 距離: 5 cm

平成 3 年 1 月 5 日

高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)
8	368	274	12.1	64	350	232	10.2	120	447	268	11.8
10	413	319	14.0	66	410	292	12.8	122	542	363	16.0
12	466	372	16.4	68	464	346	15.2	124	611	432	19.0
14	514	420	18.5	70	515	397	17.5	126	672	493	21.7
16	554	460	20.2	72	559	441	19.4	128	716	537	23.6
18	587	493	21.7	74	603	485	21.3	130	762	583	25.7
20	625	531	23.4	76	644	526	23.1	132	783	604	26.6
22	655	561	24.7	78	683	565	24.9	134	826	647	28.5
24	695	601	26.4	80	732	614	27.0	136	863	684	30.1
26	726	632	27.8	82	757	639	28.1	138	881	702	30.9
28	751	657	28.9	84	790	672	29.6	140	904	725	31.9
30	769	675	29.7	86	817	699	30.8	142	921	742	32.6
32	761	667	29.3	88	814	696	30.6	144	934	755	33.2
34	741	647	28.5	90	794	676	29.7	146	935	756	33.3
36	720	626	27.5	92	783	665	29.3	148	933	754	33.2
38	683	589	25.9	94	752	634	27.9	150	901	722	31.8
40	640	546	24.0	96	721	603	26.5	152	880	701	30.8
42	601	507	22.3	98	685	567	24.9	154	856	677	29.8
44	573	479	21.1	100	647	529	23.3	156	813	634	27.9
46	525	431	19.0	102	604	486	21.4	158	782	603	26.5
48	476	382	16.8	104	564	446	19.6	160	749	570	25.1
50	432	338	14.9	106	514	396	17.4	162	694	515	22.7
52	375	281	12.4	108	463	345	15.2	164	642	463	20.4
54	305	211	9.3	110	396	278	12.2	166	578	399	17.6
56	225	131	5.8	112	300	182	8.0	168	474	295	13.0
58	168	74	3.3	114	227	109	4.8	170	363	184	7.8
60	211	93	4.1	116	272	93	4.1				
62	280	162	7.1	118	340	161	7.1				

表 3 - 5 - 3 垂直方向のエネルギー応答特性 (^{204}Tl , 前面) β 放出率 : $1.41 \times 10^8 \text{cps}$ 計測時間 : 40 秒 距離 : 5 cm

平成 3 年 1 1 月 8 日

高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)
16	115	15	1.1	72	139	29	2.1				
18	132	32	2.3	74	160	50	3.6				
20	141	41	2.9	76	174	64	4.6				
22	155	55	3.9	78	188	78	5.5				
24	166	66	4.7	80	212	102	7.3				
26	186	86	6.1	82	230	120	8.5				
28	197	97	6.9	84	260	150	10.7				
30	223	123	8.7	86	282	172	12.2				
32	254	154	11.0	88	307	197	14.0				
34	278	178	12.7	90	339	229	16.3				
36	314	214	15.2	92	368	258	18.4				
38	341	241	17.1	94	395	285	20.3				
40	359	259	18.4	96	409	299	21.3				
42	377	277	19.7	98	417	307	21.8				
44	372	272	19.3	100	407	297	21.1				
46	357	257	18.3	102	395	285	20.3				
48	341	241	17.1	104	365	255	18.1				
50	317	217	15.4	106	337	227	16.1				
52	290	190	13.5	108	302	192	13.7				
54	266	166	11.8	110	274	164	11.7				
56	245	145	10.3	112	250	140	10.0				
58	221	121	8.6	114	221	111	7.9				
60	198	98	7.0	116	206	96	6.8				
62	185	85	6.0	118	186	76	5.4				
64	163	63	4.5	120	173	63	4.5				
66	147	47	3.3	122	147	37	2.6				
68	129	29	2.1	124	135	25	1.8				
70	126	16	1.1								

表 3-5-4 垂直方向のエネルギー応答特性 (^{204}Tl , 後面) β 放出率: $1.41 \times 10^5 \text{cps}$ 計測時間: 40~60秒 距離: 5 cm

平成3年11月8日

高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)
8				64	169	42	3.0	120	248	60	4.3
10	178	75	5.3	66	184	57	4.1	122	279	91	6.5
12	193	90	6.4	68	204	77	5.5	124	314	126	9.0
14	214	111	7.9	70	224	97	6.9	126	337	149	10.6
16	236	133	9.5	72	245	118	8.4	128	369	181	12.9
18	254	151	10.7	74	264	137	9.7	130	387	199	14.2
20	282	179	12.7	76	280	153	10.9	132	415	227	16.1
22	310	207	14.7	78	311	184	13.1	134	431	243	17.3
24	342	239	17.0	80	339	212	15.1	136	451	263	18.7
26	365	262	18.6	82	361	234	16.6	138	475	287	20.4
28	368	265	18.9	84	391	264	18.8	140	499	311	22.1
30	388	285	20.3	86	415	288	20.5	142	524	336	23.9
32	392	289	20.6	88	419	292	20.8	144	536	348	24.8
34	382	279	19.8	90	428	301	21.4	146	532	344	24.5
36	381	278	19.8	92	417	290	20.6	148	536	348	24.8
38	353	250	17.8	94	406	279	19.8	150	521	333	23.7
40	328	225	16.0	96	376	249	17.7	152	500	312	22.2
42	295	192	13.7	98	357	230	16.4	154	481	293	20.8
44	272	169	12.0	100	335	208	14.8	156	464	276	19.6
46	241	138	9.8	102	305	178	12.7	158	438	250	17.8
48	222	119	8.5	104	285	158	11.2	160	422	234	16.6
50	203	100	7.1	106	266	139	9.9	162	400	212	15.1
52	184	81	5.8	108	245	118	8.4	164	377	189	13.4
54	164	61	4.3	110	223	96	6.8	166	339	151	10.7
56	151	48	3.4	112	203	76	5.4	168	317	129	9.2
58	131	28	2.0	114	177	50	3.6	170	283	95	6.8
60	114	11	0.8	116	157	30	2.1				
62	149	22	1.6	118	222	34	2.4				

表 3-5-5 垂直方向のエネルギー応答特性 (^{137}Cs β , 前面) β 放出率: 2.18×10^5 cps 計測時間: 40 秒・距離: 5 cm

平成 3 年 11 月 15 日

高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)
16	160	26	1.2	72	185	34	1.6				
18	177	36	1.7	74	212	51	2.3				
20	203	52	2.4	76	251	77	3.5				
22	228	68	3.1	78	278	92	4.2				
24	260	89	4.1	80	311	111	5.1				
26	287	95	4.4	82	352	144	6.6				
28	302	113	5.2	84	386	152	7.0				
30	349	147	6.7	86	432	191	8.8				
32	392	173	7.9	88	479	224	10.3				
34	439	201	9.2	90	532	256	11.7				
36	494	247	11.3	92	581	292	13.4				
38	541	267	12.2	94	623	324	14.9				
40	574	300	13.8	96	658	347	15.9				
42	594	311	14.3	98	674	359	16.5				
44	604	313	14.4	100	656	342	15.7				
46	579	297	13.6	102	625	324	14.9				
48	546	276	12.7	104	579	287	13.2				
50	500	242	11.1	106	528	256	11.7				
52	463	216	9.9	108	468	208	9.5				
54	417	190	8.7	110	421	178	8.2				
56	374	157	7.2	112	377	150	6.9				
58	337	135	6.2	114	333	122	5.6				
60	300	111	5.1	116	294	106	4.9				
62	273	98	4.5	118	261	81	3.7				
64	237	75	3.4	120	237	67	3.1				
66	205	49	2.2	122	206	44	2.0				
68	174	38	1.7	124	179	35	1.6				
70	159	20	0.9								

表 3-5-6 垂直方向のエネルギー応答特性 (^{137}Cs β , 後面) β 放出率: 2.18×10^6 cps 計測時間: 40 秒 距離: 5 cm

平成 3 年 1 1 月 7 日

高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)
8				64	225	40	1.8	120	328	70	3.2
10				66	256	58	2.7	122	382	99	4.5
12	293	106	4.9	68	290	80	3.7	124	433	128	5.9
14	324	133	6.1	70	321	97	4.4	126	486	161	7.4
16	358	148	6.8	72	359	122	5.6	128	533	187	8.6
18	396	170	7.8	74	397	151	6.9	130	575	215	9.9
20	443	209	9.6	76	438	175	8.0	132	613	245	11.2
22	490	241	11.1	78	489	212	9.7	134	649	267	12.2
24	535	268	12.3	80	528	233	10.7	136	694	299	13.7
26	584	307	14.1	82	578	261	12.0	138	738	329	15.1
28	593	295	13.5	84	628	303	13.9	140	771	353	16.2
30	623	316	14.5	86	663	321	14.7	142	806	374	17.2
32	640	333	15.3	88	688	347	15.9	144	840	404	18.5
34	626	328	15.0	90	698	355	16.3	146	841	401	18.4
36	599	303	13.9	92	679	334	15.3	148	831	401	18.4
38	565	287	13.2	94	646	316	14.5	150	815	386	17.7
40	519	253	11.6	96	605	282	12.9	152	778	363	16.7
42	465	209	9.6	98	563	257	11.8	154	739	342	15.7
44	425	187	8.6	100	514	223	10.2	156	698	303	13.9
46	386	158	7.2	102	474	195	8.9	158	655	269	12.3
48	348	142	6.5	104	432	168	7.7	160	620	248	11.4
50	313	116	5.3	106	399	153	7.0	162	579	219	10.0
52	275	89	4.1	108	361	132	6.1	164	538	202	9.3
54	244	67	3.1	110	323	107	4.9	166	490	167	7.7
56	209	54	2.5	112	284	85	3.9	168	444	141	6.5
58	175	30	1.4	114	236	48	2.2	170	318	3	0.1
60	172	35	1.6	116	205	35	1.6				
62	198	35	1.6	118	282	38	1.7				

表 3 - 5 - 7 垂直方向のエネルギー応答特性 (^{60}Co β , 前面) β 放出率: 1.12×10^5 cps 計測時間: 40 秒 距離: 5 cm

平成3年11月8, 11日

高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)
16	192	-5	0	72	210	2	0.2				
18	207	6	0.5	74	225	-3	0				
20	221	1	0.1	76	244	-1	0				
22	236	3	0.3	78	270	14	1.2				
24	254	6	0.5	80	282	13	1.2				
26	270	8	0.7	82	303	9	0.8				
28	289	14	1.2	84	322	15	1.3				
30	301	12	1.1	86	339	19	1.7				
32	316	13	1.2	88	362	30	2.7				
34	333	19	1.7	90	382	42	3.7				
36	353	28	2.5	92	401	45	4.0				
38	374	41	3.7	94	413	51	4.5				
40	381	38	3.4	96	423	56	5.0				
42	399	51	4.5	98	433	65	5.8				
44	389	46	4.1	100	429	63	5.6				
46	379	37	3.3	102	411	45	4.0				
48	375	37	3.3	104	397	43	3.8				
50	360	31	2.8	106	379	34	3.0				
52	344	21	1.9	108	370	31	2.8				
54	321	14	1.2	110	346	27	2.4				
56	305	5	0.4	112	318	14	1.2				
58	298	15	1.3	114	303	18	1.6				
60	275	8	0.7	116	289	13	1.2				
62	254	10	0.9	118	270	11	1.0				
64	238	6	0.5	120	251	13	1.2				
66	218	4	0.4	122	229	7	0.6				
68	203	3	0.3	124	208	-2	0				
70	193	2	0.2								

表 3-5-8 垂直方向のエネルギー応答特性 (^{60}Co β , 後面) β 放出率: $1.12 \times 10^6 \text{cps}$ 計測時間: 40秒 距離: 5 cm

平成3年11月7日

高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)
8				64	248	9	0.8	120	328	4	0.4
10				66	260	-1	0	122	352	5	0.4
12	270	18	1.6	68	282	9	0.8	124	377	10	0.9
14	289	25	2.2	70	301	4	0.4	126	402	12	1.1
16	308	29	2.6	72	320	9	0.8	128	421	16	1.4
18	319	27	2.4	74	341	7	0.6	130	443	22	2.0
20	338	32	2.9	76	364	20	1.8	132	463	28	2.5
22	352	34	3.0	78	380	30	2.7	134	481	31	2.8
24	369	42	3.7	80	396	30	2.7	136	490	30	2.7
26	387	51	4.5	82	414	40	3.6	138	516	54	4.8
28	396	48	4.3	84	435	49	4.4	140	536	61	5.4
30	416	67	6.0	86	444	58	5.2	142	548	70	6.2
32	411	47	4.2	88	454	61	5.4	144	564	82	7.3
34	414	64	5.7	90	455	53	4.7	146	561	79	7.0
36	400	50	4.5	92	453	59	5.3	148	556	71	6.3
38	391	41	3.7	94	436	51	4.5	150	542	62	5.5
40	368	26	2.3	96	424	42	3.7	152	533	60	5.4
42	351	25	2.2	98	406	39	3.5	154	513	52	4.6
44	334	23	2.1	100	387	33	2.9	156	496	36	3.2
46	317	12	1.1	102	372	31	2.8	158	476	30	2.7
48	301	18	1.6	104	356	23	2.1	160	460	20	1.8
50	285	14	1.2	106	334	19	1.7	162	445	24	2.1
52	267	14	1.2	108	316	15	1.3	164	419	18	1.6
54	246	6	0.5	110	297	12	1.1	166	397	6	0.5
56	224	4	0.4	112	273	2	0.2	168	381	11	1.0
58	204	0	0.0	114	255	9	0.8	170	351	8	0.7
60	186	1	0.1	116	233	0	0				
62	224	-4	0	118	304	8	0.7				

表 3-5-9 垂直方向のエネルギー応答特性 (^{137}Cs γ , 前面) γ 放出率: $3.49 \times 10^3 \text{cps}$ 計測時間: 30秒 距離: 5cm

平成3年11月18日

高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)
16	134	34	1.0	72	151	41	1.2				
18	141	41	1.2	74	161	51	1.5				
20	151	51	1.5	76	174	64	1.8				
22	160	60	1.7	78	186	76	2.2				
24	171	71	2.0	80	200	90	2.6				
26	192	92	2.6	82	208	98	2.8				
28	189	89	2.6	84	234	124	3.6				
30	202	102	2.9	86	241	131	3.8				
32	219	119	3.4	88	255	145	4.2				
34	238	138	4.0	90	276	166	4.8				
36	247	147	4.2	92	289	179	5.1				
38	274	174	5.0	94	299	189	5.4				
40	274	174	5.0	96	311	201	5.8				
42	283	183	5.2	98	315	205	5.9				
44	291	191	5.5	100	314	204	5.8				
46	282	182	5.2	102	301	191	5.5				
48	270	170	4.9	104	292	182	5.2				
50	258	158	4.5	106	272	162	4.6				
52	247	147	4.2	108	260	150	4.3				
54	227	127	3.6	110	243	133	3.8				
56	217	117	3.4	112	227	117	3.4				
58	202	102	2.9	114	211	101	2.9				
60	189	89	2.6	116	188	78	2.2				
62	175	75	2.1	118	180	70	2.0				
64	162	62	1.8	120	170	60	1.7				
66	156	56	1.6	122	162	52	1.5				
68	136	36	1.0	124	144	34	1.0				
70	139	29	0.8								

表 3-5-10 垂直方向のエネルギー応答特性 (^{137}Cs γ , 後面) γ 放出率: 3.49×10^5 cps 計測時間: 20秒 距離: 5 cm

平成3年11月18日

高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)
8				64	185	58	1.7	120	258	70	2.0
10				66	198	71	2.0	122	283	95	2.7
12	187	84	2.4	68	210	83	2.4	124	305	117	3.4
14	191	88	2.5	70	224	97	2.8	126	325	137	3.9
16	210	107	3.1	72	237	110	3.2	128	346	158	4.5
18	226	123	3.5	74	246	119	3.4	130	360	172	4.9
20	234	131	3.8	76	263	136	3.9	132	368	180	5.2
22	249	146	4.2	78	277	150	4.3	134	382	194	5.6
24	267	164	4.7	80	295	168	4.8	136	395	207	5.9
26	277	174	5.0	82	317	190	5.4	138	409	221	6.3
28	298	195	5.6	84	325	198	5.7	140	418	230	6.6
30	307	204	5.8	86	342	215	6.2	142	432	244	7.0
32	307	204	5.8	88	341	214	6.1	144	436	248	7.1
34	298	195	5.6	90	343	216	6.2	146	440	252	7.2
36	296	193	5.5	92	345	218	6.2	148	430	242	6.9
38	278	175	5.0	94	330	203	5.8	150	429	241	6.9
40	266	163	4.7	96	323	196	5.6	152	415	227	6.5
42	256	153	4.4	98	306	179	5.1	154	397	209	6.0
44	238	135	3.9	100	291	164	4.7	156	395	207	5.9
46	228	125	3.6	102	279	152	4.4	158	386	198	5.7
48	206	103	3.0	104	264	137	3.9	160	372	184	5.3
50	197	94	2.7	106	246	119	3.4	162	360	172	4.9
52	186	83	2.4	108	229	102	2.9	164	336	148	4.2
54	177	74	2.1	110	216	89	2.6	166	323	135	3.9
56	155	52	1.5	112	199	72	2.1	168	303	115	3.3
58	145	42	1.2	114	188	61	1.7	170	315	127	3.6
60	137	34	1.0	116	170	43	1.2				
62	163	46	1.3	118	244	56	1.6				

表3-5-11 垂直方向のエネルギー応答特性 (^{60}Co γ , 前面) γ 放出率: $6.28 \times 10^3 \text{cps}$ 計測時間: 40秒 距離: 5cm

平成3年11月12日

高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)
16	197	97	1.5	72	208	98	1.6				
18	201	101	1.6	74	228	118	1.9				
20	220	120	1.9	76	245	135	2.1				
22	233	133	2.1	78	256	146	2.3				
24	248	148	2.4	80	269	159	2.5				
26	262	162	2.6	82	294	184	2.9				
28	275	175	2.8	84	307	197	3.1				
30	289	189	3.0	86	320	210	3.3				
32	303	203	3.2	88	332	222	3.5				
34	314	214	3.4	90	340	230	3.7				
36	325	225	3.6	92	356	246	3.9				
38	333	233	3.7	94	362	252	4.0				
40	343	243	3.9	96	367	257	4.1				
42	348	248	3.9	98	368	258	4.1				
44	343	243	3.9	100	366	256	4.1				
46	342	242	3.9	102	366	256	4.1				
48	338	238	3.8	104	354	244	3.9				
50	329	229	3.6	106	345	235	3.7				
52	323	223	3.5	108	339	229	3.6				
54	307	207	3.3	110	319	209	3.3				
56	300	200	3.2	112	304	194	3.1				
58	283	183	2.9	114	285	175	2.8				
60	267	167	2.7	116	276	166	2.6				
62	244	144	2.3	118	259	149	2.4				
64	232	132	2.1	120	238	128	2.0				
66	214	114	1.8	122	222	112	1.8				
68	200	100	1.6	124	210	100	1.6				
70	191	81	1.3								

表3-5-12 垂直方向のエネルギー応答特性 (^{60}Co γ , 後面) γ 放出率: 6.28×10^4 cps 計測時間: 40秒 距離: 5cm

平成3年11月12日

高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)
8				64	239	112	1.8	120	324	136	2.2
10				66	261	134	2.1	122	347	159	2.5
12	252	149	2.4	68	273	146	2.3	124	367	179	2.8
14	264	161	2.6	70	297	170	2.7	126	390	202	3.2
16	279	176	2.8	72	311	184	2.9	128	405	217	3.5
18	292	189	3.0	74	334	207	3.3	130	421	233	3.7
20	306	203	3.2	76	344	217	3.5	132	435	247	3.9
22	318	215	3.4	78	350	223	3.5	134	450	262	4.2
24	327	224	3.6	80	366	239	3.8	136	460	272	4.3
26	336	233	3.7	82	374	247	3.9	138	462	274	4.4
28	348	245	3.9	84	386	259	4.1	140	475	287	4.6
30	349	246	3.9	86	386	259	4.1	142	478	290	4.6
32	364	261	4.2	88	393	266	4.2	144	482	294	4.7
34	350	247	3.9	90	402	275	4.4	146	482	294	4.7
36	350	247	3.9	92	394	267	4.2	148	485	297	4.7
38	350	247	3.9	94	385	258	4.1	150	480	292	4.6
40	342	239	3.8	96	382	255	4.1	152	473	285	4.5
42	326	223	3.5	98	367	240	3.8	154	461	273	4.3
44	311	208	3.3	100	354	227	3.6	156	460	272	4.3
46	305	202	3.2	102	341	214	3.4	158	446	258	4.1
48	283	180	2.9	104	333	206	3.3	160	440	252	4.0
50	271	168	2.7	106	315	188	3.0	162	421	233	3.7
52	253	150	2.4	108	301	174	2.8	164	401	213	3.4
54	240	137	2.2	110	285	158	2.5	166	391	203	3.2
56	220	117	1.9	112	271	144	2.3	168	370	182	2.9
58	204	101	1.6	114	246	119	1.9	170	343	155	2.5
60	185	82	1.3	116	233	106	1.7				
62	228	101	1.6	118	296	108	1.7				

表3-5-13 垂直方向のエネルギー応答特性 (^{137}Cs $\beta + \gamma$, 前面)放射能: $4.13 \times 10^5 \text{Bq}$ 計測時間: 40秒 距離: 5 cm

高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効率 (%)
16	160	60	1.5	72	185	75	1.8				
18	177	77	1.9	74	212	102	2.5				
20	203	103	2.5	76	251	141	3.4				
22	228	128	3.1	78	278	168	4.1				
24	260	160	3.9	80	311	201	4.9				
26	287	187	4.5	82	352	242	5.9				
28	302	202	4.9	84	386	276	6.7				
30	349	249	6.0	86	432	322	7.8				
32	392	292	7.1	88	479	369	8.9				
34	439	339	8.2	90	532	422	10.2				
36	494	394	9.6	92	581	471	11.4				
38	541	441	10.7	94	623	513	12.4				
40	574	474	11.5	96	658	548	13.3				
42	594	494	12.0	98	674	564	13.7				
44	604	504	12.2	100	656	546	13.2				
46	579	479	11.6	102	625	515	12.5				
48	546	446	10.8	104	579	469	11.4				
50	500	400	9.7	106	528	418	10.1				
52	463	363	8.8	108	468	358	8.7				
54	417	317	7.7	110	421	311	7.5				
56	374	274	6.6	112	377	267	6.5				
58	337	237	5.7	114	333	223	5.4				
60	300	200	4.8	116	294	184	4.5				
62	273	173	4.2	118	261	151	3.7				
64	237	137	3.3	120	237	127	3.1				
66	205	105	2.5	122	206	96	2.3				
68	174	74	1.8	124	179	69	1.7				
70	159	49	1.2								

表3-5-14 垂直方向のエネルギー応答特性 (^{137}Cs $\beta + \gamma$, 後面)放射能: $4.13 \times 10^3 \text{Bq}$ 計測時間: 40秒 距離: 5cm

高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)
8				64	225	98	2.4	120	328	140	3.4
10				66	256	129	3.1	122	382	194	4.7
12	293	190	4.6	68	290	163	4.0	124	433	245	5.9
14	324	221	5.4	70	321	194	4.7	126	486	298	7.2
16	358	255	6.2	72	359	232	5.6	128	533	345	8.4
18	396	293	7.1	74	397	270	6.5	130	575	387	9.4
20	443	340	8.2	76	438	311	7.5	132	613	425	10.3
22	490	387	9.4	78	489	362	8.8	134	649	461	11.2
24	535	432	10.5	80	528	401	9.7	136	694	506	12.3
26	584	481	11.7	82	578	451	10.9	138	738	550	13.3
28	593	490	11.9	84	628	501	12.1	140	771	583	14.1
30	623	520	12.6	86	663	536	13.0	142	806	618	15.0
32	640	537	13.0	88	688	561	13.6	144	840	652	15.8
34	626	523	12.7	90	698	571	13.8	146	841	653	15.8
36	599	496	12.0	92	679	552	13.4	148	831	643	15.6
38	565	462	11.2	94	646	519	12.6	150	815	627	15.2
40	519	416	10.1	96	605	478	11.6	152	778	590	14.3
42	465	362	8.8	98	563	436	10.6	154	739	551	13.4
44	425	322	7.8	100	514	387	9.4	156	698	510	12.4
46	386	283	6.9	102	474	347	8.4	158	655	467	11.3
48	348	245	5.9	104	432	305	7.4	160	620	432	10.5
50	313	210	5.1	106	399	272	6.6	162	579	391	9.5
52	275	172	4.2	108	361	234	5.7	164	538	350	8.5
54	244	141	3.4	110	323	196	4.8	166	490	302	7.3
56	209	106	2.6	112	284	157	3.8	168	444	256	6.2
58	175	72	1.7	114	236	109	2.6	170	318	130	3.2
60	172	69	1.7	116	205	78	1.9				
62	198	71	1.7	118	282	94	2.3				

表3-5-15 垂直方向のエネルギー応答特性 (^{60}Co $\beta + \gamma$, 前面)放射能: $3.14 \times 10^5 \text{Bq}$ 計測時間: 40秒 距離: 5cm

高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)
16	192	92	2.9	72	210	100	3.2				
18	207	107	3.4	74	225	115	3.7				
20	221	121	3.9	76	244	134	4.3				
22	236	136	4.3	78	270	160	5.1				
24	254	154	4.9	80	282	172	5.5				
26	270	170	5.4	82	303	193	6.1				
28	289	189	6.0	84	322	212	6.7				
30	301	201	6.4	86	339	229	7.3				
32	316	216	6.9	88	362	252	8.0				
34	333	233	7.4	90	382	272	8.7				
36	353	253	8.1	92	401	291	9.3				
38	374	274	8.7	94	413	303	9.6				
40	381	281	8.9	96	423	313	10.0				
42	399	299	9.5	98	433	323	10.3				
44	389	289	9.2	100	429	319	10.2				
46	379	279	8.9	102	411	301	9.6				
48	375	275	8.8	104	397	287	9.1				
50	360	260	8.3	106	379	269	8.6				
52	344	244	7.8	108	370	260	8.3				
54	321	221	7.0	110	346	236	7.5				
56	305	205	6.5	112	318	208	6.6				
58	298	198	6.3	114	303	193	6.1				
60	275	175	5.6	116	289	179	5.7				
62	254	154	4.9	118	270	160	5.1				
64	238	138	4.4	120	251	141	4.5				
66	218	118	3.8	122	229	119	3.8				
68	203	103	3.3	124	208	98	3.1				
70	193	83	2.6								

表3-5-16 垂直方向のエネルギー応答特性 (^{60}Co $\beta + \gamma$, 後面)放射能: $3.14 \times 10^5 \text{Bq}$ 計測時間: 40秒 距離: 5cm

高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)	高さ (cm)	計測値 (cps)	正味値 (cps)	効 率 (%)
8				64	248	121	3.9	120	328	140	4.5
10				66	260	133	4.2	122	352	164	5.2
12	270	167	5.3	68	282	155	4.9	124	377	189	6.0
14	289	186	5.9	70	301	174	5.5	126	402	214	6.8
16	308	205	6.5	72	320	193	6.1	128	421	233	7.4
18	319	216	6.9	74	341	214	6.8	130	443	255	8.1
20	338	235	7.5	76	364	237	7.5	132	463	275	8.8
22	352	249	7.9	78	380	253	8.1	134	481	293	9.3
24	369	266	8.5	80	396	269	8.6	136	490	302	9.6
26	387	284	9.0	82	414	287	9.1	138	516	328	10.4
28	396	293	9.3	84	435	308	9.8	140	536	348	11.1
30	416	313	10.0	86	444	317	10.1	142	548	360	11.5
32	411	308	9.8	88	454	327	10.4	144	564	376	12.0
34	414	311	9.9	90	455	328	10.4	146	561	373	11.9
36	400	297	9.5	92	453	326	10.4	148	556	368	11.7
38	391	288	9.2	94	436	309	9.8	150	542	354	11.3
40	368	265	8.4	96	424	297	9.5	152	533	345	11.0
42	351	248	7.9	98	406	279	8.9	154	513	325	10.3
44	334	231	7.4	100	387	260	8.3	156	496	308	9.8
46	317	214	6.8	102	372	245	7.8	158	476	288	9.2
48	301	198	6.3	104	356	229	7.3	160	460	272	8.7
50	285	182	5.8	106	334	207	6.6	162	445	257	8.2
52	267	164	5.2	108	316	189	6.0	164	419	231	7.4
54	246	143	4.6	110	297	170	5.4	166	397	209	6.7
56	224	121	3.9	112	273	146	4.6	168	381	193	6.1
58	204	101	3.2	114	255	128	4.1	170	351	163	5.2
60	186	83	2.6	116	233	106	3.4				
62	224	97	3.1	118	304	116	3.7				

表3-6-1 水平・垂直方向のエネルギー応答特性調査結果

核種	検出器	水平方向 $\bar{\eta}$	垂直方向			実効 E_{eff}
			ϵ_{max}	$\bar{\epsilon}$	$\bar{\epsilon} / \epsilon_{max}$	
$^{90}Sr - ^{90}Y$	前面	15.4 %	31.4 %	19.2 %	0.61	9.39 %
	背面	17.4	33.3	21.4	0.64	11.1
	総合	10.6 (16.4)	33.3	20.3	0.61	6.47 (10.0)
^{204}Tl	前面	8.9	21.8	10.5	0.48	4.27
	背面	11.2	24.8	13.1	0.53	5.94
	総合	6.4 (10.1)	24.8	11.8	0.48	3.07 (4.85)
^{137}Cs	前面	4.4	16.5	7.7	0.47	2.07
	背面	5.1	18.5	9.5	0.51	2.60
	総合	3.2 (4.8)	18.5	8.6	0.46	1.47 (2.21)
^{60}Co	前面	1.7	5.8	1.9	0.33	0.56
	背面	1.4	7.3	2.6	0.36	0.50
	総合	1.2 (1.6)	7.3	2.3	0.32	0.38 (0.51)

注) 水平方向の前面及び背面機器効率は、5方位の平均値

括弧内数値は前面と背面10方位の平均値

表3-6-2 水平・垂直方向のエネルギー応答特性調査結果

核種	検出器	水平方向 $\bar{\eta}$	垂直方向			実効 E_{eff}
			ϵ_{max}	$\bar{\epsilon}$	$\bar{\epsilon} / \epsilon_{max}$	
$^{137}\text{Cs } \gamma$	前面	4.2 %	5.9 %	3.3 %	0.56	2.35 %
	背面	5.2	7.2	4.2	0.58	3.02
	総合	3.1 (4.7)	7.2	3.8	0.53	1.64 (2.49)
$^{60}\text{Co } \gamma$	前面	2.3	4.1	2.9	0.71	1.63
	背面	2.7	4.7	3.3	0.70	1.89
	総合	1.9 (2.5)	4.7	3.1	0.66	1.25 (1.65)
$^{137}\text{Cs } \beta + \gamma$	前面	5.9	13.7	6.8	0.50	2.95
	背面	7.1	15.8	8.6	0.54	3.83
	総合	4.3 (6.5)	15.8	7.7	0.49	2.11 (3.19)
$^{60}\text{Co } \beta + \gamma$	前面	5.3	10.3	6.5	0.63	3.34
	背面	5.9	12.0	7.6	0.63	3.72
	総合	4.1 (5.6)	12.0	7.1	0.59	2.42 (3.30)

注) 水平方向の前面及び背面計数効率、5方位の平均値

括弧内数値は前面と後面の10方位の平均値

表3-7-1 検出限界放出率 (MDER)

部 位	B.G. 計数率 (cps)	実効機器効率 (%)				検出限界放出率 (S ⁻¹)			
		⁹⁰ Sr- ⁹⁰ Yβ	²⁰⁴ Tlβ	¹³⁷ Csβ	⁶⁰ Coβ	⁹⁰ Sr- ⁹⁰ Yβ	²⁰⁴ Tlβ	¹³⁷ Csβ	⁶⁰ Coβ
前 面	101	9.39	4.27	2.07	0.56	190	400	830	3100
背 面	140	11.1	5.94	2.60	0.50	190	360	820	4300
総 合	120	6.47 (10.0)	3.07 (4.85)	1.47 (2.21)	0.38 (0.51)	300 (190)	620 (400)	1300 (860)	5000 (3800)

注) 前面のBG値は、検出器No1, No4の平均、背面のBG値は、検出器No5, No6, No7の平均
括弧内数値は前後10方位の平均値

$$\text{計算式 MDER} = \frac{P (B_2 / t + B_2 / T)^{0.5} + 0.05 B_2}{\text{E e f f}}$$

$$P = 3, \quad T = 7 \text{ sec}, \quad t = 70 \text{ sec}$$

表3-7-2 検出限界放出率 (MDER)

部 位	B.G. 計数率 (cps)	実 効 計 数 効 率 (%)				検 出 限 界 放 出 率 (S ⁻¹)			
		¹³⁷ Cs γ	⁶⁰ Co γ	¹³⁷ Cs β+γ	⁶⁰ Co β+γ	¹³⁷ Cs γ	⁶⁰ Co γ	¹³⁷ Cs β+γ	⁶⁰ Co β+γ
前 面	101	2.35	1.63	2.95	3.34	730	1100	580	510
背 面	140	3.02	1.89	3.83	3.72	700	1200	560	570
総 合	120	1.64 (2.49)	1.25 (1.65)	2.11 (3.19)	2.42 (3.30)	1200 (770)	1600 (1200)	910 (600)	790 (580)

注) 前面のBG値は、検出器No1, No4の平均、背面のBG値は、検出器No5, No6, No7の平均
括弧内数値は前後10方位の平均値

$$\text{計算式 MDER} = \frac{P (B_2 / t + B_2 / T)^{0.5} + 0.05 B_2}{E e f f}$$

$$P = 3, T = 7 \text{ sec}, t = 70 \text{ sec}$$

表4-1 ファントムで求めた各部位のβ線機器効率 ($^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$)

β線エネルギー 1.42 MeV			β線放出率 (cpm) 2π方向					
			5.73×10 ⁵		4.80×10 ⁵		5.24×10 ⁵	
部 位	検出器 番 号	B.G計数率 (cps)	1 cm ²		20 cm ²		100 cm ²	
			正味値 (cps)	効 率 (%)	正味値 (cps)	効 率 (%)	正味値 (cps)	効 率 (%)
後 頭 部	5	192	432	4.5	360	4.5	356	4.1
右 肩	5	192	138	1.4	114	1.4	172	2.0
腹	1	102	1378	14.4	1208	15.1	1228	14.0
右 横 腹	1	102	2	0.0	5	0.1	18	0.2
	6	126	3	0.0	21	0.3	52	0.6
背	5	192	1458	15.3	1268	15.9	1378	15.8
右 肘	5	192	21	0.2	19	0.2	—	—
	6	126	66	0.7	64	0.8	—	—
臀 部	6	126	888	9.3	784	9.8	845	9.7
陰 部	1	102	1048	11.0	846	10.6	—	—
大 腿 部 前	1	102	70	0.7	54	0.7	73	0.8
	4	99.4	439	4.6	348	4.4	346	4.0
大 腿 部 後	6	126	573	6.0	470	5.9	525	6.0
	7	103	88	0.9	68	0.9	81	0.9
大 腿 部 横	6	126	0	0.0	0	0.0	5	0.1
膝 前	4	99.4	802	8.4	678	8.5	610	7.0
	8	119	96	1.0	78	1.0	79	0.9
膝 後	6	126	60	0.6	47	0.6	50	0.6
	7	103	717	7.5	598	7.5	641	7.3
膝 横	2	99.4	27	0.3	15	0.2	49	0.6
	7	103	4	0.0	13	0.2	11	0.1
下 腿 部 中 央 前	4	99.4	504	5.3	402	5.0	420	4.8
	8	119	118	1.2	104	1.3	113	1.3
下 腿 部 中 央 後	7	103	1121	11.7	813	10.2	917	10.5
下 腿 部 中 央 横	7	103	0	0.0	5	0.1	41	0.5

表4-2 ファントムで求めた各部位のβ線機器効率 (^{204}Tl)

β線エネルギー			β線放出率 (cpm) 2π方向					
0.77 MeV			2.97×10^5		3.56×10^5		3.46×10^5	
部 位	検出器 番 号	B.G計数率 (cps)	1 cm ²		20 cm ²		100 cm ²	
			正味値 (cps)	効 率 (%)	正味値 (cps)	効 率 (%)	正味値 (cps)	効 率 (%)
後 頭 部	5	192	75	1.5	80	1.3	76	1.3
右 肩	5	192	11	0.2	15	0.3	30	0.5
腹	1	102	173	3.5	218	3.7	206	3.6
右 横 腹	1	102	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	6	126	0	0.0	3	0.1	3	0.1
背	5	192	361	7.3	454	7.7	471	8.2
右 肘	5	192	0	0.0	0	0.0	—	—
	6	126	6	0.1	10	0.2	—	—
腎 部	6	126	156	3.2	218	3.7	221	3.8
陰 部	1	102	125	2.5	149	2.5	—	—
大 腿 部 前	1	102	0	0.0	4	0.1	0	0.0
	4	99.4	56	1.1	66	1.1	66	1.1
大 腿 部 後	6	126	92	1.9	114	1.9	89	1.5
	7	103	4	0.1	4	0.1	2	0.0
大 腿 部 横	6	126	0	0.0	0	0.0	0	0.0
膝 前	4	99.4	167	3.4	209	3.5	155	2.7
	8	119	3	0.1	7	0.1	5	0.1
膝 後	6	126	4	0.1	5	0.1	4	0.1
	7	103	96	1.9	127	2.1	116	2.0
膝 横	4	99.4	0	0.0	9	0.2	5	0.1
	7	103	0	0.0	0	0.0	0	0.0
下 腿 部 中 央 前	4	99.4	77	1.6	84	1.4	76	1.3
	8	119	12	0.2	14	0.2	16	0.3
下 腿 部 中 央 後	7	103	248	5.0	276	4.7	280	5.1
下 腿 部 中 央 横	7	103	0	0.0	0	0.0	2	0.0

表4-3 ファントムで求めた各部位の β 線機器効率 ($^{137}\text{Cs}\beta$)

β 線エネルギー 0.56 MeV			β 線放出率 (cpm) 2π 方向					
			4.15×10^5		4.11×10^5		4.43×10^5	
部 位	検出器 番 号	B.G計数率 (cps)	1 cm^2		20 cm^2		100 cm^2	
			正味値 (cps)	効 率 (%)	正味値 (cps)	効 率 (%)	正味値 (cps)	効 率 (%)
後 頭 部	5	192	79	1.1	74	1.1	78	1.1
右 肩	5	192	13	0.2	12	0.2	63	0.9
腹	1	102	314	4.5	195	2.9	167	2.3
右 横 腹	1	102	0	0.0	0	0.0	-8	0.1
	6	126	11	0.2	1	0.0	-2	0.0
背	5	192	256	3.7	324	4.8	342	4.6
右 肘	5	192	7	0.1	12	0.2	-	-
	6	126	10	0.1	13	0.2	-	-
臀 部	6	126	146	2.1	191	2.9	187	2.5
陰 部	1	102	48	0.7	142	2.1	-	-
大 腿 部 前	1	102	3	0.0	4	0.1	13	0.2
	4	99.4	52	0.8	59	0.9	27	0.4
大 腿 部 後	6	126	81	1.2	87	1.3	72	1.0
	7	103	6	0.1	11	0.2	7	0.1
大 腿 部 横	6	126	-2	0.0	-9	0.0	7	0.1
膝 前	4	99.4	140	2.0	137	2.1	124	1.7
	8	119	9	0.1	10	0.1	12	0.2
膝 後	6	126	1	0.0	1	0.0	7	0.1
	7	103	118	1.7	121	1.8	131	1.8
膝 横	4	99.4	-1	0.0	-3	0.0	10	0.1
	7	103	-2	0.0	-5	0.0	6	0.1
下 腿 部 中 央 前	4	99.4	58	0.8	75	1.1	80	1.1
	8	119	12	0.2	14	0.2	23	0.3
下 腿 部 中 央 後	7	103	200	2.9	241	3.6	237	3.2
下 腿 部 中 央 横	7	103	-15	0.0	-6	0.0	20	0.3

表4-4 ファントムで求めた各部位のβ線機器効率 (^{60}Co β)

β線エネルギー 0.31 MeV			β線放出率 (cpm) 2π方向					
			2.05×10 ⁵		2.18×10 ⁵		2.37×10 ⁵	
部 位	検出器 番 号	B. G計数率 (cps)	1 cm ²		20 cm ²		100 cm ²	
			正味値 (cps)	効 率 (%)	正味値 (cps)	効 率 (%)	正味値 (cps)	効 率 (%)
後 頭 部	5	192	13	0.4	-6	0.0	-12	0.0
右 肩	5	192	-15	0.0	-5	0.0	22	0.6
腹	1	102	13	0.4	-8	0.0	30	0.8
右 横 腹	1	102	2	0.1	9	0.2	13	0.3
	6	126	-5	0.0	-10	0.0	-3	0.0
背	5	192	-27	0.0	10	0.3	-40	0.0
右 肘	5	192	-8	0.0	-2	0.0	-	-
	6	126	-8	0.0	-4	0.0	-	-
腎 部	6	126	-9	0.0	7	0.2	10	0.3
陰 部	1	102	10	0.3	-59	0.0	-	-
大 腿 部 前	1	102	-13	0.0	-11	0.0	-8	0.0
	4	99.4	6	0.2	-9	0.0	2	0.1
大 腿 部 後	6	126	-1	0.0	-4	0.0	-3	0.0
	7	103	-2	0.0	6	0.2	4	0.1
大 腿 部 横	6	126	-12	0.0	-11	0.0	0	0.0
膝 前	4	99.4	-17	0.0	-2	0.0	-12	0.0
	8	119	0	0.0	-2	0.0	-3	0.0
膝 後	6	126	-4	0.0	-4	0.0	5	0.1
	7	103	-9	0.0	3	0.1	-6	0.0
膝 横	4	99.4	-6	0.0	-1	0.0	2	0.1
	7	103	-3	0.0	-1	0.0	16	0.4
下 腿 部 中 央 前	4	99.4	-13	0.0	-9	0.0	3	0.1
	8	119	8	0.2	11	0.3	-4	0.0
下 腿 部 中 央 後	7	103	-42	0.0	-10	0.0	5	0.1
下 腿 部 中 央 横	7	103	-1	0.0	6	0.2	21	0.5

表4-5 ファントムで求めた各部位の γ 線計数効率 ($^{137}\text{Cs}\gamma$)

γ 線エネルギー			γ 線放出率 (cps) 4 π 方向					
0.66 MeV			1.61×10^4		1.54×10^4		1.67×10^4	
部 位	検出器 番 号	B.G計数率 (cps)	1 cm ²		20 cm ²		100 cm ²	
			正味値 (cps)	効 率 (%)	正味値 (cps)	効 率 (%)	正味値 (cps)	効 率 (%)
後 頭 部	5	192	147	0.9	162	1.0	165	1.0
右 肩	5	192	139	0.9	148	1.0	161	1.0
腹	1	102	377	2.3	354	2.3	423	2.5
右 横 腹	1	102	64	0.4	63	0.4	82	0.5
	6	126	48	0.3	61	0.4	71	0.4
背	5	192	534	3.3	514	3.3	566	3.4
右 肘	5	192	55	0.3	48	0.3	—	—
	6	126	67	0.4	64	0.4	—	—
臀 部	6	126	295	1.8	287	1.9	337	2.0
陰 部	1	102	340	2.1	328	2.1	—	—
大 腿 部 前	1	102	73	0.5	73	0.5	79	0.5
	4	99.4	148	0.9	149	1.0	184	1.1
大 腿 部 後	6	126	187	1.2	190	1.2	187	1.1
	7	103	55	0.3	58	0.4	62	0.4
大 腿 部 横	6	126	44	0.3	48	0.3	46	0.3
膝 前	4	99.4	249	1.5	239	1.5	233	1.4
	8	119	47	0.3	50	0.3	48	0.3
膝 後	6	126	52	0.3	49	0.3	56	0.3
	7	103	204	1.3	212	1.4	208	1.2
膝 横	4	99.4	59	0.4	67	0.4	80	0.5
	7	103	58	0.4	62	0.4	68	0.4
下 腿 部 中 央 前	4	99.4	143	0.9	138	0.9	139	0.8
	8	119	85	0.5	87	0.6	86	0.5
下 腿 部 中 央 後	7	103	372	2.3	375	2.4	365	2.2
下 腿 部 中 央 横	7	103	91	0.6	93	0.6	99	0.6

表4-6 ファントムで求めた各部位の γ 線計数効率 ($^{60}\text{Co}\gamma$)

γ 線エネルギー 1.25 MeV			γ 線放出率 (cps) 4 π 方向					
部 位	検出器 番 号	B. G計数率 (cps)	3.36×10^4		3.44×10^4		3.83×10^4	
			1 cm ²		20 cm ²		100 cm ²	
			正味値 (cps)	効 率 (%)	正味値 (cps)	効 率 (%)	正味値 (cps)	効 率 (%)
後 頭 部	5	192	264	0.8	308	0.9	349	0.9
右 肩	5	192	332	1.0	355	1.0	399	1.0
腹	1	102	796	2.4	843	2.5	938	2.4
右 横 腹	1	102	195	0.6	225	0.7	261	0.7
	6	126	152	0.5	157	0.5	177	0.5
背	5	192	754	2.2	808	2.4	928	2.4
右 肘	5	192	141	0.4	144	0.4	—	—
	6	126	163	0.5	178	0.5	—	—
臀 部	6	126	511	1.5	561	1.6	601	1.6
陰 部	1	102	772	2.3	841	2.4	—	—
大 腿 部 前	1	102	227	0.7	249	0.7	254	0.7
	4	99.4	334	1.0	370	1.1	393	1.0
大 腿 部 後	6	126	342	1.0	369	1.1	399	1.0
	7	103	156	0.5	170	0.5	186	0.5
大 腿 部 横	6	126	137	0.4	147	0.4	175	0.5
膝 前	4	99.4	416	1.2	432	1.3	473	1.2
	8	119	110	0.3	122	0.4	130	0.3
膝 後	6	126	136	0.4	146	0.4	157	0.4
	7	103	430	1.3	453	1.3	498	1.3
膝 横	4	99.4	186	0.6	193	0.6	233	0.6
	7	103	174	0.5	196	0.6	227	0.6
下 腿 部 中 央 前	4	99.4	289	0.9	299	0.9	317	0.8
	8	119	187	0.6	200	0.6	222	0.6
下 腿 部 中 央 後	7	103	663	2.0	698	2.0	730	1.9
下 腿 部 中 央 横	7	103	253	0.8	270	0.8	311	0.8

表4-7 ファントムで求めた各部位の γ 線計数効率 (^{137}Cs $\beta + \gamma$)

β 線エネルギー 0.56 MeV			全放射能 (Bq)					
γ 線エネルギー 1.25 MeV			1.90×10^4		1.83×10^4		1.97×10^4	
部 位	検出器 番 号	B. G計数率 (cps)	1 cm ²		20 cm ²		100 cm ²	
			正味値 (cps)	効 率 (%)	正味値 (cps)	効 率 (%)	正味値 (cps)	効 率 (%)
後 頭 部	5	192	226	1.2	236	1.3	243	1.2
右 肩	5	192	152	0.8	160	0.9	224	1.1
腹	1	102	691	3.6	549	3.0	590	3.0
右 横 腹	1	102	64	0.3	63	0.3	74	0.4
	6	126	59	0.3	62	0.3	69	0.4
背	5	192	790	4.2	838	4.6	908	4.6
右 肘	5	192	62	0.3	60	0.3	—	—
	6	126	77	0.4	77	0.4	—	—
臀 部	6	126	441	2.3	478	2.6	524	2.7
陰 部	1	102	388	2.0	470	2.6	—	—
大 腿 部 前	1	102	76	0.4	77	0.4	92	0.5
	4	99.4	200	1.1	208	1.1	211	1.1
大 腿 部 後	6	126	268	1.4	277	1.5	259	1.3
	7	103	61	0.3	69	0.4	69	0.4
大 腿 部 横	6	126	42	0.2	39	0.2	53	0.3
膝 前	4	99.4	389	2.0	376	2.1	357	1.8
	8	119	56	0.3	60	0.3	60	0.3
膝 後	6	126	53	0.3	50	0.3	63	0.3
	7	103	322	1.7	333	1.8	339	1.7
膝 横	4	99.4	58	0.3	64	0.4	90	0.5
	7	103	56	0.3	57	0.3	74	0.4
下 腿 部 中 央 前	4	99.4	201	1.1	213	1.2	219	1.1
	8	119	97	0.5	101	0.6	109	0.6
下 腿 部 中 央 後	7	103	572	3.0	616	3.4	602	3.1
下 腿 部 中 央 横	7	103	76	0.4	87	0.5	119	0.6

表4-8 ファントムで求めた各部位の γ 線計数効率 ($^{60}\text{Co}\beta + \gamma$)

β 線エネルギー 0.31 MeV			全放射能 (Bq)					
γ 線エネルギー 0.66 MeV			1.68×10^4		1.72×10^4		1.91×10^4	
部 位	検出器 番 号	B.G計数率 (cps)	1 cm ²		20 cm ²		100 cm ²	
			正味値 (cps)	効 率 (%)	正味値 (cps)	効 率 (%)	正味値 (cps)	効 率 (%)
後 頭 部	5	192	277	1.7	302	1.8	337	1.8
右 肩	5	192	317	1.9	350	2.0	421	2.2
腹	1	102	809	4.8	835	4.9	968	5.1
右 横 腹	1	102	197	1.2	234	1.4	274	1.4
	6	126	147	0.9	147	0.9	174	0.9
背	5	192	727	4.3	818	4.8	888	4.6
右 肘	5	192	133	0.8	142	0.8	—	—
	6	126	155	0.9	174	1.0	—	—
臀 部	6	126	502	3.0	568	3.3	611	3.2
陰 部	1	102	782	4.7	782	4.6	—	—
大 腿 部 前	1	102	214	1.3	238	1.4	246	1.3
	4	99.4	340	2.0	361	2.1	395	2.1
大 腿 部 後	6	126	341	2.0	365	2.1	396	2.1
	7	103	154	0.9	176	1.0	190	1.0
大 腿 部 横	6	126	125	0.7	136	0.8	175	0.9
膝 前	4	99.4	399	2.4	430	2.5	461	2.4
	8	119	110	0.7	120	0.7	127	0.7
膝 後	6	126	132	0.8	142	0.8	162	0.8
	7	103	421	2.5	456	2.7	492	2.6
膝 横	4	99.4	180	1.1	192	1.1	235	1.2
	7	103	171	1.0	195	1.1	243	1.3
下 腿 部 中 央 前	4	99.4	276	1.6	290	1.7	320	1.7
	8	119	195	1.2	211	1.2	218	1.1
下 腿 部 中 央 後	7	103	621	3.7	688	4.0	735	3.8
下 腿 部 中 央 横	7	103	252	1.5	276	1.6	332	1.7

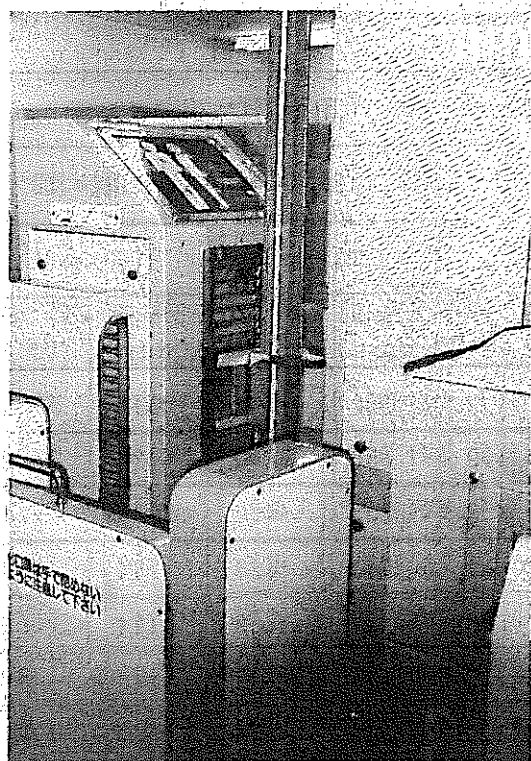


写真3-1 面線源による感度調査状況

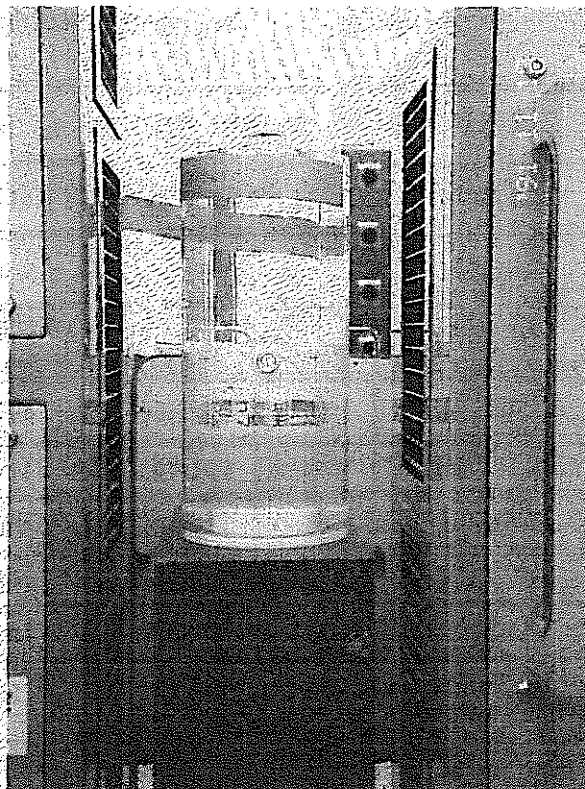


写真3-2 水平方向のエネルギー応答の調査状況

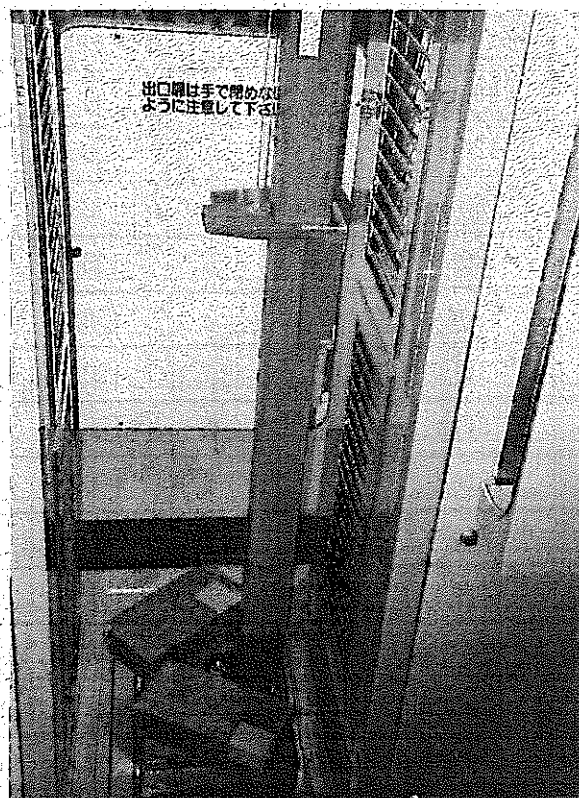


写真3-3 垂直方向のエネルギー応答の調査状況

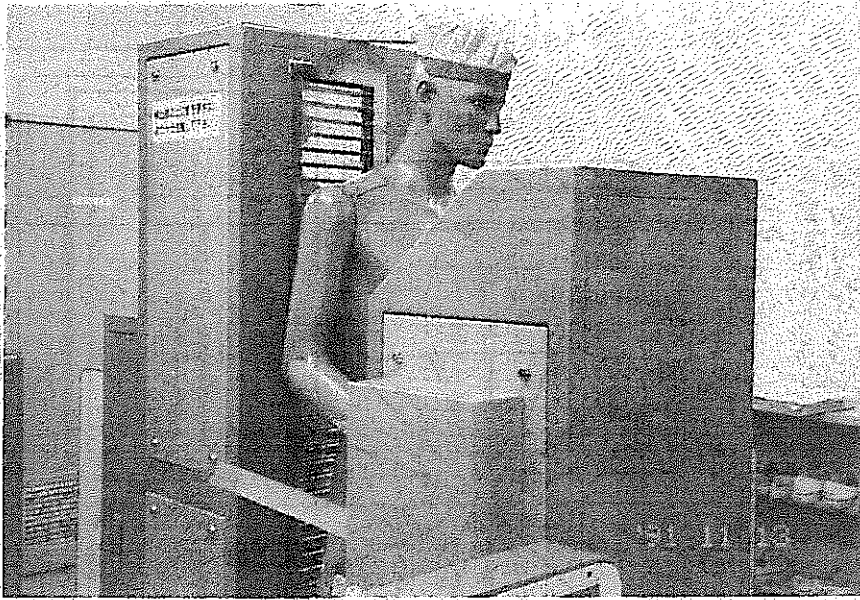


写真 4-1 ファントムと検出器位置関係

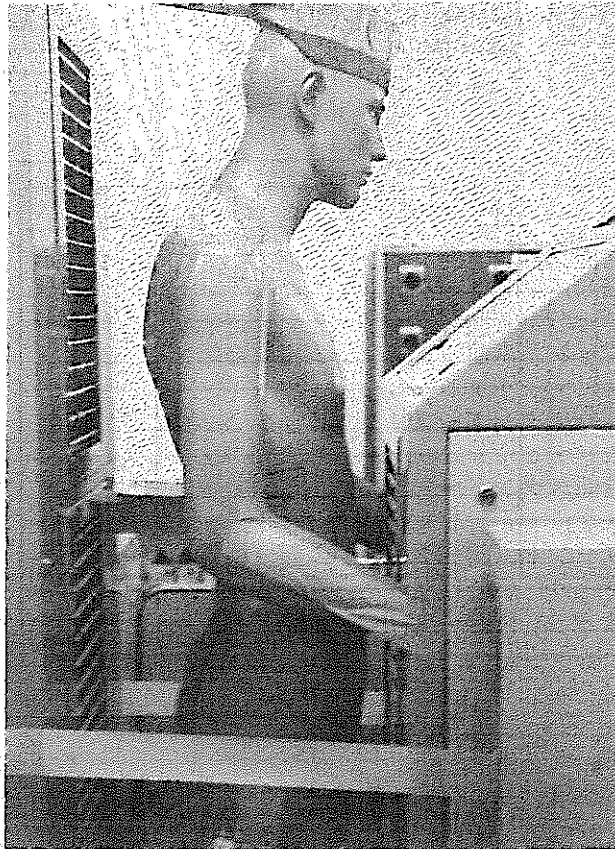
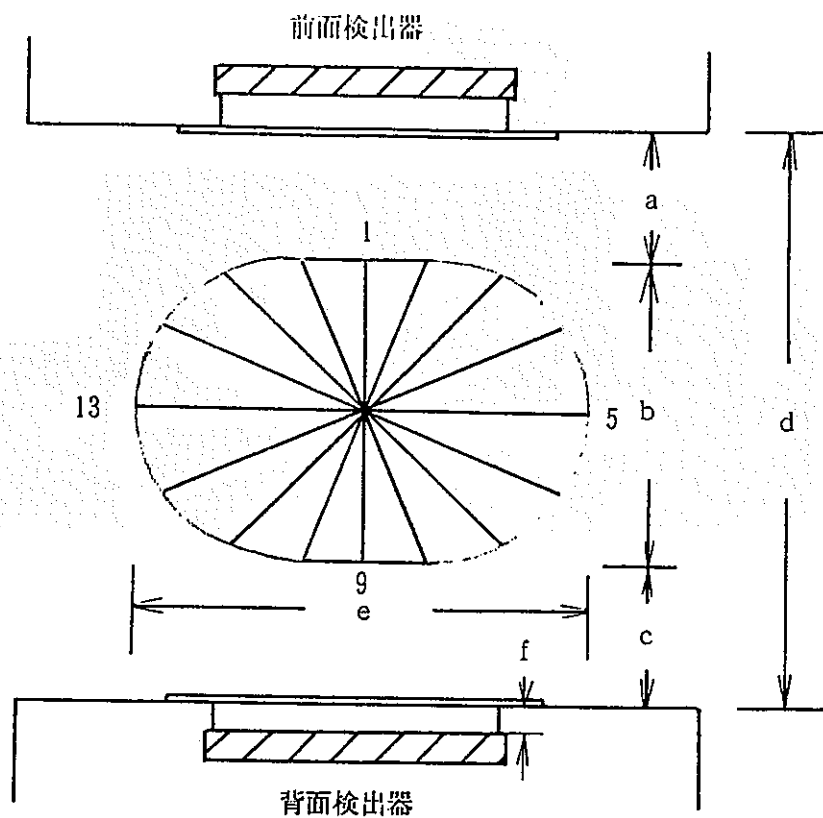


写真 4-2 ファントムと検出器位置関係



記号	場 所	距離(mm)
a	前面スタンド～ファントム面	91
b	ファントム面～ファントム面 (縦幅)	200
c	背面スタンド～ファントム面	89
d	前面スタンド～背面スタンド	380
e	ファントム面～ファントム面 (横幅)	300
f	スタンド面～ 検出器面	20

図 3 - 1 ファントムと検出器位置関係

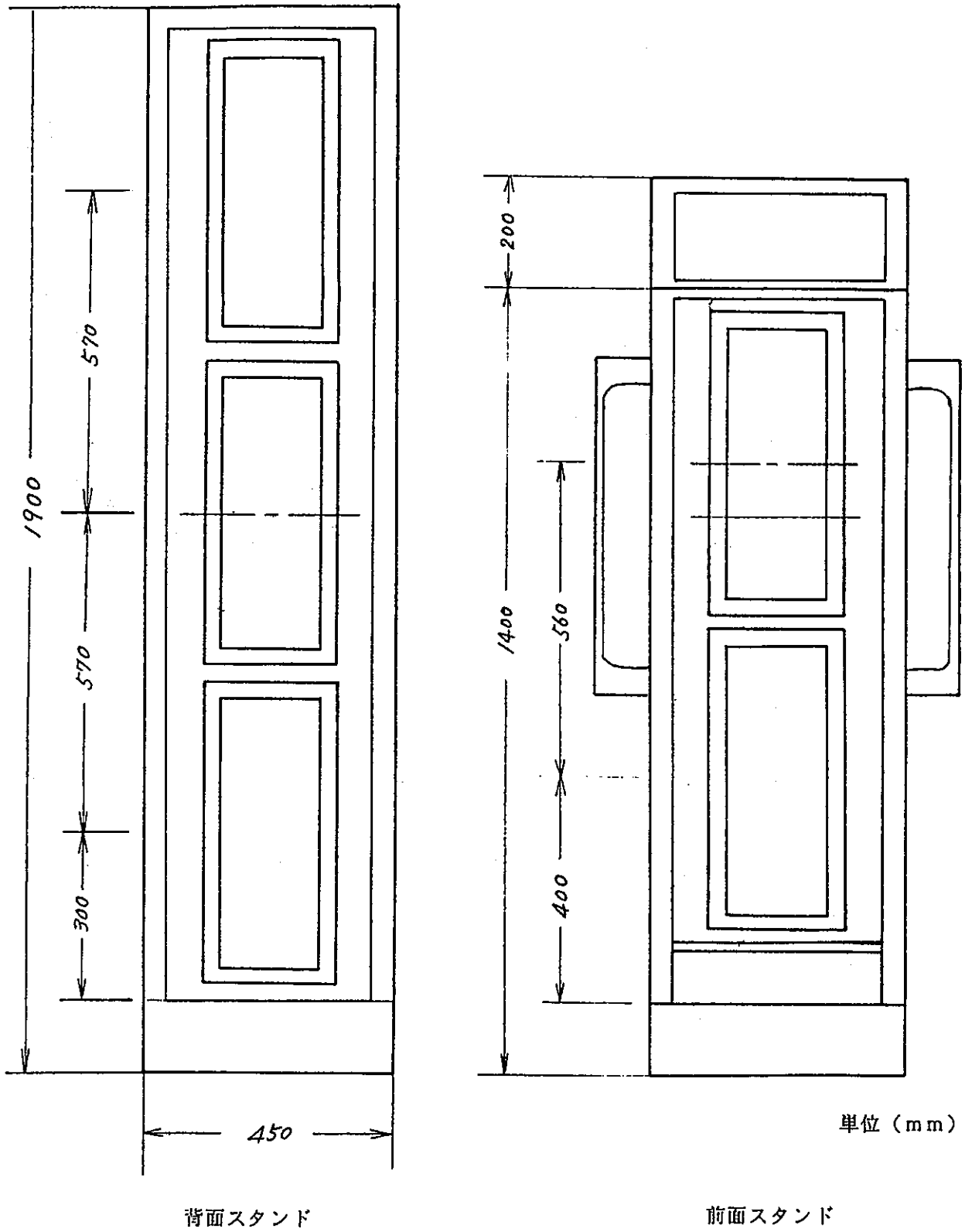


図 3 - 2 検出器の配置

β線エネルギー特性

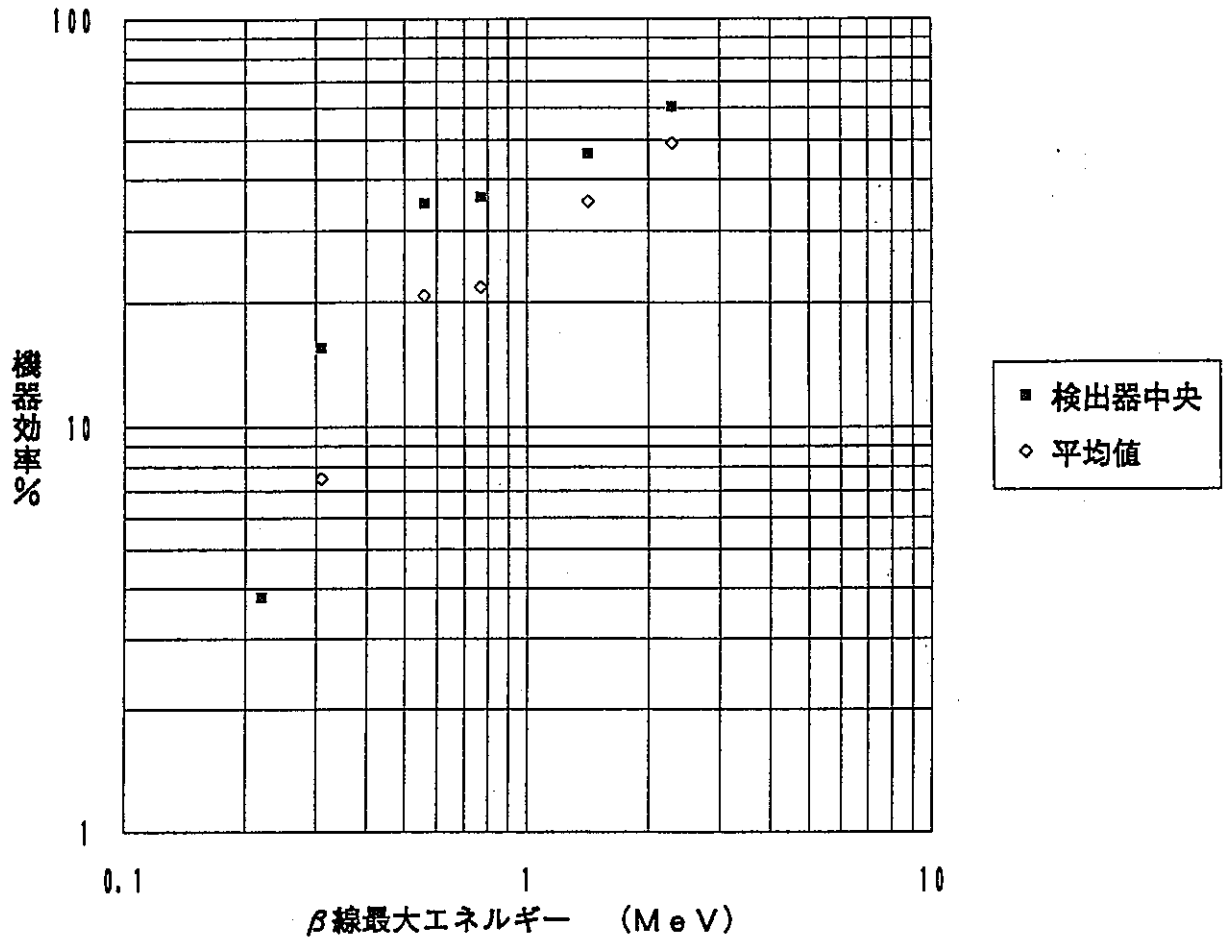


図 3 - 3 - 1 β線のエネルギー特性 (背面部検出器 No.6)

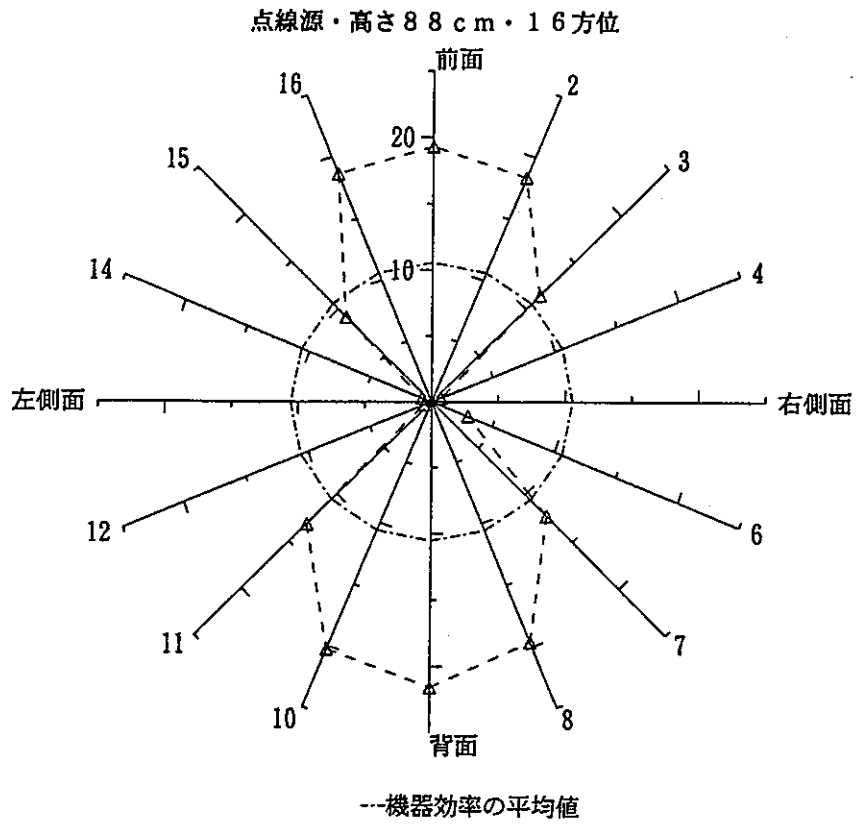


図3-4-1 水平感度特性 ($^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}\beta$)

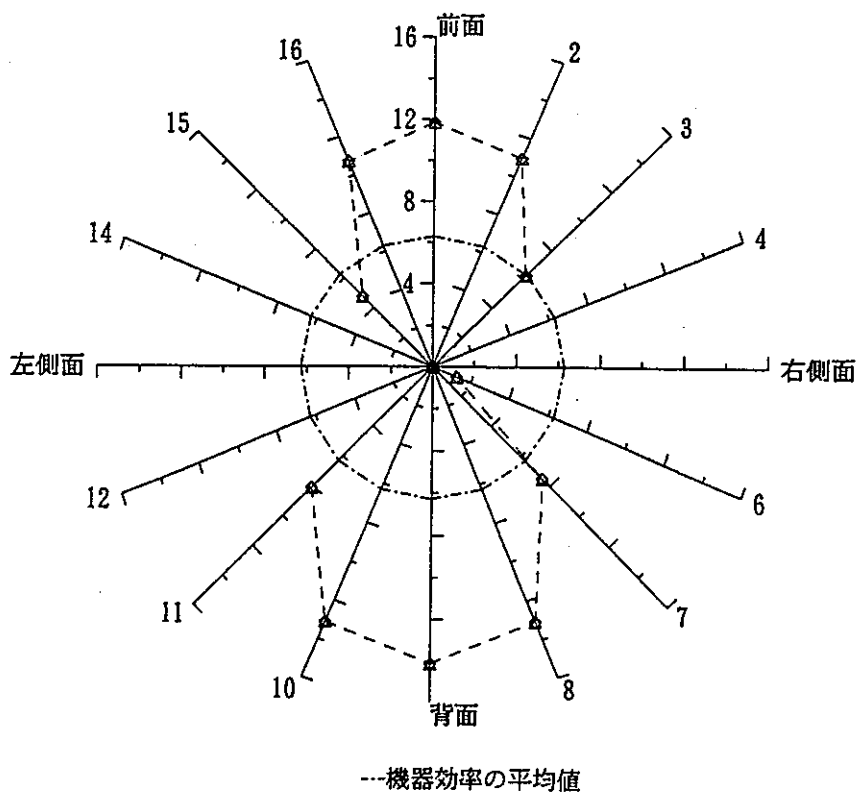


図3-4-2 水平感度特性 ($^{204}\text{Tl}\beta$)

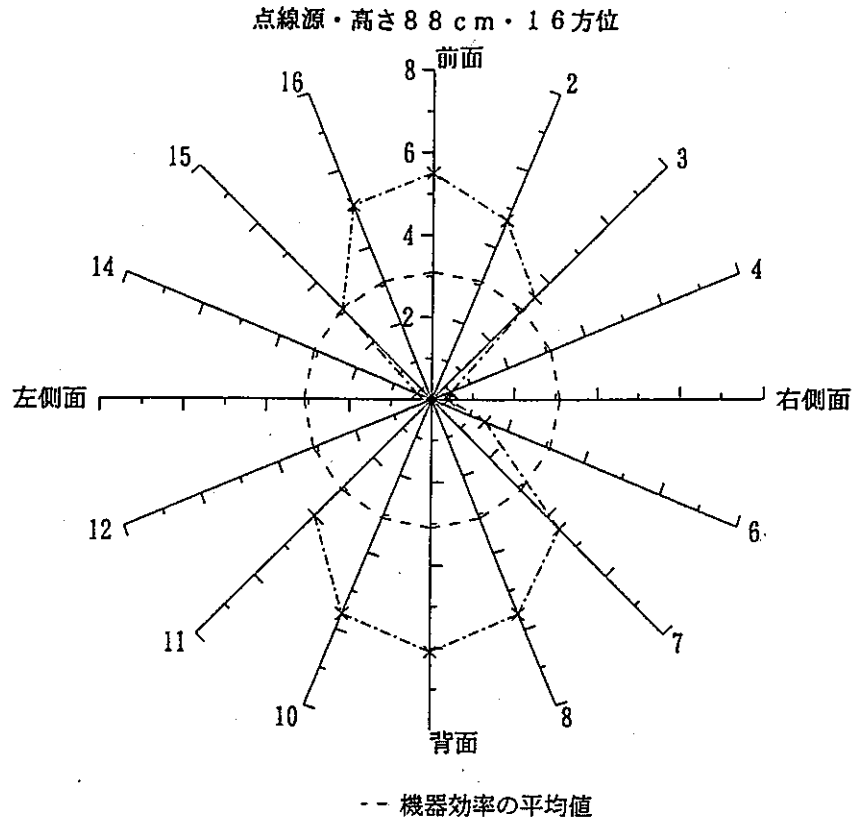


図3-4-3 水平感度特性 ($^{137}\text{Cs}\beta$)

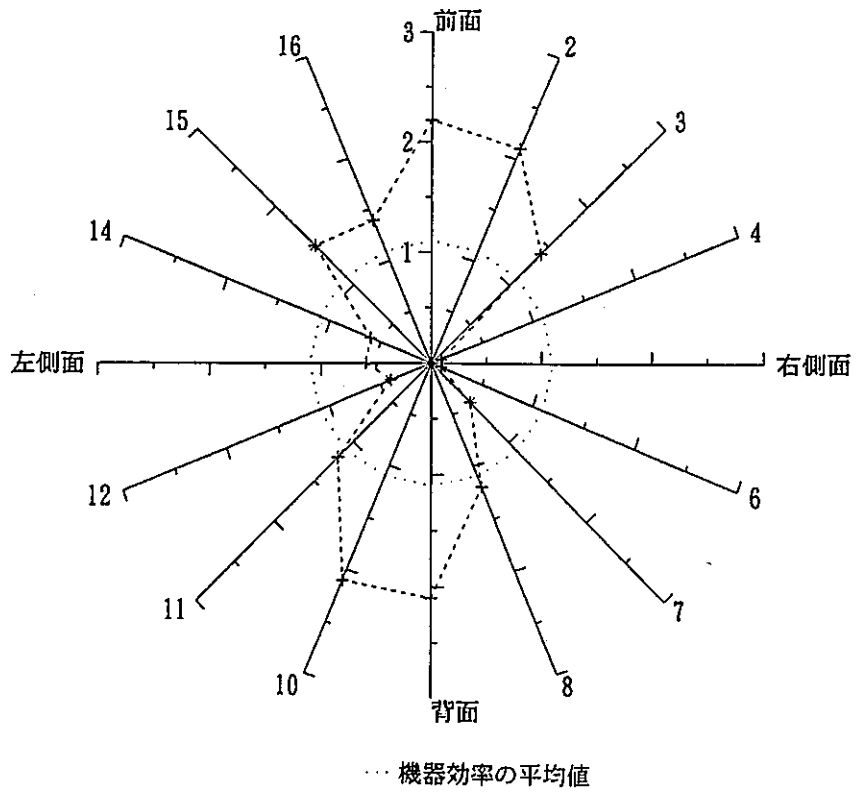


図3-4-4 水平感度特性 ($^{60}\text{Co}\beta$)

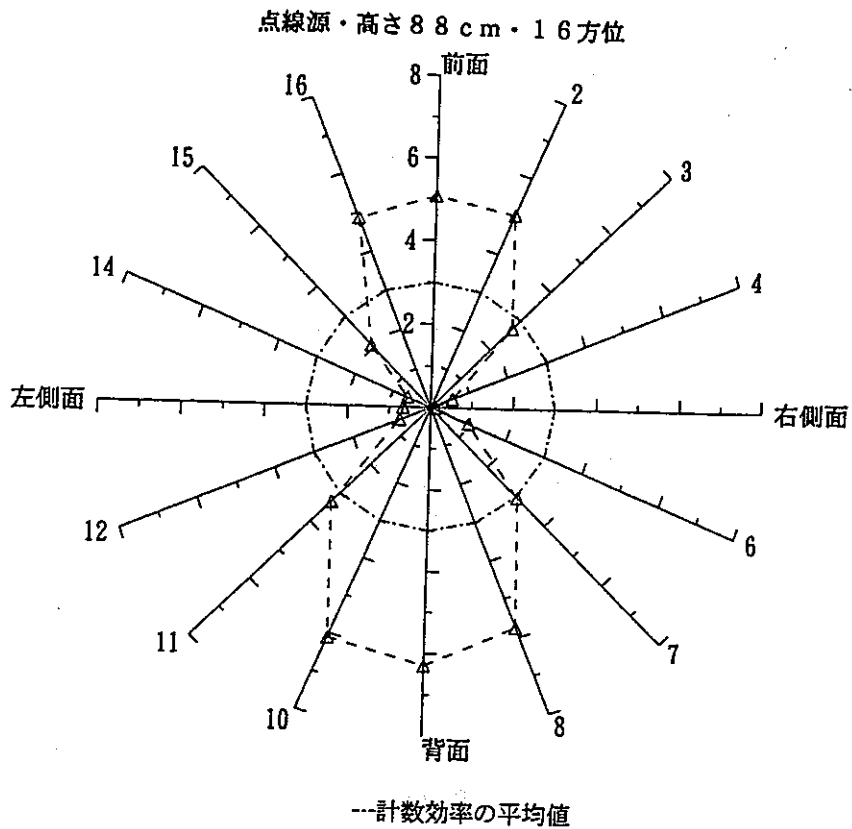


図3-4-5 水平感度特性 ($^{137}\text{Cs}\gamma$)

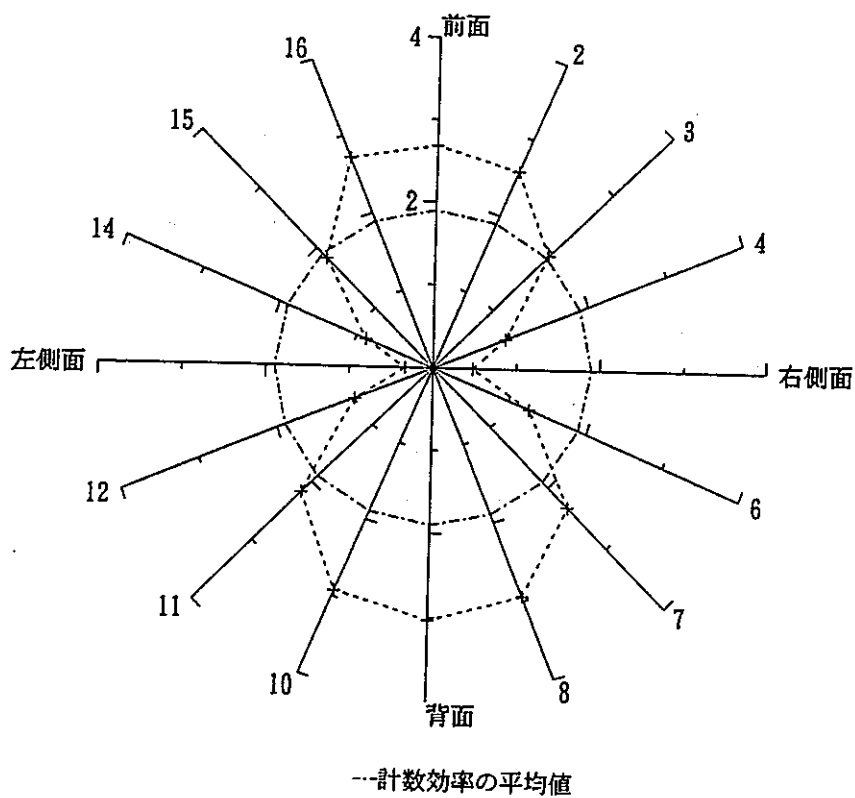


図3-4-6 水平感度特性 ($^{60}\text{Co}\gamma$)

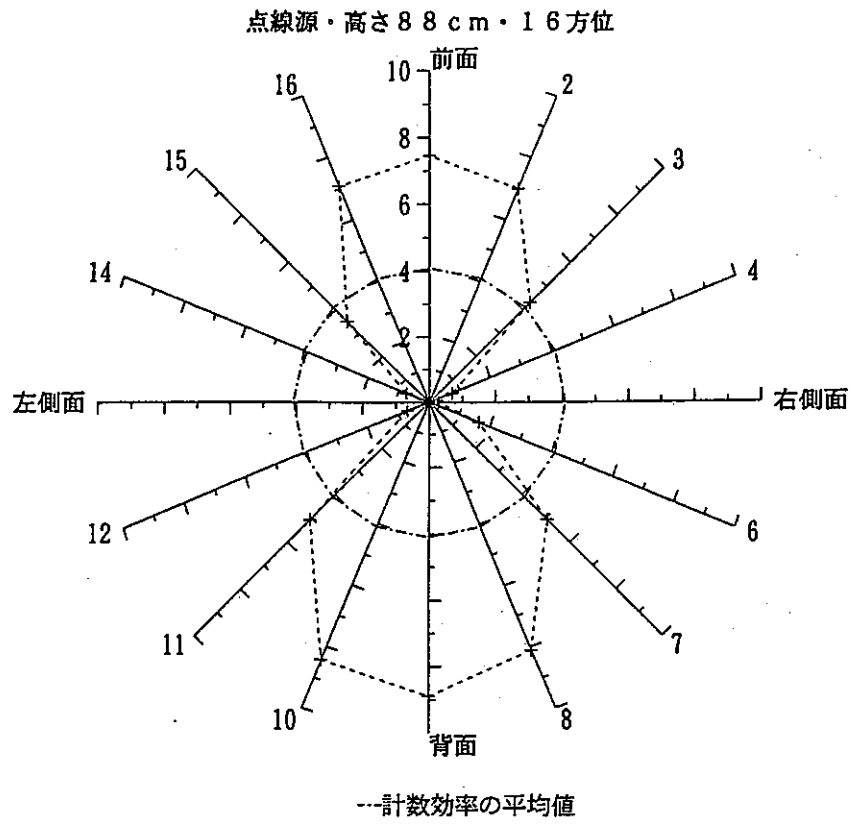


図 3-4-7 水平感度特性 ($^{137}\text{Cs} \beta + \gamma$)

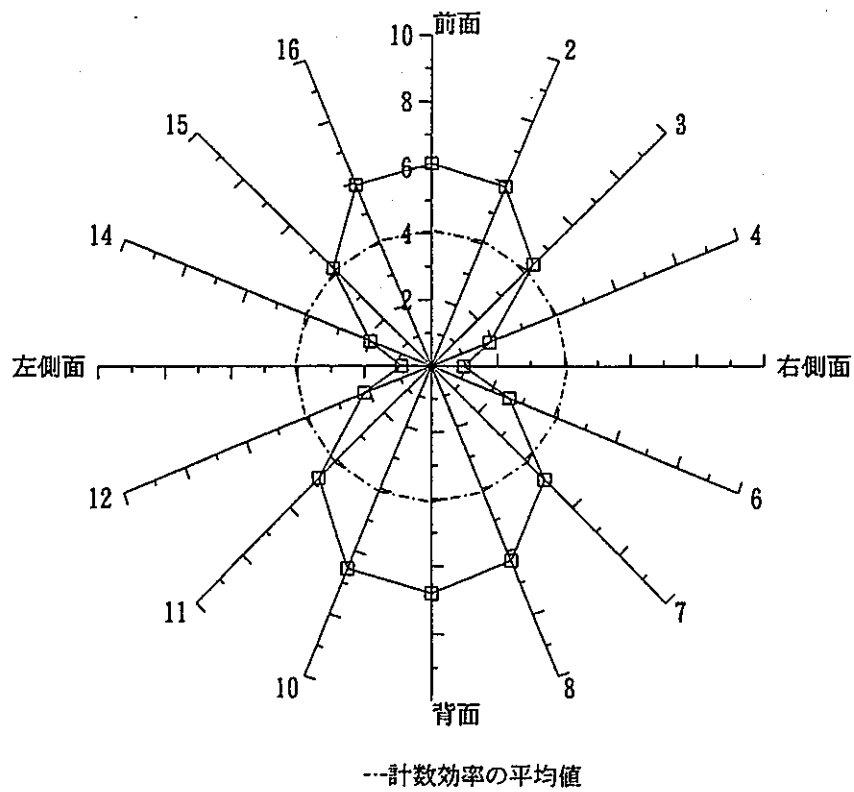


図 3-4-8 水平感度特性 ($^{60}\text{Co} \beta + \gamma$)

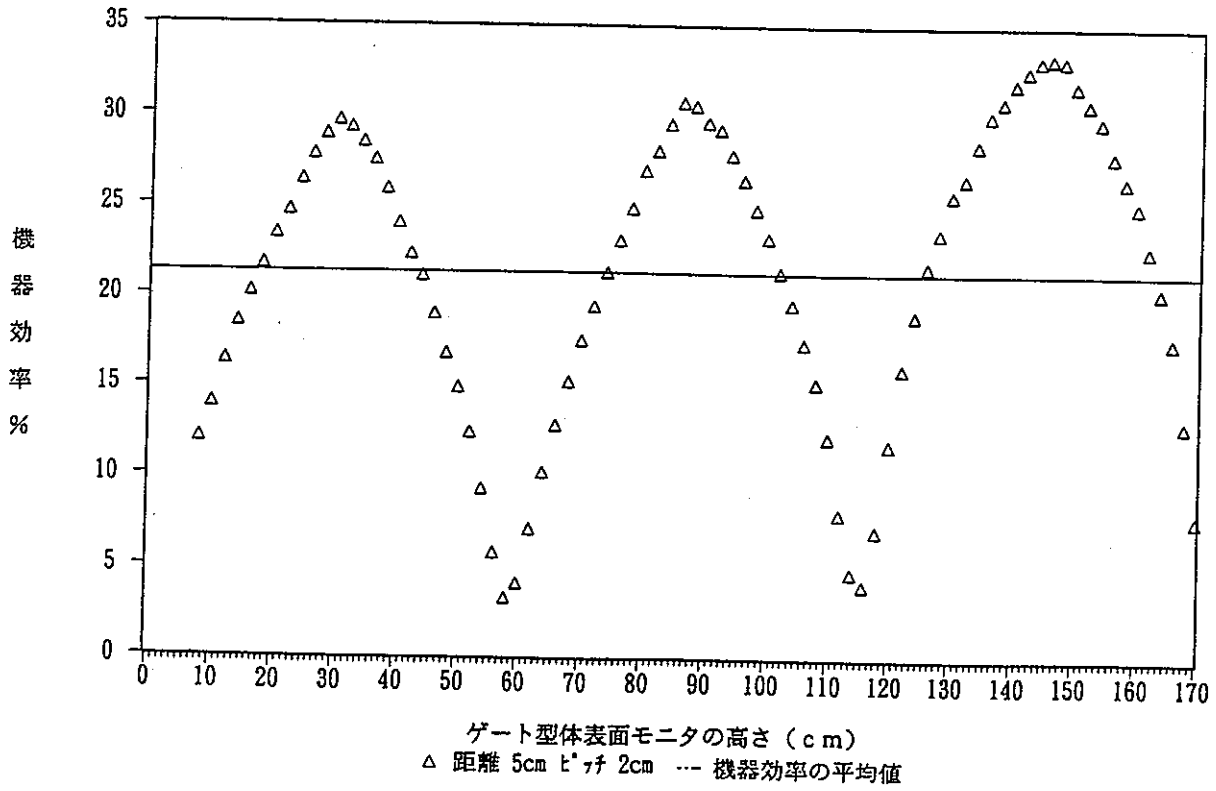
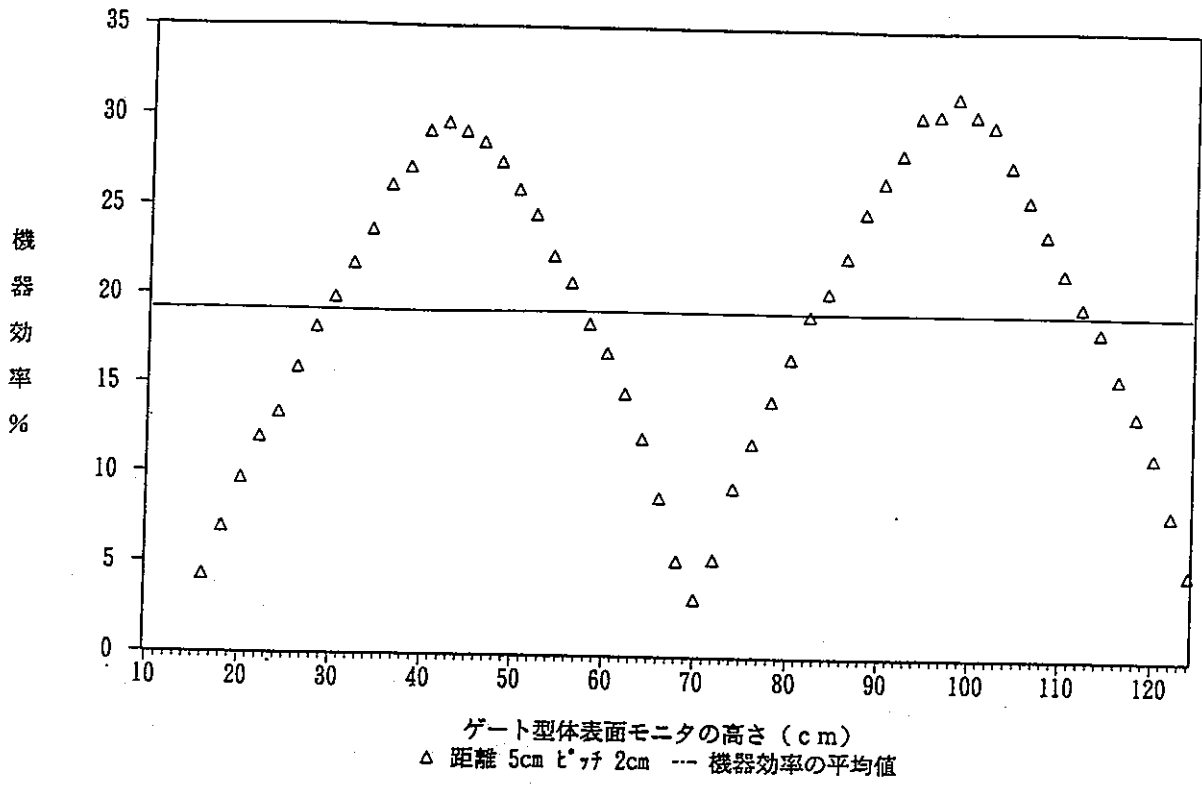


図 3 - 5 - 1 垂直感度特性 ($^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}\beta$)

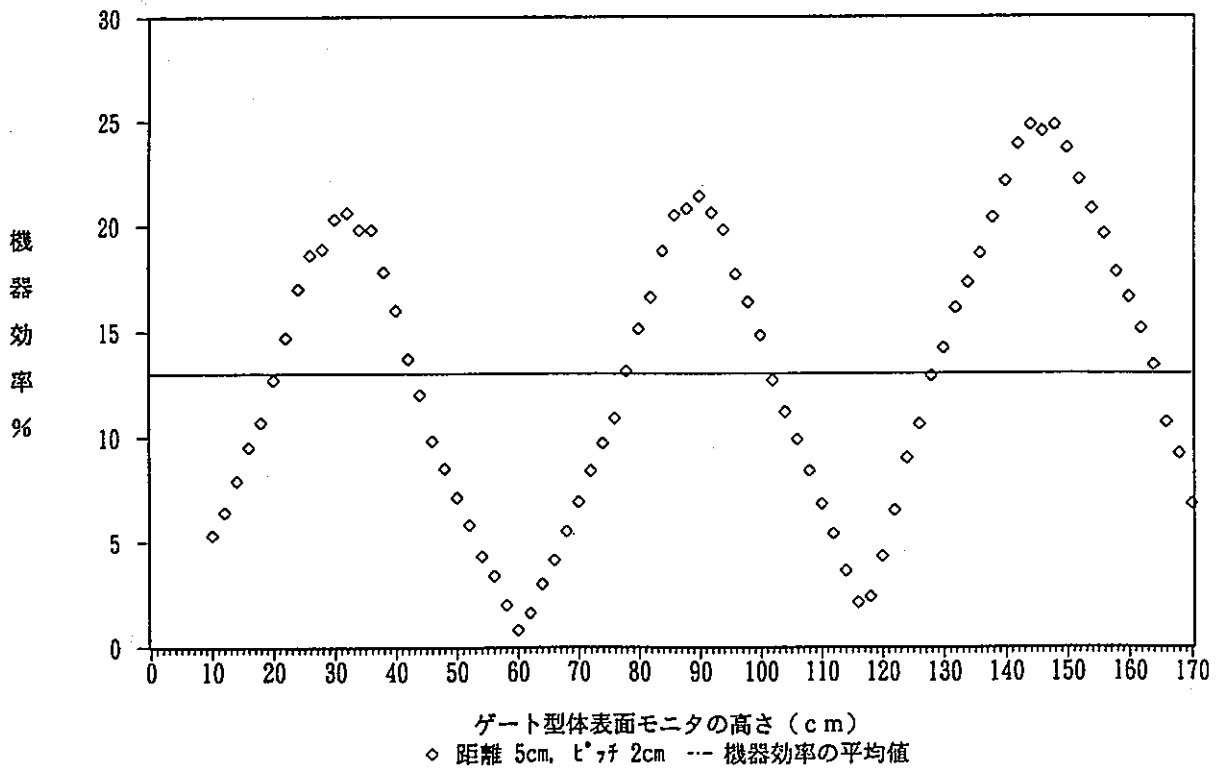
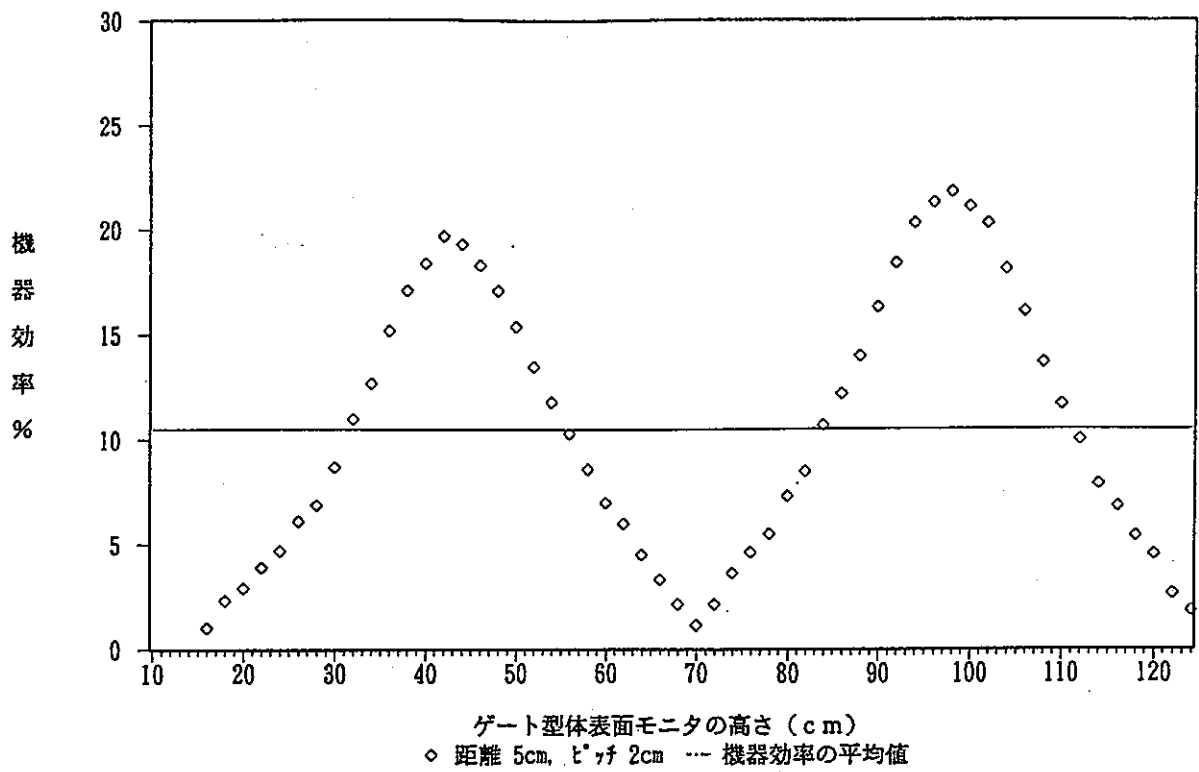


図 3 - 5 - 2 垂直感度特性 ($^{204}\text{Tl}\beta$)

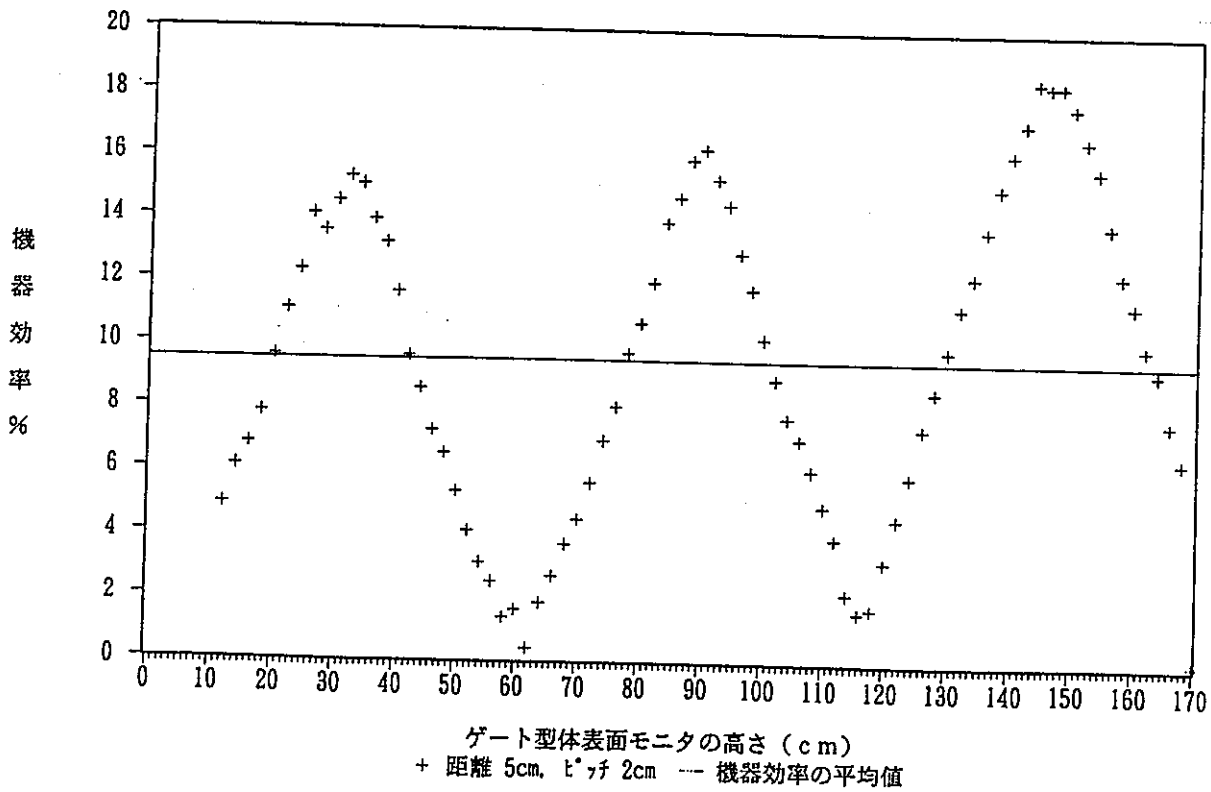
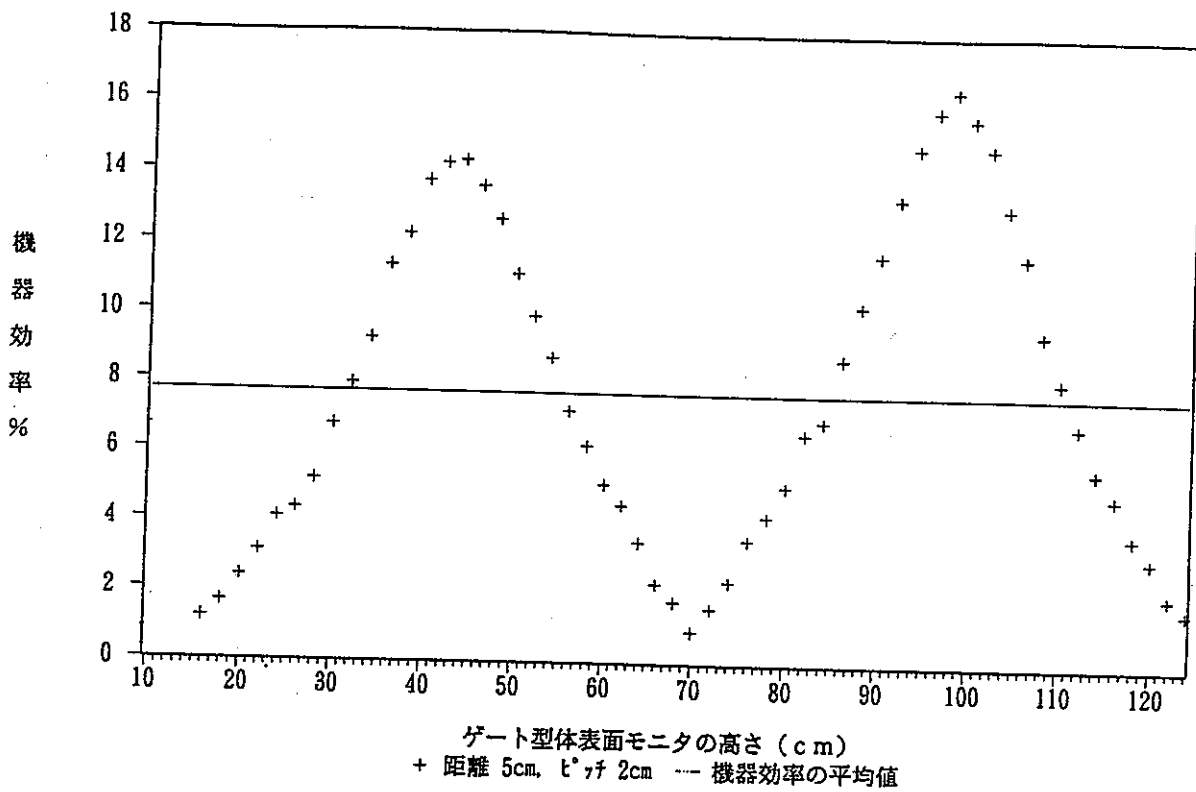


図 3 - 5 - 3 垂直感度特性 ($^{137}\text{Cs}\beta$)

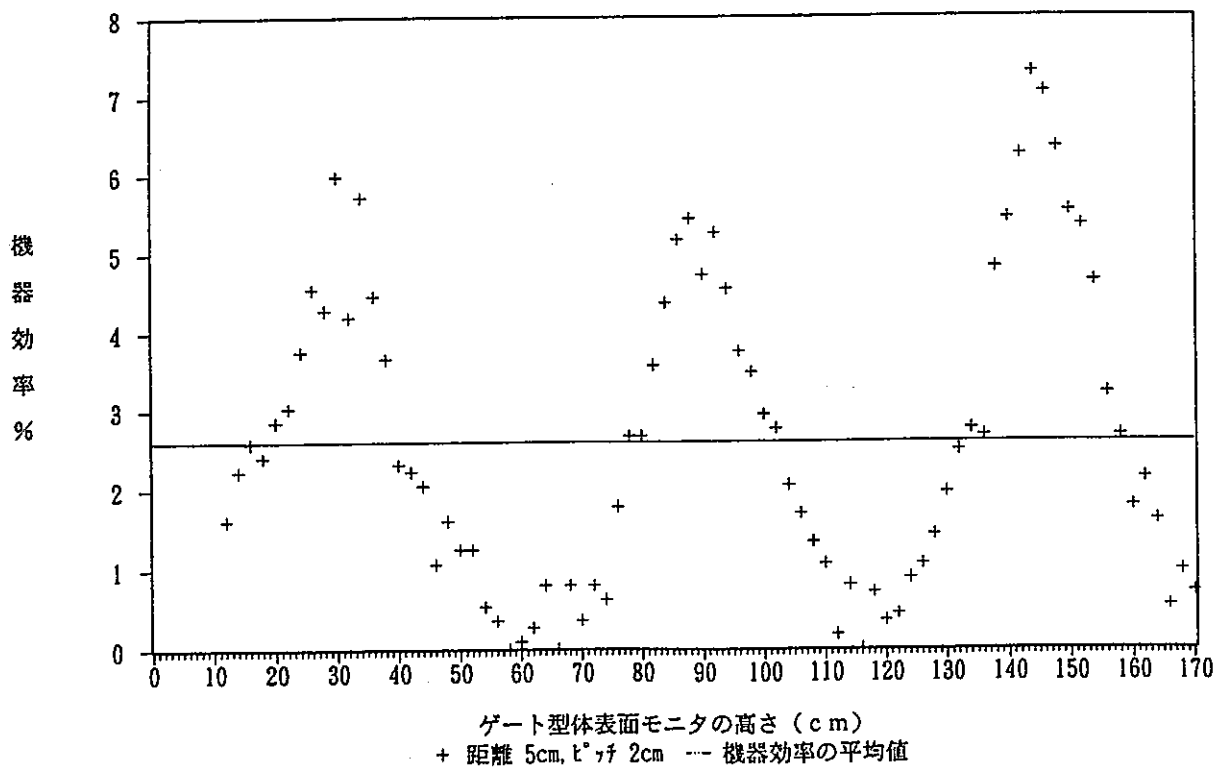
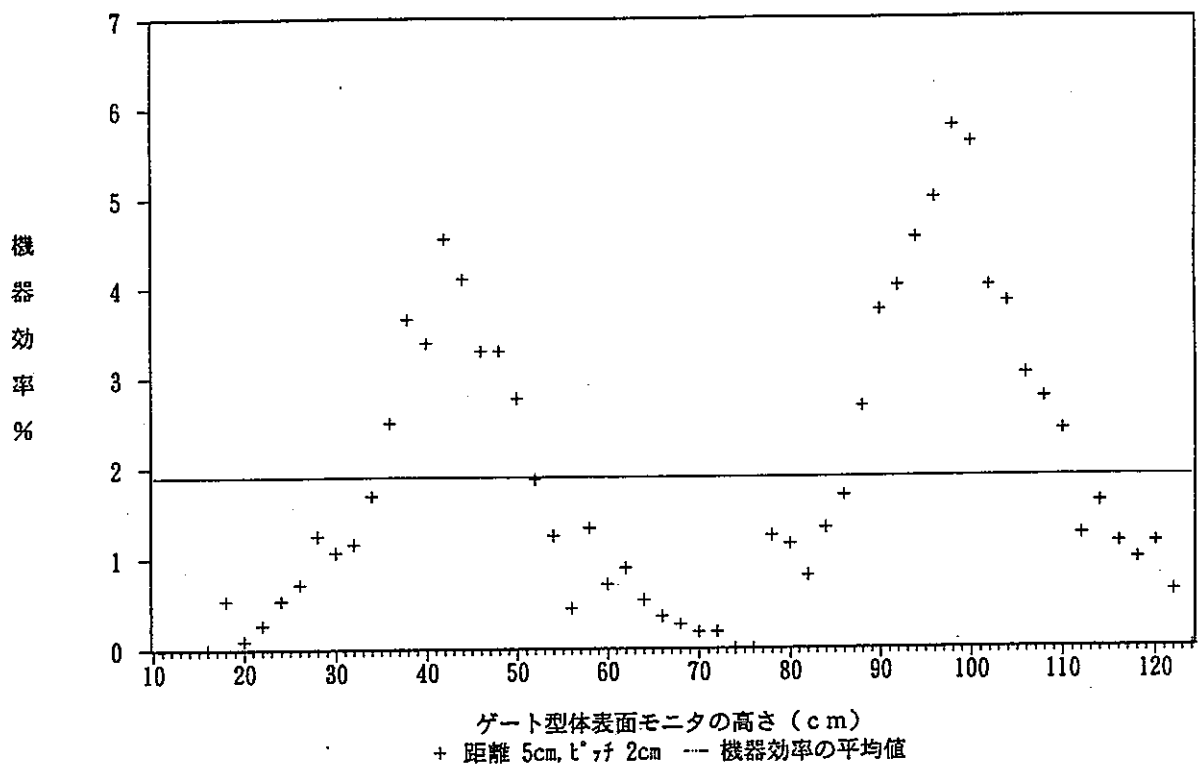


図 3 - 5 - 4 垂直感度特性 ($^{60}\text{Co} \beta$)

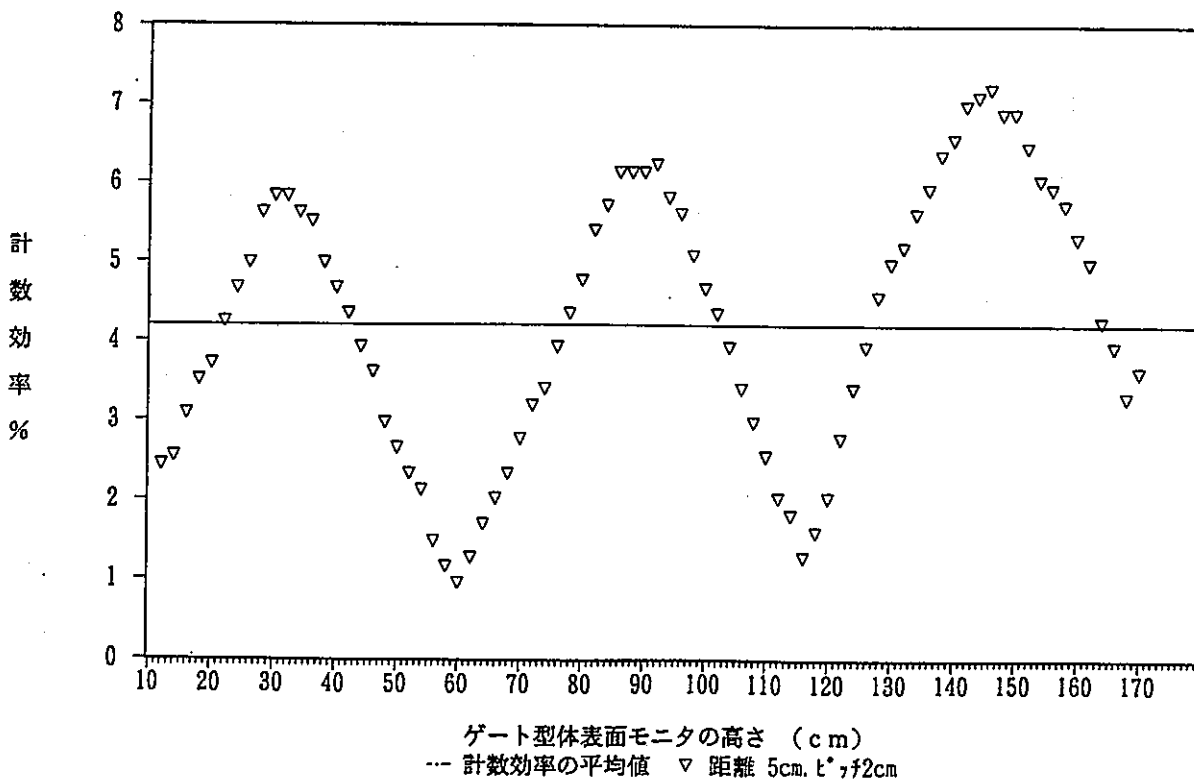
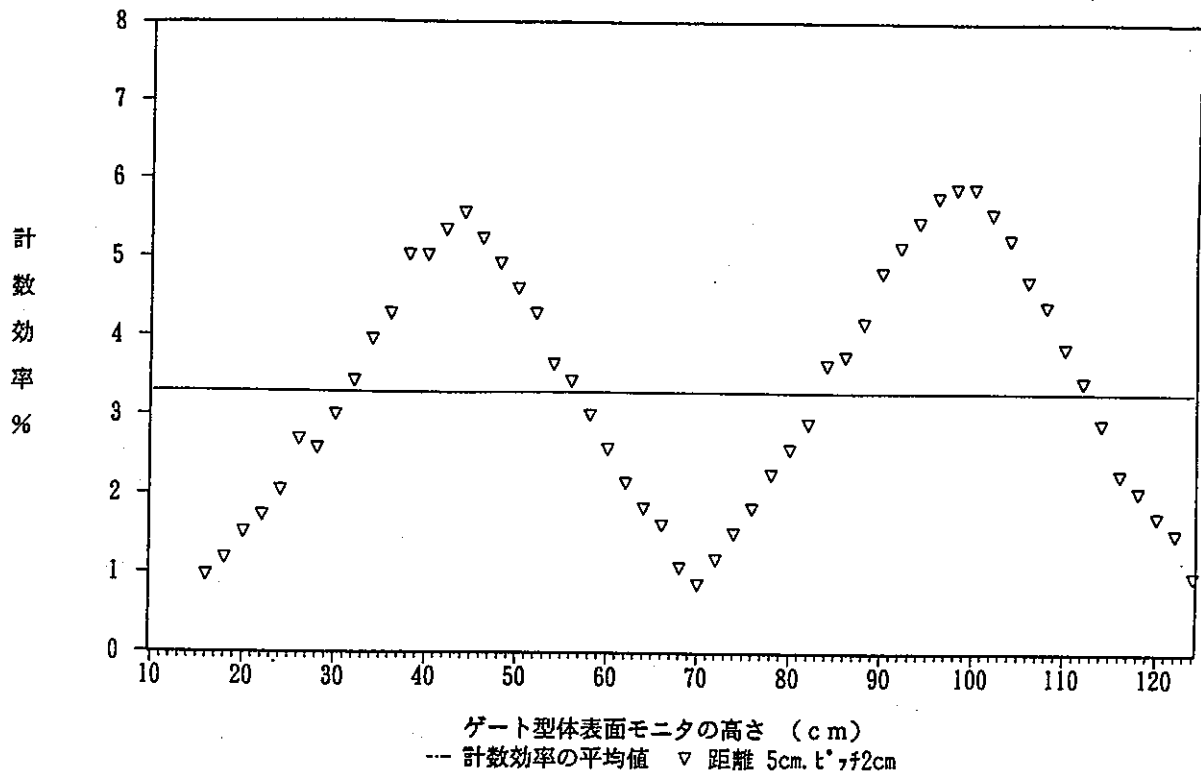


図 3-5-5 垂直感度特性 ($^{137}\text{Cs } \gamma$)

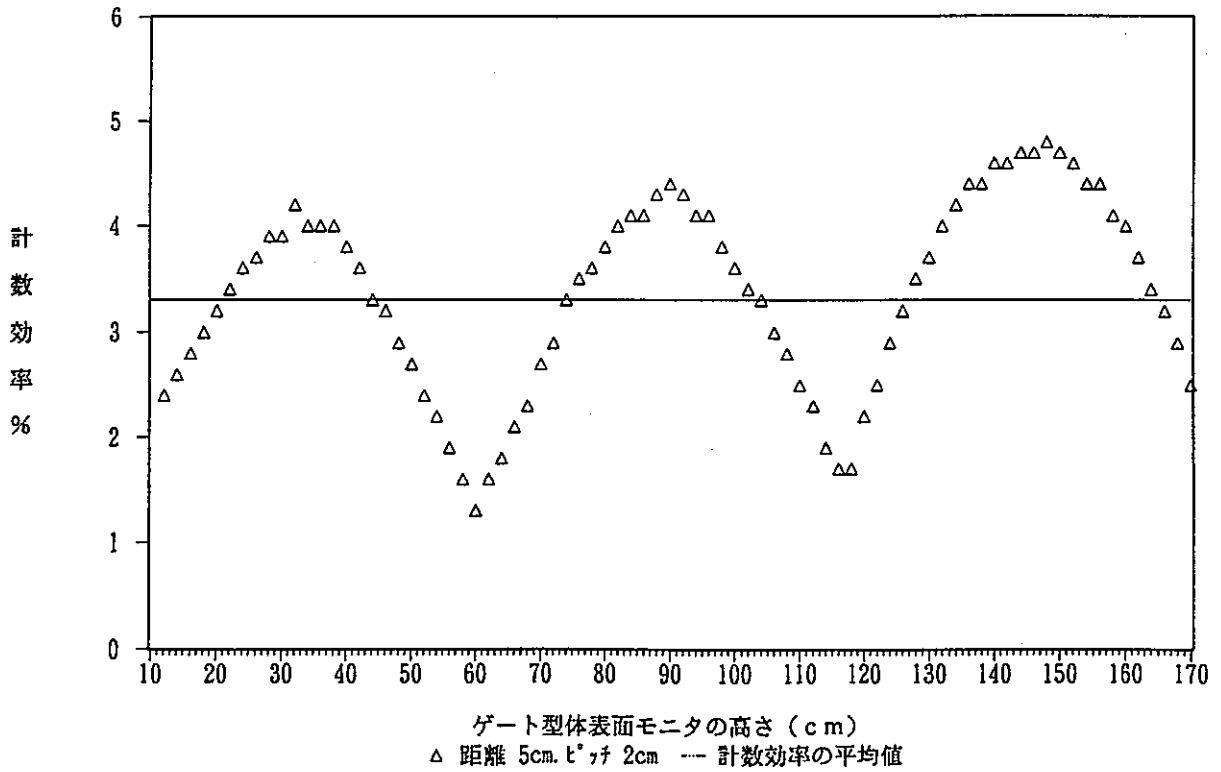
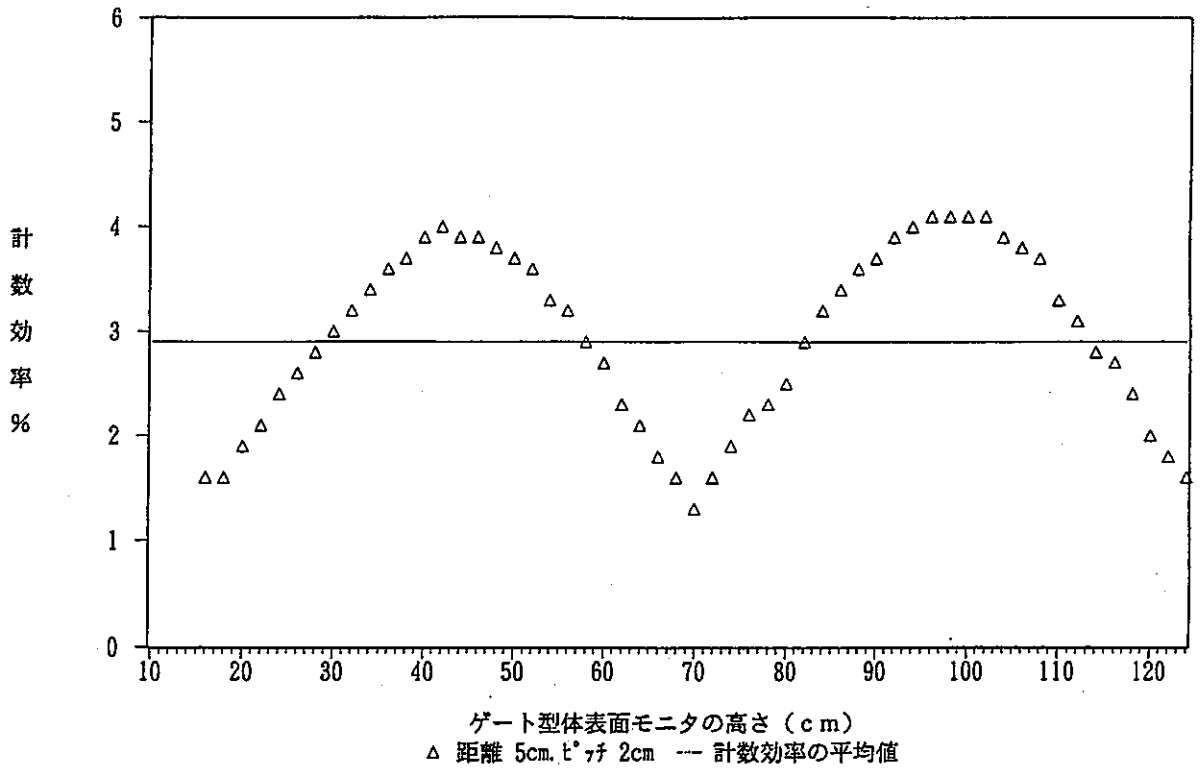


図 3 - 5 - 6 垂直感度特性 ($^{60}\text{Co} \gamma$)

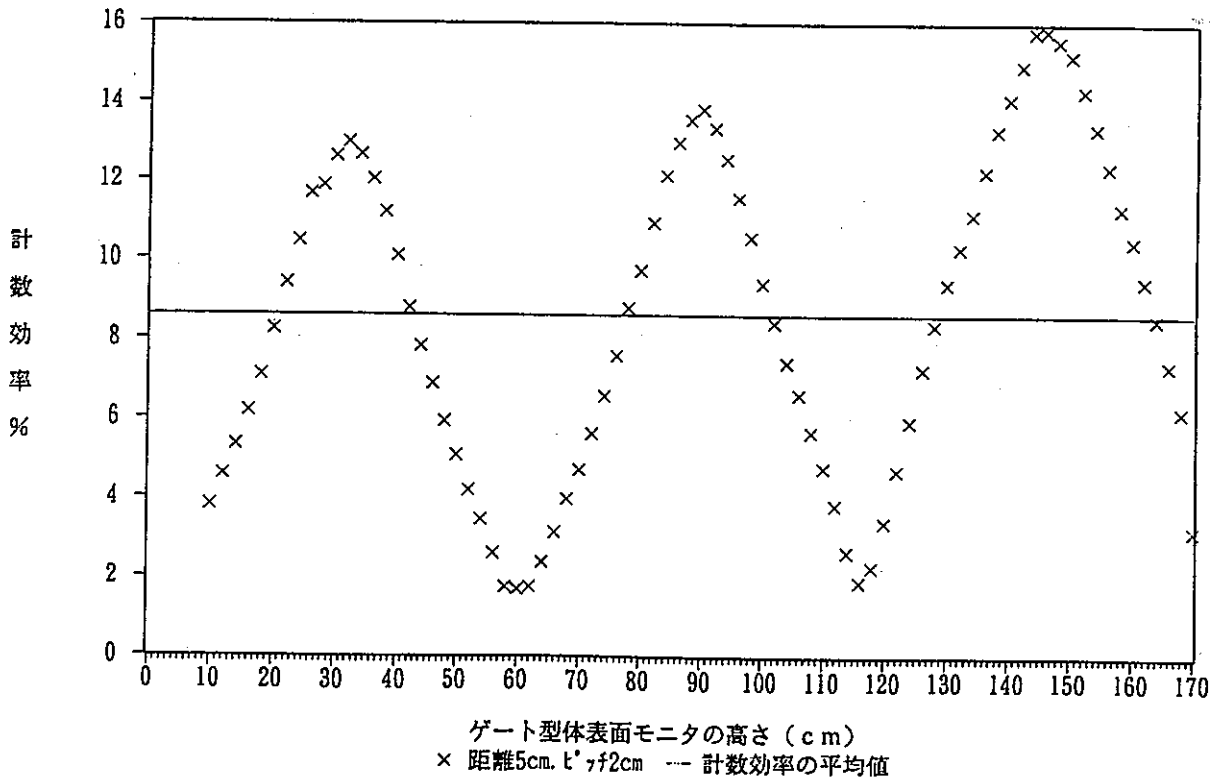
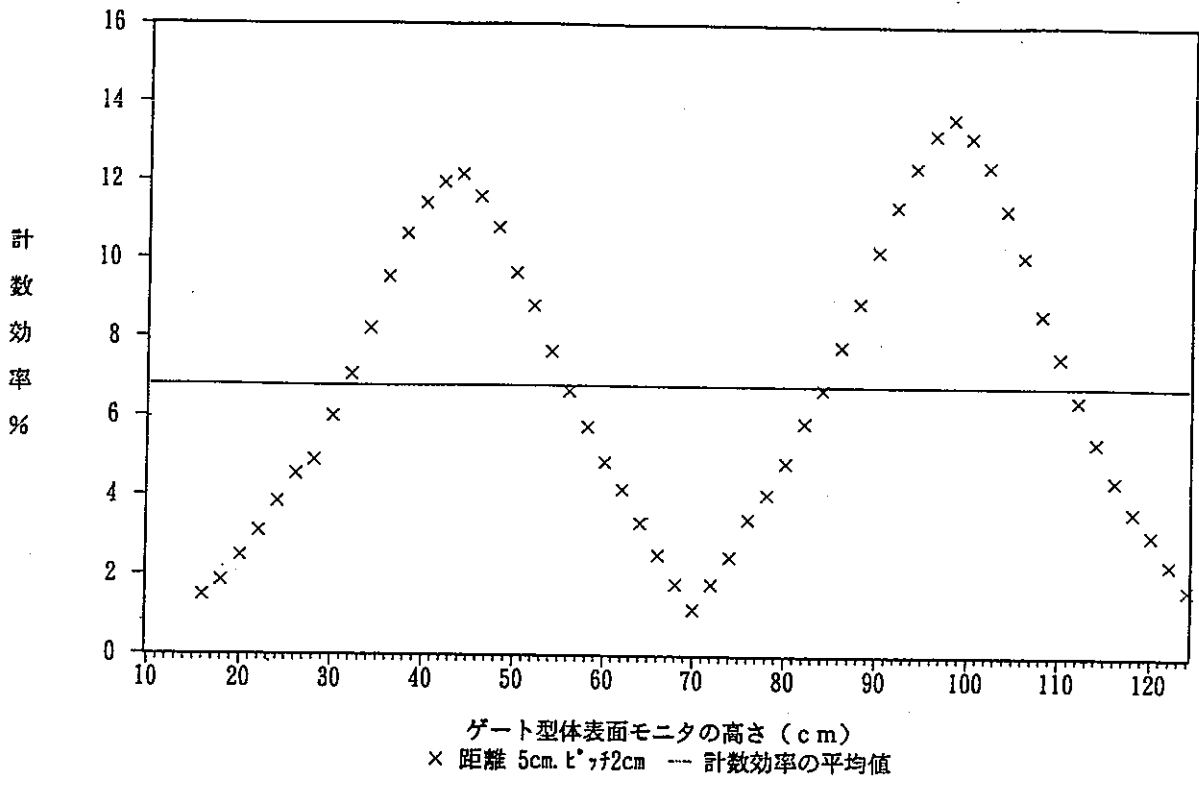


図 3-5-7 垂直感度特性 (^{137}Cs $\beta + \gamma$)

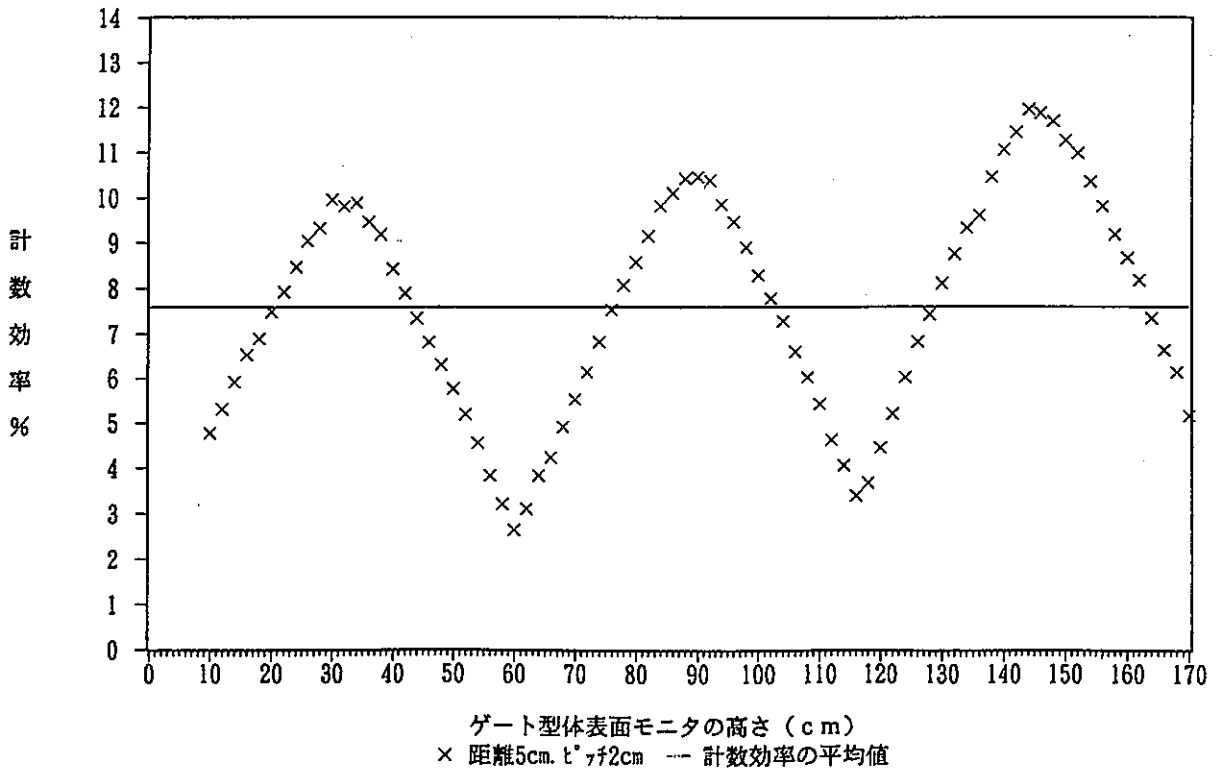
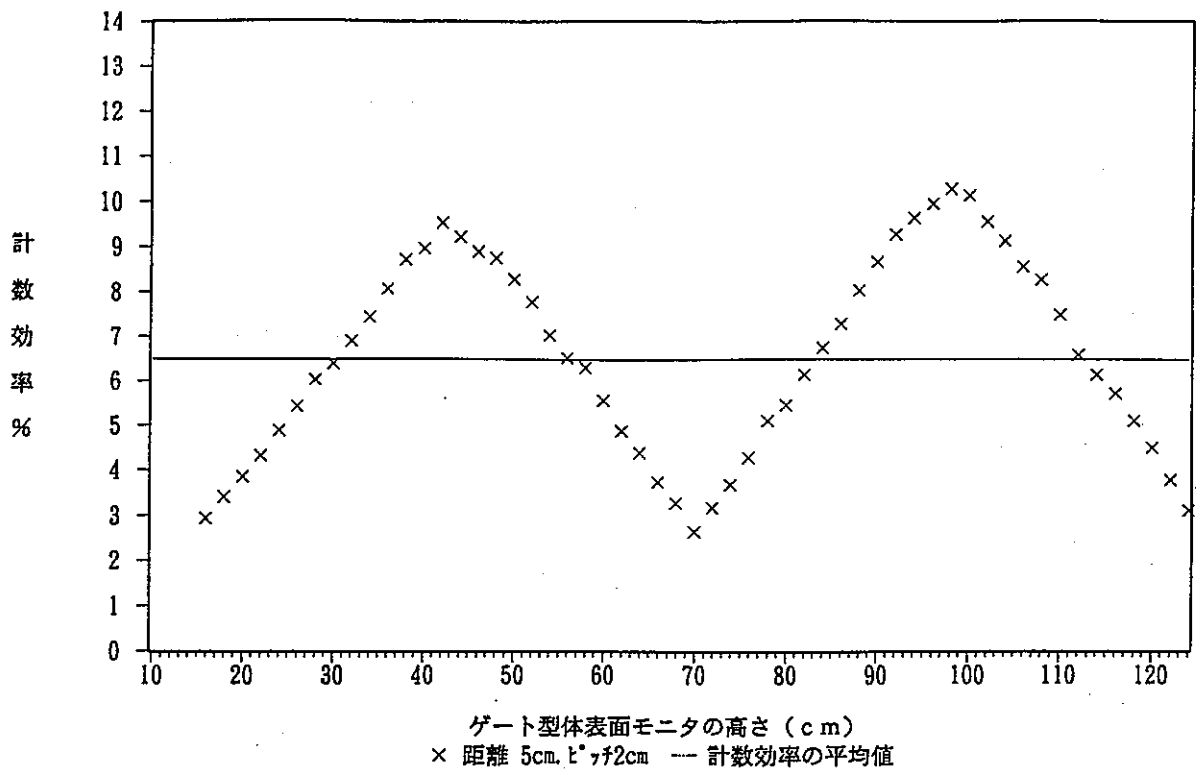


図 3-5-8 垂直感度特性 (⁶⁰Co β + γ)

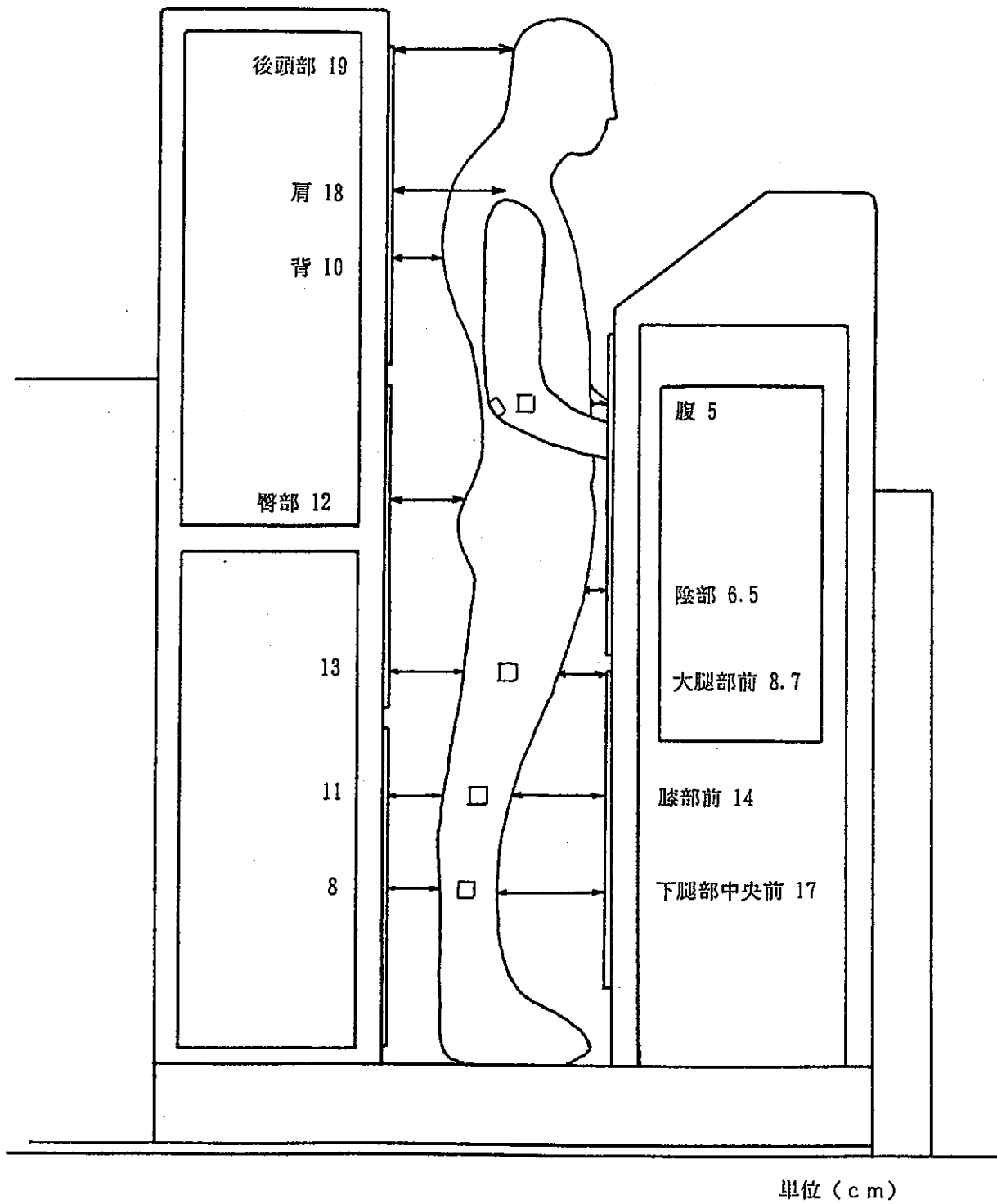


図4-1 線源貼付部位と検出器位置関係
(入口側から見た図)

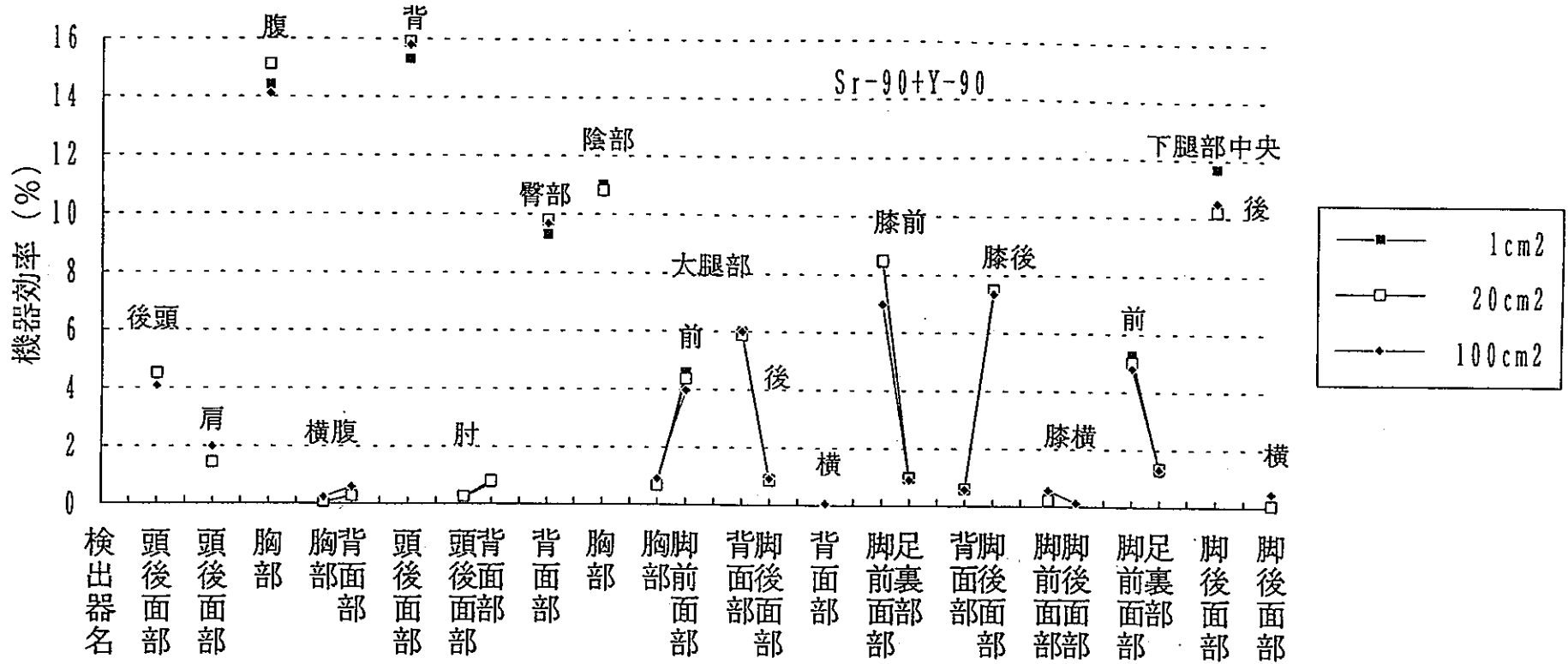


図4-2 身体各部位のβ線機器効率 (⁹⁰Sr-⁹⁰Yβ)

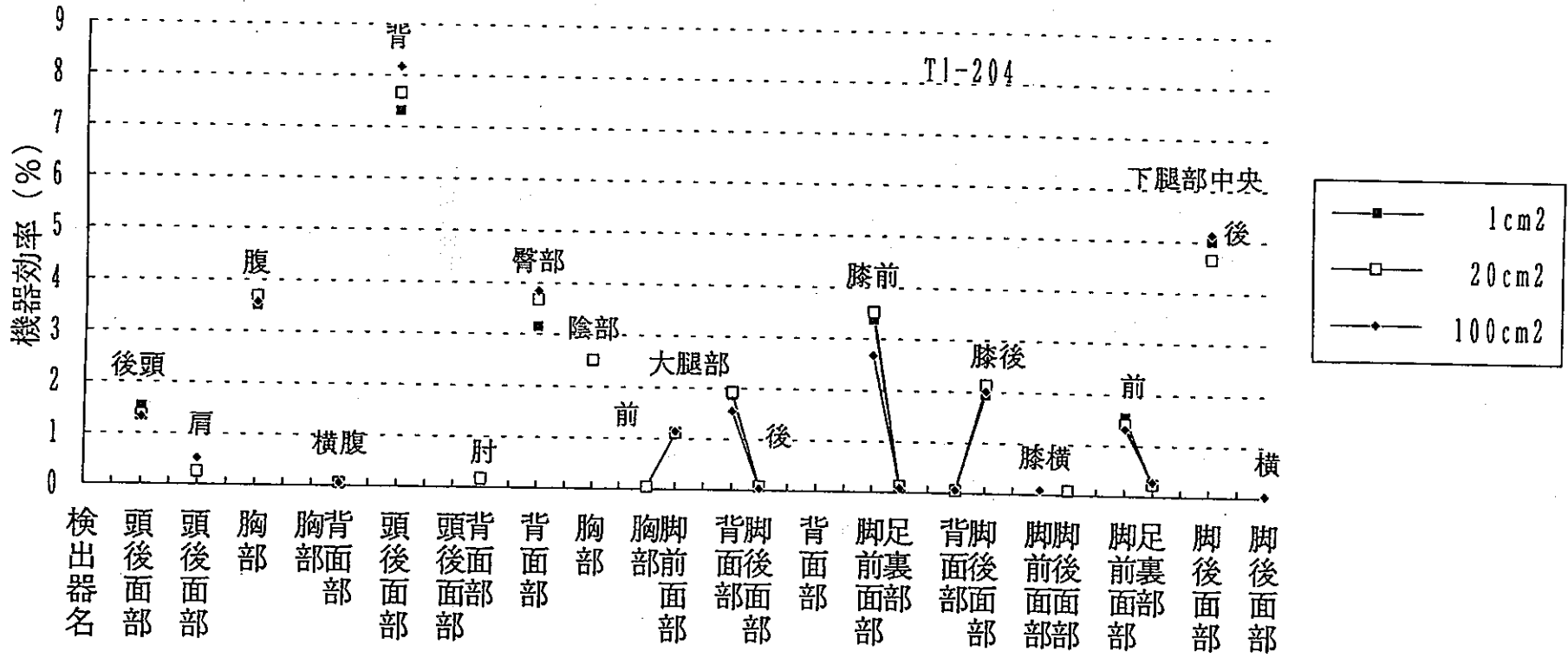


図4-3 身体各部位のβ線機器効率 (²⁰⁴Tlβ)

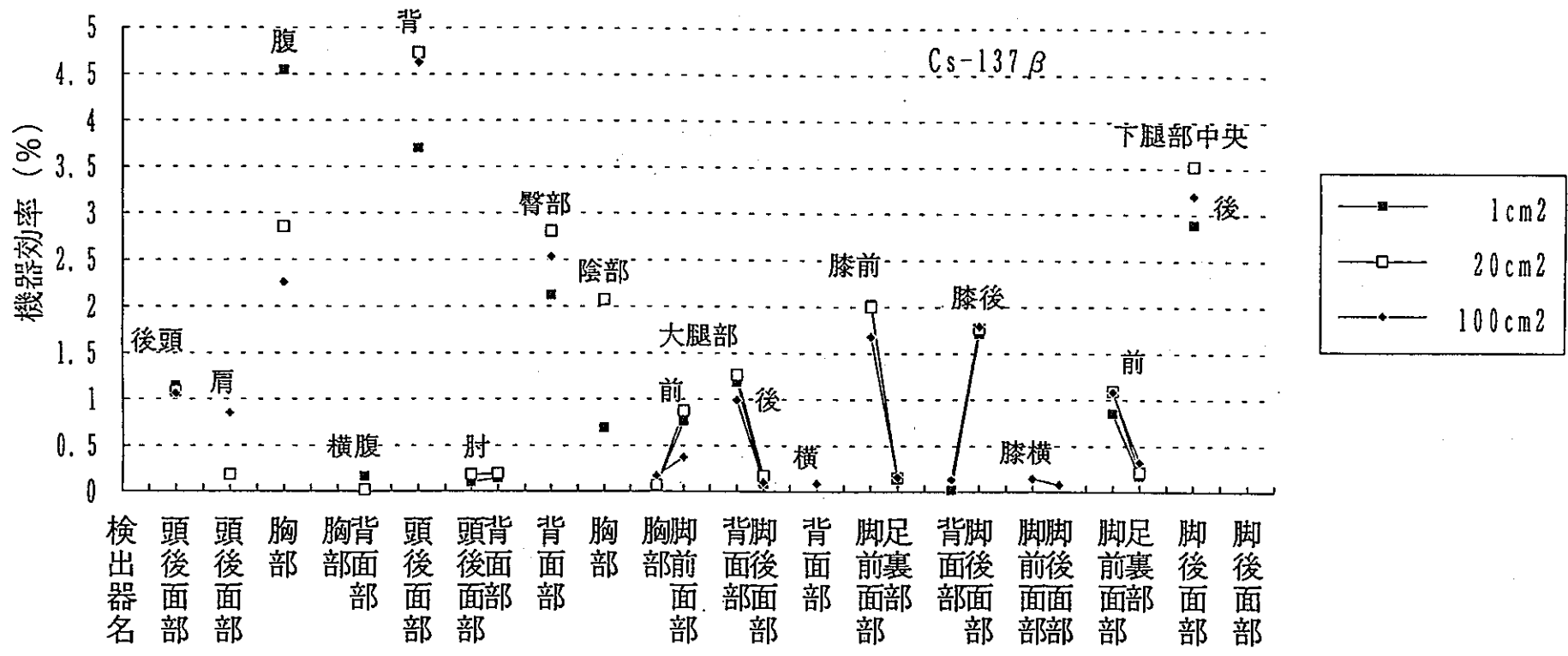


図4-4 身体各部位のβ線機器効率 ($^{137}Cs \beta$)

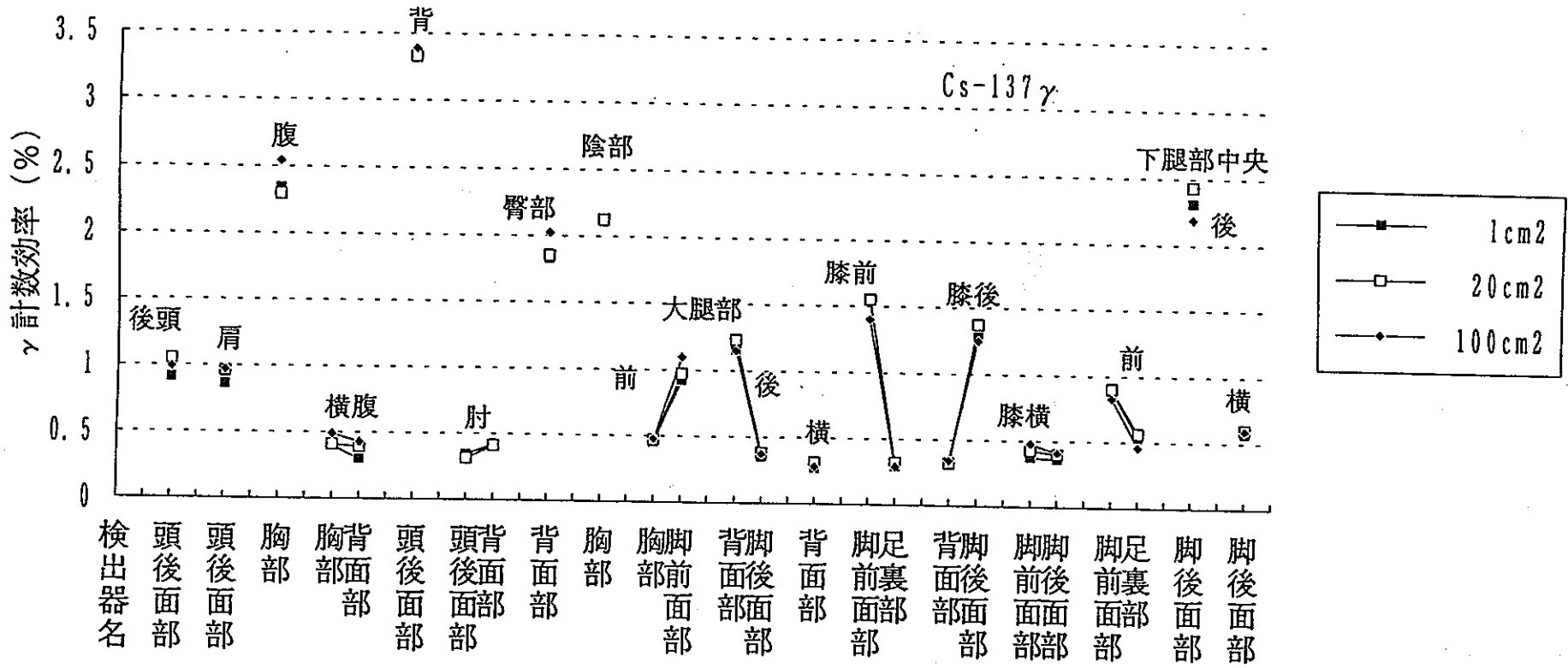


図 4-5 身体各部位の γ 線計数効率 ($^{137}\text{Cs } \gamma$)

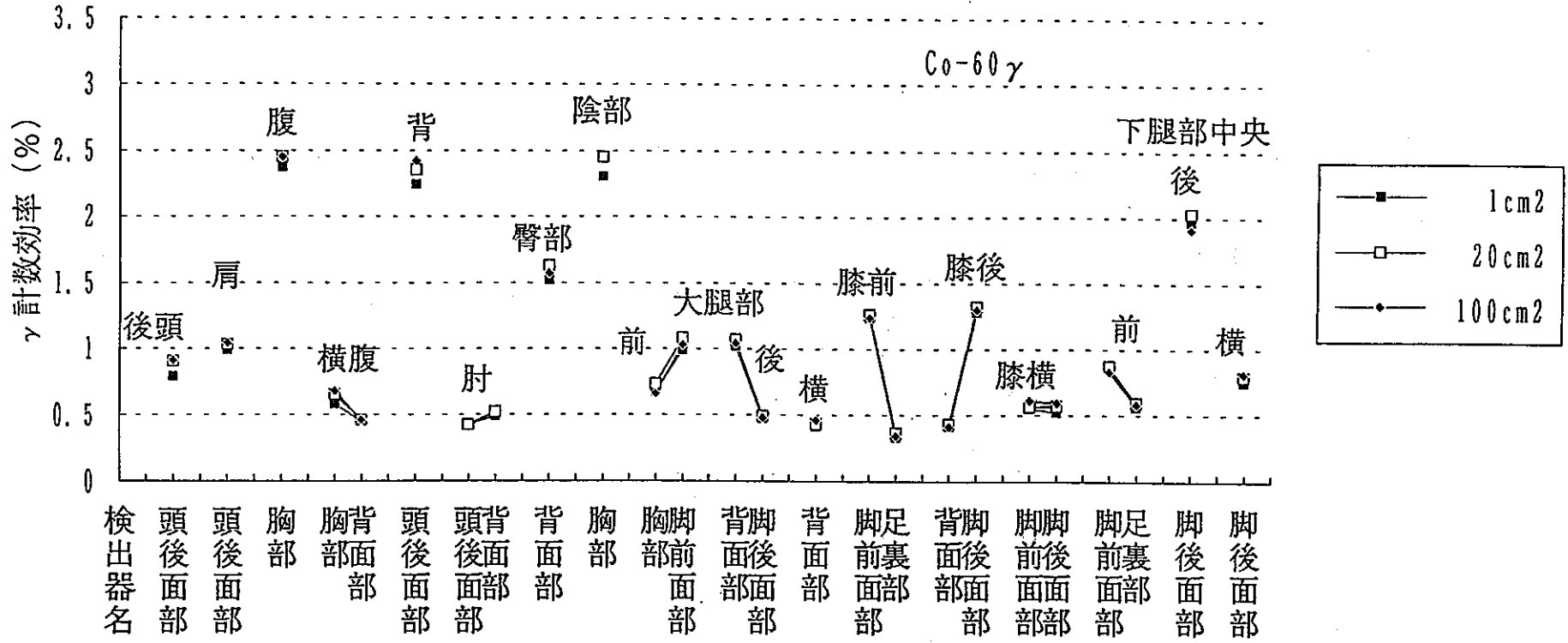


図4-6 身体各部位の γ 線計数効率 (^{60}Co γ)

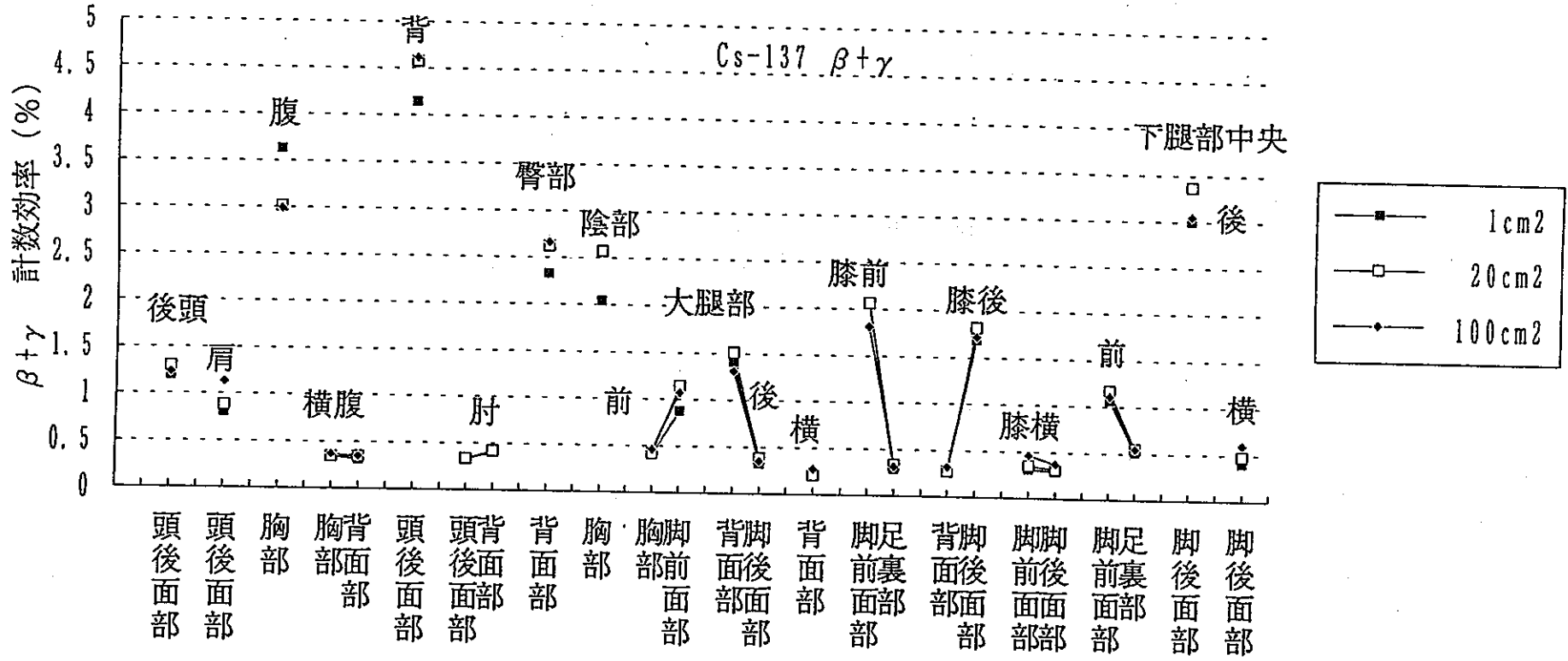


図4-7 身体各部位の γ 線計数効率 (^{137}Cs $\beta + \gamma$)

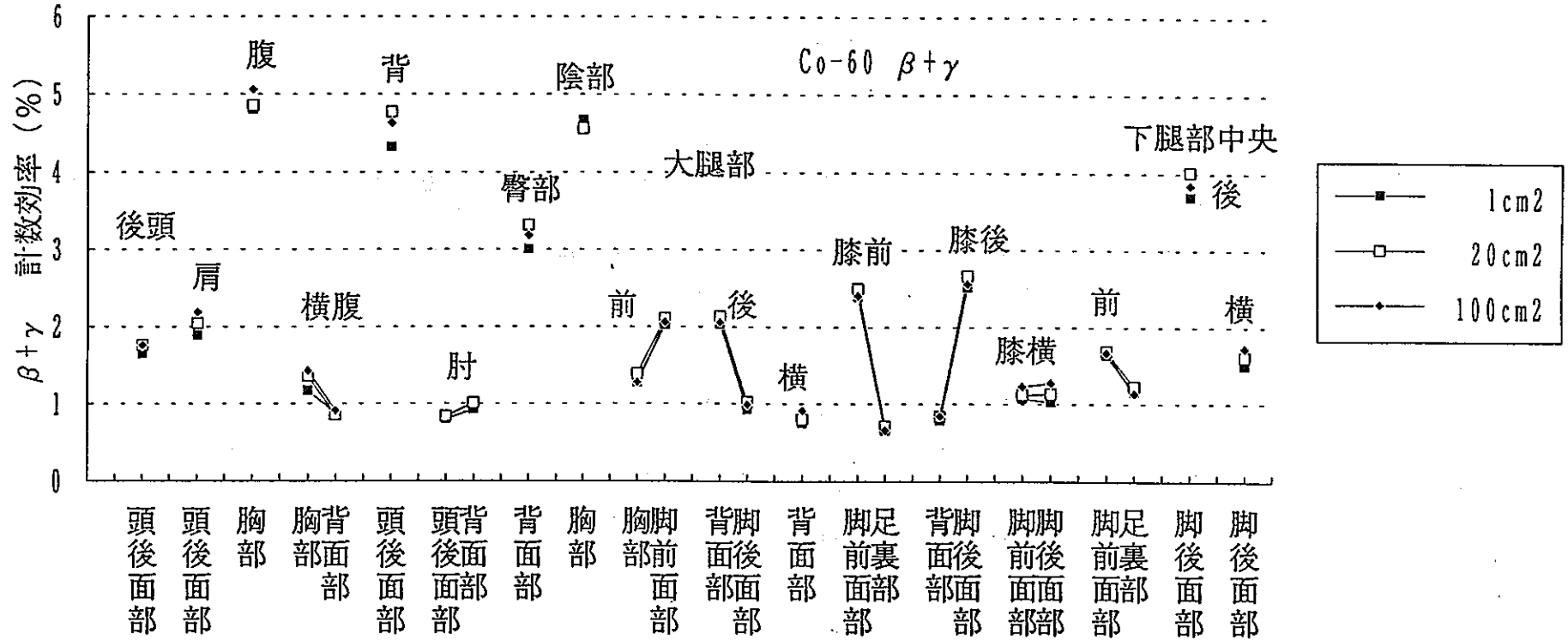
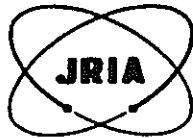


図4-8 身体各部位の γ 線計数効率 (^{60}Co $\beta + \gamma$)

付 録

β 線標準線源の成績書



成績書

平成 2 年 / / 月 9 日

協技 第 90-617 号

社団法人 日本アイソトープ協会

東京都文京区本駒込二丁目28番45号
電話 東京 03(946) 9 6 8 5

名 称 面線源
 コー ド スペシャル・タイプ
 放射能面積 1cm×1cm(1cm²)
 検定年月日 1990年10月24日 12:00

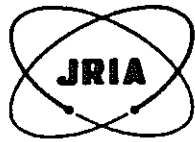
核種	線源番号	放射能		精度(信頼度99.7%)			放出率 (cpm/2π)	精度(信頼度99.7%)		
		kBq	μCi	r(%)	s(%)	o(%)		r(%)	s(%)	o(%)
⁶⁰ Co	9028	19.3	0.522	0.4	2.6	3.0	2.36×10 ⁵	3.0	2.0	5.0
¹³⁷ Cs	9011	19.5	0.527	0.8	3.3	4.1	4.25×10 ⁵	4.1	2.0	6.1
⁹⁰ Sr+ ⁹⁰ Y	90569	21.5	0.581	0.4	3.2	3.6	5.88×10 ⁵	5.2	2.0	7.2
²⁰⁴ Tl	9056	17.6	0.477	0.6	3.2	3.8	3.60×10 ⁵	3.3	2.0	5.3

注1) 電子線放出率測定方法は、大面積2π比例計数法による。電子線の放出率は、2π方向の全β線及び転換電子線と後方散乱効果を含む。
 3mm厚アクリル板2枚を4.3mg/cm²のアルミフィルムでおおったベース上に線源を置いて測定した。

注2) 線源構造

線源の窓厚 Al マイラー 0.9mg/cm²+マイラー 0.5mg/cm²
 バッキング 25μmポリエステルフィルム+アルミマイラー 0.9mg/cm²
 線源部 ろ紙 約15mg/cm²





成績書

平成 2 年 / / 月 9 日
協技 第 90-616 号

社団法人 日本アイソトープ協会
東京都文京区本駒込二丁目28番45号
電話 東京 03(946) 9 6 8 5

名 称 面線源
コ ー ド スペシャル・タイプ
放射能面積 4.5cm×4.5cm(20.25cm²)
検定年月日 1990年10月24日 12:00

核 種	線源 番号	放射能		精度(信頼度99.7%)			放出率 (cpm/2π)	精度(信頼度99.7%)		
		kBq	μCi	r(%)	s(%)	o(%)		r(%)	s(%)	o(%)
⁶⁰ Co	9029	19.8	0.534	0.4	1.8	2.2	2.50×10 ⁵	3.2	2.0	5.2
¹³⁷ Cs	9012	18.7	0.506	0.8	1.7	2.5	4.21×10 ⁵	4.0	2.0	6.0
⁹⁰ Sr+ ⁹⁰ Y	90570	17.1	0.462	0.4	2.2	2.6	4.92×10 ⁵	4.6	2.0	6.6
²⁰⁴ Tl	9057	18.4	0.497	0.6	2.2	2.8	4.32×10 ⁵	4.2	2.0	6.2

注1) 電子線放出率測定方法は、大面積2π比例計数法による。電子線の放出率は、2π方向の全β線及び転換電子線と後方散乱効果を含む。
3mm厚アクリル板2枚を4.3mg/cm²のアルミフイルムでおおったベース上に線源を置いて測定した。

注2) 線源構造

線源の窓厚 Alマイラー 0.9mg/cm² + マイラー 0.5mg/cm²
バックング 25μmポリエステルフィルム + アルミマイラー 0.9mg/cm²
線源部 ろ紙 約15mg/cm²

技術課長	担 当



成績書

平成 2 年 / / 月 9 日

協技 第 90-615 号

社団法人 日本アイソトープ協会

東京都文京区本駒込二丁目28番45号
電話 東京 03(946) 9 6 8 5

名 称 面線源
 コー ド スペシャル・タイプ
 放射能面積 10cm×10cm(100cm²)
 検定年月日 1990年10月24日 12:00

核種	線源番号	放射能		精度(信頼度99.7%)			放出率 (cpm/2π)	精度(信頼度99.7%)		
		kBq	μCi	r(%)	s(%)	o(%)		r(%)	s(%)	o(%)
⁶⁰ Co	9030	22.0	0.595	0.4	1.8	2.2	2.73×10 ⁵	0.6	2.0	2.6
¹³⁷ Cs	9013	20.2	0.546	0.8	1.7	2.5	4.54×10 ⁵	4.1	2.0	6.1
⁹⁰ Sr+ ⁹⁰ Y	90571	18.8	0.508	0.4	2.1	2.5	5.38×10 ⁵	4.8	2.0	6.8
²⁰⁴ Tl	9058	18.2	0.491	0.6	2.1	2.7	4.20×10 ⁵	4.6	2.0	6.6

注1) 電子線放出率測定方法は、大面積2π比例計数法による。電子線の放出率は、2π方向の全β線及び転換電子線と後方散乱効果を含む。
 3mm厚アクリル板2枚を4.3mg/cm²のアルミフオイルでおおったベース上に線源を置いて測定した。

注2) 線源構造

線源の窓厚 Alマイラー 0.9mg/cm²+マイラー 0.5mg/cm²
 バッキング 25μmポリエステルフィルム+アルミマイラー 0.9mg/cm²
 線源部 ろ紙 約15mg/cm²

