

JAERI-M

8 1 4 1

電離箱型およびGM計数管型
サーベイメータの β 線特性試験
(2)皮膚汚染の線量率評価

1979年3月

須賀新一・備後一義・梶本与一

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

Characteristic Tests of Ionization Chamber and GM Counter
Survey Meters for Beta-Rays;-(2) Estimation of Skin Dose Rates

Shin-ichi SUGA, Kazuyoshi BINGO and Yoichi KAJIMOTO

Division of Health Physics, Tokai Research Establishment, JAERI

(Received February 1, 1979)

To estimate a beta-ray absorbed dose rate of contaminated skin, measurements were done twice by a survey meter without and with a filter, keeping the distance from the contaminated skin surface to the survey meter at 10 mm. The absorbed dose rate was obtained multiplying a net reading (equals a reading of survey meter's indicator measured without the filter minus that measured with the filter) by a multiplying factor. Calibrations were made with reference plane sources of natural uranium, ^{198}Au and ^{204}Tl , varying their area.

The five types of ionization chamber survey meters had nearly same multiplying factors when the diameter of source was larger than the diameter of the chamber cylinder. Estimation of the absorbed doses due to beta-emitting nuclides was possible when the measured value without filter was larger by 20 % or more than that of with filter. In the case of small sources, the multiplying factor varied significantly with area of the source. The multiplying factors agreed within ± 30 % in the respective types i.e. manufacturers and in maximum beta-ray energies from 0.7 up to 2.5 MeV. In the source to detector distance of 1 cm ± 0.2 cm, the multiplying factor varied within ± 20 %.

The multiplying factor of a GM counter survey meter varied with beta-ray energy, the multiplying factor for uranium was 1/3 that of ^{204}Tl .

Keywords: Dosimetry, Absorbed Dose Rate, Survey Meter, Ionization Chamber, GM Counter, Beta-Rays, Skin Contamination, Plane Source, Thallium 204, Gold 198, Natural Uranium

電離箱型およびGM計数管型サーベイメータの β 線特性試験
(2)皮膚汚染の線量率評価

日本原子力研究所東海研究所保健物理部
須賀新一・備後一義・梶本与一

(1979年2月1日受理)

β 線放出核種によって皮膚が汚染した場合に皮膚の吸収線量を評価するための換算倍率を、市販の β 、 γ 線検出用電離箱型およびGM計数管型サーベイメータについて求めた。換算倍率は、検出器の薄窓に装着したフィルムを開いた場合と閉じた場合の測定値の差に乗じて線量率を求めるための係数である。換算倍率の校正試験は、天然ウラン、 ^{198}Au および ^{204}Tl の平面線源のそれぞれの面積を変化させて行った。電離箱型5器種では、換算倍率は、線源の直径が電離箱口径の約1.2倍以上で一定となるが、線源の直径がそれ以下になると、線源直径によって、大きく変化することがわかった。 β 線による皮膚線量率は、フィルタを開いた時の指示値が、フィルタを閉じたときの指示値の20%以上の場合に、評価可能であった。電離箱型の換算倍率は、 β 線最大エネルギー0.7~2.5MeVの範囲では、器種によらず、 $\pm 30\%$ の範囲内で一致した。また、サーベイメータ検出器の先端と線源との距離を1cmに設定したとき、 ± 0.2 cmの誤差があったとしても、線源直径が2cm以上ならば、換算倍率は、 $\pm 20\%$ の範囲内に収まった。それ故、通常は線源と検出器の間の距離を1cmとした。GM計数管型では、線源面積の他に、 β 線のエネルギーにも依存し、最大エネルギー0.7~2.5MeVで、換算倍率は、約3倍変化した。

目 次

1. はじめに	1
2. 線源および基準線量率測定	1
2.1 β 線平面線源の種類と形状	1
2.2 線量率測定	2
3. 測定方法	3
3.1 サーベイメータの型式	3
3.2 測定	3
3.3 フィルタの開閉による γ 線に対する測定値の差	4
4. 測定結果および考察	4
4.1 換算倍率の計算	4
4.2 サーベイメータによる測定値と換算倍率	5
4.2.1 GM計数管型サーベイメータの場合	5
4.2.2 電離箱サーベイメータの場合	6
4.3 面線源の直径と指示値	7
4.4 線源と検出器の間の距離	8
4.5 混在する γ 線による影響	8
5. むすび	9
参考文献	9
謝 辞	10

Contents

1. Introduction.....	1
2. Reference source and measurement of absorbed dose rate.....	1
2.1 Specification of plane source.....	1
2.2 Measurement of absorbed dose rate.....	2
3. Experimental method.....	3
3.1 Type of survey meter.....	3
3.2 Measuring method.....	3
4. Result and discussion.....	4
4.1 Multiplying factor.....	4
4.2 Measured data.....	5
4.2.1 Data of GM counter survey meter.....	5
4.2.2 Data of ionization chamber survey meter.....	6
4.3 Relationship between diameter of contaminated area and net reading of survey meter.....	7
4.4 Relationship between source to detector distance and net reading of survey meter.....	8
4.5 Effect of mixed gamma-ray on measurement of beta-ray dose rate.....	8
5. Conclusion.....	9
References.....	9
Acknowledgment.....	10

1. はじめに

β 線検出用の窓を持つサーベイメータを用いて、フィルタを開いたときとフィルタを閉じたときの測定値の差から、皮膚が表面汚染したときの β 線吸収線量率を求める方法が提唱され、放射線管理に利用されてきた¹⁾。サーベイメータの測定値は、表面汚染の面積、汚染核種の β 線エネルギー、 γ 線やエックス線の混在および汚染面とサーベイメータの距離などによって異なる。そこで本報告では、実用的な測定評価を行い得ることを目的として測定の方法を述べ、また、フィルタの開閉による測定値の差から表面吸収層 $7\text{mg}/\text{cm}^2$ の場合の吸収線量率、すなわち皮膚線量率を求めるための換算倍率を、校正実験を行うことにより、決定した。校正実験は、天然ウラン、 ^{198}Au および ^{204}Tl 面線源のおおのこの面積を変え、電離箱型およびGM計数管型の市販サーベイメータについて行った。以下、実験方法、結果、考察、および得られた結論について、順次記述する。

2. 線源および基準線量率測定

2.1 β 線平面線源の種類と形状

実験に使用した線源は、 ^{204}Tl 、 ^{198}Au 、金属ウランの3種類である。これら3種類の線源の半減期、最大エネルギー等の性質をTable 1に示した。

^{204}Tl 線源

^{204}Tl 溶液をメンブラン濾紙に吸着させ、乾燥後5, 10.3, 13.9, 30, 55 mm ϕ の円形に切断して、平面線源を作製した。汚染防止のため、厚さ $5\text{mg}/\text{cm}^2$ のポリエチレン膜でシールした。濾紙に一樣に吸着しているか否かを調べるため、裸のフィルム(富士バジフィルム γ レイ用、高感度フィルム)を密着照射した。フィルムの黒化度は均でないことが目で見ても識別できたが、大きな不均一さはなかった。たとえば、55 mm ϕ の線源では、3 mm間隔で120点測定したフィルムの黒化度の相対誤差は $\pm 8\%$ であり、巨視的には一樣とみなすことができた。

厚さ $0.85\text{mg}/\text{cm}^2$ のアルミニウム蒸着膜に滴下された点状線源およびポリエチレンシールした6 mm ϕ の濾紙の平面線源のエネルギースペクトルの違いを比較するため、厚さ20 mmのプラスチックシンチレータ検出器を用いて β 線波高分布を測定した。点状線源およびシールされた平面線源両者の波高分布は、ほぼ同型であった。アクリル板を吸収板とした吸収曲線も、両者一致した。これら2つの実験結果から、濾紙による自己吸収およびポリエチレン被覆による β 線のエネルギースペクトルのみだれは実効上無視²⁾できることを確認できた。詳しくは、本報告「(1) 作業環境の線量率測定のための校正試験」を参照されたい。

1. はじめに

β 線検出用の窓を持つサーベイメータを用いて、フィルタを開いたときとフィルタを閉じたときの測定値の差から、皮膚が表面汚染したときの β 線吸収線量率を求める方法が提唱され、放射線管理に利用されてきた¹⁾。サーベイメータの測定値は、表面汚染の面積、汚染核種の β 線エネルギー、 γ 線やエックス線の混在および汚染面とサーベイメータの距離などによって異なる。そこで本報告では、実用的な測定評価を行い得ることを目的として測定の方法を述べ、また、フィルタの開閉による測定値の差から表面吸収層 $7\text{mg}/\text{cm}^2$ の場合の吸収線量率、すなわち皮膚線量率を求めるための換算倍率を、校正実験を行うことにより、決定した。校正実験は、天然ウラン、 ^{198}Au および ^{204}Tl 面線源のおおのこの面積を変え、電離箱型およびGM計数管型の市販サーベイメータについて行った。以下、実験方法、結果、考察、および得られた結論について、順次記述する。

2. 線源および基準線量率測定

2.1 β 線平面線源の種類と形状

実験に使用した線源は、 ^{204}Tl 、 ^{198}Au 、金属ウランの3種類である。これら3種類の線源の半減期、最大エネルギー等の性質をTable 1に示した。

^{204}Tl 線源

^{204}Tl 溶液をメンブラン濾紙に吸着させ、乾燥後5, 10.3, 13.9, 30, 55 mm ϕ の円形に切断して、平面線源を作製した。汚染防止のため、厚さ $5\text{mg}/\text{cm}^2$ のポリエチレン膜でシールした。濾紙に一樣に吸着しているか否かを調べるため、裸のフィルム(富士バジフィルムアーレイ用、高感度フィルム)を密着照射した。フィルムの黒化度は均でないことが目で見ても識別できたが、大きな不均一さはなかった。たとえば、55 mm ϕ の線源では、3 mm間隔で120点測定したフィルムの黒化度の相対誤差は $\pm 8\%$ であり、巨視的には一樣とみなすことができた。

厚さ $0.85\text{mg}/\text{cm}^2$ のアルミニウム蒸着膜に滴下された点状線源およびポリエチレンシールした6 mm ϕ の濾紙の平面線源のエネルギースペクトルの違いを比較するため、厚さ20 mmのプラスチックシンチレータ検出器を用いて β 線波高分布を測定した。点状線源およびシールされた平面線源両者の波高分布は、ほぼ同型であった。アクリル板を吸収板とした吸収曲線も、両者一致した。これら2つの実験結果から、濾紙による自己吸収およびポリエチレン被覆による β 線のエネルギースペクトルのみだれは実効上無視²⁾できることを確認できた。詳しくは、本報告「(1) 作業環境の線量率測定のための校正試験」を参照されたい。

¹⁹⁸Au線源

アクリル樹脂製リングで支持された厚さ 0.55 mg/cm^2 のポリエステルフィルムに円形に金蒸着し、熱中性子照射することによって ¹⁹⁸Au線源を作製した。金蒸着面の直径は、5, 11.2, 20, 40, および 79.4 mm とした。金蒸着の厚さは、 0.19 mg/cm^2 (5~40 mm ϕ) および 0.06 mg/cm^2 (79.4 ϕ) であった。熱中性子照射後ポリエステルフィルムでさらに被覆することにより、金蒸着面への接触による汚染を防止した。このため、両面とも厚さが 0.55 mg/cm^2 のポリエステルフィルムで被覆された Fig.1 のような構造の線源となった。アクリル樹脂製リング、ポリエステルフィルムおよびこの両者の接着に用いたシリコングリースなどの放射化が考えられるので照射終了後 30 時間経過した時点で Ge(Li) 検出器による γ 線スペクトルを測定した。この結果 ¹⁹⁸Au 以外の γ 線放射をともなう β 崩壊核種がないことを確認した。また、 β 線スペクトル測定および吸収曲線の測定から ¹⁹⁸Au 以外の β 崩壊核種がないことを確認した。

金属ウラン線源

直径 23, 40, 59 mm の円型および $75 \times 65 \text{ mm}$ の長方形の金属ウラン線源を用いた。4 個の線源とも厚さは 2.2 mm 以上であった。この厚さは、ウラン系列中最大エネルギーである ^{234m}Pa (2.29 MeV) の飛程よりも厚いから無限層厚と考えてよい。金属ウラン線源をエポキシ樹脂に埋込み一面のみが露出するようにした。露出面を研磨し鏡面状にした。金属ウランは急速に酸化するので、シリコングリースを薄く塗付しポリエステルフィルム (0.55 mg/cm^2) で被覆し空気と直接接触しないようにした。さらに、厚さ約 6 mg/cm^2 のポリエチレンフィルムで被覆し、約 7 mg/cm^2 の被覆材がある構成にした。

2.2 線量率測定**²⁰⁴Tl 平面線源**

6 mm ϕ の線源から 2.9 mm 離れた点での皮膚 (表皮層 7 mg/cm^2) の吸収線量を、直読式 β 線吸収線量率測定器³⁾ で測定した。暗室内で裸のフィルムを同じ幾何学条件で照射した。照射に使用したフィルムは 2.5 mg/cm^2 のフィルム・ベース両面に厚さ 5 mg/cm^2 の乳剤が塗布されているので、現像後に背面の乳剤を漂白剤ではく離し β 線に対する受感部を表面の乳剤のみとした。(背面の乳剤をはく離しない場合は受感部が 2 層になる。) こうして片面のみの黒化度を測定し、²⁰⁴Tl β 線による吸収線量率と黒化度の関係を求めた。つぎに、²⁰⁴Tl 平面線源と裸のフィルム間に 4 mg/cm^2 のポリエチレン膜を介在させて照射した。背面の乳剤を現像後にはく離することによって、線源から受感部までの厚さが 7 mg/cm^2 になるようにした。黒化度の測定結果から吸収線量率を求め、Table 2 に示した。

¹⁹⁸Au線源

¹⁹⁸Au線源の線量率測定には、Fig.2 に示すように、集電極が 30 mm ϕ 、ガードリングが 60 mm ϕ (内径 31 mm ϕ) の円筒型電離箱を用いた。 β 線入射側電極はポリエチレンフィルムにカーボン液を吹付け塗装することによって導電性が保たれている。厚さは約 6 mg/cm^2 である。外挿電離箱の構造上吸収線量率測定が可能な線源は 40 mm ϕ のみである。汚染防止膜および入射側電極の厚さの和が約 7 mg/cm^2 であるので、特別な吸収膜は使用せず測定した。直径の異

なる他の線源の吸収線量率を求めるために、線源との間に 7 mg/cm^2 の吸収層（ポリエチレン膜、汚染防止膜を含む）を置き裸のフィルムを暗室内照射した。外挿電離箱による吸収線量率の値から、線量率と黒化度の関係を求めた。黒化度は入射側の乳剤によるもののみであるのは、 ^{204}Tl 線源の測定の場合と同じである。評価基準日における線量率の測定結果を Table 2 に示した。

金属ウラン線源

金属ウランの場合は Bass et al.⁴⁾ の測定値 239 mrep/h （表皮層厚 7 mg/cm^2 ）を基準として採用した。なお、rep から rad への換算には $1 \text{ rep} \cong 0.96 \text{ rad}$ を用い、 0.23 rad/h とした。Bass et al. の測定値は径が大きい場合の値であるので、裸のフィルムを密着（ 7 mg/cm^2 の酸化防止膜あり）照射し、入射側の乳剤のみの場合の黒化度の比較から線量率を決定した。 $25 \sim 59 \text{ mm } \phi$ 、 $65 \times 75 \text{ mm}$ の各線源とも黒化度に有意な差が認められなかったので各線源とも 0.23 rad/h とした。

3. 測定方法

種々の面積の β 線面線源に対し、いろいろな型式のサーベイメータの測定値が表面吸収線量率にどのように対応するかを調べた。表面吸収線量率は皮膚不感層を 7 mg/cm^2 としたときの不感層直下の表面吸収線量率とした。測定値と表面吸収線量率との対応は換算倍率で表わした。

3.1 サーベイメータの型式

サーベイメータは電離箱を検出器とするものと、GM 計数管を検出器とするものの 2 種類を用いた。いずれも β 線を検出するための薄膜の窓を有する。 γ 線の照射線量率を測定できるように、GM 計数管型のはアルミニウム 3 mm 厚のフィルタを、電離箱型のは 3 mm 厚のベークライトのフィルタを装着できる。電離箱型サーベイメータは 5 種類の市販型について測定した。それらのサーベイメータの検出器の構造を Table 3 に示す。

3.2 測定

測定は、サーベイメータのフィルタを開いた場合と、フィルタを閉じた場合との 2 回行った。その方法は次のようである。

- (1) GM サーベイメータはプローブ先端のアルミニウムのフィルタをとり、端窓型 GM 管の窓を露出させておく。電離箱サーベイメータは、ベークライトのフィルタを回して半円形の窓を開いておく。
- (2) サーベイメータのプローブ先端面（必ずしも窓面でなく、前方に出た枠などが成す面）と面線源との距離が 1 cm になるように置く。検出器前面の中心と面線源の中心を合せる。サー

なる他の線源の吸収線量率を求めるために、線源との間に 7 mg/cm^2 の吸収層（ポリエチレン膜、汚染防止膜を含む）を置き裸のフィルムを暗室内照射した。外挿電離箱による吸収線量率の値から、線量率と黒化度の関係を求めた。黒化度は入射側の乳剤によるもののみであるのは、 ^{204}Tl 線源の測定の場合と同じである。評価基準日における線量率の測定結果を Table 2 に示した。

金属ウラン線源

金属ウランの場合は Bass et al.⁴⁾ の測定値 239 mrep/h （表皮層厚 7 mg/cm^2 ）を基準として採用した。なお、rep から rad への換算には $1 \text{ rep} \cong 0.96 \text{ rad}$ を用い、 0.23 rad/h とした。Bass et al. の測定値は径が大きい場合の値であるので、裸のフィルムを密着（ 7 mg/cm^2 の酸化防止膜あり）照射し、入射側の乳剤のみの場合の黒化度の比較から線量率を決定した。 $25 \sim 59 \text{ mm } \phi$ 、 $65 \times 75 \text{ mm}$ の各線源とも黒化度に有意な差が認められなかったので各線源とも 0.23 rad/h とした。

3. 測定方法

種々の面積の β 線面線源に対し、いろいろな型式のサーベイメータの測定値が表面吸収線量率にどのように対応するかを調べた。表面吸収線量率は皮膚不感層を 7 mg/cm^2 としたときの不感層直下の表面吸収線量率とした。測定値と表面吸収線量率との対応は換算倍率で表わした。

3.1 サーベイメータの型式

サーベイメータは電離箱を検出器とするものと、GM 計数管を検出器とするものの 2 種類を用いた。いずれも β 線を検出するための薄膜の窓を有する。 γ 線の照射線量率を測定できるように、GM 計数管型の場合はアルミニウム 3 mm 厚のフィルタを、電離箱型の場合は 3 mm 厚のベークライトのフィルタを装着できる。電離箱型サーベイメータは 5 種類の市販型について測定した。それらのサーベイメータの検出器の構造を Table 3 に示す。

3.2 測定

測定は、サーベイメータのフィルタを開いた場合と、フィルタを閉じた場合との 2 回行った。その方法は次のようである。

- (1) GM サーベイメータはプローブ先端のアルミニウムのフィルタをとり、端窓型 GM 管の窓を露出させておく。電離箱サーベイメータは、ベークライトのフィルタを回して半円形の窓を開いておく。
- (2) サーベイメータのプローブ先端面（必ずしも窓面でなく、前方に出た枠などが成す面）と面線源との距離が 1 cm になるように置く。検出器前面の中心と面線源の中心を合せる。サー

ベイメータの指示を読みとる。

(3) 電離箱サーベイメータの場合は、プローブ先端面と面線源との距離を1 cmに保ちながら、相互の位置をずらして、測定値が最大となるところで止める。その指示値をふたたび読みとる。

(4) そのままの位置で、サーベイメータのフィルタを閉じ、測定値を読みとる。

測定の状態を示す写真を Fig. 3 に示す。

3.3 フィルタの開閉による γ 線に対する測定値の差

γ 線に対する測定値は、フィルタを開いた場合と、フィルタを閉じた場合とでいくぶん異なる。 γ 線またはX線のエネルギーを変えて、フィルタの開閉による測定値をそれぞれ測定した。この測定は β 線と γ 線が混在する場合、 γ 線が β 線表面吸収線量率の測定に及ぼす影響の程度を調べるために行った。

4. 測定結果および考察

4.1 換算倍数の計算

サーベイメータによって測定した測定値をもとにして皮膚汚染による表面吸収線量率を計算するには、ここに述べる換算倍率が必要である。まず、使用する記号およびその意味について記す。

R_n : サーベイメータのフィルタを開き、 β 線面線源を1 cm離して窓の中心に置いたとき見かけ上何mR/hあったか、その測定値

R_m : サーベイメータのフィルタを開き、 β 線面線源を1 cm離して測定値が最大となるところで見かけ上何mR/hあったか、その測定値

ここで、 R_n 、 R_m の値が異なるのは、窓が半円形の電離箱サーベイメータの場合であって、GMサーベイメータの場合は窓が円形であるので、これらの測定値は同じである。

R_0 : サーベイメータのフィルタを閉じ、面線源を1 cm離して検出器前面の中心に置いたときの測定値、 R_m を測定した位置でも認められるほどの差はなかった。(単位mR/h)

D_β : 面線源が皮膚表面に密着しているとき、皮膚不感層7 mg/cm²直下の吸収線量率、または、皮膚線量率(mrad/h)、これは、Table 2の値を用いた。ただし、¹⁹⁸Auは半減期が270日であるので、減衰補正した測定時の値を用いた。

k : ²²⁶Ra- γ 線についてのサーベイメータの校正定数

d : 面線源の直径(cm)

R, R' : サーベイメータのフィルタを開いたときの測定値 R_m, R_n それぞれから、フィル

ベイメータの指示を読みとる。

(3) 電離箱サーベイメータの場合は、プローブ先端面と面線源との距離を1 cmに保ちながら、相互の位置をずらして、測定値が最大となるところで止める。その指示値をふたたび読みとる。

(4) そのままの位置で、サーベイメータのフィルタを閉じ、測定値を読みとる。

測定の状態を示す写真をFig.3に示す。

3.3 フィルタの開閉による γ 線に対する測定値の差

γ 線に対する測定値は、フィルタを開いた場合と、フィルタを閉じた場合とでいくぶん異なる。 γ 線またはX線のエネルギーを変えて、フィルタの開閉による測定値をそれぞれ測定した。この測定は β 線と γ 線が混在する場合、 γ 線が β 線表面吸収線量率の測定に及ぼす影響の程度を調べるために行った。

4. 測定結果および考察

4.1 換算倍数の計算

サーベイメータによって測定した測定値をもとにして皮膚汚染による表面吸収線量率を計算するには、ここに述べる換算倍率が必要である。まず、使用する記号およびその意味について記す。

R_n : サーベイメータのフィルタを開き、 β 線面線源を1 cm離して窓の中心に置いたとき見かけ上何mR/hあったか、その測定値

R_m : サーベイメータのフィルタを開き、 β 線面線源を1 cm離して測定値が最大となるところで見かけ上何mR/hあったか、その測定値

ここで、 R_n 、 R_m の値が異なるのは、窓が半円形の電離箱サーベイメータの場合であって、GMサーベイメータの場合は窓が円形であるので、これらの測定値は同じである。

R_o : サーベイメータのフィルタを閉じ、面線源を1 cm離して検出器前面の中心に置いたときの測定値、 R_m を測定した位置でも認められるほどの差はなかった。(単位mR/h)

D_β : 面線源が皮膚表面に密着しているとき、皮膚不感層 7 mg/cm^2 直下の吸収線量率、または、皮膚線量率(mrad/h)、これは、Table 2の値を用いた。ただし、 ^{198}Au は半減期が270日であるので、減衰補正した測定時の値を用いた。

k : ^{226}Ra - γ 線についてのサーベイメータの校正定数

d : 面線源の直径(cm)

R, R' : サーベイメータのフィルタを開いたときの測定値 R_m, R_n それぞれから、フィル

タを閉じたときの測定値 R_c をひいた値 (mR/h 等価指示)

K, K' : R, R' から皮膚線量率への換算倍率 [(mr ad/h) / (mR/h) 等価指示]

換算倍率は次式によって求められる。

面線源を検出器前面の中心に置いた場合

$$\begin{aligned}
 K' &= \frac{D\beta}{kR'} \\
 \text{または} & \\
 K' &= \frac{D\beta}{k(R_n - R_c)}
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} K' &= \frac{D\beta}{kR'} \\ K' &= \frac{D\beta}{k(R_n - R_c)} \end{aligned}} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

面線源をフィルタ開のときの測定値が最大になる位置に置いた場合

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{D\beta}{kR} \\
 \text{または} & \\
 K &= \frac{D\beta}{k(R_n - R_c)}
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} K &= \frac{D\beta}{kR} \\ K &= \frac{D\beta}{k(R_n - R_c)} \end{aligned}} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

K, K' は面線源の直径 d によって変化する。

4.2 サーベイメータの指示値と換算倍率

ここでは、指示値 R_m, R_n および R_c と、これらを用いて、(1)式、(2)式で計算した皮膚線量率への換算倍率 K', K について記す。

4.2.1 GM計数管型サーベイメータの場合

面線源からサーベイメータ先端までの距離を1 cmとし、GM計数管の端窓の中心と面線源の中心を軸上に合せて測定した。面線源の直径を変えたときの測定値および換算倍率などを、線源が天然ウラン、 ^{198}Au および ^{204}Tl の場合について、それぞれ Table 4.1, 4.2 および 4.3 に示す。窓 (2~3 mg/cm²) から直接放射線を入射させた場合の測定値に比較して、3mm厚アルミニウムのフィルタ (約 0.8 g/cm² の厚さ) で窓を閉じた場合の指示値は小さかった。測定値は、 ^{198}Au 線源に対しては2%以下に、 γ 線をとまなう天然ウランに対しても7%以下になった。

Fig. 4に換算倍率の試験台数についての平均値を、線源核種ごとに、線源の直径を横軸にとり示す。天然ウラン (β 線最大エネルギー E_{\max} , 約 2 MeV) についての換算倍率の方が、 ^{198}Au (E_{\max} , 0.96 MeV) より約3倍小さく、言い換えれば、感度が高い。等しい皮膚線量率に対応する β 線でも、エネルギーの高いものの方がGM計数管の奥深い位置までより多い電離を行うためと考えられる。

4.2.2 電離箱サーベイメータの場合

面線源からサーベイメータ先端までの距離を1 cmとし、電離箱の半円形フィルタを開いた時、測定値が最大となる位置に線源を置いた場合と、線源の中心を円筒形の電離箱の軸上に置いた場合との両方について、フィルタの開閉にともなうそれぞれの測定値を読みとり、これら両方の場合について換算倍率を計算した。結果を、Table 5.1 からTable 5.5 に示す。これら5つの表はそれぞれ5種類の市販型サーベイメータに対するものである。さらに、各表を、おのおの、天然ウラン、 ^{198}Au 、 ^{204}Tl の線源に対して、a, b, cの3部に分けた。5種類のサーベイメータの形名は、表の順にNDR13101, ICS-203, ICS-202, SBI-52101 BおよびDR-3である。各種類とも、できるだけ複数個(2~4台)について測定し、表中で測定値のばらつきがわかるようにした。測定値が最大となる位置に線源を置いた場合と、線源の中心を同筒形の電離箱の軸上に置いた場合との換算倍率の差を比較するため、NDR13101型で ^{198}Au を測定した場合を例にとってみる。線源直径に対して、二つの換算倍率をプロットすれば、Fig. 5のようである。最大測定値の場合の換算倍率は、円筒軸上に線源中心を位置させた場合の換算倍率の1/2程度の値を示している。

実際の表面汚染は目視では必ずしも形が分るとは思われないこと、また最大指示値を読みとる方が簡単であることから、指示値が最大となる位置で測定する方法の方が良いと考えられる。以下、電離箱サーベイメータの換算倍率を論ずるときは、測定値が最大となる位置での測定値から求めた換算倍率をとるものとする。

Fig. 6はNDR13101型について、面線源の直径を横軸にとり、換算倍率の平均値を線源の核種ごとにプロットしたものである。換算倍率は、線源の面積に強く依存している。線源の直径が5 mm から80 mm まで変わるとき、換算倍率は 2×10^3 から 2×10^1 [(mrad/h) / mR/h等価線指示]まで減少する。天然ウラン(E_{\max} 約2 MeV)に対する換算倍率は、 ^{204}Tl (E_{\max} 0.766 MeV)に対する換算倍率の1/2程度であるが、線源の面積が大きくなるとその差が縮まる傾向が見られる。

Fig. 7はICS-203型について、同様なプロットをしたものである。前のグラフと同じような傾向である。線源の面積が大きくなると天然ウランに対する換算倍率と ^{198}Au または ^{204}Tl に対する換算倍率の差が縮まり、ほぼ一致する。それとともに、線源の直径による変化が少なくなり、一定の値に近づく傾向がある。

Fig. 8はICS-202型についてのプロットである。線源の直径に対する換算倍率の変化は前二者と同じことが言える。なお、ICS-202はICS-203の旧形式であって、測定回路の組立配線および部品等が異なるのみである。電離箱の材質および寸法はICS-203と同じであると見受けられる。

Fig. 9はSBI-52101 B型についての、面線源の直径に対する換算倍率のプロットである。線源の直径が大きくなると、天然ウラン等3核種についての換算倍率の差はほとんどなくなる。しかしながら、線源の直径80 mm では未だ換算倍率が一定の値に近づいているとは言えず、線源の直径が大きくなるともう少し小さくなるようである。その理由はさきの3つの型のサーベイメータの電離箱の窓の直径(半円)が60または64 mm であるのに、SBI-52101 B型では70 mm であって、窓が大きいことによるものとみられる。

Fig.10はDR-3型についてのプロットである。DR-3型はNDR13101型の旧形式である。電離箱の設計は両者同一であると見受けられ、Fig.10はFig.6とよく一致している。

これら、5種離の市販の電離箱サーベイメータについて天然ウラン、 ^{198}Au または ^{204}Tl 面線源の直径を一定としたときの換算倍率は±30%の変化幅内で一致することが、Fig.6~10のグラフの比較からわかる。

また、線源の直径の小さいうち(5~20mmφ)は換算倍数は、線源の直径の2乗に反比例して小さくなり、線源の直径が大きくなる(100mmφ以上ぐらい)と、ほぼ一定の値になった。その理由としては、これらの電離箱サーベイメータについては、β線検出用の窓厚は3.5~7mg/cm²、窓面積は14~18.5cm²(半円形)、電離箱容積は500~570cm³の範囲に入り、構造的にあまり差がないので、β線に対する感度もあまり差がないことによるものと考えられる。各器種についての結果を総合して簡単にすれば、Fig.11のようになる。

4.3 面線源の直径と指示値

サーベイメータのフィルタを開いたときの測定値から、フィルタを閉じたときの測定値を差し引いた値を正味の測定値と呼ぶことにする。Fig.12は天然ウラン線源の直径(mm)を横軸にとり、正味の測定値(mR/h)を縦軸にとって、それらの関係をプロットしたものである。グラフ上に窓の直径(mmφ)を記した。Fig.13は同様に、 ^{198}Au 線源の場合について、線源の直径と、正味の測定値との関係をプロットしたものである。β線のエネルギーによる感度依存性は、GM計数管型サーベイメータでは大きい、電離箱サーベイメータでは比較的小さい。線源の直径が小さいうちは正味の測定値は直径の二乗に比例して大きくなり、線源の直径が大きくなると測定値は一定の上限值に近づく。この関係を数式で表せば、正味の測定値R(mR/h)は次のようになると考えられる。

$$R = S_{\max} (1 - e^{-b^2 r^2}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 S_{\max} はβ線の最大エネルギー、窓の半径ρ(mm)、窓の材質および厚さなどに関係する最大の測定値(mR/h)である。また、r(mm)は線源の半径を、b(mm⁻¹)はある定数を、それぞれ表すものとする。(3)式をrについて2回微分すると、

$$\frac{d^2 R}{d r^2} = 2 S_{\max} \cdot b^2 e^{-b^2 r^2} (1 - \sqrt{2} b r) (1 + \sqrt{2} b r)$$

であるから、この曲線は、 $r = 1/(\sqrt{2} b)$ で変曲点を持つ。Fig.12およびFig.13をみると、電離箱型では、線源の直径が窓の直径に等しくなったあたり、すなわち $r \cong \rho$ に変曲点がある。したがって、 $b = \sqrt{2}/\rho$ となる。電離箱型の正味測定値を R_{IC} (mR/h)として、(3)式を書き直せば、

$$R_{IC} = S_{\max} \cdot (1 - e^{-\frac{2 r^2}{\rho^2}}) \quad \dots\dots\dots (4)$$

となる。(4)式から、 $r = \sqrt{3/2} \rho$ 程度、すなわち、サーベイメータの口径の約1.2倍以上の

直径の面線源についての換算倍率は一定の値になり、測定結果と合っている。GM計数管型では、 $r = 2\rho$ のあたりに変曲点があるので、正味測定値を $R_{GM}(\text{mR/h})$ とすれば、

$$R_{GM} = S_{\max} \cdot \left(1 - e^{-\frac{r^2}{2\rho^2}}\right) \dots\dots\dots (5)$$

となる。測定値が飽和して来るのは、線源の直径が、GM計数管の窓径の約2.5倍以上になるときである。

4.4 線源と検出器の間の距離

線源と検出器の間の距離を1 cmにとるとして測定を行ってきたが、この距離が変化したらば、正味の測定値はどう変化するか簡単に記す。Fig.14はNDR13101型電離箱サーベイメータについて、線源と検出器の間の距離Hを0.5 cm, 0.8 cm, 1.2 cmおよび1.5 cmと変えたとき、距離1 cmにとった場合に対して、正味の測定値が何倍になるか、その比を示したものである。面線源は金属ウラン板である。横軸は面線源の直径を示している。面線源の直径は23 mm ϕ から68.8 mm ϕ である。この範囲で、距離が1 cmに対して ± 2 mm変化しても、正味の測定値は ± 10 %の変化の範囲に収まる。また、距離が ± 5 mm変化しても、正味の測定値は、 ± 20 %の範囲内に収まると言える。

Fig.15は、GM計数管型サーベイメータについて、同様な測定を行って得た結果である。面線源の直径が小さくなると、検出器と線源との距離に対する正味測定値の変化が大きくなる。線源の直径23 mm ϕ では、距離0.5 cmのときは、距離1 cmのときの1.3倍程度の正味の測定値となり、距離1.5 cmのときは0.8倍程度の測定値となる。以上の程度の測定値の変化の範囲ならば、線源と検出器の距離が多少変化しても、測定には大きな影響はないと言える。

4.5 混在する γ 線による影響

γ 線に対する測定値は、窓をフィルタによって閉じた場合と、裸の窓の場合とではいくぶん異なる。 γ 線のエネルギーが異なるとき、フィルタを開閉して、おのおの測定値を読みとり、それらの比をとった。ここで、フィルタを閉じた場合の測定値を1とした。測定はコンクリートの部屋の中で、床からの高さ1 mで行った。 γ 線は 4π 方向に放射させ、線源およびサーベイメータから2 m以内には壁や、鉛しゃへい物などがないようにした。Table 6は、その結果を表で示したものである。比の値が1より大きくなるのは、フィルタによる γ 線の減衰と、フィルタを開いたときの散乱電子の通過によるものである。GM計数管型では、前者の方が著しい。 γ 線のエネルギーが低い60 MeVでは、差は20 %ぐらいである。電離箱型では、後者の方が著しいが、フィルタの開閉による差は40 keVより2 MeVまでの γ 線のエネルギーに対し、数%の範囲内に収まっている。 β 線、 γ 線が混在する場合での測定では、ここで述べた程度のフィルタの開閉による測定値の差からでは β 線吸収線量率を評価することはできない。 β 線吸収線量率を評価するためには測定値の差は、電離箱型の場合で約20 %以上、GM計数管型の場合で約30 %以上必要であると考えられる。

5. む す び

電離箱型サーベイメータ 5 器種，GM 計数管型サーベイメータ 1 器種について，皮膚汚染による線量率を測定評価するための校正試験を実施した。表皮層厚 7 mg/cm^2 の皮膚線量率を測定評価するために，汚染された皮膚表面からサーベイメータ先端までの距離を 1 cm にとって測定するとする。測定はサーベイメータの β ・ γ 線弁別用フィルタを開いた状態と，閉じた状態とで行う。その 2 つの測定値の差すなわち正味測定値から皮膚線量率に換算し得る倍率 $[(\text{mrad/h})/(\text{mR/h 等価指示})]$ を求めた。この倍率を換算倍率と呼ぶことにした。

- 1) 電離箱型サーベイメータ 5 器種 (型名 NDR13101, ICS-203, ICS-202, SBI52101B および DR-3) の換算倍率は，線源核種が天然ウラン ($E_{\text{max}} 2.3 \text{ MeV}$)， ^{198}Au ($E_{\text{max}} 0.96 \text{ MeV}$) および ^{204}Tl ($E_{\text{max}} 0.77 \text{ MeV}$) であっても， $\pm 30\%$ の範囲内で一致した。換算倍率は，面線源の直径が小さく電離箱の口径の $1/2$ 程度以下では，線源直径の逆 2 乗の関係に従って小さくなる。面線源の直径が口径の約 $1/2$ 倍以上で， $20 [(\text{mrad/h})/(\text{mR/h 等価指示})]$ 程度で一定となる。
- 2) GM 計数管型サーベイメータ (NSM150 型) の換算倍率は，線源面積の他に， β 線のエネルギーに大きく依存する。 ^{198}Au と天然ウランとでは，換算倍率に約 3 倍の開きがある。面線源の直径が GM 計数管の窓径以下では換算倍率は，線源直径の逆 2 乗の関係に従って小さくなる。面線源の直径が窓径の 2.5 倍程度以上で換算倍率は，線源核種ごとの一定の値をとる。最大エネルギーが $0.7 \sim 2.5 \text{ MeV}$ の範囲の換算倍率は，安全側にとって ^{198}Au または ^{204}Tl についての換算倍率を用いるべきである。
- 3) 検出器先端と面線源との間の距離を 1 cm としたが，この距離に $\pm 2 \text{ mm}$ の誤差があった場合，線源直径 2 cm 以上での換算倍率の違いは，電離箱型の場合， $\pm 10\%$ 以内，GM 計数管型では， $\pm 20\%$ 以内に収まる。
- 4) β 線 γ 線が混在する場では，フィルタを開閉したとき， β 線吸収線量率を評価することができる測定値の差は，電離箱型の場合で約 20% 以上，GM 計数管型の場合で約 30% 以上の場合である。

参 考 文 献

- 1) 福田整司，神永博史，井沢庄司：外部被曝による β 線吸収線量の評価，JAERI 1065 (1964)
- 2) 備後一義，梶本与一，須賀新一：電離箱型および GM 計数管型サーベイメータの β 線特性試験 (I) 作業環境の線量率測定のための試験，保健物理 vol. 13 (4) pp. 279-285 (1978)

5. む す び

電離箱型サーベイメータ5器種，GM計数管型サーベイメータ1器種について，皮膚汚染による線量率を測定評価するための校正試験を実施した。表皮層厚 7 mg/cm^2 の皮膚線量率を測定評価するために，汚染された皮膚表面からサーベイメータ先端までの距離を 1 cm にとって測定するとする。測定はサーベイメータの β ・ γ 線弁別用フィルタを開いた状態と，閉じた状態とで行う。その2つの測定値の差すなわち正味測定値から皮膚線量率に換算し得る倍率 $[(\text{mrad/h})/(\text{mR/h 等価指示})]$ を求めた。この倍率を換算倍率と呼ぶことにした。

1) 電離箱型サーベイメータ5器種(型名NDR13101, ICS-203, ICS-202, SBI52101BおよびDR-3)の換算倍率は，線源核種が天然ウラン($E_{\text{max}} 2.3\text{ MeV}$)， ^{198}Au ($E_{\text{max}} 0.96\text{ MeV}$)および ^{204}Tl ($E_{\text{max}} 0.77\text{ MeV}$)であっても， $\pm 30\%$ の範囲内で一致した。換算倍率は，面線源の直径が小さく電離箱の口径の $1/2$ 程度以下では，線源直径の逆2乗の関係に従って小さくなる。面線源の直径が口径の約 $1/2$ 倍以上で， $20[(\text{mrad/h})/(\text{mR/h 等価指示})]$ 程度で一定となる。

2) GM計数管型サーベイメータ(NSM150型)の換算倍率は，線源面積の他に， β 線のエネルギーに大きく依存する。 ^{198}Au と天然ウランとでは，換算倍率に約3倍の開きがある。面線源の直径がGM計数管の窓径以下では換算倍率は，線源直径の逆2乗の関係に従って小さくなる。面線源の直径が窓径の2.5倍程度以上で換算倍率は，線源核種ごとの一定の値をとる。最大エネルギーが $0.7\sim 2.5\text{ MeV}$ の範囲の換算倍率は，安全側にとって ^{198}Au または ^{204}Tl についての換算倍率を用いるべきである。

3) 検出器先端と面線源との間の距離を 1 cm としたが，この距離に $\pm 2\text{ mm}$ の誤差があった場合，線源直径 2 cm 以上での換算倍率の違いは，電離箱型の場合， $\pm 10\%$ 以内，GM計数管型では， $\pm 20\%$ 以内に収まる。

4) β 線 γ 線が混在する場では，フィルタを開閉したとき， β 線吸収線量率を評価することができる測定値の差は，電離箱型の場合で約 20% 以上，GM計数管型の場合で約 30% 以上の場合である。

参 考 文 献

- 1) 福田整司，神永博史，井沢庄司：外部被曝による β 線吸収線量の評価，JAERI 1065 (1964)
- 2) 備後一義，梶本与一，須賀新一：電離箱型およびGM計数管型サーベイメータの β 線特性試験(I)作業環境の線量率測定のための試験，保健物理 vol. 13(4) pp. 279-285(1978)

- 3) 備後一義： β 線吸収線量率の直読式測定法，日本原子力学会誌 vol. 19 pp. 247-255(1977)
- 4) H. Bass, etc. : AECD-2753(1949)

謝 辞

本特性試験を実施するにあたり，御指導頂いた東海研究所保健物理部線量計測課長沼宮内弼雄氏に感謝致します。また，いろいろ御援助頂いた線量計測課上沢輝夫，武藤貢および河合勝雄各氏に感謝致します。フィルムによる黒化度測定に関して技術的援助を頂いた線量計測課西健雄，伊藤精両氏に感謝致します。

- 3) 備後一義： β 線吸収線量率の直読式測定法，日本原子力学会誌 vol. 19 pp. 247-255 (1977)
- 4) H. Bass, etc. : AEC-2753 (1949)

謝 辞

本特性試験を実施するにあたり，御指導頂いた東海研究所保健物理部線量計測課長沼宮内弼雄氏に感謝致します。また，いろいろ御援助頂いた線量計測課上沢輝夫，武藤貢および河合勝雄各氏に感謝致します。フィルムによる黒化度測定に関して技術的援助を頂いた線量計測課西健雄，伊藤精両氏に感謝致します。

Table1 Specification of sources

Source name	^{204}Tl	^{198}Au	Metallic Uranium
Half life	3.78 y	2696 d	4.468×10^9 y
Maximum energy(MeV)	0.766	0.960	2.29 ($^{234\text{m}}\text{Pa}$)
Source materials	Filter paper	Vacuum evapolated gold(activated)	Metal
Size of sources(mm)	6 ϕ , 10.3 ϕ , 13.9 ϕ , 30 ϕ , 55 ϕ	5 ϕ , 11.2 ϕ , 20 ϕ 40 ϕ , 79.4 ϕ	23 ϕ , 40 ϕ , 59 ϕ 65 \times 75 (\cong 78.8 ϕ)
Thickness of sources	$\sim 4\text{mg}/\text{cm}^2$		> 2mm t
Thickness of covered film	$5\text{mg}/\text{cm}^2$	$1.2\text{mg}/\text{cm}^2$	$7\text{mg}/\text{cm}^2$

Table2 Absorbed dose rate under $7\text{mg}/\text{cm}^2$ of tissue from
the plane sources prepared for calibration experiments

Radionuclide	Size of β -ray source(mm)	Estimated skin dose rate(mrad/h)
^{204}Tl	6 ϕ	5.8×10^2
	10.3 ϕ	5.7×10^2
	13.9 ϕ	8.2×10^2
	30 ϕ	7.0×10^2
	55 ϕ	1.5×10^3
U	23 ϕ	2.30×10^2
	40 ϕ	
	59 ϕ	
	75 \times 65	
^{198}Au	5 ϕ	5.21×10^4
	11.2 ϕ	7.27×10^4
	20 ϕ	5.38×10^4
	40 ϕ	5.59×10^4
	79.4 ϕ	1.70×10^4

Table 3 Description of beta-gamma survey meters

Instrument	Detector	Window material	Window thickness (mg/cm ²)	Window area (cm ²)	Wall material	Wall thickness (mm)	Detector volume (cm ³)	Filter for beta ray shielding	
								Material	Thickness (mm)
NSM 150 or SM-150	G-M counter tube	Mica	2~3	3 (20mm ϕ)	Glass Iron	1 mm 40mg/cm ²	20 mm ϕ \times 97 mm	Aluminium	3
DR-3	Ionization chamber	Mylar	7	14*	Bakelite	3	550	Bakelite	3
NDR 13101	"	"	7	14*	"	3	550	"	3
ICS- 202	"	"	5	16*	"	3	500	"	3
ICS- 203	"	"	5	16*	"	3	500	"	3
SBI- 52101B	"	"	3.5	18.5*	Methyl Methacrylate	3	570	Methyl Methacrylate	3

* Semicircle

Table 4.1 Measured values and multiplying factors of G-M tube type survey meter

Type of instrument : NSM 150

Reference source : natural uranium disc

Diameter of source (mmφ)	Skin dose rate (mrad/h)	Number of instrument	Meter range	Calibration factor to ²²⁶ Ra-γ ray	Measured values (mR/h)			Multiplying factor (mrad/h) / (apparent mR/h)
					With open window	With closed window	Net reading	
23	230	1	× 10	1.0	5.2	0.0	5.2	44
		2			3.4	0.0	3.4	68
		3			5.3	0.1	5.2	44
		4			4.3	0.1	4.2	55
40	230	1	× 10	1.0	8.1	0.1	8.0	288
		2			6.7	0.2	6.5	35
		3			9.2	0.2	9.0	25.6
		4			7.7	0.2	7.5	31
59	230	1	× 10	1.0	9.1	0.6	8.5	27.1
		2			7.6	0.4	7.2	32
		3			9.2	0.6	9.7	23.7
		4			8.9	0.5	8.4	27.4
78.8	230	1	× 10	1.0	9.1	0.6	8.5	27.1
		2			7.6	0.4	7.2	32
		3			10.3	0.6	9.7	23.7
		4			8.9	0.6	8.3	27.8

Distance of the source along the cylindrical axis is 1 cm

Table 4.2 Measured values and multiplying factors of G-M tube type survey meter

Type of instruments : NSM 150

Reference source : ^{198}Au

Diameter of source (mm ϕ)	Skin dose rate (rad/h)	Number of instrument	Meter range	Calibration factor to ^{226}Ra - γ ray	Measured values (mR/h)		Net reading	Multiplying factor (mrad/h) / (apparent mR/h)	
					With open window	With closed window			
5	15.6	1	$\times 500 \times 10$	1.0	6.0	8.2	6.0	2.59×10^3	
	15.5	2			7.0	6.9	7.0	6.8	2.22×10^3
	15.5	3			8.0	10.0	8.0	9.9	1.94×10^3
	15.5	4			6.0	8.3	6.0	8.2	2.58×10^3
11.3	21.6	1	$\times 500$	1.0	47	0	47	4.6×10^2	
		2			42	0.5	41.5	5.2×10^2	
		3			70	0.5	69.5	3.1×10^2	
		4			43	0.5	42.5	5.1×10^2	
20	16.0	1	$\times 500$	1.0	65	0.5	64.5	248	
		2			70	0.5	69.5	230	
		3			120	0.5	119.5	133	
		4			80	0.5	79.5	201	
40	217	1	$\times 500$	1.0	25	0	25	868	
	218	2			22	0	22	987	
	217	3			33	0	33	658	
	217	4			22	0	22	987	
79.4	5.03	1	$\times 500$	1.0	68	1	67	75.2	
	5.04	2			65	2	63	79.8	
	5.04	3			120	1	119	423	
	5.04	4			75	1	74	68	

Table 4.3 Measured values and multiplying factors of G-M tube type survey meter

Type of instruments : NSM 150

Reference source : ²⁰⁴Tl

Diameter of source (mmφ)	Skin dose rate (mrad/h)	Number of instrument	Meter range	Calibration factor to ²²⁶ Ra-γ ray	Measured values (mR/h)		Net reading	Multiplying factor (mrad/h) / (apparent mR/h)
					With open window	With closed window		
6	5.8 × 10 ²	5	×1	1.0	0.35	0.01	0.34	1.7 × 10 ³
		6			0.31	0.02	0.29	2.0 × 10 ³
10.3	5.7 × 10 ²	5	×1	1.0	0.80	0.01	0.79	7.2 × 10 ²
		6			0.73	0.02	0.71	8.0 × 10 ²
13.9	8.2 × 10 ²	5	×10	1.0	2.0	0.0	2.0	4.1 × 10 ²
		6			2.3	0.0	2.3	3.6 × 10 ²
30	7.0 × 10 ²	5	×10	1.0	6.4	0.0	6.4	1.1 × 10 ²
		6			6.5	0.0	6.5	1.1 × 10 ²
55	1.5 × 10 ³	5	×100	1.0	20	0	20	75
		6			20	0	20	75

Table 5.1 a Measured values and multiplying factors of ionization chamber survey meter
Type of instruments : NDR13101

Reference source : natural uranium disc

Diameter of source (mmφ)	Source location	Skin dose rate (mrad/h)	Number of instrument	Meter range	Calibration factor to ²²⁶ Ra-γ ray	Measured values (mR/h)			Calibrated net reading	Multiplying factor (mrad/h) / (apparent mR/h)
						Open window	Closed window	Net reading		
23	max**	230	1	× 10	1.1	3.3	0.4	2.9	3.2	72
	center**		3.8			0.7	3.1	3.1	74	
		230	1	× 10	1.1	1.9	0.4	1.5	1.7	135
			2			2.2	0.7	1.5	1.5	153
40	max	230	1	× 10	1.1	9.0	1.3	7.7	8.5	27.1
	center		9.2			1.9	7.3	7.3	32	
		230	1	× 10	1.1	6.0	1.3	4.7	5.2	44
			2			6.5	1.9	4.6	4.6	50
59	max	230	1	× 10	1.1	14.0	3.0	11.0	12.2	18.9
	center		14.2			3.3	10.9	10.9	21.1	
		230	1	× 10	1.1	12.0	3.0	9.0	9.9	23.2
			2			12.4	3.3	9.1	9.1	25.3
788	max	230	1	× 10	1.1	15.6	3.4	12.2	13.2	17.4
	center		16.5			4.0	12.5	12.5	18.5	
		230	1	× 10	1.1	15.2	3.4	11.8	13.0	17.7
			2			16.0	4.0	12.0	12.0	19.2

* Source is located at the position where the meter displays maximum deflection.

** Center of source is along the cylindrical axis of the ionization chamber.

Table 5.1 b Measured values and multiplying factors of ionization chamber survey meters
 Type of instruments : NDR13101
 Reference source : ¹⁹⁸Au

Diameter of source (mmφ)	Source location	Skin dose rate (rad/h)	Number of instrument	Meter range	Calibration factor to ²²⁶ Ra-γ ray	Measured values (mR/h)			Calibrated net reading	Multiplying factor (mrad/h) / (apparent mR/h)
						Open window	Closed window	Net reading		
5	max	20.3	1	×10	1.1	9.0	0.0	9.0	9.9	20×10 ³
			2		1.0	13.0	0.0	13.0	13.0	1.5×10 ³
			3		1.1	9.0	0.6	8.4	9.3	2.2×10 ³
	center	20.3	1	×10	1.1	8.4	0.0	8.4	9.3	2.2×10 ³
			2		1.0	8.8	0.0	8.8	8.8	2.3×10 ³
			3		1.1	6.0	0.6	5.4	5.9	3.4×10 ³
11.2	max	23.2	1	×100	1.1	8.9	0	8.9	9.8	2.4×10 ²
			2		1.0	8.3	1	8.2	8.2	2.8×10 ²
			3		1.0	6.0	1	5.9	5.9	3.9×10 ²
	center	23.2	1	×100	1.1	5.0	0	5.0	5.5	4.2×10 ²
			2		1.0	5.0	1	4.9	4.9	4.7×10 ²
			3		1.0	4.0	1	3.9	3.9	5.9×10 ²
20	max	1.66	1	×100	1.1	13.9	0	13.9	15.3	108
			2		1.0	12.7	-1	12.8	12.8	129
			3		1.0	12.3	0	12.3	12.3	134
	center	1.65	1	×100	1.1	8.9	0	8.9	9.8	169
			2		1.0	8.4	-1	8.5	8.5	194
			3		1.0	8.4	0	8.4	8.4	197
40	max	2.18	1	×100	1.1	6.1	0	6.1	6.7	32.5
		2.17	2		1.0	5.8	0	5.8	5.8	37.4
	center	2.18	1	×100	1.1	4.2	0	4.2	4.6	47.4
		2.17	2		1.0	3.9	0	3.9	3.9	55.6
79.4	max	5.14	1	×100	1.1	26.5	0	26.5	29.2	17.6
		5.13	2		1.0	24.9	0	24.9	24.9	20.6
		5.13	3		1.0	18.0	4	17.6	17.6	29.1
	center	5.14	1	×100	1.1	25.2	0	25.2	27.7	18.6
		5.13	2		1.0	23.5	0	23.5	23.5	21.8
		5.13	3		1.0	17.8	4	17.4	17.4	29.5

Table 5.1c Measured values and multiplying factors of ionization chamber survey meter

Type of instruments : NDR13101

Reference source : ^{204}Tl

Source location : max.*

Diameter of source (mm ϕ)	Skin dose rate (mrad/h)	Number of instrument	Meter range	Calibration factor to $^{226}\text{Ra-}\gamma$ ray	Measured values (mR/h)			Calibrated net reading	Multiplying factor (mrad/h) / (apparent mR/h)
					Open window	Closed window	Net reading		
10.3	5.7×10^2	1	$\times 1$	1.1	1.1	0.05	1.05	1.16	4.9×10^2
		4			1.0	0.0	1.0	1.0	5.7×10^2
13.9	8.2×10^2	1	$\times 1$	1.1	2.2	0.05	2.15	2.37	3.5×10^2
		4			1.0	0.0	2.5	2.5	3.3×10^2
30	7.0×10^2	1	$\times 10$	1.0	9.1	0.0	9.1	9.1	77
		4			1.0	0.0	9.7	9.7	72
55	1.5×10^3	1	$\times 100$	1.0	6.0	0	6.0	6.0	25
		4			1.1	0	5.5	6.1	25

* Source is located at the position where the meter displays maximum deflection.

Table 5.2a Measured values and multiplying factors of ionization chamber survey meters
 Type of instruments : ICS-203
 Reference source : natural uranium disc

Diameter of source (mmφ)	Source location	Skin dose rate (mrad/h)	Number of instrument	Meter range	Calibration factor to ²²⁶ Ra-γ ray	Measured values (mR/h)			Calibrated net reading	Multiplying factor (mrad/h) / (apparent mR/h)
						Open window	Closed window	Net reading		
23	max.*	230	1	×1	1.0	4.0	1.5	2.5	2.5	9.2
	center**		3.2			0.5	2.7	2.7		
40	max.	230	1	×1	1.0	2.7	1.5	1.2	1.2	1.92
	center		1.9			0.5	1.4	1.4		
59	max.	230	1	×1	1.0	8.9	2.4	6.5	6.5	3.5
	center		8.1			1.5	6.6	6.6		
78.8	max.	230	1	×1	1.0	5.8	2.4	3.4	3.4	6.8
	center		5.0			1.5	3.5	3.5		
78.8	max.	230	1	×1	1.0	1.37	4.0	9.7	9.7	2.37
	center		1.30			3.1	9.9	9.9		
78.8	max.	230	1	×1	1.0	1.13	4.0	7.3	7.3	3.2
	center		1.13			3.1	8.2	8.2		
78.8	max.	230	1	×1	1.0	1.48	3.8	11.0	11.0	2.09
	center		1.53			4.8	10.5	10.5		
78.8	max.	230	1	×1	1.0	1.42	3.8	10.4	10.4	2.21
	center		1.49			4.8	10.1	10.1		

* Source is located at the position where the meter displays maximum deflection.

** Source location is on the central axis to the cylindrical chamber.

Table 5.2 b Measured values and multiplying factors of ionization chamber survey meter
 Type of instruments : ICS-203
 Reference source : ¹⁹⁸Au

Diameter of source (mmφ)	Source location	Skin dose rate (rad/h)	Number of instrument	Meter range	Calibration factor to ²²⁶ Ra-γ ray	Measured values (mR/h)			Calibrated net reading	Multiplying factor (mrad/h) (apparent mR/h)
						Open window	Closed window	Net reading		
5	max.	20.4	1	x1	1.0	12.5	1.6	10.9	10.9	1.87 × 10 ³
			2			10.1	0.0	10.1	2.02 × 10 ³	
			3							
			4							
5	center	20.4	1	x1	1.0	8.6	1.0	7.6	7.6	2.7 × 10 ³
			2			6.8	-0.5	7.3	7.3	2.8 × 10 ³
			3			6.6	0.0	6.6	6.6	3.0 × 10 ³
			4			7.0	0.0	7.0	7.0	2.9 × 10 ³
11.2	max.	27.9	1	x10	1.0	10.0	0	10.0	10.0	2.8 × 10 ²
			2			8.0	0	8.0	8.0	3.5 × 10 ²
			3			8.4	0	8.4	8.4	3.3 × 10 ²
			4			8.0	0	8.0	8.0	3.5 × 10 ²
11.2	center	27.9	1	x10	1.0	6.0	0	6.0	6.0	4.7 × 10 ²
			2			5.4	0	5.4	5.4	5.1 × 10 ²
			3			5.0	0	5.0	5.0	5.5 × 10 ²
			4			5.1	0	5.1	5.1	5.5 × 10 ²
20	max.	17.1	1	x10	1.0	14.0	2	13.8	13.8	124
			2			11.2	0	11.2	11.2	152
			3			11.2	-1	11.3	11.3	150
			4			11.0	0	11.0	11.0	149
20	center	17.1	1	x10	1.0	8.8	2	8.6	8.6	199
			2			6.0	0	6.0	6.0	283
			3			7.0	-1	7.1	7.1	239
			4			6.2	0	6.2	6.2	265
40	max.	21.9	1	x10	1.0	6.2	1	6.1	6.1	36
			2			5.2	0	5.2	5.2	42
			1			4.5	1	4.4	4.4	50
			2			3.3	0	3.3	3.3	66
79.4	max.	0.67	1	x10	1.0	3.6	2	3.4	3.4	197
			2			3.0	0	3.0	3.0	223
			1			3.5	2	3.3	3.3	203
			2			3.0	0	3.0	3.0	223

Table 5.2c Measured values and multiplying factors of ionization chamber survey meter

Type of instruments : ICS-203

Reference source : ^{226}Ra

Source location : max.*

Diame of source (mm ϕ)	Skin dose rate (mrad/h)	Number of instrument	Meter range	Calibration factor to ^{226}Ra - γ ray	Measured values (mR/h)			Calibrated net reading	Multiplying factor (mrad/h) / (apparent mR/h)
					Open window	Closed window	Net reading		
1 0.3	5.7×10^2	5	$\times 1$	1.0	1.2	0.0	1.2	1.2	4.8×10^2
		6			1.0	0.0	1.0	1.0	5.7×10^2
1 3.9	8.2×10^2	5	$\times 1$	1.0	2.7	0.0	2.7	2.7	3.0×10^2
		6			2.3	0.0	2.3	2.3	3.6×10^2
3 0	7.0×10^2	5	$\times 1$	1.0	1 0.5	0.0	1 0.5	1 0.5	6 7
		6			9.5	0.0	9.5	9.5	7 4
5 5	1.5×10^3	5	$\times 10$	1.0	6 6	0	6 6	6 6	2 3
		6			6 5	0	6 5	6 5	2 3

* Source is located at the position where the meter displays maximum deflection.

Table 5.3 a Measured values and multiplying factors of ionization chamber survey meters
 Type of instruments : ICS-202
 Reference source : natural uranium disc

Diameter of source (mmφ)	Source location	Skin dose rate (mrad/h)	Number of instrument	Meter range	Calibration factor to ²²⁶ Ra-γ ray	Measured values (mR/h)			Calibrated net reading	Multiplying factor (mrad/h) / (apparent mR/h)
						Open window	Closed window	Net reading		
23	max.*	230	1	×1	1.0	3.1	0.3	2.8	2.8	8.2
	center**		4.0			0.9	3.1	3.1	7.4	
40	max.	230	1	×1	1.0	1.5	0.3	1.2	1.2	1.92
	center		2.1			0.9	1.2	1.2	1.92	
59	max.	230	1	×1	1.0	9.0	1.6	7.4	7.4	3.1
	center		8.2			1.7	6.5	6.5	3.5	
78.8	max.	230	1	×1	1.0	5.6	1.6	4.0	4.0	5.8
	center		5.3			1.7	3.6	3.6	6.4	
59	max.	230	1	×1	1.0	13.5	3.5	10.0	10.0	23.0
	center		14.0			2.9	11.1	11.1	20.7	
78.8	max.	230	1	×1	1.0	11.8	3.5	8.3	8.3	27.7
	center		12.1			2.9	9.2	9.2	25.0	
78.8	max.	230	1	×1	1.0	15.4	4.3	11.1	11.1	20.7
	center		16.0			3.3	12.7	12.7	18.1	
78.8	max.	230	1	×1	1.0	15.0	4.3	10.7	10.7	21.5
	center		15.1			3.3	11.8	11.8	19.5	

* Source is located at the position where the meter displays maximum deflection.
 ** Source location is on the central axis to the cylindrical chamber.

Table 5.3 b Measured values and multiplying factors of ionization chamber survey meters
 Type of instruments : ICS-202
 Reference source : ¹⁹⁸Au

Diameter of source (mmφ)	Source location	Skin dose rate (rad/h)	Number of instrument	Meter range	Calibration factor to ²²⁶ Ra-γ ray	Measured values (mR/h)			Calibrated net reading	Multiplying factor (mrad/h) (apparent mR/h)	
						Open window	Closed window	Net reading			
5	max.	20.3	1	× 1	1.0	124	0.3	121	121	1.68 × 10 ³	
		20.2	2			131	0.2	129	129	1.57 × 10 ³	
		20.2	3			130	0.0	130	130	1.55 × 10 ³	
		20.2	4			138	0.0	138	138	1.46 × 10 ³	
	center	20.3	1	× 1	1.0	81	0.3	78	78	2.6 × 10 ³	
		20.2	2			86	0.2	84	84	2.4 × 10 ³	
		20.2	3			84	0.0	84	84	2.4 × 10 ³	
		20.2	4			91	0.0	91	91	2.2 × 10 ³	
11.2	max.	23.3	1	× 10	0.9	101	0	101	91	2.6 × 10 ²	
			2			73	0	73	73	3.2 × 10 ²	
			3			91	0	91	82	2.8 × 10 ²	
			4			91	1	90	90	2.6 × 10 ²	
	center	23.3	23.3	1	× 10	0.9	61	0	61	55	4.2 × 10 ²
				2			43	0	43	43	5.4 × 10 ²
				3			54	0	54	49	4.8 × 10 ²
				4			50	1	49	49	4.8 × 10 ²
20	max.	16.6	1	× 10	0.9	150	0	150	135	123	
			2			110	0	110	110	150	
			3			136	0	136	122	135	
			4			145	2	143	143	115	
	center	16.6	16.6	1	× 10	0.9	85	0	85	77	216
				2			71	0	71	71	232
				3			87	0	87	78	212
				4			97	2	95	95	174
max.	219	219	1	× 10	0.9	66	1	65	59	37	
			2			51	4	47	47	47	
			1			44	1	43	39	56	
			2			35	4	31	31	71	
center	219	219	1	× 10	0.9	40	2	38	34	19.7	
			2			30	4	26	26	25.8	
			1			36	2	34	31	21.6	
			2			29	4	25	25	26.8	

Table 5.3c Measured values and multiplying factors of ionization chamber survey meter

Type of instruments : ICS-202

Reference source : ^{204}Tl

Source location : max.*

Diameter of source (mm ϕ)	Skin dose rate (mrad/h)	Number of instrument	Meter range	Calibration factor to $^{228}\text{Ra-}\gamma$ ray	Measured values (mR/h)			Calibrated net reading	Multiplying factor (mrad/h) / (apparent mR/h)
					Open window	Closed window	Net reading		
10.3	5.7×10^2	2	$\times 1$	0.9	1.5	0.0	1.5	1.35	4.2×10^2
		1			1.3	0.0	1.3	1.3	4.4×10^2
13.9	8.2×10^2	2	$\times 1$	0.9	3.0	0.01	2.99	2.7	3.0×10^2
		1			2.8	0.0	2.8	2.8	2.9×10^2
30	7.0×10^2	2	$\times 1$	0.9	11.1	0.01	11.09	9.98	70
		1			10.8	0.0	10.8	10.8	65
55	1.5×10^3	2	$\times 10$	1.0	62	0.0	62	62	24
		1			52	0.0	52	62.4	24

* Source is located at the position where the meter displays maximum deflection.

Table 5.4 a Measured values and multiplying factors of ionization chamber survey meters
 Type of instruments : SBI-52101B
 Reference source : natural uranium disc

Diameter of source (mmφ)	Source location	Skin dose rate (mrad/h)	Number of instrument	Meter range	Calibration factor to ²²⁶ Ra-γ ray	Measured values (mR/h)			Calibrated net reading	Multiplying factor (mrad/h) / (apparent mR/h)
						Open window	Closed window	Net reading		
23	max.*	230	1	× 1	1.1	3.5	0.9	2.6	2.9	79
	center**		2			4.1	0.8	3.3	2.6	88
40	max.	230	1	× 1	1.1	2.0	0.9	1.1	1.2	192
	center		2			2.5	0.8	1.7	1.4	164
59	max.	230	1	× 1	1.1	9.2	2.4	6.8	7.5	31
	center		2			11.7	2.4	9.3	7.4	31
78.8	max.	230	1	× 1	1.1	5.8	2.4	3.4	3.7	62
	center		2			7.4	2.4	5.0	4.0	58
78.8	max.	230	1	× 1	1.1	15.3	4.7	10.6	11.7	197
	center		2			19.6	5.2	14.4	11.5	200
78.8	max.	230	1	× 1	1.1	11.4	4.7	6.7	7.4	31
	center		2			15.2	5.2	10.0	8.0	29
78.8	max.	230	1	× 1	1.1	18.0	6.2	11.8	13.0	177
	center		2			30.0	11	19	15.2	15.1
78.8	max.	230	1	× 1	1.1	16.6	6.2	10.4	11.4	202
	center		2			29	11	18	14.4	16.0

* Source is located at the position where the meter displays maximum deflection.

** Source is located along the cylindrical axis.

Table 5.4 b Measured values and multiplying factors of ionization chamber survey meters
 Type of instruments : SBI-52101B
 Reference source : ¹⁹⁸Au

Diameter of source (mmφ)	Source location	Skin dose rate (rad/h)	Number of instrument	Meter range	Calibration factor to ²²⁶ Ra-γ ray	Measured values (mR/h)			Calibrated net reading	Multiplying factor (mrad/h) / (apparent mR/h)
						Open window	Closed window	Net reading		
5	max.	20.5	1	×1	1.1	127	0.0	127	140	1.46 × 10 ³
	center	20.5	2	×1	0.8	153	0.0	153	122	1.68 × 10 ³
11.2	max.	28.1	1	×10	1.1	90	0.0	90	99	2.1 × 10 ³
	center	28.1	2	×10	0.8	103	0	103	103	2.7 × 10 ²
20	max.	17.2	1	×10	1.0	143	0	143	114	2.5 × 10 ²
	center	17.1	2	×10	0.8	59	0	59	59	4.8 × 10 ²
40	max.	21.9	1	×10	1.0	81	0	81	65	4.3 × 10 ²
	center	21.8	2	×10	0.8	137	0	137	137	126
79.4	max.	5.21	1	×100	1.0	186	1	185	148	116
	center	5.21	2	×100	0.8	89	0	89	89	193
	max.	219	1	×10	1.0	121	1	120	96	178
	center	218	2	×10	0.8	62	0	62	62	35
	max.	219	1	×10	1.0	89	0	89	71	31
	center	218	2	×10	0.8	42	0	42	42	52
	max.	5.21	1	×100	1.2	58	0	58	46	47
	center	5.21	2	×100	1.0	300	0	300	360	145
	max.	5.21	1	×100	1.2	360	20	340	340	153
	center	5.21	2	×100	1.0	260	0	260	312	167
					1.0	320	20	300	300	174

Table 5.4 c Measured values and multiplying factors of ionization chamber survey meters
 Type of instrument : SBI-52101B
 Reference source : ^{204}Tl

Diameter of source (mm ϕ)	Source location	Skin dose rate (mrad/h)	Number of instrument	Meter range	Calibration factor to $^{226}\text{Ra-}\gamma$ ray	Measured values (mR/h)			Calibrated net reading	Multiplying factor (mrad/h) / (apparent mR/h)
						Open window	Closed window	Net reading		
1 0.3	max.*	5.7×10^2	2	$\times 1$	1.0	1.3	0.0	1.3	1.3	4.4×10^2
	center**					0.5	0.0	0.5	0.5	1.14×10^3
1 3.9	max.	8.2×10^2	2	$\times 1$	1.0	3.0	0.0	3.0	3.0	2.7×10^2
	center					1.5	0.0	1.5	1.5	5.5×10^2
3 0	max.	7.0×10^2	2	$\times 1$	1.0	10.5	0.0	10.5	10.5	6.7
	center					6.6	0.0	6.6	6.6	1.1×10^2
5 5	max	1.5×10^3	2	$\times 10$	1.0	80	0	80	80	19
	center					57	0	57	57	26

* Source is located at the position where the meter displays maximum deflection.

** Source is located along the cylindrical axis.

Table 5.5 a Measured values and multiplying factors of ionization chamber survey meters
 Type of instruments : DR-3
 Reference source : natural uranium disc

Diameter of source (mm ϕ)	Source location	Skin dose rate (mrad/h)	Number of instrument	Meter range	Calibration factor of ²²⁶ Ra- γ ray	Measured values (mR/h)			Calibrated net reading	Multiplying factor (mrad/h) / (apparent mR/h)
						Open window	Closed window	Net reading		
23	max.*	230	1	$\times 10$	1.0	3.3	0.2	3.1	3.1	7.4
	center**		2.1			0.1	2.0	2.4	9.6	
40	max.	230	1	$\times 10$	1.0	1.9	0.2	1.7	1.7	1.35
	center		1.1			0.1	1.0	1.2	1.92	
59	max.	230	1	$\times 10$	1.0	8.6	1.3	7.3	7.3	3.2
	center		5.8			0.4	5.4	6.5	3.5	
78.8	max.	230	1	$\times 10$	1.0	5.3	1.3	4.0	4.0	5.8
	center		3.3			0.4	2.9	3.5	6.6	
78.8	max.	230	1	$\times 10$	1.0	1.31	2.7	1.04	1.04	2.21
	center		1.10			2.3	8.7	1.04	2.21	
78.8	max.	230	1	$\times 10$	1.0	1.13	2.7	8.6	8.6	2.67
	center		9.7			2.3	7.4	8.9	2.58	
78.8	max.	230	1	$\times 10$	1.0	1.48	3.1	1.17	1.17	1.97
	center		1.20			2.9	9.1	1.09	2.11	
78.8	max.	230	1	$\times 10$	1.0	1.45	3.1	1.14	1.14	2.02
	center		1.19			2.9	9.0	1.08	2.13	

* Source is located at the position where the meter displays maximum deflection.

** Source is located along the cylindrical axis.

Table 5.5 b Measured values and multiplying factors of ionization chamber survey meters
 Type of instruments : DR-3
 Reference source : ¹⁹⁸Au

Diameter of source (mmφ)	Source location	Skin dose rate (rad/h)	Number of instrument	Meter range	Calibration factor to ²²⁶ Ra-γ ray	Measured values (mR/h)			Calibrated net reading	Multiplying factor (mrad/h) / (apparent mR/h)
						Open window	Closed window	Net reading		
5	max.	20.4	1	× 10	1.0					
			2		1.2					
	center	20.4	1	× 10	1.0	6.0	0.0	6.0	6.0	3.4×10^3
			2		1.2	6.0	0.8	5.2	6.2	3.3×10^3
11.2	max.	28.0	1	× 100	1.1	71	0	71	78	3.6×10^2
			2		1.2					
	center	28.0	1	× 100	1.1	47	0	47	52	5.4×10^2
			2		1.2	42	0	42	50	5.6×10^2
20	max.	17.1	1	× 100	1.1	90	0	90	99	173
			2		1.2	81	-1	82	98	174
	center	17.1	1	× 100	1.1	58	0	58	64	2.7×10^2
			2		1.2	50	-1	51	61	2.8×10^2
40	max.	218	1	× 100	1.1	40	0	40	44	50
			2		1.2	39	0	39	47	46
	center	218	1	× 100	1.1	27	0	27	32	68
			2		1.2	25	0	25	30	73
79.4	max.	519	1	× 100	1.1	186	0	186	205	25
			2		1.2	182	0	182	218	24
	center	519	1	× 100	1.1	179	0	179	197	26
			2		1.2	179	0	179	215	24

Table 6 Ratio of measured value without filter to that with filter

(1) G-M counter type : with aluminium filter thickness of 3mm

	$^{60}\text{Co} - \gamma$ ray (1.25 MeV)	$^{51}\text{Cr} - \gamma$ ray (320 keV)	$^{241}\text{Am} - \gamma$ ray (60 keV)
NSM 150	1.04	1.08	1.17

(2) Ionization chamber type : with bakelite filter thickness of 3mm

	$^{60}\text{Co} - \gamma$ ray	$^{226}\text{Ra} - \gamma$ ray (~1 MeV)	$^{241}\text{Am} - \gamma$ ray	40 keV _{eff} -X ray
NDR13101	1.04	1.05	1.0	1.0
ICS-203	1.03	1.06	1.0	1.02
DR-3	1.02	1.06	1.0	1.0

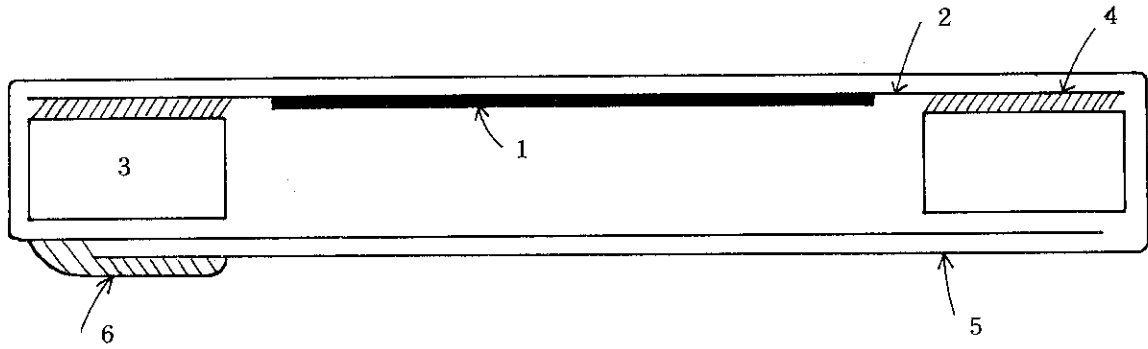


Fig.1 Structure of ^{198}Au plate source

1;Au, 2;Polyester film 3;Acrylic (Lucite) ring
 4;Vacuum grease 5;Polyester film for contamination protection 6;Adhesive tape

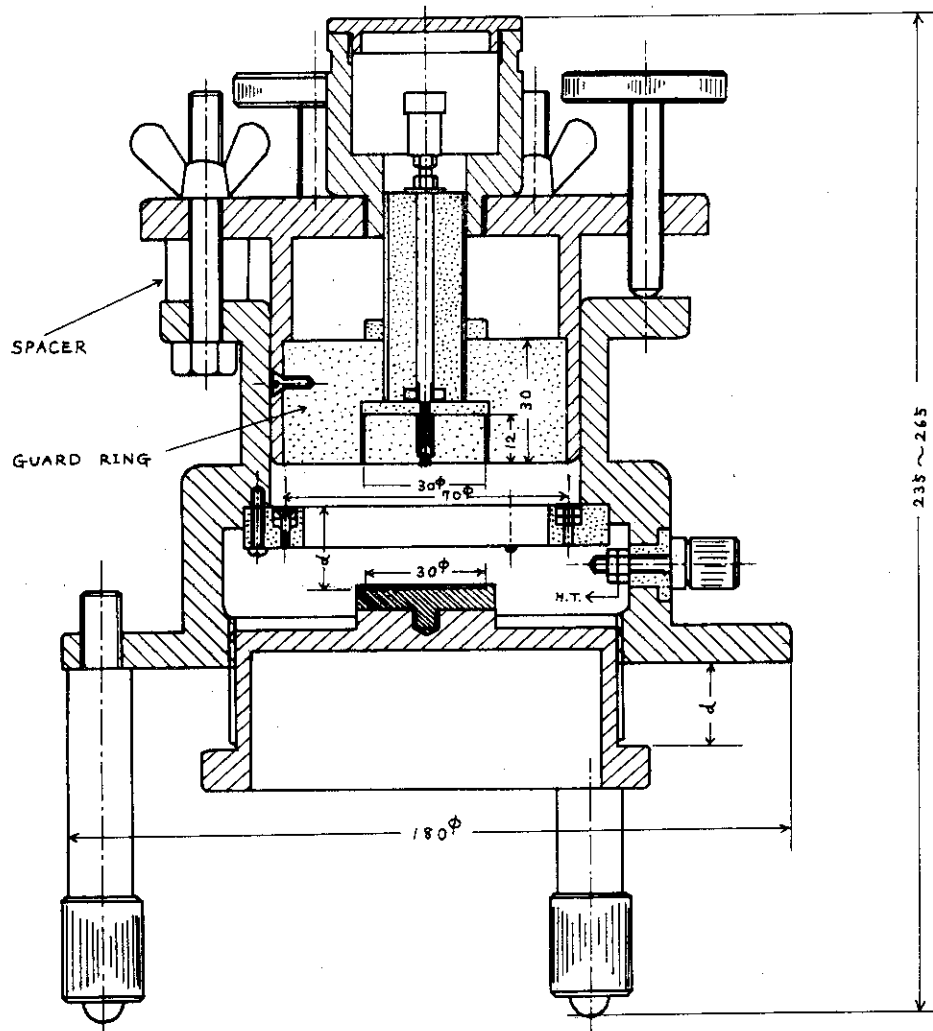


Fig.2 Structure of the extrapolation chamber

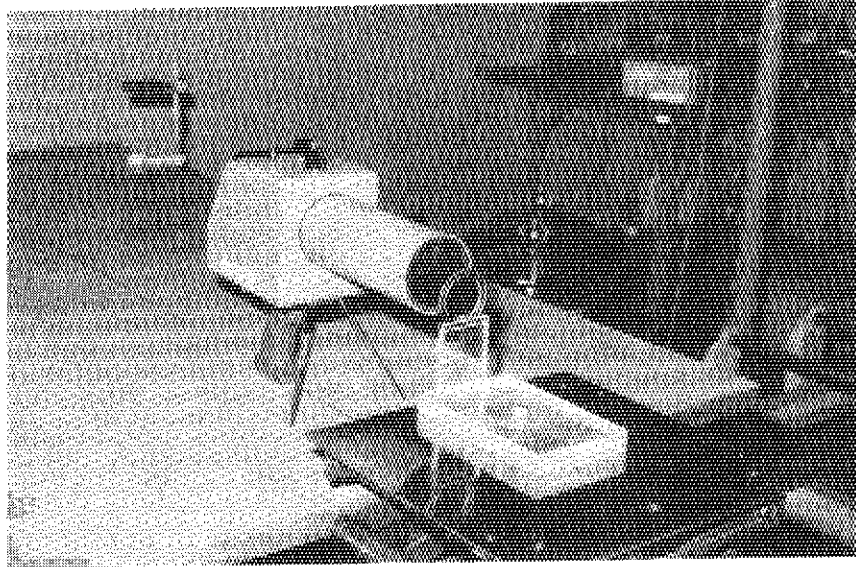


Fig.3 Photograph of survey meter calibrated for skin dose rate measurement

The source to detector distance is 1 cm.

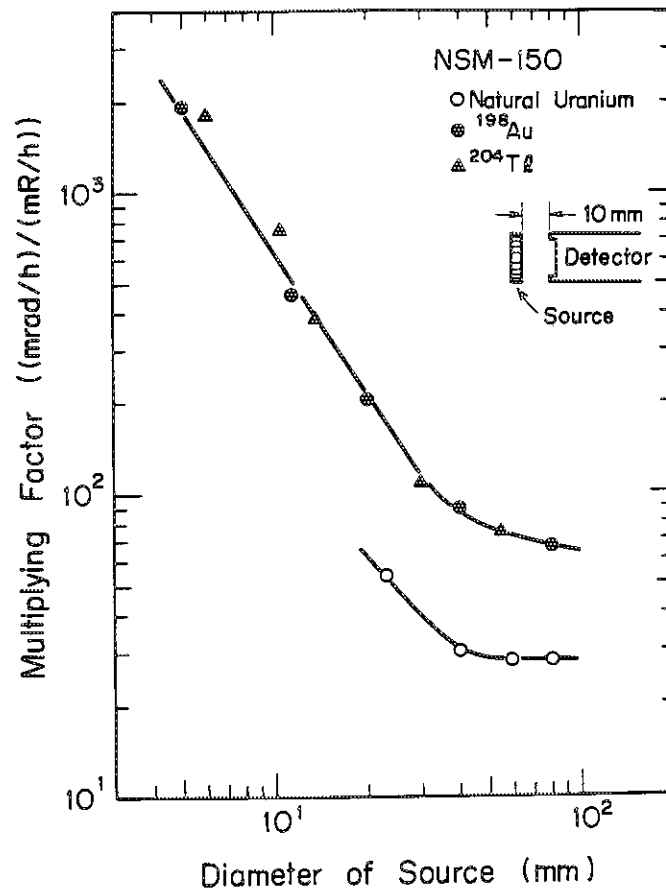


Fig.4 Relation between multiplying factor and source size for GM counter survey meter type NSM 150

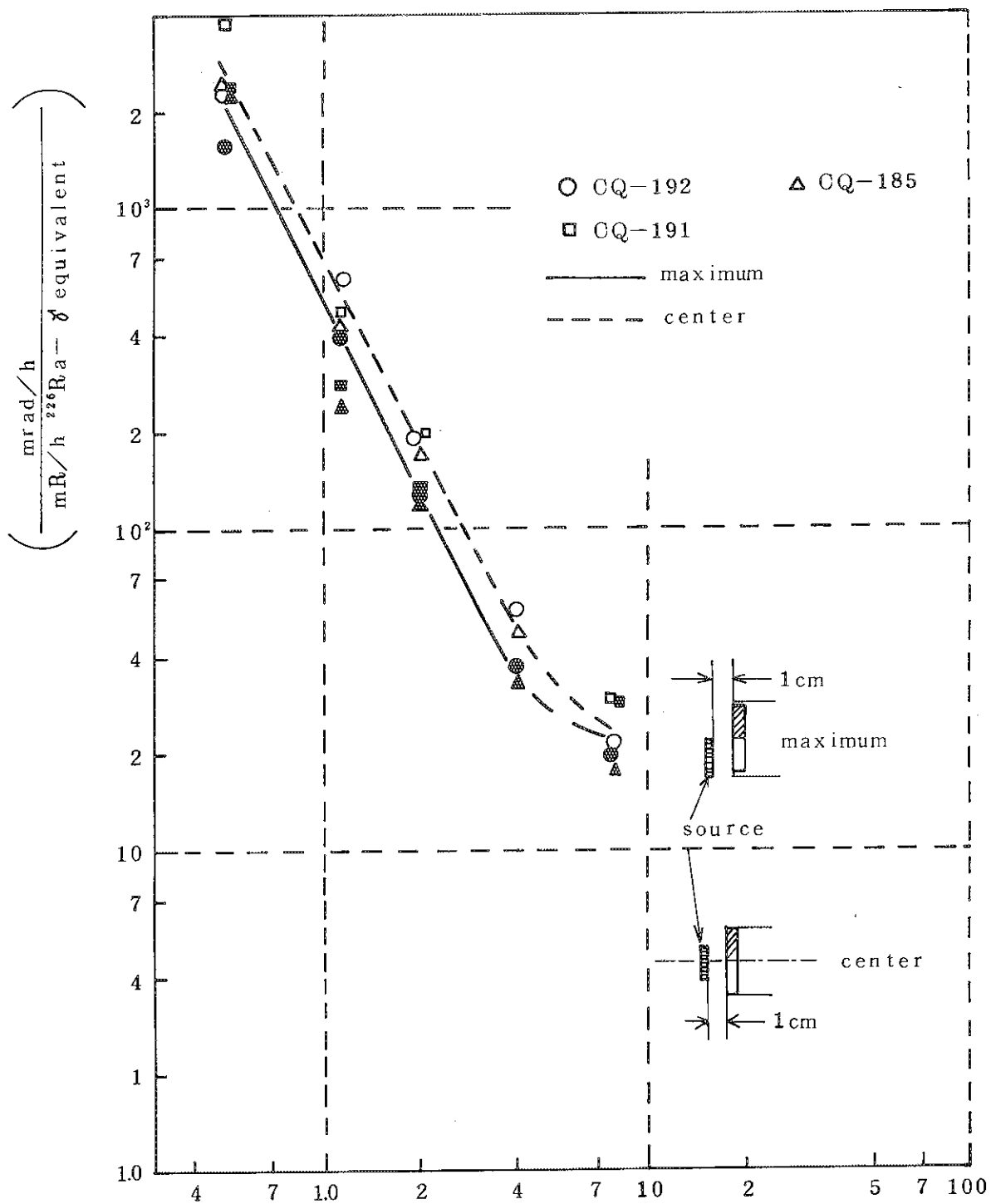


Fig.5 Relation between multiplying factor and source size; difference due to the positioning of the detector (NDR 13101)

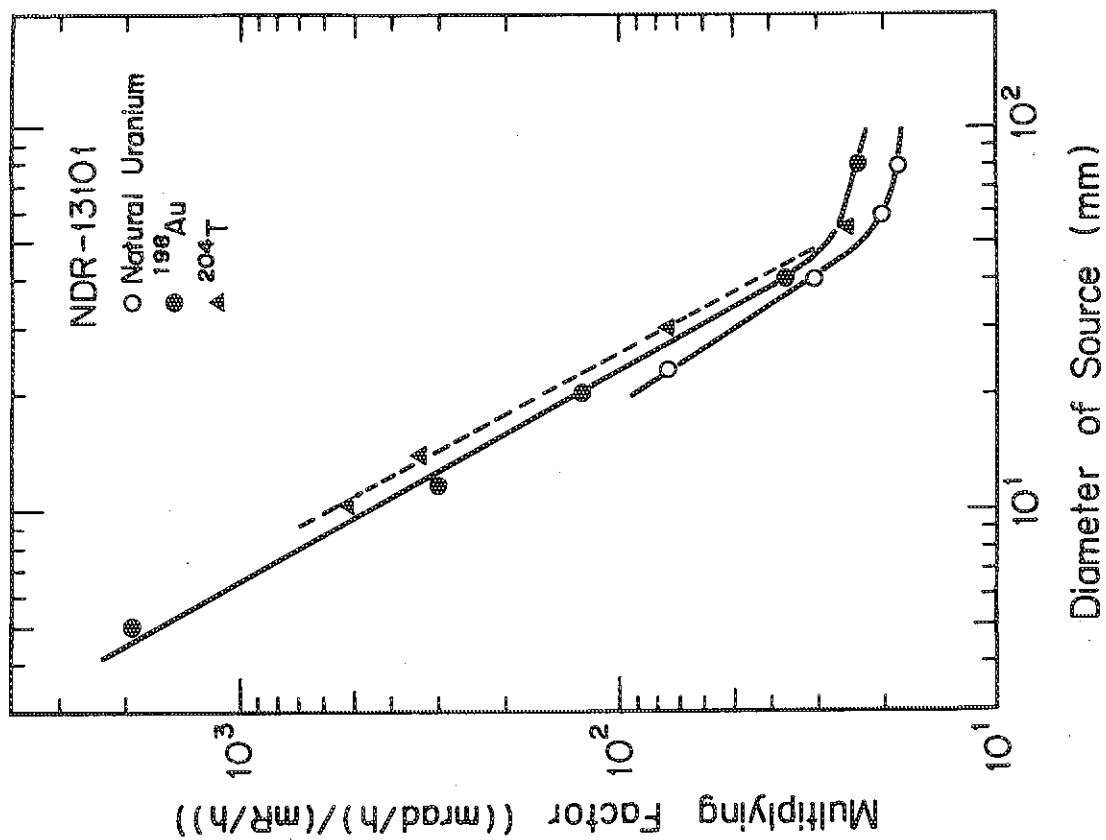


Fig. 6 Relation between multiplying factor and source size for ionization chamber type NDR 13101

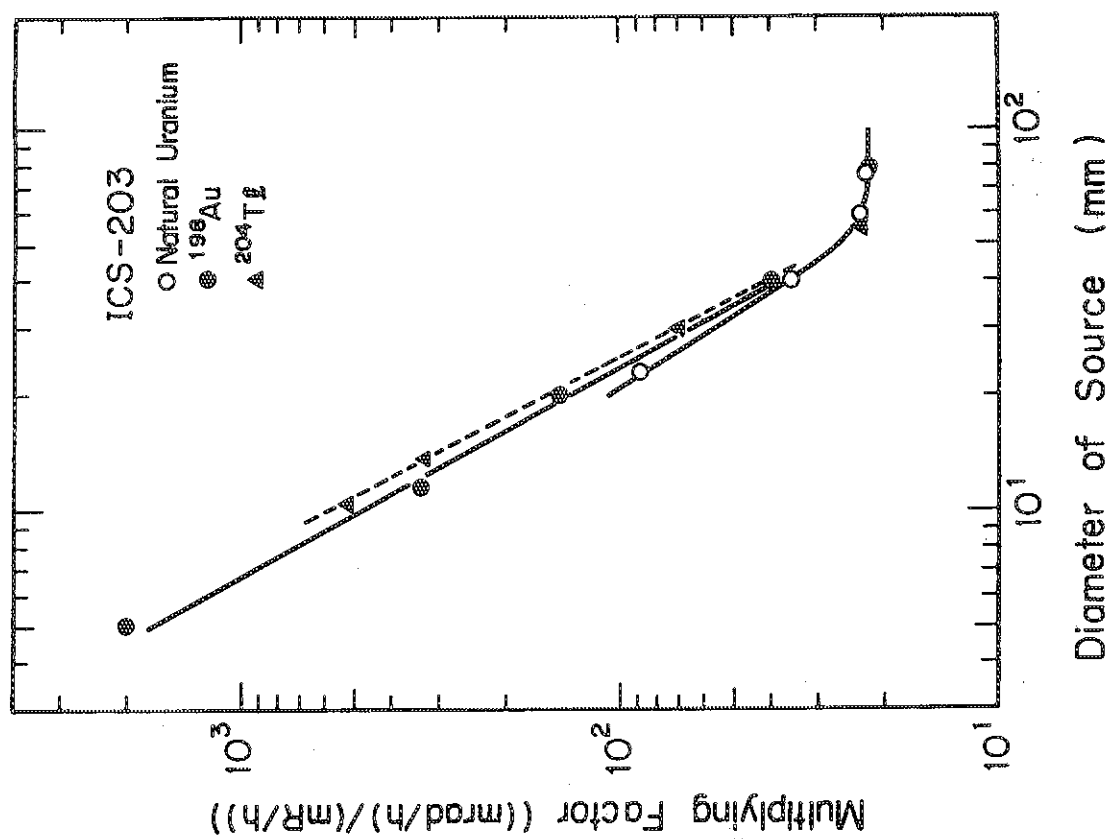


Fig. 7 Relation between multiplying factor and source size for ionization chamber type ICS-203

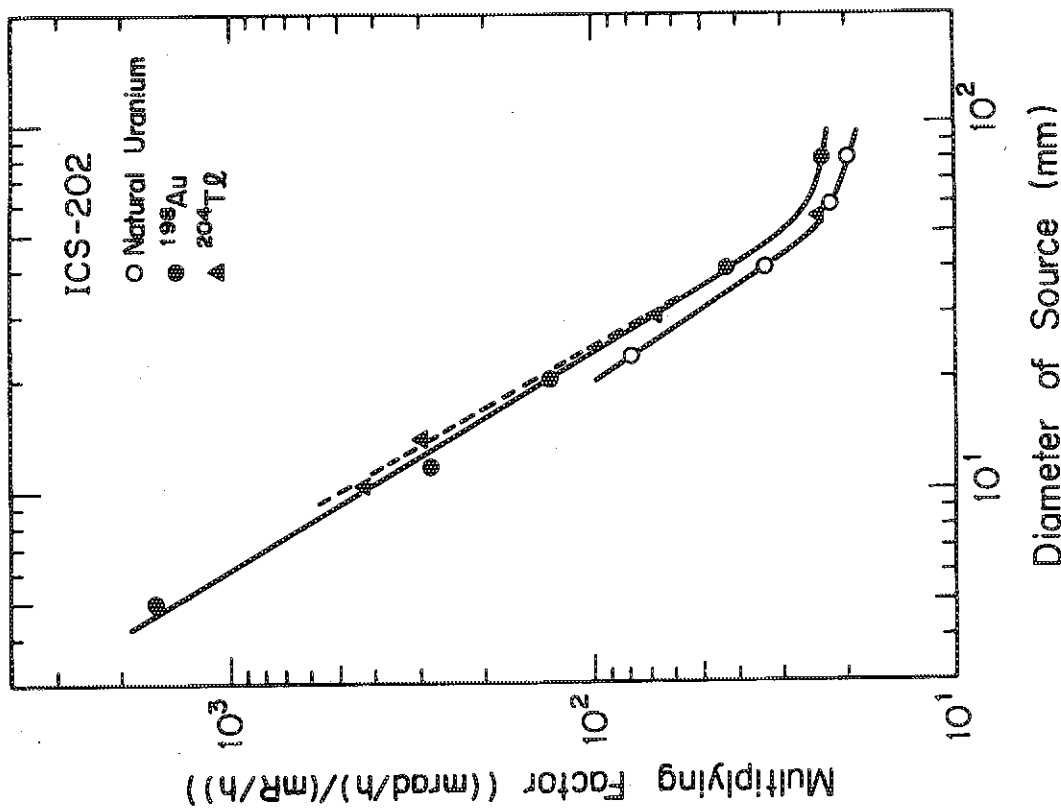


Fig. 8 Relation between multiplying factor and source size for ionization chamber type ICS-202

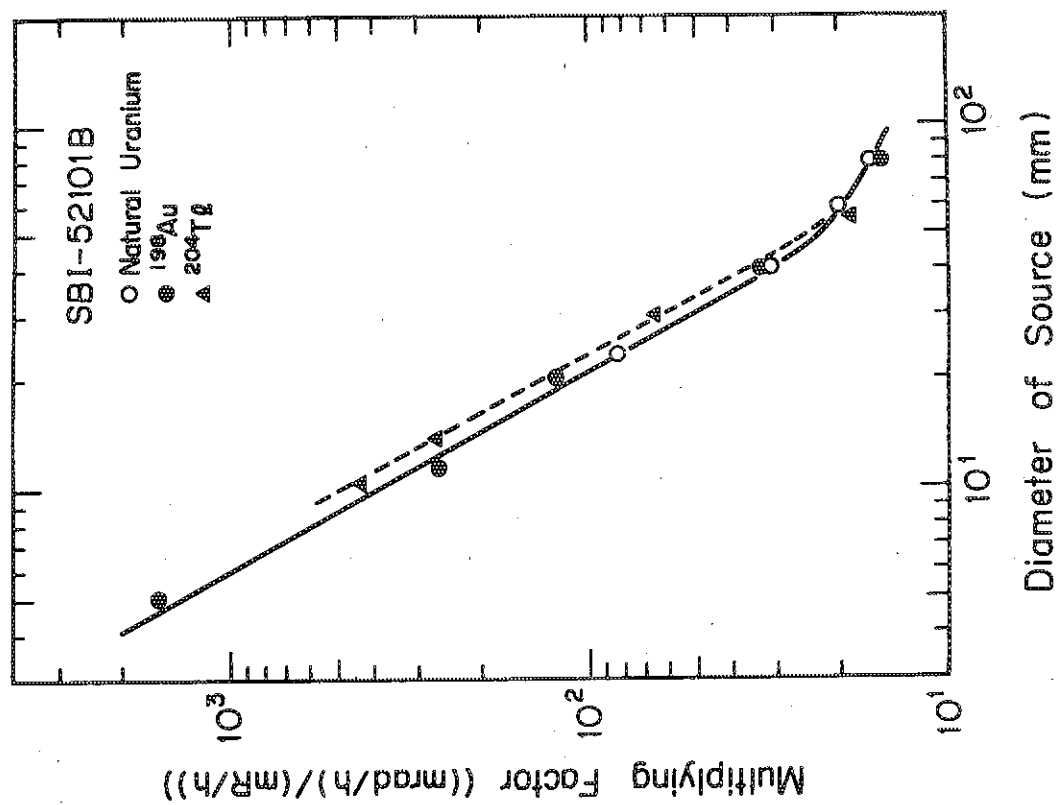


Fig. 9 Relation between multiplying factor and source size for ionization chamber type SBI-52101B

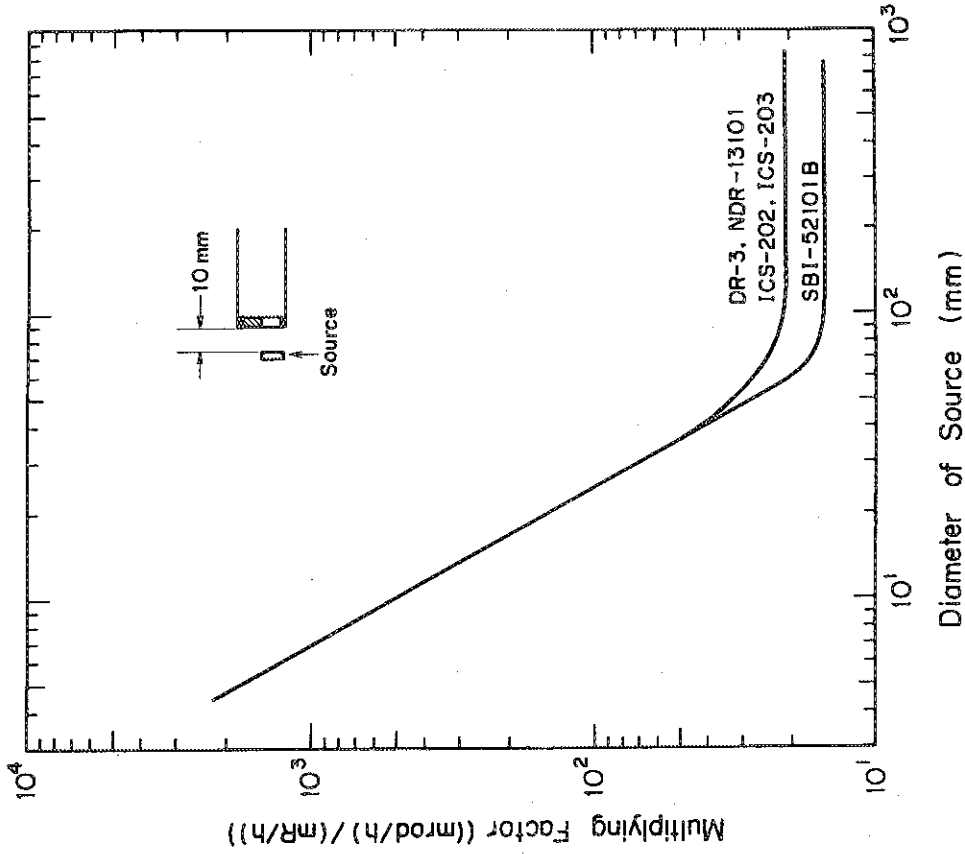


Fig. 11 Relation between multiplying factor and source size for ionization chamber survey meters in practical use

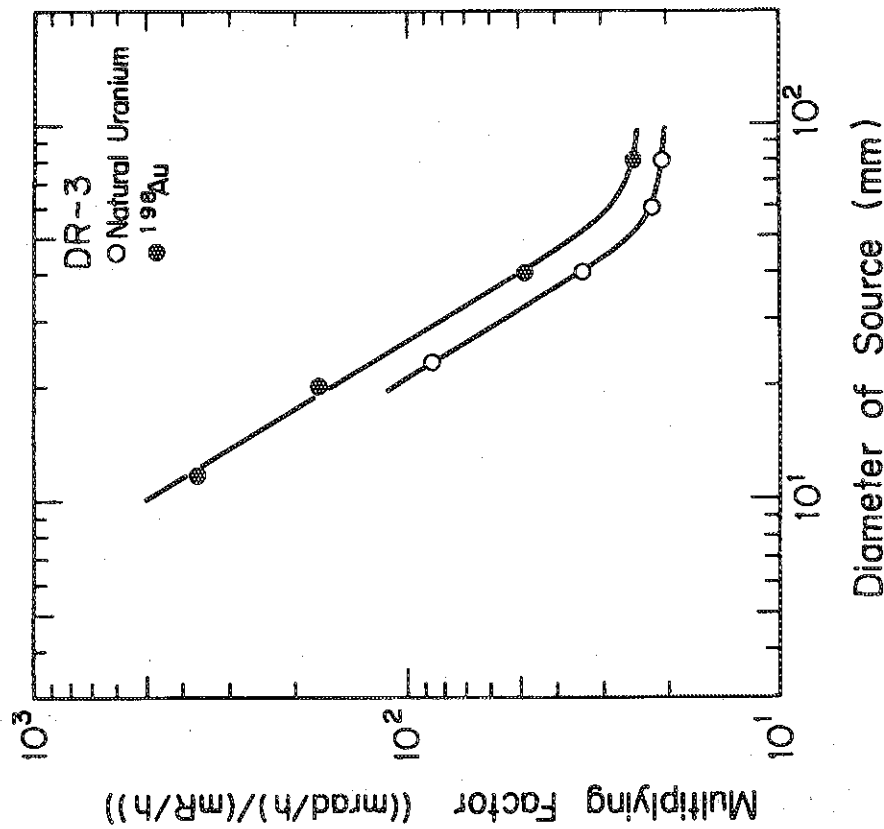


Fig. 10 Relation between multiplying factor and source size for ionization chamber type

DR-3

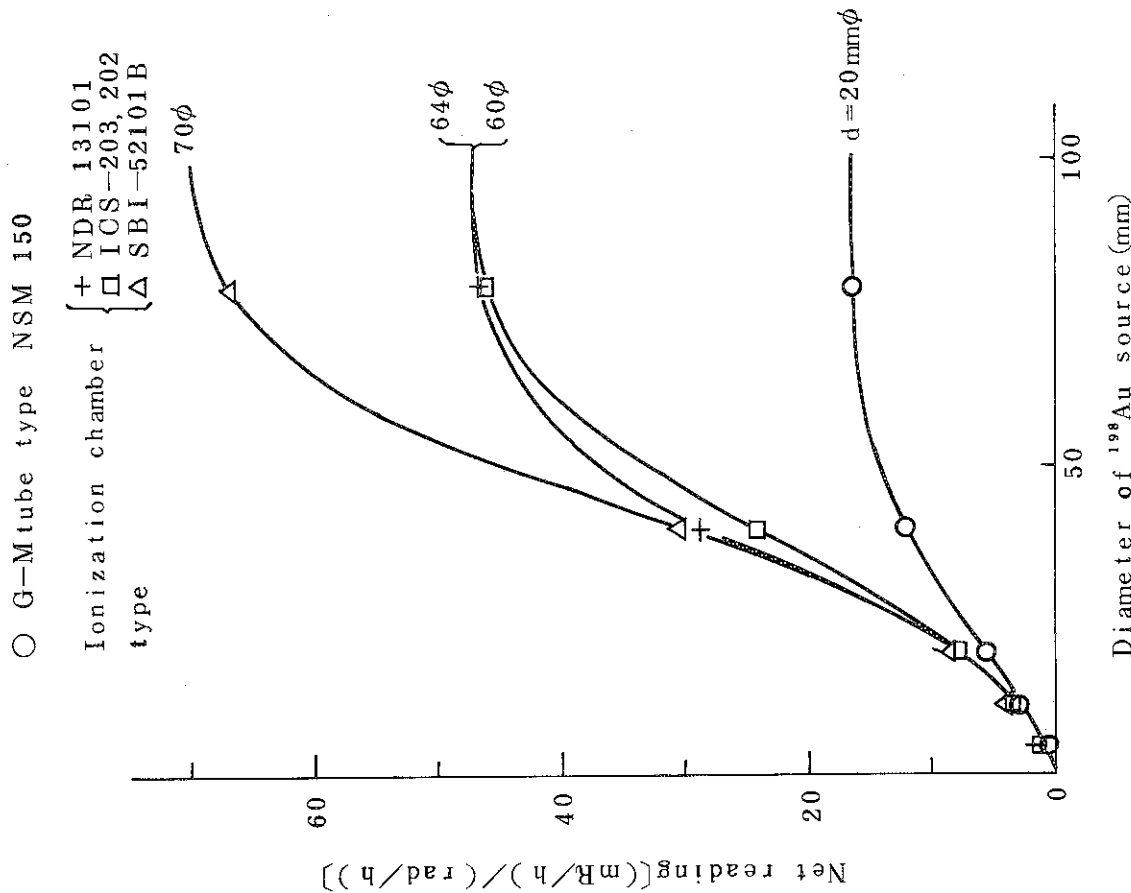


Fig. 12 Relation between the diameters of uranium discs and net readings

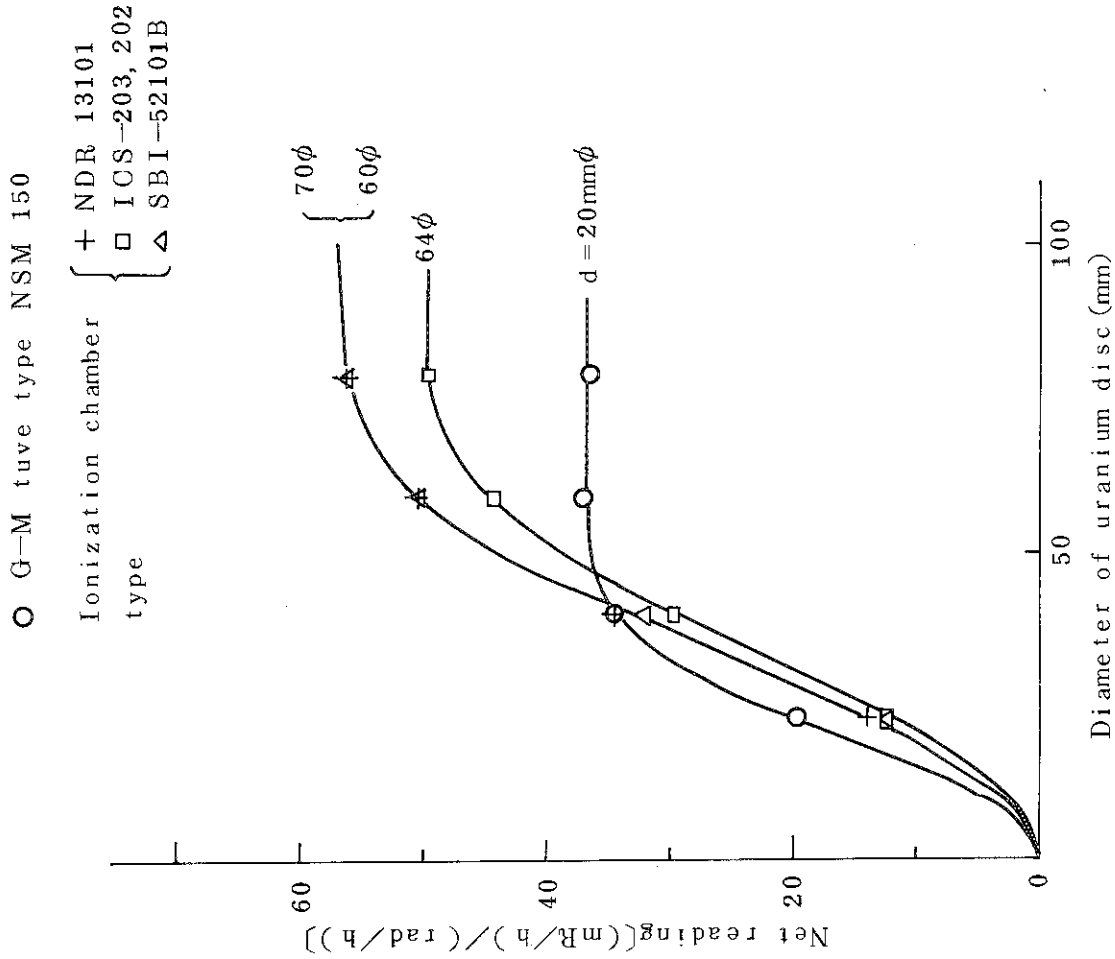


Fig. 13 Relation between the diameters of ¹⁹⁸Au plate sources and net readings

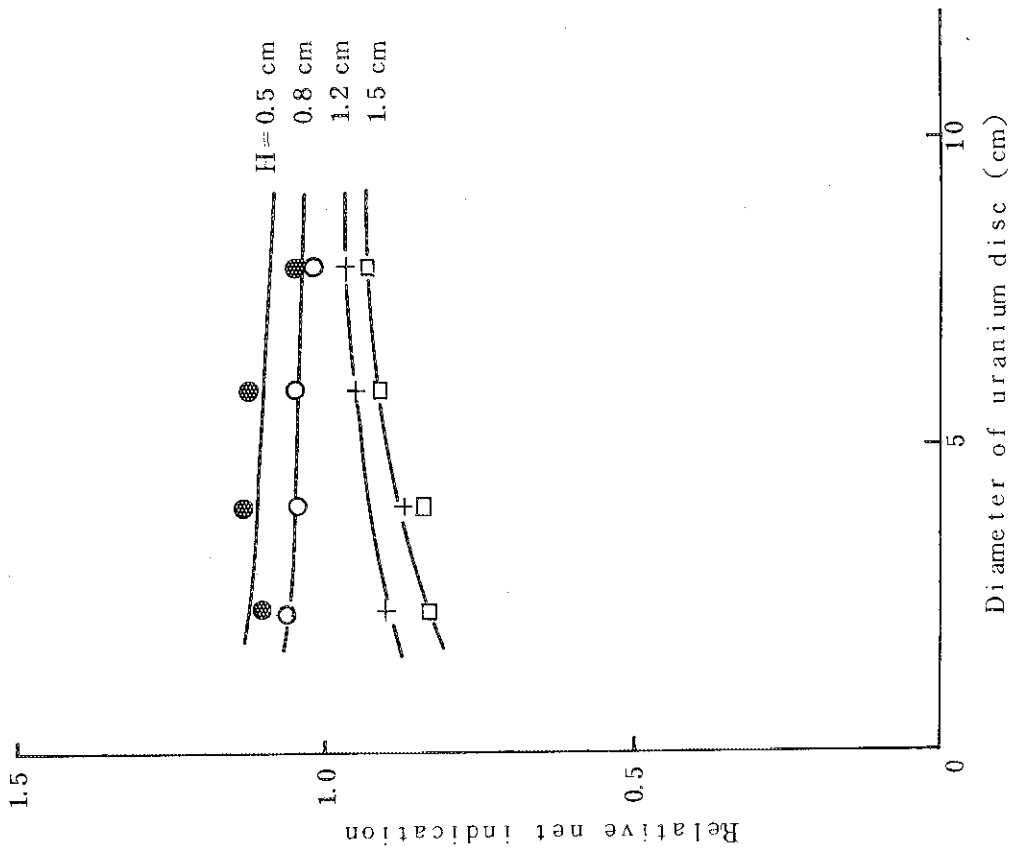


Fig. 15 Variation of the relative net reading with the source for GM probe distance(H)

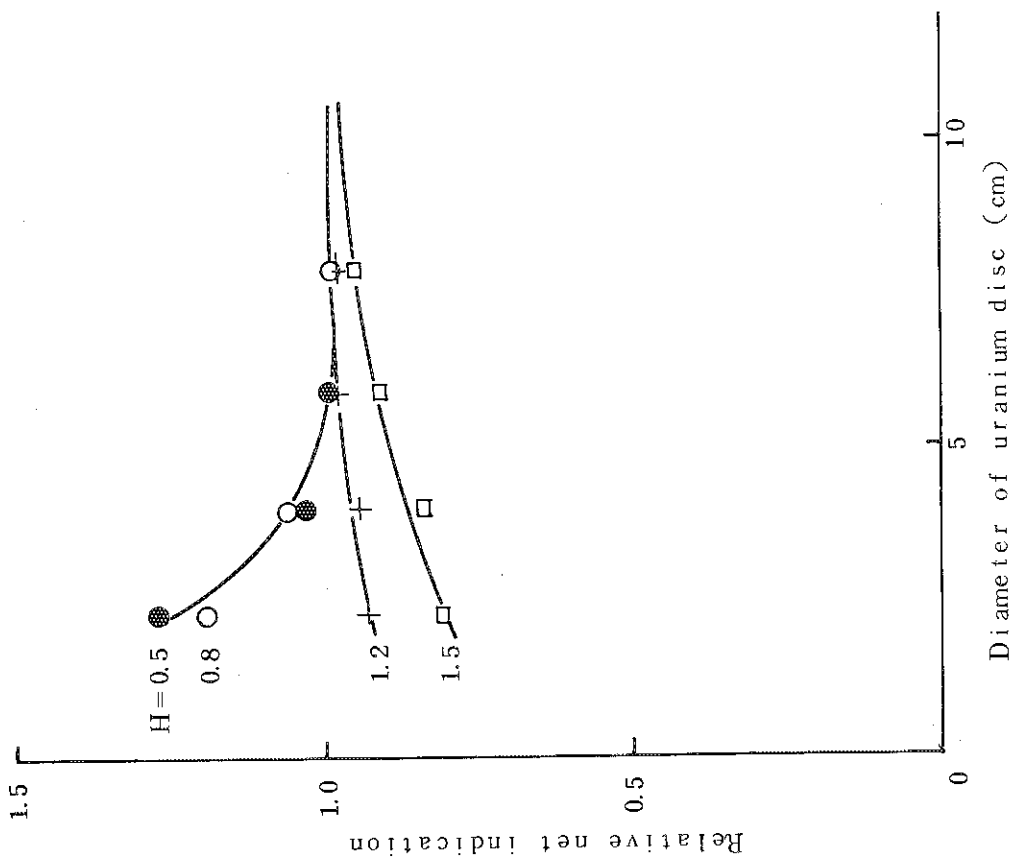


Fig. 14 Variation of the relative net reading with the source for ionization chamber distance(H)