

JAERI-M
8999

校正用 ^{137}Cs 照射装置

1980年8月

清水 滋・南 賢太郎・岡本 利夫・佐藤 信之

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

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.

校正用¹³⁷Cs照射装置

日本原子力研究所大洗研究所管理部

清水 滋・南 賢太郎・岡本 利夫

佐藤 信之

(1980年7月18日受理)

大洗研究所安全管理棟校正室に設置した校正用¹³⁷Cs照射装置について報告する。この装置は、2 Ci - 20 Ci の¹³⁷Cs線源を内蔵した2線源選択照射型で、校正作業時の被曝低減化と装置の故障などによる予期せぬ被曝の防止対策を十分考慮して製作したものである。

Cesium-137 Irradiation Apparatus for Calibration
of Radiation Survey Instruments

Shigeru SHIMIZU, Kentaro MINAMI⁺, Toshio OKAMOTO
and Nobuyuki SATO

Division of Administrative Services,
Oarai Research Establishment, JAERI

(Received July 18, 1980)

A gamma-ray irradiation apparatus designed for calibration of radiation surveymeters and monitors, is described.

The apparatus is loaded with 2 Ci and 20 Ci of cesium-137 sources for efficient calibration, and is equipped with mechanical and electrical safety devices to prevent any accidental radiation exposure.

Keywords ; Cesium-137 Irradiation Apparatus, Calibration,
Radiation Safety Device, Surveymeter

⁺ Div. of Health Physics, Tokai, JAERI

目 次

1. まえがき	1
2. 校正用照射装置の概要	1
3. 装置の構成	2
3.1 装置の照射駆動機構	2
3.2 装置の安全機構	2
3.3 線源の照射装置本体への安全装荷方法	2
3.4 校正台車	3
3.5 I TV装置	3
3.6 制御盤	3
3.7 校正室とその周辺	3
3.8 線源カプセルの構造	3
3.9 装置の仕様	4
4. ^{137}Cs 照射装置の運転要領	11
4.1 操作手順	11
4.2 運転に係る遵守事項	13
4.3 運転記録	13
5. 装置の性能	16
6. 装置の線量測定	22
6.1 散乱線の影響	22
6.2 2 Ci および 20 Ci の基準線量率の測定	22
6.3 距離の逆二乗法則の確認	22
6.4 線源格納, 準照射時の漏洩線量率	23
7. あとがき	24
Appendix I 装置の電気回路図	24

Contents

1. Introduction -----	1
2. Outline -----	1
3. Composition of Apparatus -----	2
3.1 Mechanism of Source Driving -----	2
3.2 Mechanical and Electrical Safety Device -----	2
3.3 Safety Loading of ¹³⁷ Cs Source -----	2
3.4 Truck for the Use of Calibration -----	3
3.5 I. T. V. -----	3
3.6 Control Panel-----	3
3.7 Calibration Room and It's Environs -----	3
3.8 Structure of Source Capsule-----	3
3.9 Specifications of Apparatus -----	4
4. Operation Manual -----	11
4.1 Operation Procedure -----	11
4.2 Key Points for Safety Operation -----	13
4.3 Operation Record -----	13
5. Performance -----	16
6. Exposure Rate -----	22
6.1 Effect of Scattered Gamma-rays -----	22
6.2 Standard Exposure Rate of ¹³⁷ Cs Sources (2 Ci and 20 Ci) -	22
6.3 Relation Between Exposure Rate and Distance -----	22
6.4 Leakage Exposure Rate -----	23
7. Acknowledgement -----	24
Appendix I Electric Circuit Diagram of Apparatus-----	24

1. ま え が き

現在大洗研究所の主な施設は、JMTR、ホットラボ、廃棄物処理場、燃料研究棟およびRI利用開発棟である。これらの施設で使用する放射線管理用測定器は、現在、サーベイメータ300台とポケット線量計1000本である。

大洗研究所発足初期には、これらの測定器の校正は、東海研究所線量計測課で校正作業を実施していたが、輸送労力と校正に要する時間的損失が多く、したがって大洗研究所安全管理棟の建設を契機に所内で、高線量率測定器および中性子測定器を除く汎用の測定器類の校正が実施できるように計画した。上記計画の一環として1971年4月に比較的¹⁾低線量率(10~200mR/h)の γ 線測定器校正用の²²⁶Ra(20mCi)標準照射装置を完成させ、これに引き続き中線量率(0.1~25R/h)のサーベイメータおよびモニタ校正用¹³⁷Cs照射装置を設計し、製作を行い約5年間の運転経験を得たので、ここに報告する。

この校正用照射装置設計にあたって考慮した点は、^{2),3)}①既設の照射装置の事故例を調査したこと、②被校正用測定器の測定レンジの切換えを行っても、できるだけ一定の校正距離で能率的に校正作業が実施でき、かつ校正に要する作業空間が小さくなるように照射装置は多線源選択照射型としたこと、および、③所有数の多いポケット線量計、ベルアラームメータおよびTLD等の校正が一時に多量に実施できるよう、 4π 照射が容易に可能な構造としたことなどである。

2. 校正用照射装置の概要

この装置は、2Ci~20Ciの¹³⁷Cs線源を内蔵した2線源選択照射型であり、放射線管理用測定器類の校正を行うことを目的とするものである。その対象となる主な機器は数+R/hフルスケールのサーベイメータおよびモニタなどである。

校正は、定期的¹⁾にしかも全測定器類について実施するので、年間校正件数も非常に多くなる。したがって、次の点を留意して校正用¹³⁷Cs照射装置の製作を行った。

- ① 校正作業が迅速に、しかも安全に行えること。
- ② 繰返し照射を行っても線量率が一定であること。
- ③ 装置自体の故障や停電時における安全対策が設けられていること。
- ④ 校正作業者の無用の被曝をさけるため、遠隔で線源を操作できること。
- ⑤ できるだけ一定の校正距離で能率的に校正作業ができること。(多線源照射型照射装置)
- ⑥ 4π 照射が可能なこと。
- ⑦ 照射装置への線源挿入作業が安全に行えること。

この装置は、2線源選択照射型で、照射器本体、校正台車、ITV、照射時回転表示燈(警告器も含む)および操作盤より構成されている。照射器本体は、約2Ciと20Ciの¹³⁷Cs線源を格納する線源格納部、 30° にコリメートされた円錐アングルをもつ照射部および線源の格納から

1. ま え が き

現在大洗研究所の主な施設は、JMTR、ホットラボ、廃棄物処理場、燃料研究棟およびRI利用開発棟である。これらの施設で使用する放射線管理用測定器は、現在、サーベイメータ300台とポケット線量計1000本である。

大洗研究所発足初期には、これらの測定器の校正は、東海研究所線量計測課で校正作業を実施していたが、輸送労力と校正に要する時間的損失が多く、したがって大洗研究所安全管理棟の建設を契機に所内で、高線量率測定器および中性子測定器を除く汎用の測定器類の校正が実施できるように計画した。上記計画の一環として1971年4月に比較的¹⁾低線量率(10~200mR/h)の γ 線測定器校正用の²²⁶Ra(20mCi)標準照射装置を完成させ、これに引き続き中線量率(0.1~25R/h)のサーベイメータおよびモニタ校正用¹³⁷Cs照射装置を設計し、製作を行い約5年間の運転経験を得たので、ここに報告する。

この校正用照射装置設計にあたって考慮した点は、^{2),3)}①既設の照射装置の事故例を調査したこと、②被校正用測定器の測定レンジの切換えを行っても、できるだけ一定の校正距離で能率的に校正作業が実施でき、かつ校正に要する作業空間が小さくなるように照射装置は多線源選択照射型としたこと、および、③所有数の多いポケット線量計、ベルアラームメータおよびTLD等の校正が一時に多量に実施できるよう、 4π 照射が容易に可能な構造としたことなどである。

2. 校正用照射装置の概要

この装置は、2Ci~20Ciの¹³⁷Cs線源を内蔵した2線源選択照射型であり、放射線管理用測定器類の校正を行うことを目的とするものである。その対象となる主な機器は数十R/hフルスケールのサーベイメータおよびモニタなどである。

校正は、定期的¹⁾にしかも全測定器類について実施するので、年間校正件数も非常に多くなる。したがって、次の点を留意して校正用¹³⁷Cs照射装置の製作を行った。

- ① 校正作業が迅速に、しかも安全に行えること。
- ② 繰返し照射を行っても線量率が一定であること。
- ③ 装置自体の故障や停電時における安全対策が設けられていること。
- ④ 校正作業者の無用の被曝をさけるため、遠隔で線源を操作できること。
- ⑤ できるだけ一定の校正距離で能率的に校正作業ができること。(多線源照射型照射装置)
- ⑥ 4π 照射が可能なこと。
- ⑦ 照射装置への線源挿入作業が安全に行えること。

この装置は、2線源選択照射型で、照射器本体、校正台車、ITV、照射時回転表示燈(警告器も含む)および操作盤より構成されている。照射器本体は、約2Ciと20Ciの¹³⁷Cs線源を格納する線源格納部、 30° にコリメートされた円錐アングルをもつ照射部および線源の格納から

照射状態に移行する駆動部からなっている。Fig. 1 に装置本体断面図を示す。

3. 装置の構成

3.1 装置の照射駆動機構

まず制御盤から遠隔操作により線源選択を行うと、Fig. 1 のA-A断面図の線源格納ロータが90°回転し、線源が準照射位置に停止する。この時、玉しまりリミットスイッチが働き、線源昇降機構駆動電源が入る。次に、昇降スイッチを照射中にすると線源昇降バーは5秒で線源を照射の位置まで押上げ停止し、照射を開始すると同時に校正室内および屋外に設置された回転表示灯と断続警告音が作動する。なお、これらの警告回路のトリガー信号は上記の装置運転系と校正室に設置したγ線エリアモニタより得ている。

利用線維は30°にコリメートした。利用線維主軸と床面の距離は120 cmとし、散乱による影響を少なくするよう心掛けた。積算照射は、手動または電子タイマのいずれかにより制御でき、照射時間終了時には、線源は、昇降バーと共に自動降下し準照射位置に格納される。

3.2 装置の安全機構

照射中停電等の電源喪失が発生した場合には、線源と昇降バーの自重約1 kgにより自重落下し、線源は準照射位置に格納される。また、校正室内で作業中万一間違えて照射状態にされた場合でも、即時線源を準照射位置に落下できるランセーフスイッチを照射器本体わきに設けた。駆動制御はすべてリミットスイッチ、玉しまりリミットスイッチを使用した。これらのスイッチ類の故障により、線源が途中でひっかかったりして引き起される事故を防止するため、Fig. 1 に示すように線源昇降電動機および線源格納ロータ電動機にメカニカルトルクテンダーを取り付け、異常負荷時には電動機を空転させる安全機構を備えた。また、校正室入口から見える照射装置本体の側面には、装置の運転状態が確認できるように「線源格納」-「準照射」-「照射」の表示ランプが点灯する仕組みとした。

3.3 線源の照射装置本体への安全装荷方法

約20 Ciの¹³⁷Cs線源を取扱うので被曝防止を考慮し、Fig. 2 に示すとおり線源コンテナ下部に開閉機構をもつシャッターと線源保持用として先端部にマグネットを付けたワイヤーをもつコンテナを作製した。

線源の照射装置への装荷にあたっては、照射装置のコリメータ上部遮蔽体を取りはずし、線源ガイド管をセットした本体照射部の上にこのコンテナをのせ、コンテナのシャッターを開き、ワイヤーを引張り線源をマグネットからはずして線源昇降バー上に落下させる。このとき、ITVモニタによって線源が正確にのっていることを照射口で確認後格納する。また、逆に照射装置本体から線源コンテナに戻すことも安全かつ容易にできる。

照射状態に移行する駆動部からなっている。Fig. 1 に装置本体断面図を示す。

3. 装置の構成

3.1 装置の照射駆動機構

まず制御盤から遠隔操作により線源選択を行うと、Fig. 1 のA-A断面図の線源格納ロータが90°回転し、線源が準照射位置に停止する。この時、玉しまりリミットスイッチが働き、線源昇降機構駆動電源が入る。次に、昇降スイッチを照射中にすると線源昇降バーは5秒で線源を照射の位置まで押上げ停止し、照射を開始すると同時に校正室内および屋外に設置された回転表示灯と断続警告音が作動する。なお、これらの警告回路のトリガー信号は上記の装置運転系と校正室に設置したγ線エリアモニタより得ている。

利用線錐は30°にコリメートした。利用線錐主軸と床面の距離は120 cm とし、散乱による影響を少なくするよう心掛けた。積算照射は、手動または電子タイマのいずれかにより制御でき、照射時間終了時には、線源は、昇降バーと共に自動降下し準照射位置に格納される。

3.2 装置の安全機構

照射中停電等の電源喪失が発生した場合には、線源と昇降バーの自重約1 kgにより自重落下し、線源は準照射位置に格納される。また、校正室内で作業中万一間違えて照射状態にされた場合でも、即時線源を準照射位置に落下できるランセーフスイッチを照射器本体わきに設けた。駆動制御はすべてリミットスイッチ、玉しまりリミットスイッチを使用した。これらのスイッチ類の故障により、線源が途中でひっかかたりして引き起される事故を防止するため、Fig. 1 に示すように線源昇降電動機および線源格納ロータ電動機にメカニカルトルクテンダーを取り付け、異常負荷時には電動機を空転させる安全機構を備えた。また、校正室入口から見える照射装置本体の側面には、装置の運転状態が確認できるように「線源格納」-「準照射」-「照射」の表示ランプが点灯する仕組みとした。

3.3 線源の照射装置本体への安全装荷方法

約20 Ciの¹³⁷Cs線源を取扱うので被曝防止を考慮し、Fig. 2 に示すとおり線源コンテナ下部に開閉機構をもつシャッターと線源保持用として先端部にマグネットを付けたワイヤーをもつコンテナを作製した。

線源の照射装置への装荷にあたっては、照射装置のコリメータ上部遮蔽体を取りはずし、線源ガイド管をセットした本体照射部の上にこのコンテナをのせ、コンテナのシャッターを開き、ワイヤーを引張り線源をマグネットからはずして線源昇降バー上に落下させる。このとき、ITVモニタによって線源が正確にのっていることを照射口で確認後格納する。また、逆に照射装置本体から線源コンテナに戻すことも安全かつ容易にできる。

3.4 校正台車

Fig. 3 に校正台車の全体図を示す。この校正台車で、100mR/h から25 R/h の照射線量率校正を可能にするため、移動範囲は0.5m～3.5mとした。また、すばやく距離設定ができるよう、設計にあたって以下の点を考慮した。

- ① 校正台車のレールは三角レールとし、台車の横振れ防止に注意した。
- ② 距離設定を容易にするため床面にスケールを埋込み、設定後台車を固定できる構造とした。
- ③ 校正台の上下移動範囲は、利用線錐主軸(床上120 cm)に対し+10 cm, -30 cmとした。

3.5 ITV装置

Fig. 4 にITV装置を示す。ITVカメラ用走行レールを天井に張り、カメラの移動が自由自在にできかつ、固定できる仕組みとした。

送信用ケーブルは結束してカーテンレールにアコーディオン状に釣り下げ、校正時にメータ指示読み取り等に支障を起さないように配慮した。これらのケーブルは、U字溝ピットを通じて、隣室の制御盤へ配線した。ITVカメラでメータ指示を写し制御盤のビデオモニターでメータ指示値を読み取る仕組みとし、校正作業時の被爆の低減化に努めた。

3.6 制御盤

制御盤は堅型筐体としAEC-NIM規格に準拠して操作盤を製作した。照射装置の運転はすべてキー操作により行い、積算照射の時間設定は電子タイマーで設定できるようにした。なお校正室内の線量率監視用エリアモニタの信号表示、警報回路、ビデオモニタ等はすべてこの制御盤にまとめた。

3.7 校正室とその周辺

校正室の壁厚は40 cmコンクリートで設計されており、利用線錐はFig. 5 に示すように建屋外に照射される。したがって、Fig. 5 および Fig. 9 に示す斜線部分は管理区域に設定し、利用線錐をしゃ断するため、高さ1.7m、幅3.3mのしゃへい土塁を設けている。

また、屋外および校正室内に回転表示灯を設置し、かつ校正室内には作業の安全性を考慮し、照射中断続警告音を発生するようにした。この警告音は校正作業時に耳ざわりにならない程度の音量である。

3.8 線源カプセルの構造

Fig. 6 は2Ciと20Ciの線源構造および製作したアルミニウム製線源カプセルの断面図を示す。

これらの線源は、イギリスのRCC社製のものであって、線源のシールドはSUS-41で作られている。

3.9 装置の仕様

1. 照射器本体 700×700×1350
 - ① 照射部 216.3φ×311 Pb厚 10 cm
 - ② 遮蔽部 508φ×400 Pb厚 17 cm
 - ③ 駆動部 700×700×639
 - ④ 照射野 30°コリメート
 - ⑤ ランセーフスイッチ
 - ⑥ 手動ハンドル
 - ⑦ 「線源格納」・「準照射」・「照射」の確認ランプ
2. 校正台車
 - ① レール長さ 4 m
 - ② テーブル 400×600(縦横 1cm目盛) 木材+アクリル板
 - ③ 校正台上下移動 110±20 cm
 - ④ 校正台上下、左右移動用スケールが埋込みされ、設定指針付
3. ITV装置
 - ① ITV走行レール 5.4 m
 - ② カメラ ズームレンズ付
 - ③ ビデオモニター 17型、リモートコントロール付
4. 線源コンテナ
 - ① コンテナ 267.4 φ×330 Pb厚 11.6 cm
 - ② 線源ガイド 77φ×115
5. 制御盤
 - ① キー操作
6. 校正室とその周辺
 - ① シャーヘイ土壘 高さ 1.7m, 幅 3.3m
 - ② 利用線錐面は電動シャッター
 - ③ 校正室壁厚は 40 cm のコンクリート
 - ④ 管理区域の設定
 - ⑤ 回転表示灯および断続警告器の設置

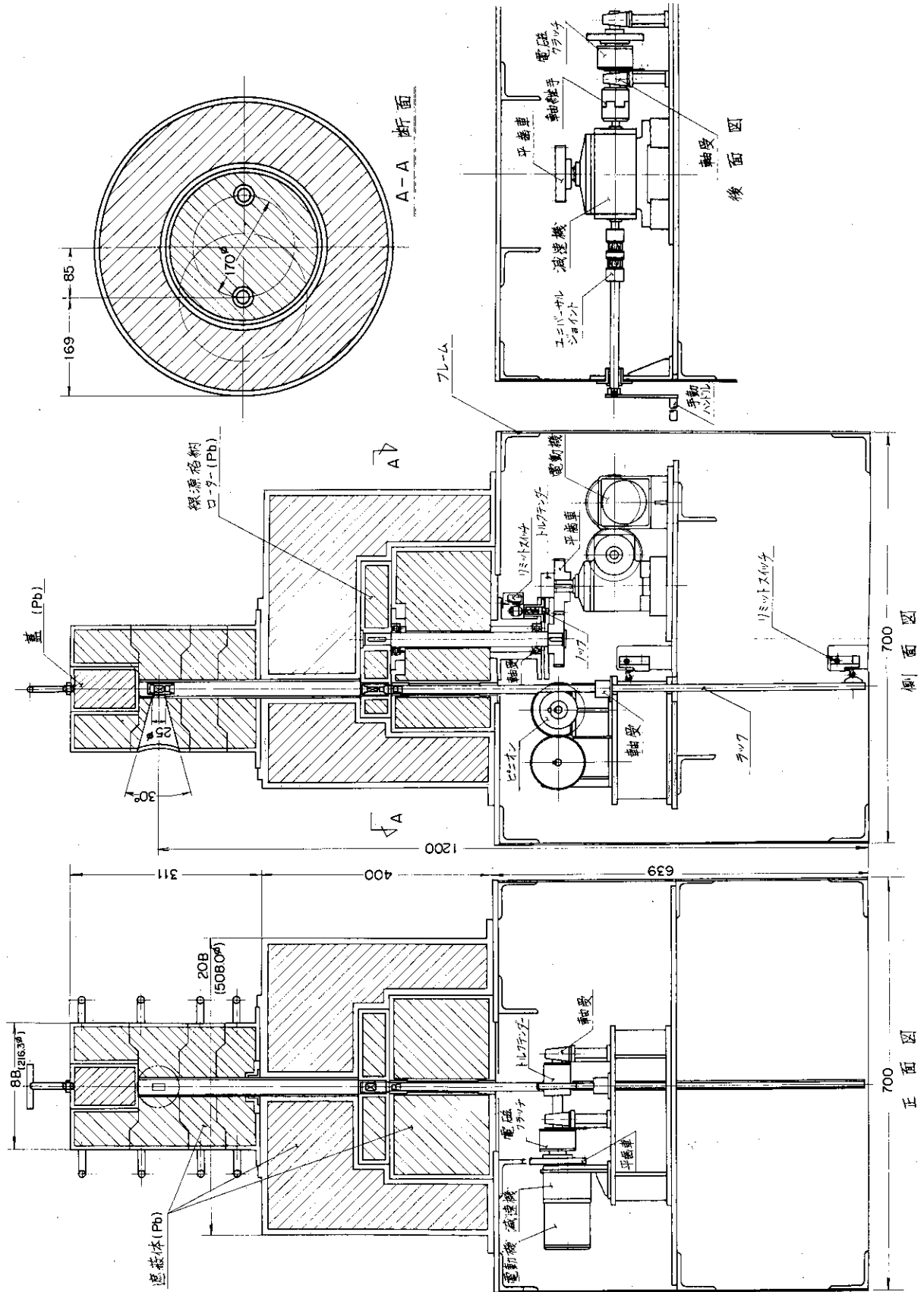


Fig. 1 照射装置照射器本体断面図

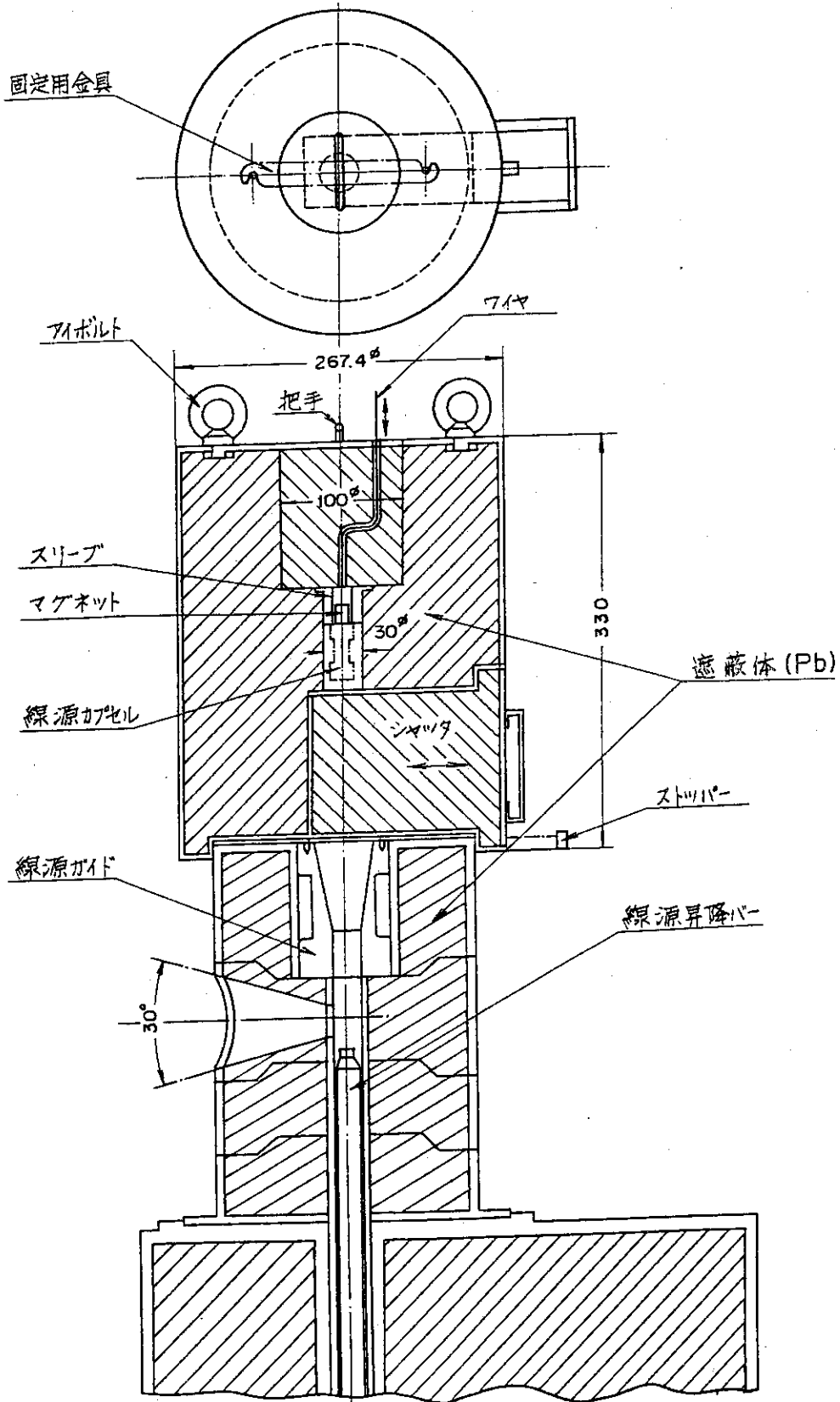


Fig. 2 線源コンテナ断面図

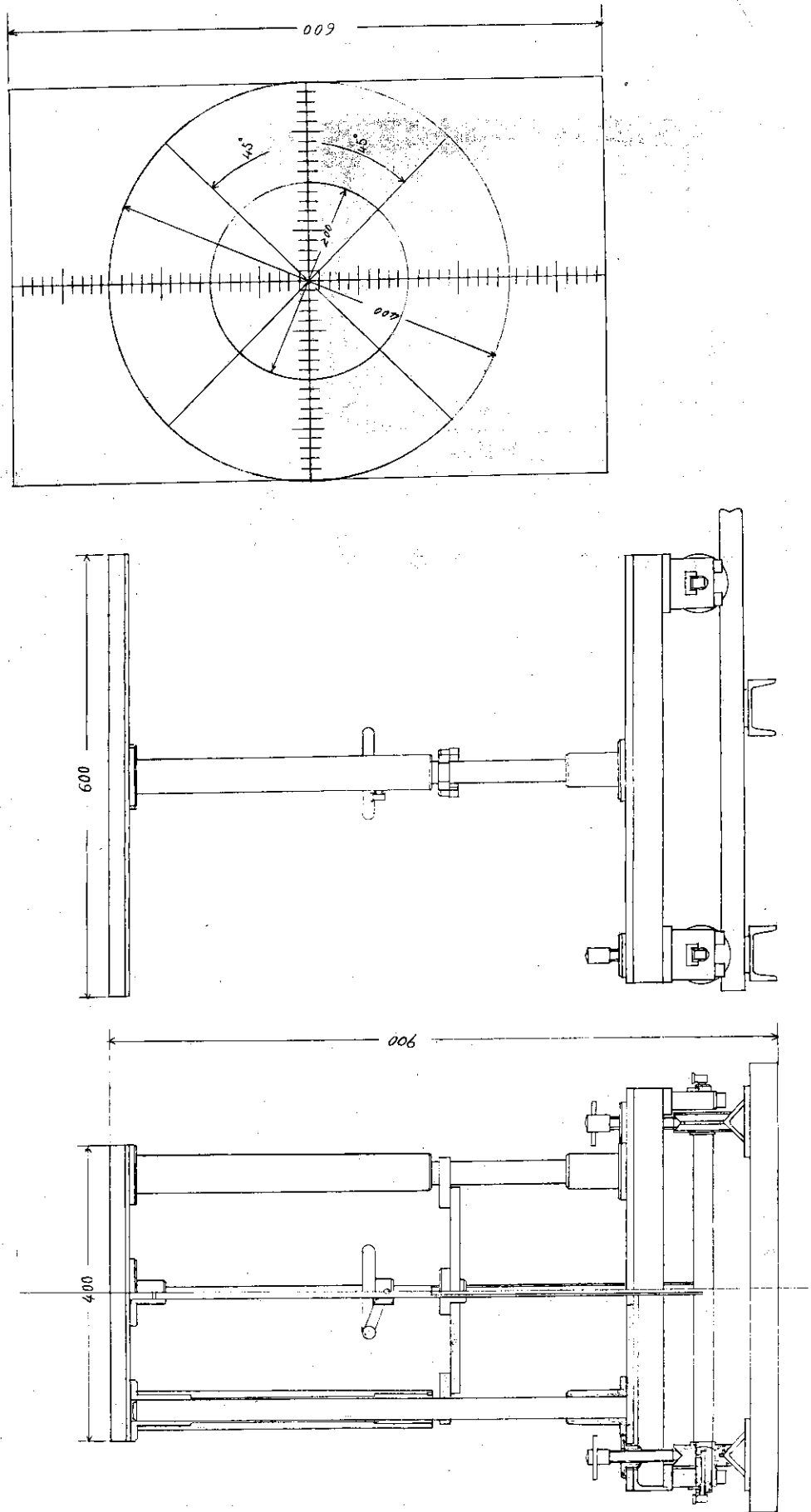
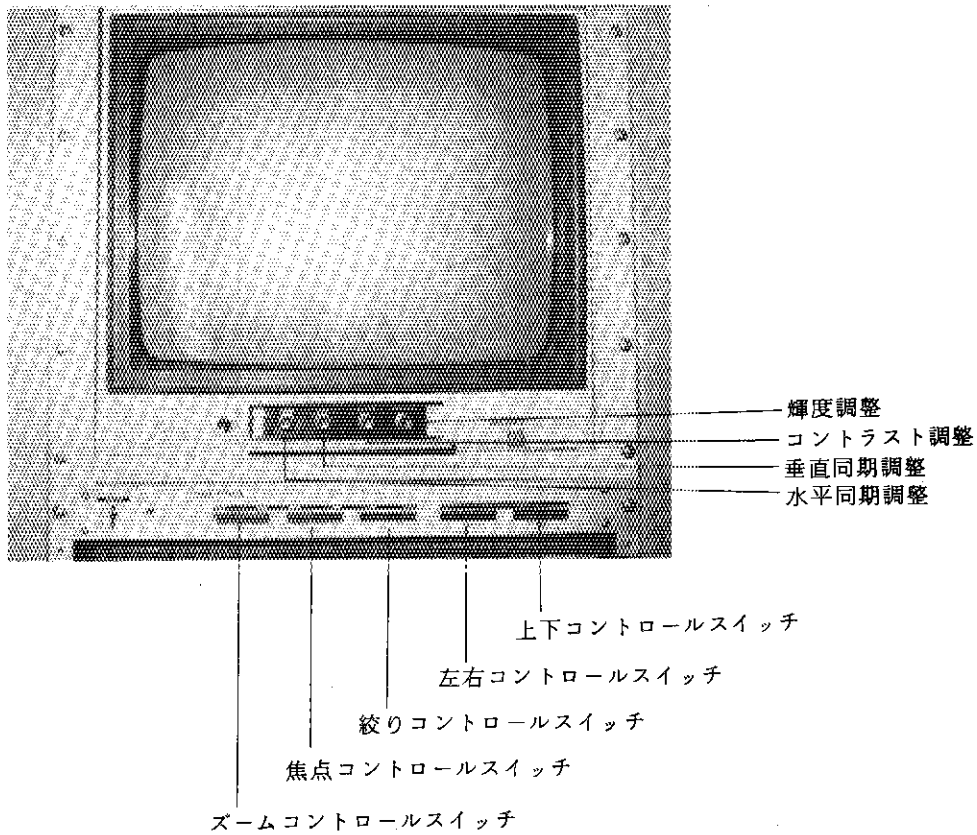


Fig. 3 校正台全体図

ビデオモニターおよびリモートコントロールボックス



ブラウン管	17型 114°偏向
トランジスタなど	トランジスタ 16石 ダイオード 16本
ビデオ端子	入力：1.0 V _{p-p} 75Ω 不平衡 (0.5~1.8 V _{p-p} 使用可) 出力：1.0 V _{p-p} 75Ω 不平衡 (入力レベルと同一)
映像解像度	650 本以上 (水平, 中心にて)
電源	AC 100 V 50/60 Hz
消費電力	65 VA
大きさ	410 (幅) × 393 (高さ) × 311 (奥行) mm
重さ	17 kg

Fig. 4 ITV装置

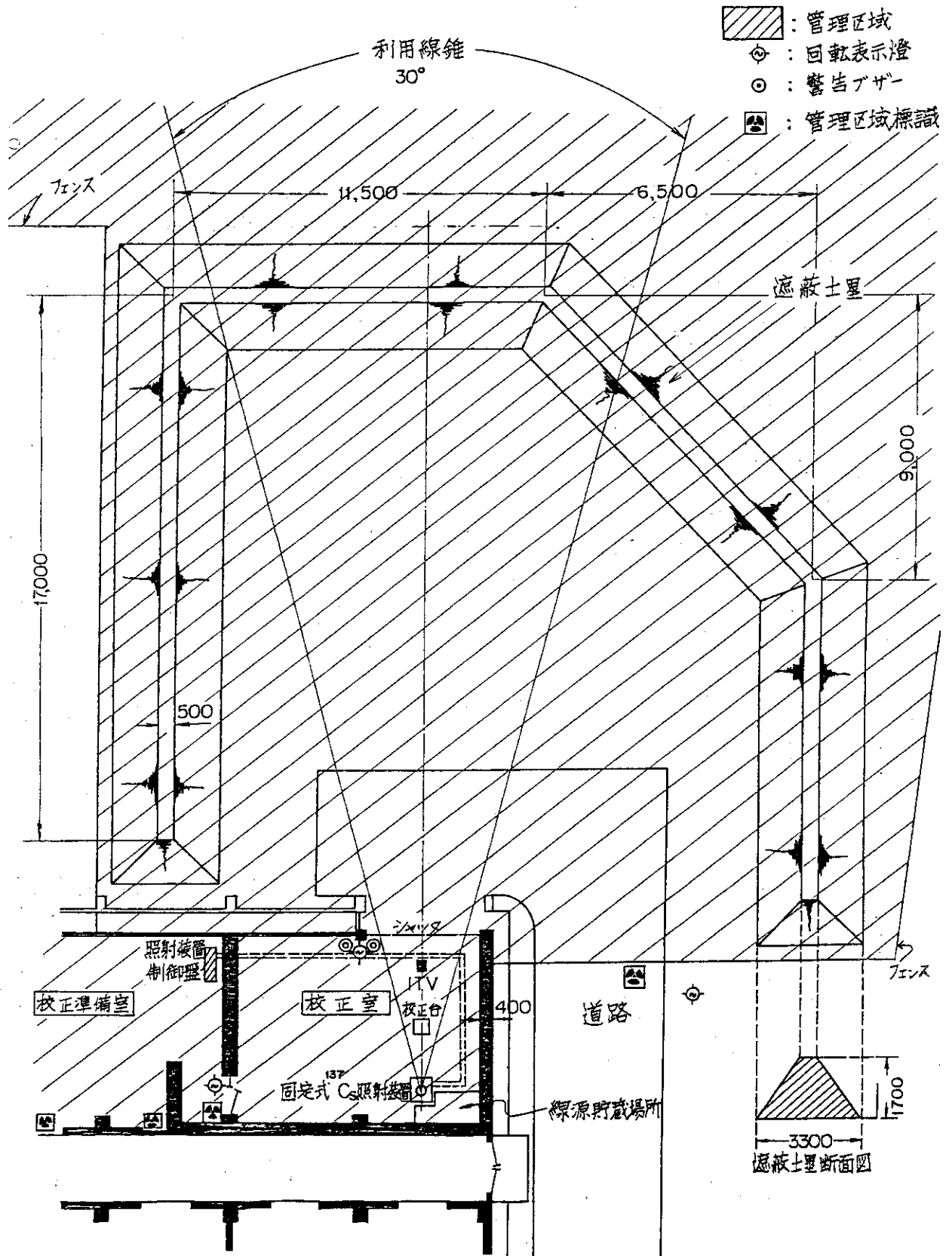
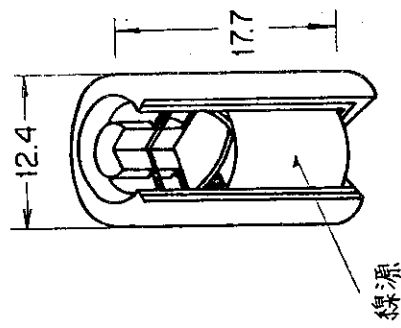


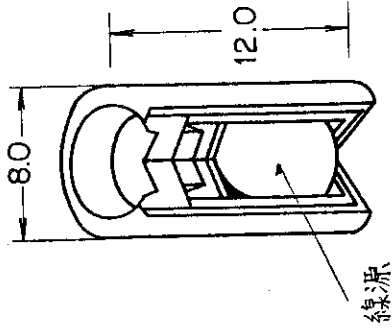
Fig. 5 校正室とその周辺平面図

20 Ci 線源



X.60

2 Ci 線源



X.9,19

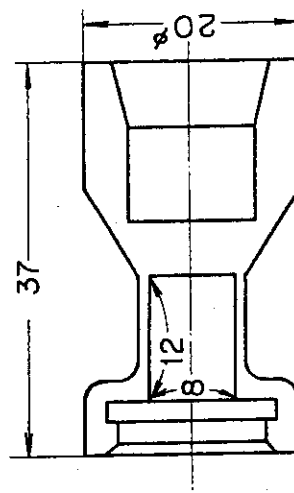
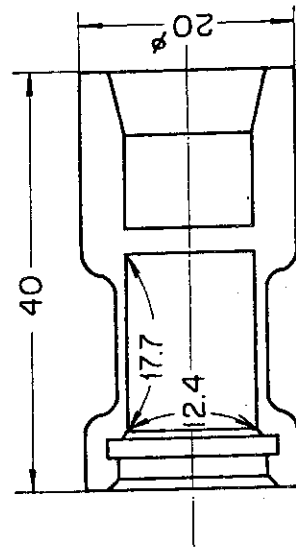
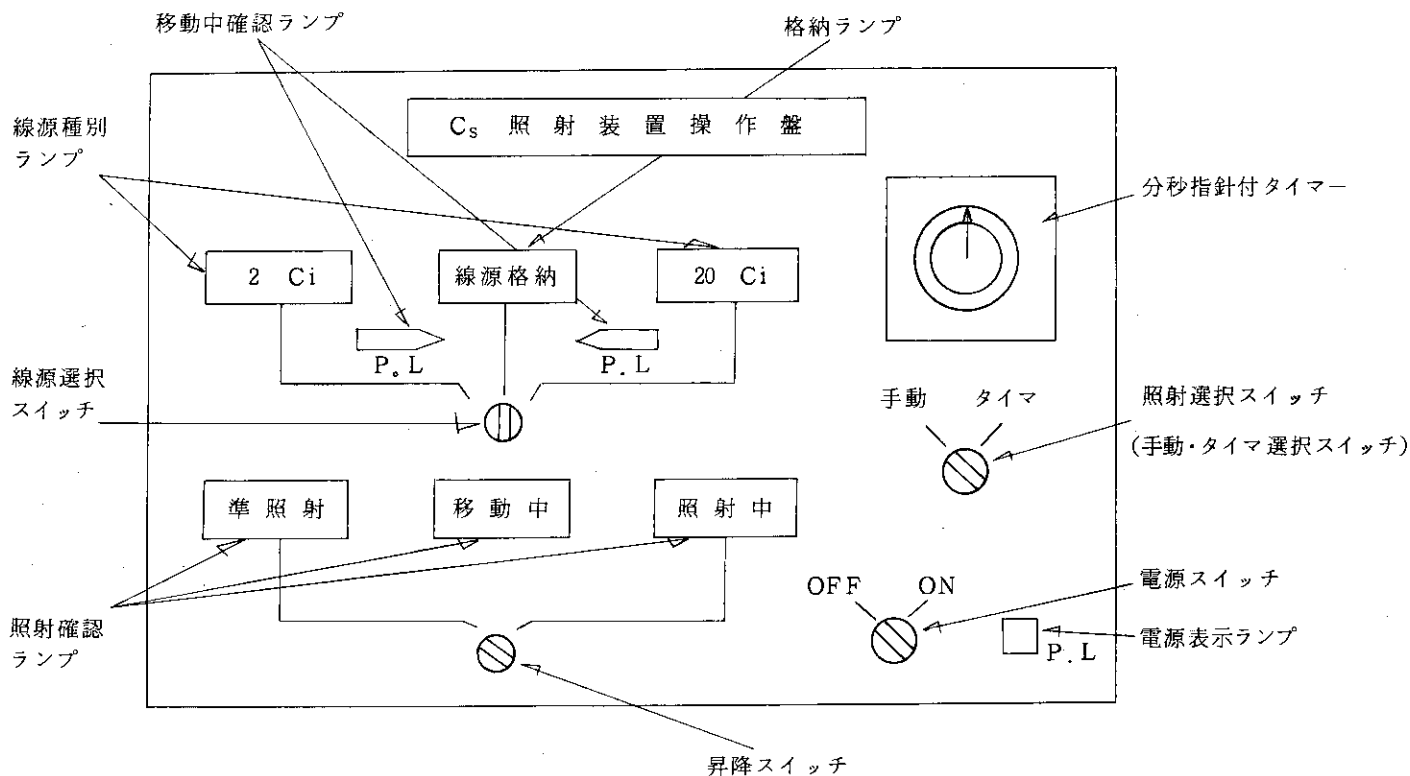


Fig. 6 線源構造図と線源カプセル断面図

4. ^{137}Cs 照射装置の運転要領

4.1 操作手順

下図に示す ^{137}Cs 照射装置操作盤にもとづき、操作の手順を①~⑬に示し、これらの操作により生ずる動作および表示状況を①ⓐ……に述べる。



- ① 電源スイッチ(セレクトアスイッチ)をOFFからONの位置にする。
 - ① 電源表示ランプが点燈する。(⑬まで点燈のまま)
 - ⓐ 線源格納ランプが点燈する。
 - ①ⓐ同時
- ② キーを線源選択スイッチ(キー付セレクトアスイッチ)の線源格納の位置に差し込む。
- ③ キーを廻して2種の線源のうちの1種を選択する。
 - ① 選択された線源を示す表示ランプが点燈する。(⑪まで点燈したまま)
 - ⓐ ローターが回転を始める。(ⓐよりⓑまで約10秒)
 - ⓑ 線源格納ランプが消える。
 - ①~ⓑ同時
 - ⓓ ローターが回転を終え準照射の位置にくると準照射ランプが点燈する。
 - Ⓔ ⓓの位置に線源がきて3秒後昇降装置は作動状態になる。
- ④ 照射選択スイッチ(セレクトアスイッチ)を廻して手動による照射かタイマーによる時間制

限照射かを選択する。

- ⑤ キーを③の位置より抜く。
- ⑥ キーを昇降スイッチ(キー付セレクタースイッチ)の準照射の位置に差し込む。
- ⑦ キーを照射中の位置に廻す。(キーはロックされたまま抜けない)
 - ① 準照射ランプが消える。
 - ② 昇降装置が作動し線源は昇り始める。(②より③まで約5秒)
 - ③ 移動中ランプが点燈する。
 - ④~③同時
 - ④ 線源が移動を終え照射の位置にくると移動中ランプが消える。
 - ⑤ 照射中ランプが点燈する。
 - ⑥ 断続警告音が作動する。
 - ⑦ 回転表示燈が作動する。
 - ⑧~⑦同時
 - ⑨ ④の操作により

手 動

タイマー

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ① そのまま照射を続ける。 ② キーを照射中の位置から準照射の位置に戻す。 <ul style="list-style-type: none"> ① 照射中ランプが消える。 ② 断続警告音が止まる。 ③ 回転表示燈が止まる。 ④ 昇降装置が作動し線源が降り始める。 ⑤ 移動中ランプが点燈する。 ⑥~⑤同時 ⑥ 線源が下降を終え準照射の位置にくると移動中ランプが消える。 ⑦ 準照射ランプが点燈する。 ⑧~⑦同時 ③ ①の位置に線源がきて3秒後ローター回転装置は作動状態になる。 ④ キーを⑧の位置から抜く。 ⑤ キーを線源選択スイッチに差し込む。(③で選択した位置) ⑥ キーを廻して線源格納の位置に戻す。 <ul style="list-style-type: none"> ① ローターが回転を始める。 ② 選択された線源を示す表示ランプが消える。 ③ 選択された線源を格納位置に移動する間、移動中確認ランプが点燈する。 ④~③同時 | <ul style="list-style-type: none"> ① タイマーにより設定した時間照射する。 ② タイマーが切れるとただちに線源は下降を始める。 <ul style="list-style-type: none"> ① 照射中ランプが消える。 ② 断続警告音が止まる。 ③ 回転表示燈が止まる。 ④ 移動中ランプが点燈する。 ⑤~④同時 ⑤ 線源が下降を終え準照射の位置にくると移動中ランプが消える。 ⑥ 準照射ランプが点燈する。 ⑦~⑥同時 ③ キーを照射中の位置から準照射の位置に戻す。 <ul style="list-style-type: none"> ① 3秒後ローター回転装置は作動状態になる。 |
|---|--|

- ⑩ 線源が格納位置にくると線源格納ランプが点燈する。
- ⑪ キーを⑩の位置より抜く。
- ⑫ 電源スイッチをONからOFFの位置に戻す。
 - ① 線源格納ランプが消える。
 - ② 電源表示ランプが消える。
 - ③ ①～②同時

—— 操作完了 ——

4.2 運転に係る遵守事項

- ① ^{202}Bi , ^{202}Po , ^{137}Cs 照射装置を使用して校正作業を行う場合は、個人被曝測定器(フィルムバッジ, ポケット線量計等)を携帯し、安全を確認しながら作業を行うこと。
- ② ^{137}Cs 照射装置を運転する場合は、校正室入口ドアをキーロックしてから行うこと。なお、照射装置キーと校正室入口ドアキーは同じキーホルダーに納めておくこと。

4.3 運転記録

Table 1 の運転記録書式にしたがって必要な事項を点検確認すること。

1. 使用者名
装置を使用する人の名前を記入する。
2. 使用年月日
装置を使用する年月日を記入する。
3. 使用目的
装置を使用する目的を記入する。
4. 線源格納位置点検
操作盤および照射器本体の線源格納ランプが点燈するか否か確認する。
5. 準照射位置点検
 ^{202}Bi ・ ^{202}Po を選択したとき、操作盤および照射器本体の線源選択ランプと準照射ランプが点燈するか否か確認する。
6. 照射位置点検
照射を行った場合操作盤および照射器本体の照射ランプが点燈するか否かを確認する。
7. 回転表示燈点検
校正室、校正準備室および屋外の回転表示燈が正常に動作しているか否かを確認する。
8. 警告器点検
照射を行った場合、校正室の警告ブザーが断続音で鳴ることを点検する。
9. 汚染検査

照射口内をスミヤしてこれを測定して汚染の有無を検査する。これは一連の作業の終りに行う。

10. 鍵返却年月日

鍵保管責任者に鍵を返却した年月日を記入する。

11. 鍵保管責任者

鍵の出納責任者の名前を記入する。

Table 1 ^{137}Cs 照射装置運轉記錄

使用者名										
使用年月日										
使用目的										
線源格納位置点檢										
準照射位置点檢										
照射位置点檢										
回轉表示燈点檢										
警告器点檢										
汚染檢査										
鍵返却年月日										
鍵保管責任者名										
備考										

5. 装置の性能

照射装置の性能の一つとして、放射線測定器の放射線校正を行うとき、測定器の検出部面積がある程度大きくても一定の距離における利用線錐主軸に対して垂直方向の照射野の均一性が十分であることが望ましい。線源から1mの点の利用線錐主軸より±9cmにおける線量(率)誤差の理論値は±0.8%であるが、実際に線源から1mの点の照射野の均一性についてビクトリンRメータを用いて利用線錐主軸より±12cm以内の何点かについて測定したところ、Fig.7に示すとおり2Ciおよび20Ciの線源による照射線量はともに利用線錐主軸より±9cm以内の位置で±1%の誤差であった。

制御盤で線源を準照射から照射に操作して線源が照射口に静止し、空間に一定の利用線錐強度を与えるまでの時間(シャッタ速度)と線源を照射から準照射に操作したとき、一定の利用線錐強度が零になるまでの時間(シャッタ速度)をレスポンスの速いシンチレーション照射線量率計を用いてシンクロスコープによって波形観測した結果、20Ciのシャッタ速度はそれぞれ写図1, 2に示すとおり0.3secであった。なお、線源移動に要する時間は、昇降バーの上昇、下降は同一の時間になるように設計した。その時間は5secである。

昇降バーは371mm移動し、昇降速度は74.2mm/sである。したがって線源が照射口に現われ、静止するまでの理論的時間は、0.34sec(25mm/74.2mm/s)である。このシャッタ速度による積算照射時の線量誤差は、積算すべき照射線量が距離最大(3.5m)で10mR以上ならば無視できる。

照射器本体から0.5m~3.5mの範囲内で校正台車を移動でき、床面にはミリメートル目盛の距離尺が埋込まれ、距離の設定から固定まで位置の設定が簡単にできる。また、校正台の上下移動も距離尺により110±20cmの微調節ができ、校正台の表面は40×60cmのアクリル板上に縦横共に1cm等分目盛を印し、10cmおきに均一円が描かれている。

照射装置本体からしゃへい土塁までの距離は20mであり、校正室の電動シャッターを開けると利用線錐が、前方のしゃへい土塁に達し、そこで一部しゃへいされる。

校正線量率の範囲は、2Ci照射したとき最小校正線量率は、Fig.8より距離3.5mで50mR/hである。次に、20Ci照射したときの最大校正線量率は、距離0.5mの位置で約25R/hである。

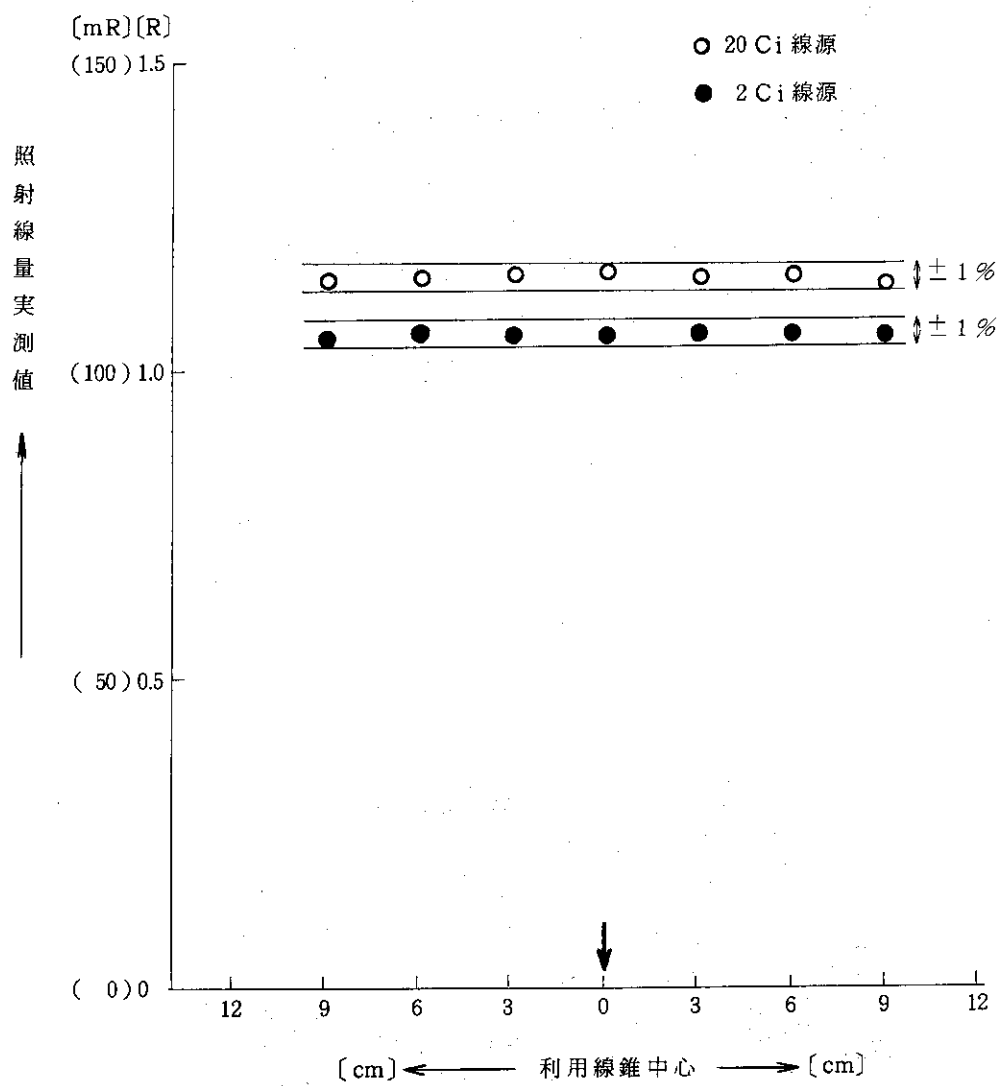
上記の性能より、積算照射の場合、1日8時間運転で約200Rの照射ができる。

校正室内の温度・湿度・気圧条件は、室内がある一定の条件に空調されているので、おのおのについて問題となるまでの変化は起らない。

校正室内のバックグラウンドは、NaI(Tl)携帯用シンチレーション検出器で測定したところ20μR/h程度で、校正時の被校正用測定器のレンジに対し、この値による影響は無視できる。

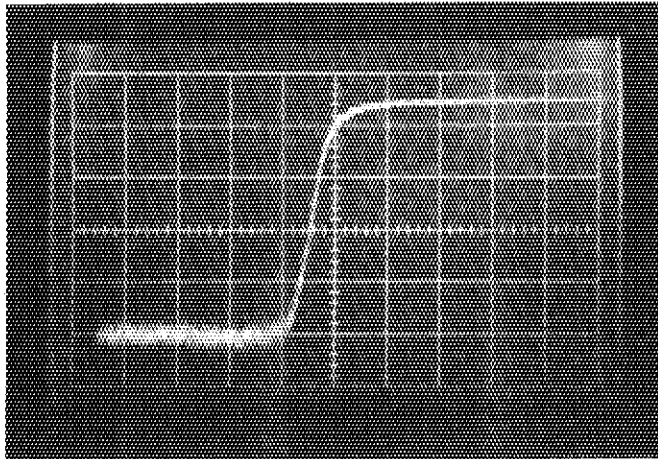
以上の結果をJIS-Z-4511「照射線量測定器の校正方法」⁴⁾の格納γ線源の1級基準に照らし、その適合性をTable 2にまとめて示した。

20Ci線源で本装置を運転したときの周辺の線量率測定結果は、Fig.9に示すとおりである。



線源から 1 m の点における利用線錐断面

Fig. 7 利用線錐断面の線量均一性 (ピクトリン R メータ使用)

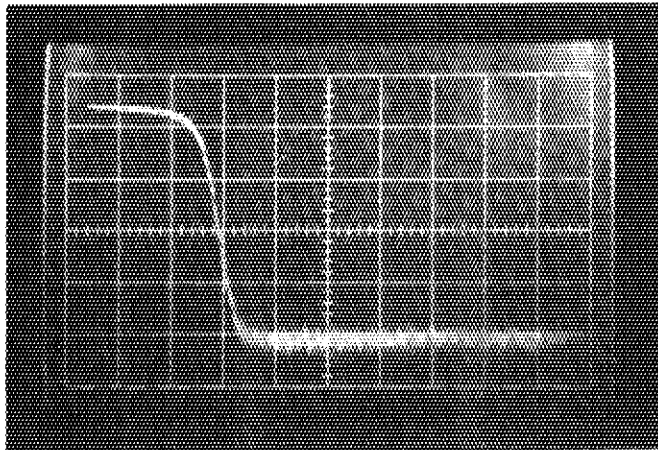


照射→準照射

HV : 810 V 巾 : 0.1 sec/div

距離 : 220 cm 高さ : 20mV/div

写図1 シャッター速度の測定



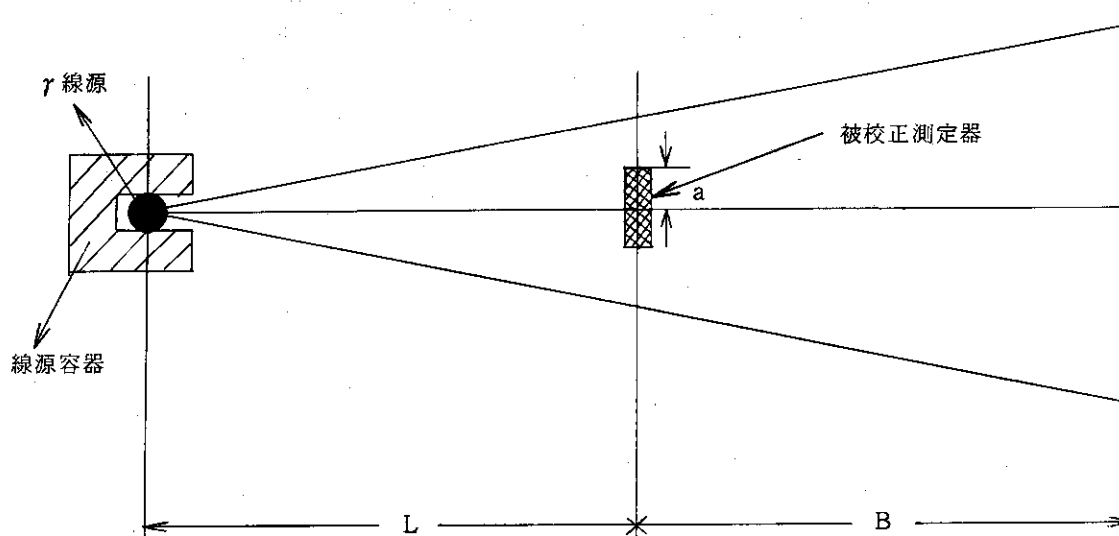
準照射→照射

HV : 810 V 巾 : 0.1 sec/div

距離 : 220 cm 高さ : 20mV/div

写図2 シャッター速度の測定

Table 2 JIS 1級への適合性
格納 γ 線源の基準



項 目	JIS 1級基準	原研大洗校正室の適合性
L	1 m 以上	良
a/L	1/10 以下	良
B	1.5 m 以上	良
シャッタ速度	——	0.3 sec
位置の設定	±0.2%以下	±0.2%以下
ビームの均一性	± 1%以内	1mの点でビーム主軸より±9 cm以内で±1%
照射線量率の正確さ	± 4%以下	±1.5 %
校正線量率範囲	10 mR/h ~ 10 ⁴ R/h	50 mR/h ~ 25 R/h
照射線量	1 mR ~ 10 ⁵ R	10 mR ~ 200 R
室内温度	20 ± 5 °C	良
室内湿度	≤ 75 %	良
室内気圧	1013 \pm 15 / - 20 mb	良
室内バックグラウンド	照射線量率の1/200以下	良

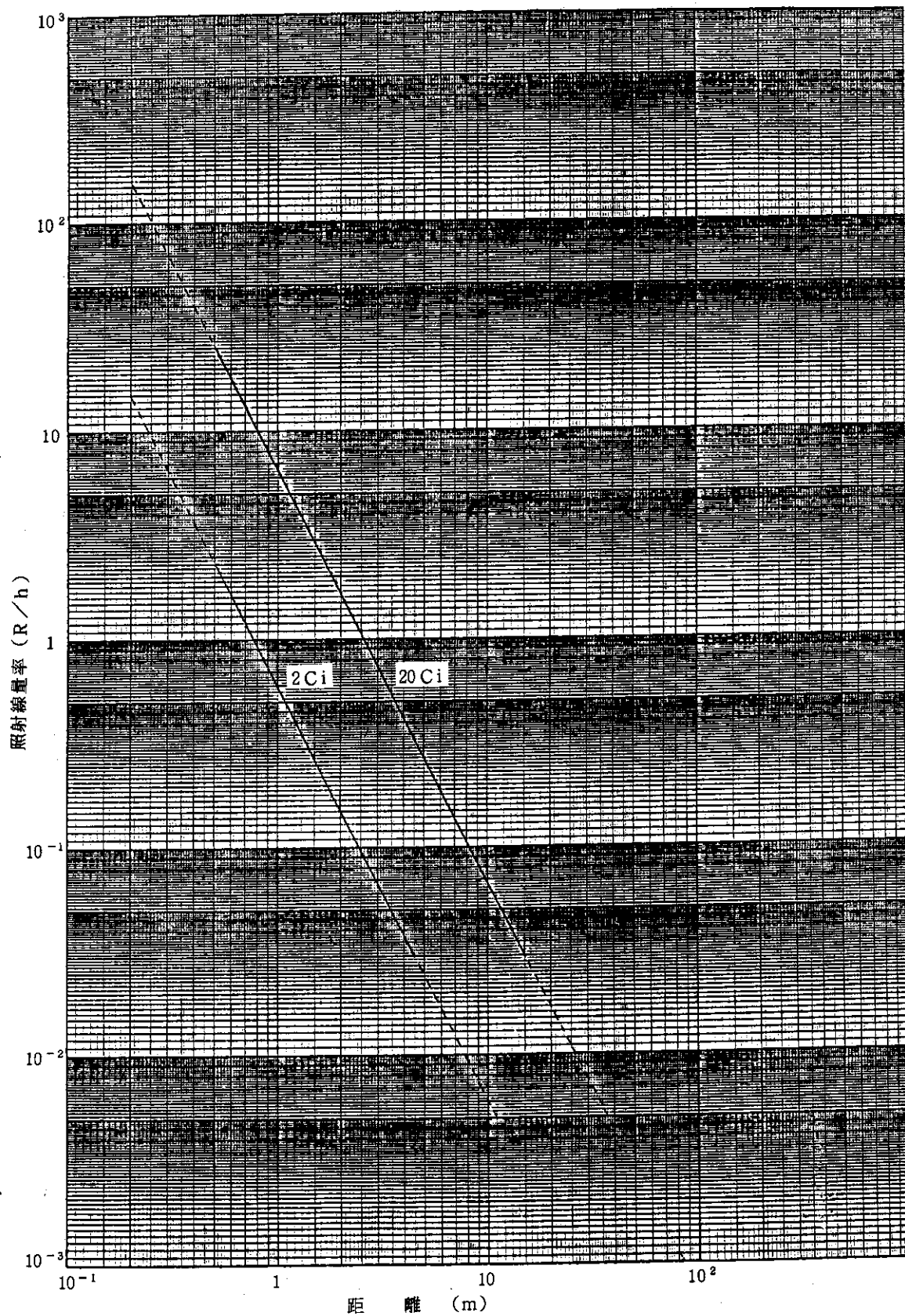


Fig. 8 2 Ci・20 Ci 線源の距離と照射線量率の関係

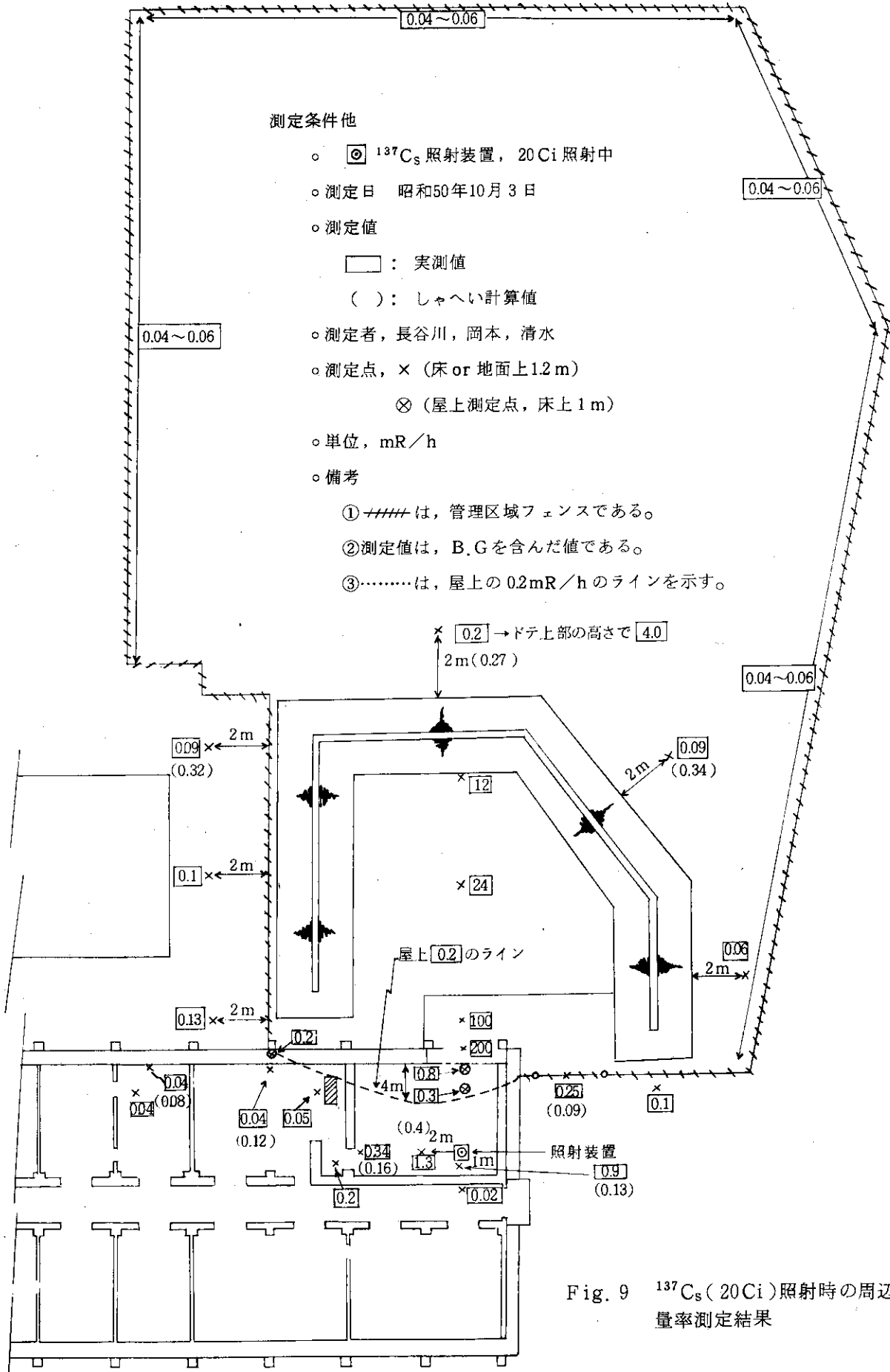


Fig. 9 ^{137}Cs (20Ci)照射時の周辺線量率測定結果

6. 装置の線量測定

^{137}Cs 照射装置の線量率測定、散乱線の影響および逆二乗法則について実験を行い、 2Ci および 20Ci それぞれの距離における基準線量率をもとめた。

実験に使用した基準測定器は、東海研究所線量計測課所有の電総研にて検定済みのビクトリン社製570型コンデンサRメータである。なお、大洗研究所所有の同一機種 of ビクトリンRメータとの比較校正も行った。

6.1 散乱線の影響

照射部の円錐型コリメータは 30° であり、それ以外の照射部は 10cm 鉛厚でしゃへいされている。コリメータを用いて円錐型利用線錐を得る場合の線量と 4π で照射した場合の同一距離における線量を測定比較することにより、コリメータ、校正室の床、天井、壁からの散乱線の寄与について調べた。結果は Table 3 に示すとおりでコリメータの有無にかかわらず線量測定値がほぼ一致した。このことより線源周囲からの散乱線は、コリメータの鉛材および線源自体に吸収されて利用線錐には大きな影響を及ぼしていないことがわかった。また、部屋の床、天井および壁からの散乱線の寄与は、 30° コリメータによる利用線錐が床、天井および壁に達するまでには、 γ 線速度密度が小さくなっており影響が少ないことがわかった。

6.2 2Ci および 20Ci の基準線量率の測定

使用した測定器は電総研で検定した東海研究所線量計測課のビクトリンRメータである。

Rメータ続取りの目盛校正は Table 4 のとおり検出器ごとに、積算線量レベルにより3段階に分けて定数が導びかれており、この補正項と 22°C を基準としたときの温度補正項、そして検出器のエネルギー校正定数を実測値に乗じておのおのの距離における線量率を求めた。その結果を Table 5, 6 に示す。

また、大洗研究所にある同一機種 of ビクトリンRメータにより同一距離での線量をおのおの求め、検定したRメータの指示値との比較校正を行った。基準測定器とのずれを調べると、Table 7, 8 に示すとおり検定したRメータに比して 2Ci の線量測定に用いた No. 130 Rメータは 1.1% 感度が高く、 20Ci の線量測定に用いた No. 552 Rメータは 2.9% 感度が低い結果が得られた。

6.3 距離の逆二乗法則の確認

線源からの距離を $0.2\sim 15\text{m}$ まで変化させ、 20Ci 線源の線量測定を26点行い距離の逆二乗法則について調べた。その結果を Table 9 および Fig. 8 に示す。Fig. 8 より逆二乗法則が十分満

足されていることがわかった。

6.4 線源格納，準照射時の漏洩線量率

Fig. 10に示す線量率分布は，線源が線源格納にある場合の照射装置周辺の線量率である。この値は， ^{226}Ra 線源で校正されたシンチレーションサーベイメータで測定したものである。線源を準照射の位置に移動したとき，照射口より50 cm離れた場所の線量率分布は， ^{20}Ci 線源の場合1.1mR/h，そして ^{2}Ci 線源の場合0.12mR/hであった。

7. あとがき

この装置は、1975年9月に完成し、以後、事故もなく順調に運転されている。この装置の運転開始にあたっては4装置の運転要領に示すような運転マニュアルおよび運転記録簿を作り、機器故障の早期発見および被曝事故防止に努めている。

この装置の照射特性を調べたところ、部屋の壁・床・天井などによる γ 線散乱がほとんどなく、照射線量率の逆二乗特性は、距離0.5mから15m程度まで成立しており、きわめて良好な結果が得られた。また、日本工業標準規格JIS-Z-4511「照射線量測定器の校正方法」の格納 γ 線源の1級基準に照らし、その適合性について調べた結果、ほとんどの項目についてこの基準を満足しており、その中には、基準より大幅に性能の良い結果が得られた項目もあった。

この装置の線源選択機構には、もっと簡単な良い方法があることがわかった。それは、線源選択ロータの回転方向を一方向にきめることにより、余分な機構が削除でき、多線源選択の方法が簡単に設計できたことである。

終りに臨み、本装置の線量測定で技術的な助言をいただいた東海研究所線量計測課計測校正係の各位と、校正室建家周辺の線量率測定をしていただいた現在東海研究所放射線管理第2課の長谷川圭佑氏に深く感謝いたします。また、この装置の製作にあたり東京しゃへい機器株式会社の御協力をいただいた。なお、査読をしていただいた押野昌夫、放射線管理課長に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 奥山, 南他: 放射線計測器校正用 γ 線標準照射装置, JAERI-M 5293 (1973)
- 2) 大西, 南他: 原子力施設の事故〔調査報告〕, JAERI-4052 (1969)
- 3) By Leo Wade, Jr: Nuclear Safety, Vol. 13 No. 4 (1972)
- 4) 日本工業標準規格: 照射線量測定器の校正方法 JIS-Z-4511 (1974)

7. あとがき

この装置は、1975年9月に完成し、以後、事故もなく順調に運転されている。この装置の運転開始にあたっては4.装置の運転要領に示すような運転マニュアルおよび運転記録簿を作り、機器故障の早期発見および被曝事故防止に努めている。

この装置の照射特性を調べたところ、部屋の壁・床・天井などによる γ 線散乱がほとんどなく、照射線量率の逆二乗特性は、距離0.5mから15m程度まで成立しており、きわめて良好な結果が得られた。また、日本工業標準規格JIS-Z-4511「照射線量測定器の校正方法」の格納 γ 線源の1級基準に照らし、その適合性について調べた結果、ほとんどの項目についてこの基準を満足しており、その中には、基準より大幅に性能の良い結果が得られた項目もあった。

この装置の線源選択機構には、もっと簡単な良い方法があることがわかった。それは、線源選択ロータの回転方向を一方向にさめることにより、余分な機構が削除でき、多線源選択の方法が簡単に設計できたことである。

終りに臨み、本装置の線量測定で技術的な助言をいただいた東海研究所線量計測課計測校正係の各位と、校正室建家周辺の線量率測定をしていただいた現在東海研究所放射線管理第2課の長谷川圭佑氏に深く感謝いたします。また、この装置の製作にあたり東京しゃへい機器株式会社の御協力をいただいた。なお、査読をしていただいた押野昌夫、放射線管理課長に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 奥山, 南他: 放射線計測器校正用 γ 線標準照射装置, JAERI-M 5293 (1973)
- 2) 大西, 南他: 原子力施設の事故〔調査報告〕, JAERI-4052 (1969)
- 3) By Leo Wade, Jr: Nuclear Safety, Vol. 13 No. 4 (1972)
- 4) 日本工業標準規格: 照射線量測定器の校正方法 JIS-Z-4511 (1974)

Table 3 照射装置のコリメータの有無による散乱効果

線源	測定器	測定値	測定条件	距離
2Ci	Rメータ No. 130 エネルギー特性 42~660KeV	205 mR/5min	コリメータなし	50cm
		204 "	コリメータ付	"
		107 mR/10min	コリメータなし	100cm
		106 "	コリメータ付	"
20Ci	Rメータ No. 552 エネルギー特性 250KeV~1.3MeV	2.36 R/5min	コリメータなし	50cm
		2.25 "	コリメータ付	"
		1.24 R/10min	コリメータなし	100cm
		1.17 "	コリメータ付	"
2Ci	Rメータ No. 130 エネルギー特性 42~660 KeV	26 mR/30min	シャッターを閉鎖したとき	350cm
		26 mR/30min	シャッターを開けたとき	"
	球形電離箱 500㎖ (床上120cm)	722mV(デジボル) 10^{10} (Q)	線源を単体として取出したとき	100cm
		722 " "	鉛コリメータがある正常なとき	"
		733 " "	鉛コリメータがないとき	"
		742 " "	鉛ブロック3個によるコリメータのとき	"

Table 4 ビクトリンRメータの読取り補正とエネルギー校正定数

No. 130		No. 552	
低	1.03 (70mR)	低	1.02 (0.7R)
中	1.03 (140mR)	中	1.01 (1.4R)
高	1.02 (210mR)	高	1.00 (2.1R)
^{137}Cs 1.03		^{137}Cs 1.04	

Table 5 東海研ビクトリンRメータによる¹³⁷Cs 20Ciの線量測定結果

距離 (cm)	平均実測値 (R/min)	平均線量率 (R/h)	温度 (°C)	温度補正係数 (22°C換算)	読取補正係数 エネルギー校正定数	基準線量率 (R/h)
60	1.56 / 5	18.72	19.5	0.9915	0.96	17.86
70	1.15 / 5	13.80	19.5	0.9915	0.97	13.29
80	0.88 / 5	10.56	19.5	"	0.97	10.17
90	0.695 / 5	8.34	20.0	0.9932	0.98	8.12
100	1.128 / 10	6.77	"	"	0.97	6.53
110	0.94 / 10	5.64	"	"	0.97	5.44
120	0.79 / 10	4.74	21.0	0.9966	0.97	4.59
130	1.35 / 20	4.05	"	"	0.97	3.92
140	1.16 / 20	3.48	"	"	0.97	3.37
150	1.00 / 20	3.00	20.5	0.9949	0.97	2.90

測定器：Rメータ型名はNo. 552フルスケール2.5R

Table 6 東海研ビクトリンRメータによる¹³⁷Cs 2Ciの線量測定結果

距離 (cm)	実測平均値 (mR/min)	平均線量率 (mR/h)	温度 (°C)	温度補正係数 (22°C換算)	読取補正係数 エネルギー校正定数	基準線量率 (mR/h)
60	135 / 5	1620	20.0	0.9932	1.00	1609
70	199 / 10	1194	20.5	0.9949	0.99	1176
80	153 / 10	918	"	"	0.99	904
90	122 / 10	732	20.0	0.9932	1.00	727
100	149 / 15	596	20.0	"	0.99	586
110	124 / 15	496	"	"	1.00	493
120	103 / 15	412	"	"	1.00	409
130	117 / 20	351	20.5	0.9949	1.00	349
140	100 / 20	300	21.0	0.9966	1.00	299
150	87 / 20	261	"	"	1.00	260

測定器：Rメータ型名は、No. 130フルスケール0.25R (2mmのアクリルでシール)

Table 7 大洗研ビクトリンRメータによる¹³⁷Cs 2Ciの線量測定結果

距離 (cm)	平均実測値 (mR/min)	温度 (°C)	温度補正係数 (22°C換算)	読取補正係数		補正線量率 (mR/h)	東海研Rメータ	
				エネルギー校正定数			大洗研Rメータ	
60	136/5	19.0	0.9898	1.00		1616	0.996	
70	100/5	"	"	1.00		1188	0.990	
80	155/10	"	"	0.99		911	0.992	
90	123/10	"	"	1.00		731	0.995	
100	100/10	"	"	1.00		594	0.987	
110	83/10	"	"	1.00		493	1.000	
120	70/10	18.5	0.9881	1.00		420	0.974	
130	90/15	"	"	1.00		356	0.980	
140	102/20	"	"	1.00		303	0.987	
150	90/20	19.5	0.9915	1.00		267	0.974	
							0.988	

測定器：大洗研ビクトリンRメータ No. 130 (アクリル 2mmでシール)

Table 8 大洗研ビクトリンRメータによる¹³⁷Cs 20Ciの線量測定結果

距離 (cm)	平均実測値 (R/min)	温度 (°C)	温度補正係数 (22°C換算)	読取補正係数		補正線量率 (R/h)	東海研Rメータ	
				エネルギー校正定数			大洗研Rメータ	
60	1.54/5	18.5	0.9881	0.96		17.57	1.017	
70	1.12/5	"	"	0.97		12.89	1.031	
80	0.85/5	"	"	0.97		9.78	1.040	
90	0.68/5	"	"	0.98		7.91	1.027	
100	1.10/10	"	"	0.97		6.33	1.032	
110	1.38/15	"	"	0.97		5.29	1.028	
120	1.16/15	"	"	0.97		4.45	1.031	
130	0.99/15	17.0	0.9831	0.97		3.78	1.037	
140	1.13/20	18.5	0.9881	0.97		3.25	1.037	
150	0.99/20	18.0	0.9864	0.97		2.85	1.018	
							1.030	

測定器：大洗研ビクトリンRメータ No. 552

Table 9 各距離における照射線量率 (51.12/1~3)

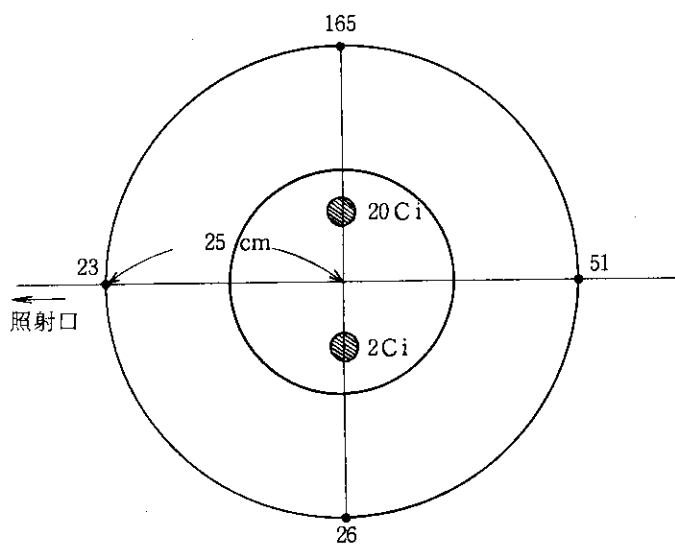
距離 (cm)	20 Ci	2 Ci
20	171 R/h	15.0 R/h
30	76.0	6.7
40	42.8	3.8
50	25.2	2.3
60	18.1	1.60
70	13.3	1.18
80	10.1	903 mR/h
90	8.1	722
100	6.5	588
110	5.5	488
120	4.6	411
130	3.9	352
140	3.3	299
150	2.9	265
160	2.6	231
170	2.4	200
180	2.1	178
190	1.87	160
200	1.68	141
250	1.08	91.0
300	752 mR/h	64.6
500	269	
600	186	
700	137	
1000	67.3	
1500	29.7	

測定器：ビクトリ Rメータ

単位： $\mu\text{R}/\text{h}$

測定器：Aloka製TCS-121C型

シンチレーションサーベイメータ



線源格納 (床上85 cm)

Fig. 10 線源格納時の漏洩線量率

