

JAERI-M

5 2 9 3

放 射 線 計 測 器 校 正 用 γ 線
標 準 照 射 装 置

1973年6月

奥山 登・南 賢太郎・清水 滋・福田 整司

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、複製などのお問合せは、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.

放射線計測器校正用 γ 線標準照射装置

日本原子力研究所大洗研究所管理部

奥山 登，南賢太郎

清水 滋，福田整司

(1 9 7 3 年 5 月 2 1 日受理)

大洗研究所安全管理棟校正室に設置した小型の放射線計測器校正用 γ 線標準照射装置を紹介する。この装置は、20 mCi 程度の ^{226}Ra 標準線源を装荷したもので、便利に使用できるよう工夫する一方、取扱作業者の無用の被曝をさけるための十分な遮蔽とその他安全を確保するための十分な防護措置を考慮して製作したものである。

JAERI-M 5293

Irradiation Apparatus for the Calibration of Gamma Survey Instruments

Noboru OKUYAMA, Kentaro MINAMI, Satoru SIMIZU and Seishi FUKUDA

Division of Administrative Services, Oarai, JAERI

(Received May 21, 1973)

The irradiation apparatus designed for the calibration of gamma survey instruments, including pocket dosimeter, personal thermoluminescence dosimeter and low-range survey meters, are described; these are used in routine radiation protection.

This apparatus is equipped with 50 mCi of the sealed radium source in maximum, and incorporated with adequate mechanical and electrical safety devices to prevent any accidental radiation exposure. The exposure rates at various distances from the source and the rates due to scattered gamma-rays are given in the appendix.

目 次

1 まえがき	1
2 装置の概要	1
3 装置各部の詳細	3
3.1 照射装置	3
3.2 線源カプセル	3
3.3 操作装置	4
3.4 ポケット線量計校正用スタンド	4
4 照射線量率の評価	5
4.1 照射線量率の評価	5
4.2 逆二乗法則の確認	6
4.3 各距離における照射線量率	6
4.4 線源格納, 準照射時の漏洩線量率	8
5 あとがき	8
Appendix I R_a 線源の照射線量率測定	15
Appendix II R_a 照射装置運転マニュアル	20

1 まえがき

現在大洗研究所における主な施設は、JMTR、ホットラボ、廃棄物処理場およびRI利用開発棟である。また、現在燃料研究棟の建設が進められており、これらの施設において使用される放射線管理用の放射線計測器は、ポケット線量計などを含めて、かなりの数にのぼる。大洗研究所発足の初期は、これら計測器の校正は、輸送できるものは、東海研究所線量計測課へ依頼して標準校正をおこなっていたが、その労力と時間的損失を考慮して、安全管理棟の建設を契機に、大洗研究所内でもこれら計測器の校正ができるよう計画していた。

ここに述べる γ 線標準照射装置は上記計画の一環として整備されたもので、比較的低線量の γ 線計測器を校正するために設計されたものである。

放射線照射装置により発生する被曝事故の事例をみると、それが直接的であっても、あるいは間接的に発生したものであっても、かなり大きな被曝を与えていた例が多く、常にその危険性をひめているものと考えられ、この装置を設計するにあたっては十分その安全性を吟味し、製作した。

この報告は、製作した γ 線標準照射装置を紹介するもので、同時に、その設計にあたっての考え方および多少得られた特性についても述べたものである。また、Appendix Iにはこの装置の照射線量率を評価するためにおこなった実験とその結果について述べ、Appendix IIにはこの装置の運転マニュアルをのせた。

2 装置の概要

この装置は、20mCi程度の ^{226}Ra 標準線源を用いた、低線量用の γ 線サーベイメータ、フィルムパッジおよびポケット線量計などを対象とした放射線計測器校正用 γ 線標準照射装置である。

この装置は、取扱が容易であるように、しかも、被曝事故の発生を防ぐため十分安全性を吟味して設計したものである。その要点を述べると、

- 1) 取扱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ようにした。
- 2) 操作は、誤操作を防ぐため、できるだけキーを用いて操作するようにした。
- 3) 電源が切れた場合、全て安全側に動作するようにした。
- 4) 線源格納においては、十分な遮蔽をほどこした。
- 5) 装置の運転状態を自動的に明示できるようにした。
- 6) 装置の運転状態を明示するため、主要な箇所には自動的に動作する回転表示燈を付けた。
- 7) 照射状態まで線源を移動させるに要する時間はできるだけ短くした。
- 8) タイマーを付け、要望する照射時間で自動的に照射できるようにした。

1 まえがき

現在大洗研究所における主な施設は、JMT-R、ホットラボ、廃棄物処理場およびRI利用開発棟である。また、現在燃料研究棟の建設が進められており、これらの施設において使用される放射線管理用の放射線計測器は、ポケット線量計などを含めて、かなりの数にのぼる。大洗研究所発足の初期は、これら計測器の校正は、輸送できるものは、東海研究所線量計測課へ依頼して標準校正をおこなっていたが、その労力と時間的損失を考慮して、安全管理棟の建設を契機に、大洗研究所内でもこれら計測器の校正ができるよう計画していた。

ここに述べる γ 線標準照射装置は上記計画の一環として整備されたもので、比較的低線量の γ 線計測器を校正するために設計されたものである。

放射線照射装置により発生する被曝事故の事例をみると、それが直接的であっても、あるいは間接的に発生したものであっても、かなり大きな被曝を与えている例が多く、常にその危険性をひめているものと考えられ、この装置を設計するにあたっては十分その安全性を吟味し、製作した。

この報告は、製作した γ 線標準照射装置を紹介するもので、同時に、その設計にあたっての考え方および多少得られた特性についても述べたものである。また、Appendix Iにはこの装置の照射線量率を評価するためにおこなった実験とその結果について述べ、Appendix IIにはこの装置の運転マニュアルをのせた。

2 装置の概要

この装置は、20mCi程度の ^{226}Ra 標準線源を用いた、低線量用の γ 線サーベイメータ、フィルムバッジおよびポケット線量計などを対象とした放射線計測器校正用 γ 線標準照射装置である。

この装置は、取扱が容易であるように、しかも、被曝事故の発生を防ぐため十分安全性を吟味して設計したものである。その要点を述べると、

- 1) 取扱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ようにした。
- 2) 操作は、誤操作を防ぐため、できるだけキーを用いて操作するようにした。
- 3) 電源が切れた場合、全て安全側に動作するようにした。
- 4) 線源格納においては、十分な遮蔽をほどこした。
- 5) 装置の運転状態を自動的に明示できるようにした。
- 6) 装置の運転状態を明示するため、主要な箇所には自動的に動作する回転表示燈を付けた。
- 7) 照射状態まで線源を移動させるに要する時間はできるだけ短くした。
- 8) タイマーを付け、要望する照射時間で自動的に照射できるようにした。

- 9) 散乱，吸収などの影響をできるだけ受けないように考慮した。
 10) 被照射物のセットを容易にできるよう甲板を設け，寸法およびケガキ線を記入した。
 11) 照射装置は簡単に移動できるよう架台に車を付けた。
 などである。

この装置の構成は下記の通りである。

照射装置

架台主要寸法：高さ 75 cm, 巾 80 cm, 奥行 80 cm

主要遮蔽体：鉛厚さ 13 から 15 cm

カプセルガイドハイブの材質：アルミニウム厚さ 1.5 mm

小型コンプレッサ

最高使用圧力：5 Kg/cm²

使用電源：AC 100 V, 50 Hz, 0.2 KW

線源カプセルー材質アルミニウム厚さ 1.5 mm

線源—Radium Belge 製標準 R_a, 白金イリジウム管型式 T 20 型, 検定量 19.90 mg

(1969 年 10 月 28 日検定)

線源挿入棒—寸法全長 1.2 m, 使用電池単 2 2 箇

回転表示燈—2 箇所に配置

操作装置

外観寸法：高さ 42 cm, 巾 56 cm, 奥行 56 cm

操作方法：キー操作, Dual Timer 付

使用電源：AC 100 V, 50 Hz

ポケット線量計校正用スタンド—塩化ビニール製の片輪 2 箇 (1 箇の片輪で 35 本のポケット線量計の校正可)

スケール—スチール製長さ 4 m (校正室床に張り付)

これらの装置の配置を附図 1 に示す。照射装置は、厚さ 40 cm のコンクリート壁に囲われた校正室のほぼ中央に配置され (移動可能), 校正室に隣接している校正準備室の壁に設置した操作装置により遠隔操作される。照射装置と操作装置との連絡には既設のケーブルピットを使用した。小型コンプレッサは校正室内に配置した。また、回転表示灯は、校正室の入口と校正室内でも照射状態を把握できるよう校正室内の比較的見易い位置とにそれぞれ 1 箇づつ配置した。

3 装置各部の詳細

3.1 照射装置

照射装置は、遮蔽本体、回転シャッターとその駆動装置、線源をみちびくカプセルガイドパイプ、運転状態を示す表示燈および架台などから構成されている。附図2,3にその構造を示す。

線源は、遮蔽本体内部の回転シャッターにより線源格納の位置から、準照射位置に移動されさらに準照射位置から圧搾空気により打ち上げられ、マグネットストッパーで照射位置に保持される。照射位置の中心は、床上82.5cm、甲板平面より7.5cmである。

遮蔽本体の主遮蔽物は、鉛で、その厚さは13cmから15cm程度である。

遮蔽本体内部の回転シャッターの駆動は、電動および手動の両用で、通常は電動であるが、故障などに備え手動でも操作できるようにしている。この場合、手動操作中他の操作による事故の発生を防止するためキーを用いて操作するようにしている。線源は回転シャッターの線源格納の位置において、装置へ挿入または取り出しができる構造としている。この線源挿入穴には、通常は遮蔽棒を入れている。

線源をみちびくカプセルガイドパイプの線源照射位置の材質は、照射線量に誤差を生じさせないようにアルミニウム管を使用している。その管厚は1.5mmである。その他のカプセルガイドパイプの材質は適当な強度を有する材質（ビニールホースなど）のものを採用している。

カプセルガイドパイプの線源照射位置の上部には装置の運転状態を示す表示燈を取り付けている。表示燈は、下から『線源格納』『準照射』『照射』の3段階に分けて、各々、緑色、黄色、赤色の表示ランプで色別している。また、これらのランプおよびマグネットストッパーのリード線は、この表示燈上部より、コネクターを介し装置架台に取り付けられたコードホルダにより吊られ、照射の障害とならないようにしている。このリード線は、保護のため、さらに一旦コネクターにより装置架台で中継されている。

装置架台には、車を取り付け容易に移動できる構造とし、架台の前後2箇所に指針を設け、装置の位置を簡単に決定できるようにしている。指針は上下できる構造としている。散乱線の影響をできるだけ少なくするように、架台周囲にはパンチングプレートを、上部甲板にはプラスチック板を使用したが、後で詳しく述べるが、上部に甲板を設けプラスチック板を用いたことは失敗であった。このプラスチック板は、厚さ0.8cmの80cm角の板で、表面に寸法およびケガキ線を彫刻し、被照射物の位置決定を容易にできるようにしている。また、上部甲板の平面は床より75cmの高さになるようできるだけ水平に製作している。

3.2 線源カプセル

線源カプセルは、Radium Beige 製標準Ra線源の白金イリジウム管型式T20およびT50を装荷できるよう設計した。その構造を附図4に示す。また、標準Ra線源の白金イリジウム管の構造と寸法を附図5に示す。

線源カプセルの材質には、照射線量に誤差を生じさせないように、アルミニウム材を使用している。その線源部の厚さは1.5mmである。線源カプセルは、打上げまたは降下時かなりの

衝撃を受けるので、線源を保護するため、ポリエチレン製のクッションを線源の上下部に入れている。また、線源カプセルのキャップにはマグネットストッパーに動作するよう鉄片を使用している。

3.3 操作装置

操作装置は、取扱作業者が無用の被曝をさけるため、照射装置を遠隔操作するためのものである。附図6に、操作装置のパネル面の図を示す。パネル上段には、装置の運転状態を示す表示燈を、中段にはコンプレッサの圧力を示す圧力計および照射時間を設定するタイマーを、また、下段には装置を操作するためのキースイッチなどを配置している。

表示燈は、左より『線源格納』『準照射』『照射』の順に配置し、緑、橙、赤色と色別している。

圧力計は、表示最大圧力が 4 kg/cm^2 のものを採用している。実際使用する圧力は 3 kg/cm^2 程度である。

キースイッチAは、この装置の電源スイッチで、これより照射装置全体に電源が供給される。使用しているヒューズの容量は10Aである。また、電源投入の状態で電源用パイロットランプが点燈する。コンプレッサ用スイッチにはスナップスイッチを用い、コンプレッサを必要としないときはその電源を切れるようにしている。キースイッチBは、線源を格納および準照射の位置に移動させるための操作スイッチである。また、キースイッチCおよびDは、線源をコンプレッサの圧搾空気により打ち上げ、準照射の位置から照射位置に、瞬間に、移動させるための操作スイッチである。照射時間を設定する必要のある場合はタイマーとキースイッチCをONに、その必要がない場合はタイマーとキースイッチDをONにすればよい。この場合、キースイッチBが準照射の位置にないときは動作しないようになっている。タイマーは照射時間を精度よく設定できるデュアル型のタイマーを採用している。設定時間は1秒から60分までで、1秒間隔に設定できる。なお、各箇所に取り付けられた表示燈（照射装置上部に取り付けた表示燈、操作装置パネル面に取り付けた表示燈および校正室入口などに配置した回転表示燈）は、これらキースイッチと連動して自動的に動作するようにされている。

3.4 ポケット線量計校正用スタンド

ポケット線量計は、個人被曝測定器として各人1本づつ貸与されるので、所全体でみるとその数量は他の計測器に比べ非常に多い。

この校正用スタンドは、短時間で一度に多数のポケット線量計を照射できるように設計したもので、附図7に示す通り、1箇の輪を2分して製作したものである。材質は塩化ビニールで1箇の片輪で35本のポケット線量計をセットできる。線源からの計測器実効中心までの距離は30cmである。また、計測器実効中心の高さは線源の中心と水平の位置にある。

4 照射線量率の評価

4.1 照射線量率の評価

この装置に装着した線源は、Radium Beige 製の型式 T 20 の白金イリジウム管に封入された標準 R_a で、検定書によると封入された $^{226} R_a$ の量は 19.90 mg (1969年10月28日検定) である。また、カタログによると、白金イリジウム管の全沪過層は 1.0 mm である。前章で述べた通り、この線源はさらにアルミニウム製のカプセルに入られ、アルミニウム製のカプセルガイドパイプを沪過して γ 線を放射する。このアルミニウムの全沪過層は 3 mm である。ここでは、この線源を用いた場合の照射線量率の評価方法とその結果について述べる。

照射線量率の評価は 1) R_a 重量からの計算、2) Victoreen 製 R-Meter による実測、3) 電子技術総合研究所検定線源との比較測定による 3 つの方法でおこなった。その結果を Table 1 に示す。

Table 1 照射線量率の評価結果

評価方法	評価値*	比較
1) R_a 重量からの計算	1.5.5	1
2) Victoreen 製 R-Meter による実測	1.5.8** \pm 5%	1.02
3) 電子技術総合研究所検定線源との比較	1.6.1 \pm 5%	1.04

* 単位 mR/h at 1m

** 距離 30 cm の位置における実測値より算出

R_a 重量からの計算では、線源より 1m 離れた点における照射線量率を D (mR/h), R_a 重量を W (mg), 白金イリジウム管厚を t (mm) として、次式により計算した。

$$D = 0.902 (1 - 0.139 t) W \quad (1)$$

Appendix 1 で詳しく述べるが、この式は、0.5 mm 厚白金イリジウム管入り $^{226} R_a$ の特性 γ 線定数 F 値を 0.84 ($m^2 \cdot R/h \cdot g$) であるとし、白金イリジウム管による γ 線の吸収割合を実験で求め、その補正を加味して作り上げた実験式である。

Victoreen 製 R-Meter による実測では、 $^{226} R_a$ 線源より放射される γ 線の実効エネルギーは 1 Mev 近辺であることから、この近辺のエネルギーをもつ γ 線に対してより精度のよい電離箱 (Model No. 552) を用いて測定をおこなった。測定点は、床より 82.5 cm の高さで、線源より 30 cm はなれた位置である。評価結果には、逆二乗の法則が成立するものとして、この測定値を 1m の位置の照射線量率に換算しておこなっている。

電子技術総合研究所検定線源との比較は、タケダ理研製の振動容量型電位計 (TR-84M型) を用いて電離箱 (TR-50型) を電子技術総合研究所で検定された線源で校正し、この測定器を用いて照射装置の照射線量率を測定することによりおこなったものである。測定点は、床より 82.5 cm の高さで、線源より 1m はなれた位置である。この実験に際して、照射位置でのカプセルガイドパイプおよびカプセル内における線源の水平方向に対するぶれのために生ずる誤

差をみいだすため、線源を数回上下させ照射線量率を測定したが、その差異は確認できなかつた。

Table 1をみてわかる通り、2) 3) の実測で得た値は、1) の R_a 重量からの計算で求めた値に比べ数%増加している。これをさらに詳しく調査した結果、その差異はプラスチック甲板でおきる γ 線の散乱の影響で生じていることがわかった。詳しくは Appendix I で述べているので参照されたい。

4.2 逆二乗法則の確認

散乱による影響がない場合、線源からの距離における照射線量率は逆二乗の法則にしたがうが、前項で述べた通り、プラスチック甲板のため数%散乱線による誤差が生ずるので、逆二乗の法則がこの装置では完全には成立しないものと考えられる。Fig. 1のグラフは、この装置の線源からの各距離における照射線量率が逆二乗の法則からどの程度ずれるか実測し、その結果を示したものである。

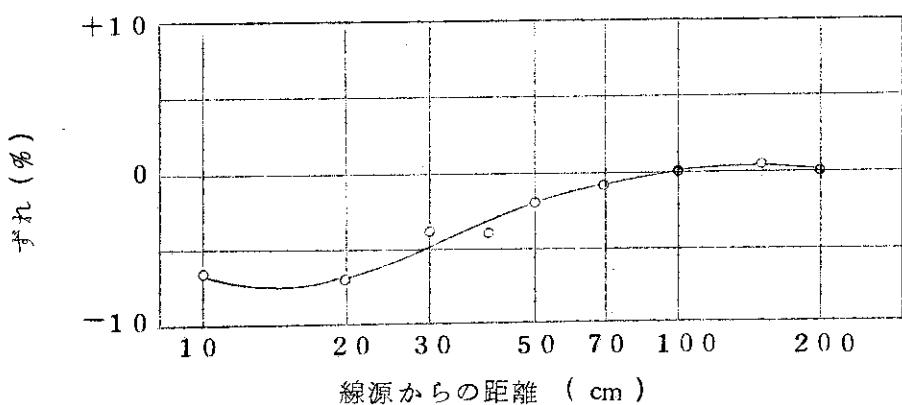


Fig. 1 逆二乗法則からのずれ（距離 1 m を基準とした）

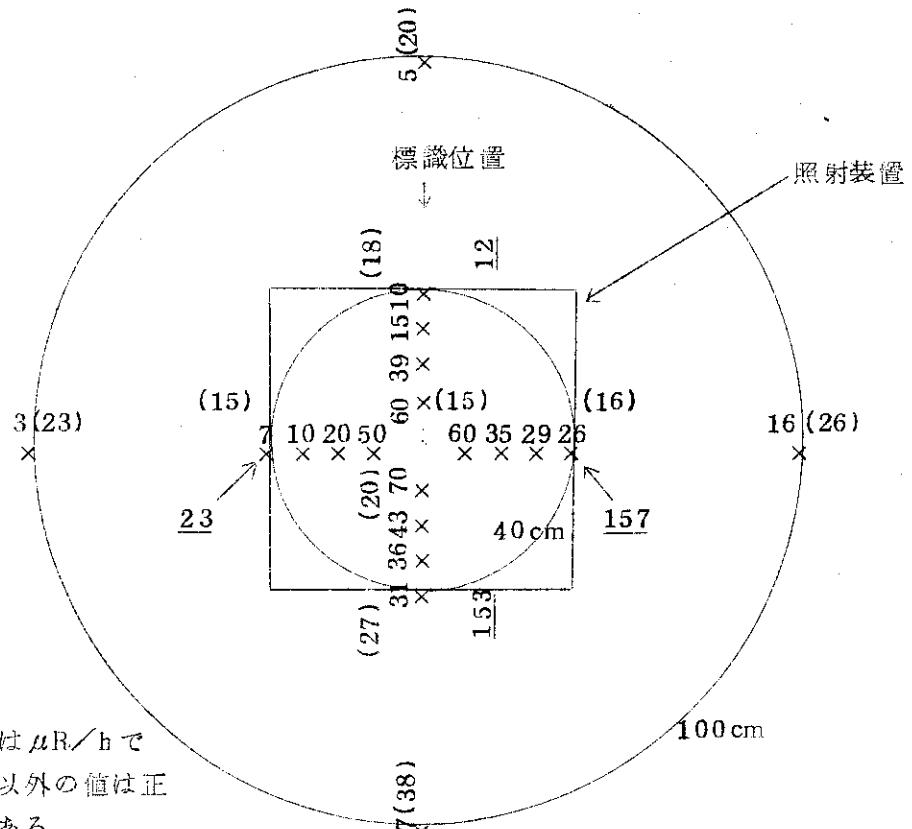
この値は、TLD を用いて測定したもので、TLD 素子は N 社製の UD 200 S 型のもので、その材質は CaSO_4 (T_m) である。各測定点の値は、TLD 素子 10 箇の測定値を平均し、距離 1 m における照射線量率が正しいものとして誤差を算出しプロットしたものである。

この TLD 素子の照射線量に対する直線性はかなりの精度で補償されているので¹⁾、ここで得られた逆二乗の法則からのずれは散乱の影響のために生じたものと考えられる。

4.3 各距離における照射線量率

前述の通り、Fig. 1 に示す差異は散乱の影響のために生ずるもので、この散乱の影響は、線源の近くでは少なく、線源が遠くなるにつれて大きくなるものと考えられる。この装置では線源の近くでは散乱の影響はないものと仮定すると、Fig. 1 から、距離 1 m の位置における散乱の影響は約 7.5% となることがわかる。また、Appendix I に示す実験では、この散乱による影響は約 4.5% と実測され、この散乱による影響は 4 ~ 8% 程度あるものと思われる。一方線源カプセルおよびカプセルガイドパイプのアルミニウム材による²²⁶ R_a の γ 線の吸収割合を実測すると約 3% (Appendix I 参照) であった。

4.1 で述べた評価方法 1) の R_a 重量からの計算で得た値は、散乱の影響および線源カプセル



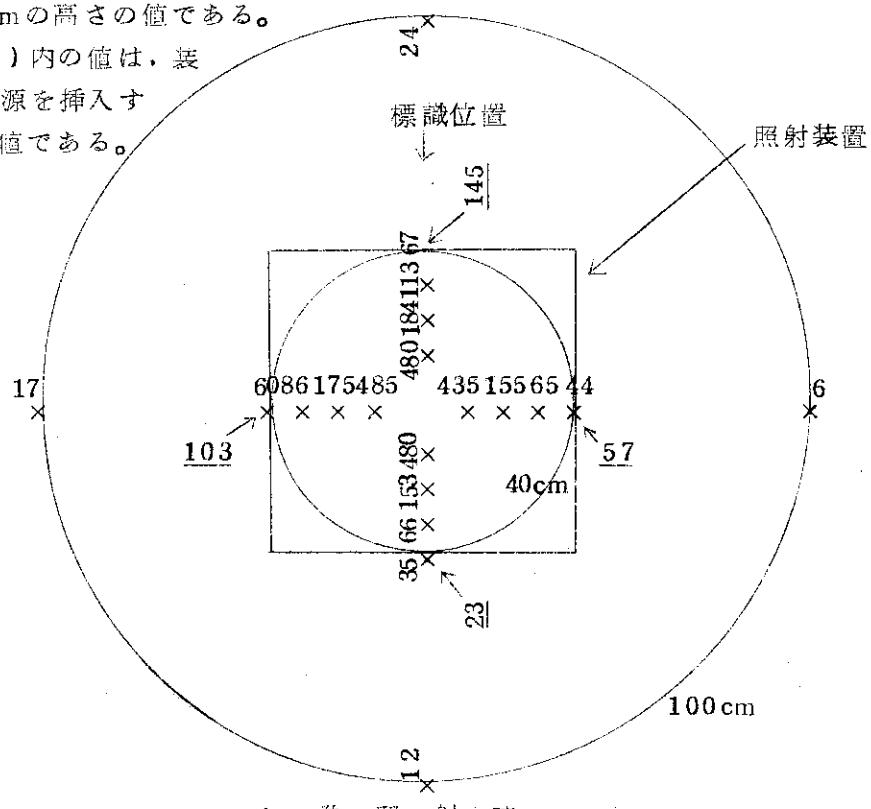
注 1) 単位は $\mu\text{R}/\text{h}$ で

()以外の値は正味値である。

2) 下線のある値は床上 50 cm 線源格納時

50 cm の高さの値で他は床
上 80 cm の高さの値である。

3) ()内の値は、袋
置に線源を挿入す
る前の値である。



b 準 照 射 時

Fig. 2 線源格納、準照射時ににおける漏洩線量率

などのアルミニウム材による吸収の影響は無視できるものとして求めたものであるが、これらによる影響を上記の値を使って（散乱による影響は7.5%であるとした）補正すると、評価方法3)の実測で得た値とほぼ一致する。また、評価方法2)の値は距離30cmでの実測値であるので、距離1mにおける散乱の影響の増加分を補正すると、やはり、評価方法3)の値とほぼ一致する。したがって、評価方法3)で得た値はほぼ信用できる値と思われる。

Table 2に示す照射線量率は、評価方法3)で得た距離1mにおける照射線量率を基準として、前項のFig. 1に示す実験結果を用いて、各距離における照射線量率を算出したものである。

Table 2 各距離における照射線量率

距 離	照射線量率	距 離	照射線量率
15 cm	6.62×10^2 mR/h	70 cm	3.25×10 mR/h
20	3.74×10^2	100	1.61×10
30	1.70×10^2	150	7.16
40	9.74×10	200	4.03
50	6.31×10		

4.4 線源格納、準照射時の漏洩線量率

被照射物のセットに要する時間が長かったり、照射後被照射物を回収するのに要する時間が長かったりした場合、線源が線源格納または準照射の位置にあるとき、照射装置周辺の線量率が高いと、照射線量率が正確であっても、そのために誤差を生じさせる恐れがある。

Fig. 2に示す線量率分布は、線源が線源格納または準照射位置にある場合の照射装置周辺の線量率である。この値は²²⁶R_a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。

これによると、被照射物のセットまたは回収に要する時間が照射時間と同じであるとして、そのために生ずる誤差は、線源より30cmの距離の位置では0.7%以下、1mの位置では0.2%以下であり、あまり問題とならなかった。

5 あ と が き

この装置は1971年4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Appendix IIに示すような運転マニ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つとめている。

この照射装置完成後、装置の照射特性を調べ、問題になった点は、プラスチック座台による γ 線散乱のために、照射線量率の逆二乗特性が損われたことである。照射装置を設計するとき

などのアルミニウム材による吸収の影響は無視できるものとして求めたものであるが、これらによる影響を上記の値を使って（散乱による影響は7.5%であるとした）補正すると、評価方法3)の実測で得た値とほぼ一致する。また、評価方法2)の値は距離30cmでの実測値であるので、距離1mにおける散乱の影響の増加分を補正すると、やはり、評価方法3)の値とほぼ一致する。したがって、評価方法3)で得た値はほぼ信用できる値と思われる。

Table 2に示す照射線量率は、評価方法3)で得た距離1mにおける照射線量率を基準として、前項のFig. 1に示す実験結果を用いて、各距離における照射線量率を算出したものである。

Table 2 各距離における照射線量率

距 離	照射線量率	距 離	照射線量率
15 cm	6.62×10^2 mR/h	70 cm	3.25×10 mR/h
20	3.74×10^2	100	1.61×10
30	1.70×10^2	150	7.16
40	9.74×10	200	4.03
50	6.31×10		

4.4 線源格納、準照射時の漏洩線量率

被照射物のセットに要する時間が長かったり、照射後被照射物を回収するのに要する時間が長かったりした場合、線源が線源格納または準照射の位置にあるとき、照射装置周辺の線量率が高いと、照射線量率が正確であっても、そのために誤差を生じさせる恐れがある。

Fig. 2に示す線量率分布は、線源が線源格納または準照射位置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。

これによると、被照射物のセットまたは回収に要する時間が照射時間と同じであるとして、そのために生ずる誤差は、線源より30cmの距離の位置では0.7%以下、1mの位置では0.2%以下であり、あまり問題とならなかった。

5 あ と が き

この装置は1971年4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Appendix IIに示すような運転マニ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つとめている。

この照射装置完成後、装置の照射特性を調べ、問題になった点は、プラスチック座台による γ 線散乱のために、照射線量率の逆二乗特性が損われたことである。照射装置を設計するとき

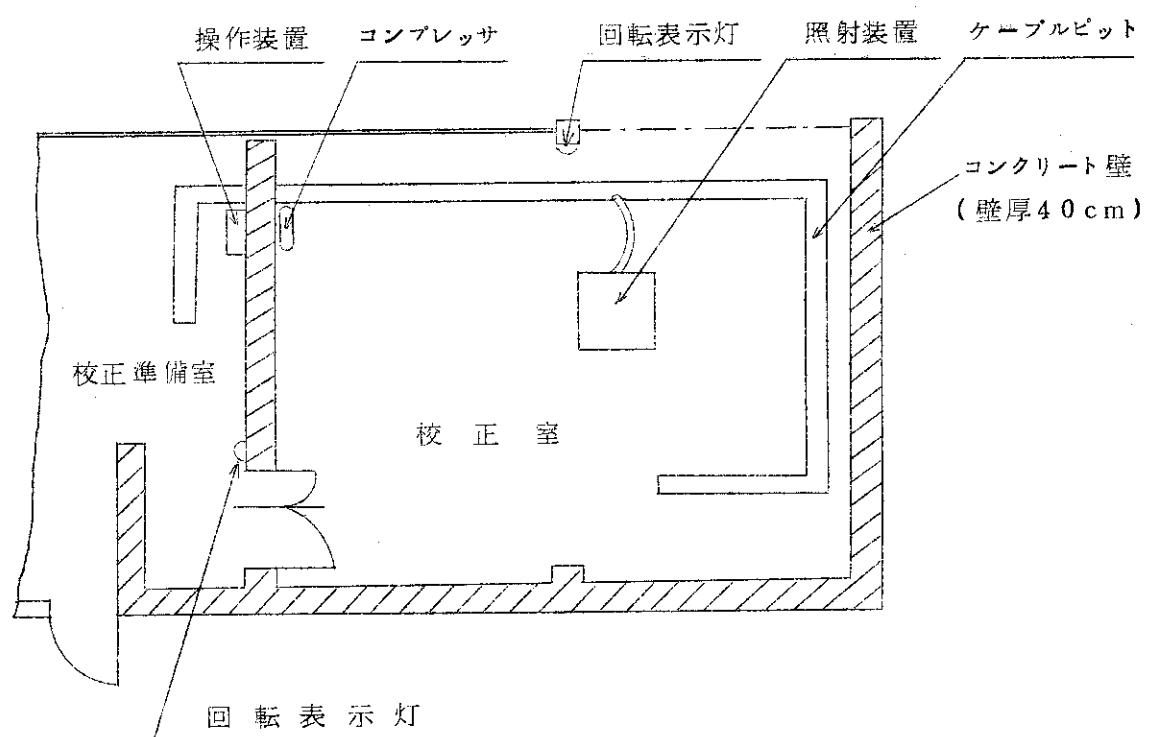
プラスチック座台と線源との距離を十分はなして逆二乗特性を改善すべきであった。プラスチック座台と線源との距離を 7.5 cm とした理由は、ポケットドジメータ、熱螢光線量計およびベルアラームメータ等の測定器を一度に多数照射しやすいように考えたからである。しかしこのような考え方は誤りで、プラスチック座台と線源との距離を十分にはなし、上記測定器の照射のために、照射補助機器の設計に考慮をはらうべきであった。

なお照射中の測定器監視のために I T V の利用も、今後の校正室整備の一環として、設置を考慮している。

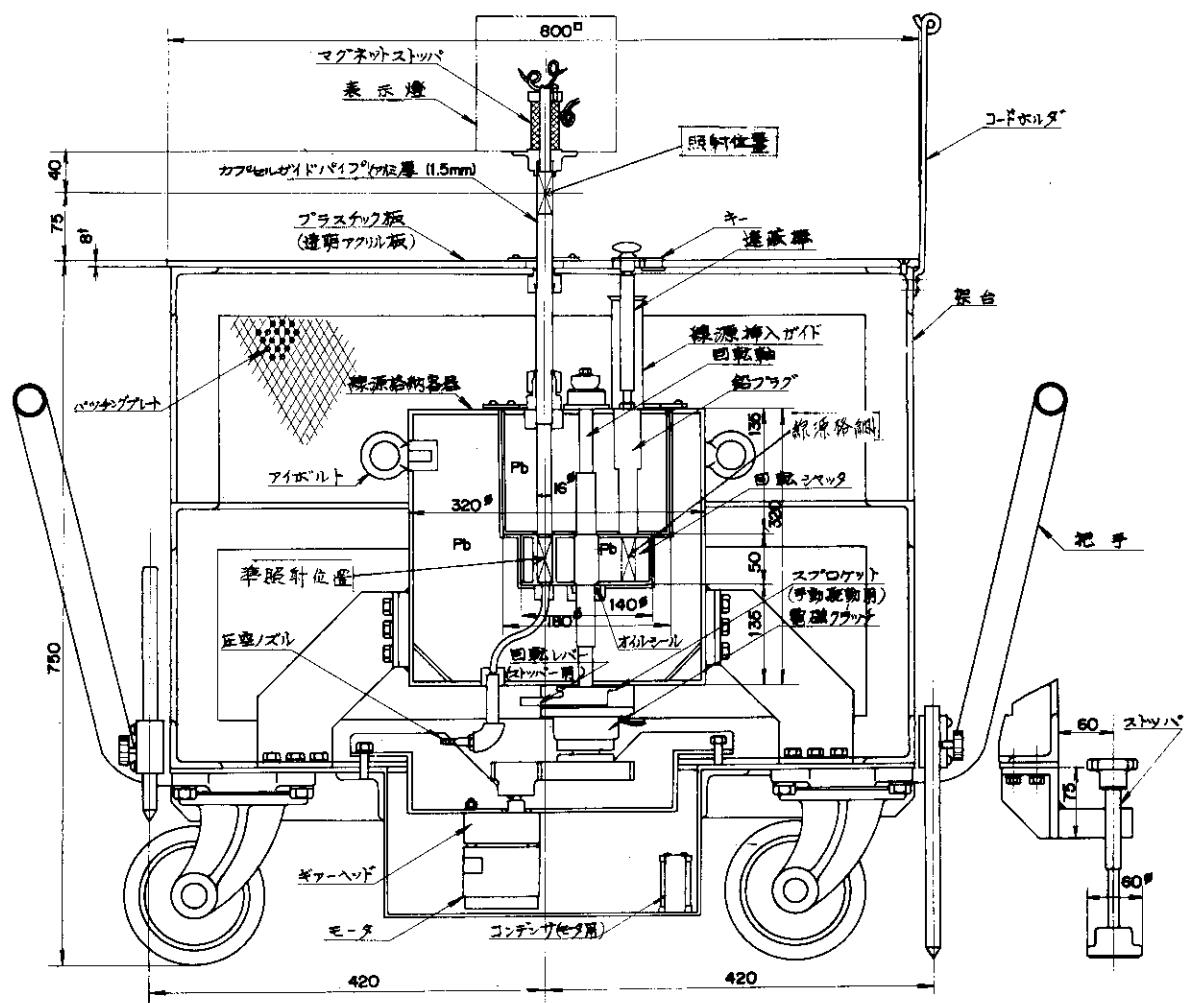
終りに臨み、本装置の設計にあたり御協力をいただいた東海研究所線量計測課計測校正係の各位、動力炉核燃料開発事業団東海事業所安全管理課、中田啓氏に厚く謝意を表するとともにこの装置の製作をおこなったキソーエンジニアリング株式会社に深く感謝する。

参 考 文 献

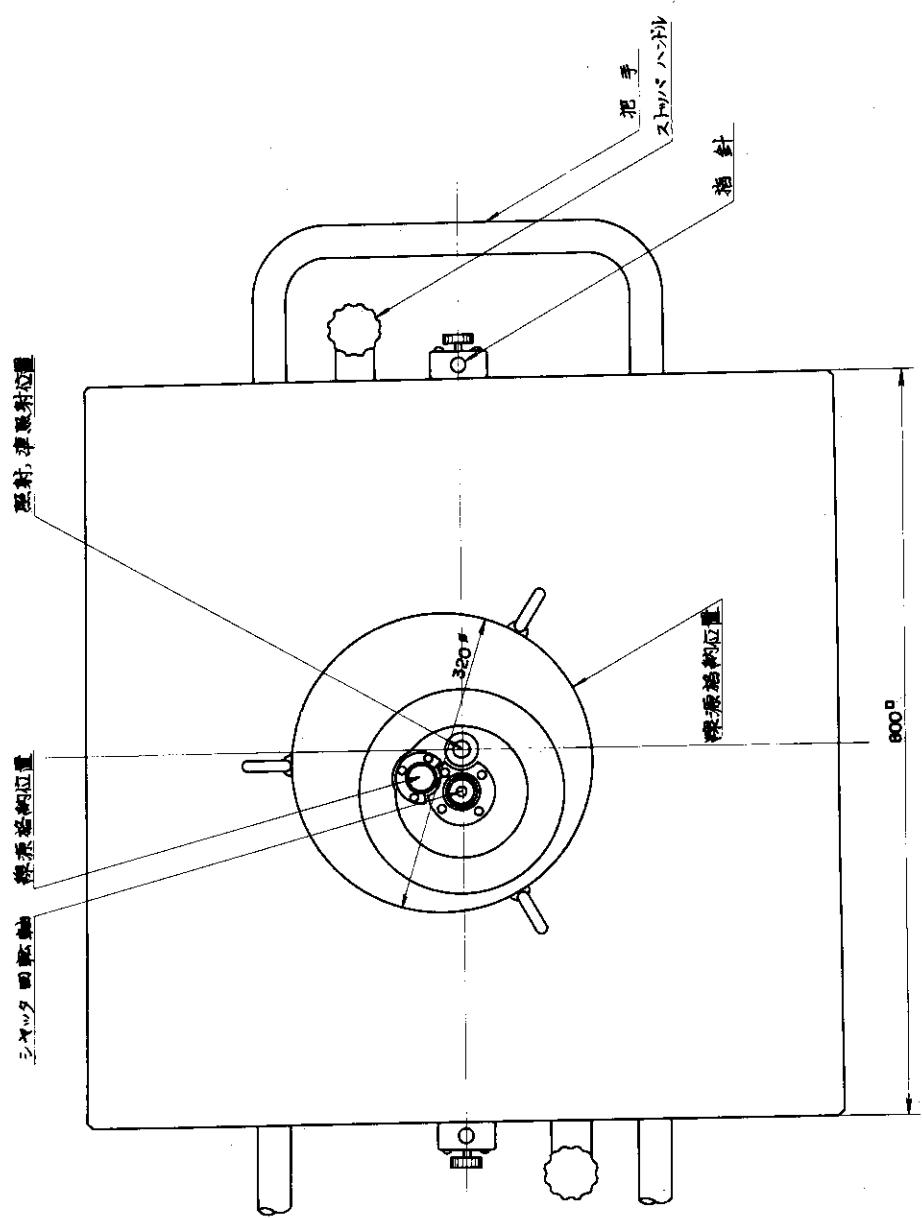
- 1) 平木久雄他：熱けい光線量計（第Ⅲ報），National Technical Report Vol. 18 No. 2 (April-1972)



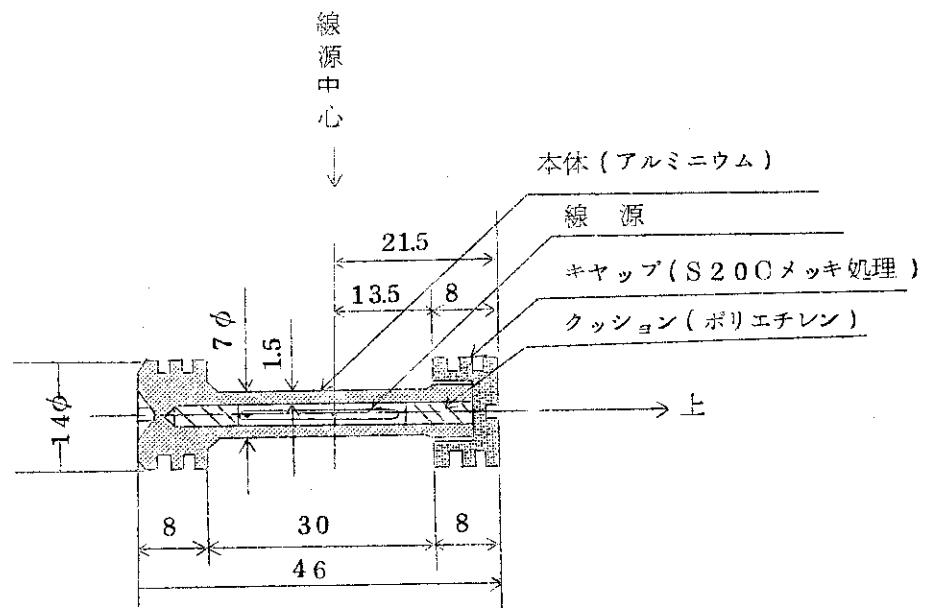
附図1 照射装置各部の配置



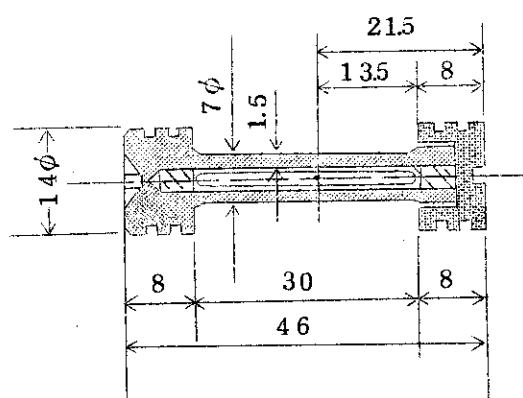
附図2 照射装置立体図



附図3 照射装置平面図

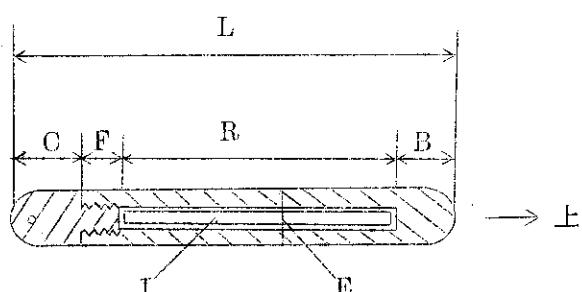


a 白金イリジウム管型式T 2 0型用



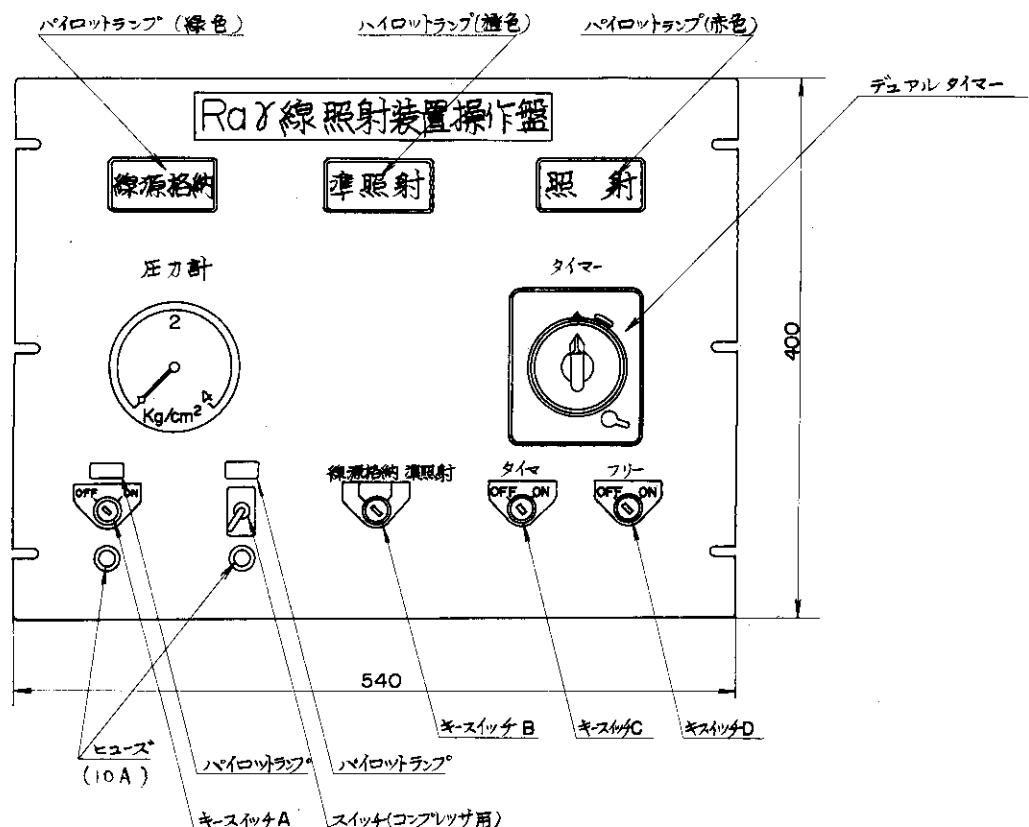
b 白金イリジウム管型式T 5 0型用

附図4 線 源 カ プ セ ル

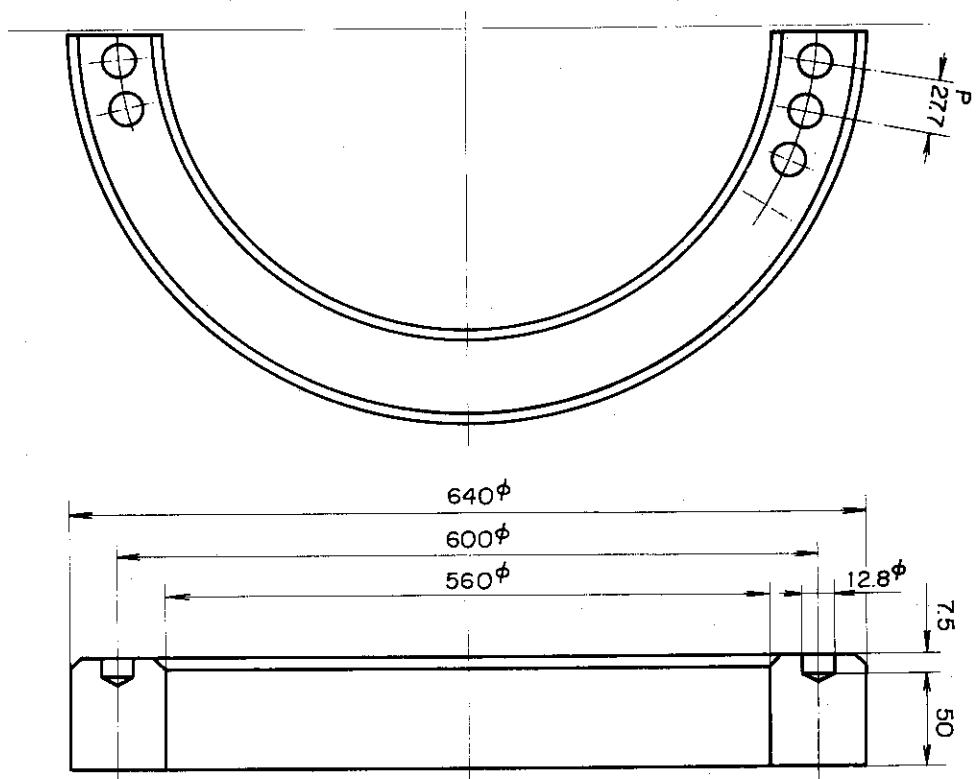


型 式	R_a 容量	L	C	F	R	B	I	E
T 2 0	2 0 mg	2 2 . 5 mm	3 . 0 mm	1 . 5 mm	1 6 . 5 mm	1 . 5 mm	1 . 2 5 mm	3 . 0 5 mm
T 5 0	5 0	3 0 . 0	"	"	2 4 . 0	"	1 . 5	3 . 5

附図 5 白金イリジウム管の構造と寸法



附図6 操作パネル



附図7 ポケット線量計校正用スタンド

Appendix I Ra線源の照射線量率測定

1 概 要

照射装置に挿荷した Ra 線源の特性 γ 線定数 Γ 値 (1 m における照射率) を、電子技術総合研究所で検定してきた Ra 線源の 1 m における照射率を標準にして 1000 cm^3 の球型電離箱を用いて比較測定をおこない、決定した。Ra 線源を照射装置に挿荷すると、装置のプラスチック座台による散乱のために照射線量率が約 4.5% 増加した。また白金イリジウムの全戻過層の厚さが 0.5 mm の線源と 1 mm の線源を利用して、Ra の白金イリジウム管挿荷 mg 数と特性 γ 線定数を求める実験式を求めた。以下に実験方法および結果について述べる。

2 Ra 線源の照射線量率測定と照射装置の散乱線の評価

1000 cm^3 の球型電離箱（タケダ理研製 TR-50）と振動容量電位計（タケダ理研製 TR-84M）を用いて照射線量率測定をおこなった。電離箱の印加電圧は最大測定照射率レベルで飽和電離電流特性を調べ、十分な飽和値が得られる値として 140 V を、電池により印加した。線源の固定はカメラ用三脚を利用し、電離箱および線源は床面より約 85 cm の位置に固定して測定をおこなった。

東海研究所線量計測課が電子技術総合研究所で検定した 5.92 mg Ra 線源（白金イリジウム 0.5 mm 全戻過層）の 1 m における照射線量率は $5.03 \text{ mR/h} \pm 5\%$ であり、この線源を用いて mR/h/mV 値を求めた。第 1 表に検定線源の測定結果を示す。検定線源の mR/h/mV 値を基に第

第 1 表 線量計測課所管の電子技術総合研究所検定 Ra の実測値

Ra mg 数	白金イリジ ウム全戻過 層	検定照射線 量率 $\text{mR/h at } 1 \text{ m}$	測定電圧 (mV)	バックグラ ンド (mV)	真 値 (mV)	mV/mg	mR/h/mV	備 考
5.92	0.5 mm	5.03	367	1.8	3652	61.69	0.013773	東海研で測定

2 表に示す安全管理課所管の各 Ra 線源の距離 1 m における照射線量率を実測により求めた。

照射装置に挿荷した Ra 線源は 19.90 mg であり、この線源の 1 m における照射線量率は 15.8 mR/h であるが、この線源を装置に挿荷するためにアルミニウム材の 1.5 mm 厚さのカプセルを入れるので、カプセルに入れた場合の値を測定すると 15.6 mR/h であった。またこのカプセルを照射装置に挿荷すると、装置のカプセルガイドパイプにより吸収を受ける。カプセルガイドパイプは 1.5 mm 厚さのアルミニウム材である。カプセルをこのカプセルガイドパイプに入れた場合の照射線量率の実測はおこなえなかつたが、アルミニウム材の吸収層が全体で 3 mm 程度で薄いので、吸収関数の $\exp(-\mu t)$ が近似的に $(1 - \mu t)$ で示されると仮定し、1.5 mm のアルミニウム材の吸収を基にガイドパイプにカプセルを入れた場合の値を計算により求めた。この場合の照射線量率は 15.4 mR/h となった（第 3 表参照）。

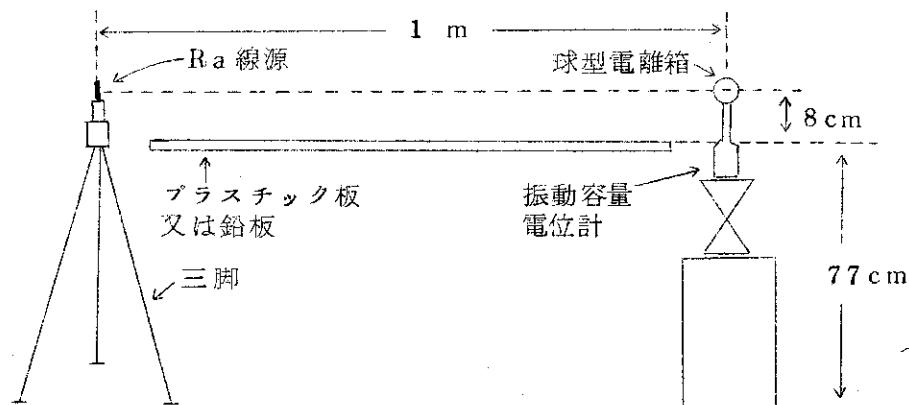
第2表 Ra線源の実測値

Ra mg 数	白金イリジウム全沪過層 μ	測定電圧 (mV)	バックグランド (mV)	真 値 (mV)	mV/mg	平均 値 (mV/mg)	照射線量率 mR/hat1m	備 考
0.49	0.5 mm	32.5	1.7	30.8	62.85	62.3	0.427	大洗研で測定
0.98	0.5 "	62.8	1.7	61.1	62.35	62.3	0.842	"
5.92	0.5 "	36.7	1.8	36.52	61.69	5.03	東海研で測定 (検定線源)	
5.02	1.0 "	29.0	1.7	28.83	57.43	3.971	大洗研で測定	
10.12	1.0 "	58.6	1.7	58.43	57.74	57.61	8.048	"
19.9	1.0 "	114.9	1.7	114.73	57.65		15.802	"

第3表 19.90 mg Ra (白金イリジウム全沪過層 1 mm) のいろいろな測定条件における照射線量率

測 定 条 件	測定電圧 (mV)	バックグランド (mV)	真 値 (mV)	照射線量率 mR/hat1m	備 考
19.9 mg Raのみ	114.9	1.7	114.73	15.8	
19.9 mg Ra + 1.5 mm Al	113.4	1.7	113.23	15.6	1.5 mm AlはAlカプセルの厚さ。
19.9 mg Ra + 3.0 mm Al				15.4	3.0 mm AlはAlカプセルとカプセルガイドの厚さ
照射装置に挿荷	117.0	1.7	116.83	16.1	

装置に実際に Ra線源を挿荷して 1m における照射線量率を測定すると 16.1 mR/h となり、この値は前記の 15.4 mR/h と比較すると、約 4.5% 増加がみとめられた。増加の原因は照射装置のプラスチック座台による γ 線の散乱によるものである。試みに第1図のように線源と電

第1図 γ 線の散乱実験

離箱との間に厚さ 1 cm のプラスチック板を入れると約 4.6% の照射線量率の散乱による増加が観測された。散乱の割合は線源、電離箱が作る水平面とプラスチック板との間隔の関数となる。プラスチック板の代りに 3 mm 厚さの鉛板を入れると約 2% の増加が観測された。鉛板よりもプラスチック板による散乱が多い原因是両材質の電子密度の相違によるもので、鉛板の方がブ

ラスチック板よりも電子密度が低いからである。

3 白金イリジウムカプセルRa線源のRaのmg数と特性 γ 線定数の関数

一般に γ 線の物質による減衰は(1)式のように指数関数で与えられる。

$$D = D_0 \exp(-\mu t) \quad \dots \quad (1)$$

D : γ 線遮蔽物質を t (mm) 通過後の照射線量率 (mR/h)

D_0 ：遮蔽物質がない場合の照射線量率

μ : 吸收係数 (mm^{-1})

Ra線源の白金イリジウムカプセルの厚さは1mm程度で非常に薄いので、(1)式は近似的に(2)式で代表される。

$$D = D_0 \exp(-\mu t)$$

$$\doteq D_0 \left(1 - \mu t + \frac{(\mu t)^2}{2!} - \frac{(\mu t)^3}{3!} + \dots \right)$$

$$\doteq D_0 (1 - \mu t) \quad \dots \quad (2)$$

一方、第2表の第7欄に示す0.5mmの白金イリジウムカプセルのmV/mgの平均値と第1表のmR/h/mVの値より、1mg Raの Γ 値を求めるとき0.858mR/hとなり、また1mmの白金イリジウムカプセルの Γ 値を同様にして求めると0.794mR/hとなる。したがって(2)式にこれらの条件を代入して得られる(3)式を解けば、白金イリジウム管の任意厚さに対するRaの1mg当たりの Γ 値を求める式が得られる。

(3)式を解いて、Raの挿荷量W(mg)倍すれば、Ra線源の1mにおける照射線量率を求める一般的な式が(4)式として示される。

$$D = 0.923 (1 - 0.14 t) W \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (4)$$

以上に述べたように実測値の 0.5 mm 白金イリジウムカプセルの 1 mg Ra 線源の Γ 値は 0.858 mR/h となり、この値は一般に知られている 0.84 mR/h よりも多少高めであった。この原因については 2 つほど考えられ、その一つは、線量換算の標準として利用した電子技術総合研究所の検定 Γ 値が 0.85 mR/h で、0.84 mR/h よりも高い値であったことである。その 2 は測定時における散乱線の影響と、Ra の mg 数や白金イリジウム厚さの精度および測定系の精度等に原因するものである。

一般的に利用されている 0.5 mm 厚さの白金イリジウム管に 1 mg の Ra を挿荷した Ra 線源の Γ 値 0.84 mR/h を正しいと仮定して、第 2 表第 7 棚の 0.5 mm 白金イリジウムグループの mV/mg 平均値と、1 mm 白金イリジウムグループの mV/mg 平均値より、1 mm 白金イリジウム管に 1 mg の Ra を挿荷した線源の Γ 値を求める 0.777 mR/h となる。これらの値を用いて(5)式を組立て、これを解き、(4)式と同様の式を

$$\left. \begin{array}{l} 0.84 = D_0 (1 - 0.5\mu) \\ 0.777 = D_0 (1 - 1\mu) \end{array} \right\} \quad \text{---(5)}$$

求めると(6)式が得られる。

$$D = 0.902 (1 - 0.139 t) W \quad (6)$$

第4表の第3欄に各Ra線源の実測値、第4欄に実測値より導いた(4)式の計算値、第5欄に(6)式の計算値をそれぞれ示す。(4)式、(6)式の計算結果には、あまり大きな差異はない。現在

第4表 Ra線源の1mにおける照射線量率実測値および、計算式値の比較

Ra mg 数	白金イリジウム 全 戸 過 層	実 測 値 mR/h at 1m	(4)式計算値 mR/h at 1m	(6)式計算値 mR/h at 1m	備 考
0.49	0.5 mm	0.43	0.42	0.41	
0.98	0.5 "	0.84	0.84	0.82	
5.92	0.5 "	5.03*	5.08	4.96	* 檢定値
5.02	1.0 "	3.97	3.98	3.89	
10.12	1.0 "	8.05	8.02	7.83	
19.9	1.0 "	15.80	15.80	15.40	

0.5mm白金イリジウム管1mg Ra線源の Γ 値として0.84mR/hが、一般に利用されているので、(6)式を使用してよいであろう。

Appendix II Ra 照射装置運転マニュアル

20mCi Ra 照射装置を使用して校正作業をおこなう場合は、衣服のポケットに Total 6129 型サーベイメータを携帯し、安全を確認しながら作業をおこなうこと。

R_a 照射装置を運転する場合には運転記録書式にしたがって必要な事項をチェックすること。

- 1) 使用者名：R_a 照射装置を使用する人の名前。
- 2) 使用年月日：R_a 照射装置を使用する年月日。
- 3) 使用目的：R_a 照射装置を使用する目的。
- 4) コンプレッサ点検：コンプレッサが正常に動作し、コンプレッサについている圧力計が 4 ~ 5 K_g/cm² を指示するか否か確かめる。
- 5) 圧力計指示点検：操作パネルについている圧力計の指示を読みこれを記録する。約 3 K_g/cm² が正常値である。
- 6) 線源格納位置点検：操作パネルおよび照射装置の線源格納ランプが点灯するか否か確かめる。
- 7) 準照射位置点検：キーを準照射位置に回転させると、操作パネルおよび照射装置の準照射ランプが点灯するか否か確かめる。また、この位置で回転表示灯が動作しているか否か確かめる。
- 8) 回転表示灯点検：校正室および校正準備室の回転表示灯が正常に動作しているか否か確かめる。
- 9) 照射をおこなった場合操作パネルおよび照射装置の照射ランプが点灯するか否か確かめる。
- 10) 汚染チェック：照射装置のランプ廻りの空気ぬき近辺をスミヤして、これを測定し汚染の有無をチェックする。これは一連の校正作業の終りにおこなう。
- 11) 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。
- 12) 鍵保管責任者名：鍵の出納責任者の名前を記入する。

^{226}Ra 照射装置運転記録

JAERI-M 5293

使 用 者 名			
使 用 年 月 日			
使 用 目 的			
コントローラ点検			
圧力計指示点検			
線源格納位置点検			
準照射位置点検			
回転表示灯点検			
照射位置点検			
汚染チラク			
鍵返却年月日			
鍵保管責任者名			
備考			