

論文

コバルト線源の空間線量分布の評価

関口正之^{*1)} 細田永子^{*2)} 杉浦城春^{*2)} 渡辺是彦^{*2)} 牧野 敦^{*2)}Measurement of dose distribution for the irradiation field of ⁶⁰Co gamma sources

Masayuki SEKIGUCHI, Eiko HOSODA, Shiroharu SUGIURA, Yoshihiko WATANABE and Atsushi MAKINO

Abstract An estimation was made of dose distribution of the irradiation field of new-designed ⁶⁰Co gamma ray source, which recycles used sources of medical facilities. Dose distributions in the 2π direction on the surface of the source stand of new and existing sources were compared. The dose distribution of the new source is uniform in comparison with that of the existing one. As the irradiation position is close to the source, the dose distribution in the height direction is greatly influenced by the construction of the source holder. At the range less than 4 cm in the height of the position from 'E' to one nearer the source, a reduction in the dose-level was observed. Furthermore, the difference between the characteristics of dose distribution estimated by Ceric-Cerous dosimeter and Radcon dosimeter was investigated.

Keywords Cobalt-60, Gamma-source, Dose distribution

1. はじめに

ガンマ線照射施設の空間線量分布の評価と線量トレーサビリティの確保は、被照射物への均一な照射と照射の信頼性を維持するうえで重要な要素である。

今回(2001年11月)のコバルト-60線源の全面更新に伴い空間線量分布の測定を実施し、更新前の線源との比較等を行った。対照とした2基のコバルト線源照射装置は、前回1998年3月に線源の更新を行った¹⁾。その際、ホットセルに格納中のペレット状の線源(原子炉で新規製造されたもの)はガンマルームに移し、ホットセルには国内使用済み線源を再加工(リサイクル)した新線源を導入した。今回の線源更新ではホットセル及びガンマルームの棒状線源が共に再加工品となり、新設計による線源が導入された。

2. 実験方法

2.1 照射施設

ホットセル(容量:公称185TBq)及びガンマルーム(容量:公称130TBq)のアルミ製照射テーブル上の照射野について評価を行った。

2.2 線量測定システム

ガンマ線源の空間線量率の測定には、電離箱式線量計である米国ビクトリオン社製500型ラドコン線量計(500-105型プローブ:プローブ容量0.6cc)を使用した。

また、吸収線量の評価はNIST(米国国立標準研究所)の校正用線源とトレーサブルな照射場で校正されたNordion

Inc.製のセリウム線量計(セリウム線量計と略す)を用いた¹⁾。吸収線量は、未照射線量計と照射線量計との電位差を専用測定セルで読み取り、照射素子毎の特性係数及び照射温度、測定温度を補正し計算プログラムにより線量を算出した。照射野の空間線量分布の評価には富士写真フィルム工業(株)製のCTAフィルム線量計(FTR-125:テープ状)を使用し、照射位置を後で吸光度のピークとして確認するため一定間隔でマークを付けた。

照射後、テープ状のCTA線量計は専用線量計リーダー(FDR-01)を用い280nmの吸光度を10mm/sec速度で連続的に測定し、信号電圧を電圧データロガーVR-71(T&D社製)に取り込んだ。次に線量計の厚さ及びプランクを補正して、予め求めた吸光度-線量の校正曲線の関数式から吸収線量を求めた。

2.2 セリウム線量計の線量応答の検討(校正作業)

今回使用の線量計バッチ(H2000)はNordion Inc.で標準照射した線量計(10~35kGy)を当所の測定セルで測定し、測定セルの信頼性をチェックした。また、H2000及び前回校正したバッチのE98を同位置で照射し応答を調べた。なお、照射時の温度は温度データロガーTR-52(T&D社製)で記録した。

2.3 新旧線源の線源特性の評価

旧線源では線源に近接した照射位置における2方向の線量分布にゆがみが認められた¹⁾。その点を確認するため、CTA線量計を円筒状のホットセル線源スタンド表面に巻き付け(巻き付け位置は、照射テーブル上2cmから12cmまで)

*1)放射線応用技術グループ *2)安全管理課

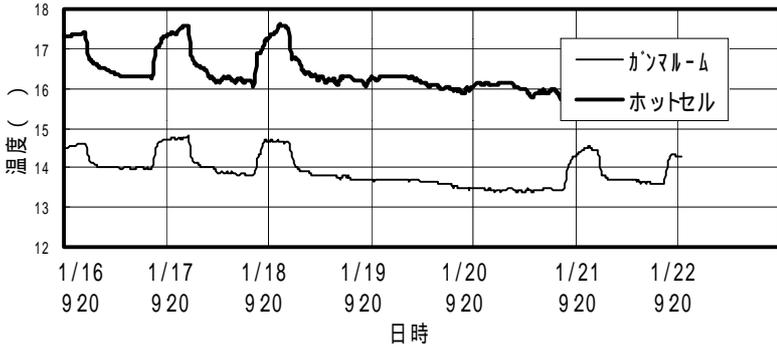


図1. 線源照射野の照射時の温度変化(代表例)

2 方向の線量分布を調べた。また、新線源導入後のホットセル及びガンマルーム照射野の各照射位置(AからU)の照射テーブル上8cmでの線量をセリウム線量計とラドコン線量計で評価した(2002年2月1日時点での値)。

3. 結果

Nordion Inc.で標準照射されたセリウム線量計の読み取り値は15kGyから35kGyの範囲でNordion Inc.の公称値と1.6%以内の誤差に収まり、測定セルの誤差は小さいことがわかった。また、温度データロガーで照射野の温度変化を測定した結果を図1に示す。空調により温度分布に乱れがあるものの温度変化は最大でも±1以内であり、この結果をもとに線量計の温度補正を行った。

次に、バッチ H2000 及び以前に校正した E98¹⁾を8kGyから35kGyの範囲で同時照射して得られた線量値を比較した結果を図2に示す。セリウム線量計の新旧両バッチには次の関係が認められた。

$$H2000 = 0.9738 \times E98 + 0.3429$$

$$R^2 \text{ 値 (決定係数)} : 0.9978$$

[H2000 : バッチ H2000 の線量値(kGy)
E98 : バッチ E98 の線量値(kGy)]

高線量側の35kGyでバッチE98がH2000より最大3.5%高い値を示した。

次に、CTA線量計でホットセル線源スタンド外側表面の各高さにおける2方向の線量分布を調べた結果を線源構造も併せて図3に示す。

棒状線源ホルダー内の⁶⁰Coは新旧いずれの線源も5個の線源カプセルから構成

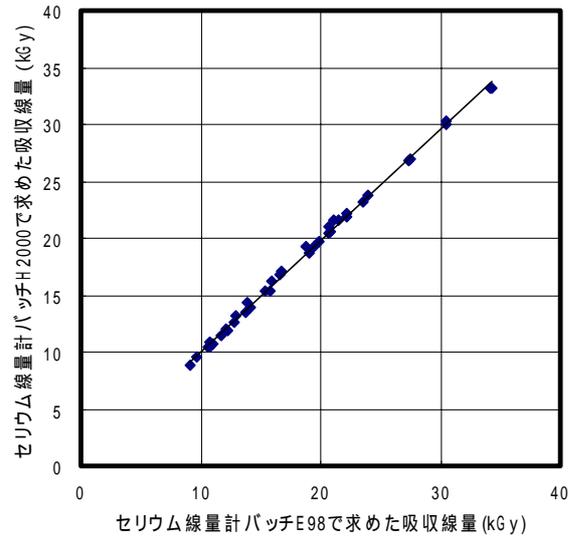


図2. セリウム線量計の新旧の2バッチによる吸収線量の相関

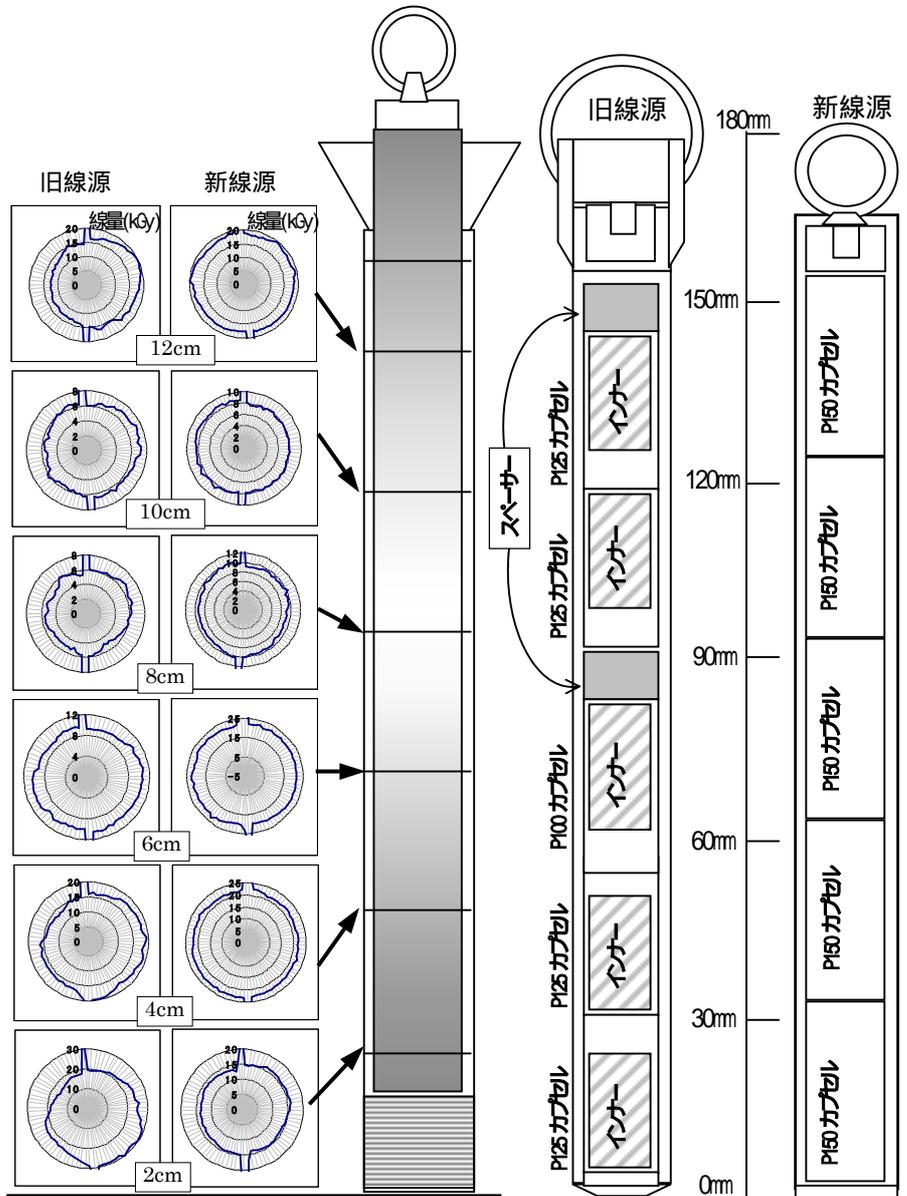


図3 ホットセル線源スタンド表面における2方向の線量分布と線源の構造(中央の図は新線源の線源スタンド、右側の図は旧線源及び新線源の構造を示す)

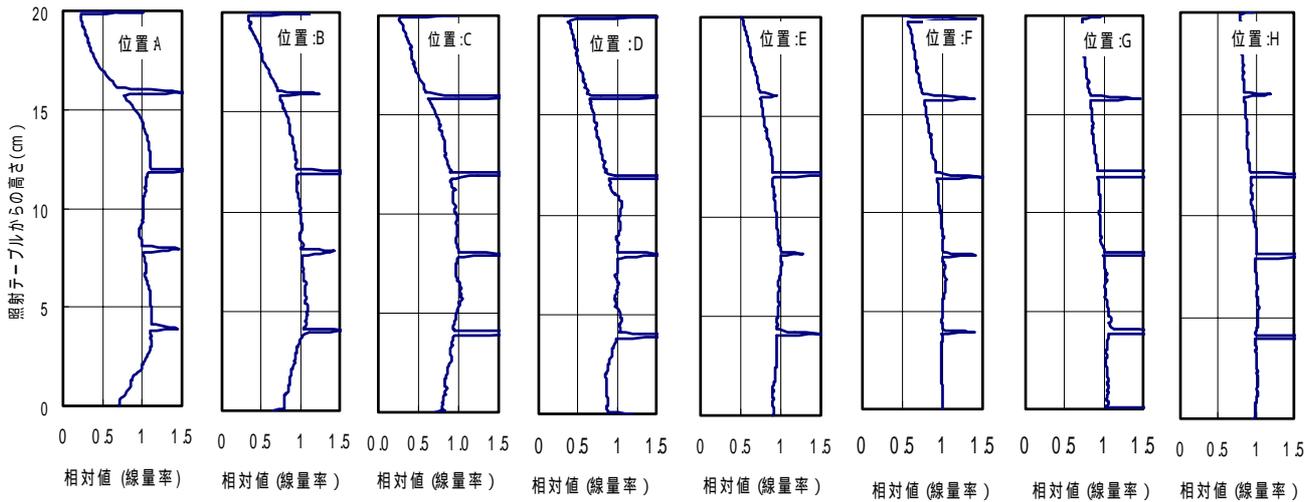


図4 ホットセルAL照射板上各照射位置における垂直方向の線量分布曲線 (CTA フィルム線量計で評価)

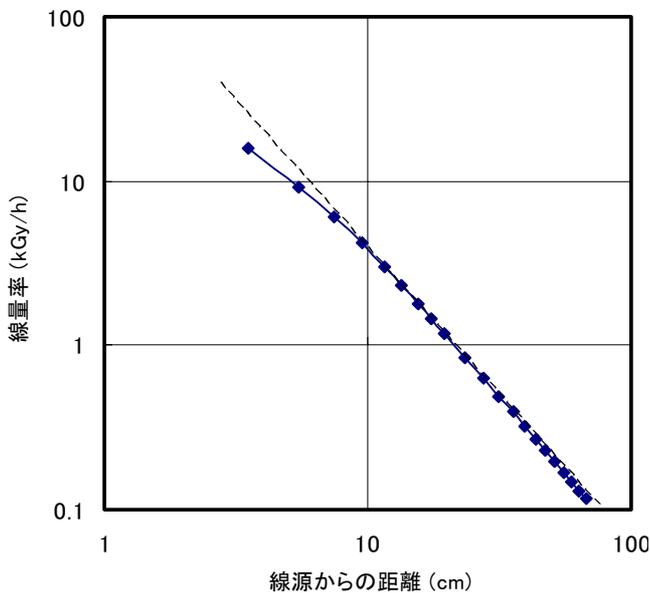


図5 ホットセル各照射位置 (A~U) の線量率変化

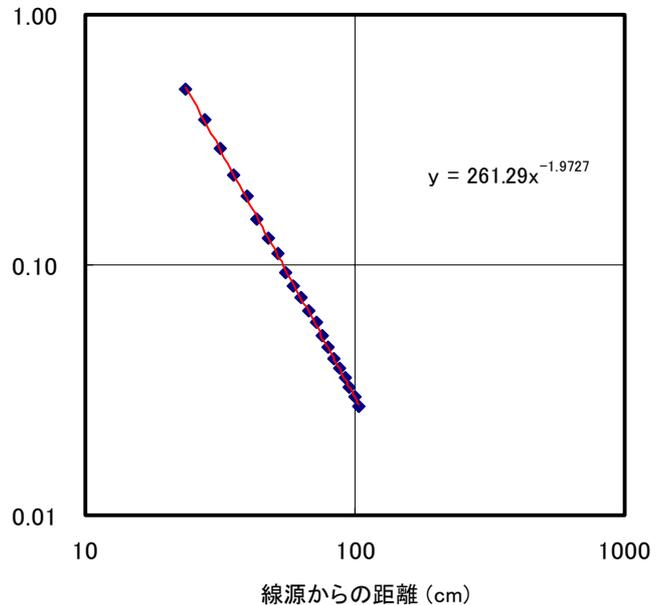


図6 ガンマルーム各照射位置 (A~U) の線量率変化

されているが、使用されている線源カプセルの仕様(サイズ、インナーカプセルの配置、スペーサーの有無等)が異なっている。旧線源が導入された際、各インナーカプセルの⁶⁰Coの容量は、上部から44TBq, 38TBq, 15TBq, 33TBq, 55TBqとなっていた。新線源の場合も同様に45TBq, 32TBq, 15TBq, 35TBq, 50TBqと旧線源と似たような容量に分けて収納されている。

また、ホットセルの線源スタンドの温度は、照射中50程度の高温となっており、部位による温度分布も存在すると考えられる。

CTA線量計で線量測定する場合、線量応答はガンマルームのように照射線量率が小さい照射装置では温度や湿度により影響を受けることが知られており³⁾、厳密な評価にはこれらを補正する必要がある。しかし、線源近傍での線量計の詳細な温度補正は困難なため、ここでは、常温条件で算出し

た線量で2方向の線量分布を示す。
従って、図3で示す線量値は大きな意味を持たないが、同一高さ面での温度はほぼ一定と仮定すると2方向の線量分布の形だけは推定できる。

新線源では旧線源に比べて線量分布の均一性がよくなっている。線源スタンドに棒状の線源ホルダーを配置したときの両者のクリアランスは新線源では直径方向に2mm(線源スタンド内径24mm, 線源ホルダー外径22mm)と旧線源の5.7mm(線源スタンド内径23mm, 線源ホルダー外径17.3mm)に比べ小さく、線源の照射位置の固定精度が寄与していると考えられる。しかし、線源そのものの均一性については検証を行う余地が残されている。

次に、ホットセル(新線源)の各照射位置における垂直方向の線量分布をCTAで評価し、高さ8cmでの線量値を1とした相対値で表した(図4)。線源に近接する照射位置A~E

(3.5~11.5cm)では、照射テーブルから高さ4cm程度までは、わずかに線量率は減少した。照射位置Aでは、線源構造に依存する二つのピークを示す特異的な分布を示した。それ以外の照射位置では、高さ12cm以上では線量率の減少が顕著に現れた。

以上の結果からホットセル及びガンマルームの各照射位置8cmの高さでの吸収線量をセリウム線量計で求めた(図5, 図6)。ガンマルームでは吸収線量と距離が両対数グラフで直線的な関係を保っているが、ホットセルの場合は線源に近づくにつれ線源の特殊な分布の影響により直線的な関係が失われた。

また、両線源についてセリウム線量計とラドコン線量計(照射線量を吸収線量に変換して比較)を用い各照射位置高さ8cmで測定した線量を比較した結果を図7及び図8に示す。いずれの線源の場合もセリウム線量計/ラドコン線量計の線量比(相対値)は低線量率側(A~U)に向かって緩やかに増加した。ホットセルでは照射位置A~Cを除き、D~Uの範囲で、相対値は 1.00 ± 0.05 の範囲内にあり、L位置以降は1.00に近づいた。A~C位置では10%近い違いが現れ、線量評価の困難さが認められた。

ホットセルの場合、線源の近くでは線源ホルダー内の⁶⁰Co線源カプセルの構成による放射能強度の分布や線源ビットの蓋からの散乱線による影響を強く受けることに加え、ラドコン線量計のプロープが2方向について放射線の検出感度に多少の分布を持つこと、線源より5cmより近い位置での感度に関する校正係数が示されていないことなど不確定な要素も関与していると考えられる。

一方、ガンマルームの場合はA~Uの全域で相対値は 1.00 ± 0.05 の範囲に入っていた。

4.まとめ

新設計のガンマ線源照射野の空間線量分布を測定した結果、旧線源に比べ2方向の線量分布は改善されていた。また、各照射位置における高さ方向の線量分布は線源に近いほど線源の構造による影響を強く受けること、また高さ4cm以下の箇所も吸収線量が小さくなる傾向のあることがわかった。さらに、セリウム線量計とラドコン線量計による線量評価における特性も明らかとなった。

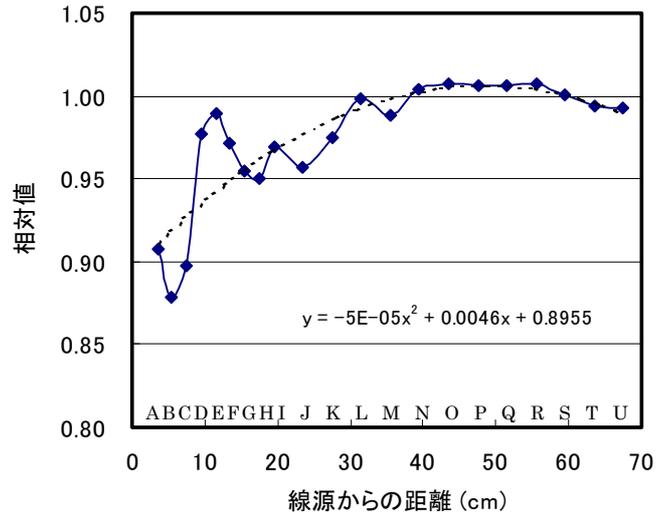


図7 (セリウム線量計/ラドコン線量計)線量比 - ホットセル

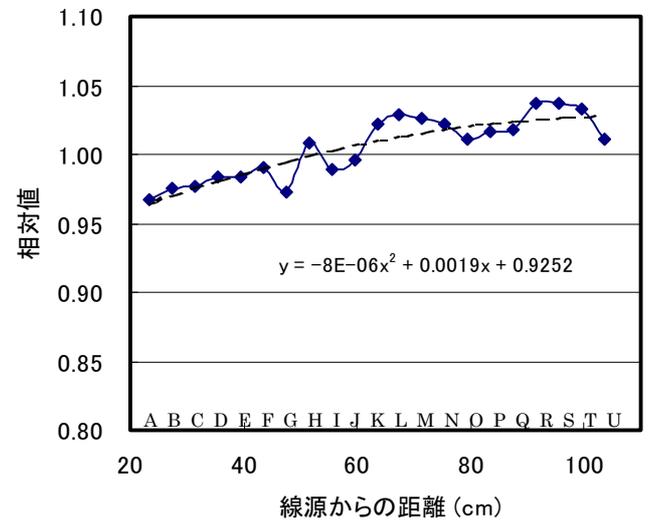


図8 (セリウム線量計/ラドコン線量計)線量比 - ガンマルーム

参考文献

- 1) 関口正之：東京都立産業技術研究所研究報告，2号，122-125 (1999).
- 2) COMP-DOSE User's Manual, IN/OM 0312 CDOSE (6), MDS Nordion(1997).
- 3) 工業照射用の電子線量計測：放射線照射振興協会，大線量測定研究委員会編（平成2年3月）地人書館刊.
- 4) 500型ラドコン線量計取扱説明書，VICTOREEN INC.

(原稿受付 平成14年8月2日)