

環境レベルのガンマ線線量標準について

黒澤 忠弘
Kurosawa Tadahiro

1. 開発の経緯

福島第一原子力発電所の事故以降、様々な線量計が一般に広まることになった。測定している線量率も、数 $\mu\text{Sv/h}$ から $0.1 \mu\text{Sv/h}$ と環境レベルの線量率であり、その測定精度が問題となっている。また線量計の校正についても、実際に測定を行っている環境レベルの線量率に対応することは、バックグラウンドの問題等から非常に困難となっている。当研究グループが所属する産総研・つくば中央地区でも、バックグラウンド線量率が $0.08 \mu\text{Sv/h}$ と以前と比較して増加している。このような環境中でバックグラウンドと同程度の線量率 ($0.1 \mu\text{Sv/h}$ 程度) で校正を行うと、照射時におけるバックグラウンドの変動の影響を大きく受け、校正の不確かさが大きくなってしまふことが想像できる。海外では、岩塩の採掘跡を利用した低バックグラウンド環境下となる地下測定室での校正等が行われている¹⁾が、特殊な環境であり容易に導入することができない。そこで



図1 低線量率校正システムの外観

鉛によって照射場を覆い、バックグラウンドを低減させた低線量率校正システムの開発²⁾を行った。

2. 低線量校正システムの概要

図1に外観の写真を示す。照射エリアは、 $100 \text{ cm} \times 60 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$ となっている。これは線量率測定用に使用予定の、 15 L の空気容量を持つ球形電離箱がその照射野内に入るように設計している。それを覆うように上下、左右、前後に鉛板を配置している。鉛板は、 2 mm 厚でAl板で挟んだものを複数準備しており、最大で鉛厚 3 cm になる。鉛板の採用により、遮蔽厚の評価や外部へ移動可能な構造となっている。

図2に、遮蔽厚を変化させた場合のバックグラウンド線量率の測定値を示す。計測には、(株)日立製作所製のTCS-172を、またスペクトルから線量率を

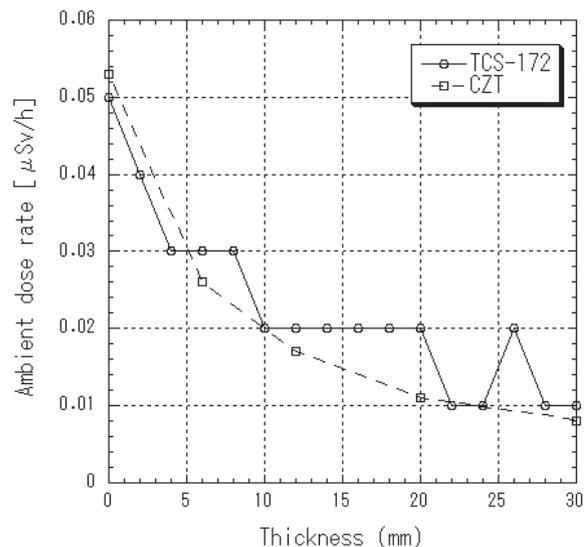


図2 遮蔽壁を変化させた場合のバックグラウンド線量率の変化

求めるためにCdZnTe検出器も用いた。この測定では、側面と上面の鉛厚を変化させて測定しており、底面においては3 mm厚の鉛を固定して設置している。TCS-172の測定値は、表示桁が0.01 $\mu\text{Sv/h}$ のためステップ状となっている。

当研究グループの実験室内のバックグラウンドは約0.09 $\mu\text{Sv/h}$ で、照射容器底に3 mm厚の鉛を引くことによって、約0.05 $\mu\text{Sv/h}$ まで低下させることができた。更に側面、上面の鉛を増加させることによって照射システム内のバックグラウンド線量率は小さくなり、全面を鉛3 mm厚にすることによって、バックグラウンド線量率を0.01 $\mu\text{Sv/h}$ まで低減させることができた。照射システム内では、後方からの散乱線の寄与を考慮して容器内の中心位置を校正位置としている。また鉛からの特性X線を低減させるために内側にはステンレスの内張を行っている。

3. 線量率の決定

照射システム内の線量率は、15 Lの球形の空洞電離箱を用いて評価した。この電離箱は、通常の照射室内で校正を行い、その校正定数を用いて照射システム内の線量率を決定している。ただし、照射システム内は線源から電離箱までの距離が約60 cmと近く、照射野の不均一性を補正する必要がある。この補正係数は、シミュレーション計算によって評価している。補正值としては、 ^{137}Cs 線源に対して0.98となった。線源は、低線量率に特化して校正を行うように表示付認証機器の10 MBq、3.7 MBqの ^{137}Cs 線源を用いている。これによって、管理区域の設定無しで照射システムを利用することができる。しかし本照射システムでは、遮蔽容器の大きさもあり、線源からの距離を大きくすると、容器の後方からの散乱線の寄与が大きくなってしまうため、校正距離をちょうど容器中心となるように固定している。そこで、線源のコリメート出口にステンレスの減弱材を設置して、線量率が異なる場を生成する方法を採用した。

産総研において決定した線量率を表1に示す。減弱材を利用することによって、同一線源で距離を変

表1 各設定における線量率

線源 (MBq)	減弱材 (mm)	線量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
10	0	4.2
10	10	2.3
10	20	1.4
10	30	0.94
10	40	0.61
3.7	0	0.62
3.7	10	0.35

えなくとも、線量率を1桁程度変化させることが可能である。校正時における不確かさは5% ($k=2$)となった。

4. まとめ

10 $\mu\text{Sv/h}$ 以下のような低線量率での校正を行うために、バックグラウンドを低減させた照射システムの開発を行った。本照射システムは、実験室レベルで低線量率の校正を行うことが可能となることから、海外の標準研究所でも導入が検討されている。また校正に関するISO規格でも、1 $\mu\text{Sv/h}$ 以下について適用できる規格が無いため、本照射システムも含めた新規規格の提案も計画している。

線量測定の信頼性確保は、今後更に求められると考える。線量計の校正は、そのために重要な項目の1つであり、本照射システムの利用により多くの線量計が校正されることを期待している。

参考文献

- 1) S. Neumaier, *et al.*, "The PTB underground laboratory for dosimetry and spectrometry", *Applied Radiation and Isotopes*, **53**, 173-178 (2000)
- 2) T. Kurosawa, *et al.*, "Compton Gamma-ray Irradiation System for Low Dose Rate below 1 $\mu\text{Sv/h}$ ", 4th the Asian and Oceanic Congress on Radiation Protection, Kuala Lumpur, Malaysia, May 2014

((国研)産業技術総合研究所 分析計測標準研究部門
放射線標準研究グループ)