

半導体式個人被ばく線量計の線量率特性 ～実在する仕様範囲外の低線量率場における基礎的検証～

弘前大学大学院保健学研究科放射線技術科学領域 ○小山内 暢(Osanai Minoru)
工藤 幸清 對馬 恵 吉野 浩教 細川 洋一郎 齋藤 陽子
弘前大学医学部附属病院医療技術部放射線部門 小原 秀樹

【はじめに】

従来、個人の被ばく線量把握のために、半導体式個人被ばく線量計(以下「個人線量計」という。)が用いられているが、個人線量計には線量率依存性があり、一般的に、X線用では高線量率において顕著であることが知られている。一方で、福島第一原子力発電所の事故後は、ガンマ線用個人線量計が、より多くの場で用いられるようになった。しかし、事故により影響を受けた地域の空間線量率は、例えば、福島県郡山市の場合、おおよそ $0.1 \mu\text{Sv/h}$ (2017年10月現在, 原子力規制委員会公表データ¹⁾)であり、個人線量計の仕様上の測定対象範囲の下限よりも大幅に低い。そのため、仕様範囲外の低線量率場では、個人線量計は正確な個人線量を示していない恐れがある。本研究では、低線量率の場における個人線量計の線量率特性を取得し、指示値の信頼性を予備的に検証することを目的とした。

【方法】

1. 使用機器

セシウム137の密封線源(検定日1981年9月1日;0.96 MBq), ガンマ線用個人線量計(マイドーズミニPDM-122B-SHC, 日立製作所製)及び基準線量計としてNaIシンチレーション式サーベイメータ(TCS-171B, 日立製作所製)を用いた。なお、今回用いた線量計の線量率としての仕様上の測定範囲は、個人線量計が $1 \mu\text{Sv/h}$ から 1Sv/h であり、基準線量計はバックグラウンドから $30 \mu\text{Sv/h}$ である。

2. 低線量率場の再現

線源と線量計の距離を変化させることにより異なる線量率の場($0.11 \mu\text{Sv/h} \sim 4.2 \mu\text{Sv/h}$; 基準線量計による測定値)を再現した。線源と線量計の距離としては $10 \sim 65 \text{cm}$ であり、 5cm 毎合計12点を測定点とした。

3. 線量測定

各測定点で個人線量計と基準線量計に対して正面からガンマ線の照射を行った。個人線量計は検出窓部の表面で、基準線量計は実効中心位置で距離を規定した(Fig.1)。指示値からバックグラウンドを差し引き、校正定数を乗じて測定値とした。個人線量計では、積算値(μSv)を照射時間(h)で除して線量率を求め、NaIによる測定値($\mu\text{Sv/h}$)と比較した。個人線量計での測定は、自由空気中で行い、校正証明書で示されている補正係数 $g=1.1$ を乗じ、オンファントムでの測定値とした。なお、個人線量計への照射時間は、線量率に応じて約1時間～40時間とし、基準線量計への照射では、時定数30秒として2分以上経過後に指示値を読み取った。また、測定回数は各測定点で3回ずつとした。

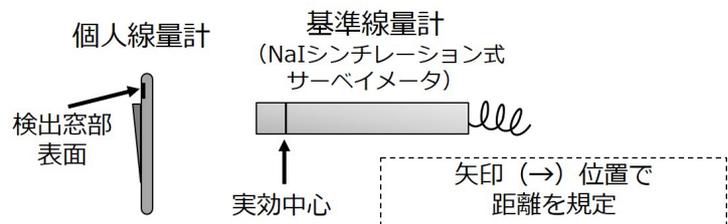


Fig.1 各測定器の距離の規定位置

4. 理論値の算出

線源の放射能とセシウム137の 1cm 線量率定数から、各距離における 1cm 線量当量率(理論値)も求めた。

5. 方向依存性の確認

低線量率の場における個人線量計の方向依存性を確認するため、線源に対する検出器角度 $45, 90, 180$ 度における測定も行った。

【結果及び考察】

個人線量計での実測による値は距離の逆2乗則に従い、低線量率場においても線量に応じた値を示した。また、個人線量計と基準線量計による値は共に理論値と近いことが確認できた。全測定点のうち、線量率が約 $1.0 \mu\text{Sv/h}$ を下回る低線量率の10測定点における実測による線量率と理論値をFig. 2に示す。

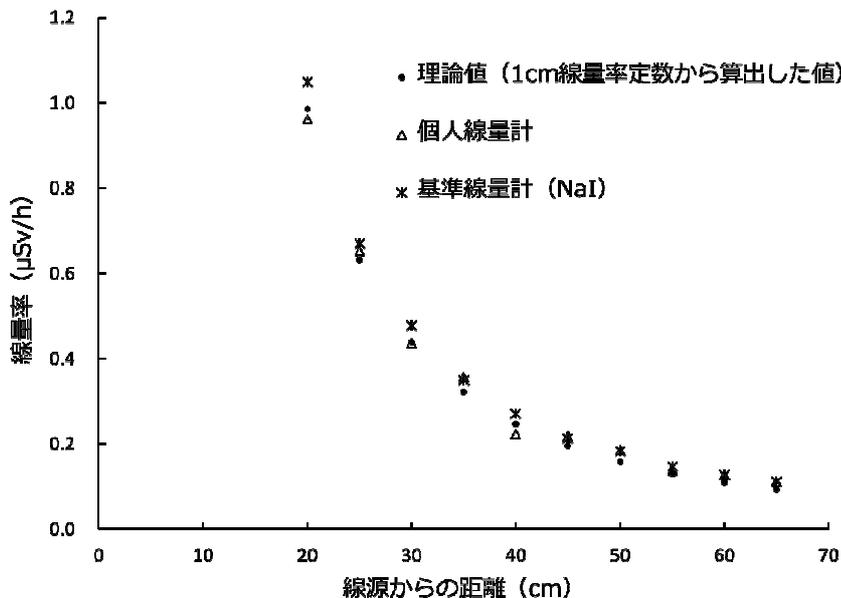


Fig.2 低線量率の測定点における線量率

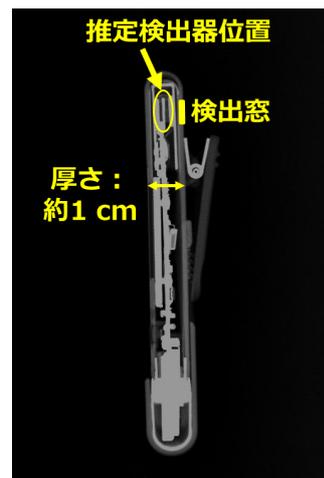


Fig.3 個人線量計の X 線写真 (側面像)

個人線量計による値も理論値と近かった一方で、全12測定点のうち8測定点では、個人線量計による値が基準線量計の測定値よりも小さかった。個人線量計では個人線量当量Hp(10)を測定しており、今回用いた基準線量計では周辺線量当量H*(10)を測定している。定義上の個人線量当量Hp(10)と周辺線量当量H*(10)は、セシウム137のガンマ線(662keV)に対しては同等であり²⁾、今回の結果と矛盾する。さらに、取扱説明書によれば、個人線量計と基準線量計のセシウム137ガンマ線(662 keV)に対するエネルギー特性は、両者共にレスポンスまたは校正定数がおおよそ1であり、今回の結果について補正の必要はないと考えられる。次に、個人線量計の距離を規定した検出窓部表面よりも実際の検出器が深い位置にある可能性があると考え、検出器位置の特定を試みた。個人線量計の検出器の位置や実効中心は明示されていないため、Fig. 3に示すように個人線量計のX線写真を撮影し、検出器の位置を推定した。今回の測定値が+5 mmの距離での値であったと仮定し、距離の逆2乗則に基づいて-5 mm分補正をしたところ、個人線量計による値と基準線量計の測定値はより近くなった。

方向依存性の確認においては、正面照射に対する45度、90度、180度における線量率の比率は、距離が30 cm(線量率0.48 μSv/h)の場合でそれぞれ1.1、1.0、1.0であった。距離が50 cm(線量率0.18 μSv/h)の場合では、同様に、正面照射に対する45度、90度、180度の線量率の比率はそれぞれ0.9、1.0、0.8であった。このように、1 μSv/hを下回る低線量率の領域でも、方向依存性は大きくないことが確認できた。

今後は、福島県内で用いられている複数機種を対象とし、低線量率場における指示値の精度(バラツキ)も確認したい。さらに、多方向からの同時入射の影響や、防護量である実効線量と、実用量である個人線量当量Hp(10)や周辺線量当量H*(10)との関係も検討したい。

【結語】

仕様範囲外の低線量率の場合における個人線量計の特性を検証した。低線量率の場合においても、個人線量計の指示値が大きく低下することなく線量に応じた応答を示すことが確認できた。福島県において住民の帰還が進められていく中、本研究成果は、様々な場で放射線に対する不安を抱えている人々にとっての安心材料として提示できるものと期待される。

【謝辞】

本研究は平成28年度弘前大学若手・新任研究者支援事業の助成を受けたものです。

【参考文献】

- 1) 原子力規制委員会, 放射線モニタリング情報. <http://radioactivity.nsr.go.jp/map/ja/area.html> (参照 2017-10-27)
- 2) 斎藤 公明, 山本 英明. II 放射線防護で用いられる線量の意味と特徴. RADIOISOTOPES 2014; 63(11): 519-530