

電子式個人線量計の校正

○福井 宥平^{A)}、古川 和弥^{A)}、菅田 義英^{B)}

^{A)}大阪大学 産業科学研究所 技術室、^{B)}大阪大学 産業科学研究所 量子ビーム科学研究施設

1.はじめに

令和2年9月11日に放射性同位元素等の規制に関する法律施行規則(以下、「規則」という。)の一部を改正する規則が公布され、昨年10月には放射線障害予防規程に定めるべき事項に関するガイド(測定の信頼性確保関係)の改正に関するパブリックコメントの募集が行われた^[1]。これによれば令和5年10月1日から、測定の信頼性確保として放射線施設に立ち入る者に係る外部被ばく線量の測定の信頼性確保、放射線施設に立ち入る者に係る内部被ばく線量及び施設等の放射線測定に用いる放射線測定器の点検及び校正が求められることになる。前者ではISO/IEC 17025に規定される能力を満たす人又は機関による測定及びそれと同等の品質マネジメントシステムの確立等に係る要求事項を満たす測定が求められるが、弊所で外部被ばく線量を測定するために使用しているガラスバッジ(千代田テクノル)がこれを満たしているため、これまで通り線量測定を委託すれば問題ない。一方、後者は各事業所で「点検及び校正を1年ごとに適切に組み合わせて行うこと」とされ、今後はJISに基づいて校正された機器との感度比較を自施設内で行うことになると予想される。

弊所ではこれまで電子式個人線量計(以下、ポケット線量計。)の個体ごとの感度のばらつきを調べ、より信頼性の高い線量値を得るためのプロトコルの開発を行ってきた。線量の再現性の良い測定方法を確立しておくことは、ポケット線量計だけでなく、サーベイメータの校正においても重要である。

2.校正の種類

今回のガイドの改訂で示された放射線検出器の校正は、計量法に基づく校正事業者登録制度(JCSS)及び日本産業規格(JIS)に基づいて校正施設で実施する物や、自施設で行う較正された放射線測定器として用いる比較校正のほか、以前に実施した較正が現在も有効であることを確認するためのものとしてJIS等々に示される機能確認や、測定の目的や対象に照らし、放射線測定器について必要な精度を確保することが説明できるものが該当する、としている。このことから、事業所にある全ての放射線測定器についてJCSSやJISの規格に基づく校正を実施することまでは求められないと言えるが、その代わり測定の信頼性確保のために比較校正・機能確認を行う必要がある。

3.測定方法

基本的な測定方法は、ポケット線量計と放射線源の距離を変えながら一定の照射時間照射し、照射終了時の測定値を記録する流れである。図1のようにブレッドボードにポケット線量計(ZP-144, Panasonic 製)の寸法に合わせたL字金具をネジで固定し、ポケット線量計の位置の再現性を高めた固定方法をとる。放射線源も金属板で挟み四隅をネジ止めで固定し、これを0.1 mmの精度で距離を調整できるX軸ステージを使用してポケット線量計と放射線源間の距離を変えた。

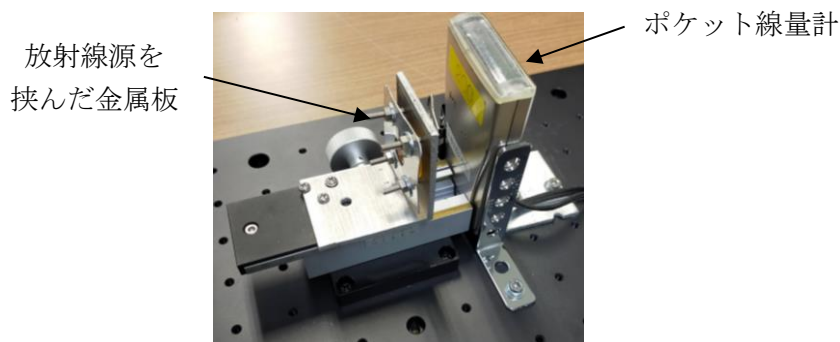


図1 測定方法

まずポケット線量計自体の測定値誤差を評価するための測定を行った。ポケット線量計と放射線源との距離を1.0

cm にして、100 分間連続照射をし、その間 20 分ごとに測定値を記録する。この照射を計 4 回繰り返し、20 分毎の測定値のばらつきを評価した。

次にこの測定体系による誤差を評価するための測定を行った。ポケット線量計と放射線源の距離を 0.5 cm とし、100 μ Sv カウントする時間を記録する。1 回の測定が終わるたびにポケット線量計を取り外し、再びセットし直す。この測定を計 5 回繰り返し、100 μ Sv カウントする時間のばらつきを評価した。

次は、ポケット線量計と放射線源の距離 0.5 cm のときに 100 μ Sv カウントする時間を測り、その時間で他の 4 点 (1.0, 1.5, 2.0, 2.5 cm) の距離でも照射した。

4.測定結果

ポケット線量計自体の測定値誤差を評価する測定では、各 20 分間の測定値の平均値が 53.15 ± 0.99 μ Sv となり、ポケット線量計の指示値が 1 μ Sv 単位のため、標準偏差が約 ± 1 μ Sv であることは許容できる誤差の範囲であると言える。また 100 μ Sv カウントする時間の平均値は 1210 ± 17.65 秒であり、標準偏差を平均値で割った変動係数は 0.0146 である。このことから測定体系による誤差も小さく許容できる範囲であると言える。

次に 5 点の測定点での計測値を次式の形でエクセルのソルバーによるフィッティングを掛け処理をした。その関数形を下記に示す。

$$f(x) = \frac{I_0}{(x - X_0)^2} + Y_0$$

ここで I_0 は照射時間を含んだ感度係数、 X_0 はセッティング誤差と本体内部の検出部の位置の誤差による係数、 Y_0 はバックグラウンドを示し、本測定では照射時間が短いことから $Y_0 = 0$ とみなせる。フィッティングを掛け求めた $f(x)$ と測定値 y の値を同じグラフにしたものを図 2 に示す。図 2 に示した結果は 33 台のうちの 1 台である 204 番を使用した。測定した 33 台全てにおいて、測定値 y に対してフィッティング関数 $f(x)$ の値がほぼ一致しており、また測定値 y も距離の逆二乗則に従った結果を示している。

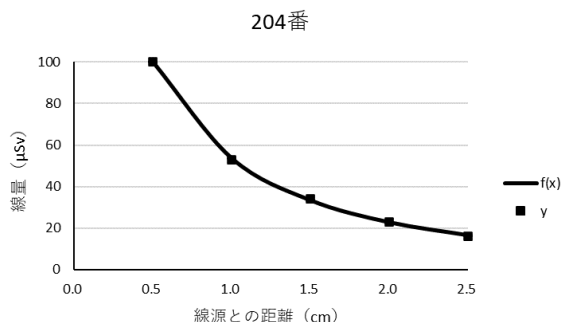


図 2 測定結果の一例

またセッティング誤差と検出器本体内部の検出部の位置の誤差による係数 X_0 に関して、33 台の平均値は -0.87 ± 0.028 cm であり、変動係数は -0.033 となったため、 X_0 のばらつきが小さく測定できていると言える。ここで X_0 が負の値になっているのは、ポケット線量計本体の表面を 0 cm として、放射線源方向が正の値、その反対方向が負の値としているためである。実際の検出部の位置はポケット線量計本体内部に存在しているため、この係数が負の値となる。

照射時間を含んだ感度係数 I_0 を照射時間 t で割れば純粋な感度係数となるため、この計算を行い 33 台分の感度係数 I_0 / t の平均値を求めると、 9.04 ± 0.414 となった。同様に変動係数は 0.046 であり、こちらもまた X_0 と同水準のばらつきの小ささが示された。

5.考察、まとめ

これまでの測定結果より、この測定体系は再現性が高くばらつきの小さい信頼性の高い測定方法であるということが

示された。また、測定値が距離の逆二乗則に従っていることから、少なくともポケット線量計の感度に多少の違いはあっても、故障が疑われるほど動作が異常である物は無いと思われる。今後、この測定体系の精度で比較校正や機能確認に使用できるかを検討していく必要がある。

参考文献

[1]原子力規制委員会「第 3 回放射性同位元素等規制法に係る審査ガイド等の整備に関する意見聴取 資料 1」

<https://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/yuushikisya/RIguide/260000035.html>

(参照日 2022 年 2 月 28 日)