

簡易放射線測定器に 必要な測定知識と使用例

投稿

古田 悦子*, 草間 経二**
Furuta Etsuko Kusama Keiji

東京電力(株)福島第一原子力発電所事故以来、多様な放射線測定器が売られているが、「値が一致しない」「指示値が動かず、正しく動作しているのか不明」などといった声を聞く。その結果、一部の安価な測定器は、“不正確である”といったレッテルを貼られている¹⁾。そこで筆者らは、インターネットもしくは電気店等において比較的容易に入手可能な11種類の簡易型線量計の比較を行った²⁾。本稿では、12種類の簡易放射線測定器の“必要な測定知識と使用例”に重点を置いた。

1. 測定器の特徴

各測定器の外観写真と名称、重量、大きさ、生産国、測定器にとって重要な特徴と推奨する使用例を表1に示した。特徴は、1. 単位、2. 検出器の種類及び基準点(検出器の中央)表示の有無、3. 測定方式とその時間、4. β 線測定の可否(実測結果)、5. 指示誤差、6. エネルギー特性、7. アラーム機能及びその他である。

2. 測定値に対する考え方

簡易放射線測定器の“指示値”に影響する因子として、①計数誤差、②指示誤差、③エネルギー特性の3種類が存在する。

①計数誤差；1回の測定の相対標準偏差(%)は、時定数方式の場合は次式(1)から、測定時間方式の場合は次式(2)から求めることができる。

$$\text{相対標準偏差(\%)} = \frac{100}{\sqrt{2tn}} \quad (1)$$

$$\text{相対標準偏差(\%)} = \frac{100}{\sqrt{tm}} \quad (2)$$

ただし t は測定時間又は時定数(秒)、 n は計数率(計数/秒)とする。時定数方式か測定時間方式かは、記載されていない場合が多いが、多くの市販簡易型測定器は測定時間方式であり、式(2)で計算できる。

測定値が相互に独立といえる間隔で複数回(N 回)読みとった平均値の相対標準偏差は、次式(3)から求めることができる。

$$\text{相対標準偏差(\%)} = \frac{1}{\sqrt{N}} \times (1 \text{ 回読み取りの標準偏差}) \quad (3)$$

例えば、表2に示すNo.9の測定器では、0.4 $\mu\text{Sv/h}$ の場での1回の測定での相対標準偏差は2.2%となるが、10回では0.7%となる。すなわち、1回測定での標準偏差が大きい場合には、測定回数を増やすことで信頼の増した測定値を得られることが分かる。

②指示誤差；測定点における指示値と、基準とする値との百分率であり、 ^{137}Cs の γ 線を照射したときの相対値(%)で示される。カタログで示されている場合が多い。国産のものでは、機器ごとにこの指示誤差の逆数が校正定数として示されているものもある。

③エネルギー特性； ^{137}Cs のレスポンスを1とした場合の各 γ 線のエネルギーでのレスポンス

表1 簡易放射線測定器一覧

No.	外観写真	名称, 重量, 大きさ, 生産国	特徴	推奨使用例
1		CK-3 250 g, 76×135×27 mm 日本	<ol style="list-style-type: none"> 1. cpm (計数率), $\mu\text{Sv/h}$ (線量率) 2. CsI(Tl), 基準点表示なし 3. 30秒ごとの表示更新, 平均値表示, 16回の測定後自動停止 4. β線測定不可能 5. 指示誤差; $\pm 10\%$ 6. 150~1,250 keV (^{137}Cs) 7. 最大9 $\mu\text{Sv/h}$, ラバーカバー付き 	放射線教育
2		Soeks-01M 57 g, 105×43×18 mm ロシア	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\mu\text{Sv/h}$ 2. GM, 基準点はないが⁸, 検出部を目視可能 3. 測定時間20秒以上 4. β線測定不可能 5. 指示誤差; $\pm 10\%$ 6. 表示なし 7. アラームレベル**幅がワイド, カラー表示, 小型軽量 	放射線施設内のアラームメータ
3		PRYPYAT 250 g, 145×73×37 mm ウクライナ	<ol style="list-style-type: none"> 1. cpm, $\mu\text{Sv/h}$ 2. GM 2本, 基準点なし, カバーを外すと金属被覆管有り, 検出器周囲は, 鉛で遮へい 3. β線100分, 10分, γ線200秒, 20秒の切替可能 4. β線測定不可能 5. 指示誤差; $\gamma \pm 20\%$, $\beta \pm 25\%$ 6. 0.05~0.66 MeV; $\pm 25\%$, 0.66~3.0 MeV; $+40\%/-25\%$ 7. アラームレベル**設定不可, on/offのみ 	放射線施設内の線量測定
4		RADEX 90 g, 105×60×26 mm ロシア	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\mu\text{Sv/h}$ 2. GM, 基準点はないが⁸, 検出部を目視可能 3. 測定時間40\pm5秒 4. ^{45}Ca (257 keV) の制動放射線を測定* 5. 表示なし 6. 表示なし 7. アラームレベル**設定3段階 	中~高線量域での場の変化のチェック
5		MD-3A 90 g, 74×50×20 mm 中国	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\mu\text{Sv/h}$ 2. GM, 基準点なし 3. 表示なし 4. β線測定不可能 5. 指示誤差; $\pm 15\%$ (^{137}Cs, 1 mSv/h) 6. 50 keV~1.5 MeV; $\pm 30\%$ (^{137}Cs) 7. アラームレベル**設定不可, on/offのみ, 小型軽量, ベルトなどへの装着可能 	高線量域でのアラームメータ
6		NT-6106 50 g, 160×80×30 mm 中国	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\mu\text{Sv/h}$ 2. GM, 基準点なし 3. 測定時間30秒 4. ^{32}P (1,711 keV) の制動放射線を測定* 5. 15%以下 6. 表示なし 7. アラームレベル**13段階 	中~高線量域での場の変化のチェック

No.	外観写真	名称, 重量, 大きさ, 生産国	特徴	推奨使用例
7		Inspector 327 g, 150×80×30 mm アメリカ	<ol style="list-style-type: none"> 1. cpm, mR/h 2. パンケーキ型 GM, 基準点あり 3. 測定時間 30 秒 4. ^{14}C (156 keV) の β 線が測定可能 5. $\pm 10\%$ (最高でも 15% 以下) 6. 25% (β 線, 1 MeV) 7. アラームレベル**の変更不可 	放射線教育
8		REN-200 250 g, 110×60×38 mm 中国	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\mu\text{Sv/h}$ 2. GM, 基準点なし 3. 測定時間 60 秒 4. ^{32}P (1,711 keV) の制動放射線を測定* 5. $\pm 15\%$ (^{137}Cs, 1 mSv/h) 6. 50 keV~1.5 MeV; $\pm 30\%$ (^{137}Cs, 1 mSv/h) 7. アラームレベル** 3段階 	高線量域でのアラームメータ
9		ATOM-TEX 170 g, 135×70×25 mm ペラルーシ	<ol style="list-style-type: none"> 1. cpm, $\mu\text{Sv/h}$ 2. CsI, 基準点はないが[§], β 線測定用カバーを開けると検出器表面を目視可能 3. 測定時間 300 秒 4. ^{14}C の β 線測定可能 5. $\pm 30\%$ (γ) 6. X; 20 k~3 MeV, β; 155 k~3.5 MeV, γ; 0.03~10 MeV 7. アラームレベル**変更不可, 赤外線通信用ポート有り 	放射線教育
10		Gamma RAE2 312 g, 125×68×35 mm アメリカ	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\mu\text{Sv/h}$ 2. CsI+PIN, 基準点なし 3. 測定時間 1~3,600 秒 4. β 線測定不可能 5. $\pm 20\%$ (^{137}Cs, γ) 6. 表示なし 7. アラームレベル**の変更不可, 防水仕様, 身体への装着可能 	中~高線量域での除染作業
11		Dose RAE2 50 g, 85×55×9.6 mm アメリカ	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\mu\text{Sv/h}$ 2. CsI+PIN, 基準点表示あり 3. 測定時間 30~3,600 秒 4. β 線測定不可能 5. $\pm 30\%$ ($\sim 10 \mu\text{Sv/h}$), $\pm 20\%$ ($10 \mu\sim 10 \text{ Sv/h}$) 6. 表示なし 7. アラームレベル** 2 段階, USB 接続により PC で 1 時間ごとのトレンドグラフ記載可能, 身体への装着可能【個人被ばく線量管理用】 	中~高線量域での場の変化のチェック
12		エアカウンター 110 g, 82×62×34 mm 日本	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\mu\text{Sv/h}$ 2. Si 半導体, 基準点表示あり 3. 計数設定方式 4. β 線測定不可能 5. $\pm 20\%$ ($0.05 \mu\sim 9.99 \text{ Sv/h}$) 6. 表示なし 7. アラーム機能なし, シリコンカバー付き 	低線量域での場の変化のチェック

* 計数が得られ、 β 線を測定したように見えるが、 β 線エネルギーと距離に対する反応が不自然なため、制動放射線を測定している可能性が大きい

** アラームレベルとは、それを超えるとアラームが鳴る値（線量）のことであり、アラームレベルが複数ある場合は、場の放射線量に合わせて選択できる

表2 教育に適した簡易放射線測定器一覧

No.	価格*** (万円)	計数率表示	β線の測定	検出器が 大きい	検出器中央 表示	約 0.4 μSv/h の場での測定例		換算係数 (cpm/μSv/h)
						計測時間 (秒)	相対標準偏差 (%)	
1	9.8	○	×	×	×	120	7.5	174
3	5	○	×	△	△	200	5.2	940
7	10	○	○	○	○	30	11.4	318
9	21	○	○	△	△	300	2.2	382

*** ; インターネット価格, △ ; 検出器中央の表示はないものの, 場所, 大きさが容易に推定可能

スの比で表される。エネルギー特性があることを理解した上で用いる必要がある。

3. 使用例

表1で示した簡易放射線測定器の特徴を踏まえて、有効利用する方法を提案する。

3.1 高線量域

4万円と測定器の中では安価な部類のNo.5は、1 mSv/h の場では±10%の指示誤差をうたっているの、原発事故対応現場などでは有効と考えられる。No.8, 10も同様の使用に適している。

3.2 低～中線量域

場の線量の変化を見る場合には、同一の測定器を用いて同一の手法で定期的に測定を行う。指示誤差とエネルギー特性に係る誤差を含んでいるものの、場の変化を把握することが可能である。このとき、計数誤差を少なくするために、測定回数を増やす。こうした目的のためには、No.2, 4, 6, 11, 12が安価であるが使える。さらに、教育目的以外でβ線が測定できることは、γ線による線量率にβ線の寄与が加算されてしまい、実際の線量率よりも高めに表示することになる。この問題がないという意味では、No.2, 11, 12が優れている。

3.3 教育用

教育用としては“はかるくん”が普及しているが、今回の調査対象の中から、教育に向いていると考えられる測定器の特徴を表2に示し

た。ただし、No.1は、表1特徴-3から教育に適していると判断した。

表2に示したこれらの特徴により、放射線教育に求められる次に挙げる1)～6)の基礎実習が可能であり、放射線の特徴を理解することができる。

1) 放射線の違い；アクリル板やアルミホイル、鉛などを線源と検出器の間に入れ、計数の変化を見る。アクリル板等ではβ線、鉛板ではγ線の減少が観測できる。

2) 放射線の届く範囲；距離の二乗に反比例して計数が減少することから、線源から離れることで被ばく線量が減ることが分かる。

3) 線源を探す；目に見えないよう箱の中などに入れた線源の有無や場所を探す。測定器を早く動かし過ぎると見付けにくいことが分かる。

4) 遮へい体の効果；鉛など、ある1種類の遮へい体の厚さを変え、遮へい体の厚さによる効果の違いを見る。鉛といえども薄ければ完璧な遮へい体にならないことが分かる。

5) 身近な放射線を理解するために、環境中の放射線量を計測し、どのような物に放射能が多く含まれているかを学ぶ。

さらに、多種類の簡易放射線測定器を用意することが可能な場合は、

6) 単位の関係；表2の右欄に示したように測定器が異なると同じ場で測定してもシーベルト単位の表示が違うことから、測定器ごとの換

算係数の存在と、換算係数に影響する計測時間、検出器の種類や大きさを調べ、放射線計測の特徴を学ぶ。

ただし、教育時の線源とは、 β 線源、 γ 線源などの市販チェックソース、昆布などの自然放射線源から作成した線源³⁾、放射性日用品⁴⁾、屋外の核分裂生成物などを指す。

4. まとめ

測定器ごとに特徴があり、測定場の線量の高低等に合わせて測定器を選択すれば、適切な結果を得ることができる。特に誤差に対する考え方を正しく持つ必要があるが、どの測定器も有効に利用することが可能である。安価に多種類

の測定器が入手可能な今、目的に合った使用方法を考えて、放射線教育の充実などに有効利用をしてほしい。

参考文献

- 1) 国民生活センター報道発表, http://www.kokusen.go.jp/news/data/n-20110908_1.html (2011年11月22日 閲覧)
- 2) 古田悦子, 草間経二, *Radioisotopes*, **61**, 185-192 (2012) (掲載予定)
- 3) Kawano, T., *JRSM*, **8**(1), 1-7 (2009)
- 4) 古田悦子, *Isotope News*, **666**, 69-72 (2009)

(*お茶の水女子大学,

**日本アイソトープ協会)