ノート

フィルムバッジの γ 線エネルギー依存性の改善西 健雄^{*1}, 伊藤 精^{*1}, 熊澤 著^{*1}, 沼宮内弼雄^{*1}

(1980年1月23日受理)

Improvement of Energy Dependence of Film Badge for Gamma-Rays

Tatsuo NISHI,^{*1} Masashi ITO,^{*1} Shigeru KUMAZAWA^{*1}
and Takao NUMAKUNAI^{*1}

KEY WORDS : film badge, gamma rays, exposure, energy dependence, filter.

I はじめに

フィルムバッジを用いて γ 線の被曝線量を測定・評価する方法には、次の2つがある。(1) 複数のフィルタを用いて入射エネルギーを推定し、そのエネルギーに対応したフィルムの感度補正係数を用いて線量を評価する¹⁾。(2) フィルムバッジの各フィルタ下のフィルム感度のエネルギー依存性をもとにして、測定対象の全エネルギー域にわたってフィルム感度のエネルギー依存性を平坦になるようにした評価式から線量を評価する²⁾。いずれの方法も、1枚のフィルム中の多数のフィルタの下での濃度を測定しなければならないこと、エネルギー推定の精度およびエネルギー依存性の平坦化が不十分であるため測定誤差が大きくなるなどの欠点がある。これらの欠点を改良するため、錫と鉛の金属板を重ね合わせたフィルタに貫通小穴を等間隔にあげたエネルギー補償型フィルタを用いたバッジケースを試作した。このバッジケースについて種々の特性を調べた結果、低エネルギー域におけるフィルム感度のエネルギー依存性が改善され、さらに1

点の濃度測定によって直接照射線量を求めることが可能となったのでその結果を報告する。

II 実験方法

1. エネルギー補償型フィルタ

フィルムバッジケースには、通常 Cu 板, Al 板, Sn 板, Cd 板のほか Sn 板または Cd 板と Pb 板を2枚重ね合わせたフィルタなど各種金属フィルタが使用される¹⁻⁶⁾。これらのフィルタを用いた場合の γ 線に対するフィルム感度のエネルギー依存性のうち、バッジケースの本体材質であるプラスチック (3 mm) の相対的レスポンス^{*2} R_1 と, Sn (1.6 mm) と Pb (0.4 mm) を2枚重ね合わせたフィルタの相対的レスポンス R_2 を Fig. 1 に示す。

R_1 は 100 keV 以下で急激に増大するのに対して、 R_2 は逆に減少している。したがって、 R_1 の何%かを R_2 に加算することにより、低エネルギー域のエネルギー依存性を平坦化することが可能であることがわかる。その例として、 R_1 の 1/10 および 1/20 を R_2 に加えた相対的レスポンスを、それぞれ F_1 および F_2 として計算した結果を Fig. 1 に示した。 F_1 の最大値は、50 keV で 2.5, F_2 のそれは 70 keV で 1.4 である。

この F_1 および F_2 を実験的に得るため、Sn (1.0 mm) と Pb (0.5 mm) を重ね合わせたフィルタ全面に、直径 1 mm の貫通小穴を 2 mm 等間隔に設けた。このフィルタの 100 mm² 中に貫通小穴の占める面積は 12.6

^{*1} 日本原子力研究所保健物理部; 茨城県那珂郡東海村 (〒319-11)
Division of Health Physics, Japan Atomic Energy Research Institute; Tokai-mura, Nakagun, Ibaraki-ken.

^{*2} ⁶⁰Co の γ 線に対する感度を基準 (1) とした場合の、各エネルギーに対する各フィルタ下のフィルム感度を示す (Eq. ⁶⁰Co- γ R/R)。

Fig. 1 Energy dependence of film responses for γ -rays.

Fig. 2 New film badge case.

mm² である。さらにこのフィルタの内側に 3mm 厚の
 アクリル板を接着しエネルギー補償型フィルタとした。
 バッジケースは、Fig. 2 に示すようにこのフィルタをケ
 ース前後面および全側面にとりつけたものである。

2. 実験方法

2.1 フィルム照射法

使用したフィルムは、富士写真フィルム製の γ 線用フ
 ィルム G-III 型 (Type A) である。照射用線源は、
⁶⁰Co, ²²⁶Ra, ¹³⁷Cs の γ 線源および X 線発生装置である。
 フィルム照射は、床上 1m の位置で線源とフィルム間
 距離 150 cm とし自由空気中でおこなった。

2.2 濃度測定法

Fig. 3 Measuring methods of film density : shadowed area shows the position of film under filter hole.

Fig. 4 Energy dependence of the new film badge case for γ -rays.

濃度測定は富士写真フィルム製 (P-2 型) と東京光電製 (ANA-83 型) を用い、ともに透過濃度で測定した。濃度計のアパーチャ直径は、2, 3 および 5mm ϕ (ANA-83 型のみ) である。

濃度測定方法は、(1) フィルタの貫通小穴下のフィルム位置 (以下貫通小穴と言う) にアパーチャの中心をおく方法 (Method-1)、(2) 貫通小穴と貫通小穴の間にアパーチャの中心をおく方法 (Method-2)、(3) 4つの貫通小穴の間にアパーチャの中心をおく方法 (Method-3) および (4) これらの貫通小穴の位置に関係なくフィルムの任意の点にアパーチャの中心をおく方

法の4種類である。この濃度測定法をアパーチャ 2mm ϕ の場合について Fig. 3 に示す。

III 実験結果と考察

1. γ 線に対するレスポンスのエネルギー依存性

実験の結果得られた相対的レスポンスは、濃度測定法を変えた場合および同一濃度測定法においてアパーチャの直径を変えた場合のいずれについても大きな差はなかった。それゆえ、測定点の位置決めが容易であり、多数のフィルムを測定するルーチン管理に適している Method-4 の実験結果を Table 1 と Fig. 4 に示した。

Table 1 Relative response (Rr) and their standard deviation (σ) for the new film badge case (Method-4).

Aperture (mm ϕ)	Rr and σ	X-rays (kV _{eff}) and γ -ray sources							
		32	42	58	79	107	¹³⁷ Cs	²²⁶ Ra	⁶⁰ Co
2	Rr	1.01	1.19	1.41	1.34	0.96	0.88	0.98	1.00
	σ (%)	19.0	12.3	6.3	7.6	5.5	1.5	1.2	2.4
3	Rr	1.04	1.25	1.39	1.37	0.90	0.87	0.95	1.00
	σ (%)	7.4	9.0	4.3	5.8	2.6	1.3	0.5	1.2
5	Rr	1.05	1.14	1.37	1.32	0.87	0.82	0.89	1.00
	σ (%)	9.6	8.4	4.3	4.2	3.5	1.0	1.2	1.2

Fig. 5 Energy dependence of new film badge, T.L.D and pocket dosimeter for γ -rays.

Table 1 には、相対的レスポンスとその標準偏差を、アパーチャの違い別 (2, 3 および 5 mm ϕ) に示した。相対的レスポンスは、⁶⁰Co の γ 線に対するレスポンスを基準 (1) としてある。

標準偏差は、エネルギーが低い程およびアパーチャ直径が小さい程大きい。また、**Fig. 4** からわかるように、相対的レスポンスのエネルギー依存性は、アパーチャの大きさに関係なくほぼ同一の傾向を示している。

2. 熱ルミネッセンス線量計等との比較

本実験で得られたフィルムバッジのエネルギー依存性について、熱ルミネッセンス線量計のうち γ 線エネルギー依存性が優れている LiF と二種類のポケット線量計の特性との比較結果を **Fig. 5** に示した。図中のエネ

ギー依存性はすべて自由空气中で求めた値である。本実験で得られたエネルギー依存性は、PD-200MR 型ポケット線量計より優れており、LiF とほぼ同様な結果が得られた。

本実験の結果、照射線量は、1 回の濃度測定によって直接求められ、エネルギー依存性も従来の方法より改善されることが明らかになった。これらの実用化については、方向依存性の検討も含め、さらに開発を進める予定である。

本実験にあたり、種々ご協力くださった東海研究所保健物理部、上沢輝夫氏、須賀新一氏および梶本与一氏に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) JIS Z-4502 (1978).
- 2) JIS Z-4503, Z-4509 (1978).
- 3) 中泉正徳他; *Radioisotopes*, **14**, 48 (1965).
- 4) I. MIYANAGA and H. YAMAMOTO; *Health Phys.*, **9**, 677 (1963).
- 5) 宮 永 一 郎 他; 第 5 回アイソトープ会 議 報 文 集 A/d-8, 3-90 (1963).
- 6) JIS Z-4301 (1966), Z-4302 (1971), Z-4323 (1974).