

固体飛跡検出器による中性子線量測定法の開発(Ⅱ)  
末端部モニタリングへの適用

1998年4月

動力炉・核燃料開発事業団  
東海事業所

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒319-11 茨城県那珂郡東海村大字村松4-33

動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所 技術開発推進部・技術管理室

Enquires about copyright and reproduction should be addressed to: Technology Management Section, Tokai Works, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation, 4-33 O-aza-Muramatsu, Tokai-mura, Naka, Ibaraki-ken, 319-11, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation)

## 固体飛跡検出器による中性子線量測定法の開発（Ⅱ）

### － 末端部モニタリングへの適用 －

辻村憲雄<sup>1)</sup>、百瀬琢磨<sup>1)</sup>、篠原邦彦<sup>1)</sup>

#### 要 旨

速中性子用の中性子検出器である固体飛跡検出器を使用した末端部モニタリング用の指リング線量計を試作した。この線量計は、軽量小型であり、0.2mSvまでの中性子線量当量をγ線の影響を受けることなく測定することができる。

さらに、試作した中性子用指リング線量計と末端部モニタリングに現在使用しているγ線用指リング線量計を腕ファントムに装着し、プルトニウム燃料第三開発室のMOX燃料製造工程（粉末調整工程）のグローブボックス内で試験照射を行った。その結果、中性子用指リング線量計から評価した線量当量は、ポート表面でレムカウンターを用いて測定した線量当量と同程度のオーダーであることが確認された。

---

1) 安全管理部安全対策課

目 次

第1章	緒言 .....	1
第2章	中性子用指リング線量計の仕様 .....	2
第3章	ファントム実験 .....	5
3-1	実験方法 .....	5
3-2	実験結果 .....	7
第4章	まとめ .....	9
謝辞	.....	10
参考文献	.....	10
付録	末端部の中性子モニタリングの考え方 .....	11

## 第1章 緒言

固体飛跡検出器は、中性子との反応により荷電粒子を放出するコンバータ（ラジエータとも言う）と放出された荷電粒子を検出するための絶縁性固体とを組み合わせた中性子検出器/線量計である。この中でも、ラジエータとしてポリエチレンを、絶縁性固体としてCR-39（Allyl Diglycol Carbonateの商品名）と呼ばれる特殊プラスチック板を使用した固体飛跡検出器は、高速中性子に対する個人モニタリング用として国内でも幾つかの線量測定サービス機関より供給されている。

動力炉・核燃料開発事業団東海事業所では、昭和60年度から、小泉らがこのポリエチレンとCR-39を組み合わせた固体飛跡検出器に関する特性の調査を開始した。その結果、固体飛跡検出器は高速中性子に対するエネルギー依存性が小さく線量評価精度が優れていることを挙げ、中性子モニタリング用の個人線量計として実用性が高いことを報告している[1]。さらに、固体飛跡検出器は成型加工しやすいので、現在でもプルトニウム燃料工場の一部の放射線業務従事者が着用するTLDバッジのハンガーの中に特注サイズの固体飛跡検出器を組み込み、両線量計による中性子線量当量評価値が一致するかどうかを確認している[2]。

一方、今後の核燃料サイクルの開発計画の一環である高次化プルトニウムの利用が始まった場合、これまで以上に高い中性子被ばくが予想されている。中性子被ばくの低減化対策としてグローブボックスの遮蔽の強化などが考えられるが、グローブボックスの場合こうした遮蔽対策が難しいため、体幹部と比べて手部の中性子被ばく線量が相対的に増加する可能性が高い。

これまで東海事業所のプルトニウム取扱施設では、放射線業務従事者の手部の被ばく管理に $\gamma$ 線用指リング線量計を使用し、 $\gamma$ 線のみを測定してきた。これは、グローブボックス内の $\gamma$ 線の線量当量率は中性子線量当量率に比べて十分に大きく支配的であること、手指部の中性子モニタリングをするのに軽量小型で安価、かつ中性子線量当量を精度良く測定できるような線量計がなかったことが理由であるが、グローブボックス内の中性子と $\gamma$ 線の線量当量比によっては手指部の中性子モニタリングのニーズが出てくる可能性がある。

本報告書では、高次化プルトニウムの本格的な取扱に備えて、固体飛跡検出器を利用した中性子用指リング線量計を試作し、その仕様及びプルトニウム取扱グローブボックス内で試験照射した結果をとりまとめたものである。また、ICRPの勧告などを参考に手指部の中性子モニタリングの考え方を簡単にまとめたので付録に記した。

## 第2章 中性子用指リング線量計の仕様

### (1) 中性子用指リング線量計の構造

製作した中性子用指リング線量計は、長瀬ランダウア株式会社から市販されている固体飛跡検出器（ニュートラックバッジ）、固体飛跡検出器挿入部（ホルダ一部）及びリング部から構成される。ニュートラックバッジの構造[3]を図2-1に、中性子用指リング線量計の外観写真を図2-2に示す。

ニュートラックバッジは、特殊プラスチック（Allyl Diglycol Carbonate）板に厚さ1mmの高密度ポリエチレンフィルムを密着させたものであり、中性子との弾性散乱によって主にポリエチレンフィルムから発生する反跳陽子がプラスチック板に入射して損傷（飛跡）を形成するという原理を用いることによって中性子線を検出する。その損傷（飛跡）を化学処理によって拡大させ、その数を計数することによって中性子線量当量を算定する。これらの一連の作業は全て長瀬ランダウア社側の測定サービスを利用した。その費用は測定1件あたり4,500円である。

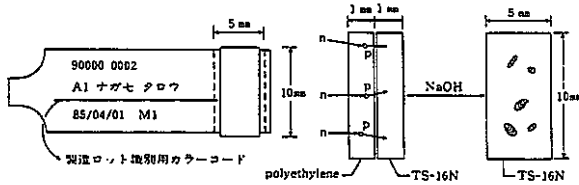


図2-1 ニュートラックバッジの構造[3]

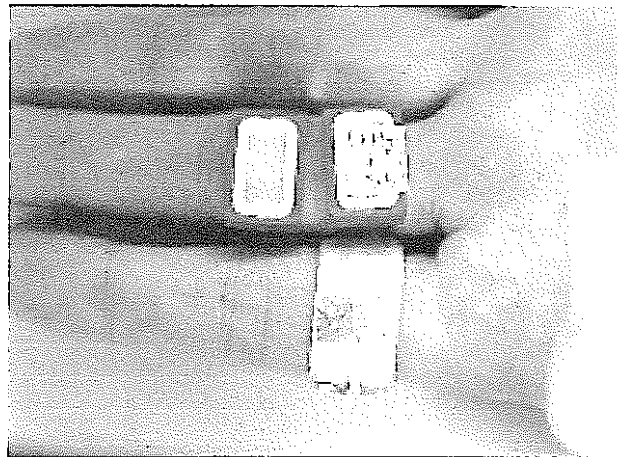


図2-2 中性子用指リング線量計の外観写真（中指の右側が固体飛跡検出器を入れた状態）

表2-1 ニュートラックバッジの仕様（カタログ[3]より）

項目	仕様
測定線質	高速中性子 (50keV~10MeV)
測定範囲	0.2mSv以上
エネルギー依存性	140keV~10MeVで±50%以内
フェーディング	3ヶ月で10%以内
γ線の影響	10 <sup>4</sup> Gy以下で皆無

なお、ニュートラックバッジの詳しい特性については、社内資料「プルトニウム燃料製造施設におけるTLDバッジと固体飛跡検出器の相関関係(PNC ZN8410 95-239)」[2]を参照されたい。

## (2) 末端部に対する中性子線束—線量当量換算係数

中性子線量当量は固体飛跡検出器のエッチピット数(密度)から算定するわけであるが、このとき、中性子による末端部の被ばく線量のモニタリング量として如何なる値を用いるかが問題となる。体幹部に装着する個人線量計については、そのモニタリングの対象量は「1cm線量当量」や「70 $\mu$ m線量当量」、すなわち「ICRU球のある特定の深さの点で定義された線量当量」であるが、これはICRU球からの後方散乱線による線量への寄与を含んだ量であるため、直接線に比べて後方散乱線による寄与がより小さくなるジオメトリーである「末端部」に対してはそのまま利用できない。また、強透過性放射線である中性子についてどの深さの線量当量を基準として採択するかという問題もある。

こうした問題について、Stewartらは指形状を模擬した円柱ファントムと連続モンテカルロコードMCNPを用い、ファントムに対して側面入射の場合の中性子に対する吸収線量の深さ分布、中性子線束当たりの最大線量当量を計算している[4]。線源は、 $^{252}\text{Cf}$ と直径30mmの重水球で覆った $^{252}\text{Cf}$ の2種類であり、単色中性子に対する計算はなされていない。

計算結果を表2-2に示す。

表2-2 指ファントムに対する中性子線束—最大線量当量換算係数計算結果[4]

Phantom	Composition	Source	Conversion Coefficient [pSv/(n/cm <sup>2</sup> )]
Finger -A	PMMA	Bare $^{252}\text{Cf}$	245.9 $\pm$ 0.3 (Max.)
Finger -A	PMMA	Mod. $^{252}\text{Cf}$	67.3 $\pm$ 0.2 (Max.)
Finger -B	Tissue/Bone	Bare $^{252}\text{Cf}$	301.3 $\pm$ 0.3 (Max.)
Finger -B	Tissue/Bone	Mod. $^{252}\text{Cf}$	82.8 $\pm$ 0.2 (Max.)

Finger-A : 直径19mmのPMMA製円柱

Finger-B : 直径15mmの骨に厚さ 2mmの軟組織を被せた円柱

Stewartらによると、最大の線量当量を与える点はファントム表面であり、骨/軟組織で構成されたファントム(Finger-B)の場合、核分裂スペクトル( $^{252}\text{Cf}$ )に対する線束—線量当量換算係数は 301.3 $\pm$ 0.3[pSv/(n/cm<sup>2</sup>)]であるという。ICRU球の場合、同線源に対する線束—1cm線量当量換算係数は 332[pSv/(n/cm<sup>2</sup>)] [2]であるので、同一の中性子場における線量当量の値は体幹部に比べると指体系の方が僅かに小さくなって

いる。この理由は、前述したようにICRU球と指体系の後方散乱特性の違いによるものと考えられる。

### (3) 線量当量評価法

体幹部に比べて手指部が線源に近接するグローブボックス作業の場合、その内部の中性子エネルギー分布はアクリル等の遮蔽がなされたグローブボックス外に比べてより核分裂スペクトルに近い分布であると考えられる。

従って、ここでは中性子用指リング線量計の測定対象とする線量当量を、手指表面の線量当量と考え、さらにグローブボックス内の中性子スペクトルを核分裂スペクトルと仮定することとした。中性子用指リング線量計による末端部の中性子線量当量の評価式を次式に示す。

$$H_{fd} = \frac{T \cdot F_E \cdot F_D \cdot h_{finger}}{K_d(^{252}\text{Cf})} \quad \dots (2-1)$$

- $K_d(^{252}\text{Cf})$  : 面平行入射条件での $^{252}\text{Cf}$ に対する自由空間中の単位フルエンス当りの固体飛跡検出器のエッチピット数 $[(\#/3.363\text{mm}^2)/(\text{n}/\text{cm}^2)]$
- $T$  : 固体飛跡検出器のエッチピット数 $[\#/3.363\text{mm}^2]$
- $F_E$  : エネルギー依存性の補正係数
- $F_D$  : 方向依存性の補正係数
- $h_{finger}$  :  $^{252}\text{Cf}$ に対する単位中性子線束—末端部線量当量換算係数 (Stewartらの計算値  $301 [\text{pSv}/(\text{n}/\text{cm}^2)]$ )

なお、第3章で述べる実験の際には、エネルギー依存性の補正係数として1.0を使用した。この理由は、固体飛跡検出器は核分裂スペクトル近傍ではエネルギー依存性が小さいことが実験的に明らかになっていること[2]、しきいエネルギー未満の中性子による線量当量は全てのエネルギー範囲の中性子による線量当量に比べてごく僅かなことのためである。一方、方向依存性の補正についてであるが、固体飛跡検出器は中性子の入射方向に対してコサイン型の方向依存性を持っているが、体幹部に装着した場合と異なり、手指に装着した場合には背面（中性子用指リング線量計を着用していない側）から入射する中性子に対してもある程度の感度を有すると考えられる。グローブボックス内部の中性子の方向分布は正確に分かっていないため、今回の実験では特別な補正を行わないこととした。

また、面平行入射条件での $^{252}\text{Cf}$ に対する単位中性子線束当りの固体飛跡検出器のエッチピット数は、計測機器校正施設の $^{252}\text{Cf}$ 標準線源を用いて実験的に決定した。その結果、 $25.3 (\pm 8.8\%) [(\#/3.363\text{mm}^2)/(10^6 \text{n}/\text{cm}^2)]$ であった。



### 第3章 ファントム実験

平成7年10月19日と31日の計2回、放射線管理第一課の協力を得て、中性子用指リング線量計のグローブボックス内照射試験を実施した。

#### 3-1 実験方法

人骨入り腕型ファントムに、今回新たに製作した中性子用指リング線量計、放射線業務従事者の末端部モニタリングに現在使用している $\gamma$ 線用指リング線量計（TLD素子UD-110S、アダプターUD-615A）、及び開発途中の自動読取り型指リング線量計（UD-818P、 $\beta/\gamma$ 線兼用）[5]を、それぞれ3個ずつ図3-1に示すように装着した。このとき、人差し指、中指及び薬指にそれぞれの種類が1個ずつ装着するよう配置した。さらにその上にチオックス及び綿手袋を被せた（図3-2）。

$\gamma$ 線用指リング線量計の検出下限は0.2mSvであり、中性子用指リング線量計と同じである。一方、新型指リング線量計の検出下限（厳密には「記録レベル」）は決定されていないが0.5~1.0mSv程度になる見込みである[5]。

線量計の設置場所は、プルトニウム燃料第3開発室の粉末調整室（FP-101）のグローブボックス（粉末混合設備）である。ファントムは、グローブボックスの最下段のポートに、線量計を装着した面（手の平側）を上側にして挿入した。

このとき、ポート表面の中性子線と $\gamma$ 線の線量当量率を、それぞれレムカウンター（Alnor 2202D）、電離箱サーベイメーター（応用技研 AE-133）で測定した。さらに、鉛グローブ内の線量計設置位置の $\gamma$ 線の線量当量率を遠隔 $\gamma$ 線用サーベイメーター（Aloka ICS-R74）で測定した。計2回の実験の際に測定した線量当量率を表3-1、3-2に示す。なお、実験当時は、工程内に滞留したMOX粉の回収作業のため、グローブボックス内に燃料物質が無い状態であり中性子線の線量当量率がやや低い。



図3-1 腕ファントムに指リング線量計を装着した状態

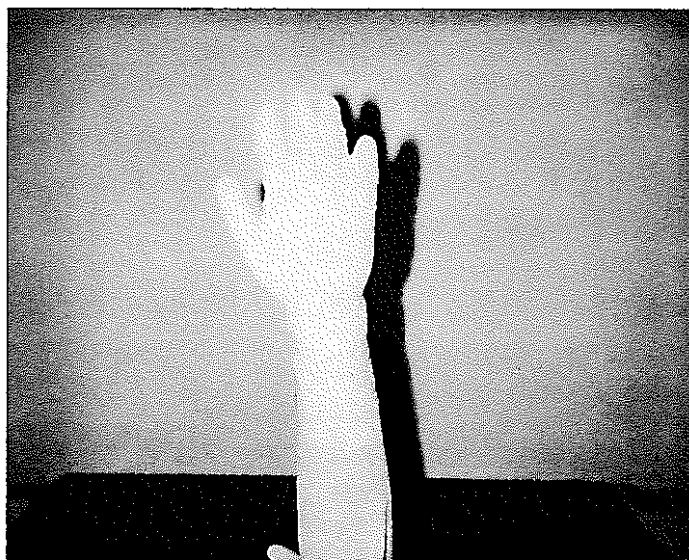


図3-2 指リング線量計を装着した腕ファントムに  
チオックス、綿手袋を被せた状態

表3-1 実験場所及び線量当量率測定結果（第1回）

実験年月日	平成7年10月19日	
実験場所	プルトニウム燃料第3開発室 粉末調整室(FP-101) グローブボックス FPG-01b	
設置時間	11:05~13:46 (2時間41分)	
実験者	井崎、小野瀬 (放射線管理第一課)	
線源	PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub> 粉 (工程内残留粉)	
当該ポート表面 線量当量率	レムカウンター (Alnor 2202D)	n 7 $\mu$ Sv/h (表面)
	電離箱サーベイメータ (OKEN AE-133)	$\gamma$ 500 $\mu$ Sv/h (表面) $\gamma$ 140 $\mu$ Sv/h (表面から30cm)
線量計設置位置 線量当量率	遠隔 $\gamma$ 線用サーベイメータ (Aloka ICS-R74)	$\gamma$ 1.3mSv/h (鉛グローブ内)

表3-2 実験場所及び線量当量率測定結果（第2回）

実験年月日	平成7年10月31日	
実験場所	プルトニウム燃料第3開発室 粉末調整室(FP-101) グローブボックス FPG-01c	
設置時間	18:00~21:00 (3時間)	
実験者	井崎、小野瀬 (放射線管理第一課)	
線源	PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub> 粉 (工程内残留粉)	
当該ポート表面 線量当量率	レムカウンター (Alnor 2202D)	n 6 $\mu$ Sv/h (表面)
	電離箱サーベイメータ (OKEN AE-133)	$\gamma$ 450 $\mu$ Sv/h (表面)
線量計設置位置 線量当量率	遠隔 $\gamma$ 線用サーベイメータ (Aloka ICS-R74)	$\gamma$ 1.6mSv/h (鉛グローブ内)

### 3-2 実験結果

線量計による線量評価結果を表3-3と表3-4に示す。参考までにサーベイメータで測定した線量当量率から、線量計の設置した時間内のポート表面及びグローブ内部での積算線量を計算した結果も同表に示した。

#### (1) 中性子線量当量の評価

中性子用指リング線量計 (固体飛跡検出器) の測定結果はエッチピット数にして数個、検出下限である約10[#/3.363mm<sup>2</sup>]に満たなかったため正確な中性子線量当量の評

価は難しいが、エッチピット数から推定される中性子線量当量は数10 $\mu$ Sv程度であり、レムカウンターを用いてポート表面で測定した結果（約20 $\mu$ Sv）と大きく変わらなかった。

## (2) 中性子と $\gamma$ 線の線量当量比

今回の実験結果からは、末端部における中性子と $\gamma$ 線の線量当量比は、 $\gamma$ 線の線量当量の方が圧倒的に大きいという結果が得られた。ただし、固体飛跡検出器のエッチピット数が少なすぎたためその線量評価精度が良くないこと、さらに線源が滞留粉であるため通常のMOX燃料製造工程の条件とは異なる（ $^{241}\text{Pu}$ の娘核種である $^{241}\text{Am}$ の含有率が大きい）ことなどから、他の全ての工程でも同様な結果が得られるとは言えない。

しかし、表3-3と表3-4に示したように、レムカウンターで測定したポート表面の中性子線量当量率と、遠隔 $\gamma$ 線用サーベイメーターで測定したグローブ内の $\gamma$ 線の線量当量率の関係は、手部における中性子線と $\gamma$ 線の線量当量の関係にオーダー的にかなり近いいため、手部における線量当量比を知る目安として活用できる可能性がある。

表3-3 第1回実験の線量計測定結果（単位はmSv）

	中性子用 指リング	$\gamma$ 線用 指リング	自動読取り 型指リング	サーベイメーターから求めた線量当量		
				中性子(表面)	$\gamma$ 線(表面)	$\gamma$ (内部)
人差し指	0.11	3.31	2.32	-	-	-
中指	0.02	2.43	2.19	-	-	-
薬指	0.02	2.23	2.19	-	-	-
平均値	0.05 $\pm$ 0.05	2.66 $\pm$ 0.57	2.23 $\pm$ 0.08	0.02	1.34	3.50

表3-4 第2回実験の線量計測定結果（単位はmSv）

	中性子用 指リング	$\gamma$ 線用 指リング	自動読取り 型指リング	サーベイメーターから求めた線量当量		
				中性子(表面)	$\gamma$ 線(表面)	$\gamma$ (内部)
人差し指	0.02	6.12*	3.88	-	-	-
中指	0.04	4.15*	3.10	-	-	-
薬指	0.01	2.94*	2.64	-	-	-
平均値	0.02 $\pm$ 0.01	4.40 $\pm$ 1.61	3.21 $\pm$ 0.63	0.02	1.35	4.80

\* 平成7年度に新規購入した線量計であり感度の個体差は $\pm$ 5%程度しかない。着用位置によって線量率にかなりの勾配があることが分かる。

## 第4章 まとめ

速中性子用の中性子線量計である固体飛跡検出器を使用した末端部モニタリング用の指リング線量計を試作した。この線量計は、軽量小型であり、0.2mSvまでの中性子線量当量を $\gamma$ 線の影響を受けることなく測定することができる。

さらに、試作した中性子用指リング線量計と末端部モニタリングに現在使用している $\gamma$ 線用指リング線量計を腕ファントムに装着し、プルトニウム燃料第三開発室のMOX燃料製造工程（粉末調整工程）のグローブボックス内で試験照射を行った。実験当時のグローブボックス内の中性子線量当量率がやや低かったため、検出下限値である0.2mSvを超える評価値は得られなかったが、ポート表面でレムカウンターを用いて測定した値と同じオーダーであることが推測された。

また、今後の課題として、より中性子線量当量率の高いグローブボックスでの試験照射を再度実施し、中性子用指リング線量計を用いて測定したグローブ内での中性子線量当量値と、ポート表面の中性子線量当量値の関係及びポート内外の $\gamma$ 線の線量当量率との関係をより明かなものにしていく必要がある。また、グローブ内の中性子線と $\gamma$ 線の線量当量比や両者を合計した線量当量率のレベルといった作業環境の情報や、二種類の指リング線量計を着用させることに伴う作業の負担、中性子モニタリングによって得られる結果がモニタリングプログラムの中でどのような意味を持つか、などを総合的に考慮して、どのような条件下で末端部の中性子モニタリングが必要なのかを決定していく必要がある。このうち、中性子線と $\gamma$ 線の線量当量比については、レムカウンターを用いて測定したポート表面の線量当量率と遠隔 $\gamma$ 線用サーベイメータなどを用いて測定したグローブ内の $\gamma$ 線の線量当量率の比が目安的な値になると考えられる。

## 謝辞

プルトニウム燃料第三開発室で実施した実験において安全管理部放射線管理第一課の井崎賢二研究員、小野瀬明（現在、核燃料コンバージョン株式会社）の両氏に、中性子用指リング線量計ホルダーの製作において松下産業機器株式会社の空増昇氏に協力を得た。深く感謝する。

## 参考文献

- [1] 大和愛司、小泉勝三、宮部賢次郎、井上誠、野村幸広  
「固体飛跡検出器による中性子線量測定法の開発（I） — 速中性子個人被曝モニタリングへ利用するための調査及び特性確認試験結果 —」  
PNC SN8410 86-12、1986
- [2] 辻村憲雄、有澤潤、百瀬琢磨、篠原邦彦、野村保  
「プルトニウム燃料製造施設におけるTLDバッジと固体飛跡検出器の相関関係」  
PNC ZN8410 96-XXX、1996
- [3] 「ニュートラックバッジサービス技術案内資料」  
長瀬ランダウア株式会社、1987
- [4] R.D.Stewart, J.C.McDonald, J.E.Tanner and R.Harty  
"Calculation of Neutron Fluence-to-Dose Conversion Factors for Extremities"  
Radiat.Prot.Dosim., 42, 4, 279-286, 1992
- [5] 辻村憲雄、榎山寿子、江尻明、有澤潤、二之宮和重、野村保  
「自動読取り式TLD指リング線量計の開発」  
平成5年度安全管理部研究開発成果報告書、PNC PN8410 94-141、1994

## 付録 末端部の中性子モニタリングの考え方

ICRPは、その Publication 12の 81-82項で「中性子に関するモニタリング」について次のように述べている。

「個人の中性子モニタリングは74項の例A注<sup>1)</sup>に属する作業者に対してのみ、そしてまたありそうな中性子線線量当量が $\gamma$ 線線量当量に比べてかなりの割合、たとえば1/3以上であるときにのみ、必要である。」

上記の内容に類する勧告はその後なされていないが、体幹部用の個人線量計の性能に関する米国の規格であるANSI N13.11-1982“Personnel Dosimetry Performance - Criteria for Testing”では、ICRP Publication 12の勧告に基づき、性能検定のカテゴリーの一つである中性子線と $\gamma$ 線の混在照射条件では、中性子線の線量当量と $\gamma$ 線の線量当量の比を1:3と定めている。ANSI N13.11-1982は1993年に改訂されたが中性子線と $\gamma$ 線の混在照射の条件に変更はない。

また、末端部用線量計の性能に関する米国の最新の規格であるHPS N13.32-1996“Performance Testing of Extremity Dosimeters”では、中性子線は線量計の性能の検定カテゴリーには含まれていない。その経緯として次のように説明している。

「末端部の中性子被ばくは特別の問題である。NCRPの勧告で特定されている現在の中性子線束一線量当量換算係数は、直径30cmの円筒型（体幹部）ファントム中における最大値を与える線量注<sup>2)</sup>である。これらの値は、水素原子の吸収によって放出される $\gamma$ 線による寄与だけでなく、中性子の相互作用による二次荷電粒子の寄与が含まれている。円筒型ファントムモデルによるこれらのデータは末端部には適用できない。そのため、中生子に対する試験カテゴリーはこの規格には含めていない。将来、この規格が改訂される時、あるいは線束一線量当量換算係数が確立したときこの問題は再吟味されるべきである。」

ただし、前述の改訂されたANSI N13.11で、中生子モニタリングの必要となる目安として「中生子線の線量当量が $\gamma$ 線の線量当量に対して1/3以上」という点を依然として継承していることを考えると、HPS N13.32-1996が将来的に改訂された場合も同じ条件が適用されると予想される。

ICRPが、その勧告の中で中生子モニタリングが必要とされる条件を定めた背景には、当時の中生子線量計の測定精度上の問題、すなわち $\gamma$ 線の線量当量の方が支配的な場では中生子線量当量を精度良く測定できず、測定したとしても何ら意味もなかった、ということがあると考えられる。高速中生子用フィルム線量計については、近年、品質管理技術の高度化等により中生子線量評価精度が当時に比べて向上しているが抜本的な問題の解決に至っているわけではなく、またTLDの場合はアルベド法を適用できない末端部については中生子の測定は不可能である。技術的には、現時点では唯一、固体飛跡検出器のみが末端部の中生子モニタリングに適用可能な線量計であり、末端部

の $\gamma$ 線モニタリング用のTLDなどと併用して着用すれば混在場での分離精度という問題は生じない。ただし、末端部の中性子モニタリングを行うことに必然性があるかどうか、合理的な説明ができるかどうかという問題が依然として残っている。複数の種類の線量計の取扱や着用に伴う負担の増加やモニタリングコストの増加に比べて、確率的影響ではなく確定的影響のみを着目すべき末端部についての中性子モニタリングの結果が、作業環境や作業内容の改善に何ら寄与することがないのであれば、末端部の中性子モニタリングを行うという行為の必然性は小さい。最終的には最適化問題に帰結する。

---

注1) 完全にインターロックされた遮蔽内には収納されていない、かなり大きい放射線源を扱う作業（受ける線量が最大許容線量の 3/10を超えるおそれのあるような状況下に該当）

注2) ICRP Publication 21（データ集）の係数であり、国内で使用される 1cm線量当量とは定義が異なる。