



軽量形中性子線量当量率サーベイメータの開発

辻村 憲雄 吉田 忠義 山野 俊也* 松原 昌平*

東海事業所 放射線安全部
*アロカ株式会社

Development of Portable Neutron Ambient Dose Equivalent Rate Meter Using Two Li-Glass Scintillators Embedded in Stacked Polyethylene Cylinders

Norio TSUJIMURA Tadayoshi YOSHIDA Toshiya YAMANO* Shohei MATSUBARA*

Radiation Protection Division, Tokai Works
* Aloka Co.,Ltd.

現在一般に使用されている中性子線量当量率サーベイメータは厚さ10cm程度のポリエチレン減速材の中心付近に³He比例計数管などの熱中性子検出器を配置したものであり、質量が約7～10kgと携帯性に欠けるという課題があった。そこで、必要最小限の大きさを持つポリエチレン減速材内部の2カ所に熱中性子検出器を配置し、両検出器の信号比から入射する中性子のエネルギーを推定し、線量率を算出する方式の中性子線量当量率サーベイメータを開発した。

The authors developed the portable neutron ambient dose equivalent rate meter. This meter consists of two polyethylene cylinders with a Li-glass scintillation detector at the center of each. The ratio of the two cylinder count rates defines a 'spectral index' applicable to the energy distribution of the incident neutrons.

キーワード

中性子，周辺線量当量（1cm線量当量），サーベイメータ

Neutron, Ambient Dose Equivalent, Survey Meter

1. はじめに

現在使用されている中性子線量当量率サーベイメータ（レムカウンタ）は約7～10kgの質量があるため、移動可能型（transportable）ではあるが携帯型（portable）とは言い難い。そこで、こうしたレムカウンタによる放射線管理を支援する目的で、質量約2～3kgを目標に携帯性に優れた軽量な中性子サーベイメータの開発を進めている¹⁾。

2. 設計

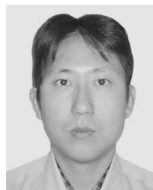
設計では「軽量化」に主眼をおき、レムカウン

タのように熱中性子から10数MeVのエネルギーにわたってICRP Publication 74²⁾の中性子フルエンス - 周辺線量当量（1cm線量当量）換算係数にほぼ合致するような応答特性を持たせるのではなく、エネルギー特性の異なる複数の検出器の信号比からエネルギー情報を推定し、それに対応した計数率から線量当量率への換算係数を算出する方法を用いる。このため、減速材の形状と寸法、熱中性子検出器の配置を少しずつ変えながら、エネルギー特性、方向特性及びエネルギー分析能力の観点で最適と思われる減速材の形状、寸法及び



辻村 憲雄

線量計測課 標準・校正チーム所属
チームリーダー、副主任研究員
放射線測定器等の校正に用いる放射線（能）標準の整備、開発業務に従事



吉田 忠義

線量計測課 標準・校正チーム所属
副主任研究員
放射線測定器等の校正に用いる放射線（能）標準の整備、開発業務に従事



山野 俊也

計測システム技術開発課 一課主事
放射線検出器の開発に従事



松原 昌平

計測システム技術部長
放射線検出器及び計測システムの開発に従事

熱中性子検出器の配置をモンテカルロ輸送計算コードMCNP 4B³⁾を用いて計算し、その結果をもとに10cmφ×7.5cmと3.8cmφ×3.5cmの高密度ポリエチレン円柱を二段重ねにし、その中心軸上に2個のLiガラスシンチレータ(GS)を配置する構造を取った。試作器の外観を図1に示す。減速材、GS、ライトガイド及び光電子増倍管を含めた現時点での質量は約1kgである。

3. 試作機の特性格評価

試作した本サーベイメータについて、モンテカルロ計算によって得られたGS(小円柱側の表層部検出器及び大円柱側の深部検出器)の0°(正面)、45°及び90°入射条件でのエネルギー特性と両検出器の信号比を図2に示す。また、連続スペクトルを持つ中性子についても同様の計算を行い、両検出器の計数比から換算係数を求める換算関数(図3)を決定した。図中に実線で示した換算関数は、核分裂スペクトルを始点に主として水素含有物からなる遮へい体によって減速され、熱中性子化が徐々に進行していく中性子スペクトルを想定したものである。本サーベイメータでは、表層部と深部の2個のLiガラスシンチレータの計数(率)比から、測定の対象とする中性子のエネルギー分布に適切な計数率から線量率への換算係数を図3を

用いて算出する。同様のスペクトルを有する減速中性子校正場で照射試験を実施し、換算関数の妥当性を検証した。なお、核分裂中性子スペクトル

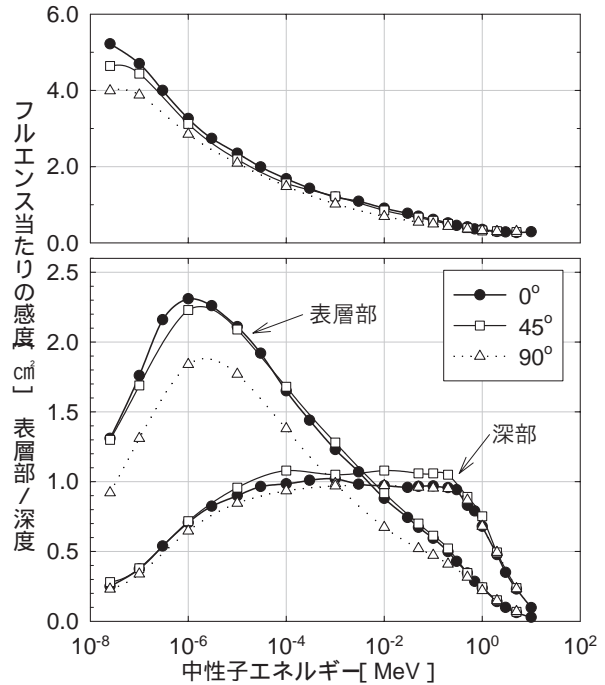


図2 0°, 45°及び90°入射時における単位中性子フルエネルギー当たりのカウント数(下図)と表層部及び深部検出器の計数比(上図)



図1 軽量形中性子線量当量率サーベイメータ試作機の外観写真

Liガラスシンチレータは大小円柱モデレータのほぼ中心付近に位置している。

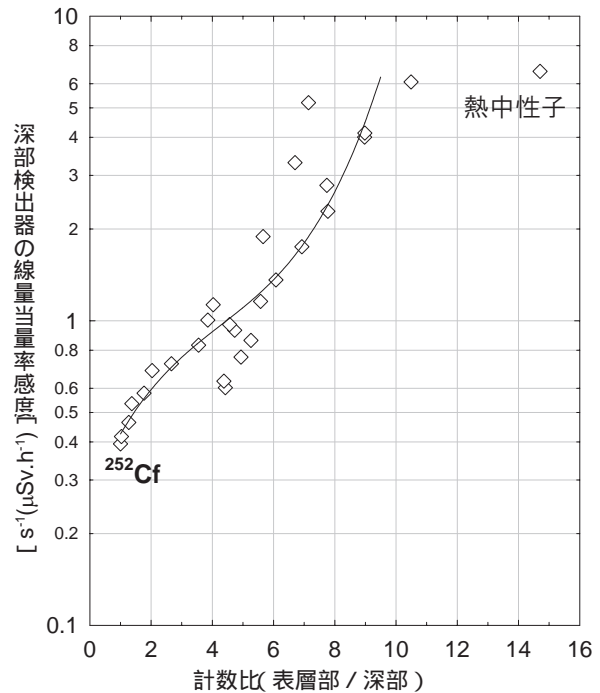


図3 計数比と深部検出器の線量当量率感度の関係 図中の実線はサーベイメータに組み込まれる換算関数を表している。

シミュレーション

(^{252}Cf) に対する感度 (計数率 / 線量率) は約 $0.35\text{cps}/(\mu\text{Sv/h})$ であり, サーベイメータとして十分な感度を有している。

4. おわりに

質量約 2 ~ 3 kg を目標に携帯性に優れる軽量な中性子線量当量率サーベイメータの開発を進めており, モンテカルロ計算による設計支援のもと, 2 個の熱中性子検出器と円柱二段形ポリエチレン減速材からなるサーベイメータを試作した。計算と実験の結果は一致しており, 実用化の目途がたった。ただし, 現在使用している熱中性子検出器は Li ガラスシンチレータであり, これは十分な中性子感度を有している一方で中性子と線の混在場での両信号の分離は必ずしも十分ではない。このため, 中性子と線の分離性能の良いシンチ

レータ (Li (Eu)) の適用検討を進めている。

なお, 本サーベイメータには, 一般的な構造のレムカウンタとの併用によって中性子スペクトロメータ的な活用を可能にし, かつ任意の中性子スペクトルに対して計数比 - 換算係数の関係を最適化する機能⁴⁾ を付帯させる予定である。

参考文献

- 1) 辻村憲雄, 他: 日本保健物理学会第38回研究発表会講演要旨集A 16, 34 (2004).
- 2) ICRP: Conversion coefficients for use in radiological protection against external radiation, ICRP Publication 74 (1996).
- 3) J.F. Briesmeister (Ed.): A general Monte Carlo N-particle code, version 4B Manual, LA 12625 M (Los Alamos National Laboratory) (1997).
- 4) 特願2004 70639.