

エネルギー応答に優れた中性子線量測定器の特性試験

Performance test of neutron dose monitor having good energy response

山西 弘城¹⁾

Hirokuni YAMANISHI

ブイヤ サリフル ハック²⁾

Sariful Haque BHUIYA

¹⁾自然科学研究機構 核融合科学研究所 ²⁾総合研究大学院大学

中性子線量のエネルギー応答に優れた積算型測定器として、減速材と吸収材を球殻多層に構成し、その間に TLD を配置した。この測定器について、²⁵²Cf 重水減速場、²⁵²Cf 線源、²⁴¹Am-Be 線源で照射を行い、応答特性結果を得た。

キーワード：中性子線量、線量測定器、作業環境、エネルギー応答、TLD、Cf-252 重水減速場

1. 目的 作業環境での線量管理を行う場合、リアルタイムの中性子モニタが用いられるけれども、積算型のモニタがあれば、モニタリングの信頼性が向上する。中性子線量測定において、積算型のモニタはあまり用いられていない。また、線量のエネルギー応答性が必ずしも良いわけではない。したがって、線量のエネルギー応答性に優れた積算型のモニタを開発することは有意義である。

2. 測定器と照射 著者らは球形多層型の測定系を考案した。測定器は、図1に示すように、球殻の減速材と吸収材で多層に構成され、その間に TLD を配置したものである^[1,2]。測定器の外から中心に向かって、アクリル樹脂 (PMMA) 28mm、TLD-1、窒化ホウ素 (BN) 40mm、ポリエチレン (PE) 10mm、TLD-2、PE 35mm、TLD-3 である。方向依存性を小さくするために、全体形状を球形とし、TLD-1、TLD-2 の組を、 4π で12軸上（正20面体の頂点に相当）に配置した。配置点数は中心の TLD を加え 25 である。TLD には、中性子線用に UD-136、 γ 線用に UD-110 を用いた。測定精度を上げるために、各点には、UD-136 を 3本、UD-110 を 2本 設置した。UD-136 の読取値から γ 線の寄与分を差し引いて測定値を得る。

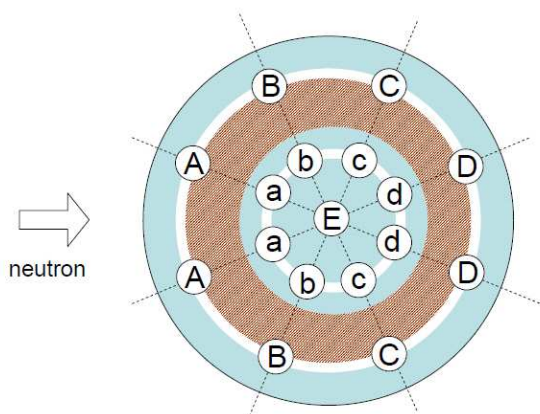


図1 線源に対する測定器の設置 (p方向)

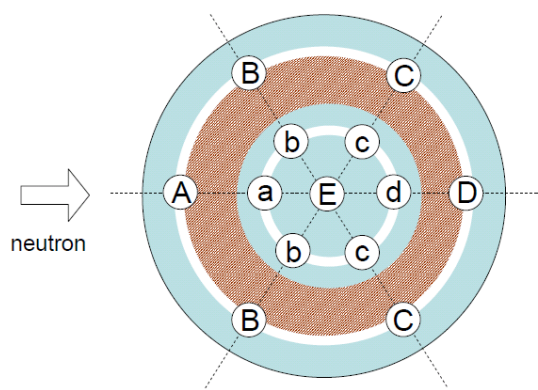


図2 線源に対する測定器の設置 (r方向)

試作した測定器を放射線標準施設 (FRS) において、²⁵²Cf 線源の重水減速場と ²⁵²Cf 線源、²⁴¹Am-Be 線源で照射した。線源に対する測定器の設置は図1と図2に示す2通りとした。図1では、「A」の位置に相当

する3点で作られる正三角形の重心が線源の近接点となる。図2では、1点の設置位置「A」に向かって入射する。線源と測定器の距離は75cmまたは150cmとした。照射条件を表1に記す。

表1 照射条件

Irradiation Name	(Date)	Distance and direction	Irradiated dose
D ₂ O-75-p	(March, 2008)	75cm 'p' direction	1.48mSv
D ₂ O-75-r	(8-12 Sept. 2008)	75cm 'r' direction	0.93mSv
Cf-75-p	(March, 2008)	75cm 'p' direction	1.25mSv
Cf-150-r	(2 Sept. 2008)	150cm 'r' direction	1.85mSv
Am-Be-75-p	(2-4 Sept. 2008)	75cm 'p' direction	0.52mSv

3. 線量変換係数 ²⁵²Cf 重水減速場は、エネルギー範囲が広く IS08529^[3]に記されているので、D₂O-75-pを標準と考え、この照射結果をもとに TLD 測定値から線量に変換する係数を算出した。以下にその概要を示す。IS08529にある ²⁵²Cf 重水減速場の52のエネルギー群それぞれについて各 TLD の応答をモンテカルロ計算コード MCNP によって計算した。配置の深さに応じて、TLD のエネルギー応答が異なる。異なるエネルギー応答を組み合わせて、線量応答を適正化する。図1に示すように、中性子線の入射方向との関係で、TLD を9つのグループに分ける (A, B, C, D, a, b, c, d, E)。この9グループから線源に向かって前半分の5グループ (i=A, B, a, b, E) を選択して線量評価に用いる。この5つの応答 R_i を線形結合させ、²⁵²Cf 重水減速場の線量 D に適合する係数のセット α_i を最小2乗法で導き出す。

$$D_j = \sum [\alpha_i R_{ij}]$$

ここで、j は各エネルギー群を表す。導出した α_i と TLD 応答計算結果 R_{ij} とから線量 D_j を算出し、H*(10) と比較した結果を図3に示す。どのエネルギー群でも H*(10) とよく一致している。

²⁵²Cf 重水減速場における TLD 応答は、図4に示すように、実験と計算で良い一致を示した。両者の比較から、測定値を線量に変換する係数セット α_i' を算出した。

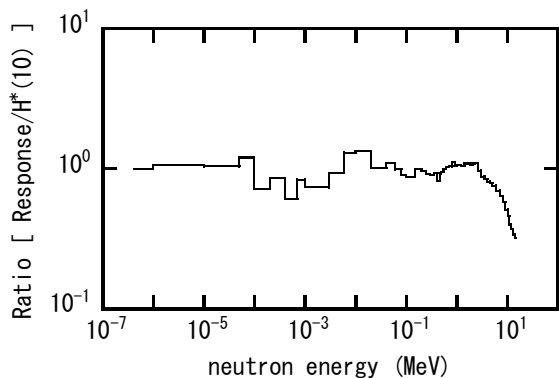


図3 エネルギー

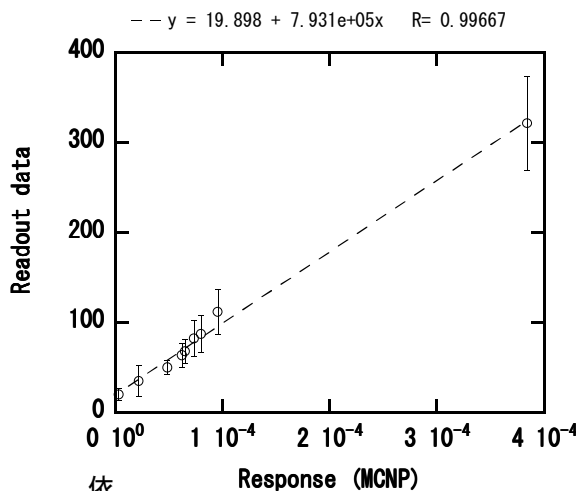


図4 測定点9グループにおける実験値と計算値の比較 (²⁵²Cf 重水減速場)

4. 線量推定 前述のように算出した係数セット α_i' を用いて、他の線源による照射結果から線量を推定した。図5に暫定的な結果を示す。各照射で得た線量推定値は、期待値の0.8~1.2であった。線源のエネルギー分布、入射方向、距離が異なった場合でも、良好な線量推定結果となっている。

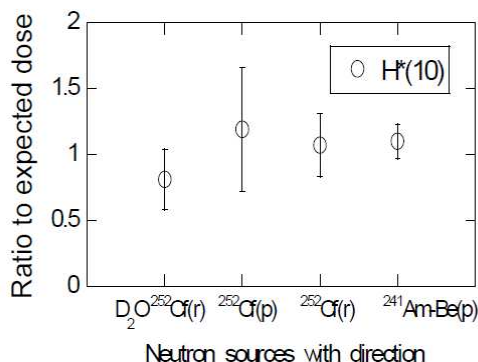


図5 線源、入射方向毎の線量推定結果

5. 結論 考案した測定器について、エネルギー依存性が極小であることを理想的な照射場での結果によって示すことができた。任意のエネルギー分布を持つ中性子場への適用可能性が示された。入射方向と距離を変えた場合のデータも取得し、異なる入射様式での応答を実験的に把握した。今後は、実用化に向けた線量算出の方法を確立する予定である。

6. 引用(参照)文献等

- [1] 山西弘城, 日本原子力学会「2005年秋の大会」要旨集 D6.
- [2] 山西弘城 他, 日本保健物理学会第42回研究発表会講演要旨集 P-22 (2008年6月).
- [3] ISO 8529-1:2001(E) (2001).