

重水減速²⁵²Cf中性子標準の開発

線量管理のための放射線作業場を模擬した中性子校正場



増田 明彦

ますだ あきひこ
aki-masuda@aist.go.jp

計測標準研究部門
量子放射科
放射能中性子標準研究室
研究員
(つくばセンター)

中性子標準の研究開発や維持・供給を行っています。中性子発生・計測技術の高度化に取り組みつつ、中性子標準の高エネルギー領域への拡張と利用現場への適応化を軸として活動しています。

関連情報:

● 共同研究者

原野 英樹、松本 哲郎 (産総研)

● 注釈・用語説明

* 中性子フルエンス: 単位面積を通過する中性子数を表す量で、単位は cm^{-2} 。

** 中性子線量当量: 中性子による生体への生物学的影響の大きさを表す量で、単位は Sv。

*** 例えば ISO 8529-1。

放射線作業場に対応する中性子標準

中性子は原子力関連、医療、各種工業などの現場で利用されています。産総研ではこれらの現場で使われる検出器の特性評価や作業者の線量管理に必要な中性子フルエンス*の国家標準を整備しています(図1)。

原子力関連施設では、核燃料から核分裂で放出された中性子は構造物や遮へい材による散乱を経てから人が立ち入る作業場に到達するため、作業場での中性子のエネルギーは核分裂時よりも低エネルギー側に幅広く分布することが知られています。中性子のエネルギー分布が異なると、検出器の感度や中性子線量当量**への換算係数も異なるため、線量計の表示が必ずしも正確にならない場合があります。そこで、核燃料と同様に核分裂反応で中性子を放出する²⁵²Cf(カリフォルニウム)中性子源を用い、線源を重水の減速材で覆うことで作業場のエネルギー分布を模擬した中性子の校正場、「重水減速²⁵²Cf中性子標準」を開発しました。²⁵²Cf中性子源単体による校正と相補的に利用することで、作業環境で線量計がより適切に運用できると期待されます。この仕組みによる校正方法は、線量計メーカーや利用現場から校正に用いるための標準を求められてきたものであり、国際規格***にも定められ

ています。

重水減速²⁵²Cf中性子場の構築と評価

直径30 cmのステンレス製の重水槽と熱中性子を取り除くためのカドミウム殻とで²⁵²Cf線源を覆った線源アセンブリを構築しました。校正の基準となる中性子フルエンスと線量評価に影響するエネルギー分布は、モンテカルロ計算コードによる中性子輸送計算で導出しました。中性子の精密測定では容器や支持台などの周辺構造物やわずかな隙間などが影響を及ぼすため、これらの詳細体系を計算に組み込むことで計算の精度を向上させました。その上で、ボナー球スペクトロメーターを用いた実測による検証を行いました。また、実験室内で散乱した中性子の影響を評価し補正するためには、線源アセンブリから直接届く中性子を遮り、散乱線のみに対する測定を行います(シャドーコーン法)。通常の線源とは異なり線源アセンブリが大きいいため、遮へい効果をシミュレーションで担保しつつ、既存の設備環境に対して現実的な重さの高密度ポリエチレン製のシャドーコーンを設計しました。

実際の線量計での試験(図2)を経て、外国の国家計量標準機関との国際比較に参加して、国際的な同等性の検証も行っています。

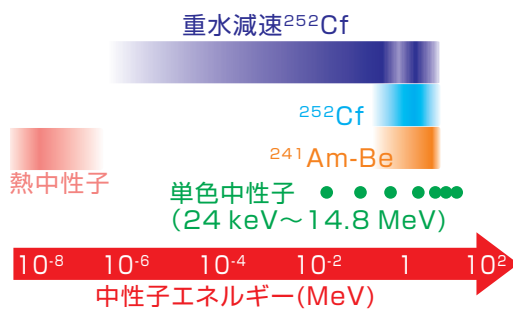


図1 中性子フルエンス標準のエネルギー領域
中性子のフルエンス平均エネルギーは、²⁵²Cfの2.13 MeVに対して重水減速²⁵²Cfでは約0.55 MeVとなる。

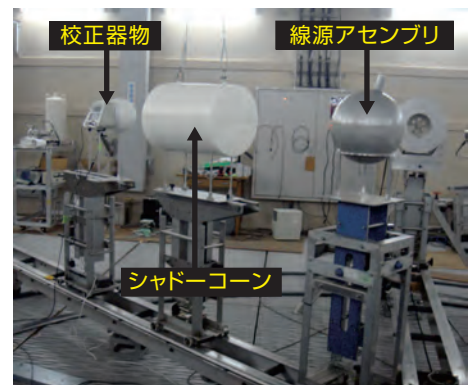


図2 重水減速²⁵²Cf中性子場と校正時の配置
図はシャドーコーンを置いた散乱線測定中のもの。散乱線の寄与割合は検出器特性によっても異なるため測定ごとに評価する。