

ポータブル特定核物質検知システムの開発 (III) (2) 解析による評価

Development of Portable Interrogation System for Special Nuclear Materials (III)

(2) Numerical Analysis

高橋 佳之¹, *三澤 毅¹, 増田 開²

¹京大複合原子力科学研究所, ²京大エネルギー理工学研究所

中性子アクティブ法に基づく、従来無いポータブル特定核物質非破壊検知システムの開発を行っている。本報告では、現在開発中のシステムによる高濃縮ウラン探知性能を確認するための MCNP による解析結果について報告する。

キーワード：核物質探知システム、特定核物質、閾エネルギー中性子解析法、MCNP

1. 緒言 テロに用いられる可能性が高い特定核物質 (SNM) を検知するために、閾エネルギー中性子解析法[1]に基づくポータブル検査装置システムの開発を行っている。本研究では、本シリーズ発表 (1) において報告する DD 中性子源、張力準安定流体検出器 (TMFD)、天然ウラン (NU) を用いた実験に関して、連続エネルギーモンテカルロ計算コード MCNP による数値解析を実施し、その性能を評価した。

2. 解析 本研究で用いる TMFD は、中性子が検出器の有感部に入射し、内包された有機溶媒中の水素原子が反跳されることによって生じる突沸現象を捉えることにより中性子を検出する装置である。そこで、MCNP による検出器内物質の中性子弾性散乱反応率を求めることにより実験をシミュレーションし、実験結果と比較することによって探知システムの性能を評価した。TMFD を用いた閾エネルギー中性子解析法では、核分裂性物質が体系内に存在しない場合、原理的には DD 中性子源から発生する 2.45MeV 以上のエネルギーの中性子は測定されないため、本計算では中性子エネルギー 2.45MeV を境として、その上下のエネルギーに対する中性子との反応率をそれぞれ算出することとした。計算体系に核分裂性物質がない場合、2.45MeV 以上の中性子との反応率は 0 となる。計算対象は、本シリーズ発表 (1) で報告する体系であり、中性子源、それぞれの TMFD 検出器の有感部、コンクリート床 (厚さ 15cm)、NU ターゲットを模擬し、それぞれの検出器ユニットにおける反応率を求めた。

3. 結果・考察 2.45MeV 以下の中性子に対する反応率は、各条件についてそれほど大きな差異はなく、実験と同様、DD 中性子源との位置関係による影響が大きいことが分かった。2.45MeV 以上の中性子に対する NU 20 kg 体系 (NU20) と NU 板の各板間に 1/4 インチのポリエチレン (PE) 板を挟んだ体系 (Poly-Pile-NU20) の反応率を比較すると、PE 板の効果によって実効増倍率が増加し、その結果、検出器の反応率が 20%程度増加することが分かった。同様に、Poly-Pile-NU20 と NU 量を半分の 10 kg にした体系 (Poly-Pile-NU10) を比較すると、NU の増加によって、計算では約 2 倍程度反応率が増加した。さらに、中性子源と不審物との間に厚さが 5cm の PE 板 (幅・高さは共に 50cm) を設置した場合、PE 板の減速の効果によって反応率は 8 %程度上昇し、減速材挿入の有効性を確認した。発表では、NU 試料の位置や量が異なる場合の結果、さらに高濃縮ウランを対象とした場合の計算結果と探知性能について報告する。

参考文献

[1] 増田開他、日本原子力学会 2016 年春の年会予稿集、2B04。

Yoshiyuki Takahashi¹, *Tsuyoshi Misawa¹, Kai Masuda²

¹Inst. Integrated Rad. Nucl. Sci., Kyoto U., ²Inst. Advanced Energy, Kyoto Univ.