可搬型核物質検知装置用の低コスト中性子検出器に関する基礎研究

Study on a low-cost neutron detector of portable detection device for nuclear materials

*田辺 鴻典[1,2]，米田 政夫[3]，藤 暢輔[3]，土屋 兼一[4]，秋葉 教充[1]，角田 英俊[1]，柴﨑 一成[1]
[1]科警研，[2]東工大，[3]JAEA，[4]三重科捜研

核物質検知装置における中性子検出には、He-3 検出器が主に使用されてきたが、それらは非常に高価であるという課題があった。本研究では、低コスト中性子検出器として水チェレンコフ検出器を提案し、新たな核物質検知手法である回転照射法への適用性について、シミュレーションによる検討を行った。

キーワード：中性子検出器，アクティブ中性子法，PHITS，核セキュリティ，低コスト

1. 緒言

近年、核セキュリティ及び放射性廃棄物の計量管理の分野において、核物質非破壊測定技術の需要が世界的に高まっている。中でも、不法に持ち込まれる核物質の検知は緊急の課題であり、特に核物質が容器等に隠蔽されている場合の現場検知は不可能な現状にある。回転照射法[1]などのアクティブ中性子法は、隠蔽された核物質の検知に最適な手法の 1 つであるが、中性子の検出に高価な He-3 計数管を用いていることが、実用化の妨げとなっている。そこで我々は、中性子検出用の物質として水に着目し、He-3 に替わる低コスト中性子検出器として、水チェレンコフ検出器の開発を行ってきた。水は安価な上に、空の容器を現場に持参し、現地で水を調達するといった運用も可能であることから、現場利用に適した利点を有する。本検出器では、中性子の入射に伴い発生するチェレンコフ光を検知することで中性子の検出を行う。ガンマ線に対しても感度を持つ点が課題として挙げられるが、水に Gd を溶解させることにより中性子起因の発光量を増加させることで、発光量の差から両者の弁別を行う。本研究では、水チェレンコフ検出器の回転照射法への適用性について、モンテカルロシミュレーションによる検討を行ったので、結果を報告する。

2. シミュレーションモデル

図の体系においてシミュレーションを実施した。本手法では、Cf 線源を高速回転させた際に測定される中性子カウントの時間推移から核物質の有無を判定する。コンプトン散乱で発生した 0.26MeV 以上の電子がチェレンコフ光を放出するため、水槽内部で発生した電子フラックスの時間推移を評価に用いた。本研究では、ガンマ線の混入が判定結果に与える影響について見積りを行い、鉛を設置する、若しくは閾値エネルギー以上の電子を選択するなど、ガンマ線の混入を抑えた各条件について、核物質検知可否の検討を行った。

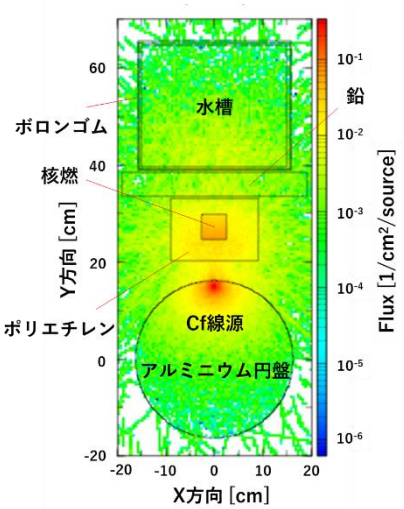

図 0.26MeV 以上の電子分布

3. 結論

シミュレーションの結果、検知可否において、2.2MeV のガンマ線（ポリエチレン起因）の混入を無視できないことが確認された。しかし、鉛（5cm 厚）の設置、または適切な閾値の設定により、ガンマ線の混入を低減することで、核物質の検知が実現可能であることも示された。

参考文献

[1] M. Komeda et al., Conceptual study on a novel method for detecting nuclear material using a neutron source, Annals of Nuclear Energy, Vol.135（2020）

【謝辞】本研究は JSPS 科研費 20K15213 の助成を受けたものです。

*Kosuke Tanabe[1,2], Masao Komeda[3], Yosuke Toh[3], Ken'ichi Tsuchiya[4], Norimitsu Akiba[1], Hidetoshi Kakuda[1] and Kazunari Shibasaki[1]
[1]NRIPS, [2]Tokyo Tech., [3]JAEA, [4]FSL