

核不拡散・核セキュリティ用アクティブ中性子 NDA 装置の開発(2) PGA 測定に適した統合装置構成物質の検討

Development of an active neutron NDA apparatus for nuclear non-proliferation and nuclear security (2)
a selection of shielding materials which suit Prompt Gamma-ray Analysis

*古高 和禎¹, 藤 暢輔¹

¹ 日本原子力研究開発機構

複数のアクティブ中性子 NDA 測定法(DDA,PGA,NRTA)を統合した NDA 装置の開発において、DDA 測定の性能を低下させることなく PGA 測定の妨げとなるガンマ線が低減され、PGA 用検出器が中性子に対して十分に遮蔽されるように、NDA 装置に用いる物質の検討を行った。

キーワード:アクティブ中性子法,NDA,PGA,バックグラウンド低減, 中性子遮蔽, 14MeV 中性子, シミュレーション

1. 緒言

原子力機構では、欧州委員会-共同研究センター(EC-JRC)との共同研究により、小型の D-T 中性子源を利用したアクティブ中性子法による、ダイアウェイ時間差分析法(DDA)、即発ガンマ線分析法(PGA)、中性子共鳴透過分析法(NRTA)の各装置を統合した非破壊分析(NDA)装置の開発を行っている。このうち、PGA 測定は、主に爆発物や化学兵器の材料物質、及び中性子毒物の検知を目的としている。本開発計画の第 1 フェーズでは、装置を DDA 法に最適化し、主に DDA 法に関する詳細な情報を取得することを目標として開発を行った。PGA に関しては、(i) 爆発物や化学兵器の材料物質、及び中性子毒物から放出されるガンマ線測定とその評価、(ii) 装置を構成する物質から放出され、PGA 測定の妨げになるバックグラウンド・ガンマ線の特徴と評価、(iii) PGA 検出器に求められる高速中性子の遮蔽性能の評価等を行った。第 2 フェーズで建設する装置は、DDA 測定だけでなく PGA 測定においても十分な性能が得られるように、PGA 以外の測定装置に用いられる材質を見直すとともに、高速中性子に対して効果的な遮蔽材を放射線輸送シミュレーションにより検討した。

2. 構成物質の検討

2-1. バックグラウンド・ガンマ線の低減

第 1 フェーズで建設した装置を用いた PGA 測定では、測定試料無しの状態でも約 11kcps のガンマ線計数があり、それらは主に(i) DDA 装置の SUS 製中性子反射材起源(Fe,Mn,Cr,Ni)、(ii) DDA 検出器バンク等に含まれる熱中性子吸収材起源(B,Cd)、(iii) 中性子遮蔽に用いている高密度ポリエチレン(HDPE)中の水素起源のガンマ線であると分かった。そこで、第 2 フェーズで建設する装置では、(i) 中性子反射材には Pb を、(ii) DDA 検出器バンクの熱中性子吸収材には Li を使用し、(iii) 水素のガンマ線は中性子反射材として採用した Pb によって遮蔽することにより、バックグラウンド・ガンマ線の低減を図ることにした。

2-2. 高速中性子の遮蔽

中性子発生管からの中性子からガンマ線検出器を効率的に遮蔽し放射線損傷を出来るだけ低減するために、放射線輸送シミュレーションを用いて諸々の物質を組み合わせた遮蔽を検討した。その結果、HDPE、金属及び Li 化合物を層状に配置することで高速中性子を効率的に遮蔽できることが分かった。

謝辞: 本研究開発は、文部科学省「核セキュリティ強化等推進事業費補助金」事業の一部である。

*Kazuyoshi Furutaka¹, Yosuke Toh¹

¹Japan Atomic Energy Agency.