レーザー駆動中性子源を用いた中性子共鳴透過分析システムの開発と実証

Development and Demonstration of a Neutron Resonance Transmission Analysis System using a Laser Driven Neutron Source

*李 在洪[1]，伊藤 史哲[1]，弘中 浩太[1]，堀 順一[2]，寺田 和司[2]，余語 覚文[3]，小泉 光生[1]
[1]原子力機構，[2]京大複合研，[3]大阪大学

核不拡散・核セキュリティ総合支援センターでは、使用済核燃料等の高線量核物質を計量管理する非破壊測定技術として、レーザー駆動中性子源を用いた中性子共鳴透過分析法の技術開発を 4 年計画で進めてきた。本発表では、これまでの技術開発の成果及び実証実験の概要について報告する。

キーワード：レーザー駆動中性子源，中性子共鳴透過分析

1. 緒言　核不拡散技術開発の一環として、レーザー駆動中性子源(LDNS)を用いた中性子共鳴透過分析(NRTA)システムの技術開発を進めてきた。NRTA は飛行時間（TOF）法を用い、核物質を非破壊で測定する有用な手法であるが、高分解能の測定を行うためには、中性子源を含めて大型施設が必要となること等の理由により、その適用範囲は限定的であった。一方で近年、加速器等を用いた様々な小型の中性子源が開発・実用化され、核燃料再処理施設等での核物質の計量管理に NRTA を用いるハードルは徐々に下がってきていた。こうした中性子源の中で、本研究では、短パルス中性子を発生させることができ、新しい中性子源として期待されている LDNS に着目し、小型な NRTA システムに適用するための技術開発を進めてきた。また、LDNS を用いた NRTA の実証実験を行い、それを基に LDNS に求められる仕様を明らかにした。本発表では、これまでの技術開発の成果及び実証実験の概要について報告する。

2. 技術開発　モデレータの開発：核物質を NRTA で分析するためには、モデレータを用いてパルス中性子源からの高速中性子を熱～熱外エネルギーまで減速させる必要がある。一方、中性子を減速させることはパルス中性子の時間的な広がりを増大させ、TOF 測定時のエネルギー分解能を悪化させることにつながる。そこで、本研究では、LDNS の短いパルス幅を高分解能の測定に活かすため、高速中性子を効果的に減速させる複数素材モデレータをモンテカルロ・シミュレーション計算により設計した[1]。

中性子検出器の開発：LDNS を NRTA に適用して装置を小型化するにあたり、ガンマ線背景事象の増加や、高計数率化への対応が課題となった。これを解決するため、我々は、低いガンマ線感度と高い中性子検出効率を兼ね備えた ^{6}Li ガラスシンチレータを用いた中性子検出器（特願 2021-214537）を開発した。

3. 実証実験　LDNS の NRTA への適用可能性を実験的に実証することを目的とし、大阪大学レーザー科学研究所の LFEX レーザーを用いたパルス中性子源を利用して、中性子透過実験を行い、TOF スペクトルを取得した。本実験で得られた結果を図 1 に示す。図 1 のとおり、インジウムと銀の存在を示す共鳴ピークが確認できた。これは、LDNS を NRTA に適用することで、従来よりも小型な非破壊分析装置の実現が期待できることを示すものである。

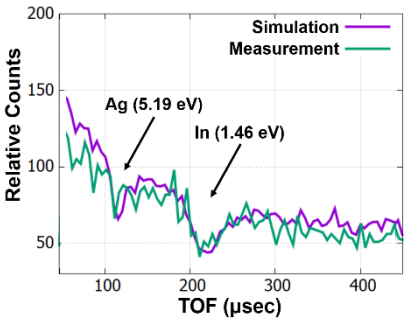

図 1 測定結果とシミュレーション計算による TOF スペクトル

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」事業の一部として実施された。

参考文献　[1] J. Lee *et al*., J. Nucl. Sci. Technol., DOI: 10.1080/00223131.2022.2077259.

*Jaehong Lee[1], Fumiaki Ito[1], Kota Hironaka[1], Jun-ichi Hori[2], Kazushi Terada[2], Akifumi Yogo[3] and Mitsuo Koizumi[1]
[1]JAEA, [2]Kyoto Univ., [3]Osaka Univ.