核不拡散用アクティブ中性子非破壊測定技術の開発
（4）核物質同位体定量用 NRTA 装置の設計研究

Development of active neutron NDA techniques for nuclear non-proliferation

(4) Design study on NRTA technique for quantification of isotopes of nuclear materials

*土屋 晴文[1]，北谷 文人[1]，呉田 昌俊[1]，前田 亮[1]

[1]原子力機構

高線量場に適用できる小型の中性子共鳴透過分析（NRTA）装置の技術の開発のため、D-T 管を用いた NRTA 試験装置を開発している。本発表では、試験装置の概要と数値計算により得たその特性について報告する。

キーワード： 核物質，非破壊測定，中性子共鳴透過分析法

1. 緒言

近年、核不拡散や核セキュリティの観点から、高線量場にある核物質を非破壊により測定する重要性が増している。具体的に、使用済み燃料や燃料デブリ中の U や Pu の測定に加えて、将来の核変換用 MA−Pu 燃料中の核物質の測定にも適用できる非破壊測定技術の開発が急務となっている。中性子共鳴透過分析法（Neutron Resonance Transmission Analysis）は、パルス中性子を用いて非破壊で高精度に試料を分析できる技術である。実際、NRTA を使用済み燃料に適用して U や Pu、MA を測定した例もある。ゆえに、NRTA は現在の核不拡散・核セキュリティ分野の必要性に叶うと考えている。しかし、今までの NRTA 装置は大型の電子線加速器（ELINAC）施設を利用するため、汎用性に欠ける一面がある。そこで、技術革新により小型化の進む ELINAC を用いた NRTA 装置を将来的に開発することを視野に入れて、まずは D-T 管を利用した小型 NRTA 試験装置を開発している。それにより NRTA 装置の小型化・高度化のための知見を得て、基盤技術の開発に資することが本研究の目的である。

2. 装置と測定手段の概要

図 1 が開発中の小型 NRTA 試験装置である。D-T 管で発生する 14 MeV 中性子のパルス幅は 10 μs である。発生した 14 MeV 中性子を周囲の減速材（ステンレス＋ポリエチレン）を利用して NRTA 測定に適したエネルギーのパルス中性子に変換し、真空のアルミ管とコリメータを通して試料に照射する。中性子が試料中の核物質と共鳴反応を起こすと、共鳴エネルギーに対応した中性子の欠損が後方に備えた ^{6}Li グラス検出器で計測される中性子スペクトルに現れる。この欠損を解析することで、試料中の核物質を定量する。

3. 数値計算と結果

装置特性の検証のため、PHITS シミュレーションを実施した。その結果、14 MeV 中性子が 2×10^{8} /s/4π の強度で発生する場合、検出器への周囲へのガンマ線の影響は小さく、中性子の測定に大きな影響を及ぼさないことがわかった。加えて、本試験装置では 10 eV 以下のエネルギー領域に共鳴を有する同位体をターゲットにすることが適していることを確認した。将来、たとえば 100 ns 以下のより短いパルス幅の小型 ELINAC を用いれば、さらに高いエネルギーに共鳴をもつ同位体にも適用できる見通しも得た

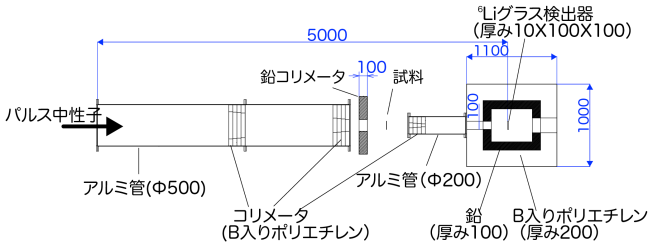

図 1: 小型 NRTA 試験装置の概要。数値の単位は mm。

謝辞 本技術開発は、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。

*Harufumi Tsuchiya[1], Fumito Kitatani[1], Masatoshi Kureta[1], Makoto Maeda[1]

[1]JAEA