

定常中性子源を用いた Self-indication 法の核物質検知への適用性研究

Applicability study of self-indication method to identify the nuclear material
using a stationary neutron source

*堀 順一¹、佐野 忠史²、高橋 佳之¹、八島 浩¹

¹京大複合研、²近大原研

京都大学電子ライナックにおいて Self-indication 法を適用した中性子イメージング実験を行ったところ、TOF 情報を用いない中性子イメージングによっても核種識別が可能であることを明らかにした。

キーワード：Self-indication 法、中性子イメージング、核物質、共鳴吸収

1. 緒言 福島第一原子力発電所の燃料デブリを炉外に取り出した後に適切に管理するためには、保障措置の観点から核燃料物質を迅速且つ簡便に非破壊で検知することが重要である。Self-indication 法は、試料を透過した中性子を測定対象核種から成る indicator に照射し、その indicator からの反応生成物を測定することにより、間接的に透過中性子を測定する手法である。本手法は測定対象核種の共鳴エネルギーの中性子を選択的に高感度で測定できるという特徴を持つ。これまでの研究では、self-indication 法による TOF 測定によって核種濃度を定量できることを示した[1, 2]。ところが実際の現場ではパルス中性子源を用いた TOF 測定を行うのは困難であると予想されるため、本研究では、中性子イメージングに self-indication 法の原理を適用することで、定常中性子源によっても核種識別できることを検証する。

2. 実験 実験は京都大学複合原子力科学研究所の電子線形加速器の 12m ビームラインにおいて行った。直径 5cm にコリメートされた中性子ビームを被検体に照射し、透過中性子を GEM 型 2 次元中性子検出器によって測定した。被検体は、ビーム軸を中心に上流から見て右上に In 板 (0.1mmt)、右下に Ag 板 (1mmt)、左下に Ta 板 (2mmt) を配置した。加速器の運転条件は、パルス幅 4 μ s、繰り返し周波数 50Hz、電子の加速エネルギー約 30MeV、平均ビーム電流約 100 μ A とした。測定は被検体を置かない測定と置いた測定をそれぞれ行った。被検体を置いた測定については、ビーム上流に Cd (0.5mmt) フィルターを置いた測定と Cd (0.5mmt) と In (1mmt) のフィルターを置いた測定もそれぞれ行った。

3. 結果 被検体を置いた測定に対して In-115 の 1.457eV 共鳴領域にゲートをかけて得られた 2 次元透過画像を図 1 に示す。右上に In 成分が明瞭に現れており、これは従来の TOF 法を用いた核種識別能力を示す。一方、Cd フィルターを置いた測定と Cd+In フィルターを置いた測定の透過中性子数の比から TOF 情報を用いずに算出した 2 次元透過画像を図 2 に示す。図 1 に比べると In とそれ以外の核種のコントラストは劣るものの、In 成分を識別できることが分かった。この結果は、Cd フィルターによって熱中性子成分を除去し、In フィルターによってあらかじめ In による共鳴吸収を飽和させることで、In と他の核種の共鳴吸収の違いを際立たせることができるため、TOF 情報を使わなくても核種識別が可能であることを示唆している。

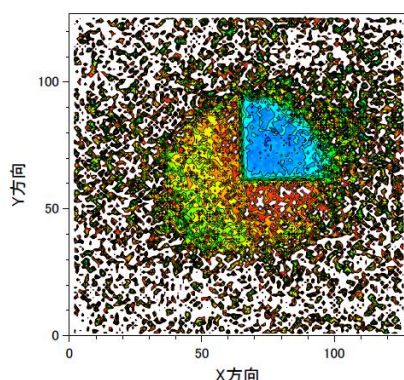


図 1 In 共鳴にゲートをかけて得られた 2 次元透過画像

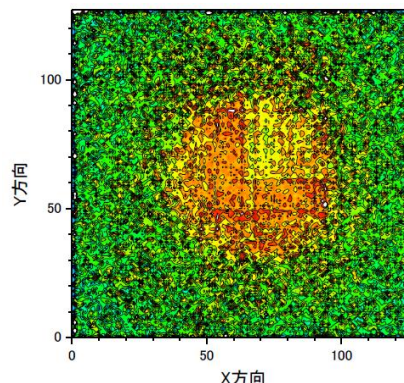


図 2 TOF 情報を用いずに取得した 2 次元透過画像

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP17K07012 の助成を受けたものである。

[1] 堀他、日本原子力学会 2016 年秋の大会、2N01、[2] 堀他、日本原子力学会 2018 年春の年会、2I19

*Jun-ichi Hori¹, Tadafumi Sano², Yoshiyuki Takahashi¹, Hiroshi Yashima¹

¹Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University, ²Kindai University Atomic Energy Research Institute