飛行時間法を用いた Self-indication 法による中性子共鳴温度分析の適用性の検討

Feasibility Study for the Temperature Measurement using Neutron Self-indication Method

*瀬川 麻里子[1]、藤 暢輔[1]、甲斐 哲也[1]、前田 亮[1]、常山 正幸[2]
[1]日本原子力研究開発機構、[2]日本アドバンストテクノロジー

Self-indication 法（SI）を用いた新たな温度分析技術の確立を目指し、J-PARC において SI 法が適用可能な試料の中性子透過率の範囲を調査した。Ta 試料厚を 3-200 μm の範囲で変化させ、SI 法により即発ガンマ線を計測し中性子透過率を求めた。共鳴解析コードによるシミュレーション結果と得られた実験値を比較して両者の整合性を実証し、幅広い中性子透過率の範囲で SI 法の適用が可能である事を示した。

キーワード：中性子共鳴、即発ガンマ線分析、温度計測

1. 緒言

使用済燃料や高レベル放射性廃棄物の内部温度は、これらの処分方策の確立に資する重要な管理項目である。しかし、遮蔽された大型の核物質の温度を非破壊・非接触で計測する有効な技術は現在のところ存在しない。そこで我々は核物質等に含まれる元素の中性子共鳴吸収による温度依存性(ドップラ効果)及び Self-indication（SI）法に着眼し、上記のニーズに応える新たな温度計測技術の創出を目指している。SI 法とは、パルス中性子ビーム軸上に測定試料と測定対象核種から成る indicator を配置し、indicator からの即発ガンマ線を測定することによって間接的に測定試料を透過した中性子を検出する手法である。本手法は、indicator からの即発ガンマ線を測定するため、測定試料に含まれる測定対象外の核種から放射されるガンマ線の影響を受けることなく透過中性子を高感度で測定する事が出来るという特長を有する。また SI 法は物性研究における結晶成長過程中の温度測定や圧縮された物質内の状態方程式の研究などにも応用可能である。我々は、既に SI 法による非破壊･非接触での温度計測手法について基本的な原理の実証を行い､特許を出願済みである。しかし SI 法を実用に供するには、本手法が適用可能な中性子エネルギー領域及び試料の中性子透過率範囲についての検証が必要であった。特に、中性子透過率は試料が厚くなるとシミュレーションや核データを用いた計算値の再現性が低下する傾向にあるため、実験的な検証が求められていた。そこで、本研究では Ta を試料とし SI 法を用いて測定試料厚ごとの中性子透過率を求め、共鳴解析コード（REFIT）によるシミュレーションと比較して本手法が適用可能な中性子透過率の範囲を検証した。

2. 実験

実験は J-PARC 物質・生命科学実験施設 BL04 に設置されている中性子核反応測定装置（ANNRI）において、測定試料（Ta, 厚さ 3-200 μm）と indicator（Ta, 厚さ 100 μm）を、夫々TOF 距離 24.5 m, 27.9 m に配置し、アンチコンプトン型 NaI 検出器を使用して indicator の中性子共鳴捕獲反応から生じた即発ガンマ線を試料厚ごとに 1200 秒ずつ計測した。

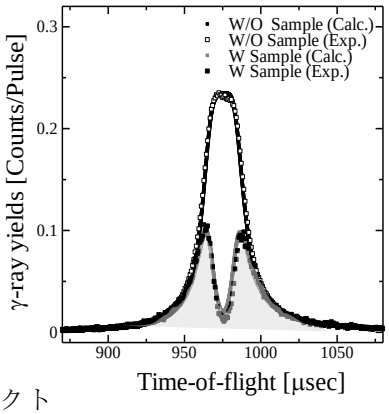

図 1 En= 4.3eV における Ta の TOF スペクトラム

3. 結果

図 1 に中性子エネルギー(En)= 4.3 eV 領域において得られた飛行時間スペクトラム及び REFIT による計算値を示す (Ta 試料厚 40 μm, Indicator 厚 100 μm, W:試料有, W/O:試料無し)。REFIT により精度よく実験値が再現されていることがわかった。発表では、試料厚ごとに SI 法による中性子透過率（図 1 中の塗り潰し部分に相当）を求め計算値と比較して本手法の適用範囲を示すとともに温度計測の精度を議論する。

謝辞　本研究は科研費 JSPS （JP17H01076）の助成を受けた成果を含む。

*Mariko Segawa[1], Yosuke Toh[1], Tetsuya Kai[1], Makoto Maeda[1] and Masayuki Tsuneyam[2], [1]Japan Atomic Energy Agency, [2]NAT.