

## 原子炉燃料の健全性評価のための非破壊分析技術の開発 (15) ドップラ効果を用いた温度測定と本研究事業のまとめ

Development of Nondestructive Methods Adopted for Integrity Test of Next Generation Nuclear Fuels

(15) Measurement of Temperature by Doppler Effect and Result of N-DeMAIN project

\*佐野忠史<sup>1</sup>, 阿部尚也<sup>1</sup>, 伊藤大介<sup>1</sup>, 高橋佳之<sup>1</sup>, 堀順一<sup>1</sup>, 李在洪<sup>2</sup>, 中島健<sup>1</sup>

加美山隆<sup>3</sup>, 持木幸一<sup>4</sup>, 小池公<sup>5</sup>, 鬼柳善明<sup>6</sup>, 佐藤節夫<sup>7</sup>

<sup>1</sup>京大炉, <sup>2</sup>京大院工, <sup>3</sup>北大院工, <sup>4</sup>東京都市大, <sup>5</sup>アールテック (株), <sup>6</sup>名大, <sup>7</sup>高エネ研

タンタル金属(Ta)を試料として、共鳴領域における試料昇温前後の透過中性子束比をドップラ効果と定義し測定を行った。その結果、Ta 試料のドップラ効果が測定でき試料の平均温度と関連づけることができた。更に本報告では「原子炉燃料の健全性評価のための非破壊分析技術の開発」のまとめを報告する。

**キーワード：パルス中性子源、非破壊分析法、ドップラ効果、中性子イメージング**

### 1. 緒言

平成 26 年度より MA 含有 TRU 燃料の健全性評価のために、パルス中性子源を用いた非破壊分析技術の研究開発を実施している。本研究開発にはドップラ効果を利用した燃料ピン中の温度測定を実施する技術の開発が含まれている。今回、中性子飛行時間測定法 (TOF 法) を用いて試料中の透過中性子束を測定し、ドップラ効果による共鳴領域の透過中性子束変化を決定した。また、今年度は本研究開発の最終年度であることから本プロジェクト全体のまとめを報告する。

### 2. ドップラ効果を利用した温度測定

京都大学原子炉実験所に設置されている電子線形加速器 (KUR-LINAC) の 12m 測定ラインに真空容器型昇温装置を設置し、φ10mm×30mm の Ta 金属棒を試料として昇温前後の透過中性子束を TOF 法を用いて測定し、ドップラ効果を共鳴領域の ROI 比 (高温/25°C) と定義した。加速器の運転条件は、電流: 154 μA、パルス幅: 3 μsec、繰り返し周波数 100Hz とし、試料温度を 25°C、125°C、350°C とした。図に測定した TOF スペクトル、表に各 ROI における透過中性子束比を示す。試料温度が 350°C の場合、Ta の熱膨張による透過中性子束変化の補正を行うことで有意な透過中性子束比が測定でき試料の平均温度と関連づけることができた。

### 3. プロジェクト全体のまとめ

本プロジェクトは小型加速器中性子源におけるパルス中性子・制動 X 線混在場を用いた総合的な非破壊分析システムを開発し、

その実用性を評価することを目的として、平成 26 年度より研究開発を開始した。本プロジェクトは①核種濃度定量・可視化技術の高度化、②物性値の定量・可視化技術の高度化、③総合測定システムの開発、④実証試験に基づく測定システムの総合評価から成り立っている。その結果、これまでは困難であった TRU 燃料の内部状態に関する核的・物性的情報を非破壊で得られる見込みを得た。

本研究は、特別会計に関する法律 (エネルギー対策特別会計) に基づく文部科学省からの受託事業として、京都大学が実施した平成 29 年度「次世代原子炉燃料の健全性評価のための非破壊分析技術の開発」の成果を含む。

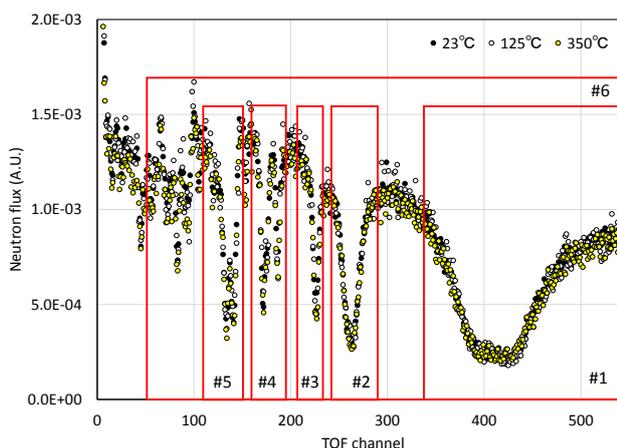


図 測定された TOF スペクトル

表 各 ROI における透過中性子束比

ROI	125°C	350°C
#1	1.004 ± 2.03%	0.960 ± 2.04%
#2	0.999 ± 3.83%	0.974 ± 2.83%
#3	0.998 ± 4.23%	0.956 ± 3.12%
#4	0.988 ± 5.41%	0.940 ± 3.33%
#5	1.009 ± 3.43%	0.975 ± 2.41%
#6	0.983 ± 3.03%	0.960 ± 2.08%

\*Tadafumi Sano<sup>1</sup>, Naoya Abe<sup>1</sup>, Daisuke Ito<sup>1</sup>, Yoshiyuki Takahashi<sup>1</sup>, Jun-ichi Hori<sup>1</sup>, Jeahong Lee<sup>2</sup>, Ken Nakajima<sup>1</sup>, Takashi Kamiyama<sup>3</sup>, Koh-ichi Mochiki<sup>4</sup>, Kou Koike<sup>5</sup>, Yoshiaki Kiyonagi<sup>6</sup>, Setsuo Sato<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Kyoto Univ. Research Reactor Institute, <sup>2</sup>Nuclear Engineering, Kyoto Univ., <sup>3</sup>Faculty of Engineering, Hokkaido Univ., <sup>4</sup>Tokyo City Univ., <sup>5</sup>R-TEC Co Ltd., <sup>6</sup>Nagoya Univ., <sup>7</sup>KEK