原子炉を利用した全核分裂生成物の元素変換特性 (4) 放射化分析実験と燃焼計算解析による ルテニウム安定同位体の中性子捕獲断面積データの検証

Basic Research on the Element Transmutation of All Fission Products Using Nuclear Reactors (4) Verification of Nuclear Data on Neutron Capture Cross Section of Stable Isotopes of Ruthenium by Neutron Activation Analysis and Burnup Calculation

*寺島 敦仁 [1,2,3]，Mikael Nilsson[2]，小澤 正基 [1]，千葉 敏 [1]
[1] 東京工業大学，[2]University of California, Irvine，[3] 日本学術振興会特別研究員 DC

本研究では、University of California, Irvine の TRIGA®炉での放射化分析実験と MVP–BURN コードを用いた燃焼計算解析によって、特に、ルテニウム安定同位体の中性子捕獲断面積データの検証をおこなった。

キーワード：核変換，ルテニウム，中性子捕獲断面積，UCI-TRIGA 炉，MVP-BURN コード

1. 緒言：我々は、計算機シミュレーションと原子炉実験の双方に取り組むことで、核分裂生成物の核変換による元素資源創製に関する研究[1,2]を進めている。中性子照射実験によって、計算コード内で使用している核データの精度及び信頼性を検証することは、計算結果の信頼性を担保する上で非常に有益である。本研究では、University of California, Irvine (UCI) の TRIGA®炉での放射化分析実験と MVP–BURN コードを用いた燃焼計算解析によって、ルテニウム(Ru) 安定同位体の中性子捕獲断面積データの検証をおこなった。

2. 研究手法

2-1. 放射化分析実験：Ru 濃度~1000ppm の硝酸溶液試料 1mL を調製し、UCI-TRIGA 炉の炉心外周の回転照射領域にて、出力 250kW で 1 時間の中性子照射を実施した。高純度ゲルマニウム半導体検出器を用いて、照射後試料のガンマ線計測を実施した。計測結果から、生成された放射性同位体 ^{97}Ru、^{103}Ru、及び ^{105}Ru の放射能を計算することで、照射終了時刻における各放射性同位体の生成量 $^{A}N_{\mathrm{exp}}$ を算出した。

2-2. 燃焼計算解析：燃焼計算コード MVP-BURN、及び JENDL-4.0 に基づく MVP 用断面積ライブラリセット MVPLIB_J40 を使用して、Ru 同位体の生成消滅に係る数値計算をおこなった。なお、燃焼チェーンデータ ChainJ40 内に、記載のなかった $^{96, 97, 98, 99}$Ru の取り扱いを追加した。上記の照射実験を模擬して、臨界計算及び燃焼計算解析を実行し、照射終了時刻における各放射性同位体の生成量 $^{A}N_{\mathrm{cal}}$ を算出した。

2-3. 中性子照射量の規格化及び C/E 値の相対評価：^{105}Ru の両結果が $^{105}N_{\mathrm{exp}} = {}^{105}N_{\mathrm{cal}}$ となるように補正することで、中性子の照射量を規格化し、^{97}Ru 及び ^{103}Ru について（^{105}Ru との相対的な）C/E 値を算出した。

3. 結果（中性子捕獲断面積データの検証）：上記 2-3.で求めた C/E-1[%]は、^{97}Ru: -10%、^{103}Ru: 22%となった。なお、^{102}Ru の熱中性子捕獲断面積 $^{102}\sigma_{\gamma(\mathrm{thermal})}$については、JENDL-4.0 での評価値(1.48[b]) が、他のライブラリや最近得られた測定値(1.24[b])[3]よりも 20%程度大きな値となっている。上記 C/E 値から簡易的に推定した $^{102}\sigma_{\gamma(\mathrm{thermal})}$は 1.22[b]となり、本検証は JENDL-4.0 よりも文献[3]らの値をサポートする結果となった。

謝辞：本研究は、東京工業大学環境エネルギー協創教育院、及び JSPS 科研費 15J12066 の助成を受けたものである。

参考文献

[1] M. Ozawa, C.Y. Han, T. Kaneshiki, and M. Nilsson, Proceedings of International Nuclear Fuel Cycle Conference (GLOBAL2013), Salt Lake City, Utah, USA, Sept.29-Oct.3, 2013, pp.1499-1503 (2013).

[2] A. Terashima and M. Ozawa, *Nucl. Sci. Tech.* **26**(1), S010311 (2015).

[3] F.F. Arbocco, P. Vermaercke, K. Smits, et al., *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **302**(1), pp.655-672 (2014).

*Atsunori Terashima[1,2,3], Mikael Nilsson[2], Masaki Ozawa[1], and Satoshi Chiba[1]
[1]Tokyo Institute of Technology, [2]University of California, Irvine, [3]JSPS Research Fellow DC