

核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化

(5-4) LLFP の陽子・重陽子入射核破碎同位体生成に対する PHITS 核反応モデルの改良

Reduction and Resource Recycling of High-level Radioactive Wastes through Nuclear Transmutation

(5-4) Improvement of nuclear reaction models implemented in PHITS for
isotopic production in proton- and deuteron-induced spallation reactions on LLFP

*佐藤 俊輔¹, 渡辺 幸信¹, 小川 達彦^{2,3}, 仁井田 浩二⁴

¹九州大学, ²日本原子力研究開発機構, ³CEA Saclay, ⁴高度情報科学技術研究機構,

理研 RIBF で系統的に測定された長寿命核分裂生成核種に対する陽子・重陽子入射核破碎反応の同位体生成断面積データに基づき、粒子・イオン輸送計算コード PHITS に組み込まれている核反応理論モデル (INCL+GEM) を検証し、その改良を行っている。本発表では主に GEM 改良の現状について報告する。

キーワード: ImPACT, PHITS 計算, 陽子, 重陽子, 同位体生成断面積, 一般化蒸発モデル

1. 緒言

ImPACT 藤田プログラムの中で、LLFP 核種（特に、⁹³Zr と ¹⁰⁷Pd）に対する 50~200 MeV 領域の陽子・重陽子入射核破碎反応による同位体生成断面積の系統的な測定が行われた。これらの実測値を核内カスケードモデル INCL と一般化蒸発モデル GEM を用いた PHITS[1] 計算と比較して、核破碎反応モデルの検証を行った。その結果、幾つか実測値との不一致が見られることが分かった。その 1 つは、中性子数の偶奇に応じて同位体生成断面積が変動する odd-even staggering (OES) 効果が計算には強く現れるが、実測値にはその傾向が顕著に見られない問題である。そこで、本研究では GEM の準位密度に着目し、この OES 問題の改善に取り組んだ。

2. 理論モデル解析結果

GEM は全準位密度に Gilibert-Cameron (GC) 公式[3]を使用している。GEM では離散準位を考慮しておらず、全ての励起エネルギー領域で GC 式を用いているため、低励起状態の取り扱いが不十分である。これを解消するために、Back-Shifted Fermi Gas models (BSFG)[3]を組み込んだ。図 1 に、⁹³Zr に核子当たり 209 MeV の重陽子を入射して生成された Sr 同位体の生成断面積の計算結果と実験値との比較を示す。従来の PHITS(ver.3.0)の計算値（黒線）は実験値に比べ OES が強く現れている。一方、BSFG を用いた計算（赤線）では OES が抑制され、実験値の再現性が向上することが分かった。他の反応でも同様な結果が得られており、詳細は当日報告する。

本研究は、総合科学技術・イノベーション会議が主導する革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) の一環として実施したものです。

参考文献

- [1] T. Sato, Y. Iwamoto, *et al.*, J. Nucl. Sci. Technol. 55, 684-690 (2018).
- [2] A. Gilbert, A.G.W. Cameron, Can. J. Phys. 43 (1965) 1446.
- [3] T. von Egidy and D. Bucurescu, Phys. Rev. C 72, 044311 (2005); 73, 049901(E) (2006).

*Shunsuke Sato¹, Yukinobu Watanabe¹, Tatsuhiko Ogawa^{2,3} and Koji Niita⁴

¹Kyushu Univ., ²JAEA, ³CEA, ⁴RIST

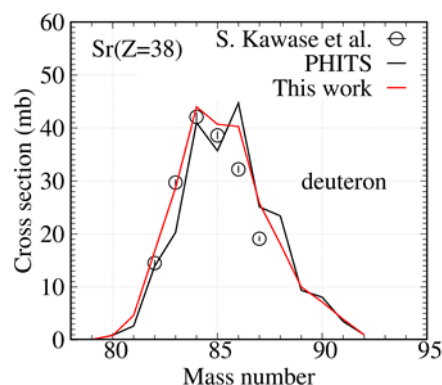


図1 ⁹³Zr に対する 209MeV/u 重陽子入射反応による Sr 同位体生成断面積