

LLFP 安定核種化・短寿命化のための核変換法の開発

(13) LLFP 核種に対する陽子・重陽子入射同位体生成反応の PHITS 計算

Development of nuclear transmutation methods for converting LLFP into stable or short-lived nuclides

(13) PHITS calculation of isotopic production cross sections for
proton- and deuteron-induced reactions on LLFP nuclides

*佐藤 俊輔¹, 渡辺 幸信¹, 小川 達彦², 仁井田 浩二³

¹九州大学,²日本原子力研究開発機構,³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の陽子・重陽子入射核破碎反応による同位体生成断面積データに対し、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) を用いて解析を行った。PHITS(ver.2.88)の計算は概ね実験値を再現できるが、いくつか不一致が生じており、ここでは不一致に対する GEM の解析結果およびその改良について報告する。

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, 核内カスケードモデル

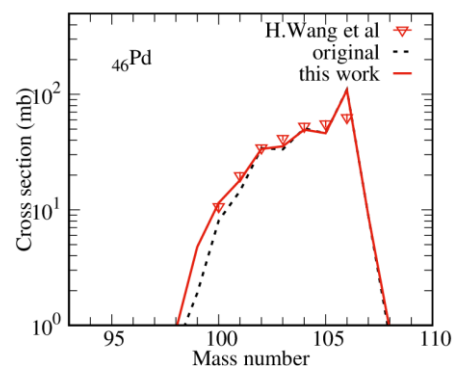
1. 緒言

核変換技術の確立に向け、LLFP 核種 (^{93}Zr , ^{107}Pd 等) 及び代表的な FP 核種 (^{90}Sr , ^{137}Cs) に対し、核子あたり 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てきた。これらの実験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] による計算と比較した結果、①同位体生成断面積が中性子数の偶奇に応じて変動する even-odd staggering 効果が計算に強く表れる、また、②中性子欠乏領域で実験値を過小評価する問題が見られた。①については、蒸発成分を取り扱う GEM モデルに非束縛状態での粒子とガンマ線の放出競合を考慮することで改善した[2]。本研究では、GEM の逆反応断面積に着目して、②の原因究明を主として行った。

2. 理論モデル解析結果

GEM は、逆反応断面積に Dostrovsky[3]らによる全反応断面積の経験式を使用している。この経験式は、特に低エネルギー領域での全反応断面積の実験値や光学模型計算結果の再現性が悪いことがわかっている。一方、PHITS の INCL 計算では中性子及び陽子の全反応断面積に仁井田の経験式[4]が使用されている。モデル間の整合性の観点からも、今回 GEM の逆反応断面積に仁井田の経験式を使うことにした。右図に、 ^{107}Pd に核子当たり 200 MeV の重陽子を入射して生成された Pd 同位体の生成断面積の結果を示す。従来の PHITS(ver.2.88)の計算値 (破線) は実験値に比べ中性子欠乏領域を過小評価している。一方、仁井田経験式を用いた計算結果 (実線) では、中性子放出量が増加したことで実験値により近づくことが分かった。

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, K. Niita, *et al.*, J. Nucl. Sci. Technol. 50:9, 913 (2013).
- [2] 佐藤, 他, 日本原子力学会 2017 春の年会, 3E12, 平塚市, 2017 年 3 月
- [3] I. Dostrovsky, *et al.*, Phys. Rev. 116, 683 (1959).
- [4] K. Niita, Proc. of the 1999 Nuclear Data Symp.; JAERI-Conf 2000-005 (2000), p.98.

*Shunsuke Sato¹, Yukinobu Watanabe¹, Tatsuhiko Ogawa² and Koji Niita³

¹Kyushu Univ., ²JAEA, ³RIST