

LLFP 安定核種化・短寿命化のための核変換法の開発 (14)微視的理論を用いた断面積計算

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

(14) Calculation of cross sections based on microscopic theories

*中務 孝¹, 江幡修一郎², 緒方一介³, 蓑茂工将³, 鷲山公平¹

¹筑波大学, ²北海道大学, ³大阪大学

ImPACT では、理研の RIBF を用いて長寿命核分裂生成物 (LLFP) のデータ取得を目指しているが、限られたエネルギー点からその全貌を明らかにするためには、理論的研究が不可欠である。原子核密度汎関数理論に基づいた核構造の微視的研究を用いた微視的核反応モデルを構築し、核反応断面積の計算を実行する。

キーワード : ImPACT, 密度汎関数理論, 微視的核反応モデル、集団模型

1. 目的

長寿命核分裂生成物 (LLFP) 核種の性質は、実験データも稀少であり、まだ未解明な内容が多い。これに対して、ImPACT の本プロジェクトでは、理研 RIBF において LLFP の陽子・重陽子入射反応断面積を測定し、核破碎反応による同位体生成断面積データを取得している。しかし、あらゆるエネルギー領域においてデータを取得することは困難であり、LLFP 反応断面積に関わる全貌を明らかにするためには、理論的研究が不可欠である。そこで我々は、理論モデルの高精度化を目指した開発を行っている。

2. 微視的集団模型

原子核密度汎関数理論を用いた系統的計算[1]から、LLFP 核種の特徴の一つとして、原子核形状が非常に不安定な領域、すなわち球形と変形の境目に多く存在することがわかった。このような核種では、その核構造を精密に計算するためには、核形状の量子揺らぎ効果を取り入れることが重要である。そのため、これを目指した新しい核構造理論モデルの開発を進めている。密度汎関数理論を基礎とした微視的な集団模型構築により、形状揺らぎを取り入れる。開発途中の段階であるが、現段階で抽出可能ないくつかの構造情報を引き出し、それを核反応モデルへのインプットとして利用した。

3. 微視的核反応模型

微視的模型として、連続状態離散化チャネル結合法 (CDCC) を用いた解析を実行した。原子核の構造データとしては上記の密度汎関数計算によるものを用いて、重陽子・原子核反応の微視的標準モデルとしての CDCC 法を確立させた。これを用いて、重陽子・原子核全反応断面積について、PHITS に組み込まれているデータを大幅に刷新することができた[2]。また、時間依存密度汎関数理論に基づく微視的ガンマ線強度関数から CCONE を用いて中性子捕獲断面積の評価を行い、JENDL-4.0 との比較を実施した。

4. 付記

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] S. Ebata and T. Nakatsukasa, Phys. Scr. 92, 064005 (2017).

[2] K. Minomo, K. Washiyama, and K. Ogata, J. Nucl. Sci. Tech., 54, 127 (2017).

*Takashi Nakatsukasa¹, Shuichiro Ebata², Kazuyuki Ogata³, and Kosho Minomo³, Kohei Washiyama¹

¹Univ. of Tsukuba, ²Hokkaido Univ., ³Osaka Univ.