

高エネルギー粒子輸送計算における核分裂確率の統一的記述

Unified description of the fission probability of the high-energy particle transport calculation

*岩元 大樹¹、明午 伸一郎¹

¹原子力機構 J-PARC センター

核内カスケードモデル INCL4.6 及び Prokofiev の陽子入射核分裂断面積系統式をもとに核分裂確率を記述するモデルを提案し、このモデルを粒子輸送計算コード PHITS に組み込まれている脱励起計算コード GEM の高エネルギー核分裂モデルに適用した。

キーワード：高エネルギー核分裂、核分裂確率、核分裂断面積、サブアクチノイド、脱励起モデル、核内カスケードモデル、PHITS

1. 緒言

放射線挙動解析コード PHITS^[1]は、加速器駆動核変換システムや核破砕中性子源施設等における放射能・被曝線量評価および施設の遮蔽設計に重要な役割を演じるが、PHITS の核破砕反応を記述するモデル INCL4.6/GEM^[3]は核分裂生成物の収量を大幅に過小評価することが知られており^[2]、モデルの高度化が求められている。本研究では、核分裂生成物の収量予測に重要なパラメータとなる「核分裂確率」を現象論的に記述するモデルを提案し、このモデルを高エネルギー核分裂モデルに適用した。

2. 提案モデル

高エネルギー核分裂は、脱励起過程を粒子蒸発と核分裂の確率的な競合過程とみなすマルチチャンス核分裂モデルで記述されるが、核分裂確率を求めるための粒子崩壊幅及び核分裂崩壊幅を記述する理論は、複雑な割には確立されたものとは言い難く、崩壊幅理論の複雑さは予測精度の向上を困難にさせている。そこでここでは、崩壊幅ではなく、Prokofiev^[4]による陽子入射核分裂断面積系統式に着目し、核内カスケード過程計算コード INCL4.6 及び Prokofiev の系統式をもとに核分裂確率を推定した。具体的には、INCL4.6 から励起エネルギーと入射エネルギー及び放出粒子数の関係式を求め、これと Prokofiev の系統式から、核分裂確率を励起核種(Z,A)及び励起エネルギーの関数として表し、これを PHITS の高エネルギー核分裂モデルに適用した。図 1 に、陽子入射、中性子入射及び重陽子入射に対する核分裂断面積解析値と実験値の比較の例を示す。

3. 結言

実験値との比較の結果、提案したモデルは、入射エネルギーが閾値から GeV 領域に対して、広範囲の標的核(Z,A)にわたり、陽子、中性子、及び重陽子入射核分裂断面積実験値をよく再現し、核分裂収量の予測精度を従来モデルよりも大幅に向上できることが示された。

参考文献

[1] T. Sato *et al.* J Nucl Sci Technol. 2018;55:529-533. [2] Y. Iwamoto *et al.* J. Nucl. Sci. Technol. 2017;54:617-635. [3] Y. Furihata. Nucl Instr and Meth in Phys Res A 2000;171:251-258. [4] A.V. Prokofiev. Nucl Instr and Meth in Phys Res A. 2001;463:557-575.

*Hiroki Iwamoto¹, Shin-ichiro Meigo¹

¹J-PARC Center, Japan Atomic Energy Agency

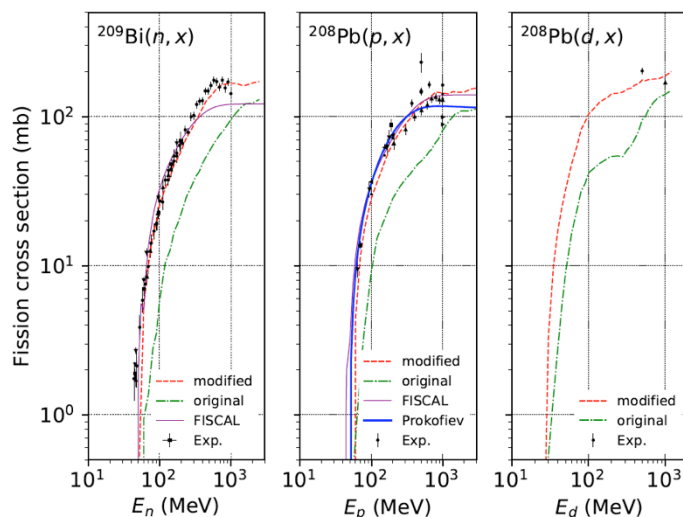


図 1 中性子、陽子、及び重陽子入射核分裂断面積