

中間エネルギーの(p,n)スペクトルにおけるアイソバリックアナログ共鳴の寄与

Contribution of Isobaric Analog Resonance to (p,n) Spectra at Intermediate Energies

*橋本 慎太郎¹, 佐藤 達彦¹, 仁井田 浩二²

¹原子力機構, ²高度情報科学技術研究機構

中間エネルギー（数 100MeV）の (p,n)スペクトルに対するアイソバリックアナログ共鳴やガモフテラー共鳴の寄与を評価するモデルを開発し、粒子・重イオン輸送計算コード PHITS に組み込むことで放出中性子スペクトルの再現性を向上させた。

キーワード：PHITS、粒子輸送計算コード、アイソバリックアナログ共鳴、核内カスケードモデル

1. 緒言

加速器施設等の放射線遮へい計算において、PHITS[1]を始めとする様々な放射線挙動を模擬できる粒子輸送計算コードが利用されている。これらのコードにおいて、中間エネルギー（数 100MeV）の陽子入射反応は INCL[2]などの核内カスケードモデルで模擬されており、様々な標的核の反応で放出される中性子のスペクトルを良く再現することが確認されている。しかし、入射エネルギーから数 10MeV 低いエネルギー領域で、前方の(p,n)スペクトルが過小評価されることが指摘されていた[3]。

2. 計算手法

INCL が過小評価を示す領域は、(p,n)反応の残留核が数 10MeV の励起エネルギーを持つ状態と対応する。この励起エネルギーの領域にはアイソバリックアナログ共鳴やガモフテラー共鳴が含まれており、(p,n)スペクトルにもこれらの共鳴の寄与がピーク構造を示すことが知られている[4]。しかし、原子核の量子力学的な運動や集団運動を考慮していない INCL では、これらの共鳴が関与するピーク構造を記述することができない。そこで、Evaluated Nuclear Structure Data File (ENSDF)[5]に採録されている共鳴状態のエネルギー準位を基にした共鳴断面積モデルを開発し、INCL による結果と組み合わせることで(p,n)スペクトルの再現性を向上させる新規モデルを開発した。ただし、各共鳴断面積の幅と強度は十分に調査されていないため、共鳴断面積モデルではこれらをフィッティングパラメータとして扱い、実験値を再現するように決定した。

3. 結果・考察

図 1 に、共鳴断面積モデルを用いて PHITS により計算した 256MeV の(p,n)スペクトルを示す。中性子のエネルギーが 150 から 230MeV の領域では、実験値（黒丸）[6]を INCL の結果（点線）が過小評価している。本研究で考慮した共鳴状態は数 10MeV の励起エネルギーをもっているため破線のピーク構造を示し、これを INCL と組み合わせた結果（実線）は実験値を再現できている。この開発したモデルを用いることで、PHITS による遮へい計算の精度が向上することが期待される。

参考文献

- [1] T. Sato et al., J. Nucl. Sci. Technol. 50, 913 (2013).
- [2] A. Boudard et al., Phys. Rev. C87, 014606 (2013).
- [3] Y. Iwamoto et al., J. Nucl. Sci. Technol., in press (2017).
- [4] W. Scobel et al., Phys. Rev. C41, 2010 (1990).
- [5] J.K. Tuli, Evaluated Nuclear Structure Data File, BNL-NCS, 51655-01/02-Rev (2001).
- [6] M.M. Meier et al., Nucl. Sci. and Eng. 110, 289 (1992).

*Shintaro Hashimoto¹, Tatsuhiko Sato¹, Koji Niita²

¹IAEA, ²RIST

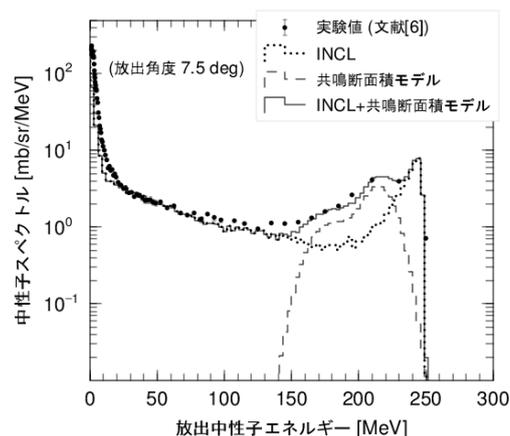


図 1. 256MeV の陽子を鉛に照射した場合の中性子スペクトル。