

1 粒子波動関数に基づく運動量分布を利用した PHITS における核内カスケードモデルの改良

Improvement of intra-nuclear cascade model implemented in PHITS
using momentum distribution based on one-particle wave functions

*橋本 慎太郎¹, 佐藤 達彦¹

¹原子力機構

核内カスケードモデル INCL における核子運動量分布を 1 粒子波動関数に基づいて改良し、陽子による核子ノックアウト反応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、核内カスケードモデル、ノックアウト反応

1. 緒言

粒子・重イオン輸送計算コード PHITS[1]に組み込まれた汎用の核内カスケードモデル INCL[2]は、数 10MeV から数 GeV のエネルギー領域における核子入射反応を精度良く再現する。しかし、INCL は陽子を入射させた際の核子ノックアウト反応を過大評価する傾向があり、これが標的表面の核子の運動量分布に起因していると指摘されている[3]。そこで、INCL における運動量分布の役割を分析すると共に、PHITS による計算精度向上を図るため、INCL の改良を進めた。

2. 計算手法

図 1 に実線で示したのが、INCL における ^{56}Fe の表面領域(4-6fm)の核子をもつ運動量分布である。1.3[1/fm]にピークをもつ特徴的な分布となっており、従来よく知られたフェルミガスマodelの一様分布(図 1 点線)と大きく異なっている。本研究では、標的中の核子の振る舞いを 1 粒子波動関数で記述し、その空間分布をフーリエ変換して求めた運動量分布を導入した。ただし、核子ノックアウト反応に関与する外殻核子のみを置き換え、中性子生成等に関与する内殻核子は従来の INCL の分布を用いた。図 1 の破線が、外殻核子を 1 粒子波動関数で置き換えた場合の ^{56}Fe 表面にある核子の運動量分布である。ここで、 ^{56}Fe にある 26 個の陽子の内、20 個を内殻核子とし、6 個が $1f_{7/2}$ の外殻に属するとした。 $1f_{7/2}$ の波動関数は、良く知られた Woods-Saxon 型のポテンシャルパラメーターを用いて求めた。

3. 結果・考察

図 2 に、 ^{56}Fe 標的における陽子入射時の陽子ノックアウト反応の入射エネルギー依存性を示す。実験値を黒丸で示しており、INCL と改良したモデルの結果を実線と破線でそれぞれ示した。INCL は 500MeV 以上のエネルギー領域で実験を過大評価している。一方、改良モデルでは 1 粒子波動関数を加えた結果、相対的に高運動量の成分が減少しており、陽子ノックアウト反応が抑制され実験値を再現している。

参考文献

- [1] T. Sato et al., J. Nucl. Sci. Technol. 55, 684-690 (2018).
- [2] A. Boudard et al., Phys. Rev C87, 014606 (2013).
- [3] K. Ogata, arXiv:1801.09994v1[nucl-th] (2018).

*Shintaro Hashimoto¹ and Tatsuhiko Sato¹

¹JAEA

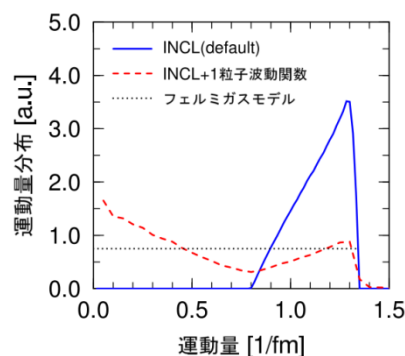


図 1. ^{56}Fe の表面領域(4-6fm)の核子をもつ運動量分布。

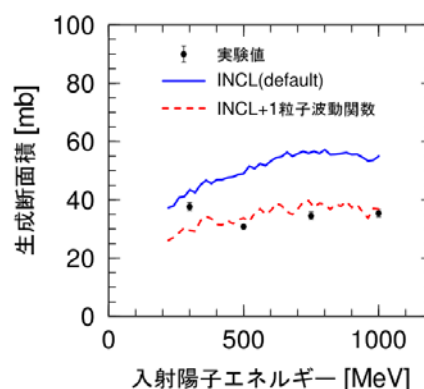


図 2. $^{56}\text{Fe}(p,2p)^{55}\text{Mn}$ 反応の入射エネルギー依存性。