

核データを用いた PHITS の計算結果における系統誤差の評価

Estimation of systematic uncertainty in calculated results by PHITS with nuclear data

*橋本 慎太郎¹, 岩本 修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

粒子・重イオン輸送計算コード PHITS を用いた放射線輸送計算による評価済み核データライブラリの不定性に起因する系統誤差を評価する手法を開発し、中性子の遮へい計算の結果に伴う系統誤差を評価した。

キーワード：PHITS、粒子輸送計算コード、核データライブラリ、系統誤差

1. 緒言

放射線の挙動を模擬することができる粒子・重イオン輸送計算コード PHITS[1]は、加速器施設の遮へい計算等に利用されている。PHITS には他のモンテカルロ計算コードと同様に、計算に用いた試行回数に伴う統計誤差を評価する機能が備わっており、その計算結果の信頼性を確認できる。しかし、核データや核反応モデルで模擬している核反応については数%から数 10%の不定性が含まれていることが知られており[2]、この不定性が最終的な計算結果に与える影響を系統誤差として評価する手法が求められていた。

2. 計算手法

核反応の不定性が放射線輸送計算の結果に与える影響を解析する手法として、Koning らが提案した Total Monte Carlo 法がある[3]。この手法は、核反応モデル TALYS の核子間相互作用等のパラメータを変化させて数千の核データライブラリを用意し、使用するライブラリによる輸送計算の結果の変動を核反応由来の系統誤差として評価する。しかし、数千ものライブラリを計算する条件によって毎回用意するのは難しい。そこで、本研究では、核データライブラリとして JENDL-4.0[2]を使用し、共分散（断面積の不定性）の値の範囲内で断面積を増減させて擬似的に複数のライブラリを用意する手法を採用した。ここで、断面積の増減は乱数で決定し、得られた各々の断面積で PHITS による放射線輸送計算を実行した。複数の計算結果は使用した断面積によって変動するため、その変化量を共分散由来の系統誤差として評価した。

3. 結果・考察

PHITS コードで 20MeV 中性子を 50cm 厚の鉄材に照射した場合の輸送計算を行い、深さ方向の中性子フルエンス分布を計算した結果を図 1 に示す。統計誤差は 0.2%以下となるよう試行回数を設定しており、本研究で開発した手法で評価した系統誤差は図中で誤差棒として示す。JENDL-4.0 で評価された鉄標的における全断面積の共分散の値は約 4%であるが、今回評価した系統誤差は中性子の散乱が少ない 0cm（表面）付近のフルエンスに対しては約 2%で、多数の散乱が関与する深さ 50cm 付近においては約 5%と増加する傾向が確認できた。

参考文献

- [1] T. Sato et al., J. Nucl. Sci. Technol. 50, 913(2013).
- [2] K. Shibata et al., J. Nucl. Sci. Technol. 48, 1(2011).
- [3] A.J. Koning and D. Rochman, Ann. Nucl. Energy 35, 2024-2030 (2008).

*Shintaro Hashimoto¹, Osamu Iwamoto¹, Tatsuhiko Sato¹, Koji Niita²

¹JAEA, ²RIST

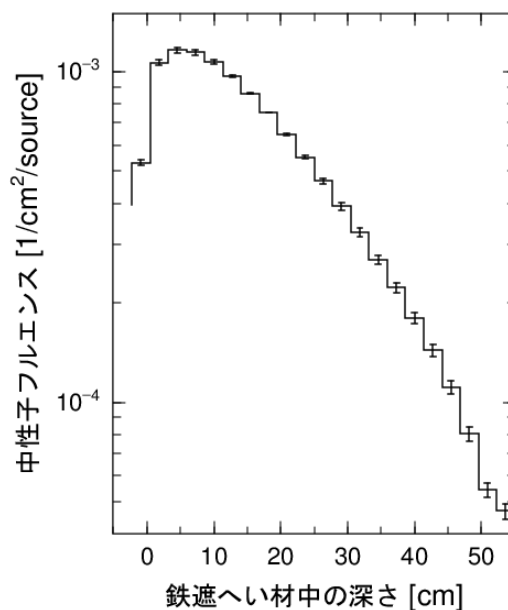


図 1. 20MeV 中性子を鉄材に照射した場合の中性子フルエンス