

核反応断面積モデルを用いた 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 reaction cross section model

*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おいて核反応断面積モデル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、核反応断面積モデル、系統誤差

1. 緒言

粒子・重イオン輸送計算コード PHITS[1]は、様々な放射線挙動を模擬することができるため、加速器施設の遮へい計算等の広い分野で利用されている。PHITS では、他のコードと同様、計算結果の信頼性を確認するため、計算に用いた試行回数に伴う統計誤差を評価できる。しかし、核反応を模擬するために PHITS に組み込まれた断面積モデルや核データには数%から数 10%の不定性が含まれており[2]、この不定性が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

我々は、Koning らが提案した Total Monte Carlo 法[3]の考え方を基にし、20MeV 以下の中性子の全断面積データに含まれる不定性が遮へい計算の結果に与える影響を評価する機能を開発した[4]。この機能では、断面積データの不定性の範囲内で断面積を増減させ、擬似的に複数の断面積データ群を用意する手法を用いる。断面積の増減は乱数により決定し、各々の断面積データ群で PHITS による放射線輸送計算を実行する。計算結果は使用した複数の断面積によって変動するため、その変化量を核データ由来の系統誤差として評価する。本研究では、20MeV 以上の中性子の輸送に関与する核反応断面積モデルの不定性を評価し、その範囲内で断面積を増減させた複数の計算を実行することで、高エネルギー中性子の遮へい計算においても系統誤差を評価できるよう機能を拡張した。

3. 結果・考察

PHITS で100MeV 中性子を 50cm 厚の鉄材に照射した場合の輸送計算を行い、95MeV 以上の中性子フルエンスの深さ分布を求めた結果を図 1 に示す。統計誤差が 1% 以下となるよう試行回数を設定し、誤差棒は本手法で評価した系統誤差を示している。鉄と中性子の全断面積は数 10MeV の領域で誤差が大きく、これを参照して求めたモデルの不定性はプラス側に約 10%、マイナス側に約 30% となった。遮へい計算ではこの不定性が積み重なってフルエンスに影響を与える。中性子の散乱が少ない 10cm のフルエンスの誤差は +10%、-3% 程度と小さいが、多数の散乱が関与する深さ 50cm においては +250%、-30% 程度に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] H. Iwamoto et al., J. Nucl. Sci. Technol., in press (2016).
 [3] A.J. Koning and D. Rochman, Ann. Nucl. Energy 35, 2024-2030 (2008).
 [4] 橋本慎太郎 他, 日本原子力学会, 2016 年春の年会[3J05], 2016 年 3 月

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

¹JAEA, ²RIST

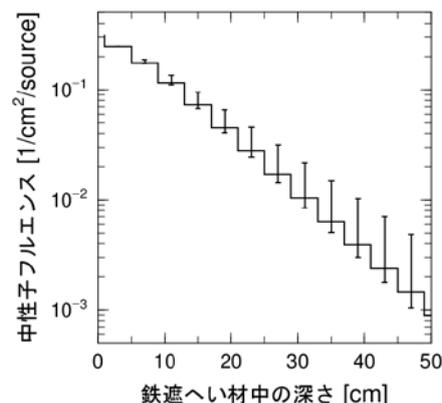


図 1. 100MeV 中性子を鉄材に照射した場合の 95MeV 以上の中性子フルエンス