

D1S法を用いた停止後線量率評価システムの開発

Development of shut-down dose rate evaluation system using D1S method

*岡本 力¹, 杉田 武志¹, 飯田 浩正², 梶原 健³

¹株式会社ナイス, ²株式会社 NAT, ³量子科学技術研究開発機構(QST)

核融合炉の停止後線量率評価を行うため、中性子輸送計算を行う際に、即発ガンマ線ではなく崩壊ガンマ線（放射化により生じた生成核種からのガンマ線）を同時に計算するシステム、Direct 1 Step (D1S)法を PHITS に実装した。

キーワード : PHITS, 停止後線量率, モンテカルロ法, 核融合

1. 緒言

核融合炉運転中に発生する中性子は機器（図1）のあらゆる箇所を放射化させてしまうため、運転停止後における崩壊ガンマ線の発生点は極めて多数あり、それら全ての点において放射化計算を行い、その結果得られる崩壊ガンマ線の全ての線スペクトルを線源とした輸送計算を行わなければならない^[2]。そのため、QST では核融合炉の停止後線量率評価に D1S 法を実装した改良版 MCNP を用いてきた。ただし、MCNP は一般的にはソースが公開されておらず、この改良版は ITER 計画を目的としているため使用許可を得ている。そこで、オープンソースである PHITS^[3]に同手法を実装し、他分野においても活用されることを目的とする。



図1. トカマク 40⁺ ITER ランチャー核解析モデル^[1]

2. 線量率評価システム

線量率評価システムの処理フローを図2に示す。NJOYによって作成されたACE形式ライブラリには即発ガンマ線情報が格納されており、その格納ブロックを中性子反応により生じる生成核種の崩壊ガンマ線情報に置き換えることで衝突点の反応率は保持されたまま崩壊ガンマ線の輸送計算が行えることになる。崩壊ガンマ線情報はPHITS-DCHAINに実装されているDECDC2を用いた。崩壊ガンマ線の収率に調整した粒子重み、運転停止後における線源強度の補正係数(Time Factor)を与えることができるようにPHITSの subroutine : prdgam (generate and bank photon from a neutron collision.)の改良を行った。

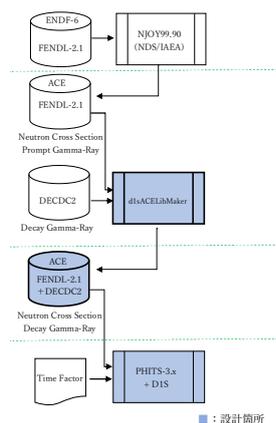


図2. 処理フロー

3. 検証計算

Co-59をターゲット核種として2MeVの中性子を入射した場合、D1Sモードに切り替えても中性子スペクトルは変化せずに(n,γ)反応によって生成するCo-60の崩壊ガンマ線(1.17, 1.33 MeV)の線スペクトルが発生することを確認した(図3)。

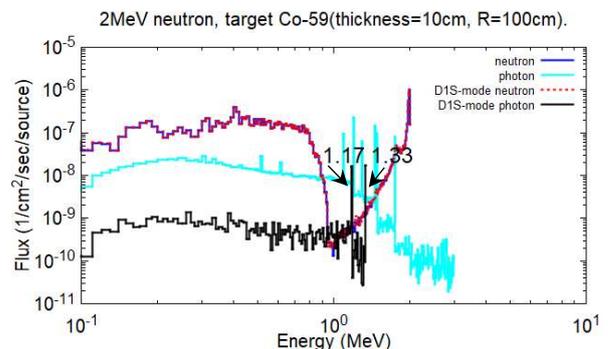


図3. 検証計算結果

参考文献

- [1] SuperMC 3.4.0, Super Multi-function Calculation Program for Nuclear Design and Safety Evaluation. , Copyright , FDS Team
 [2] 今野力, 核融合炉の核解析, J. Plasma Fusion Res. Vol.92, No.4 (2016) 261-265
 [3] Tatsuhiko Sato, Yosuke Iwamoto, Shintaro Hashimoto, Tatsuhiko Ogawa, Takuya Furuta, Shin-ichiro Abe, Takeshi Kai, Pi-En Tsai, Norihiro Matsuda, Hiroshi Iwase, Nobuhiro Shigyo, Lembit Sihver and Koji Niita
 Features of Particle and Heavy Ion Transport code System (PHITS) version 3.02, J. Nucl. Sci. Technol. 55(5-6), 684-690 (2018)

*Tutomu Okamoto¹, Takeshi Sugita¹, Hiromasa Iida², Ken Kajiwara³, ¹NAIS.Co.,Inc. , ²NAT.Co.,Ltd. , ³QST