

トリウム利用原子炉の核特性不確かさ解析

Uncertainty analysis of neutronics characteristics in thorium loaded reactor core

*佐野忠史, 堀順一, 高橋佳之, 宇根崎博信

京都大学原子炉実験所

トリウム装荷 BWR 及び溶融塩炉 (MSR) の臨界性、ドップラ反応度及び反応率比に対する感度解析及び不確かさ評価を実施した。この結果、トリウム利用原子炉では軽水炉に比べると不確かさが一桁程度大きく、炉心設計上大きな影響を与えることが明らかとなった。

キーワード: トリウム、核特性、感度係数、不確かさ、断面積共分散

1. 緒言

原子炉システムの成立性を工学的に議論する上で、臨界性、転換率、燃料バランスなど、炉心核特性パラメータの精度・信頼性に関する検証・評価は不可欠である。トリウム利用原子炉については、核データライブラリにおける Th232 をはじめとする関連核種の断面積データの信頼性・不確かさの評価と、断面積データの不確かさが炉心核特性パラメータに及ぼす影響の両面において、ウラン・プルトニウム利用原子炉に比べて十分な研究開発が行われていないのが現状である。そこで本研究では、溶融塩燃料炉等を含むトリウム利用原子炉の炉心核特性に対する不確かさ評価を実施した。

2. 数値計算

代表的なトリウム利用原子炉としてトリウム装荷 BWR 及び溶融塩炉 (MSR) [1]及び比較対象としてウラン炉心の BWR を取り上げ、炉心設計上の重要な核特性パラメータである実効増倍率、ドップラ反応度及び各種反応率比に対する感度係数及び不確かさを評価した。ここで反応率比はウラン炉心 BWR では U235 核分裂率/U238 捕獲率、トリウム炉心では U233 核分裂率/Th232 捕獲率とした。断面積ライブラリは JENDL-4.0 を用い、感度係数は一般化摂動理論に基づく感度係数計算コード SAGEP を用いた。得られた感度係数及び断面積共分散を用いて核特性に対する不確かさ評価を実施した。

3. 結論

表 1 に得られた各核特性の不確かさを示す。特に実効増倍率に着目すると、その不確かさがウラン炉心では 0.316%dk/k であるのに対し、BWR トリウム炉心で 2.793%dk/k、MSR 炉心で 4.643%dk/k と一桁大きな不確かさが存在する。ドップラ反応度や反応率比についてもトリウム燃料を装荷することで、実効増倍率と同様に大きな不確かさを有する。これらのトリウム炉心核特性の不確かさは燃料形態や炉型によらず、ウラン炉心よりも大きな値である。実効増倍率やドップラ反応度は炉心の安全性に直接寄与するパラメータであり、反応率比 (U233 核分裂率/Th232 捕獲率) は U233 の生成量の指標となるため、この不確かさは核燃料サイクルや原子力システムのマスバランスへ大きな影響を与える。これらの不確かさの原因は主に核データライブラリの Th232 捕獲断面積誤差であることから、トリウム利用を行うにあたっては Th-232 断面積の高精度化が喫緊の課題であること

表 1 各核特性の不確かさ

核特性\炉心	BWR	トリウム装荷BWR	MSR
実効増倍率	0.316*	2.793	4.643
ドップラ反応度	1.497**	17.58	7.26
反応率比	1.168~1.120**	9.762~9.770	11.4

*% dk/k, **%

が明らかとなった。

参考文献

[1] R. C. Robertson, et. al., ORNL-4541, (1971)

*Tadafumi Sano, Jun-ichi Hori, Yoshiyuki Takahashi, Hironobu Unesaki

Kyoto University Research Reactor Institute.