

高次化 Pu・MA 管理のための高速炉炉心の検討

(5) SiC 構造材による反応度係数改善の物理的メカニズム

Study on Fast Reactor Core to Manage Degraded Plutonium and Minor Actinoid

(5) Interpretation of Reactivity Coefficient Improvement by the Silicon Carbide Structural Material

*毛利 哲也¹, 杉野 和輝¹, 大木 繁夫¹

¹日本原子力研究開発機構

高次化 Pu・MA 燃焼のための高速炉炉心に SiC 構造材を使用した場合の反応度係数改善の物理的メカニズムについて、断面積に対する感度係数を用いて分析した。

キーワード：高速炉、高次化プルトニウム、マイナーアクチノイド、炭化ケイ素、反応度係数、感度係数

1. 緒言

高次化 Pu・MA 燃焼のための高速炉炉心概念のこれまでの検討において、SiC 構造材の使用による反応度係数改善方策により、TRU インベントリを減少させる原理的可能性を見出している^[1]。本検討では、SiC 構造材を使用することで反応度係数が改善される物理的なメカニズムについて分析した。

2. 感度係数を用いた分析

高速炉の被覆管やラップ管に従来から使用が検討されている ODS フェライト鋼などの鉄等をベースとした構造材(以下、鋼構造材)が SiC 構造材に置換されることを想定して、その際の反応度の相対変化率を拡散理論に基づく感度係数を用いて分析した。その結果、主要な反応度係数であるドップラ反応度及び Na ボイド反応度ともに、鋼構造材に含まれる Fe-56 等や SiC 構造材に含まれる C-12、Si-28 の散乱断面積や中性子捕獲断面積の寄与が大きいことが分かった。

次に、寄与の大きい Fe-56 と C-12 の弾性散乱断面積(以下、 $\sigma_{e,Fe}$ 及び $\sigma_{e,C}$)に着目し感度係数を成分毎に分解した。

ドップラ反応度については中性子束成分が大半を占めており、また $\sigma_{e,Fe}$ 減少の寄与を $\sigma_{e,C}$ 増加の寄与が上回る結果が得られた。Fe-56 に比べて C-12 の方が中性子を減速する効果が高いことから、中性子スペクトルが軟化することでドップラ反応度が増加することを確認した。

Na ボイド反応度については、図 1(a)に示すように $\sigma_{e,Fe}$ 減少は主に直接成分により、図 1(b)に示すように $\sigma_{e,C}$ 増加は主に間接成分(中性子束成分及び随伴中性子束成分)により、反応度が低下するとの結果が得られた。Na ボイド反応度に対する弾性散乱の直接成分は中性子漏洩の変化が反応度に与える影響を表している。C-12 に比べて Fe-56 の方が中性子を反射し漏洩を防ぐ効果が高いことから、直接成分は $\sigma_{e,Fe}$ 減少の方が大きくなる。一方で前述のように Fe-56 に比べて C-12 の方が中性子を減速する効果が高いことから、間接成分は $\sigma_{e,C}$ 増加の方が大きくなる。よって、 $\sigma_{e,C}$ 増加による中性子スペクトル軟化と随伴中性子束のエネルギー勾配が緩やかになることに加え、 $\sigma_{e,Fe}$ 減少による中性子漏洩の増加が Na ボイド反応度の低下に寄与することを確認した。

3. 結言

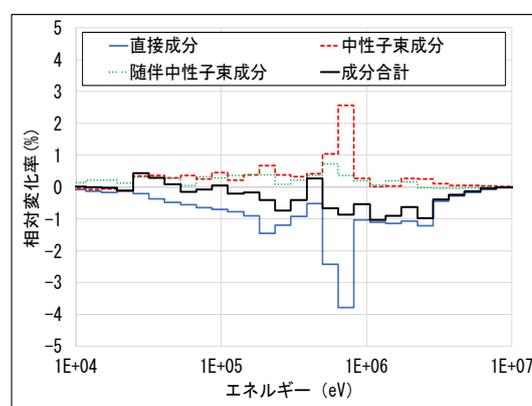
高次化 Pu・MA 燃焼のための高速炉炉心に SiC 構造材を使用した場合の反応度係数改善の主要な物理的メカニズムとして、Fe-56 から C-12 への置換による中性子スペクトル軟化がドップラ反応度の増加、Na ボイド反応度の低下に大きく寄与していることに加え、Na ボイド反応度の低下については中性子漏洩の増加も寄与していることを明らかにした。

参考文献

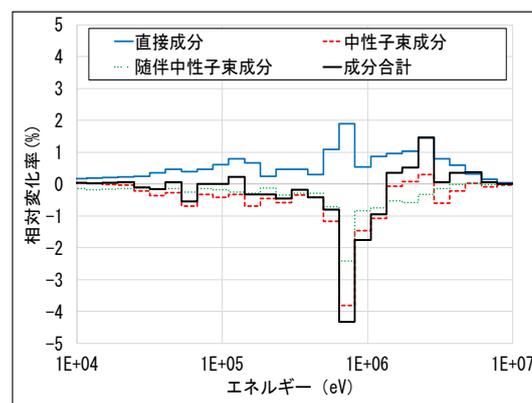
[1] 曾我他, 日本原子力学会 2018 年春の年会, 3F06.

*Tetsuya Mouri¹, Kazuteru Sugino¹ and Shigeo Ohki¹

¹Japan Atomic Energy Agency.



(a) Fe-56弾性散乱



(b) C-12弾性散乱

図1 Naボイド反応度の相対変化率