

ABWR MOX ベンチマーク問題による設計コードの検証
(2) 設計コードの検証結果

Verifications of design codes using ABWR MOX benchmark problems

(2) Verification results of design codes

吉 一仁¹, 中居 倫宏¹, *笹川 勝², 山名 哲平², 東條 匡志², 岩本 達也², 池原 正²
¹電源開発, ²GNF-J

連続エネルギーモンテカルロ計算コード MCNP を参照解とした ABWR 全炉心ベンチマーク問題を全ウランから全 MOX に至る炉心条件の下に設定し, MOX 燃料装荷炉心に対する BWR 設計コードの妥当性を確認した。更に炉物理的な観点に立った差異の要因分析による BWR 設計コードのモデル検証を実施した。
キーワード: ABWR, MOX, 全炉心ベンチマーク, MCNP, 検証および妥当性確認

1. 緒言

フル MOX-ABWR における設計コード(燃料集合体核計算コード HINES, 三次元沸騰水型原子炉模擬計算コード PANACH)は, 実機炉心の運転管理等に使用され, 適用性は確認されている。^{1) 2)} 本稿(2)では, 連続エネルギーモンテカルロ計算コード MCNP を用いた全炉心ベンチマーク評価により, 全ウランから全 MOX に至る炉心条件での設計コードの妥当性確認の結果を報告する。

2. ベンチマーク評価について

表 1 に炉心パラメータに対する設計コードと MCNP の差異の各炉心(全ウラン, 1/3MOX, 全 MOX)の傾向の評価結果を示す。全ウラン炉心~全 MOX 炉心のいずれのパラメータも, 設計コードと MCNP の差異は, 実機に対する実績評価精度, あるいは炉心設計・安全評価での想定余裕の範囲内であり, 設計コードは, フル MOX-ABWR に適用できることを確認した。

なお, バンドル出力(径方向, 軸方向分布), 炉心内燃料棒出力分布, 制御棒値については, やや系統的な差異がみられた。これらに対する要因分析についてはその(3),(4),(5)で報告する。

表 1 各炉心(全ウラン, 1/3MOX, 全MOX)での設計コードとMCNPの差異

炉心パラメータ	MCNP ^{*3} (基準)と設計コードの差異 各炉心(全ウラン, 1/3MOX, 全MOX)の傾向	備考
バンドル出力(径方向分布)	チャンネル出力RMSは1~3% (1/3MOXでやや誤差が大きくなる傾向) ^{*2}	実機評価精度と同等
バンドル出力(軸方向分布)	軸方向ボイド率が3領域で離散的に変化する、 誤差評価上厳しい問題設定にもかかわらず 軸方向出力RMSは5%程度 ^{*2}	径方向と軸方向を合わせた3次元 ノード出力の誤差RMSとしては6%程 度(実機評価精度と同程度)
炉心内燃料棒出力分布 (高出力燃料棒の出力)	相対誤差は, 全ウラン, 全MOXでは1%程度、 ミスマッチが大きい1/3MOX炉心は6%程度 ^{*2}	1/3MOXの差異は炉心設計自由度等で 吸収できる程度
制御棒値 (COLD 1本引抜値)	最大値制御棒反応度差は0.1%Δk以内 (但し, やや系統的な誤差傾向あり) ^{*2}	RIA評価で想定の本値に対する計 算誤差余裕と同程度
ポロン値 (B=0→850ppm)	相対誤差3%以内(やや過少評価側)	3次元SLC評価想定 (参考文献(2))とも整合
ボイド反応度 ^{*1} (V=40→0%, V=40→70%)	相対誤差10%以内	安全評価・ボイド係数保守ファクタ 25%より十分小さい
ドブブラ反応度 ^{*1} (燃料温度=定格→1500℃)	過小評価側 (DBRC効果あり基準で, 相対誤差16%以内)	ドブブラ反応度が支配的な安全評価 上は保守側
β ^{*1}	相対誤差4%以内	RIAへほとんど影響ない程度
l (即発中性子寿命) ^{*1}	相対誤差7%以内	RIAへほとんど影響ない程度

^{*1} 格子計算コード(HINES)単独の検証結果, ^{*2} 後段の(3)(4)(5)で差異の要因分析を実施
^{*3} MCNPの統計誤差 チャンネル出力: 0.3%, ノード出力: 1%, 炉心内燃料棒出力: 1%
制御棒値: 0.01%Δk, ポロン値: 0.1%, ボイド反応度: 0.5%, ドブブラ反応度: 0.7%
β: 0.6%, l: 0.1%

参考文献

[1] 日立 GE ニュークリア・エナジー HLR-006R2 (2008)
[2] 東北電力, 他 沸騰水型原子力発電所 ほう酸注入系における未臨界性評価手法の高度化について
(HINES/PANACH 版) (2007)
Kazuhito Yoshi¹, Michihiro Nakai¹, * Masaru Sasagawa², Teppei Yamana², Masayuki Tojo², Tatsuya Iwamoto², Tadashi Ikehara²
¹J-Power, ²GNF-J