

Gd 添加燃料の燃焼初期の焼きしまりと出力変化に対応したふるまい解析

Gd-doped fuel behavior analysis modifying densification model
and taking account of power change during low burnup

*太田 耕市¹, 亀山 高範¹
¹東海大学

Gd 添加燃料の照射データを基に、焼きしまりモデルの改良及び燃料ペレット内の径方向出力分布の追加により燃焼初期の Gd 添加燃料のふるまい解析の精度を向上した。

キーワード : Gd 添加燃料, 焼きしまり, ハルデン炉, FEMAXI-8, MVP-BURN

1. 緒言

原子力発電では燃料サイクルコストを低減するため、燃料の高燃焼度化が進められている。高燃焼度化にとともに ^{235}U 濃縮度は増加し、初期反応度が高くなるため、中性子吸収材である Gd を一部の燃料に添加して反応度を抑える必要がある。ノルウェー・ハルデン重水沸騰型試験炉 HBWR では、多様な計装装置でペレット中心温度・ペレット体積変化を測定可能である。HBWR を用いた経済協力開発機構(OECD)ハルデン計画の成果として、燃焼初期に UO_2 燃料と比べて Gd 添加燃料では、焼きしまりが小さく、出力・反応度変化が大きいことが報告されている^{[4][5]}。本研究では、ハルデン計画の実験データを基に Gd 添加燃料の焼きしまりモデルを改良し、中性子輸送計算から求めた径方向出力分布を燃料ふるまい解析コードに追加することによって、解析精度を向上する。

2. 解析方法

本研究では、JAEA により開発・配布されている軽水炉燃料解析コード FEMAXI-8^[1]と連続エネルギーモンテカルロ法中性子輸送計算コード MVP-3.0^[2]及び MVP-BURN^[3]を用いた。0wt%Gd, 2wt%Gd, 8wt%Gd 添加 UO_2 燃料の 3 種類を対象とし、これらの仕様を表 1 に示す。FEMAXI-8 に Gd 添加燃料の焼きしまりモデルを追加し、ペレット体積変化率が測定値を再現するよう調整した。MVP-BURN で各燃料棒の径方向の出力分布を計算した。MVP-BURN で計算した燃料ペレット内の径方向の出力分布(等体積 9 分割)を FEMAXI-8 に入力して燃料毎の径方向の温度分布を解析し、解析値を実験値と比較・検証した。

3. 結果

HBWR 照射中のペレット体積変化率を図 1 に示す。焼きしまりモデルは 8wt%Gd の場合 5MWd/kg UO_2 まで再現できた。MVP-BURN で計算した径方向の出力分布を図 2 に示す。径方向出力分布は燃焼が進むとともに、ペレット中心の相対出力の変化は小さく、外側の相対出力の変化は大きく、1~4MWd/kg UO_2 で相対出力は平坦化した。焼きしまりモデルと径方向出力分布を用いて FEMAXI-8 で温度解析した結果を図 3 に示す。8wt%Gd の場合では、燃料中心温度の解析値は実験値との差(1~100K)で一致した。二点の改良によって低燃焼度で Gd 添加燃料の温度解析の精度が向上した。

参考文献

[1] JAEA-Data/Code2018-016 [2] JAEA-Data/Code2016-019 [3] MVP-BURN 利用マニュアル 暫定版(Ver2.22)

[4] OECD Halden reactor project HWR-832 [5] OECD Halden reactor project HWR-1038

*OTA Koichi¹, KAMEYAMA Takatori¹

¹Tokai Univ.

表 1 燃料棒仕様

Rod	^{235}U 濃縮度 [wt%]	Gd添加濃度 [wt%]	ペレット半径 r_o [mm]
1	4.7	0.0	4.095
2	4.7	2.0	
3	2.8	8.0	

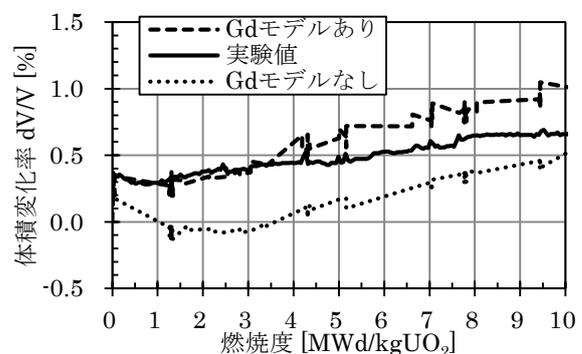


図 1 ペレット体積変化率 (8wt%Gd).

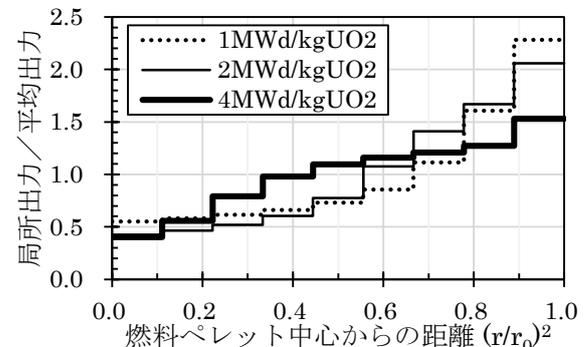


図 2 ペレット径方向の出力分布 (8wt%Gd).

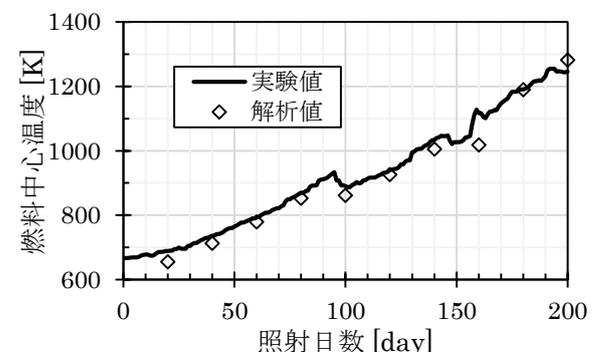


図 3 燃料ペレット中心温度の変化 (8wt%Gd).