

BWR 炉心の炉心内核種組成分布計算

Calculations of core distribution of isotopic compositions for BWR

*岩橋 大希、山本 徹、酒井 友宏
原子力規制庁長官官房技術基盤グループ

公開されているデータを利用して、燃料集合体の詳細仕様等を設定し、CASMO5及びORIGEN2.2により燃焼計算を行うことにより、BWR炉心の核種組成等の炉心内分布を評価した。また、得られた炉心全体の放射能及び崩壊熱を、今まで報告されている結果と比較し、その妥当性を確認した。

キーワード：BWR、炉心内核種組成分布、CASMO5、ORIGEN2.2、JENDL-4.0

1. 緒言

BWR炉心の炉心内の核種組成分布に関する知見を蓄積することは、事故後の炉心及び燃料の状況の把握並びにその後の燃料取出作業が臨界に与える影響を評価する上で重要である。また、福島第一原子力発電所の核種組成については西原ら¹⁾からORIGEN2.2による計算結果が公表されており、また岡本ら²⁾からMOSRAによる計算について報告されている。本研究の目的は、BWR炉心内の詳細な核種組成等の分布及び長期間の時間経過を評価することである。このため、燃料及び炉心について公開データが豊富な福島第一原子力発電所の1~3号機のデータを利用し、3種類の炉心に装荷されていた燃料集合体（以下「集合体」という。）を模擬する集合体モデルの仕様を設定し、西原らにより報告された燃料燃焼履歴等を利用し、CASMO5及びORIGEN2.2を用いて燃焼計算を実施した。さらに、炉心内燃料配置を模擬的に設定することによって、炉心内の核種組成分布を得た。

2. 集合体モデルの仕様の設定

各炉心に装荷されていた集合体の型式（9×9ウラン燃料、8×8ウラン燃料、MOX燃料）、集合体の幾何形状及び材料仕様、集合体平均濃縮度、最大Gd₂O₃濃度、集合体半径方向の燃料棒の濃縮度分布、それらを炉心に全数装荷した際のウラン重量等は公開されている福島第一原子力発電所のデータを参照し、集合体の高さ方向及び半径方向の燃料棒の濃縮度及びGd₂O₃濃度分布を含む集合体モデルの仕様を設定した。

3. 燃焼履歴の設定

炉心で燃焼したサイクル数が異なるウラン集合体及び3号機に装荷されたMOX集合体を区別した集合体平均燃焼度の燃焼履歴（1号機は6種類、2号機は5種類、3号機は6種類）は、西原らにより与えられた値を引用した。集合体の高さ方向（24ノード分割）の燃焼度分布は、集合体出力分布が燃焼を通じて一定だと仮定して、燃焼後燃料の照射後試験における燃焼度指標核種¹³⁷Csのガンマ線強度の燃料棒高さ方向の相対分布に比例するとした。これを集合体型式ごとに調査して設定した。また、代表的なBWR炉心の解析結果から、ノードごとに、出力とボイド率の相関関係を導出し、集合体高さ方向のボイド率分布を設定した。

4. 炉心の燃料配置の設定

前記の燃焼履歴を区別した集合体の炉心内での配置にあたり、BWR炉心の集合体配置の特徴である、炉心外周への高燃焼度燃料の配置、運転中に制御棒を挿入するコントロールセルの設置、燃焼度の異なる燃料の分散配置などを考慮して設定した。

5. 燃焼計算の結果

集合体モデルの仕様を利用し、燃焼履歴を区別した集合体の24ノードについて、CASMO5では集合体断面2次元体系により、ORIGEN2.2では各ノードの平均濃縮度等を用いて燃焼計算を実施して、BWR炉心の核種組成等の炉心内分布を得た。これらのコードのライブラリはJENDL-4.0に基づくものである。図にCASMO5による集合体燃焼計算の結果の例として2号機の新燃料及び1~5サイクル燃焼燃料の²³⁵U及び²³⁹Puの集合体断面平均重量(g/cm)の集合体高さ方向の分布を示す。この集合体では上下端1ノードは天然ウランであるとしている。得られた結果のうち、炉心全体の放射能及び崩壊熱について、本研究で行ったCASMO5、ORIGEN2.2の結果と西原らの結果を比較し、妥当性を確認した。今後、本研究で得られた組成分布がデブリの臨界に与える影響を評価していく予定である。

参考文献

- 1) 西原ほか、「福島第一原子力発電所の燃料組成評価」JAEA-Data/Code 2012-018 (2012).
- 2) 岡本ほか、「福島第一原子力発電所における事故直前の核種インベントリ評価」日本原子力学会「2012年秋の大会」Q14.

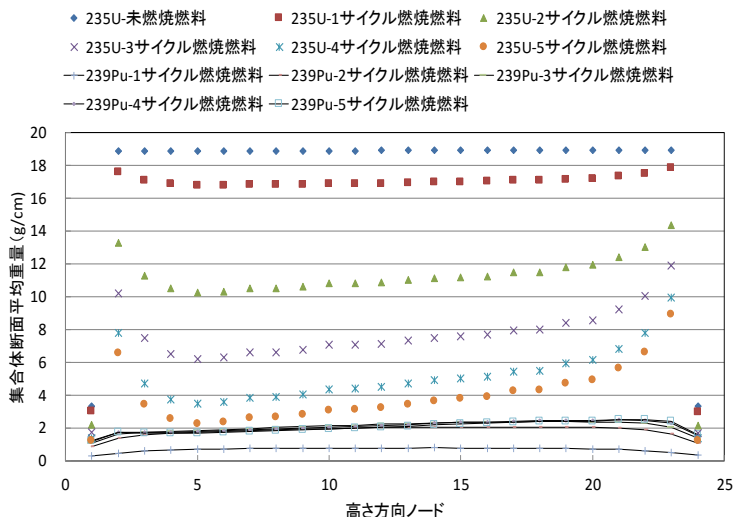


図 CASMO5による集合体燃焼計算結果の例（2号機の新燃料及び1~5サイクル燃焼燃料の²³⁵U及び²³⁹Puの集合体断面平均重量(g/cm)の集合体高さ方向分布）

* Daiki Iwahashi, Toru Yamamoto and Tomohiro Sakai
Regulatory Standard and Research Department, Secretariat of Nuclear Regulation Authority (S/NRA/R)