

CASMO5 による軽水炉燃焼後燃料の核種組成測定値の解析

(1) ウラン燃料

Analysis of measured isotopic compositions of fuels irradiated in light water reactors by CASMO5

(1) UO_2 fuel

*山本 徹、酒井 友宏、岩橋 大希
原子力規制庁長官官房技術基盤グループ

JENDL-4.0 ベースライブラリを用いる燃料集合体核計算コード CASMO5 による燃焼計算結果の不確かさ評価の一環として、国内外軽水炉において燃焼した PWR 及び BWR のウラン燃料についての燃焼計算を行い、核種組成測定値と比較評価した。

キーワード : JENDL-4.0、CASMO5、PWR、BWR、ウラン燃料、燃焼計算、核種組成測定値

1. 緒言

燃料集合体核計算コード CASMO5 については、JENDL-4.0 の核断面積及び核分裂収率を採用したライブラリが提供されており、主に炉心計算の核定数の作成に使用している。近年、国内外の軽水炉において燃焼した燃料の核種組成測定データが蓄積されてきていることから、CASMO5 の燃焼計算結果の不確かさに関する知見を蓄積することを目的として、核種組成が測定された燃料について、同コードにより燃焼計算を行い、核種組成の測定値と比較・評価した。本稿では、ウラン燃料の核種組成測定値との比較評価結果について報告する。

2. 核種組成測定データ

解析の対象とした測定データは、比較的新しいものであり、別途 2 次元格子計算コード等により解析され信頼性が確認されたものである¹⁾。PWR 燃料は 33 サンプル（濃縮度: 1.7~4.5wt%、燃焼度: 14~78GWd/t）、BWR 燃料は 29 サンプル（濃縮度: 2.1~4.9wt%、燃焼度: 17~68GWd/t）である。測定対象核種は、重核種（U、Np、Pu、Am、Cm 同位体）及び FP 核種（Sr、Mo、Tc、Ru、Rh、Ag、Sb、I、Cs、La、Ce、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd 同位体）である。

3. CASMO5 燃焼計算

計算体系は、集合体 1 体の 2 次元無限格子体系とし、集合体の詳細仕様を考慮した。燃焼計算においては、詳細な履歴を考慮するとともに、組成測定値から評価された各サンプルの燃焼度を再現するように計算の入力である集合体断面平均の出力履歴を調整した。

4. 核種組成の比較及び評価

各核種について、核種組成計算結果(C)と測定値(E)の差(C/E-1)の平均値及びその標準偏差を求めた。その例として、図に重核種の結果を示す。PWR 及び BWR 燃料とも、主要な U 及び Pu 同位体については、C/E-1 及び標準偏差は小さい。

核種組成計算結果の予測誤差は、燃焼した集合体の反応度の予測誤差を生じさせるが、その評価のため、燃焼した燃料の測定対象各核種の原子数密度(N)に対する集合体の反応度($\Delta k/k$)の感度係数($(\Delta k/k)/(\Delta N/N)$)を TSUNAMI コード²⁾により計算し、核種組成の C/E-1 を掛けることにより反応度を求め、測定核種全体の総和を算出した。なお、感度計算では、簡単のために集合体体系の水素対ウラン原子数比を模擬するピンセル体系により計算を行った。本評価を、PWR 燃料では、高浜 3 号機 17x17 集合体の試料のうち 5 試料（濃縮度: 4.1wt%、燃焼度: 31~47GWd/t）、BWR 燃料では、福島第二 1 号機 8x8 集合体の試料のうち 6 試料（濃縮度: 3.91wt%、燃焼度: 27~44GWd/t）に適用し、得られた反応度の誤差を、集合体の燃焼初期と燃焼後の反応度の差（燃焼反応度）に対する割合として整理した。この結果、PWR 燃料では-3~2%の差となり、BWR 燃料では 1~7%過小評価となった。両燃料とも主な誤差は U 及び Pu 同位体による。これは、これらの同位体の C/E-1 は小さいものの、その原子数密度及び断面積が大きいためである。

参考文献

- 1) I.C. Gauld et al. "Uncertainties in predicted isotopic compositions for high burnup PWR spent nuclear fuel," NUREG/CR-7012, ORNL/TM-2010/41, Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, U.S.A, (2011). 等
- 2) B.T. Rearden, "TSUNAMI-3D: control module for three-dimensional cross-section sensitivity and uncertainty analysis for criticality," ORNL/TM-2005/39 (2011).

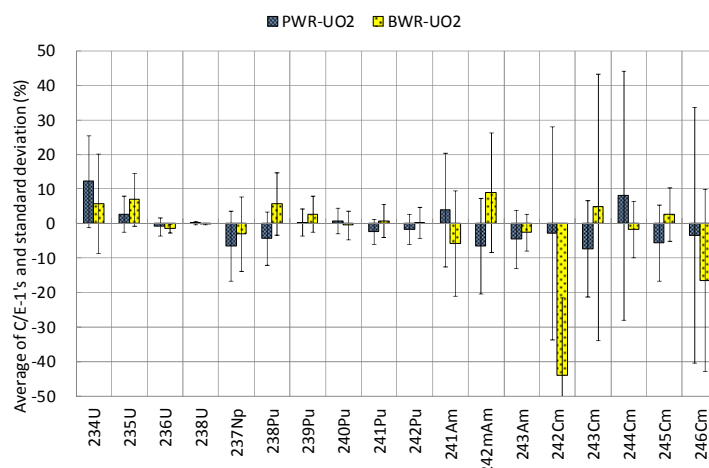


図 CASMO5 による軽水炉ウラン燃料の重核種の核種組成計算結果(C)と測定値(E)の差(C/E-1)の平均値及びその標準偏差

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