# CASMO5 による軽水炉燃焼後燃料の核種組成測定値の解析
# (2) MOX 燃料

Analysis of measured isotopic compositions of fuels irradiated in light water reactors by CASMO5
(2) MOX 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、海外軽水炉において燃焼した PWR 及び BWR の MOX 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、MOX 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、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、MOX 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データの信頼性が確認されたものである [1,2]。PWR 燃料としては、Gösgen 炉で 4 サイクル燃焼した 15x15 MOX 燃料集合体から採取した 1 サンプル（Pu-fissile 富化度：5.5wt%、燃焼度：70GWd/t）、BWR 燃料としては、Gundremmingen 炉で 6 サイクル燃焼した 9x9 MOX 燃料から採取した 4 サンプル（Pu-fissile 富化度: 5.5wt%、、燃焼度: 52～77GWd/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、Ce、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd 同位体）である。

## 3. CASMO5 燃焼計算

測定試料を採取した MOX 燃料集合体は、部分 MOX 燃料炉心において燃焼しており、その周囲にはウラン集合体が配置されているので、炉心計算の核定数を作成する際に通常用いる 1 集合体体系に加えて、参照用として MOX 燃料集合体に 8 体のウラン燃料集合体が隣接する 3x3 集合体体系の燃焼計算も行った。いずれも 2 次元無限格子体系とし、集合体の詳細仕様及び詳細な燃焼履歴を考慮するとともに、組成測定値から評価された測定試料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、前記の 2 つの計算体系による核種組成計算値(C)と測定値(E)の差(C/E-1)を求めた。図に PWR MOX 燃料について、重核種の計算例を示す。C/E-1 に示す誤差範囲は測定値の誤差から計算したものを記載した。図に示すように 3x3 集合体体系として MOX 燃料周囲のウラン燃料の効果を取り入れることにより、測定データとの差が小さくなることが分かる。BWR MOX 燃料についても、同様の効果が認められた。また、本稿の結果は、先行して実施した詳細解析コード MVP-BURN 及び SRAC による解析結果 [1,2] と整合することを確認した。

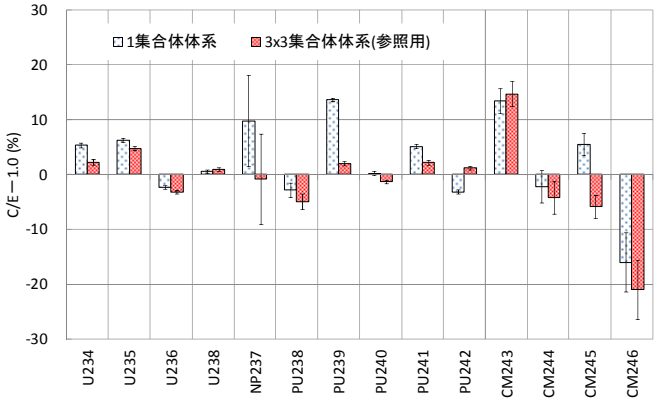



図 CASMO5 による PWR MOX 燃料の重核種の核種組成計算値(C)と測定値(E)の差(C/E-1)の結果

原子数密度(N)に対する集合体の反応度(Δk/k)の感度係数((Δk/k)/(ΔN/N))を求め [3]、U 及び Pu 核種の組成の予測誤差について、集合体の燃焼反応度（新燃料から燃焼後（58GWd/t）までの反応度差）に及ぼす影響を評価した。その結果、PWR の MOX 集合体の例では、1 集合体及び 3x3 集合体体系の計算では、それぞれ 18%及び 4%過小評価するとの結果を得た。BWR の MOX 集合体についても今後同様の評価を行う予定である。

## 参考文献

1) T. Yamamoto et al., “Analysis of measured isotopic compositions of high-burnup PWR MOX and $UO_2$ fuels in the MALIBU program,” J. Nucl. Sci. Technol., 49(9), pp. 910-925 (2012).
2) Y. Ando et al., “Analysis of measured isotopic compositions of high-burnup BWR MOX fuel,” J. Nucl. Sci. Technol., 48(3), pp. 384-397 (2011).
3)山本他「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」、日本原子力学会 2016 秋の大会、予稿

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