

CASMO5 及び MVP-BURN コードを用いた照射燃料試験解析

Analysis of post irradiation examination data by CASMO5 and MVP-BURN

*岩橋 大希、酒井 友宏、山本 徹
原子力規制庁長官官房技術基盤グループ

SFCOMPO2.0 に収録されているウラン及び MOX 燃料を含む軽水炉燃料集合体の試験データを対象に集合体燃焼計算コード CASMO5 及び連続エネルギーモンテカルロ計算コード MVP-BURN を利用して燃焼追跡計算を行い、燃焼後の核種組成について得られた解析データを測定データと比較・整理したので報告する。

キーワード : CASMO5、MVP-BURN、SFCOMPO2、燃焼計算、JENDL-4.0

1. 緒言

本研究では、燃焼計算における核種組成の不確かさを定量化することを目的とし、実機燃料を対象とした照射後試験 (PIE) で得られた核種組成の測定データと集合体燃焼計算コード CASMO5 及び連続エネルギーモンテカルロ計算コード MVP-BURN を用いて計算された核種組成との比較を行った。

2. 解析対象及び解析条件

SFCOMPO2.0¹⁾ に収録されている、国内外の軽水炉用ウラン及び MOX 燃料集合体の中の 131 サンプルを対象として、燃焼期間中のボロン濃度、ボイド率、出力等の履歴を考慮した燃焼計算を行った。解析体系は集合体無限配列体系とし、解析対象であるサンプルの燃焼度に達するまで燃焼計算を行った。CASMO5 を用いた計算ではライブラリに JNEDL-4.0 を用い、デフォルトである共鳴上方散乱を考慮したモデルとした。MVP-BURN ではライブラリは JENDL-4.0 を用い、デフォルトである共鳴上方散乱を考慮しないモデルとした。また、MVP-BURN による計算では、計算時間と計算精度の兼ね合いから、実効増倍率の計算誤差が 0.05% 以下となるように総ヒストリー数は 100 万に設定した。表 1 に本研究で解析対象とした炉心を示す。

表 1. 解析対象とした炉心

対象炉心	サンプル数
福島第二1号	13
福島第二2号	44
Dodewaard-1	5
Forsmark-3	2
Beznau-1	6
Gosgen-1	9
H.B.Robinson-2	7
大飯2号	5
高浜3号	16
TMI-1	24

3. 解析結果

核種組成測定値と計算値の比較結果から、代表的な核種として Pu-239 の測定値と計算値の差 (C/E-1) を図 1 に示す。CASMO5 及び MVP-BURN のどちらを用いた場合でも、C/E-1 に有意な差は見られなかった。また、約 7 割のサンプルで C/E-1 が ±10% 以内に収まっていることが分かった。しかしながら、一部のサンプルで C/E-1 が ±30 ~ 40% ほどと大きな値を示している。このようなサンプルには測定箇所が燃料棒上端部付近の物が含まれている。さらに、Pu-239 の C/E-1 が大きな値を示したサンプルについては、Nd-148 測定値に着目した。Nd-148 は燃焼指標核種で有り、燃焼度と Nd-148 測定値は一定の比となる。しかしながら、上記の Pu-239 の C/E-1 が大きな値を示したいくつかのサンプルでは燃焼度と Nd-148 測定値の比が他のサンプルと異なる値を示した。また、上記の C/E-1 が大きな値を示しているサンプルの中で、高浜のサンプルは既報²⁾において解析対象としなかったサンプルである。次に感度解析として各炉心から 1 サンプルを選び、CASMO5 で共鳴上方散乱を考慮しない解析、MVP-BURN で共鳴上方散乱を考慮する解析を行った。Pu-239 の C/E-1 に与える共鳴上方散乱の効果は、CASMO5 で 0.72%、MVP-BURN で 0.86% とほぼ一致した。

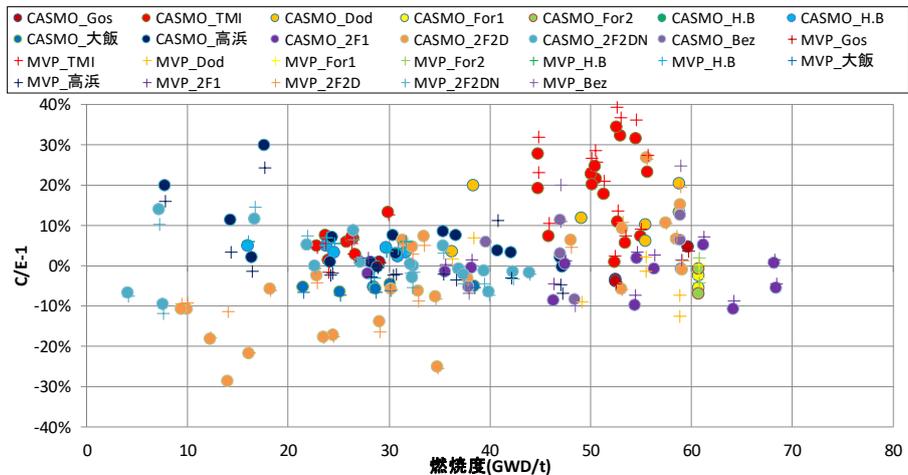


図 1. 各サンプルにおける Pu-239 の計算値(C)と測定値(E)の比較

4. 結言

本研究では燃焼計算における核種組成の不確かさを定量化するために、PIE で得られた核種組成の測定値と計算値の比較を行った。その結果、燃焼度指標となるような核種や、その他の重核種、FP 核種における測定値と計算値の差のばらつきを把握することができた。

参考文献

1) <https://www.oecd-nea.org/sfcompo/> 2) T. Yamamoto et al., "Analysis of measured isotopic compositions by CASMO5 coupled with a JENDL-4.0 base library for irradiated fuel of light water reactors" J. Nucl. Sci. Technol., 2017 Jan; 54:3,391-403

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