

東京電力福島第一原子力発電所の全炉心 3次元核種インベントリ計算

(2) 計算手法と2号機に対する結果

Whole Core Three-Dimensional Nuclide Inventory Calculation of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station

(2) Calculation Method and Result for Unit-2

*坂本 雅洋¹, 奥村 啓介¹, 多田 健一¹, 西原 健司¹, 溝上 伸也², 溝上 暢人²,
三木 陽介³, 金子 誠司³

¹JAEA, ²東電 HD, ³テプシス

全炉心 3次元核種インベントリ計算手法の概要と、本手法を用いて評価した福島第一原子力発電所(1F)2号機の結果について報告する。

キーワード：福島第一原子力発電所, 3次元核種インベントリ計算, 燃料デブリ, 燃焼計算, 放射化計算

1. 計算手法 2号機炉内の全 13,152 領域 (燃料集合体数 548×軸方向分割数 24) の各領域 (ノード) に対し、可燃性毒物 (Gd₂O₃) を含めた燃料の燃焼と微量不純物を含めた構造材の放射化により発生する約 1,600 核種の核種インベントリデータを取得した。本計算では、実際の燃料集合体仕様と実機運転管理データに基づく、燃料集合体の初期組成、炉内 3次元ノード毎の比出力の時間変化、および軸方向ボイド率分布を考慮している。本手法の計算手順は以下の通りである。①モンテカルロ法に基づく中性子輸送・燃焼計算コード MVP-BURN[1]により、実機データに基づく 2次元非均質燃料集合体燃焼計算を炉心軸方向位置 24 ノード層毎に行い、199 群中性子スペクトル、主要核種の実効 1 群断面積、Gd 同位体組成の燃焼変化テーブルを取得する。この段階では、炉停止を含む比出力の時間変化は考慮せず、運転中の軸方向ノード層毎の領域平均値で一定とする連続運転条件で計算を行う。②無限希釈多群断面積セット MAXS2015[2]と①で得た 199 群中性子スペクトルにより、MVP-BURN では扱わない核種 (放射化を含む) の 1 群縮約断面積を作成する。これと MVP-BURN で得られた実効 1 群断面積を使い、軸方向ノード層毎に 1F2 号機専用の ORIGEN2 断面積ライブラリ (24 セット) を作成する。③作成した ORIGEN2 ライブラリと実機運転管理データに基づくノード毎の比出力変化を反映した ORIGEN2 計算を全領域に対して行う。ただし、Gd 同位体組成については、MVP-BURN で得られた軸方向位置毎の Gd 同位体組成テーブルから燃焼度内挿により取得する。

2. 計算結果 本計算結果を、従来の 2号機の核種インベントリデータ[3]と比較したところ、燃焼度に対して、ほぼ直線的に生成される核種である ¹³⁷Cs や ⁹⁰Sr は約 2%以内でよく一致した。しかし、燃焼度に対して、2次関数的に生成される ¹⁵⁴Eu は約 10%、べき乗で生成される ²⁴⁴Cm は約 40%大きい値となった。これらの差異には領域平均の効果に加え、核データの違いによる効果も含まれる。図 1 に 4 サイクル期間の比出力を追従した 1 体の燃料集合体に対する結果を一例として示す。3 手法(本手法、MVP-BURN、ORIGEN2)の ¹⁵⁵Gd 燃焼変化を比較したが、従来の ORIGEN2 計算では取り扱いが困難だった可燃性毒物入り燃料の燃焼変化も、本手法では正確に考慮されていることが確認できる。発表ではその他の核種インベントリについても報告する予定である。

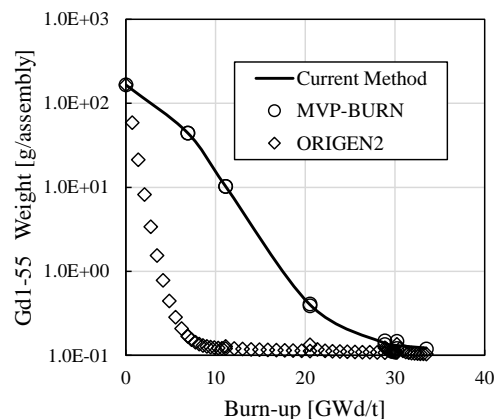


図 1 ¹⁵⁵Gd の燃焼変化の手法比較。

図 1 に 4 サイクル期間の比出力を追従した 1 体の燃料集合体に対する結果を一例として示す。3 手法(本手法、MVP-BURN、ORIGEN2)の ¹⁵⁵Gd 燃焼変化を比較したが、従来の ORIGEN2 計算では取り扱いが困難だった可燃性毒物入り燃料の燃焼変化も、本手法では正確に考慮されていることが確認できる。発表ではその他の核種インベントリについても報告する予定である。

参考文献 [1] K.Okumura, et al., J. Nucl. Sci. Technol. 37, 128-138 (2012), [2] K. Okumura, et al., JAEA-Conf. 2015-003, pp.43-47, [3] 西原他, JAEA-Data/Code 2012-018.

*Masahiro Sakamoto¹, Keisuke Okumura¹, Kenichi Tada¹, Kenji Nishihara¹, Shinya Mizokami², Masato Mizokami², Yousuke Miki³ and Seiji Kaneko³

¹JAEA, ²TEPCO HD, ³TEPSYS