

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

(1) 背景と目的

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

(1) Background and Purpose

*奥村 啓介¹, 坂本 雅洋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を開発し、福島第一原子力発電所 (1F) の各号機への適用を行っている。本発表では、既存の 1F 核種インベントリデータベースからの改良点を中心に紹介する。

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. 背景と目的 軽水炉では、炉内や取り出し燃料集合体の詳細な核種インベントリが必要な場合には、ORIGEN2 コード[1]などを用いた燃焼計算が行われてきた。しかし、この種のコードは、中性子スペクトルや燃焼度が大きく異なる領域が含まれていても、領域平均的な扱いがなされてきた。この扱いは、核種生成量が燃焼度に対して直線的に変化する核種については精度良く評価できるが、その他の核種については、系統的な誤差を発生させることになる。また、ORIGEN2 では Gd 入り燃料を正しく扱うことができない。そこで、炉内の全燃料を 3次元ノードに分割し、ノード毎の非均質性や燃焼履歴、および Gd 同位体組成の燃焼変化を適切に考慮しつつ、領域毎の詳細な核種インベントリを計算する手法を開発した。本手法を、福島第一原子力発電所(1F)の各号機に適用し、事故直前における核種インベントリのデータを取得している。

2. 核種インベントリデータの改良 現在公開されている 1F 核種インベントリデータベースとしては、西原らにより事故後の間もない時期に簡易評価された炉心平均組成のデータがあり[2]、これまで広く利用されてきた。しかしながら、今後の 1F 廃炉の検討を進めるためには、量的にも質的にも見直しが必要になることが予想されることから、新しい 1F 核種インベントリデータ(安定、短寿命、超長寿命核種を含む約 1,600 核種を収納)を開発することとした。従来のデータベースからの主な改良ポイントは以下の通りである。

- ① 核データの変更：JENDL-3.3 を基に作成された ORIGEN2 用ライブラリ[3]の使用から、多数の照射後試験解析ベンチマークによって検証されている JENDL-4.0 [4]に基づく断面積データの使用に変更。
- ② 連続エネルギーモンテカルロ法に基づく 2次元燃料集合体非均質燃焼計算(MVP-BURN[5])の導入による、集合体内非均質性効果とその結果に基づく Gd 同位体組成内挿手法の導入。
- ③ 水平方向サイクル装荷領域 (5~6 領域) に対する平均運転履歴を用いたインベントリ計算から、全炉心 3次元ノード領域 (2号機の場合 13,152 ノード) 毎のインベントリ計算への拡張。
- ④ 実機燃料集合体設計データ (幾何形状および初期組成)、ノード毎の運転管理データに基づく比出力の時間変化、および軸方向ボイド率の分布を考慮した燃焼計算の採用。
- ⑤ 微量不純物を起源とする放射化核種 (^{60}Co や ^{14}C 等) の生成を考慮した、燃料集合体中の全ての構造材料および制御棒に対する放射化計算の採用。

本手法で得られた核種インベントリデータは、今後の事故進展解析の高度化、燃料デブリの臨界性評価、分析値の評価、非破壊測定技術の開発、放射性廃棄物評価などへの利用が期待される。

参考文献 [1] Croff, A.G., ORNL-5621 (1980), [2] 西原他, JAEA-Data/Code 2012-018, [3] 片倉他, JAERI-Data/Code 2004-015, [4] K. Shibata, et al., J. Nucl. Sci. Technol. 48, 1-30 (2011), [5]. K.Okumura, et al., J. Nucl. Sci. Technol. 37, 128-138 (2012),

*Keisuke Okumura¹, Masahiro Sakamoto¹, Kenichi Tada¹, Kenji Nishihara¹, Shinya Mizokami², Masato Mizokami²,

Yousuke Miki³ and Seiji Kaneko³

¹JAEA, ²TEPCO HD, ³TEPSYS