

燃料デブリの臨界管理技術の開発

(53) 燃料や構造材等が不均一に分布した燃料デブリの未臨界度測定を模擬したシミュレーション

Criticality control technique development for Fukushima Daiichi fuel debris
(53) Simulation of sub-criticality measurement for heterogeneous fuel debris

*清水 誠^{1,2}, 加納 慎也^{1,2†}, 和田 怜志^{1,2}

¹IRID, ²東芝エネルギーシステムズ, [†]2021/5 時点

福島第一原子力発電所(以下、1F)の燃料デブリでは、溶融した燃料や構造材等が、広い範囲にわたって、不均一に分布している可能性がある。このような体系での、Feynman- α 法(以下、FA 法)の性質を把握するため、2号機のペDESTAL底部に堆積した燃料デブリの未臨界度測定を模擬したシミュレーションを行った。本発表では、同シミュレーションで得られた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事故，燃料デブリ，臨界安全，未臨界度測定，Feynman- α 法

1. 緒言 燃料デブリを取出す際には、再臨界に至るリスクを抑えるため、FA 法^[1]により、十分に深い未臨界であることを確認しながら、加工・回収を行うことを検討している。燃料デブリには、溶融した燃料、構造材、コンクリート等が含まれ、それらが広い範囲にわたって、不均一に分布している可能性がある。過去に、このような体系に、FA 法を適用した例はなく、どのような挙動を示すのか明らかになっていない。よって、燃料デブリの未臨界度測定を模擬したシミュレーションを行い、どのような測定値が得られるのかを確認した。

2. 解析内容 MVP コード^[2]を用いて、2号機のペDESTAL底部に堆積した、燃料デブリを取出す際の未臨界度測定を想定したシミュレーションを行った。燃料デブリの形状は、格納容器内部調査^[3]の結果を踏まえ、直径約 5m、高さ 30cm の円筒形状とした。燃料デブリの組成や空隙の分布、水の侵入の仕方等、内部の性状については、明らかになっていないため、種々の状態を想定した多数の解析を行った。燃料の組成には、ORIGEN 計算による燃料組成評価^[4]の結果を用いた。燃料デブリを加工した状況を模擬するため、図 1 の通り、中央の、直径 52cm、深さ 16cm の円筒形状の領域(1日に加工する領域に相当)にのみ、水が侵入している想定とした。ただし、水がどの程度侵入しているのかは分からないため、燃料デブリの加工範囲の水対燃料デブリ体積比 V_m/V_f を 0.2~0.8 と仮定した。この上部に、He-3 比例計数管を設置し、FA 法による測定を行ったものとして、その水平方向、高さ方向の位置に応じた、即発中性子減衰定数 α や実効増倍率 k_{eff} の推定値を求めた。

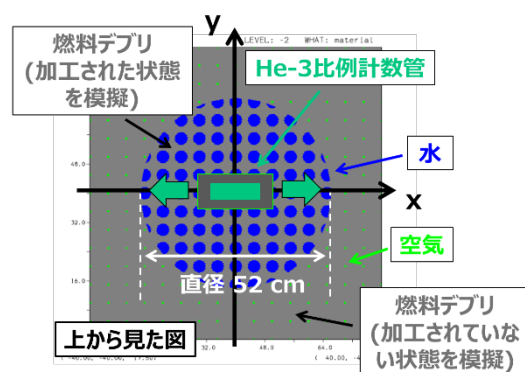


図 1 燃料デブリを模擬した体系の例

3. 解析結果 例として、2号機の 2 サイクル目の燃料のみからなる燃料デブリを想定した場合の k_{eff} の推定値の水平方向の分布を図 2 に示す。いずれのケースでも、体系の中央上部に検出器を設置した場合に最も大きな k_{eff} の推定値が得られ、そこから離れるにつれ、最大 20% $\Delta k/k$ 程度小さい値が得られた。実際の燃料デブリは、より複雑な性状になっているものと思われ、検出器を設置する位置により、より大きな変化を示すことが予想される。

4. 結論 燃料デブリのように、溶融した燃料や構造材等が、広い範囲にわたって、不均一に分布した体系では、FA 法による未臨界度測定で得られる α や k_{eff} の推定値が、検出器を設置する位置に応じて変化する可能性がある。燃料デブリを取出す際には、このことを踏まえて、未臨界度測定を行う必要がある。

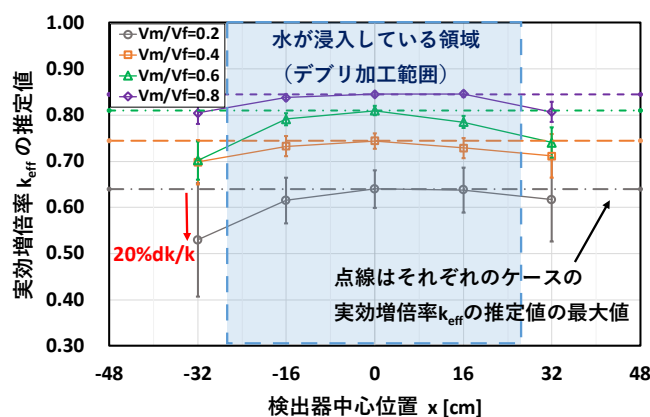


図 2 検出器を設置する位置による k_{eff} の推定値の違い (燃料デブリから 20 cm の高さに検出器を設置した場合)

謝辞 本件は、資源エネルギー庁『平成 30 年度補正予算「廃炉・汚染水対策事業費補助金(燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けた技術の開発)」』の成果の一部を取りまとめたものである。

参考文献 [1] Feynman, R. P., et al., J. Nucl. Energy 3, 64-69 (1956). [2] Y. Nagaya et al., JAERI1348(2005).

[3] 2号機原子炉格納容器内部調査 実施結果, 2019年2月28日, 東京電力ホールディングス株式会社

[4] K.Nishihara, et al., JAEA-Data/Code 2012-018 (2012).

*Makoto Shimizu^{1,2}, Shinya Kano^{1,2†} and Satoshi Wada^{1,2} ¹IRID, ²Toshiba Energy Systems & Solutions Corp, [†]As of May 2021