

燃料デブリの経年変化特性の推定技術の開発

(6) Zr(O)+(U,Zr)O₂ 燃料デブリの気中での長期にわたる微粒子発生量評価

Development of Estimation Technology of Aging Properties of Fuel Debris

(6) Quantity Evaluation of Micronized particles from Zr(O)+(U,Zr)O₂ Fuel Debris

deteriorated by Oxygen-containing Gas

*鈴木 晶大¹、三浦 祐典¹、大内 敦¹、川原田 義幸²、浦田 英浩²、川野 昌平^{2,3※1}

¹NFD、²東芝エネルギーシステムズ、³東大

福島第一原子力発電所（1F）燃料デブリのうち Zr(O)+(U,Zr)O₂ の組成を有する燃料デブリの模擬材を用いて、組成、酸素分圧、時間等を変えた系統的な加速試験を実施した。空気中での化学的経年変化による微粒子発生量予測式にまとめ、1F の燃料デブリからの長期にわたる微粒子発生量を予測した。

キーワード：燃料デブリ性状、化学的経年変化、放射性微粒子、気中試験

1. 緒言 1F 燃料デブリは現在原子炉格納容器(PCV)内で窒素封入されているが、今後、燃料デブリ取出し時の負圧管理での空気侵入下や保管中に空気雰囲気下に置かれることが考えられる。金属性の Zr を有する Zr(O)+(U,Zr)O₂ 組成の模擬燃料デブリの気中加速試験にてわずかな微粒子発生が認められており、その組成や酸素分圧によって発生量が変わることがわかっている[1]。本報では、Zr(O)+(U,Zr)O₂ に着目して長期にわたる微粒子発生予測式を推定し、1F 廃炉工程にわたる微粒子発生量を予測した。

2. 長期にわたる微粒子発生量予測式 前報[1]で微粒子発生速度が Zr/U 組成に依存することを報告したが、測定点を増やした結果、試料表層の Zr(O) 比率が約 10%に達するまで微粒子は発生せず、しきい値を超えると Zr(O) 比率と微粒子発生速度が比例した。また、試験温度を変化させた加速試験により微粒子発生の活性化エネルギーから加速試験の加速倍率を計算した。実時間が 35 年間相当に達するまで加速試験を実施したところ、微粒子発生速度は時間経過とともに若干減少し、試験後試料の表層の Zr(O) 比率の減少に依存していることがわかった。また、任意の Zr(O) 比率にて、微粒子発生量は環境中酸素濃度に比例した。これらの結果を Zr(O)+(U,Zr)O₂ の長期にわたる微粒子発生量予測式としてまとめた。

3. 廃炉工程に沿った微粒子発生量の予測 現在より 15 年後に取出しを開始し、30 年後に取り出される Zr(O)-(U,Zr)O₂ の微粒子発生量の積算値を予測した結果を図 1 に示す。PCV 内が窒素雰囲気の間、及び取出しによる負圧管理にて酸素分圧が上昇しても燃料デブリが水分で覆われている間は、微粒子は発生しない。一方、取り出し後大気中に保管すると微粒子が発生し始め 60 年後の積算値で約 0.06mg/cm²の微粒子が発生する。ただし、取り出し後窒素中で保管すれば微粒子は発生しない。今後、各号機の廃炉工程に沿った微粒子発生量の予測を基に、各廃炉技術における影響評価が進むことを期待する。

参考文献 [1] 鈴木ら、2E05、原子力学会 2024 年春の年会

本研究は、経済産業省「廃炉・汚染水対策事業費補助金」として、東芝エネルギーシステムズ株式会社が 2019～2022 年度に実施した「燃料デブリの性状把握のための分析・推定技術の開発（燃料デブリの経年変化特性の推定技術の開発）」の成果の一部である。

*Akihiro Suzuki¹, Yusuke Miura¹, Atsushi Ohuchi¹, Yoshiyuki Kawaharada², Hidehiro Urata², Shohei Kawano^{2,3※1}

¹NFD, ²Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation, ³U Tokyo

※1 2023 年 8 月より東京大学大学院

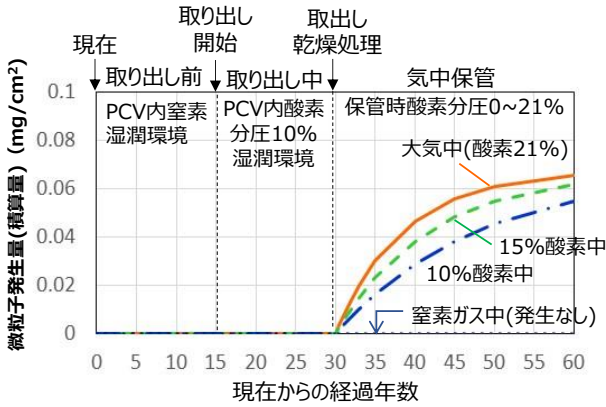


図 1 Zr(O)+(U,Zr)O₂ の廃炉工程に沿った微粒子発生量の積算値