

燃料デブリの経年変化特性の推定技術の開発 (2) 微粒子化要因を有する模擬燃料デブリの製作

Development of Estimation Technology of Aging Properties of Fuel Debris

(2) Fabrication of the simulant fuel debris with the chemical factor generating microparticles

*鈴木 晶大¹、川島 範夫¹、三浦 祐典¹、大内 敦¹、川原田 義幸²、川野 昌平²

¹NFD、²東芝エネルギーシステムズ

福島第一原子力発電所(1F)の燃料デブリの一部は、今後の廃炉作業にて空気下等に長期間置かれた場合に微粒子化を発生することが懸念される。これらの挙動を検討するため、微粒子化要因を検討し、微粒子化が懸念される 1F 燃料デブリの模擬材として、酸化が十分に進んでいない 4 価の U 酸化物、Zr(O)、Fe や FeO、また事故炉心雰囲気である水素水蒸気下で作製したガラス質を含んだ模擬燃料デブリを 9 種類作製した。

キーワード：放射性微粒子、燃料デブリ性状、酸化要因、加熱炉

1. 緒言 1F の今後の廃炉工程にて、燃料デブリが酸素濃度の高い雰囲気中に晒された場合、酸化しやすいマイクロ相が分布する燃料デブリは、マイクロ相の一部が酸化膨張し亀裂を生成して微粒子を発生する可能性がある。本報告では、炉内に存在すると考えられる、酸化要因となるマイクロ相の分布する燃料デブリの模擬試料を作製しそのマイクロ相を確認した。

2. 微粒子化要因を有する模擬燃料デブリの製作 事故時炉内の水素水蒸気下で生成し PCV 封入用の窒素下で維持され、今後空気雰囲気下で体積変化を発生するマイクロ相として、Zr、 UO_2 、Fe、FeO(酸化膨張)及び水素水蒸気雰囲気下で生成したガラス相(収縮もしくは膨張)を考えた。高温で水素水蒸気比が小さい際に生ずる① $(\text{U,Zr})\text{O}_2+(\text{Zr,U})\text{O}_2$ ミクロ分離相を持つ酸化物模擬燃料デブリは、 UO_2 と ZrO_2 を Ar 雰囲気の高周波加熱炉にて融点近傍の 2450°C まで昇温して作製した。高温で水素水蒸気比が大きい際に生ずる② $\text{Zr(O)}+(\text{U,Zr})\text{O}_2$ のミクロ分離相を持つ酸化物模擬燃料デブリは、 UO_2 と Zr を Ar 雰囲気の高周波加熱炉にて Zr の融点を越える 2100°C に昇温して固体の UO_2 を浸食させることで形成させた。一方、ガラス状模擬燃料デブリは、1F コンクリート平均組成を参考とした Si : Al : Ca 比とし、海水等由来物質として Na を若干含み、ガラス中の固溶限に近い U、Zr を含むものと考えて SiO_2 、 UO_2 、 ZrO_2 、FeO、CaO、 Al_2O_3 、 Na_2O_3 混合粉末を調整した。それを、水素水蒸気雰囲気下でガラス粘度が十分に低下する約 1400°C に加熱して作製し、③析出物のないガラス状模擬燃料デブリを得た。また、このガラス組成に、溶解度を越える UO_2 、 ZrO_2 、Fe、FeO、 $(\text{U,Zr})\text{O}_2$ 等の粉末を加えることで、④ $(\text{U,Zr})\text{O}_2$ 析出ガラス状模擬燃料デブリ、⑤ $(\text{Zr,U})\text{O}_2$ 析出ガラス状模擬燃料デブリ、⑥Fe 析出ガラス状模擬燃料デブリ、⑦FeO 析出ガラス状模擬燃料デブリ、⑧ $(\text{U,Zr})\text{O}_2$ 及び $(\text{Zr,U})\text{O}_2$ 介在ガラス状模擬燃料デブリを作製した。さらに、 H_3BO_3 粉末を加えることで⑨B 含有ガラス状模擬燃料デブリを作製した。

作製した試料に対し SEM-EDS 観察を実施したところ、いずれの試料においても、微粒子化要因となるマイクロ相を有する模擬燃料デブリを作製することができた。図 1 に生成したマイクロ相の例を示す。

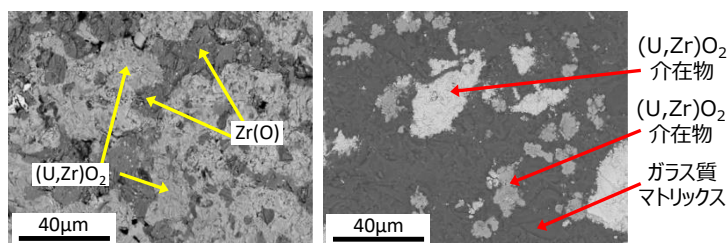


図 1 (左) ② $\text{Zr(O)}+(\text{U,Zr})\text{O}_2$ 酸化物模擬燃料デブリの SEM(BSE)像

(右) ⑧ $(\text{U,Zr})\text{O}_2$ 及び $(\text{Zr,U})\text{O}_2$ 介在ガラス状模擬燃料デブリの SEM(BSE)像

謝辞 本件は、資源エネルギー庁『平成 29,30 年度「廃炉・汚染水対策事業費補助金（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））』にて、2019～2020 年度に実施した研究成果です。

*Akihiro Suzuki¹, Norio Kawashima¹, Yusuke Miura¹, Atsushi Ohuchi¹, Yoshiyuki Kawaharada², Shohei Kawano²,

¹NFD, ²Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation