

福島第一原子力発電所の燃料デブリ分析・廃炉技術に関わる研究・人材育成

(10) UO_2 を含む溶融凝固体の物性

Research and human resource development for analysis of fuel debris and decommissioning technology of Fukushima Daiichi nuclear power plants

(10) Properties of Frozen Body of Melted Debris Containing UO_2

* 鬼塚 貴志¹, 勝山 幸三², 石見 明洋², 宇埜 正美¹

¹ 福井大学, ² JAEA

抄録

共晶反応を利用して 1800°C で溶融した $\text{UO}_2\text{-B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{UO}_2\text{-B}_2\text{O}_3/\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 凝固体について、X線回折や SEM 観察による同定、ビッカース硬度試験、ナノインデント硬度試験による緻密な部分の機械的性質を調べ、大きな「す」を含む試料の圧縮試験結果と比較検討した。

キーワード: 燃料デブリ, X線回折, SEM 観察, ビッカース硬度試験, ナノインデント硬度試験

1. 緒言

切断や粉砕などの手法で燃料デブリを飛散させずに取り出すには、デブリの各物性を正確に把握することが必要である。前報では擬似燃料デブリとして $\text{UO}_2\text{-B}_2\text{O}_3$ 溶融凝固体を作製しその物性について報告した。本報では $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{UO}_2\text{-B}_2\text{O}_3/\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ の溶融凝固体を作製し物性を評価した結果について報告する。

2. 実験方法

UO_2 と B_2O_3 の粉末をモル比で $\text{UO}_2:\text{B}_2\text{O}_3=77.5:22.5$ 、 ZrO_2 と Al_2O_3 の粉末を $\text{ZrO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3=37.5:62.5$ とそれぞれ共晶組成となるように混合し、 $\text{UO}_2\text{-B}_2\text{O}_3:\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ は $\text{UO}_2\text{-B}_2\text{O}_3:\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3=76:24$ のモル比で混合して、高温炉を使用して Ar 気流中にて 1800°C で 10 分間加熱することにより溶融した。冷却過程で $120^\circ\text{C}/\text{min}\sim 6^\circ\text{C}/\text{min}$ の範囲で冷却速度を制御し、種々の空隙率をもつ溶融凝固体試料を作成した。作製した試料に対し、SEM 観察および X 線回折で合金の同定を行った。緻密な部分の機械的性質をビッカース硬度試験、ナノインデント硬度試験で評価し、「す」を含む試料全体の機械的性質を圧縮試験で評価した。一部試料に対しては圧縮試験の前に X 線 CT 解析を行い、空隙の 3 次元形状の評価を行った。比較のため、放電プラズマ焼結 (SPS) 装置を用いて焼結材試料を作製し、同様の評価を行った。

3. 結果・考察

溶融凝固体の SEM 観察の結果からデンドライト組織が確認でき、共晶による溶融凝固に成功したことが確認できた。顕微鏡観察と X 線 CT 解析から、溶融凝固体は冷却速度が遅いほど大きなすができる傾向が得られた。圧縮試験の結果、すのある試料は内部のすが潰れることによりすの無い焼結体と比べて低い応力で破壊が始まり、破壊応力はすに大きく依存した。緻密な部分のビッカース硬度試験およびナノインデント硬度試験の結果は、冷却速度との系統的な相関は得られず、硬度値に焼結体との顕著な差はなかった。

謝辞

本研究は、文部科学省の英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業による委託業務として、国立法人 福井大学が実施した平成 27~29 年度「福島第一原子力発電所の燃料デブリ分析・廃炉技術に関わる研究・人材育成」の成果を取りまとめたものである。

*Takashi Onitsuka¹, Kozo Katsuyama², Akihiro Ishimi² and Masayoshi Uno¹

¹University of Fukui, ²Japan Atomic Energy Agency.