

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

(13) $\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$ 及び $\text{UO}_2\text{-ZrO}_2$ の溶融挙動

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

(13) Melting behaviors of $\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$ and $\text{UO}_2\text{-ZrO}_2$

*岩佐 龍磨, 有馬 立身, 稲垣 八穂広, 出光 一哉

九州大学

$\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$ 固溶体に対してレーザー加熱を利用した無容器法で融点を推定すると共に、レーザーフラッシュ法 (LF 法) により比熱・熱伝導率を評価した。合わせて、分子動力学法 (MD 法) により $\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$ 及び $\text{UO}_2\text{-ZrO}_2$ 固溶体の溶融温度を評価した。

キーワード: 燃料デブリ, レーザー加熱, 分子動力学, 融点, 放射率

1. 緒言: 過酷事故の事象進展を解析する上で、核燃料・被覆管・原子炉構造材等から生じる燃料デブリの熱物性は重要であるが、化学組成が複雑であることから、系統的な測定・評価が必要とされる。本研究では、燃料デブリ模擬試料として、まずは $\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$ 固溶体に対して、比熱・熱伝導率評価及び融点測定を実施した。また、MD 法を用いて $\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$ および $\text{UO}_2\text{-ZrO}_2$ に対して溶融温度を評価した。

2.1. 比熱・熱伝導率及び融点測定: $\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$ ディスク状試料に対して LF 法により比熱及び熱拡散率を測定し、熱伝導率を評価した。熱伝導率は ZrO_2 添加率の増加と共に減少し、温度依存性は低下した (図 1)。融点は以下の手順で評価した。試料を耐圧セル内に置き、連続レーザーで予備加熱した後に、局所的に Nd:YAG レーザーにより溶融させた。溶融部の温度は放射温度計で計測し、熱停留点を特定した。熱停留点での放射スペクトルから放射率を求め、融点評価を試みた。これまでに放射スペクトルからは信頼性のある融点は得られていない。そこで、便宜的に積分球で求めた室温の放射率から融点を求めた。 ZrO_2 添加量が 25 mol%、50 mol% で融点は低下したが、全体的に既知の値より高いものとなった[1]。

2-2. 分子動力学法による融点評価: $\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$ 及び $\text{UO}_2\text{-ZrO}_2$ の両系において、初期状態で結晶相と液相を共存させ、温度-圧力一定のもとで計算する方法 (Two-phase simulation: TPS) を用いて融点を評価した。計算には二体ポテンシャル関数を採用し[2]、 CeO_2 に対しては新たにパラメータを決定し、 ZrO_2 に対してはより実験値の融点に近くなるようパラメータを修正した。 $\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$ 系では ZrO_2 添加量が 40-80 mol% (図 2)、 $\text{UO}_2\text{-ZrO}_2$ 系では 50-80 mol% 付近で融点が最も低くなった。

*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、福井大学から再委託を受けた九州大学が実施した平成 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」の成果を含みます。

参考文献 [1] P. Duran, et al., J. Mater. Sci. 25 (1990) 5001. [2] A. Pedone, et al., J. Phys. Chem. B110 (2008) 11780.

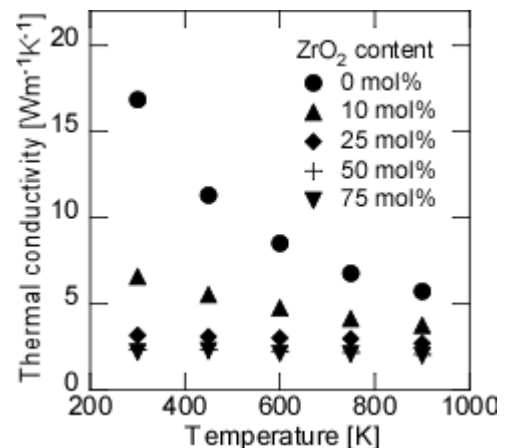


図 1 $\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$ の LF 法による熱伝導率

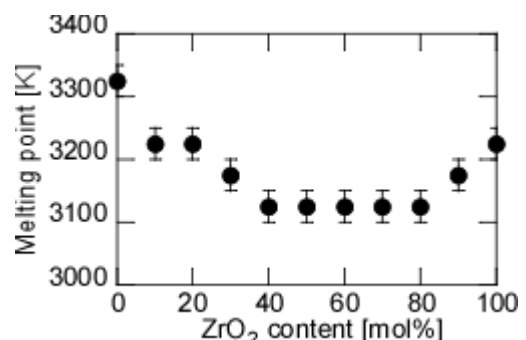


図 2 TPS 法による $\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$ 融点

*Tohma Iwasa, Tatsumi Arima, Yaohiro Inagaki, Kazuya Idemitsu, Kyushu Univ.