

コンクリート主成分を含む燃料デブリの熱物性評価

Thermophysical properties of fuel debris containing concrete components

*福島 七瀬¹, 常楽忠宏¹, 有馬 立身¹, 稲垣 八穂広¹, 出光 一哉¹

¹九州大学

過酷事故の事象進展解析を行う上で、核燃料、被覆管、構造材から生じる燃料デブリの熱物性を評価することは重要である。本研究では、MCCI(溶融炉心コンクリート相互作用)生成物に着目した。コンクリートの主要な成分であるSiを含む試料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LF法(レーザーフラッシュ法)による熱伝導率の評価を行った。

キーワード：燃料デブリ，MCCI，融点，熱伝導率

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・構造材から生じる燃料デブリの熱物性は重要である。本研究では、コンクリート相互作用由来のSiO₂を含む模擬燃料デブリを実験対象とし、CeO₂-ZrO₂-SiO₂固溶体とFe₂SiO₄に対して、比熱・熱伝導率評価及び融点測定を実施した。

2-1. 試料の合成：CeO₂とZrO₂、SiO₂、FeO粉末を混合、成形し、焼結したものを試料とした。XRDを用いて結晶構造を解析し、XRDパターンから格子定数を導出した。Ce_{0.05}Zr_{0.95}SiO₄とCe_{0.1}Zr_{0.9}SiO₄の格子定数に差はわずかであり、Ceの固溶限は5-10 mol%の間にあると考えられる(図1)。また、大気中ではCeO₂-SiO₂固相反応からCeSiO₄は生成されず、Ar雰囲気ではCe₂Si₂O₇が合成されることを確認した。Ce₂Si₂O₇に関しては熱的特性評価を行った。

2-2. 比熱・熱伝導率測定及び融点測定：CeO₂-ZrO₂-SiO₂試料とFe₂SiO₄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。熱伝導率はいずれのSi化合物に対しても低い値を示し、温度増加とともに低下した(図2)。ZrSiO₄が従来の値より小さいのは、焼結密度が低かったためであり、Ce_{0.05}Zr_{0.95}SiO₄及びCe₂Si₂O₇では合成の際に、別な相も同時に生成されたためである。融点は次の手順で評価した。試料を連続レーザーで加熱し、局所的にNd:YAGパルスレーザーにより大気中にて熔融させた。熔融部の温度を放射温度計で計測し、熱停留点を特定した。放射率は熱停留点での放射スペクトルから評価を試みた。ZrSiO₄に対して測定した融点は文献値より小さく、Ce₂Si₂O₇とFe₂SiO₄は大きい値となった。これは、放射率補正が主な要因であり、改善策としては、熔融領域の拡大、放射スペクトルの分析領域の縮小が必要と考えている。

参考文献 [1] M. Burghartz, et al.: J. Alloys. Compd. 271-273 (1998) 544. [2] F. Nakamori, et al.: J. Nucl. Sci. Tech. 54(2017)1267.

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H27-R1「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。

*Nanase Fukushima¹, Tadahiro Joraku¹, Tatsumi Arima¹, Yaohiro Inagaki¹, Kazuya Idemitsu¹, ¹Kyushu Univ.

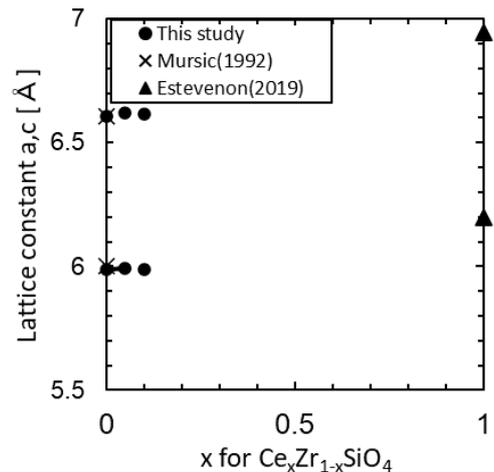


図1 Ce_xZr_{1-x}SiO₄の格子定数

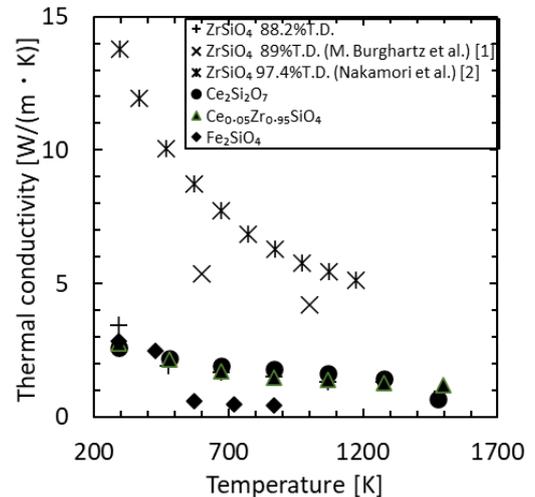


図2 熱伝導率測定結果