静的デブリ冷却システムの開発 Phase II
（4）耐火材敷設構造の最適化

Development of Passive Debris Cooling System Phase II
(4) Optimization of Refractory Material Laying Structure

*木村 友則[1]，能島 雅史[1]，藤井 正[1]，鬼塚 洋一[2]，吉川 拓巳[3]
[1]日立ＧＥニュークリア・エナジー，[2]東芝エネルギーシステムズ，[3]日本原子力発電

溶融炉心－コンクリート相互作用(MCCI)対策として検討している静的デブリ冷却システムにおける設計要件を明らかにするため，ZrO_2 耐火材および Al_2O_3 耐火材間の共晶温度付近における化学的反応性を評価した。また，代表プラントに対する溶融炉心落下後の熱伝導評価から，ZrO_2 耐火材と Al_2O_3 耐火材間の化学反応を抑制しつつ，MCCI を回避できる設備仕様を見出した。

キーワード：シビアアクシデント，溶融炉心－コンクリート相互作用，静的デブリ冷却システム

1. 緒言

既設原子力プラントの MCCI 対策として，格納容器底部や側面部に高融点の耐火材で構成された設備の設置・導入が検討されている。本研究では，溶融デブリと直接接触する第 1 層に ZrO_2 耐火材を設置し，デブリと接しない第 2 層に Al_2O_3 耐火材を多層化する概念の設計要件を明らかにするため，共晶温度付近における化学的反応性を評価した。

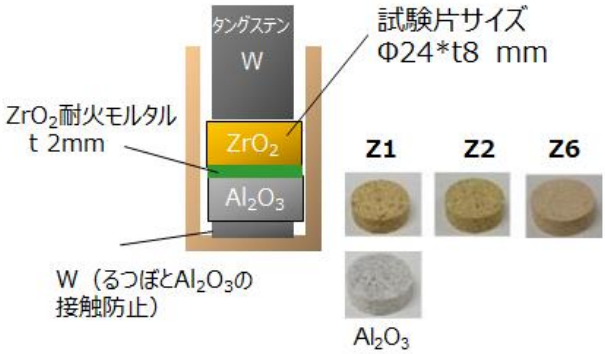

図１　共晶反応速度試験体系

2. 実験方法

耐火材間の化学反応性は，環境因子（温度等）に依存する。そこで，図 1 に示す耐火材るつぼの中に異種耐火材を重ねて設置し，所定温度まで加熱することにより反応速度の温度依存性を評価した。ZrO_2 耐火材は 3 種（Z1, Z2, Z6）を選定し，1500°C～1900°C にて 5 分～24 時間加熱した。試験後に光学顕微鏡を用いた浸食領域の断面観察より，反応厚さおよび反応速度を評価した。また，異種耐火材を多層化した実機体系での一次元熱伝導解析を実施し，異種耐火材敷設構造の成立性を検討した。

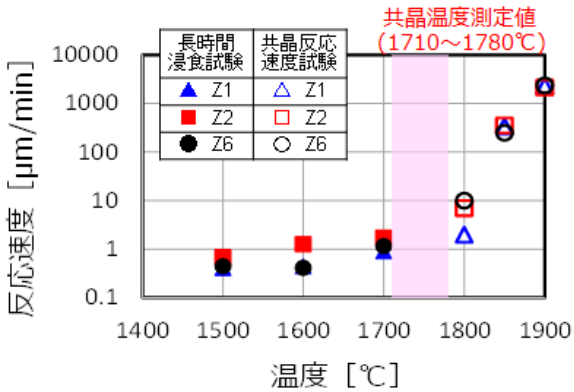

図２　反応速度の温度依存性

3. 結論

反応速度を各温度に対してプロットしたものを，図 2 に示す。ZrO_2 耐火材と Al_2O_3 耐火材の共晶温度付近である 1700°C～1800°C にて反応速度の増大に屈曲点が存在し，1800°C 以上で反応速度が著しく増大することから，異種耐火材を多層化する場合には ZrO_2 目地材と Al_2O_3 耐火材の界面温度を 1700°C 以下となるよう ZrO_2 耐火材厚みを決定する必要がある。また，代表プラントに対する熱伝導解析から，ZrO_2 耐火材厚みを 5cm 以上確保することで，共晶温度付近における化学的反応を回避しつつ，MCCI 抑制可能な見通しを得た。

なお、本件は日本原子力発電㈱、東北電力㈱、東京電力ホールディングス㈱、中部電力㈱、北陸電力㈱、中国電力㈱、電源開発㈱、(一財)エネルギー総合工学研究所、東芝エネルギーシステムズ㈱、日立ＧＥニュークリア･エナジー㈱が実施した共同研究の成果の一部である。

*Tomonori Kimura[1], Masafumi Nojima[1], Tadashi Fujii[1], Yoichi Onitsuka[2] and Takumi Yoshikawa[3]
[1]Hitachi-GE Nuclear Energy, [2]Toshiba Energy Systems & Solutions, [3]The Japan Atomic Power Company