

静的デブリ冷却システムの開発 耐熱材の高温熱物性

Development of Passive Debris Cooling System

High Temperature Thermal Properties of Heat Resisting Materials

*窪谷 悟¹, 石渡 裕¹, 榊 勲¹, 藤井 正², 辻 隆文³, 渡辺 博道⁴, 阿子島 めぐみ⁴

¹東芝, ²日立 GE, ³中部電力, ⁴産業技術総合研究所

静的デブリ冷却システムは圧力容器から流下した溶融炉心（デブリ）を格納容器底部で安定的に保持・冷却することを目的としている。本システムの性能評価の一環として、系統的なデータの乏しい温度域における、耐熱材候補材の熱物性値を取得し、その温度依存性を明らかにした。

キーワード：溶融炉心，耐熱材料，熱物性，熱拡散率，比熱，熱伝導率，再結晶

1. 緒言

静的デブリ冷却システムの性能評価には溶融炉心による耐熱材の過渡的な温度・応力分布、熱流束等が必要だが、溶融炉心温度域での耐熱材の熱物性に関する系統的なデータがない^[1]。本報では耐熱材の候補材として選定した ZrO_2 、 Al_2O_3 の緻密質焼結材と耐火物、W 圧延材について、熱物性値の温度依存性評価結果を報告する。W 圧延材は測定中に再結晶を生じるため、W の再結晶が熱拡散率に及ぼす影響も検討した。

2. 実験方法

熱拡散率(α)はレーザフラッシュ法により室温から 1950℃まで、比熱は示差熱分析法($\leq 600^\circ\text{C}$)と投下法($\geq 600^\circ\text{C}$)により測定した。W の熱拡散率は、産業技術総合研究所による、急速加熱が可能な光通電ハイブリッド・パルス加熱法^{[2][3]}によっても測定した。

3. 結果

- (1) 比熱はいずれの材料も同様の温度依存性を示し、低温域では温度の3乗に比例、高温域では温度に対し線形の関係を得た。
- (2) 熱拡散率は測定温度の上昇に伴い低下し、温度の逆数に対する指数関数^[4]によって近似できる事を明らかにした(図1)。
- (3) W 圧延材の熱拡散率は、約 2100℃で熱処理した再結晶材よりも測定温度 1000℃以上で 10%程度高い値を示した。
- (4) 光通電ハイブリッド・パルス加熱法による計測後の試験片断面組織とビッカース硬さから、測定温度 1600℃以上においては、W 圧延材は加熱保持時間 1 分以内での再結晶を生じ(図2)、熱拡散率も再結晶材とほぼ等しくなる事が明らかとなった。

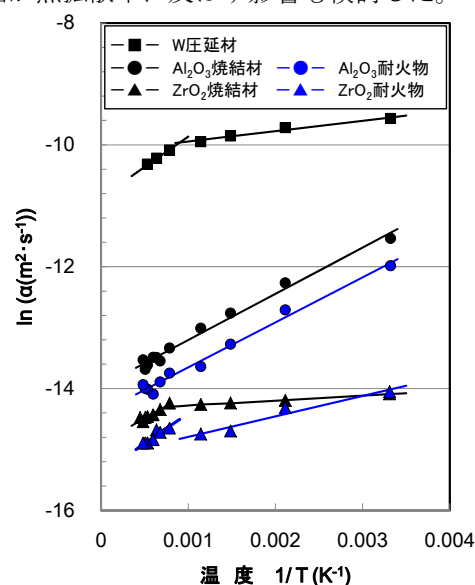


図1 熱拡散率 α と温度 T の関係

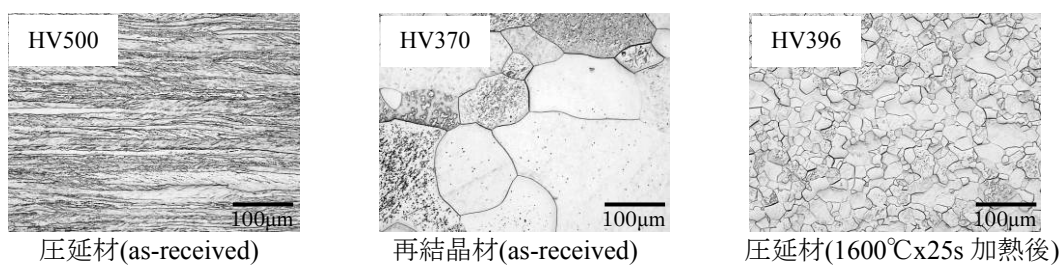


図2 W 熱拡散率測定試験片の組織と硬さ

なお、本件は経済産業省「平成 27 年度発電用原子炉等安全対策高度化技術開発費補助事業」の一環として、中部電力(株)、東北電力(株)、東京電力ホールディングス(株)、北陸電力(株)、中国電力(株)、日本原子力発電(株)、電源開発(株)、(一財)エネルギー総合工学研究所、(株)東芝、日立 GE ニュークリア・エナジー(株)が実施した共同研究の成果の一部である。

参考文献

- [1] KURITA, T., et al., "Test and Evaluation Plan for Passive Debris Cooling System", ICNRP2013, 2013
- [2] H.Watanabe, T.baba ; Applied Physics Letters, Vol.88, No.24(2006), P1901.
- [3] 渡辺 博道, 山下 雄一郎, 馬場 哲也 ; The 28th Japan Symposium on Thermophysical Properties, P9(2007).
- [4] 阿子島 めぐみ, 馬場 哲也, 阿部 陽香, 加藤英幸 ; 固体熱物性クラブ第4回研究会配布資料(2009).

*Satoru Kuboya¹, Yutaka Ishiwata¹, Isao Sakaki¹, Tadashi Fujii², Takafumi Tsuji³, Hiromichi Watanabe⁴ and Megumi Akoshima⁴

¹Toshiba Corporation, ²Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd., ³Chubu Electric Power co., Inc.,

⁴National Institute of Advanced Industrial Science and Technology