

沸騰水型軽水炉過酷事故における炉心溶融物の挙動 (2) 制御棒とチャンネルボックスから生成する溶融物

Melting behavior of reactor core during severe accident of BWR

(2) Liquid phase formation from control blade and channel box

鄭 立春¹, 細井 一矢¹, *植田 滋¹, 高 旭¹, 北村 信也¹, 小林 能直²

¹東北大学, ²東京工業大学

沸騰水型軽水炉の炉心溶融では、ステンレス鋼により構成される制御棒とジルカロイを用いたチャンネルボックスの初期溶融挙動が生成物と溶融挙動を決定する。これらの素材は融点が異なるため、相対的に低温で生成するステンレス鋼系融体と固体ジルカロイの反応による溶融挙動を調査の対象とした。表面に酸化相を形成した固体ジルカロイとステンレス鋼系融体を 1300°Cにおいて接触し界面における相形成および溶融挙動を観察した。

キーワード: 炉心溶融、ステンレス鋼、ジルカロイ、福島第一事故

1. 緒言 福島第一原発の燃料デブリの取り出し作業においては、デブリの詳細な性状や堆積位置などについて把握する必要があるが、そのために燃料デブリの形成過程についての知見が求められる。制御棒とチャンネルボックスの融点は著しく異なるため、溶融過程でステンレス系融体と固体 Zircaloy-4 との反応が起きた可能性があるが、固液共存を想定した研究例は少ない。本研究ではチャンネルボックスの材料である Zircaloy-4 と制御棒材料である SUS304-B₄C 系合金の融体(ステンレス鋼系融体)との水蒸気を含む雰囲気下、1300°Cでの反応に及ぼす Zircaloy-4 表面の酸化相の影響を検討した。

2. 実験方法 Zircaloy-4 を 1200°Cの H₂O/Ar 雰囲気下で所定時間加熱し表面に 100μm 厚の酸化相を形成した。SUS304 と B₄C を Ar 中で加熱溶融の後冷却し、2.0%B, 0.9%C を含有する Fe-Cr-Ni 合金を生成した。ジルコニアるつぼ中に酸化処理した Zircaloy-4 と合金試料を入れ、H₂O/Ar 雰囲気下において所定時間 1300°Cで加熱した。加熱後の試料は炉から取り出し He 気流下で急冷した後、観察試料とした。

3. 反応挙動 Fig.1 に、所定の雰囲気下で 60min 加熱した試料の溶融合金と Zircaloy-4 界面近傍の断面を示す。Zircaloy-4 の金属部分は形状を保ち固体であったことが確認できる。同様に酸化相の生成を行わなかった Zircaloy-4 試料について加熱試験を行ったが、Fe 等固溶による共晶温度のため溶融した。溶融合金と Zircaloy-4 の金属相は直接接しないため、Zircaloy-4 金属相の溶融は抑制された。Zircaloy-4 の酸化相と金属相との界面付近を EPMA により観察したところ Fe, Cr, Zr, 等が検出され、厚さ 10μm 程度の液相を含む相が新たに形成していることが観察された。この結果から



Fig.1 Cross sections of sample heated at 1300°C for 60 min in H₂O/Ar atmosphere using Zircaloy-4

ら Zircaloy-4 表面に酸化相が存在する場合であっても Zircaloy-4 の酸化相中を溶融合金成分が拡散し、金属相とステンレス鋼系融体との反応と溶融はわずかに進行したことがわかった。

4. 結論 Zircaloy-4 表面に 100μm 厚の酸化相を生成し、ステンレス鋼系融体と接触する試験を行った。酸化相を生成することで金属融体と金属 Zircaloy-4 の接触が妨げられ、溶融が抑制された。しかし酸化相と金属相の境界では、Fe 等を含む融体の生成が確認され、酸化相内をステンレス鋼系融体の成分が拡散することが示された。

本研究は、平成 27 年度科学技術試験研究委託事業「沸騰水型軽水炉過酷事故後の燃料デブリ取り出しアクセス性に関する研究」において実施されたものです。

*Shigeru Ueda¹, Zheng Lichun¹, Kazuya Hosoi¹, Gao Xu¹, Shin-ya Kitamura¹ and Yoshinao Kobayashi²

¹Tohoku Univ., ²Tokyo Institute of Technology