BWR 過酷事故を模した高温水蒸気雰囲気による SUS304-B_4C 固化物におけるホウ素再分配挙動評価

Investigation of re-distribution of B in SUS304-B_4C alloy under high temperature steam simulating BWR severe accident

*佐久間　真之介[1]，伊藤　あゆみ[1]，安井　伸太郎[1]，小林　能直[1]，
伊東　賢一[2]，平井　睦[2]，溝上　暢人[2]
[1]東京工業大学，[2]東京電力 HD

沸騰水型軽水炉(BWR)過酷事故における制御棒溶融固化物が事故進展の過程で高温水蒸気に晒される場合に、固化物中のホウ素がとる化学形態および反応機構を明らかにするために、SUS304-B_4C 模擬デブリを作製して水蒸気雰囲気による等温保持実験を実施し、試験後試料に対して金属組織観察および相同定を行った。

キーワード：福島第一原子力発電所事故，BWR，制御棒，　SUS304-B_4C

1. 緒言

福島第一原子力発電所 2 号機の事故解析によると、炉心損傷初期において水蒸気枯渇雰囲気で制御棒が溶融し、固化した制御棒由来デブリは高温の水蒸気雰囲気に晒された可能性が高い。本研究では、当該固化物におけるホウ素の化学形態を明らかにするために、制御棒由来デブリの模擬合金を作製して水蒸気雰囲気による等温保持実験を実施した。試験後試料の組織観察および構造解析を行うことで，相関係および反応機構に関する知見を得た。

2. 実験

SUS304 粉末と B_4C 粉末を混合し Ar 雰囲気 1450°C にて 90 分保持し完全溶融、水冷して得られた SUS304-B_4C 合金を模擬デブリ試料とした。Ar/水蒸気混合ガス(Ar ガスによるバブリング法，水温 90℃)を導入した 1100°C の電気炉内に、SUS304-B_4C 合金の試験片を装荷したアルミナ坩堝を装填し、一定時間保持後、炉冷却した。試験後試料の表面近傍における相同定には粉末 XRD を、反応断面の組織観察には SEM/EDS を用いた。

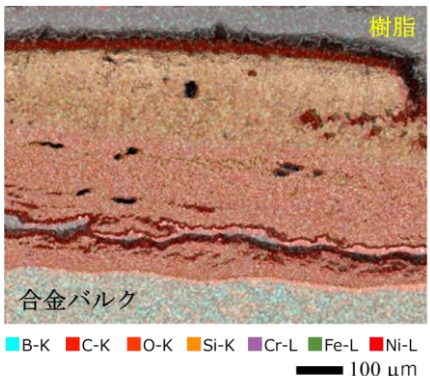

図 1　60 分保持試料の元素マッピング

3.結果及び考察

図 1 に 60 分保持試料断面の元素マッピング像を示す。合金バルクと気相(樹脂部)の間に Fe,Cr,O,B を含む反応相の形成を確認した。電気炉から取り出した試料の表面を削って粉末 XRD 分析を実施したところ、回折パターンから Fe_3BO_5 と(Fe,Cr)O が含まれていることがわかった。SEM/EDS による組織観察から、ホウ素を含まない酸化物の内側にホウ素含有酸化物が形成されており、合金中の酸素親和性が高いホウ素を酸化させる機構と、合金母相の酸化膜形成による複合的な反応が起こっていると考えられる。現状、ホウ素含有鉄酸化物 Fe-B-O 系の知見は非常に限定的であり、制御棒由来デブリの形成・変質の過渡をより深く理解するためには今後 Fe-B-O 酸化物系の熱力学データの充実が求められる。

謝辞

本研究は、東京電力ホールディングス株式会社との「TEPCO 廃炉フロンティア技術創成協働研究拠点」で得られた成果の一部です。

*Shinnosuke Sakuma[1], Ayumi Itoh[1], Shintaro Yasui[1], Yoshinao Kobayashi[1], Kenichi Ito[2], Mutsumi Hirai[2] and Masato Mizokami[2]

[1]Tokyo Institute of Technology,[2]Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc.