

EPMA-SXES によるシビアアクシデント模擬 B₄C 制御棒の化学状態マップ分析

Chemical state mapping of B₄C control rod under simulated severe accidental condition using

EPMA-SXES

*笠田 竜太¹, Ha Yoosung¹, 坂本 寛², 樋口 徹², 松井 秀樹¹

¹京都大学エネルギー理工学研究所, ²日本核燃料開発 (株)

電子プローブマイクロアナライザ付設型軟 X 線発光分光装置 (EPMA-SXES) を用いて、シビアアクシデント模擬環境下に置かれた B₄C 制御棒モックアップにおけるホウ素や炭素のような軽元素の化学状態マップ分析を可能とした報告する。

キーワード: B₄C 制御棒, シビアアクシデント, 共晶反応, 軟 X 線発光分光

概要

福島第一原子力発電所を含む軽水炉の制御棒に広く用いられている炭化ホウ素 (B₄C) は優秀な中性子吸収材料であるとともに、高融点材料ではあるが、高温において周囲のステンレス鋼材等と共晶反応が生じてより低い温度で熔融する。再臨界リスク低減のためにも、過酷事象時のホウ素の化学状態とともに存在位置を把握することは重要である。放射光施設を用いた X 線分光は化学状態について詳しい情報を与えるものの、位置情報の詳細を同時に得ることは不可能ではないものの合理的ではない。一方、従来の走査型電子顕微鏡技術では元素の位置情報は得られるものの化学状態については不十分である。我々は、最近開発された電子プローブマイクロアナライザ (EPMA) 用軟 X 線発光分光器 (EPMA-SXES) によって、高温水蒸気酸化試験後の制御棒におけるホウ素の化学状態を踏まえた二次元分布解析に成功したので報告する。

用いた EPMA は日本電子製 JXA-8500F である。従来型の波長分散 X 線分光器 (WDS) に加えて、B や C 等の軽元素の検出のために SXES を用いた。これらを用いて参照材料であるホウ素純物質から得られた B-K スペクトルを図 1 に示す。SXES の高いエネルギー分解能と優れた S/N 比は明白であり、B の化学状態あるいは電子状態に対応する情報を位置情報と併せて取得可能であることが示された。

高温水蒸気酸化前後の B₄C 制御棒中の断面組織に対して EPMA-SXES による分析を行ったところ、水蒸気酸化後の塊状残余物における B-K ピーク形状に変化が見られないことから、B₄C として残存していることが示された。共晶反応部については、B₄C 中あるいは単体の B とは異なる化学形態を持つことが示され、Fe₂B のように金属的なフェルミ端のピークが出現していることや Fe₂B (Cr₂B も含む) の存在が示唆されていることから Fe を中心とするほう化物を形成していると考えられる。詳細については当日報告する。

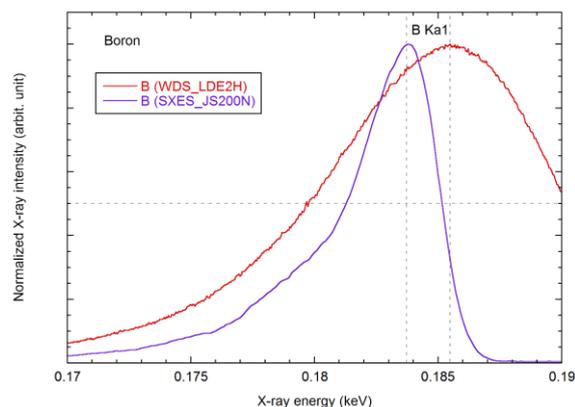


図 1 WDS(LDE2H)およびSXESによって取得した B 単体材料からの B-K 発光スペクトル。

*Ryuta Kasada¹, Yoosung Ha¹, Kan Sakamoto² Toru Higuchi² and Hideki Matsui²

¹I.A.E., Kyoto Univ., ²NFD Co., Ltd.