

# EPMA-SXES による BWR シビアアクシデント模擬環境下に置かれた B<sub>4</sub>C 制御棒中ホウ素の化学状態マップ分析

京都大学エネルギー理工学研究所 笠田 竜太 Ha Yoosung(現:日本原子力研究開発機構)  
日本核燃料開発株式会社 坂本 寛 樋口 徹

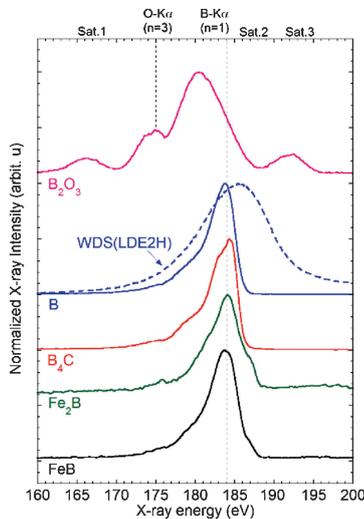


Fig. 1 EPMA-SXES によって得られたホウ素単体およびホウ素化合物試料の B-K $\alpha$  スペクトル. ホウ素単体(B)については比較のために従来型 EPMA-WDS である LDE2H によって得られたスペクトルも示す.

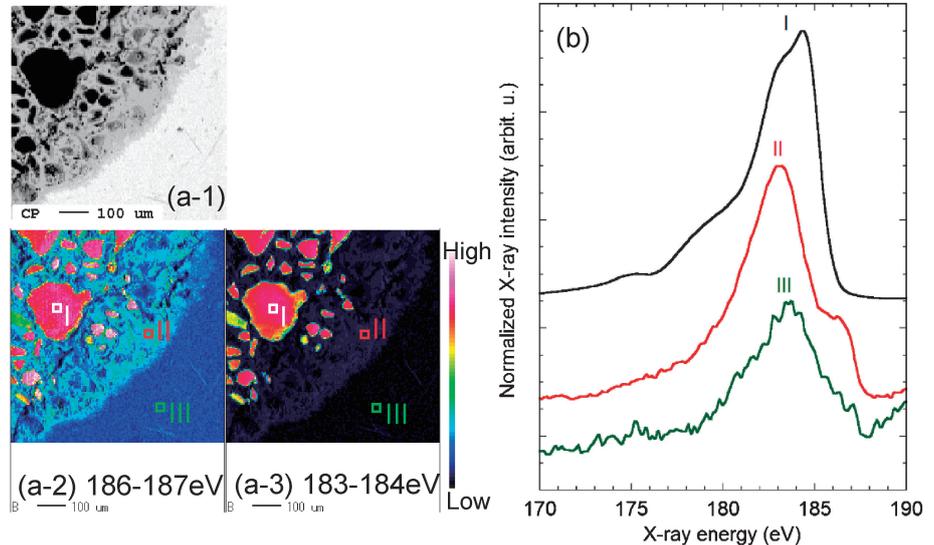


Fig. 2 高温水蒸気酸化試験(1250°C, 30 min)後の B<sub>4</sub>C 制御棒模擬試料の(a-1)反射電子像. (CP), EPMA-SXES によるホウ素の化学状態マップ(a-2) ROI: 186-187 eV, (a-3) ROI: 183-184 eV, (b)マップ上 I, II, III 領域における B-K $\alpha$  スペクトル.

B<sub>4</sub>C は核分裂炉における制御材のひとつであり、福島第一原子力発電所(1F)においては全号機で用いていた. 1Fの再臨界リスクの更なる低減やソースタームの把握のためにもシビアアクシデントによって生じた燃料デブリ中での制御棒, 特に中性子吸収材として重要なホウ素の存在状態を詳細に調べることが必要である. 本研究では, 電子プローブマイクロアナライザ(EPMA)に付設した高いエネルギー分解能と優れた検出限界性能を有する軟 X 線発光分光器(SXES)によって, 従来の波長分散 X 線分光器(WDS)では測定が困難であったデブリ模擬体中のホウ素の化学状態分布に関する詳細な情報を得ることに成功した<sup>(1)</sup>. Fig. 1 に示すように, ホウ化物(FeB, Fe<sub>2</sub>B)では高エネルギー側に特有のショルダー(Sat-2)が生じ, Fe<sub>2</sub>Bにおいてより顕著である. B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>では B-K $\alpha$  ピークのケミカルシフトとともにサテライトピーク(Sat-1, Sat-3)が

見られる. Fig. 2(b)に示す高温水蒸気酸化試験後の B<sub>4</sub>C 制御棒模擬試料の断面の各部のスペクトル形状より, Fig. 2(a)の反射電子像において黒い粒状のものは残存 B<sub>4</sub>C 粒であり, その周辺の灰色の領域の熔融凝固部には酸化ホウ素は存在せずホウ化物が存在し, またステンレス鋼管部にも微量のホウ素が存在することが示された. このように EPMA-SXES の優れた分解能と検出感度を活用して, Fig. 2(a)に示すように複雑な熔融凝固組織におけるホウ素の化学状態分布を取得することが可能となった.

## 文 献

- (1) R. Kasada, Y. Ha, T. Higuchi and K. Sakamoto: Scientific Reports, **6**(2016), 25700.  
(2016年7月14日受理)[doi:10.2320/materia.55.576]

Chemical State Mapping Analysis of Boron in Model B<sub>4</sub>C Control Rod under BWR Severe Accidental Condition by EPMA-SXES; Ryuta Kasada\*, Yoosung Ha\*\*, Kan Sakamoto\*\*\* and Toru Higuchi\*\*\* (\*Institute of Advanced Energy, Kyoto University, Kyoto. \*\*Institute of Advanced Energy, Kyoto University, Kyoto, Present address: Japan Atomic Energy Agency. \*\*\*Nippon Nuclear Fuel Development Co., Ltd. Ibaraki)

Keywords: electron probe micro-analyzer, B<sub>4</sub>C, severe accident, soft X-ray emission spectroscopy, control rod

Specimen preparation: polished with SiC papers and colloidal silica

EPMA utilized: JXA-8500F FE-EPMA with SXES