

レーザー誘起ブレイクダウン分光法 (LIBS) による 材料硬度評価手法への応用検討

Examination of measurement method of the hardness by Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS)

* 岡崎 航大¹, 川上 智彦¹, 阿部 雄太², 大高 雅彦², 佐藤 一憲^{2,3}

¹化研, ²日本原子力研究開発機構, ³技術研究組合 国際廃炉研究開発機構

レーザー誘起ブレイクダウン分光法 (LIBS) を燃料デブリ内の金属ホウ化物や金属酸化物の材料硬度評価への応用を検討するため CMMR 試験体を用いて、LIBS 及び硬度計測を実施した。その結果、Zr の結合状態に由来する LIBS 蛍光発光強度の変化が確認され、材料硬度評価手法への応用が示唆された。

キーワード：レーザー誘起発光分光法 (LIBS), 金属ホウ化物, 硬度計測, 燃料デブリ

1. 緒言

沸騰水型原子炉 (BWR) では制御材に炭化ホウ素(B₄C)を用いておりシビアアクシデント (SA) 時の炉心溶融により酸化物の約 2 倍の硬度を持つホウ化物が生成される可能性がある^[1]。廃炉における燃料デブリ取出し時の適正な工法検討のため燃料デブリの材料硬度情報の事前評価が望まれている。近年、LIBS による元素組成分析は遠隔操作測定や水中での測定等のオンサイト分析法として多様な分野、測定対象への適用が拡大しつつあり、1F 燃料デブリ関連の計測手法としても適用が試みられている^[2]。本報では、LIBS で計測した金属酸化物や金属ホウ化物の酸素、ホウ素及び金属元素の蛍光発光強度比から材料硬度を評価するための手法適用性を実験により検討した。

2. 方法

分析対象試料は BWR 炉心の基本構成要素からなる模擬燃料集合体を製作し、温度条件を模擬した「CMMR 試験体^{[3], [4]}」を用いた。試料は、アグレインブウォータージェットで切断した後、10cm×10cm×1cm に切断し、表面凹凸を 10µm 以下に加工した。測定は、EPMA による試験体表面の元素マッピング情報を基に測定箇所を選定し、LIBS 計測及び微小ビッカース硬さ試験機による硬度計測を実施した。

3. 結果と考察

図 1 に B、O、Zr 比 (B/O/Zr 比) とビッカース硬度の比較を示す。10GPa 以下の領域において、酸素濃度 5%以下で実施された CMMR-0 試験体は負の相関が、酸素濃度 0.2%以下で実施された CMMR-2 試験体では横ばいの相関が得られた。一方で、10GPa 以上の領域では正の相関が得られた。これらの違いは、Zr の結合状態 (金属、酸化物、ホウ化物) に由来すると思われる、この LIBS 蛍光発光強度の変化を用いることで、材料硬度評価手法への応用が示唆された。今後はホウ素及び酸素の含有量を変化させた試料を用いて、本相関の検証を進める。

謝辞 本研究は、経済産業省『平成 27 年度補正予算「廃炉・汚染水対策事業費補助金 (総合的な炉内状況把握の高度化)」』において実施した加熱試験の加熱後試験体の一部を測定対象として使用した。

参考文献 [1] Takano, M. et al., J. Nucl. Sci. Technol, 51, (2014), [2] Saeki, M. et al., J. Nucl. Sci. Technol, 51, (2014)
[3] Abe, Y. et al., ICAPP-17646, (2017) [4] Abe, Y. et al., ICONE26-81411, (2018)

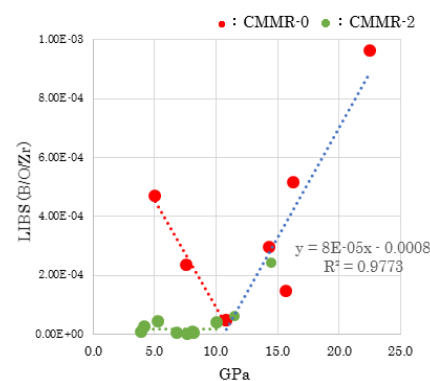


図 1 B/O/Zr 比とビッカース
硬度の比較

*Koudai Okazaki¹, Tomohiko Kawakami¹, Yuta Abe², Masahiko Ohtaka², and Ikken Sato^{2,3}

¹KAKEN Inc., ²Japan Atomic Energy Agency, ³International Research Institute for Nuclear Decommissioning