

24P-5F-08 慣性核融合出力の熱負荷を模擬したパルスレーザーによる  
 タングステン第一壁内部の結晶粒厚さの変化  
 Change of grain thickness inside tungsten first wall by pulsed laser  
 to simulate inertial fusion relevant heat load

小川(米田)小梅<sup>1</sup>, 板谷梨世<sup>1</sup>, 内田雄大<sup>2</sup>, 羽原英明<sup>3</sup>, 齊藤信雄<sup>1</sup>, 佐々木徹<sup>1</sup>, 高橋一匡<sup>1</sup>, 菊池崇志<sup>1</sup>  
 Koume YONETA-OGAWA<sup>1</sup>, Rise ITATANI<sup>1</sup>, Yuki UCHIDA<sup>2</sup>, Hideaki HABARA<sup>3</sup>, Nobuo SAITO<sup>1</sup>, Toru SASAKI<sup>1</sup>,  
 Kazumasa TAKAHASHI<sup>1</sup>, Takashi KIKUCHI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>長岡技術科学大学, <sup>2</sup>長岡工業高等専門学校, <sup>3</sup>大阪大学  
<sup>1</sup>Nagaoka University of Technology, <sup>2</sup>NIT, Nagaoka College, <sup>3</sup>Osaka University

慣性核融合炉の第一壁は極短時間に核融合出力である荷電粒子や中性子, X線による熱の負荷を受ける[1]. 特に, 荷電粒子とX線は物質中での飛程が短く, 炉壁表面から浅い領域で局所的にエネルギーを付与するため, 炉壁表面への熱負荷が大きくなることが予測されている[2]. 固体壁材料への熱負荷を調査することは, 再結晶脆化等の観点から炉の寿命を決めるため重要な課題の一つであるが, 負荷を受けた炉壁の深さ方向の状態変化は明らかになっていない[2][3]. 本研究では, 核融合出力による炉壁への熱負荷を模擬するためにタングステン試料へパルスレーザーを照射し, 試料内部に与える影響について集束イオンビーム装置(FIB)を用いて検討した.

まず, エネルギー $E_L$ のレーザー(パルス幅17ns)を照射した時に, タングステンに吸収されるエネルギー $E_w$ を非接触温度計により測定した. その結果,  $E_w=0.05E_L$ の関係となった. 次に, 慣性核融合炉で想定されている炉壁表面でのエネルギーフルエンスである $1\sim 2\text{ J/cm}^2$ となるように, パルスレーザーをタングステン試料に照射した[1]. 照射前後の試料内部は, FIBを用いて表面から深さ $10\sim 15\text{ }\mu\text{m}$ まで削り, その断面を測定した.

Figure 1にレーザー照射 ( $E_w=2\text{ J/cm}^2$ ) 後の試料断面を示す. Figure 2に各条件でのタングステン最表面の結晶粒厚さを測定した結果を示す. これらの結果より, 最表面の結晶粒厚さが $0.20\text{ }\mu\text{m}$ から $1.8\text{ }\mu\text{m}$ に変化したことがわかる. Figure 3で深さ方向上部(表面 $\sim 5\text{ }\mu\text{m}$ )と下部( $5\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ )における粒径分布を示す. 観測結果より, タングステン最表面の結晶粒厚さが大きくなり, 深さ方向上部と下部の粒径の分布に有意な差( $p=0.795\%$ )があることを確認した.

以上の結果より, 想定されている炉壁表面での負荷 ( $1\sim 2\text{ J/cm}^2$ ) でも, 炉壁材料内部の特に表面付近の結晶粒は厚く変化することがわかった.

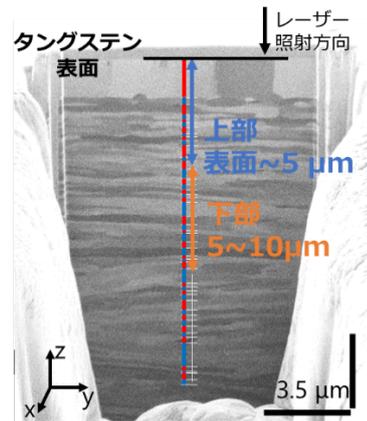


Figure 1 レーザー照射( $E_w=2\text{ J/cm}^2$ )後の試料断面

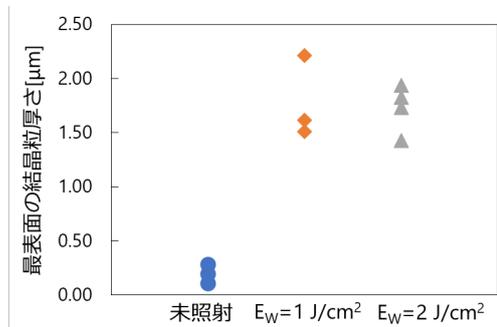


Figure 2 各条件での最表面の結晶粒厚さ

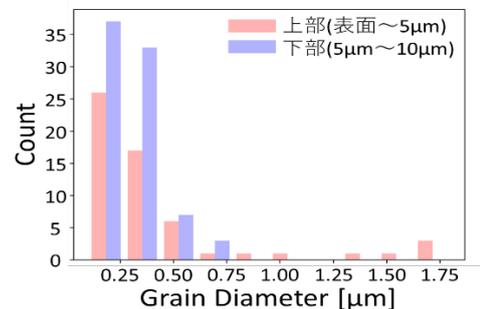


Figure 3 深さ方向上部と下部の粒径分布

参考文献

- [1] 山本敬治 *et al.*, J. Plasma Fusion Res. 82 (2006) 838.
- [2] R. Gonzalez-Arrabal, *et al.*, Matter Radiat. Extremes 5 (2020) 055201.
- [3] T.J. Renk, *et al.*, Fusion Eng. Des. 65 (2003) 399.