

# LHD高性能定常放電におけるプラズマ壁相互作用

## Plasma surface interaction in steady state plasma of LHD

時谷政行<sup>1</sup>, 上田良夫<sup>2</sup>, 吉田直亮<sup>3</sup>, 増崎 貴<sup>1</sup>, 笠原寛史<sup>1</sup>, 吉村泰夫<sup>1</sup>,  
長崎百伸<sup>4</sup>, 芦川直子<sup>1</sup>, 武藤 敬<sup>1</sup>, LHD実験グループ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 核融合研, <sup>2</sup> 大阪大, <sup>3</sup> 九大, <sup>4</sup> 京大

Masayuki TOKITANI<sup>1</sup>, Yoshio UEDA<sup>1</sup>, Naoaki YOSHIDA<sup>2</sup>, Suguru MASUZAKI<sup>1</sup>,  
Hiroshi KASAHARA<sup>1</sup>, Yasuo YOSHIMURA<sup>1</sup>, Kazunobu NAGASAKI<sup>4</sup>, Naoko ASHIKAWA<sup>1</sup>,  
Takashi MUTOH<sup>1</sup>, LHD experiment group<sup>1</sup>

<sup>1</sup> NIFS, <sup>2</sup> Osaka Univ., <sup>3</sup> Kyushu Univ., <sup>4</sup> Kyoto Univ.

高周波加熱(ICH+ECH)によるLHDの高性能定常放電(He)において、材料照射実験を実施した。約1000秒の照射時間で、第一壁材料(ステンレス鋼)表面に、He照射に伴うバブルや転位ループなどの照射損傷と、炭素を主とした金属を含むMixed-material堆積層が形成され、表面ナノ構造が激しく変化している様子を捉えた。それらはHe粒子の連続捕捉サイトとして機能し、定常放電時の壁排気の一端を担っていることが明らかになった。

LHDの定常放電(He)では、放電開始から数百秒を超えると、壁からの脱ガスによるプラズマ密度上昇により、粒子制御が困難となる現象が観測されている。LHDの対向壁は90%以上がステンレス鋼の第一壁、5%が炭素製ダイバータタイルであるが、金属材料がHe照射を受けると、バブルや転位ループなどの照射欠陥が多量に形成されることが知られている。また、Heによる表面スパッタリング損耗が発生し、ある場所には金属と炭素材料が混在したMixed-material堆積層が形成されることも観測されている。He損傷とMixed-material堆積層の形成は、対向材料のHe粒子の吸蔵・放出特性を大きく変化させる恐れがあり、それが定常放電の粒子制御に影響を与えている可能性がある。

そこで、本研究では、第一壁(ステンレス鋼)のプラズマ壁相互作用(PWI)に着目し、可動式のマテリアルプローブシステムを用いて、SUS316L試料を第一壁位置まで挿入し、ICH+ECH加熱(~1MW)の高性能定常プラズマ( $1 \times 10^{19} \text{m}^{-3}$ )に1000秒間曝露させ、He照射に伴う表面変質特性を調べた。図1は曝露後のSUS316L試料の断面透過型電子顕微鏡(TEM)像である。直径2-3nmの高密度Heバブルが深さ20nmにわたって形成されているだけでなく、表面には、厚さ5nmの炭素を主とするMixed-material堆積層が形成されていることがわかる。深さ分布から想定すると、数keVオーダーのエネルギーを持つ荷電交換中性He(CX-He)が第一壁に入射されたと考えられる。He照射と同時にMixed-material堆積層が形成されるという複雑な表面変質環境であったことが示された。次に、この試料のHe昇温脱離ガス分析(TDS)スペクトルを図2に示す。低温域での放出①と高温域での放出②に大別されるが、②の放出は主にSUS316L基盤に形成されたHeバブルに捕捉されたHeの放出である。この温度領域のHeは、室温壁であるLHDの定常放電中に放出されることは考え難い。一方、①の放出の場合、室温近傍からの急激な放出であることがわかる。これは主にMixed-material堆積層に捕捉されたHeの脱離であると考えられ、定常放電時の粒子バランス制御に影響を与えている可能性がある。

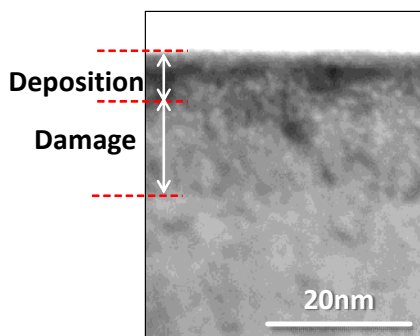


図 1. 定常放電後の SUS316L 試料の断面 TEM 像

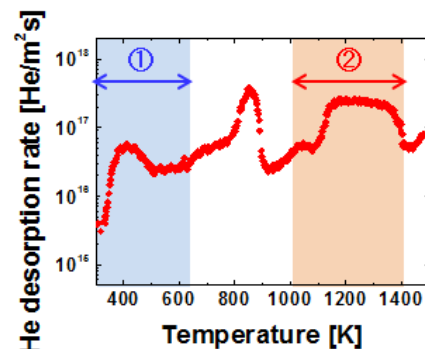


図 2. 定常放電後 SUS316L 試料からの TDS スペクトル