

LHDヘリウム長時間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¹, 笠原寛史¹, 吉村泰夫¹, 本島 徹¹, 庄司 主¹, 増崎 貴¹, 宮本光貴², 上田良夫³,
坂本隆一¹, 坂本瑞樹⁴, 吉田直亮⁵, 武藤 敬¹, LHD実験グループ¹

¹ 核融合研, ² 島根大学, ³ 大阪大, ⁴ 筑波大, ⁵ 九大

Masayuki TOKITANI¹, Hiroshi KASAHARA¹, Yasuo YOSHIMURA¹, Gen MOTOJIMA¹, Mamoru SHOJI¹,
Suguru MASUZAKI¹, Mitsutaka MIYAMOTO², Yoshio UEDA³, Ryuichi SAKAMOTO¹,
Mizuki SAKAMOTO⁴, Naoaki YOSHIDA⁵, Takashi MUTOH¹, LHD experiment group¹

¹ NIFS, ² Shimane Univ., ³ Osaka Univ., ⁴ Tsukuba Univ., ⁵ Kyushu Univ.

LHDの高周波加熱(ICH+ECH)によるヘリウム長時間放電では、ステンレス鋼製第一壁(SUS316L)表面に、炭素が主で鉄を僅かに含むMixed-material堆積層が形成され、そこにヘリウム粒子が弱く捕捉され、わずかな温度上昇で放出されることで壁排気の動的変化がもたらされることが、2013年度の加熱入力1.2MWの放電における材料照射実験で示された。2014年度の実験では、加熱入力1.4MWの放電において同様な実験を行った。その結果、2013年度と比較して堆積層の形成速度が約3倍に増加した一方で、堆積層へのヘリウム粒子の捕捉量は減少していたことが明らかになった。

LHDの対向壁は90%以上がステンレス鋼製第一壁、5%が炭素製ダイバータタイルで構成されている。2013年度までの材料照射実験で、ヘリウムの長時間放電時には対向壁表面がスパッタリング損耗を受け、ある場所には炭素が主で金属を僅かに含むMixed-material堆積層が形成されること、Mixed-material堆積層の形成は、対向材料のヘリウム粒子の吸蔵・放出特性を大きく変化させ、ヘリウム長時間放電の粒子制御に影響を与えている可能性が高いこと、が明らかになった。2014年度の実験では、2013年度の加熱入力1.2MWに対する比較のため、「1.4MW」と「2.0MW以上」の2種類の放電を行った。放電中に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、最長で9062秒の放電に曝露させ、ヘリウム照射に伴う表面変質特性を調べた。図1の左図は、ラザフォード後方散乱法(RBS)で計測した炭素及び鉄堆積層厚さの放電時間依存性を示している。1.2MWと1.4MWを比較すると、加熱パワーが僅かに高いだけであるにもかかわらず、2014年度の実験では炭素堆積層の成長速度が2013年度と比較して約3倍高いことがわかる。また、2.0MW以上の放電において炭素堆積層の形成量は1.2MW、1.4MWと変わらないこともわかる。また、図1の右図は堆積層の断面TEM像を示している。RBSの結果とTEM観察の結果より炭素堆積層の空隙率を導出したところ、2013年度と2014年度でそれぞれ25%、10%という結果になった。この結果は、2014年度の堆積層の方が2013年度よりも密度が高い状態であり、原子レベルで堆積層の特性が異なることを示唆している。一方、昇温脱離ガス分析によるヘリウムの捕捉量は2014年度の方が少ない結果が得られていることから、炭素堆積層の構造がヘリウム捕捉量に影響を与えることが考えられる。

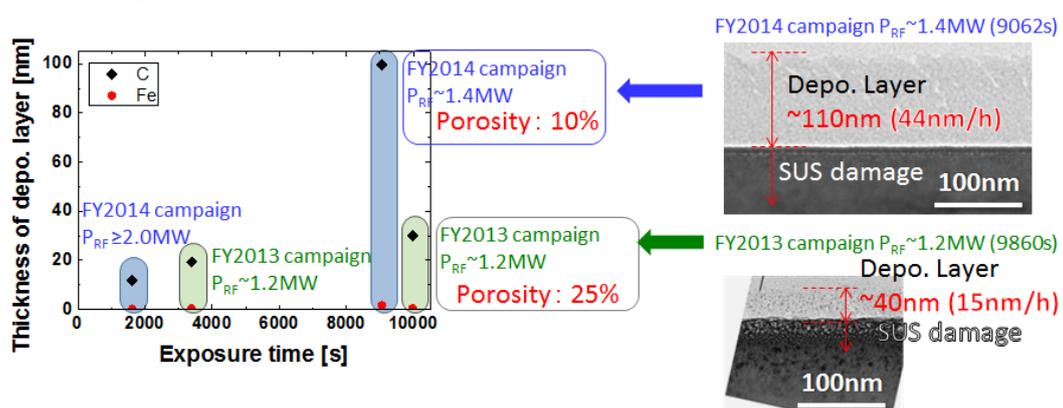


図 1. RBS で計測した炭素及び鉄堆積層厚さの放電時間依存性(左図), および FY2014, FY2013 における堆積層の断面 TEM 像(右図)