

高温壁化されたQUESTプラズマ対向壁のPWIによる特性変化 Change of Surface Properties of High Temperature Wall in QUEST due to PWI

吉田直亮¹, 花田和明¹, 波多野雄治², 時谷政行³, 宮本光貴⁴, 大矢恭久⁵,
炉材料グループ¹, QUEST実験グループ¹

YOSHIDA Naoaki¹, HANADA Kazuaki¹, HATANO Yuji², TOKITANI Masayuki³,
MIYAMOTO Mitsutaka⁴, OYA Yasuhisa⁵, Reactor Material G¹, QUEST Exp. G¹

九大応力研¹, 富山大水素研², 核融合研³, 島根大総理工⁴, 静岡大理⁵
Kyushu Univ.¹, Univ.Toyama², NIFS³, Shimane Univ.⁴, Shizuoka Univ.⁵

定常運転を重要な研究課題としている球状トカマクQUESTでは2014秋・冬キャンペーン(2014AW)から加熱機能を備えたタングステン被覆(APS-W)プラズマ対向壁パネルが上部壁及び下部壁に取り付けられ、プラズマ対向壁面を200℃に加熱した放電実験が始まった。すでに900秒を超える長時間放電が可能になっているが、高温壁化に伴う新たなPWIの課題も見えてきた。本発表では高温運転終了後のプラズマ対向壁の表面特性について報告し、高温タングステン壁を用いた定常放電運転に向けてのプラズマ-壁相互作用の課題について考察する。

カラーアナライザー(DM-1、常陸金属㈱製)を用いて2015SMでプラズマ曝露したPWIプローブ材(SUS316L平板)のRGB値を測定した。赤道線より上側では金属光沢を保っておりRGBの平均値は未曝露材の90%に当たる高い値(700程度)を示した。この領域では照射欠陥や侵入不純物が混在した厚さ8nm程度の変質層で覆われた損耗ドミナントな表面になっていることが確認された。一方、赤道線より下側ではRGB平均値は620~440と大幅に低下しており厚さ20~100nm程度の不純物堆積層で覆われていることが判った。堆積層の主な構成元素は炭素であるが、壁等からスパッターされたWやFeもそれぞれ9at%および5at%程度含まれている。

炭素を主成分とする堆積層で壁面が覆われた場合、200~300℃程度の壁温度でも水素の吸蔵が進行し、長時間放電の妨げとなる“水素の遅れ放出”が懸念される。Wパネルを導入した2014AWと比べ2015SMでは堆積した炭素は大幅に減ったが今後更に減らす必要がある。

QUESTにおける不純物(特に炭素)の飛来量や飛来方向は場所によらず比較的一様である

のに対して、水素イオンの飛来は強い場所依存性と異方性を持っている。上部壁では大量の水素イオンが壁面に対して約20°の浅い角度を持ってほぼトロイダル方向に沿って入射するため平らな表面を持つ以前のステンレス鋼壁や前述のPWIプローブ材では付着原子はことごとくスパッターされ、いわゆる損耗ドミナントな表面になる。これに対して、赤道線から下側では水素イオンのフラックスは弱く、飛来した不純物の大半はそのまま堆積していく。今回QUESTに導入したAPS-Wの表面は製造法の特徴として下図のSEM写真に見られる様な凹凸の激しい表面構造を持っている。このような表面では模式図に示しように水素イオン流の陰となった部分に不純物が堆積することになる。

APS-Wの表面凹凸構造に起因する不純物の堆積が長時間放電下の粒子リサイクリングに悪影響を与える可能性が懸念されることから、実際に使われたAPS-Wパネルについて水素の吸蔵・放出特性を調べるための準備を進めている。

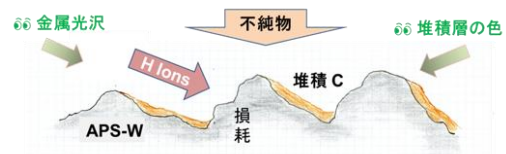
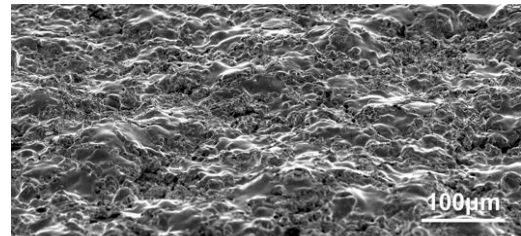


図 APS-WのSEM写真(60°傾斜)と上部APS-W壁面における不純物堆積のメカニズム