

QUESTプラズマ対向壁の水素吸蔵・放出特性

Retention and Desorption of Hydrogen in Plasma Facing Wall of QUEST

湯上尚之¹、藤原正²、荒木邦明²、渡辺英雄²、吉田直亮²、関子秀樹²、波多野雄治³、大矢恭久⁴、奥野健二⁴

Naoyuki YUGAMI¹, Tadashi FUJIWARA², Kuniaki ARAKI², Hideo WATANABE², Naoaki YOSHIDA²
Hideki ZUSHI², Yuji HATANO³, Yasuhisa OYA⁴, Kenji OKUNO⁴

九大総理工¹、九大応力研²、富山大³、静岡大⁴

Kyushu Univ.¹, RIAM Kyushu Univ.², Toyama Univ.³, Shizuoka Univ.⁴

1. 諸言

高性能水素プラズマの定常閉じ込めのためにはプラズマ対向壁の水素同位体吸蔵・放出特性を理解する必要がある。

QUESTの第一壁は、2012年の春から夏にかけての実験キャンペーン(以下2012SS)により、壁面の広範囲にわたって不純物の堆積による着色が再び顕著になり始め、2012年秋から冬にかけてのキャンペーン(以下2012AW)ではその傾向は更に強くなった。この堆積がプラズマの閉じ込めや水素の吸蔵・放出特性にどのように影響するのかを調べる事が当面の課題となる。

2. 実験方法

2012AWにおいては、PWIを調べるプローブ試料としてW, SUS316L, MoのTEM観察用薄膜試料および分析用板状試料を準備し、第一壁の各所に設置しプラズマに曝露した。実験終了後、装置から取り出しグロー放電発光分光分析(GD-OES)により深さ方向の組成分布を、X線光電子分光法(XPS)により試料表面の化学状態を、透過型電子顕微鏡(TEM)により微細構造変化を、昇温脱離ガス分析(TDS)により水素保持・放出特性を調べた。TDSによる評価はWとSUS試料それぞれにはじき出し損傷を起こさない2.0 keVあるいは1.0 keVのD₂⁺を室温で1.0×10²¹ D₂⁺/m²照射し、照射終了から1.5時間経過後1 K/sにて1400 Kまで等速昇温しD₂及びDHの放出スペクトルを測定した。また、カラーアナライザーを用いて第一壁の代表的な箇所の色を測定し、表面特性との相関を調べた。

3. 実験結果

2012AW終了後の壁面においては赤道上に最も強い着色が見られた。上部の堆積が4.7 nmであるのに対し、赤道上の堆積層は20 nmと厚く場所による堆積量の変化が著しかった。また、堆積層の構造は堆積の薄い箇所ではほぼ均一であったが、堆積の厚い赤道上では複雑な層状であった。GD-OES及びXPSにより、堆積物は金属元素(Fe, W, Cr, Ni, Cu)が50%を超えていることが分かった。

赤道上に設置したSUS316L及びWの板状試料と、それぞれの試料のプラズマ未暴露材のTDS測定結果を比較したグラフを図1-2に示す。20 nmの堆積がみられた赤道設置試料ではSUS316Lの高い水素吸蔵能は失われ、Dの総放出量は未暴露材の約1/3となった。また、未暴露材では放出されなかった500~800 Kの温度域でもD₂及びDHを放出した。一方、Wの赤道設置試料は300~400 Kの温度域で未暴露材より多くのD₂を放出し、SUS316Lと同様に800K程度の温度域まで複雑な放出をみせた。Dの総放出量は未暴露材の約5倍まで増加した。

4. まとめ

プラズマ対向壁の堆積が厚くなると、壁面の水素吸蔵・放出特性は複雑に変化した。500 K以上の温度域での特性の変化は著しく、本来吸蔵量の少ないWではDの放出量は増加し、高い吸蔵能を持つSUS316Lでは放出量は減少した。

20 nm程度まで堆積が厚くなると、水素の吸蔵・放出特性は堆積による影響が支配的になることがわかった。

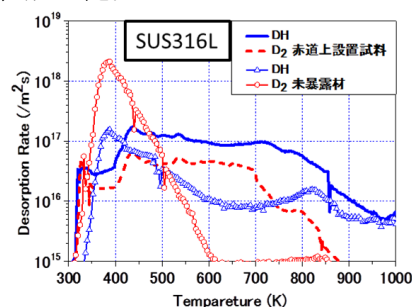


図1. 未暴露材と赤道設置試料のTDS結果 (SUS316L)

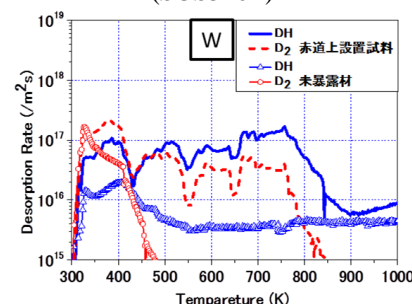


図2. 未暴露材と赤道設置試料のTDS結果(W)