

QUESTプラズマ対向壁の微視的特性と水素保持放出特性に関する研究

Research on microscopic characteristic and hydrogen retention and desorption on the first wall of QUEST

木村陽太¹、藤原正²、渡辺英雄²、吉田直亮²、岡子秀樹²、波多野雄治³、
九大総理工¹、九大応力研²、富山大³、

Yota KIMURA¹, Tadashi FUJIWARA², Hideo WATANABE², Naoaki YOSHIDA², Hideki ZUSHI², Yuji HATANNO³
Kyushu Univ.¹, RIAM Kyushu Univ.², Toyama Univ.³

1. 緒言

高性能プラズマを長時間安定に維持するためには水素同位体の壁への保持・放出過程や壁からの不純物の発生挙動を理解し制御する必要がある。そのためにはまずプラズマ対向面の表面特性を知ることが肝要である。QUESTにおいては、2010S/S までのキャンペーンにおいて、プラズマ対向面には予期せぬ炭素の堆積が見られ、それによって吸蔵された水素同位体の一部は400°Cを超える高温まで保持されることが明らかになった。2010A/W 以降はそれまで見られた炭素の堆積層は減少傾向にあり、表面組織内部には、高エネルギー粒子による、原子はじき出し損傷が徐々に増加している。金属高温壁を用いた長時間放電を目指す QUEST においては、まず炭素の堆積を抑制すること、炭素の共堆積によって水素の吸・放出特性がどのように影響されるのかを明らかにすること、が当面の課題となっている。

2. 実験方法

PWI を探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バルク試料を準備し、第一壁のポロイダル方向、ダイバータ板に設置しプラズマに曝露した。キャンペーン終了後、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、透過型電子顕微鏡 (TEM) により微細構造変化を、また、昇温脱離ガス分析 (TDS) により水素保持放出特性を調べた。水素保持特性の評価では、W と SUS 試料にそれぞれ、はじき出し損傷を起こさない 2.0 keV と 1.0 keV の重水素を 1.0×10^{21} 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 まで等速昇温し重水素ガスの放出スペクトルを測定した。これらに加えて、2012S/S キャンペーンではプラズマ曝露終了後、QUEST 初期から設置してあった SUS の留め金も数枚取り外して、TDS を行ったことと、カラーアナライザーを用いて、真空容器内壁の代表的な箇所の色を測定した。

3. 結果および考察

2011A/W、2012S/S の実験で壁の赤道面上に設置した W 試料の TDS の測定結果を図 1 に示す。2011A/W では以前の 2011S/S までに比べて、表面に堆積していた炭素の堆積層が減少しており、それに伴って水素の保持量も減少しているという結果が出ていた。図 1 のグラフから、2012S/S では 2011A/W に比べて水素の保持量はさらに減少していることが分かる。しかし、2012S/S では、以前には見られなかった、800K 付近での小さな水素の放出ピークが見られた。次に、真空容器内壁各箇所から取り外した、SUS の留め金 2 箇所 S-3、S-5 の TDS の結果を図 2 に示す。赤道上付近から取り外した S-3 と壁上方の激しく変色していた箇所から取り外した S-5 では、S-3 に比べて S-5 は 400K 付近での水素放出ピークは低く、700K から 900K では多くの水素を放出していた。

4. まとめ

プラズマ対向壁が激しく変色することによって、低温域での水素放出量は減少するという結果が得られたが、QUEST においては将来の高温壁実験が考えられているので、S-5 のように高温での水素の放出も避けなければならない。W では、SUS に比べて水素保持量が桁違いに少ないため、将来は W 壁での実験が望まれる。

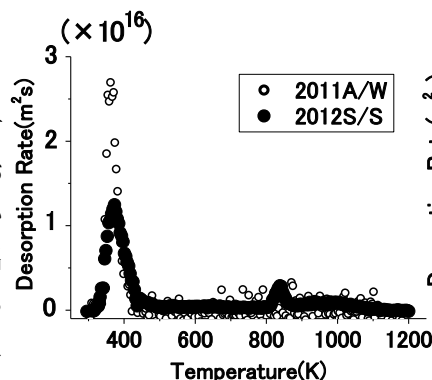


図 1. 2011A/W、2012S/S に設置した W の TDS 測定結果

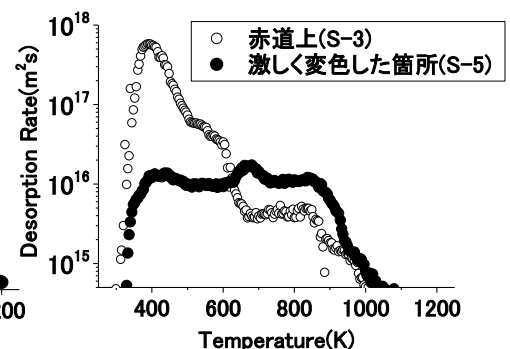


図 2. 真空容器内壁から取り外した SUS の留め金の TDS 測定結果