

水素プラズマ照射によるタングステン中の重水素-水素置換効果の評価

Evaluation of deuterium-hydrogen isotope exchange effect in tungsten by hydrogen plasma irradiation

竹田将生¹, 坂本瑞樹¹, 皇甫度均¹, 鈴木啓吾¹, 折笠直輝¹, 堺貴久¹,
楠本美香都¹, 高津克朋¹, 益子寿昭¹

Masao Takeda¹, Mizuki Sakamoto¹, Dogyun Hwangbo¹, Keigo Suzuki¹,
Naoki Oriksa¹, Takahisa Sakai¹, Mikoto Kusumoto¹,
Katsutomo Takatsu¹, Toshiaki Mashiko¹

¹筑波大学プラズマ研究センター

¹Plasma Research Center, University of Tsukuba

核融合炉のプラズマ対向壁におけるトリチウムの蓄積は安全性の観点から重要な課題である。このトリチウム除去法の1つとして水素同位体交換による壁洗浄があり、その理解が重要である。本研究では、水素プラズマ照射によるW中の重水素-水素置換効果の評価を目的として、小型プラズマ生成装置APSEDASを用いてW試料に対して水素同位体プラズマの交互照射実験を行った。その後、昇温脱離法によるWの重水素吸蔵量の評価を行った。

APSEDASでは高周波を印加して重水素(D)及び水素(H)プラズマを生成し、接地されたステージ中央に固定された試料へ高フラックスのプラズマを照射することが可能である。プラズマ診断には静電プローブを用いている。

本研究では、以下の3条件にてプラズマの交互照射を行った。

(i) Dプラズマ 90分照射

(ii) Dプラズマ 90分照射後 Hプラズマ 3分照射

(iii) Dプラズマ 90分照射後 Hプラズマ 30分照射
プラズマ照射の後、W試料の重水素吸蔵量を調べるために、昇温脱離スペクトル測定を行い、重水素化水素(HD)及び重水素(D₂)の脱離量を測定した。

各条件の重水素プラズマのパラメータは電子温度~11eV, 空間電位~34V, 電子密度~ $2.7 \times 10^{17} \text{m}^{-3}$, 入射フラックス~ $3.7 \times 10^{21} \text{D/m}^2 \text{s}$ であり、生成されたプラズマは良い再現性を示した。

HDとD₂それぞれの脱離量とW中の重水素吸蔵量を図1に示す。昇温脱離法では、脱離したガスを電流値として計測し、換算係数を用いて脱離量を測定している。HDに関しての換算係数のデータベースが存在しないため、HDの電流値の脱離量への換算をD₂の換算係数を用いて行った。Hプラズマ短時間照射ではD吸蔵量はわずかに増加したが、長時間照射ではD吸蔵量が約23%減少し、DからHへの置換効果を確認した。

続いて、水素吸蔵合金を用いてHDの脱離量を正確に計測するための換算値を導出する実験を行った。水素吸蔵合金ではHプラズマ照射によらずDの吸蔵量(M)が一定と仮定して、下式より係数Bを求めAとBの比を求めた。

$$M = A \int_0^T I_{D_2} dt + B \int_0^T I_{HD} dt = A \int_0^T I_{D_2} dt + B \int_0^T I_{HD} dt$$

Dプラズマのみ照射

Dプラズマ照射後Hプラズマ照射

Aは標準リークより得られるD₂の電流値を脱離量に換算する係数, BはHDの電流値を脱離量に換算する係数である。

実験では、水素吸蔵合金としてTaとTiを使用した。実験の結果, TaではB/Aが0.71~0.77となり, TiではB/Aが0.60であった。これらの比を用いて, 図1におけるHDの脱離量を補正した結果を, 図2に示す。図2において, Hプラズマ短時間照射ではD吸蔵量は変化せず, 長時間照射ではD吸蔵量が約36%減少した。

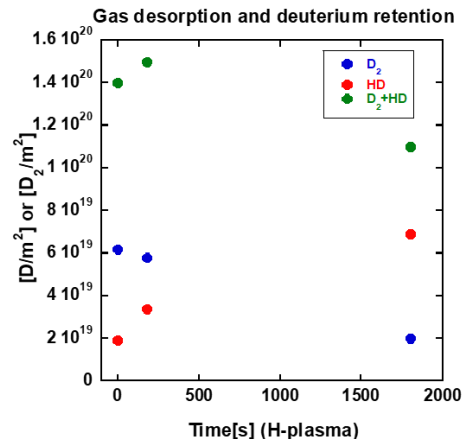


図1 プラズマ照射後の昇温脱離測定によるガス脱離量及びD吸蔵量

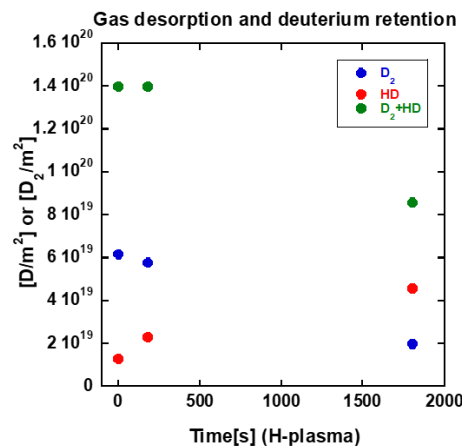


図2 プラズマ照射後の昇温脱離測定によるガス脱離量及びD吸蔵量(HD補正後)