

QUEST定常プラズマ(ECR・Tokamak)放電後の水素・ヘリウム放出率

大和田裕晃¹, 出射浩², A. kuzmin², 小林政弘³, 高木郁二⁴, 花田和明², QUEST group²

1 九州大学総合理工学府先端エネルギー理工学専攻,

2 九州大学応用力学研究所,

3 核融合研究所,

4 京都大学大学院工学研究科

1. 研究背景・目的

高温プラズマ実験中の容器内粒子バランスは、グロー放電などを用いた基礎実験により、金属壁内に水素が吸蔵・放出されることで説明できるとされてきた。その過程において再結合係数(K)・拡散係数(D)の温度依存性、壁へのフラックス量依存性が明らかにされてきた。しかし、大型実験装置や長時間運転では、吸蔵・放出の差の壁排気率(q_{net})の値、すなわち

$$q_{net} = q_{rel} - q_{ret} \quad \text{式 1}$$

が算出されているのみで、個々の過程については調べられていない。粒子バランスの解明のためには、放出率(q_{rel})・吸蔵率(q_{ret})の独立した時間依存性・温度依存性などを解明する必要がある。

本研究では、プラズマ放電後の圧力変化を解析し q_{rel} を求め、壁温度依存性、水素とヘリウムの違い、ECR と定常トカマク放電(SSTO)との違い等を、明らかにする事を目指す。

2. 実験装置と計測

QUESTは体積(V_c) $\sim 13.5\text{m}^3$ 、内側の表面積(A) $\sim 35\text{m}^2$ ほどの球状トカマク実験装置で壁温を100度に維持している。容器はステンレス(SS316)製で、内側表面積の約30%は0.1mmほどのタングステンでコーティングされている部分とタングステンブロックで構成されている。容器内の粒子計測は四重極質量分析形(QMS)を用いて各粒子の分圧(P)を観測している。またプラズマは水素あるいはヘリウムガスで作成、ピエゾ素子バルブや流量計を用いてガス注入を行う。

プラズマ放電終了後の q_{rel} が支配的な長時間スケールの時間帯のガスバランスは、計測した各粒子の P 、ポンプによる排気速度(S_{pump})を用いて

$$q_{rel} = V_c \frac{dP}{dt} + S_{pump} \cdot P \quad \text{式 2}$$

と決定した。数値解析より q_{rel} の時間変化を両対数グラフにプロットし、現れた直線を

$$q_{rel} = A t^{-n} \quad \text{式 3}$$

を使って近似した。

3 結果

3-1)温度依存性

壁の温度を100°C、60°C、25°Cと変えて実験を行い、放電後($t=0\text{s}$)の圧力変化(図1)から、水素粒子の放出率(図2)を調べたところ、壁温度に対する依存性が見られた。式3の絶対値 A を y 軸、温度を x 軸にまとめた(図3)ところ、放電終了100秒までの放出率は 2×10^{18} [Hatoms/s]から 10×10^{18} [Hatoms/s]と温度ともに増大することがわかった。

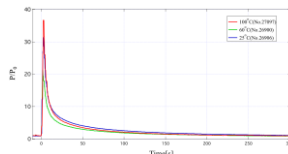


図1 分圧と時間の関係

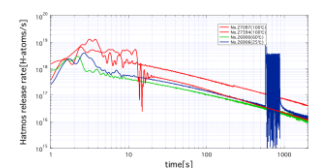


図2 放出率と時間の関係

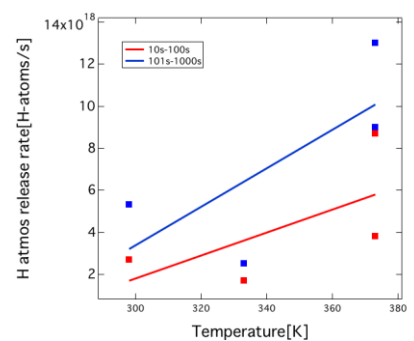


図3 放出率と温度の関係

3-2)HとHeとの比較

水素とヘリウム両粒子の減衰率(n)を、プラズマ放電終了後から1000秒まで比べたところ、水素は $n \approx 0.7$ 、一方ヘリウムは $n \approx 0.5$ で一定であった。