

高温プラズマ閉じ込め実験装置におけるプラズマ・壁相互作用による 水素挙動と材料損傷

研究代表者名

九州大学・応用力学研究所・徳永和俊

研究分担者名

九州大学・応用力学研究所・荒木 邦明、藤原 正、宮本 好雄

東北大学・金属材料研究所・永田 晋二

名城大学・理工学部 土屋 文

核融合科学研究所 時谷 政行

富山大学・水素同位体科学研究センター 松山 政夫、阿部 信介

1. はじめに

次世代の基幹的なエネルギー源として磁場閉じ込めによるプラズマを用いた核融合発電が計画・研究されている。これまで、既に、核融合反応が発生することが実証され、今後、プラズマ放電の定常化及び炉工学的な課題に関して研究が進められる予定である。この核融合炉において定常運転を行うには、プラズマの熱・粒子制御を行うダイバータを開発する必要がある。このためには、特に、燃料である水素同位体のダイバータ板表面での挙動及びプラズマ照射時の熱負荷によるダイバータ材料の表面損傷挙動を第一壁表面挙動と関連づけて明らかにし、これに基づいた材料及びプラズマ制御法の開発を進める必要がある。

九州大学応用力学研究所に設置された高温プラズマ閉じ込め実験装置である球状トカマク QUEST 装置では、将来の核融合原型炉以降のダイバータ板及び第一壁・ブランケットの表面材料の候補材料となっているタンダステンプラズマ対向材料とし、プラズマ放電実験が行われている。本研究では、この QUEST 装置において真空容器壁やダイバータ板表面に設置した試料や真空容器壁近傍に導入しプラズマ照射を受けた試料について、ダイバータ板や第一壁表面のかなりの部分を覆い水素挙動の鍵を握ることがわかってきた再堆積層に注目し、その表面の水素の吸・放出特性に関する基礎研究を行うと共に、プラズマ照射による熱負荷による材料損傷過程について明らかにする。

2. 研究経過

本年度は、第9サイクル(2012年11月から2013年3月)に九州大学応用力学研究所の球状トカマク QUEST 装置の真空容器壁表面に W 試料を長期設置し、一連のプラズマ放電実験後の大気開放時に試料を取り出し、X線光電子分光分析器(XPS)及び加速器(RBS、ERD)等を用いて、分析・観察を行った。さらに、T 曝露装置を用いて T を含む水素同位体に曝露し、イメージングプレート(IP)法及び Ar 中での β 線誘起 X 線計測(BIXS)法により T の吸収・保持特性を調べた。T の曝露時間は4時間、曝露圧力は1.3 kPa、トリチウム濃度は5%である。また、予備排気及び曝露時の温度は、プラズマ放電中の真空容器壁と同じ100°Cである。

3. 研究成果

図1に長期壁した W の XPS 分析結果を示した。試料表面には、再堆積層が形成されており、Fe、O、W、Cr が主成分であることがわかる。Fe 及び Cr は真空容器壁の SUS 316L から、また、W は、上下ダイバータ、センタースタック部及び W プロテクターの W アーマ材を起源にもつものと考えられる。さらに、これらの元素に加え、残留ガス成分である O が共堆積していることがわかる。また、厚みは数十 nm 程度であると考えられる。図2には、RBS-ERD 同時分析の ERD 分析結果を示した。特に、表面近傍に H が検出されており、再堆積層中に共堆積しているものと考えられる。この試料の T 曝露実験では、未使用の試料と比較すると T の保持量は1.1倍と大きな変化は見られなかった。しかし、T の分布を観察すると、未使用の W の場合は、T 量が多い部分が斑点状に存在するが、再堆積層が形成されている試料ではほぼ均一であることがわかる。これは、使用した W 材は厚みが0.1mmと強加工されたもので、さらに W の場合は硬く加工後の表面には加工に起因した凹凸が形成されており、この凹凸により不均一な T 分布が発生したものと考えられる。再堆積層が形成された試料では、この再堆積層の表面にほぼ均一に T が保持されているものと考えられる。

4. まとめ

長期設置された W 試料の表面分析及び T 挙動について調べた。試料表面には、水素及び残留ガスの O や壁の構成元素の金属を含む再堆積層が形成されている。また、この再堆積層は T の吸蔵の影響を与えることが明らかとなった。

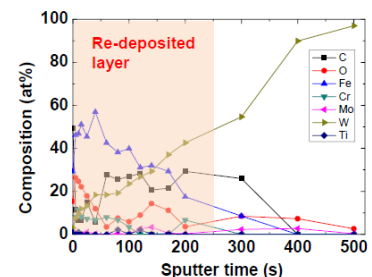


図1 長期設置 W 試料の XPS 分析結果

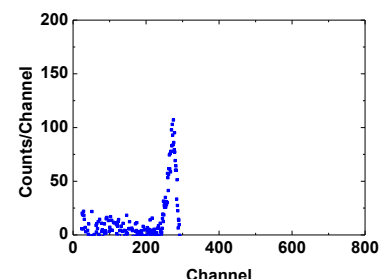


図2 長期設置 W 試料の ERD 分析結果