

高温プラズマ閉じ込め実験装置における水素リサイクリングの能動的制御法の確立

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・藤原 正、荒木 邦 明

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

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。この核融合炉では、燃料として水素同位体を使用し、炉の定常運転には、第一壁・ブランケットにおける水素同位体のリサイクリングを能動的に制御することが不可欠である。そのためには、プラズマの制御のみならず、第一壁材料内での水素の挙動を熟知し、それに基づいて放電中の水素の吸・放出を制御することが必要である。

将来の核融合炉では、第一壁・ブランケット及びダイバータの表面には、燃料であるトリチウムを含む水素同位体及び核融合反応で発生する中性子、ヘリウムが照射される。特に、トリチウムの第一壁・ブランケット及びダイバータアーマ材における材料表面からの注入、保持、拡散、透過現象は、燃料制御、トリチウムリテンション、安全性、また、これによるトリチウム放電実験の制限などのため、その挙動を明らかにすることが重要である。また、この水素同位体の挙動は、同時に照射されるヘリウムの影響を受けることが、ビーム照射実験により予想されており、実機装置においてその効果を明らかにすることが、現在、注目されている。本年度の本研究では、核融合科学研究所の大型ヘリカル装置LHDにおいて水素・ヘリウム混合プラズマ放電を行い、第一壁位置において、第一壁・ブランケット及びダイバータのアーマ材の候補材料であるタングステン材等に関して、実機プラズマ装置における水素とヘリウムの同時照射による表面損傷及び水素保持・放出挙動に及ぼすヘリウム同時照射効果を明らかにすることを目的とする。

2. 研究経過

LHDの4.5Lポートに設置されているマテリアルプローブシステムを使用し、試料を装着したシャッター付きプローブヘッドを真空容器位置に導入した。その後、水素・ヘリウム混合プラズマ放電を行った。プローブヘッドには、熱電対を装着し、放電中温度測定を行っている。シャッター付きプローブヘッドには、下部ヘッド及びシャッター部表面には、タングステン(W)及びSUS316Lのバルク材及び薄膜材を固定している。また、下部ヘッドの表面に固定した試料は、シャッターを移動させることにより、2組の試料を、それぞれ、下記のプラズマに曝した。放電中、ヘッドの温度は、室温から0.3°C程度上昇した。

(1) H/(H+He):0.9(分光測定ラインの強度)、放電回数18回、総放電時間:18s

(2) H/(H+He):0.4(分光測定ラインの強度)、放電回数9回、総放電時間:40s

放電実験終了後、ヘッドを取り出し、その後、試料を取り出し、観察分析を行った。

3. 研究成果

W試料に対して、4.0MeV¹⁶O⁴⁺をプローブビームとして用いて、弾性反跳粒子検出法(ERD)及びラザフォード後方散乱法(RBS)による同時分析を行い、注入水素や表面の組成分析を行った。図1には、ERDの分析結果を示した。シャッター部表面に固定し、全放電に曝されたW試料表面には、Hの他、Heが検出された(図1(b))。放電(1)に曝された試料からは、図1(c)に見られるようにHのみが検出され、また、放電(2)のみに曝された試料には、Hの他、全放電に曝された試料と比べ、わずかのHeが検出されている。未照射試料の分析結果と比較すると、Hの量はほとんど変化せず、これらは、照射後、表面に吸着したHが主であると考えられる。また、HとHeの断面積の比からHとHeを比較すると圧倒的にHeが少なく、壁へ負荷されたHeは、小さいものと考えられる。さらに、プラズマのHe/H比を増やすと同時に、照射時間を延ばし、また、密度の高いプラズマ放電での照射実験が必要であるものと考えられる。

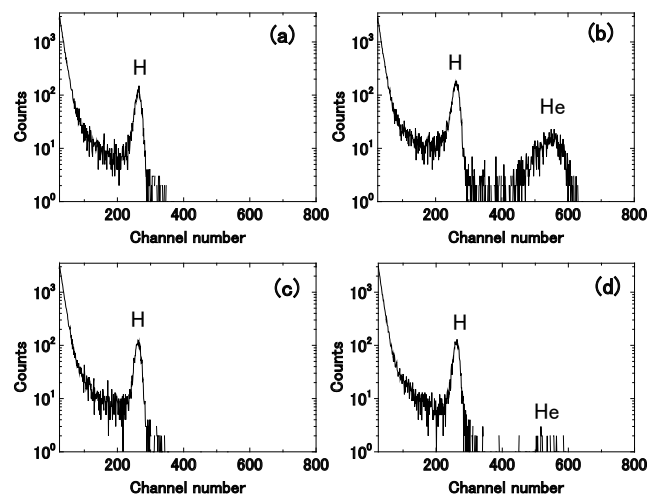


図1 W試料のERD分析結果 (a)未照射試料、(b)全放電に曝した試料、(c)水素放電に曝した試料(H/(H+He):0.9(分光測定ラインの強度))、(d)水素・ヘリウム放電に曝した試料(H/(H+He):0.4(分光測定ラインの強度))