

核融合炉プラズマ対向機器構成材料のトリチウム吸蔵と放出 Tritium Retention and Release of Constituent Materials of Plasma-Facing Components

波多野 雄治
Yuji Hatano

富山大
University of Toyama

1. 緒言

核融合炉プラズマ対向機器を構成する材料は、14 MeV中性子の照射を受けると共に、トリチウム (T) にさらされる。中性子照射により材料中に形成される格子欠陥は、水素同位体の捕捉サイトとして働き、T滞留量を増大させると共に、拡散や脱離の速度を低下させる。

使用済みのプラズマ対向機器は最終的な処理・処分までの間、室温近傍で長期間保管されると予測される。その間のT放出を予測することは、作業者の内部被ばく管理の観点から重要である。また、最終処分の前に移動性が高いTを除去しておくことが望ましく、照射材からのT除去法の確立が必要である。

以上のような観点から本研究では、プラズマ対向機器構成材料であるタングステン (W) および低放射化フェライト鋼 (RAFM鋼) に中性子照射を模擬するため重イオンを照射したのちガス吸収法でTを導入し、室温における長期T放出をイメージングプレート (IP) 法等で調べた。また、プラズマ対向機器を真空容器中に装着したままベーキング処理により除染することを念頭に、中性子照射W試料を重水素 (D) プラズマに曝露し、300℃で30時間加熱した場合のD脱離挙動を調べた。

2. 実験

室温での長期T放出試験では、試料としてWおよびRAFM鋼 (F82H, Eurofer97, Rusfer) 板材を用いた。照射損傷を導入するため試料中心部に室温で20 MeVのWイオンをWでは0.5 dpa, RAFM鋼では0.54 dpaまで照射した。Wは400℃, RAFM鋼は200℃でD-T混合ガスに曝露したのち、照射を受けた中心部および受けていない周辺部におけるT濃度の変化をIP法で測定した。また、Tの深さ方向分布をβ線誘起X線計測 (BIXS) 法で調べた。

ベーキング処理の効果を調べる実験では、試料としてベルギーのBR2炉で0.016 dpaまで中性子照射したWディスクを用いた。東北大学に設置されている直線型プラズマ装置CDPSでDプラズマに300~500℃で曝露したのち、大気にさらすことなく真空中で300℃において30時間加熱した。その後、D保持量を昇温脱離 (TDS) 法で測定した。一部の

試料はDプラズマに曝露したのち直ちにTDS測定を行い、両者の差から300℃において30時間加熱した際の脱離量を評価した [1]。非照射材についても同様の実験を行った。

3. 結果および考察

いずれの試料においても、照射損傷の導入により水素同位体捕捉量が著しく増大した。室温において、Wの非照射部からは比較的速やかなTの脱離が観察されたが、照射欠陥に捕捉されたTの深さ方向濃度分布には約6年間にわたり顕著な変化は見られなかった。一方で、RAFM鋼では室温において照射部と非照射部の両方から顕著なTの脱離が観察された。鋼種による明確な差異は見られなかった。RAFM鋼では室温において雰囲気中の水蒸気と試料との間で水素の同位体交換が進行することがわかっており [2]、TはHTOとして放出されたものと考えられる。

Dプラズマに曝露した非照射W試料を真空中で300℃に30時間加熱した場合には、導入されたDのほぼ全量が放出され、非照射の状態ではベーキング処理が除染方法として有効であることが示された。中性子照射試料では、プラズマ曝露により導入されたDの10~20%程度が300℃・30時間の加熱処理により放出された。すなわち、照射欠陥による捕捉効果のためD放出率は大幅に低下したものの、30時間程度の加熱で明確な放出が観測された。今後、より長時間 (一ヶ月程度) 加熱した場合の放出量を計算機シミュレーションで評価する。

謝辞

Wイオン照射はマックスプランク・プラズマ物理研究所 (ドイツ) との共同研究のもと実施した。中性子照射および中性子照射材に関する実験は東北大学金属材料研究所共同利用・共同研究の枠組みのもと、アリモフ ウラジミール氏、スピッツェンアレキサンダー氏 (ロシア)、外山 健氏 (東北大)、桑原竜弥氏 (名古屋大)、染谷洋二氏 (QST) と共同で行った。

参考文献

- [1] V. Kh. Alimov et al., Nucl. Fusion **60** (2020) 096025.
- [2] V. Kh. Alimov et al., J. Nucl. Mater. **507** (2018) 54.