

照射欠陥を持つタングステンからのトリチウム放出 Tritium Emission from Tungsten with Irradiation Defects

廣瀬 耀¹, 波多野 雄治¹, 檜木 達也²
Hikaru Hirose¹, Yuji Hatano¹, Tatsuya Hinoki²

¹富山大, ²京大
¹Univ. Toyama, ²Kyoto Univ.

1. 緒言

核融合炉のプラズマ対向材料中には中性子照射による照射欠陥が形成されると共に、核変換による放射性核種が形成する。また、この照射欠陥に大量のトリチウム (T) が捕捉される。この使用済みプラズマ対向材料の取り外し、および輸送時のT放出の評価と、最終処分に向けたT除染方法の確立が必要である。本研究では、高エネルギー鉄イオン照射により照射欠陥を導入したタングステン (W) 試料および非照射W試料中にTを導入した後、200, 300, 350および400 °CでのT放出速度および試料中に残留したTの深さ分布を測定した。200および300 °C程度の比較的低い温度は輸送・保管時に崩壊熱で材料が加熱される場合を、350および400 °C程度の比較的高い温度は積極的に除染する場合を想定した。

2. 実験

試料には、研磨および焼鈍後に6.4 MeVの鉄イオンを500 °Cで0.5 dpaまで照射したW板 (照射試料) と、研磨処理のみ行ったW板 (非照射試料) の2種類を用いた。照射試料中の欠陥が形成されている領域の深さは約1.3 μm [1]である。これらの試料をエタノール中で超音波洗浄した後、真空装置内で500 °Cまで加熱し脱ガス処理した。その後、試料をDT混合ガス (T濃度3.5 %) に全圧1.2 kPa, 試料温度500 °Cで3 h曝露した。照射試料中の照射損傷領域に捕捉されたDおよびTの合計濃度は約0.3 at.%[1,2]であり、この値は数MBqのTが捕捉されていることに相当する。この試料をAr気流中 (100 sccm) で、200, 300, 350および400 °CにT放出速度がおおよそ一定になるまで加熱した。試料から放出されたHTO/DTOおよびHT/DTを個別に水バブラーで捕捉し、Tの放射能を液体シンチレーションカウンタで測定した。また、各温度でのT放出試験後に、 β 線誘起X線計測 (BIXS) 法を用いて試料表面および内部のT濃度分布を評価した。

3. 結果および考察

いずれの温度の放出試験でもTのほとんどがHTO/DTOとして放出され、HT/DTとしての放出はT総放出量の1 %程度であった。放出試験の結果を200および400 °Cの場合を例としてFig. 1に示す。比較的低い温度 (200および300 °C) では、照射試料と非照射試料のT放出速度に有意な差は見られなかった。これは、比較的低い温度では照射欠陥に

捕捉されたTの放出がほとんど起こらなかったためと考えられる。一方、比較的高温 (350および400 °C) では、照射試料の方が非照射試料よりも明らかにT放出量が多く、照射損傷領域からもTが脱離していることが示された。しかし照射試料を400 °Cで15 h加熱した時点においてもT総放出量 (200~400 °Cの積算) は250 kBqに過ぎず、照射欠陥に捕捉されていたT (数MBq) の大部分が試料中に残留していた。照射試料からTを除染するためには、さらに高い温度、あるいはさらに長い時間の加熱が必要である。BIXS測定では、それぞれの試料から特性X線としてAr(K α), W(M α) およびW(L α) 線が検出された。照射試料では、加熱温度が上昇するにつれ、表面のT濃度を反映するAr(K α) 線の強度が内部のT濃度を反映するW(L α) 線の強度より大きく減少し、試料内部から表面に向けてT濃度が減少するような濃度勾配が形成されていることがわかった。非照射試料では、このような濃度勾配の形成は見られなかった。これらのことから、照射損傷領域からのT放出は拡散過程によって律速され、非照射試料では表面反応過程により律速されていると結論した。

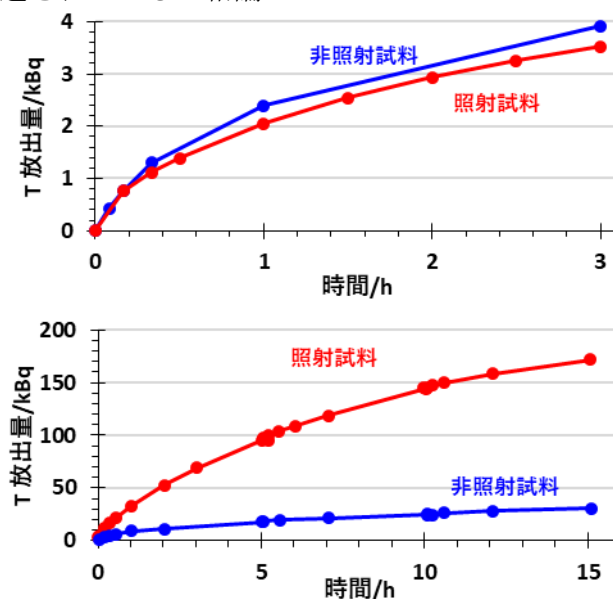


Fig. 1 放出試験における T 放出量の経時変化
(上) 200 °C, (下) 400 °C

参考文献

- [1] Y. Hatano et al., Nucl. Mater. Energy 9 (2016) 93–97.
- [2] Y. Hatano et al., J. Nucl. Mater. 438 (2013) S114–S119.