

高エネルギーヘリウム照射によるプラズマ対向材の
損傷評価のためのタングステン中のヘリウムの拡散

**Helium diffusion in tungsten irradiated by
high-energy helium irradiation to evaluate damage of plasma facing materials**

内田雄大¹, 齋藤誠紀², 齊藤信雄³, 鈴木常生³, 高橋一匡³, 佐々木徹³, 菊池崇志³
Yuki Uchida¹, Seiki Saito², Nobuo Saito³, Tsuneo Suzuki³, Kazumasa Takahashi³, Toru Sasaki³ and
Takashi Kikuchi³

¹長岡工業高等専門学校, ²山形大学, ³長岡技術科学大学

¹National Institute of Technology, Nagaoka College, ²Yamagata University, ³Nagaoka University of Technology

磁場閉じ込め型核融合システムにおいてタングステン(W)は、プラズマ対向壁の候補材料であり、種々の粒子の入射により損傷する。これまで、ダイバータへの低エネルギー(< keV)のヘリウム(He)照射によりWにバブル構造や繊維状ナノ構造が生成されるなどの損傷が確認されている[1,2]。また、リップロスやプラズマ不安定性などにより高エネルギー(~MeV)のHeイオンが第一壁へ入射するため、深部で欠陥層が生成されることが予測されている[3]。原型炉DEMO以降ではWが第一壁として検討されているため、高エネルギーHe照射の影響を調査する必要がある。

これまで、静電加速器を用いた4MeV Heイオン照射によりW表面にブリストアが生成されることを確認してきた[4]。加えて、生成されたブリストアの膜厚がHeのWへの飛程よりも大きいことを明らかにしてきた。入射したHeがW内部で移動することで、飛程よりも大きい位置で亀裂が進展した可能性が考えられる。

そこで、本研究では高エネルギーHe照射によりWに堆積したHeの拡散について検討した。

図1にTRIMコード[5]により計算したHeのWへの濃度分布を示す。ここで、Heの運動エネルギーは4MeV、フルエンスは 10^{18}cm^{-2} である。図に示すHeの深さ分布を拡散源として拡散方程式を数値計算した。1次元の拡散方程式は以下のように表される。

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + S \quad (1)$$

ここで、 c はHeの数密度、 t は時間、 D は拡散係数、 x は深さ、 S は照射によって単位時間あたりに増加するHeの数密度である。

図2にW中のHeの時間発展を示す。濃度のピークよりも深部で分布が広いことが分かる。拡散源と境界との距離は試料表面側の方が底面

側よりも近いので、Heが深さ方向に向かって広がる分布となったと考えられる。この結果は、試料表面側ではHeが溜まりにくく、深部側では溜まりやすいことを示している。

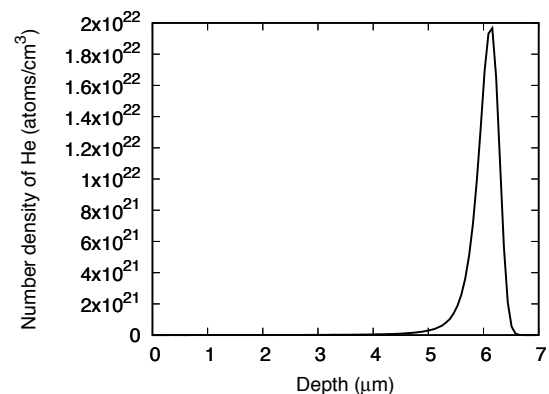


図1 TRIMにより計算したW中のHe濃度分布

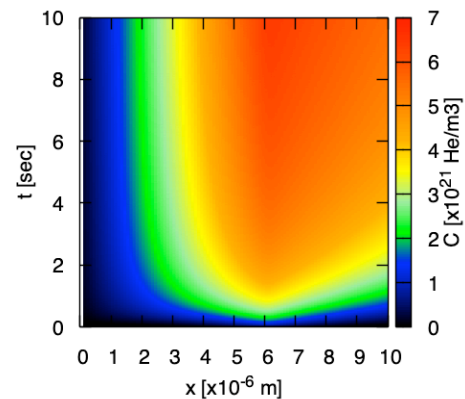


図2 W中のHe濃度分布の時間発展

[1] M. Tokitani, *et al.*, Plasma Fusion Res. **5** 12 (2010).

[2] S. Kajita, *et al.*, JJAP **50** 08JG01 (2011).

[3] K. Tobita, *et al.*, Fusion Eng. Des. **65** 561 (2003).

[4] Y. Uchida, *et al.*, Plasma Fusion Res. **13** 1205084 (2018).

[5] J.F. Ziegler, *et al.*, NIM B **268** 1818 (2010).