

重水素・炭素混合イオンビームを照射した被覆タングステン中の重水素蓄積 Deuterium retention in tungsten coating layer irradiated by mixed deuterium and carbon ion beam

福本 正勝¹, 仲野 友英¹, 上田 良夫², 伊丹 潔¹, 久保 博孝¹
Masakatsu FUKUMOTO¹, Tomohide NAKANO¹, Yoshio UEDA²,
Kiyoshi ITAMI¹, Hirotaka KUBO¹

¹原子力機構, ²阪大院工
¹JAEA, ²Osaka Univ.

燃料循環を成立させるため、核融合炉では炉内のトリチウム蓄積量が制限される。タングステン中への水素の溶解度が低いため、核融合炉の壁材料としてタングステンが有力である。さらに、損耗量が小さいため、第一壁に被覆してイオン照射による損耗から保護する設計例がある。しかし、中性粒子入射装置の対向面など、高熱負荷が加わる領域には炭素を使用する可能性がある。被覆タングステンと炭素の同時使用の影響が JT-60U や ASDEX-U トカマク装置で調べられた。被覆タングステン中には入射した炭素が深くまで進入し、水素を捕獲していた。そのため、被覆タングステン中の水素蓄積量が増加することが判明した。しかし、トカマク実験では条件の異なるプラズマが複数回照射されるため、水素の捕獲座に対する炭素割合の影響を調べるのは困難であった。本研究では、照射条件を設定できるイオンビーム照射装置でこの影響を調べた。

最大 2.8% の炭素を含む重水素・炭素混合イオンビームを被覆タングステンに照射した。重水素イオンのフラックスは $10^{20} \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、フルエンスは 10^{24} m^{-2} である。被覆タングステンの温度は、デモ炉の第一壁に対応する 700 K とした。混合イオンビームを照射後、被覆タングステン中の炭素と重水素の深さ分布を二次イオン質量分析器で調べた。

図 1 に炭素割合が 0.1% と 2.8% の混合イオンビームを照射した被覆タングステン中の炭素と重水素濃度の深さ分布を示す。炭素割合が 0.1% の場合、炭素と重水素の濃度は小さく、深さ方向に一定であった。炭素割合を 2.8% に増加させると、深さ $\sim 20 \mu\text{m}$ までの炭素濃度の増加とともに重水素濃度も増加した。

炭素割合が 0.1% の場合、2.8% で見られたような被覆タングステンの内部から表面に向

かう濃度の増加がないため、炭素も重水素も被覆タングステンには蓄積していないと考えられる。炭素割合を 2.8% に増加させると被覆タングステン中の炭素濃度が増加したため、入射した炭素が被覆タングステンに蓄積したと考えられる。さらに、重水素濃度の深さ分布の形状が炭素濃度のそれと似ており、また D/C 比が深さ方向に一定であることから、重水素は主に被覆タングステンに蓄積した炭素に捕獲されていると考えられる。以上より、イオンビーム中の炭素割合が 0.1% の場合は被覆タングステン中に重水素は蓄積しにくい、炭素割合を 2.8% に増加させることで重水素は主に被覆タングステンに蓄積した炭素に捕獲されることが明らかとなった。

被覆タングステンに水素が蓄積しにくい条件でも、炭素が水素と同時入射することで、被覆タングステン中の水素蓄積量が増加する。炉内のトリチウム蓄積量を減らすためには、炭素の使用量を抑える必要がある。

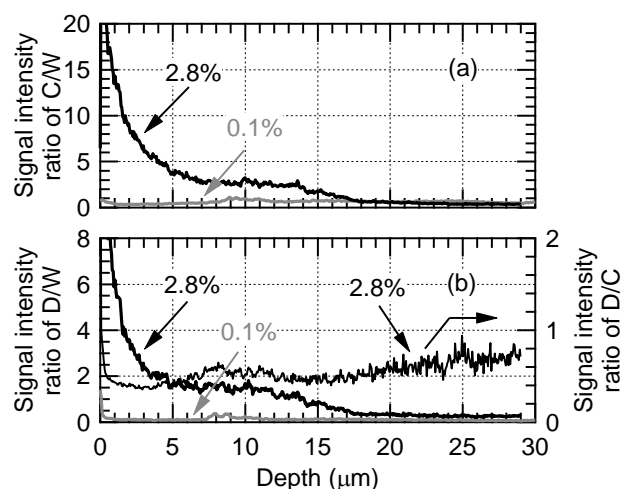


図 1 被覆タングステン中の(a)炭素と(b)重水素濃度と D/C 比の深さ分布