

## ヘリウムバブル形成における タングステン製造法依存性に関する研究

名古屋大学工学部 山際 正人

### 1. 背景・目的

現在、磁場閉じ込め核融合プラズマ研究において、プラズマ - 材料相互作用は核融合炉の成否にかかわる課題として研究がなされている。核融合装置のプラズマ対向材料は、太陽表面に匹敵する高熱負荷にさらされる。そこで、国際熱核融合実験炉 (ITER) 計画では水素同位体との化学反応が無く高い熱負荷に耐えられる高 Z 材料であるタングステン (W) の使用が検討されている。タングステンは水素原子や核融合反応で生成されるヘリウム原子などの軽元素に対して非常に大きなスパッタリング閾値エネルギーを持つため、これまで水素やヘリウムプラズマ照射では損傷しないと考えられていた。

しかしこれまでの一連の実験研究により、スパッタリング閾値エネルギー以下の低エネルギープラズマ照射によっても、タングステン材料はヘリウムバブルやホール等の著しい損傷を受けることが明らかになり、当該分野において大きな研究課題となっている。

本研究では、異なる内部構造を有する 2 種類のタングステン材料に対して低エネルギー高密度のヘリウムプラズマを照射し、タングステン製造法の違いによる組成変形への影響に関する調査を行った。

### 2. 実験装置・方法

ヘリウムプラズマによるタングステン材料の損傷を調べるため、直線型ダイバータ模擬実験装置 NAGDIS-II を用いて実験を行った。この装置は、全長約 2.5m、内径 0.18m の真空容器からなり、電子密度 $\sim 10^{20}\text{m}^{-3}$  以下、電子温度 $\sim 10\text{eV}$  以下のヘリウムプラズマを生成する事が可能である。

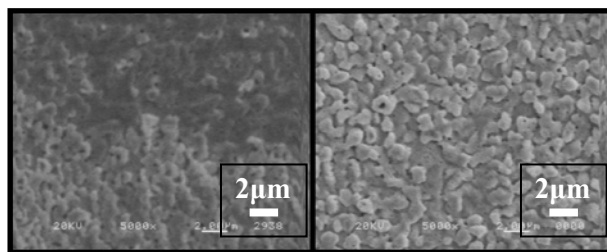
本実験では、ITER R&D に使用されるタングステンと超微細結晶粒・ナノ粒子分散組織を持つ高靱性の W-TiC 合金の 2 種類のタングステン材料を使用し、照射前後の組成変形をより明確にするため照射実験の前に材料表面の研磨を行った。

ヘリウムバブルが形成するとされている高温領域 (1600K $\sim$ ) でヘリウムプラズマを照射した。このとき、照射時間を変化させて組成変形に対する照射量依存性も調べている。そして、これらの照射した材料表面を走査型電子顕微鏡 (SEM) で観察することによって、損傷の度合いを調べ、これまでの実験結果と比較した。

### 3. 実験結果

試料の表面温度を約 1800K で一定となるように保ち、ヘリウムプラズマを 2 時間照射したタングステン材料表面の SEM 写真を図 1 に示す。

図 1 から、どちらのタングステン材料においてもプラズマ照射によってヘリウムバブルの形成が見られ激しい損傷を受けている事が分かった。ITER R&D 用タングステンでは、場所によって損傷状態に差異がみられ、超微細構造タングステンにおいては、局所的に損傷の激しい箇所が確認された。



(a) ITER R&D 用 W (b) 超微細構造 W

図 1. ヘリウムプラズマ 2 時間照射後の W 表面