

## ITERダイバータ外側垂直ターゲット用タングステンの量産化に向けた性能評価 Performance evaluation of tungsten for ITER divertor outer vertical target

福田 誠, 関 洋治, 江里 幸一郎, 西 宏, 横山 堅二, 鈴木 哲  
Fukuda Makoto, Seki Yohji, Ezato Koichiro, Nishi Hiroshi, Yokoyama Kenji, Suzuki Satoshi

量研  
QST

### 緒言

ITERダイバータの外側垂直ターゲット (OVT) には、プラズマ対向材料であるタングステン (W) モノブロックを約20万個使用する計画である。プラズマ対向材料としてのWには繰返し高熱負荷に対する優れた耐久性能が要求されるが、量産されたWの品質及び高熱負荷に対する耐久性能の安定性が未知であるという課題があった。本研究では、複数のメーカー、製造ロットのWの不純物濃度や結晶粒径等の諸特性を調査すると共に、繰返し高熱負荷試験を実施し、繰返し高熱負荷によるWの除熱性能や表面性状の変化を調査し、量産時のWの品質及び性能の安定性を評価した。

### 実験

ITERダイバータ用Wの要求仕様を満たす、株式会社アライドマテリアル (ALMT) 及び日本電産サンキョーシーエムアイ株式会社 (NSCM) 製のW、計6製造ロット (Wモノブロック約12,000個相当) を評価対象とした。また、過去の研究で使用した材料データを再整理し、合計19製造ロット (Wブロック約38,000個相当) のデータを使用して品質安定性を調査した。品質安定性の評価では、不純物元素濃度、密度、ビッカース硬さ、結晶粒径に着目した。また、電子ビーム高熱負荷試験装置 (JEBIS) を用いた繰返し高熱負荷試験 (20 MW/m<sup>2</sup>以上の熱流束で10秒加熱、30秒冷却を1サイクルとし、計1000サイクル) を実施し、高熱負荷に対する耐久性能を評価した。

### 結果及び考察

不純物濃度は、NSCM製に比べALMT製の方が低い傾向が認められた。FeやNi濃度は、各メーカーの製造ロット間で数ppmの違いが認められた。ビッカース硬さは、2社共に、製造ロットによって最大で10%程度の違いが認められた。平均結晶粒径についても、ASTM結晶粒度番号6.5~12.0の範囲でばらつきが認められた。密度については、2社共に有意な差は認められなかった。不純物濃度

のばらつきの主要原因として、原料粉末を取り扱う工程における不純物の混入が考えられる。ビッカース硬さ及び結晶粒径のばらつきに関しては、冷間等方圧加圧や圧延等の製造工程における、パラメータのわずかな違いが影響したものと推定される。繰返し高熱負荷試験の結果、全ての製造ロットのWモノブロックにおいて除熱性能の劣化は認められず、十分な耐久性能を有することを確認した。繰返し高熱負荷による表面性状の変化に関しては、メーカーによって繰返し高熱負荷試験後の表面性状が異なることを明らかにした。図に示すように、ALMT製Wでは比較的滑らかな凹凸が形成した一方、NSCM製Wではマクロクラックの発生や、局所的な凹凸の形成が認められ、本研究で着目したビッカース硬さや結晶粒径等以外の要因が影響した可能性を示唆する知見を得た。

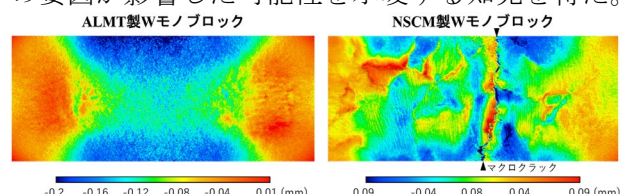


図 繰返し高熱負荷試験後のWモノブロックの表面プロファイル

### 結言

Wの品質安定性調査で明らかにした不純物濃度やビッカース硬さ等のばらつきは、Wの繰返し高熱負荷に対する耐久性能に影響せず、許容可能であることを明らかにした。また、OVT用として安定した品質のWモノブロック調達の目処を得た。今後、プラズマ対向ユニットの最終プロトタイプ製作において、ALMT及びNSCM製Wモノブロックを使用し、最終クオリフィケーションを実施する計画である。また、今後計画しているWモノブロックの調達数量 (約20万個) に対して本研究で調査した数量は十分ではないことから、今後更に異なる製造ロットのWの品質確認を実施する。さらに、繰返し高熱負荷によるWの表面性状変化がメーカーによって異なる原因と、凹凸形成が及ぼすITERの運転への影響を調査する計画である。