

JT-60SA下側ダイバータターゲット試験体への熱負荷試験 High heat flux testing of lower divertor target specimen for JT-60SA

福本正勝、関洋治、横山堅二、福田誠、江里幸一郎、鈴木哲
Masakatsu FUKUMOTO, Yohji SEKI, Kenji YOKOYAMA, Makoto FUKUDA,
Koichiro EZATO, Satoshi SUZUKI

量研
QST

JT-60SAにおいて2026年から開始するIntegrated Research Phase (I)では、下側ダイバータターゲットには最大 15 MW/m^2 で100秒間の繰り返し熱負荷が印加される。これを除熱するため、下側ダイバータターゲットにはクロムジルコニウム銅 (CuCrZr) 製の冷却管に炭素繊維複合材料 (CFC) を接合したモノブロックターゲットを採用する計画であった。このとき、CFCブロックの表面温度は $2000 \text{ }^\circ\text{C}$ 以下に抑えなければならない。そのため、冷却管にCuCrZr製のスクリー管 (外径 13 mm , 流路にM10のめねじ加工) を採用し、本冷却管へのCFCブロックの接合技術の開発が行われた。しかしこの設計では、スクリー管の外径が小さく肉厚のため、CFCとの接合界面の応力が大きく、CFCブロックの接合が困難であった。また、JT-60SAで計画されている $200 \text{ }^\circ\text{C}$ のベーキングで除熱性能が低下した。そこで、冷却管とCFCの接合界面での応力を低減させるため、スクリー管よりも薄肉化でき、ITERのモノブロックターゲットにも採用されているスワール管 (外径 15 mm , 内径 12 mm) の採用を計画し、本スワール管へのCFCの接合技術の開発を行った。

JT-60SAのモノブロックターゲットにスワール管を適用できることを確かめるため、スワール

管に通水する冷却水の圧力損失と限界熱流束を評価した。JT-60SAにおけるモノブロックターゲットへの通水条件から、スワール管における圧力損失は内径の大型化とあいまって最大 0.08 MPa と評価された。本圧力損失はスクリー管の約 $1/4$ であることから、スワール管でも計画とおりに通水できることがわかった。また、同様の通水条件を用いると、スワール管の限界熱流束は最大 47 MW/m^2 と評価された。モノブロックターゲットにスワール管を使用する場合、本スワール管内壁に流入する熱流束は最大 21 MW/m^2 と評価されるため、限界熱流束に対して十分な余裕があることがわかった。

以上の評価をもとに、JT-60SAのCFCモノブロックターゲットとしてスワール管を適用し、CFCブロックを5個接合した小型試験体を試作した。 $200 \text{ }^\circ\text{C}$ のベーキング前後でサーモグラフィ試験を行い、ベーキングによる除熱性能の低下がないことを明らかにした。さらに高熱負荷試験装置 JEBISにおいて 15 MW/m^2 で定常の熱負荷を印加して、モノブロック試験体のCFCブロックの表面温度を計測した。その結果、CFCブロックの表面温度は $2000 \text{ }^\circ\text{C}$ 以下となり、かつ安定な除熱が可能であった。今後、実機形状の試験体を試作する計画である。

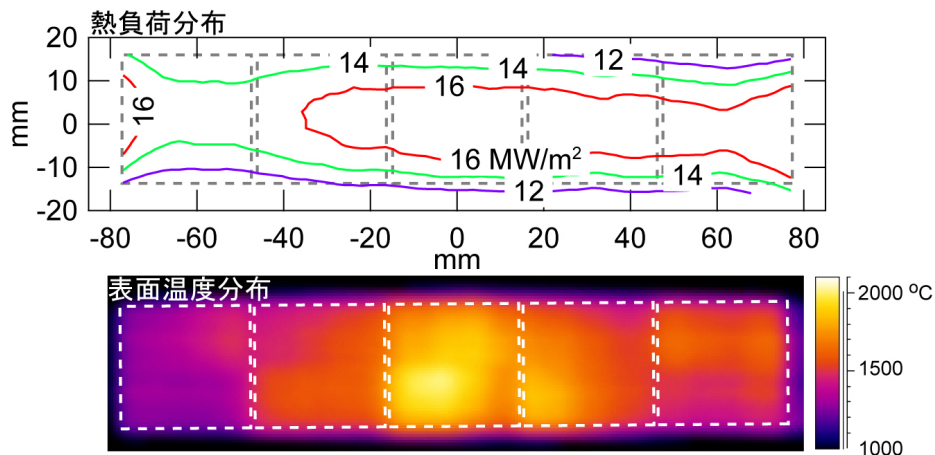


図1 試験体に印加した熱負荷分布とCFCブロックの表面温度分布。点線はCFCブロックを示す。