

ITER トロイダル磁場コイルの製作を通じた技術的成果

8P11 Technical achievement through manufacturing Toroidal Field Coil (TFC) for ITER

花岡 敏成 1)、坂口 香織 1)、杉山 啓太 1)、湊 裕紀 1)、石井 里佳 1)、小野 直人 1)、
梶谷 秀樹 2)

1)東芝エネルギーシステムズ株式会社、2)量子科学技術研究開発機構

HANAOKA Toshiaki 1)、SAKAGUCHI Kaori 1)、SUGIYAMA Keita 1)、MINATO Yuki 1)、
ISHII Rika 1)、ONO Naoto 1)、
KAJITANI Hideki 2)

1) Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation, 2) Quantum and Radiological Science and Technology

1.はじめに

当社は ITER の主要機器の一つであるトロイダル磁場コイル (TFC) の製作に取り組んでいる。TFC は高さ 17m、幅 9m、重量 320 トンのこれまでに製作経験のない大型超伝導コイルである一方で、ミリオーダーの高い製作精度を要求されている。TFC は超伝導導体を巻線・含浸した巻線部 (以下、WP) とそれを挿入する構造物から構成されている。当社は TFC 2 機ならびに構造物 6 機を完成させた。本稿では TFC 製作経験で得られた様々な技術的成果について報告する。

2.ITER TFコイル製作の課題と技術的成果

(1) 熱処理した超伝導導体を、ラジアルプレート (RP) と呼ばれる電磁力を支持するためのステンレス製の溝に収めるため、相対的な周長誤差を $\pm 0.023\%$ 以下 (1 ターン 34m に対し $\pm 7.8\text{mm}$) に管理する必要がある。このため、導体巻線において成型時の周長の伸びを測定し周長補正を行うこと、熱処理による導体の伸びを予測し設計に反映することで、周長誤差を $\pm 0.01\%$ 以下まで抑えた。RP の製作においても、平面度 1mm 以下の要求に対し、厚板のレーザービーム溶接 (以下、LB 溶接) を採用して溶接変形を抑え、また、溶接手順の最適化により要求を達成した。RP 溝に蓋をするカバープレート (CP) の溶接でも平面度 2mm 以下の要求に対し、溶接変形が小さい LB 溶接を適用し、また、溶接手順を最適化することにより要求を達成した。

(2) 構造物の製作では 100mm 厚さのステンレス鋼を溶接で組立てた後に、機械加工で整形する。この時、溶接変形が大きければ機械加工時の切削量が大きくなり加工時間が増える。そこで、溶接箇所から最大 7000mm 離れた構造物端部で 5mm 以下となる溶接変形抑制方法の確立を目指した。要素試験による溶接条件の選定や実機大モックアップを用いた抑制方法の検証を通し、実機で構造物端部の溶接変形を 3mm 以下に抑制できた。

(3) TFC は TFC 間の取合い部を高精度で機械加工する必要がある。高精度加工の一例として加工基準位置からの距離 6355mm の穴に対し位置度 $\phi 1$ の精度要求がある。一方で、TFC と工作機械の材質違いによる熱膨張差により、基準温度 (20°C) との温度差 15°C、基準位置からの距離 6000mm の場合、0.45mm 程度の熱変位が発生する。これを位置度に換算すると $\phi 0.9$ 程度であり、要求精度 $\phi 1$ に対し余裕がない。そこで、熱膨張量を考慮した工作機械の温度補正システムを開発することで、要求精度を満たす高精度加工を実現した。

3.まとめ

ITER TFC 製作経験で得られた技術的成果について、3 例を紹介した。当社は核融合機器の製作で培った技術力で、カーボンニュートラル実現へ向けて引き続き貢献していく。

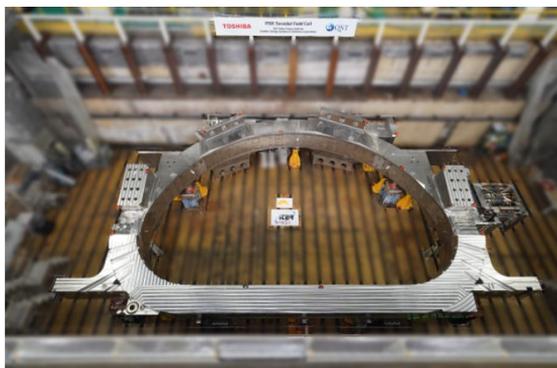


図 1 完成後の TFC

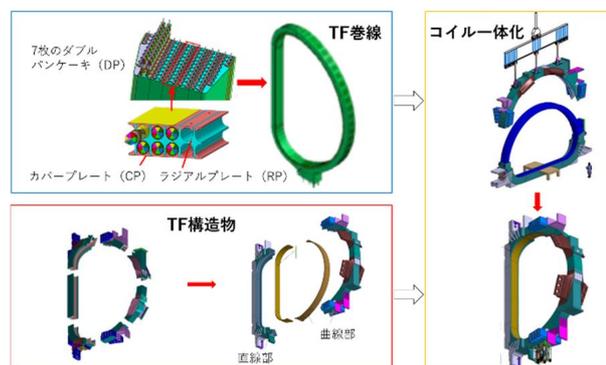


図 2 TF コイル製作手順の概略図

資料提供：量子科学技術研究開発機構