

ITERだより(68)

1. TF コイル用の巻線部と構造物の第1号機の製作を完了

量子科学技術研究開発機構（量研）は、日本が調達責任を有する、ITER 向けの9機のトロイダル磁場（TF）コイル及び欧州向けの10機のTFコイル用構造物（TFCS）の製作を進めている。TFコイルは、超伝導導体などで構成される巻線部（WP）と、それを収納するTFCSから構成される。

WPは、7体のダブル・パンケーキ（DP）で構成されており、これまでにWPの含浸作業を完了している（ITERだより66号にて報告）。今回、含浸後のWPに冷媒を導入するための配管や計測素子を取付け、無事WPの第1号機の製作を完了した（図1）。今後、WPを液体窒素温度（77 K）まで冷却してヘリウム・リーク試験等の検査を実施した後に、TFCSと組み合わせる一体化作業に着手する予定である。



図1 製作を完了したTFコイル第1号機用のWP.

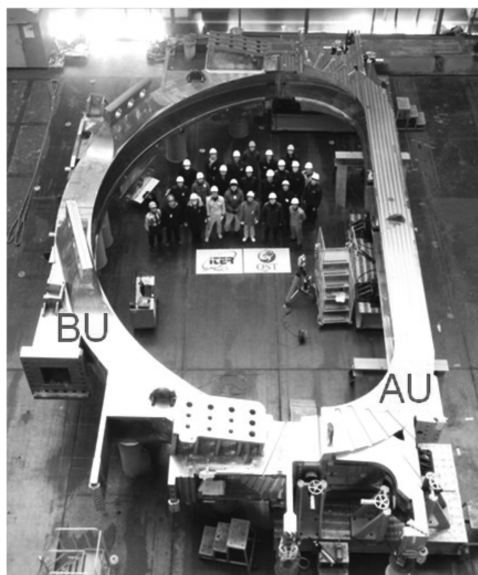


図2 組合せ試験に合格したTFCS第1号機用のAU及びBU.

一方、TFCSは、ITERのトカマク装置中心側のインボード側の容器（AU）及びその蓋（AP）、装置外側のアウトボード側の容器（BU）及びその蓋（BP）の4個の部品で構成され、量研は19組のTFCSを製作する。このうち欧州向けTFCS第1号機の完成検査をITER機構及び欧州極内機関の立会の元、2017年12月にTFCSの外側部品の製作を担当する韓国の現代重工業にて実施した。完成検査では、一体化作業でWPを挿入した後に封止溶接されるBUとBP及びAUとBUの開先部の組合せ試験を実施した（AUとAPの開先部の組合せ試験は実施済）。その結果、全長16.5 mのTFCSに対して要求を満足する1 mm以下の精度で組み合わせることに成功し、無事試験に合格した（図2）。これにより、世界で初めてTFCSの製作を完了し、製作完了を祝して日本及び韓国の政府関係者、TFCSの製作に携わるITER機構、日本及び韓国の国内機関及びメーカーの各担当者とともに、祝賀会を開催した（図3）。その後、全ての部品を梱包し、2018年1月末に欧州国内機関が一体化作業を実施するイタリアの一体化工場に向けて出荷した。TFCS欧州向け第1号機は2月末に欧州の一体化工場に到着する予定で、到着次第、欧州国内機関は一体化作業に着手することになっている（図4）。



図3 世界初のTFCSの製作完了を祝う祝賀会.



図4 欧州の一体化工場に向けて出荷されるTFCS第1号機.

2. ダイバータ不純物モニターとダイバータ赤外線サーモグラフィーの予備設計レビューの開催

日本が調達するプラズマ計測装置の一部である、ダイバータ不純物モニター（上部ポート機器、水平ポート機器）(DIM) とダイバータ赤外線サーモグラフィー (IRTh) の予備設計レビュー（PDR）が、それぞれ 2017 年 11 月 29 - 30 日と 2017 年 12 月 6 - 7 日に ITER 機構本部で行われた（図 5）。

DIM は、分光的な手法でダイバータプラズマを 200 - 1000 nm という広い波長範囲において二次元的に高空間分解能（50 mm）で計測する装置であり、金属不純物、注入ガス不純物、燃料比、ヘリウム排気、イオン温度、電離フロント位置の計測を行う。IRTh は、内側及び外側ダイバータターゲットを、3 mm という高い空間分解能で、200℃から 3600℃の表面温度分布（0.1 - 2.5 MW/m² の定常熱流束分布と 0.02 - 0.5 GW/m² の非定常熱流束分布）を最小時間分解能 20 μs で計測することが求められている。

ITER の調達機器の設計段階は、概念設計、予備設計、最終設計と進み、それぞれの設計段階ごとに設計レビューが行われ、ITER 機構外部の専門家（議長を含む）と ITER 機構の専門家による十数名のレビューパネルにより設計内容が審査される。PDR では、各プラズマ計測装置について①要求事項が適切に定義され、検証され、適切に文書化されていること、②機器のレイアウトとインターフェースが固定されていること、③要求事項を満たす設計コンセプトが開発され、解析による妥当性の評価や設計の裏付けとなる R&D が適切に実施されていること、④設計、製作、運転のリスクが特定され、軽減策が講じられていること、⑤最終設計に進むための確固たる基礎が築かれていることが主としてチェックされた。

今回の PDR における重要な技術課題として、DIM では、光軸調整機能の詳細検討と構成機器の許容設置誤差の明確化、計測性能のより詳細な評価を行うことが指摘された。また、IRTh では、二波長温度測定において、2 つの赤外線カメラで測定した二次元画像をピクセル単位で正確に重ね合わせる方法が確立されていない点及び画素

がずれた時の温度誤差評価に関する指摘があった。これらの重要技術課題については、速やかに解決しレビューパネルに報告する予定である。今回の PDR により、設計上の問題点、今後の課題が明確になり、DIM と IRTh の設計活動が前進した。

3. トリチウム除去系性能確証試験の進展

量研は ITER 機構と共同でトリチウム除去系（DS）の調達を行うための取決めに 2014 年 12 月に締結した。この取決めの下で、DS の調達活動を担う共同調達チームを発足させ、DS の最終設計活動を進めている。安全上重要システムである DS は仏原子力規制当局から性能確証試験の実施が求められている。2015 年 9 月に日本における性能確証試験の実施を規定した DS 調達に関する第 1 期の調達取決めが発効し、2020 年度末までの予定で DS 性能確証試験活動が開始された。DS は、設計値で 99.9%、安全評価上は 99%、火災時において 90% 以上のトリチウム除去効率が求められる。DS の基本原理はトリチウムを触媒で酸化し、生成したトリチウム水蒸気を回収するものである。既存のトリチウム取扱い施設の DS はトリチウム水蒸気の回収に水蒸気吸着塔を使用しているが、ITER の DS では水-水蒸気間水素同位体交換塔（スクラバ塔）が用いられる。スクラバ塔は既存のトリチウム取扱い施設における使用実績がないことから、処理流量において実機の 20% 規模のスクラバ塔システムを製作し

（図 6）、その性能評価試験を進めてきた。その結果は DS に関する性能確証試験報告の第一弾として仏原子力規制当局への報告を完了している。異常時においてもトリチウム除去性能の維持が求められる DS として、今年度は DS が設置される建屋の地震動を模擬したスクラバ塔の三次元加振試験を実施し、加振後のスクラバ塔においてもトリチウム水蒸気除去性能が維持できることを確証した。トリチウム触媒酸化塔においては火災等の異常時に発生する不純物ガスに対する性能影響を精査している。来年度は ITER 施設で発生が想定される異常事象においても DS の性能が維持できることを確証する統合確証試験及び DS 性能の経年劣化の有無を精査する評価試験の



図5 赤外線サーモグラフィーの予備設計レビュー会場の様子。



図6 性能確証試験用スクラバ塔システム。

実施に向けた活動を予定している。

4. ITER 建設サイトの進展状況

ITER建設サイトの長さ1 km, 幅400 mの広大なプラットフォームは約2000人の作業員により昼夜交代で建設作業が進められ, 既に幾つかの建屋が完成し, 建屋や資材で埋め尽くされている(図7). 中心部にあるトカマク建屋では, 型枠が取り外されて, 直径30 m, 高さ30 mの円筒形の生体遮蔽のコンクリートが出現した(図8). また, 組立建屋の内部では, 大型のトカマク組立ツールの基礎が設置された. クライオスタット組立建屋では, 直径30 mのクライオ容器が組み立てられて, 巨大な姿

を現しつつある. 2つのコイル電源変換器建屋が完成し, 電源設備の到着を待っている.

このように, ITERサイトの建設は日々進展しているが, トカマク建屋の建設状況は, ITER 機構ウェブサイト <https://www.iter.org> から「NEW LIVE STREAM CAMERA」を選択すると, 地上60 mの高さに設置されたライブカメラの映像を見ることができる.

(量子科学技術研究開発機構
核融合エネルギー研究開発部門)



図7 ITERの建設状況 (2018年1月撮影 ITER機構提供) .



図8 ITERトカマク建屋の建設状況 (2018年2月撮影 ITER機構提供) .
直径30mの円筒の形を現した生体遮蔽. 丸い開口部は中性粒子ビーム入射、
四角の開口部は計測装置や加熱装置に使われる。