

## 1. CS インサートコイル試験の完了

ITER 計画において日本が調達を分担する中心ソレノイド (CS) 導体が、要求される超伝導性能を満たしていることの最終確認として、CS 導体を用いた試験コイル (CS インサートコイル) を製作し、原子力機構那珂核融合研究所が保有する大型超伝導コイル試験装置 (CS モデル・コイル試験装置) に組み込み、性能確認試験を行い、7 月末にこの試験を完了した (図 1)。この試験結果から、CS 導体が十分な導体性能を有することが確認できた。

CS 導体は、576本の Nb3Sn 超伝導線と288本の銅線からなる撚線が、外形49 mmの角形ジャケットに挿入された構成である。CS 導体の製作は平成24年より開始しているが、CS 実機の動作条件 (磁場 13 T, 電流 40 kA) での導体性能の最終確認が求められていた。

CS モデル・コイル試験装置は、ITER 工学設計活動で開発された大型超伝導コイルを用いて、直径 1.6 m の空間に 13 T の強磁場を発生でき、CS 実機の動作条件の導体性能を評価できる。CS インサートコイルは、この CS モデル・コイル試験装置で導体性能評価試験をするための試験コイルで、CS 導体を直径 1.5 m のスパイラル状 (約 9 ターン) に巻いたものである。導体長は約 40 m で、このうち高磁場部は約 10 m あるため、精度のよい評価が可能である。CS インサートコイルを CS モデル・コイル試験装置に組み込み、2 月末から 5 ヶ月間試験を実施した。実機動作条件での導体性能 (分流開始温度) は、約 6.7 K と要求値 5.2 K より約 1.5 K 高い値を確認した。また、1 万 6 千回繰り返して電磁力を与え、極低温から室温まで熱履歴を 3 回与えたが、導体性能の低下は見られなかった。この結果から、CS

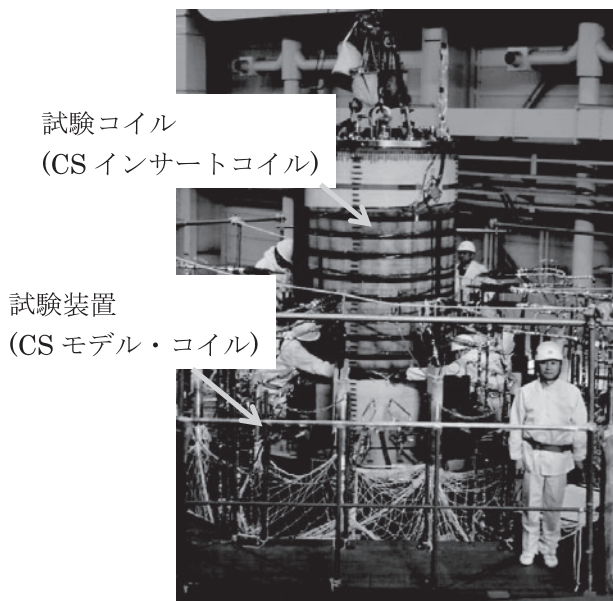


図 1 試験コイルの試験装置への組み込み。

導体の実機動作条件において十分な導体性能を有することが確認できた。なお、詳細な導体性能の解析は、今後 ITER 機構、米国も含めて行っていく予定である。

## 2. ITER トロイダル磁場 (TF) コイル第 1 号巻線の導体絶縁作業を完了

原子力機構は、調達を担当する ITER 向け TF コイルの製作にあたり、実規模試作及び TF コイル製作装置の製作をメーカーと協力して進めている。これまでに、巻線作業、冷媒入口部及びジョイント部の施工、熱処理、トランスファ、導体絶縁、カバー・プレート (CP) 溶接、ダブル・パンケーキ (DP) 絶縁及び DP 含浸の各装置の検証、及び実規模での検証試験を完了した。このうち導体絶縁では、ラジアル・プレート (RP) の溝に挿入した生成熱処理を終えた超伝導導体 (導体) を持ち上げ、超伝導導体の外周に絶縁テープを巻き付けた後に、絶縁済みの導体を RP の溝に挿入する。具体的には、導体持ち上げ装置で RP の溝に挿入された導体を持ち上げ、4 台のテーピング・ヘッドで 6 層の絶縁テープ (ガラスとポリミドの接着テープ (GK テープ) 1 層、クエンチ検出テープ 1 層、GK テープ 3 層、ガラステープ 1 層) を導体外周に巻き付け、導体降下装置で絶縁済みの導体を RP の溝に再挿入する (図 2)。この作業においては、導体に 0.1% 以上の歪が加わるとその性能が劣化することから、導体に 0.1% 以上の歪が加わらないように、導体を持ち上げる約 6200 mm の区間で持ち上げる導体の高さを約 384 mm 以下とする必要がある。これまでに、実規模の巻線を用いた検証試験において、導体絶縁作業中に導体に加わる歪の量を測定し、歪量が 0.1% 以下であることを確認してきた。また、導体の RP 溝への再挿入による絶縁テープの損傷がないことを確認した。

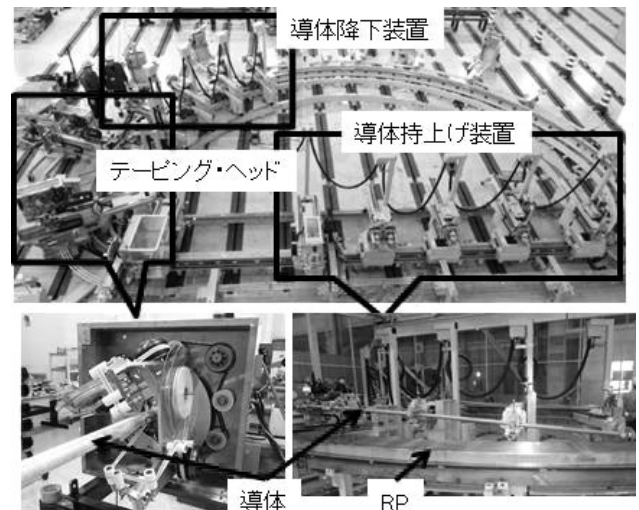


図 2 導体絶縁装置。

上記の実規模検証試験の結果を踏まえて、本年6月に実機 TF コイル第1号機の1本目の巻線について導体絶縁作業を実施し、成功裏に超伝導導体の RP 溝への挿入を完了した(図3)。また、次工程の CP 溶接作業についても無事完了し、第1号巻線の完成に向けて、DP 絶縁及び DP 含浸の作業を実施する予定である。

### 3. 最後となる ITER 導体会議をフランス ITER 機構本部で開催

ITER 超伝導コイルに用いる超伝導導体(導体)は、ITER 機器の中で最も早く2007年に最初の調達取り決めが結ばれ、さらに ITER 参加6極で分担する前例のない国際協力体制での製作となった。9月現在で導体全体の78%の製作が終了している。導体は最長918 m (CSコイル用導体)であり、最大68 kA (TFコイル用導体)の電流を通電する、これまでにない長尺の大電流導体である。そのため製作を進めるにあたり、多くの予想外の技術課題に直面したが、ITER のプロジェクトの円滑な実施のためには、早期に適切な対応が求められた。また、ITER 参加極で共通する課題が多くあるため、参加極間での技術課題の共有と議論が、解決への早道となる。そこで、ITER 機構が主導する形で、2008年から導体製作担当極の技術者らが集まる ITER 導体会議を毎年1~2回開催し、課題を解決してきた。しかし、全体では導体製作は終盤となってきており、新たな課題も少なくなったことから、9月15~17日までフランス

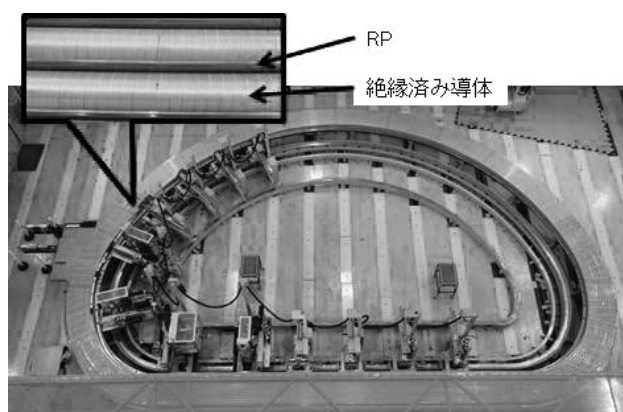


図3 導体絶縁作業を完了した TF コイル第1号機用の巻線。

ITER 機構で最後の第14回導体会議を開催した。ITER 参加6極から合計約40名が参加し、これまでに得られた技術的知見のレビューを含め、技術課題と製作状況についての発表と議論を行った。最後に導体製作に係った各極のメーカー等の功績をたたえるために、プレートを作成しビゴ ITER 機構長による除幕式を行った(図4)。これは現在 ITER 機構本部に掲示されている。なお、日本では引き続き CS コイル用導体の製作を2017年まで、他の極でも PF コイル用導体等の製作が続くため、今後は個別に ITER 機構が会議を開く予定である。

(日本原子力研究開発機構 核融合研究開発部門)

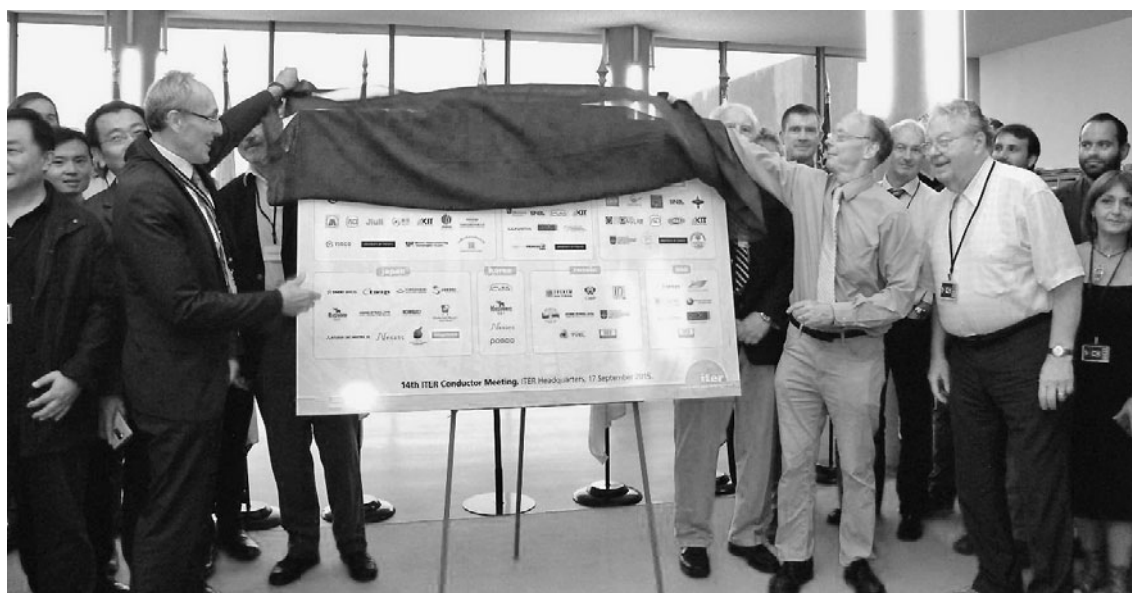


図4 ビゴ ITER 機構長による導体製作に係ったメーカー等の功績をたたえるプレートの除幕式。