

1. 第19回 ITER 理事会開催：ITER 理事会は重水素-三重水素運転までの更新された事業スケジュールを是認する

2016年11月16及び17日の第19回会合（図1）において、ITER 理事会は ITER 機構により提案された、ファーストプラズマ（2025年）を経て重水素-三重水素運転（2035年）に至るまでの、完全に更新された事業スケジュールをレビューした。全体事業スケジュールは全ての ITER 加盟極によって承認、全体事業コストは暫定的に承認、すなわち各極において各々の政府内の財政プロセスを通して事業コストの承認を目指すこととなった。ITER 理事会は以下のように結論した。

事業における建設と製造は過去18ヶ月の間速いペースを維持し続け、完全に約束に忠実であることの具体的な証明を提供し続けた。2016年のこれまでの全19の事業マイルストーンの、時間通りかつ予算通りの、成功裏の完了は、更新されたスケジュールを継続して遂行する ITER 機構及び国内機関の集成的な能力を肯定的に示す指標である。

更新されたスケジュールにおいてファーストプラズマの後に選択された段階的アプローチは、段階的に ITER の完成させることに焦点をあてること、そして各々の段階の間に核融合実験を遂行することにより、信頼性を増し、かつリスクを最小化する。このアプローチは全ての ITER 加盟極の優先度と制約に沿って前進する最善の方法である。

効果的な意思決定が継続した証拠、リスクの深い理解と緩和の促進、及び品質基準、安全及びスケジュールの約束の厳格な順守は、事業が現在のそのポジティブな機運を維持するであろうとの強い信頼の基を提供する。

理事会は、その監督機関による ITER ガバナンスの効率を強化するための新しい方法を承認し、ITER 理事会及びその補助委員会の議長を、第2期の1年に対して再任した。

ITER 事業が急速に進んでいることを考えると、ITER 理



図1 第19回 ITER 理事会出席者（ITER機構提供）。

事は、近づくにつる 2017年3月のアヴィニョンでの ITER ビジネスフォーラムを含む、国内及び国際の両方のフォーラムにおいて、科学及び産業界のコミュニティと関わりを持つ機会が増えていることを活用したいと述べた。理事会は、ITER 機構及び国内機関にもこれらの機会を活用するよう奨励した。

理事会は、スケジュールの更新の成功裏の策定に対して、そしてスケジュール通りかつ予算通りに建設及び製造を力強く継続して実演していることに対して、ITER 機構と国内機関を賞賛した。

理事会のプレス発表は ITER 機構のホームページ（英文）[1]でご覧いただけます。

2. TFインサートコイルの実験準備の完了

量研機構は、ITER 機構及び米国国内機関の協力のもと、ITER のトロイダル磁場コイル用（TF）導体の性能確認試験のために、TFインサートコイル（TFIC）の試験を計画している。TFICは、約40mの TF 導体を直径1.44mで約9ターン巻いて、ステンレス製の円筒構造物に収めたコイルであり、このような長尺な TF 導体をコイル形状として性能試験を行うのは世界でも初めてとなる。TFIC は、量研機構が所有する大型超伝導コイル試験装置に組み込まれ（図2）、超臨界ヘリウムを用いておよそ-269度という極低温まで冷やし超伝導状態とした後に、通電試験が行われる。この度、TFIC はその製作及び

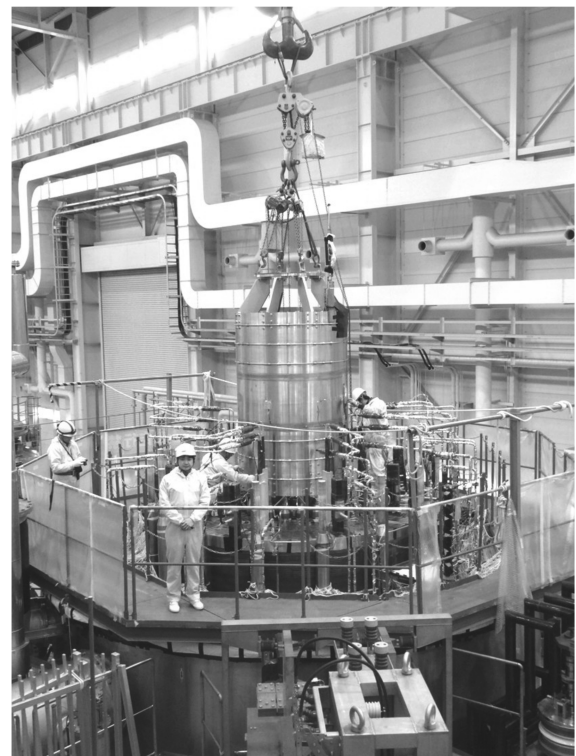


図2 TFインサートコイルの試験装置への組込みの様子。

試験装置への組込みを無事完了し、試験準備を整えた。

TFICの製作は、2013年の6月から2014年の12月にかけて行った。TFICは試験装置とのインターフェースのため、実機TFコイルとは異なる製作技術開発が上記1年半という短期間で要求された。量研機構は、TFICの全ての製作ステップ、具体的には、巻線成形・ターミナル部製作及び溶接・熱処理・導体の円筒構造物への挿入・樹脂含浸工程について試作を行った。さらに、極低温での溶接部強度確認試験及び熱処理後の超伝導素線サンプル特性評価等の品質確認試験により、製作方法に問題が無いことを確認し、製作技術を確認した。

TFIC組込み作業は、2015年の11月から行った。図2は、TFICを大型超伝導コイルの内側に、わずか1cmのクリアランスで吊り下ろしたときの作業風景である。組込み作業後、予荷重を与える作業、76個のTFIC用計測素子の配線、真空容器の上蓋閉止、高圧ガス完成検査を2016年3月までに実施して、9月よりTFICの冷却を開始した。今後、ITER TFコイルの定格運転条件である、最大磁場11.8 T、通電電流68 kAにおける導体性能の確認、1,000回の繰返し通電や3回の室温までの熱履歴による導体性能の変化、クエンチ試験などを行う予定である。

3. ITER NBTF用直流1 MV 絶縁変圧器の組立完了

ITERの主要なプラズマ加熱・電流駆動装置である中性粒子入射装置(NBI)では、エネルギー1 MeV、電流40 Aの重水素負イオンビームを1時間連続で発生することが求められている。これは、既存のNBI装置と比べて、エネルギー・電流が共に2倍の高出力、パルス長は360倍であり、世界に類を見ない高い性能が求められている。このビーム性能を実証するためにITERに先駆け、イタリア・パドヴァのコンソルツィオ RFX 研究所において、実機NBIの実規模試験施設(NBTF)を建設している。量子科学技術研究開発機構(以下、「量研機構」)は、負イオン加速用の直流1 MV高電圧電源機器を製作し、順次NBTFサイトに輸送し、据付け工事を実施している。このうち、NBTFにおいて世界で初めて実用化する直流1 MV 絶縁変圧器は2016年9月中旬にNBTFサイトに到着し、10月までに据付け・組立てが完了した(図3)。

直流1 MV 絶縁変圧器は、1 MVの高電位上に設置さ

れた電源機器に交流電力を供給するための変圧器であり、1次-2次巻線間で直流1 MVを絶縁する必要がある。しかしながらこのような変圧器は実例がなく、量研機構は製作メーカーと協力して変圧器内部の油絶縁紙の厚みや形状を工夫して直流1 MVを絶縁する構造を見出した。また、2次巻線の出力を1 MVの絶縁を保ちながら大気中に取り出すために、碍子製小型コンデンサブッシングと繊維強化プラスチック(FRP)円筒を組み合わせたコンパクトな複合ブッシングを新たに開発した。それでも、1 MVを絶縁するためにはブッシングの高さが16 mにもなるため、イタリアへの輸送時には変圧器本体から取り外し、NBTFサイトで再組立てを行う必要があった。

NBTFサイトの建屋内に搬入した重量約30トンのブッシングを、専用ジグ上に設置してジグごと吊り上げ起立させた。その後、ブッシングを門型形状の専用ジグに移し、ガイドピンで位置を調整しながら、ウィンチにより微動させ、1-2 mmの位置精度を維持して、変圧器側、ブッシング側それぞれの同軸型の絶縁構造体(絶縁バリア)同士をはめ合わせ、屋外に設置した変圧器本体と建屋壁を貫通する形で結合させた。この一連の作業は、高電圧電源機器の据付け工事の中で最難関工程の1つだったが、量研機構職員2名、機器製作メーカーの技術者4名、及びイタリア工事業者が緊密に連携して、安全かつ計画通りに完了させることができた。

4. ITERフルタングステンダイバータ試験体の実プラズマ環境下での性能試験準備が進展

ITERダイバータ調達準備活動の一環として、フランス原子力庁(CEA)カダラッシュ研究所のトカマク型核融合実験装置Tore Supraにおけるタングステン(W)壁化改造計画(WEST計画)でのプラズマ照射実験のために送付したITERダイバータ・プラズマ対向ユニット(PFU)を模擬した試験体(3体)がCEA側の受入試験の後、真空容器内に設置された。WEST計画でのプラズマ照射実験は2017年1月末から開始され、プラズマ照射に対するITERダイバータPFU試験体の耐久性を確認する予定である。

本試験体のWブロックのプラズマ照射面は平面となっており、ITERダイバータで採用されているFish-scaleと

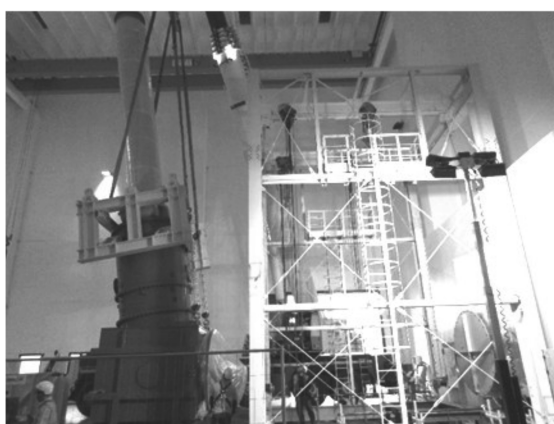


図3 1MV絶縁変圧器の組立作業。【左】屋内の複合ブッシング(高さ16 m)、【右】屋外の変圧器本体。



図4 CEA側担当者と量研機構担当者による試験体確認の様子：量研機構製PFU3体と中国ASIPP製PFU4体。

呼ばれるWモノブロックのプラズマ対向面全面にわたる傾斜加工は施工していない。これは、ITERダイバータで採用予定のプラズマ照射面の傾斜の有効性(Wブロック端部における熱負荷の集中によって溶融が生じるか否か)を実プラズマ環境下で確認するためである。

CEA側が実施した受入試験は、イオンビームによる加熱試験 ($10 \text{ MW/m}^2 \cdot 10$ サイクル)、加熱試験前後の赤外線サーモグラフィ検査(W/銅合金製冷却管の接合部検査)及び表面形状測定、モジュール組立後(冷却管のマニフォールドへの溶接後)の高温ヘリウムリーク試験であり、これらの試験の結果、PFU試験体に問題が無いことを確認した(図4)。

下部ダイバータは全部で12のモジュールから構成され、そのうち1モジュールに量研機構製及び中国科学院プラズマ物理研究所ASIPP製のPFU試験体が設置された[2]。1モジュールは38本のPFUから構成されるが、今回はJADA製3体、中国ASIPP製3体の計6体が水冷式WモノブロックPFU試験体であり、残りはCEA側が

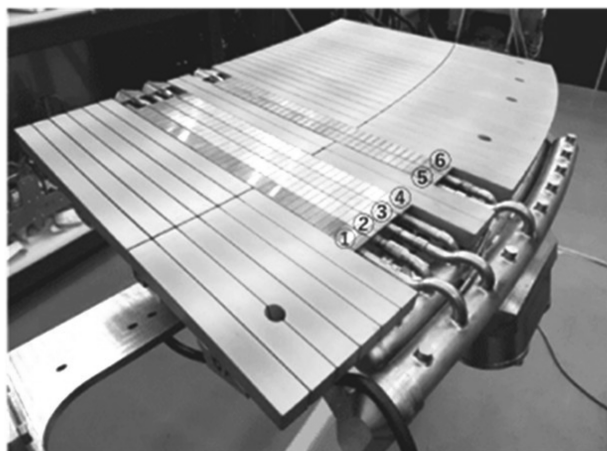


図5 下部ダイバータモジュール：タサポートに設置・冷却管に接続されたWモノブロック型PFU。

①②④：量研機構が送付したもの
③⑤⑥：ASIPPが送付したもの

製作した炭素繊維複合材(CFC)製のブロック表面にWコーティングを施した慣性冷却型PFUとなっている(これを混合モジュールという。図5参照)。W壁化後のTore Supraは2016年12月初旬にファーストプラズマに到達し、本モジュールを用いたプラズマ照射実験(キャンペーン1)を2017年1月末より開始予定である。今回と同様の混合モジュールを用いた試験キャンペーン(3ヶ月)を2018年12月までに計4回実施する予定であり、後半では欧州国内機関(F4E)が製作するITERダイバータPFU試験体も試験する予定となっている。

5. ITER計画及びITER機構職員募集説明会の実施

量研機構は核融合エネルギーとITER計画への理解、ITER機構への職員応募を促進するための広報活動を行っており、2016年11月には、以下の3件の活動を行っ



図6 施設見学会における太陽観察。

た. 11月3日, 那珂核融合研究所施設見学会にて, ITER計画及びITER機構職員募集説明会を開催し, 「イーターはどこまで太陽に近づいたの?」と題して太陽望遠鏡を用いて太陽観察を行うなど, 核融合に対する理解を深めるとともに, ITER計画の進展と職員募集について説明した(図6). また, 11月26日には, 三菱みなとみらい技術館にて, 「地上につくるミニ太陽」をテーマに講演と体験実験を行い, 核融合に関するクイズや日本の調達機器に関連した超伝導を使った実験を行った. 小学生を中心とした予定人数を上回る参加者からは, 太陽やイーターに関する熱心な質問が寄せられた. さらに11月29日~12月1日の3日間, 東北大学で開催されたプラズマ・核融合学会にブースを出展した. ITERの最新の建

設状況や職員応募の資料を配布するとともに, ブースに来られた方々からは, ITER機構職員募集への関心を高めるための多くの貴重なご意見をいただいた. このような広報活動をとおして, 多くの方々に核融合エネルギーについて関心をもってもらえるよう, 今後も活動を続けていく.

(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)

- [1] http://www.iter.org/doc/www/content/com/Lists/list_items/Attachments/708/2016_11_IC-19.pdf
- [2] <http://west.cea.fr/Images/astlmg/53/Newsletter-WEST15.pdf>