



ITERだより(61)

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自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合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) .

事会は、近づきつつある2017年3月のアヴィニヨンでの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

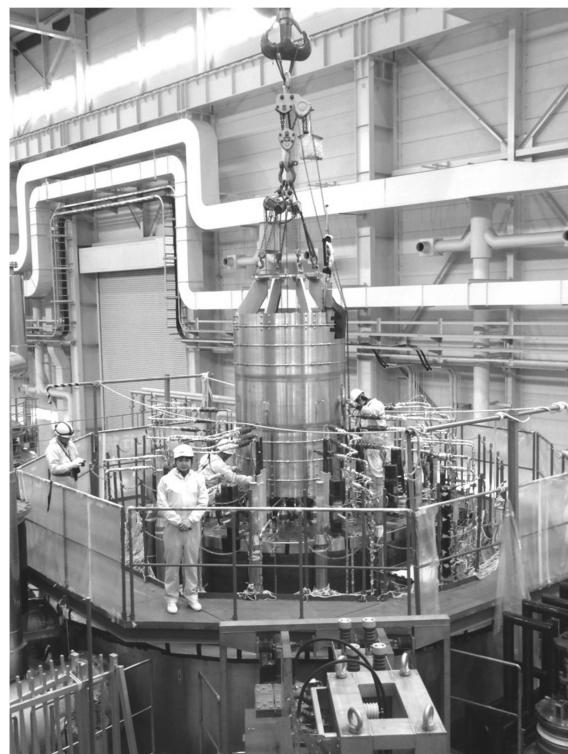


図2 TFインサートコイルの試験装置への組込みの様子.

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、製作技術を確立した。

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 1 cm 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、ワイ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 フルタンク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 におけるタンクステン (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つており、ITER ダイバータで採用されている Fish-scale と

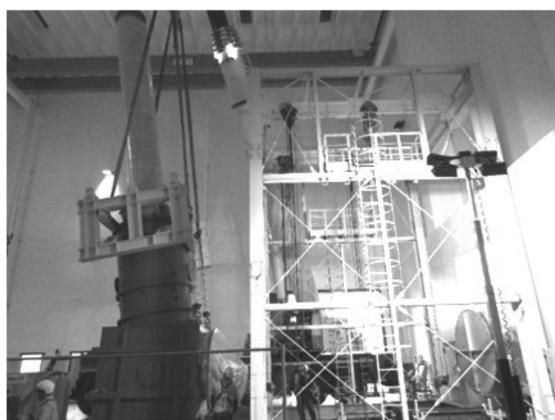


図3 1MV絶縁変圧器の組立作業。【左】屋内の複合ブッシング（高さ16 m），【右】屋外の変圧器本体。



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 MW/m²・10サイクル)，加熱試験前後の赤外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(冷却管のマニホールドへの溶接後)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

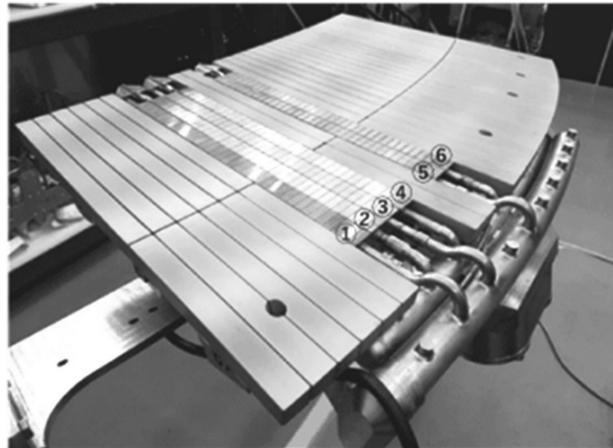


図5 下部ダイバータモジュール：タサポートに設置・冷却管に接続されたWモノブロック型PFU。
①②④：量研機構が送付したもの
③⑤⑥：ASIPPが送付したもの

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件の活動を行つ



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いただけるよう、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/astImg/53/Newsletter-WEST15.pdf>



1. ITER トロイダル磁場 (TF) コイル巻線部の対地絶縁作業を完了

量研機構は、日本が調達責任を有する、ITER向けトロイダル磁場 (TF) コイルの製作を進めている。TFコイルの巻線部 (WP) は、7体のダブル・パンケーキ (DP) で構成されており、各 DP の製作は、超伝導導体の長さを ± 0.01% で管理する巻線作業 (ITERだより 46 号にて報告)、冷媒入口部及びジョイント部の施工、650 °Cにおいて ± 5 °C で温度を保持する超伝導生成熱処理作業 (同 48 号)、熱処理済みの超伝導導体に 0.1% 以上の歪を加えることなく 2 層の巻線間にラジアル・プレートを挿入するトランスファ作業 (同 52 号) 及び導体外周に電気絶縁テープを巻き付ける導体絶縁作業 (同 54 号)、カバー・プレート (CP) 溶接、DP絶縁及び樹脂含浸後のDPの平面度を ± 1 mm 以内とするDP含浸作業 (同 55 号) の順で進められた。今回、7体のDPを積層する積層作業、積層したDPの外周に対地絶縁用の電気絶縁テープを施す対地絶縁作業を実施した。

ITERでは、主要機器の調達の進捗を適切に管理するために、主要な作業についてITER理事会に報告するマイリストーン (ICマイリストーン) を設定し、これを厳守することが義務付けられている。TFコイルについては、1 基目のWPの対地絶縁作業がICマイリストーンに設定されている。

この度、期日までにこの対地絶縁作業を無事完了した (図 1)。これは、ITER計画における大きな進展であり、また日本のプレゼンスを示す大きな貢献として、国内外から高い評価を得た。

2. ITER用ジャイロトロン 1, 2 号機の製作完了

ITER電子サイクロトロン加熱・電流駆動 (ECH/CD) システムは、24基の170 GHz, 1 MWジャイロトロン、24系統の伝送系、RFを入射する水平/上ポートランチャー (それぞれ 1/4 基) から構成され、合計 20 MW の 170 GHz マイクロ波入射を計画している。ジャイロトロンは、2025

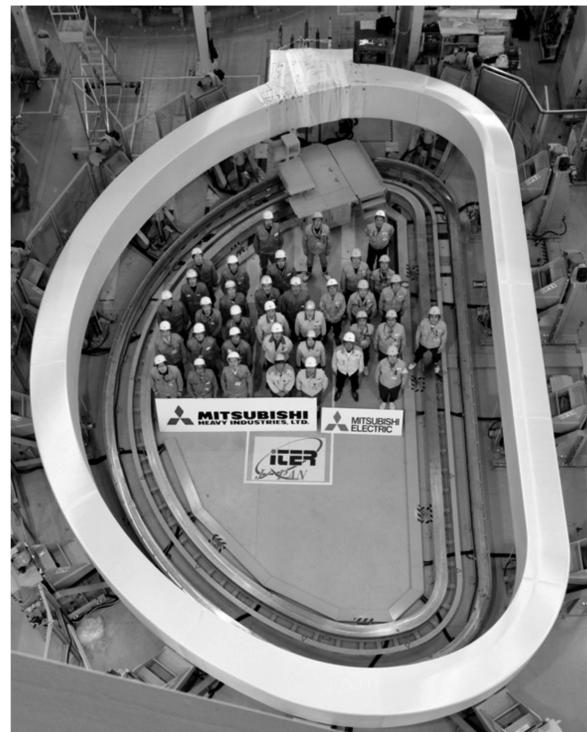


図1 対地絶縁作業を完了したTFコイル1号機の巻線部。

年のファーストプラズマ達成に不可欠な機器であり、日本のイーター国内機関である量研機構が、日本が分担する24基中8基のジャイロトロンを調達する。ジャイロトロンは、電子ビームを強磁场中で加速し、空洞共振器(以下、空洞と略す)で電子の回転エネルギーをマイクロ波に変換して出力する機器である。ITERジャイロトロンに必要な性能は、周波数 170 GHz、出力 1 MW 以上、パルス幅 400 秒以上、総合効率 50% 以上であり、2007 年にプロトタイプジャイロトロンの実験でこの性能を実証した [1]。この時、空洞での表面熱負荷は許容限界に達しており、ITERにおける長期間繰り返し運転時にも空洞が



図2 世界で初めて完成したITER用ジャイロトロン。

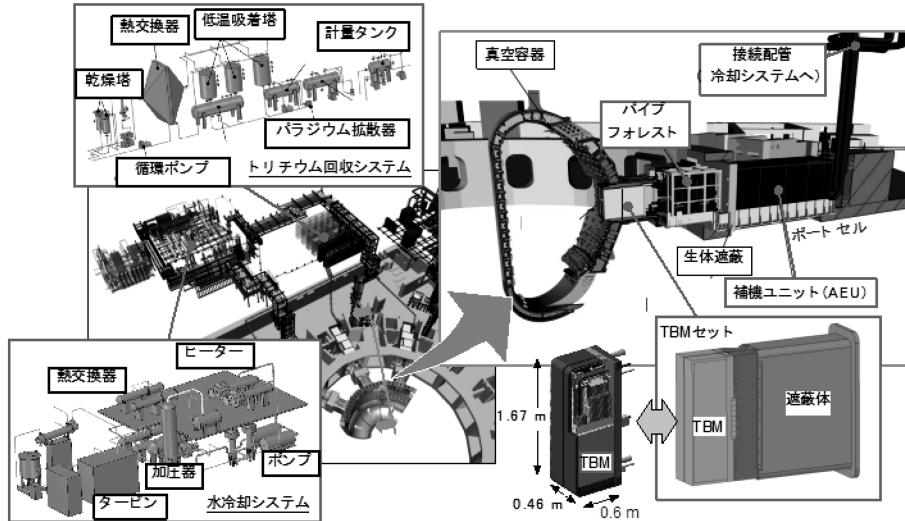


図3 日本のテストプランケットモジュールと付随する補機システム
(マゼンタの線で囲まれたものを設計製作してITERに持ち込む).

損傷しないよう、空洞の内径を10%拡大して熱負荷を約30%下げる設計改良を検討してきた。しかしながら空洞の拡大は異なる周波数のマイクロ波(競合モード)の発振を誘起し、安定した170GHzマイクロ波(正規モード)発振を妨げる現象を観測した。そこで、日本のジャイロトロンが有する三極管電子錠の特徴を活かし、マイクロ波の発生開始時や発生中に電子ビームの大きさや電子の回転エネルギーを変化させ、従来より電子ビーム径を大きくし、かつマイクロ波の発生開始時に電子の回転エネルギーを緩やかに増加させることで競合モード発生を抑制し、正規モードのみを発振させるという運転シナリオの開発に成功した。この結果、空洞の熱負荷を抑制しつつ、長期間安定した1MW運転ができる見通しが得られた。また、5kHzでの1MW変調運転や、2000秒間に1MW、400秒のパルスを10ショット(デューティ比0.2)連続運転するなど、ITERで想定されている過酷な運転条件も実証し、信頼性が向上するジャイロトロン開発に成功し、実機に反映した。このような改良や性能実証試験による実証を経て、2016年よりITERジャイロトロン実機2機分の製作に着手し、世界で初めてITERジャイロトロン実機が完成した(図2)。

3. テストプランケットシステム概念設計の完了

ITERの達成目標の中で、「燃料トリチウムの自己補給」と「発電のための高品質の熱の取出し」は、テストプランケット試験計画をなくしては達成が証明できない目標である。テストプランケットモジュール(TBM)の設計製作、試験については米露を除く5極が行うこととなっている。真空容器水平ポート3箇所に2台ずつ計6台のTBMと、各々のTBMに付随する補機システム計6式がITER建家内に設置される(図3)。日本は水冷却固体増殖TBMの担当として、2014年11月にITER機構とTBM取決めを締結し、2015年2月に概念設計レビューを受けた。

ITERでは概念設計、詳細設計、最終設計の3段階に分けて設計を実施する。各々の設計レビュー後、重要な摘

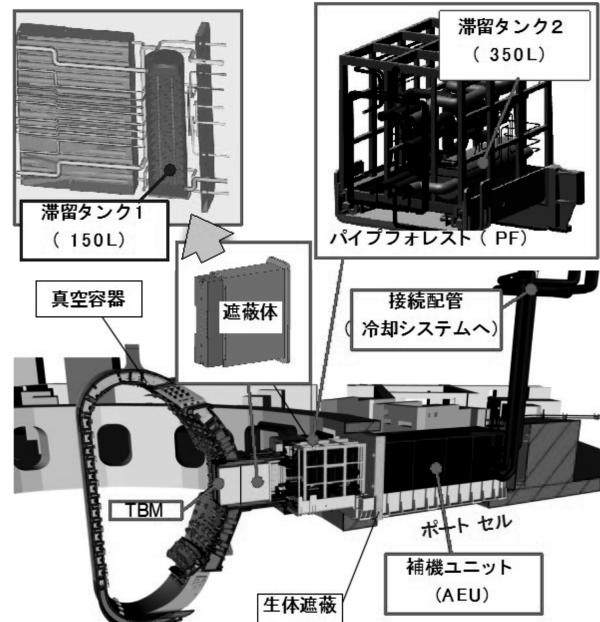


図4 遮蔽体とパイプフォレストに滞留タンクを設置しAEU内の線量を1/2000に低減.

出課題に解決の見通しを得ることで設計が承認となり、次の段階に進むことができる。今回、日本が概念設計レビューで指摘された重要課題は1) 放射化された冷却水からの放射線の遮蔽、2) TBM冷却系熱交換器の事故解析である。1)について、核融合中性子の照射を受けた冷却水は、分子を構成する酸素が放射性窒素に変わる。半減期は短く、プラズマ停止後は速やかに消滅するが、運転中は配管に沿って強いガンマ線を放射すると指摘された。運転中は人が立ち入らない場所であることから、人体への影響は極めて小さいことが判明したが、電子機器を想定したシリコンのガンマ線吸収線量は大きく、基準

に照らすとAEUに設置する安全上重要な電子機器では鉛にして最大25cm厚の遮蔽が必要と推定された。緩和策として生体遮蔽の内側に滞留タンクを設置(図4),特に遮蔽体内部の空間まで利用して容積を稼ぎ、線量を1/2000まで低減した。遮蔽材を1~6cmまで低減できることを示し、成立性が認められた。2)については、熱交換器の伝熱管破断時の圧力、温度、トリチウム濃度の2次冷却系への伝播応答を評価した。その結果、熱交換器に圧力逃し機構を設けても、2次冷却系は設計温度を超える、トリチウム濃度については基準が満たせないことが判明した。そこで、TBM冷却系とITER2次冷却系の間に中間熱交換ループの設置を提案し承認された。これら重要課題の解決によって、2016年11月に概念設

計がITER機構に承認された。残る課題の解決と設計の詳細化を進め、2019年9月頃に詳細設計レビューを受ける予定である。

(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)

- [1] K. Sakamoto, A. Kasugai, K. Takahashi *et al.*, “Achievement of robust high-efficiency 1 MW oscillation in the hard-self-excitation region by 170 GHz continuous-wave gyrotron” Nat. Physics 3, 411–414 (2007).



1. 直流 1 MV 超高電圧電源機器の製作完了

ITER用中性粒子入射装置（NBI）で求められている、世界最大出力の負イオンビーム（エネルギー 1 MeV、電流 40 A、運転時間連続 1 時間）の実現に向けて、ITER実機に先駆け、実機と同一性能である実機試験施設（NBTF）をイタリアに建設中である。このたび量研は、このNBTFで 1 MeV ビーム加速に必要な直流 1 MV 超高電圧電源機器（電圧 1 MV、電流 60 A、運転時間連続 1 時間）の製作を完了した。

図 1 に本機器の全体像を示す。まず欧州側から供給される 6.5 kV の低電圧を昇圧変圧器で 0.2 MV に昇圧し、ダイオード整流器を通じて整流し、これを 5 台繋ぐことでイオンを加速するための 1 MV 高電圧を発生させる。次に、リップルを除去する直流フィルター、全長約 100 メートルに及ぶ伝送ライン、さらに、1 MV のイオン加速電圧に加えて、その 1 MV 高電位上に設置されるイオン生成電源に電力を供給する 1 MV 絶縁変圧器、組立てた後に耐電圧性能を確認するための試験用電源（1.3 MV、10 mA）、短絡ギャップ装置、及び模擬負荷抵抗から構成される。2012 年 2 月に ITER と調達取決めを締結し、設計期間を経て約 5 年かけて 2017 年 3 月までにこれらすべての電源機器の製作を完了した。

この機器の実現に向けては、変圧器の油絶縁、伝送ラインのガス絶縁、HV ブッシングの真空絶縁などの多様な 1 MV 直流高電圧の絶縁技術の開発、これら油・ガス・真空の境界を構成するブッシングの開発、さらに大電源システム全体で整合性のとれた耐震性・熱伸び吸収構造の確立などの技術課題があった。油絶縁構造では、直流電圧印加時間と共に、内部の油絶縁構造物上の電界強度が上昇して絶縁破壊に至ることが問題であった。そこで、この電界集中を抑制するよう、絶縁体の厚みや形状を工夫した絶縁構造を考案した。伝送ラインは、6 気圧の絶縁ガスを保持する圧力容器内に各種導体が配置されてい

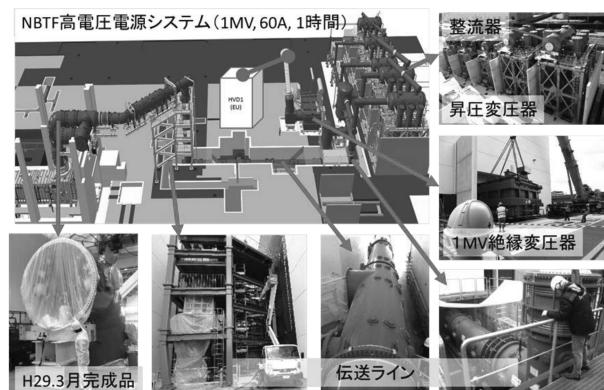


図1 直流 1 MV 超高電圧電源機器の全体像。

るため、対流も含めた熱解析、耐震解析、電界解析を通じ、熱伸びや耐震時の変位を許容しつつ電圧を維持できる構造を見出した。ブッシングについては開発試験で性能を確立してきた。これら開発・設計を経て、各機器は ITER の要求値である 1.2 MV、1 時間の耐電圧試験に合格し、順次、NBTF サイトに輸送され、2015 年 12 月から現地工事を開始した。現在、全体の約 8 割の機器の組立てを完了し、残りは欧州が作る機器の工事期間と調整を図りながら、2017 年度内には据付完了、2018 年に現地での統合試験を終了する計画である。

2. ITER ビジネスフォーラム (IBF2017) の開催

3 月 28 日～30 日にフランスのアヴィニヨンにて 2017 年 ITER ビジネスフォーラム (IBF2017) が開催された。ITER ビジネスフォーラムは ITER プロジェクトを通じた関係各国（日本、中国、韓国、米国、インド、ロシア）の産業界と核融合研究との共通理解とパートナーシップを強化促進し、産業界を対象に ITER 計画の最新状況、調達手順、今後予定される製作機器の情報開示を目的として毎年開催されており、本年は 436 社、1008 名を集めてアヴィニヨン旧教皇庁内の会議場で開催された。各国内機関や ITER 機構からの基調講演を含む約 90 件の講演、企業、各国内機関及び ITER 機構のブース展示、そして多数の個別ビジネス会合で構成されている。ITER 日本国内機関である量研からもブース展示を行い、ポスター掲示や写真集の配布により量研が担当する機器の紹介をし、特に製作フェーズにあるトロイダル磁場 (TF) コイルや中性粒子入射加熱装置 (NBI)、ジャイロトロンの製作状況等と製作計画、さらに今後の現地作業計画等の説明を行った（図 2）。配布した写真集は調達機器の状況を見ることができ、多くの来訪者から好評を得た。また参加企

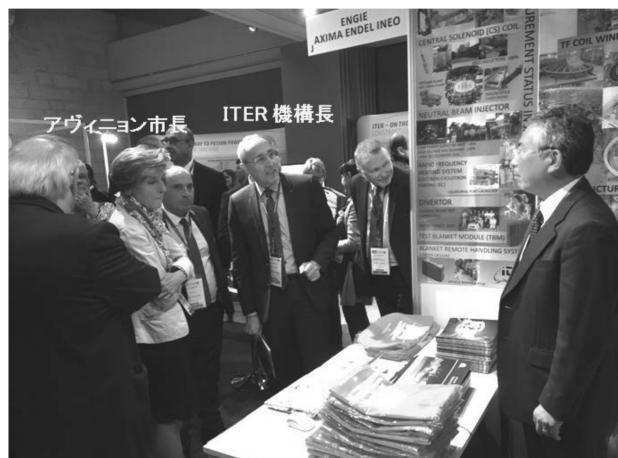


図2 量研展示ブースを訪問したアヴィニヨン市長とITER機構長。



図3 第23回ITER企業説明会にて講演される松浦文科省研究開発戦略官。

業は本フォーラムの個別会合を通じた情報交換が新たなビジネスの契機となり、これにより、ITERプロジェクトの機器製作活動の円滑化に大きく貢献するものであった。

3. 第23回ITER企業説明会を開催

3月10日、34団体から55名の参加者を迎えて、東京八重洲において第23回ITER企業説明会が開催された。まず、文部科学省 松浦研究開発戦略官より、核融合エネルギー研究開発の展望、ITERを含めた各プロジェクトの進捗状況等を説明いただいた(図3)。さらに、今回はITER機構 小野塚中央統合本部長より、ITERサイトの建設状況、真空容器等の各機器の現地据付・組立に対する基本方針及びスケジュール、ITER機構が新たに設立した人材派遣プログラムであるITER Project Associate (IPA)について説明いただいた。

また量研那珂核融合研究所 草間副所長より、日本が分担する機器の調達状況やITER機構への日本人派遣の状況について説明された。日本が分担する機器については、約90%の調達取り決めを締結し、その中でも超伝導コイル関係やジャイロトロンの製作が進んでいることを示した。加えて、ITERダイバータ、ジャイロトロン、計測装置のひとつであるマイクロフィッシュンチェンバーの各概要、現在の調達状況や製作スケジュールなどを各機器の担当者が詳説した。説明後には参加された企業の方より、ITER機構への日本人職員の派遣に関するご質問をいただき、それに対し、今後はIPAを通して、各極から計150名の人材の募集を行っていくが、その中で日本人職員の増員を図っていく旨、回答した。

本企業説明会の詳細については、ITER Japan ウェブサイトの「ITER企業説明会の開催について」をご覧ください。(http://www.fusion.qst.go.jp/ITER/index.html)

4. ITER計画及びITER機構職員募集説明会の実施

量研はITER日本国内機関として、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活動を行っている。

3月15日～17日、富山大学で開催された平成29年電



図4 三菱みなとみらい技術館（横浜市）でのITER説明会。

気学会全国大会にブースを出展し、ITER機構職員募集の説明を行った。来訪者に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、動画を用いて日本の調達機器製作の紹介や3Dバーチャル・リアリティーシステムを用いてITERサイトの建設現場の様子をご覧いただいた。

また3月20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・イーターってなに?」と題して核融合やITERの解説及び実験を行った(図4)。参加された方々には、ITERに使われる技術である超伝導や人工ダイヤモンドを利用した実験を体験していただき、この実験を通してITERの技術を知っていただいた。また、今回は太陽望遠鏡を使用して太陽の観察を行い、核融合反応によって太陽は輝いていることを説明した。実験の最後には、小学生を中心とした参加者との質疑応答を行い、液体窒素や超伝導に関する質問を受け、核融合エネルギー及びITERについて、より一層ご理解をいただけた。

今後もこのような広報活動を通して、核融合エネルギーやITERを幅広い分野の方々にアピールをして、理解を深めていただけるよう活動を続けていく。

5. ITER Japan新体制が発足

新年度となりITER Japanの体制を強化している。TFコイル・構造物の初号機の完成に向け、超伝導コイル、導体の調達を担当するグループを一つとし、超伝導磁石開発グループを設置した(図5)。今後のITERサイトでの建設作業の本格化を見据え、ITER機構へ産業界からの人材を送るためにITER連携推進グループを設置すると共に、ITER現地支援グループをITER機構本部ビル内に移転した。引き続き、ITER日本国内機関として、ITER計画を推進していく。

6. 日本版ITER フォトブック 2016 の発行

この度、ITER調達機器やITERサイトの建屋などを紹介するITERフォトブックの日本版を発行した(図6)。このフォトブックは各極が分担する機器の製作状況やITERサイトの進捗状況の写真を掲載し、ITER計画全体の進捗

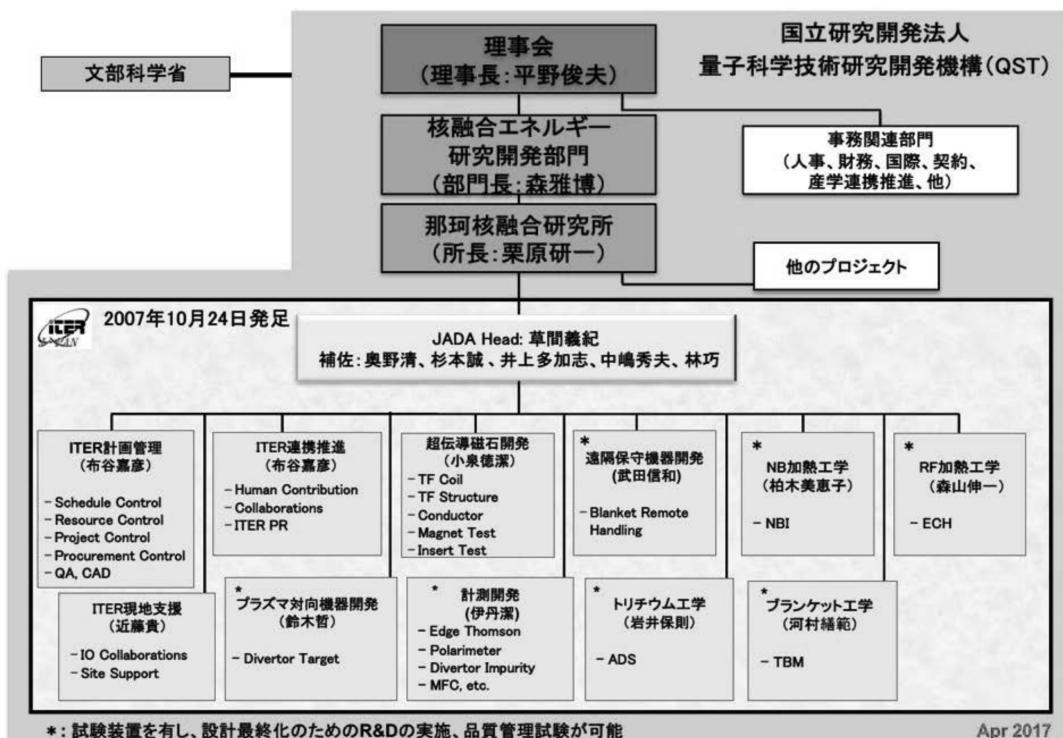


図5 ITER Japan体制.



図6 発行された日本版ITERフォトブック2016.

状況やITERに使われる技術などを多くの方に知っていた
だくことを目的として作成している。今回発行した2016
年版は、全66ページで構成され、日本は中性粒子入射
装置の輸送及び現地据付、トロイダル磁場(TF)コイル
の製作などの写真を掲載し、各機器の製作が順調に進ん
でいることを紹介している。

日本版フォトブック2016のアクセス先(ITER Japan ウ

エブサイト)
http://www.fusion.qst.go.jp/ITER/images/page/247/170407_ITER_PHOTOBOOK_2016_JA.pdf

(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. 第20回ITER理事会開催：第20回ITER理事会は2016年ベースラインに沿ったプロジェクトの力強い進展を認める

サン・ポール・レ・デュランス、フランス（2017年6月22日）- サイトでの急速な建設の進展と各極の世界中に広がった製造拠点から搬入される機器の達成されたマイルストーンの報告は、ITER理事会が、建設の完了前に多くの課題が残っていることを十分に認識しつつ、ITER計画が成功への軌道に乗っていることを判定するための2つの主要な指標であった。理事会メンバーは、ITER計画の使命と展望への共同でのコミットメントを再確認した。

2017年6月21日及び22日の第20回会合（図1）において、ITER理事会は、極度に厳しいスケジュールと挑戦的な技術要求に取り組む一方で、ITER計画が高い実績を継続し、2025年のファーストプラズマに向けてスケジュール通りであることを明らかにする、詳細な一連の報告書と指標をレビューした。

プロジェクトマイルストーン：2016年1月1日以来、理事会に承認された22のマイルストーンが達成され、全体事業スケジュールとクリティカルパスの厳格な順守を維持している。わずかな遅れを示している2つのマイルストーンは、ファーストプラズマスケジュールを回復し、維持するための緩和策が導入されている。

リスク管理：ITER理事会は、リスク管理に関する深堀独立レビューパネルより最近受理した報告書を承認した。理事会は、この一年のこれまでのITER機構と国内機関によるこの分野における重要な進捗を強調し、ITER機構と国内機関に対しさらなる改善のために報告書の勧告に従うよう要請した。トカマク建屋の建設、真空容器セクターの製造、真空容器内遮蔽の製作のようなクリティカルパスとなる分野で予期される課題に共同で対処するために、プロジェクト全体のリスク管理履行に対する改善がなされている。

組織改革：2015年3月に機構長から提案された行動計画に基づく改革は基本的に完了した。効率的な意思決

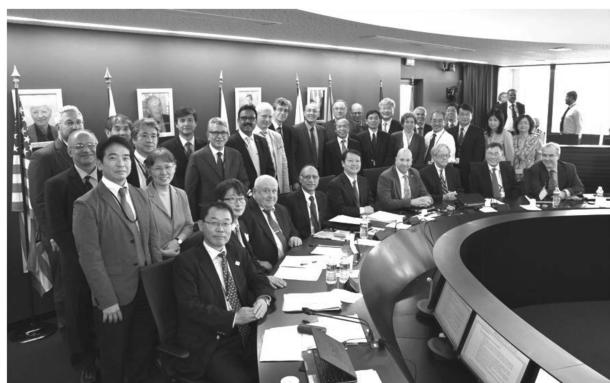


図1 第20回ITER理事会出席者（ITER機構提供）。

定、コスト抑制、システム工学、プロジェクトコミットメントの遵守、成功に不可欠な他の側面、において実質的利益が効果的にもたらされている。原子力プロジェクト文化の促進は、継続的な学習と改善へのコミットメントを必要とし、従って、厳しい評価はプロジェクトの継続した特徴である。

ITER加盟国共同コミットメント：理事会は、いくつかの参加国が直面する一技術的、政治的、財政の一課題を認めて率直な議論を行った。理事会メンバーは、短期的、長期的なプロジェクトの価値についての彼らの強い信念と、ITERの使命と展望への共同コミットメントを再確認した。理事会はこのコミットメントを尊重する、ITERの成功を引き続き支える解決策を見つけるために共に働く事を決議した。理事会は欧州原子力共同体のITERへの参加に関する欧州委員会の最近の伝達文書を歓迎した。

最近の強力なプロジェクトの実績を反映し、ITER理事会議長ウォン・ナムクン教授はITERの成功に不可欠な課題について認めた。「燃焼プラズマを実証できる能力のフルスケールのトカマクの建設は、途方もない複雑さを乗り越えることを要求する。成功のためには多国間協力が不可欠であるが、自然とさらなる複雑さを生み、並はずれたマネジメントとチームワークが要求される。理事会は、すべてのITERチーム一機構長からすべての職員、契約企業、納入企業、等の全体一によるプロジェクトを成功に導く効果的な協力へのコミットメントを祝福した。理事会は、プロジェクトの実績の詳細な監視と、この達成のペースの維持に必要なサポートの提供を続ける。」

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. ITERトロイダル磁場コイル構造物の製作進展

ITERで用いられる全てTFコイル構造物（全19基）は

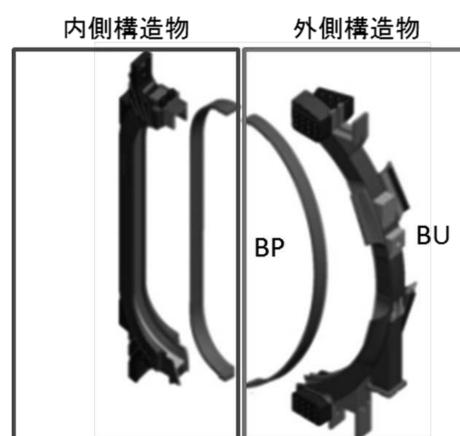


図2 ITER-TFコイル構造物の構成。



図3 4つの部材を組み合わせたTF外側構造物BUの初号機。



図4 プラズマ側のTF外側構造物BPの初号機。

日本が分担し、開発を行っている。TF構造物は内側構造物、外側構造物に分けて製作を進めている(図2)。現在、その初号機の製作が進展している。

外側構造物は、①4つのベーシックセグメントと呼ばれる部材をつなぎ合わせて製作する(BU)、②プラズマ側の曲がり鋼板(BP)から構成される。今回、そのBU,BPの組立が完了した(図3、図4)。この外側構造物は、今後最終加工、内側構造物との取合い確認を経て、年内に欧州が分担するTFコイルの製作を行う工場へ輸送する予定である。

3. 第22回ITER科学技術諮問委員会(STAC-22)の開催

5月16日～18日の3日間、ITER機構(IO)本部において第22回ITER科学技術諮問委員会(STAC-22)が開催された(図5)。日本からは鎌田裕議長(QST)に加えて2名の委員(山田弘司(NIFS)、坂本慶司(QST))及び3名の専門家(寺井隆幸(東大)、井上多加志及び鈴木哲(QST))が出席した。前回のITER理事会(2016年11月)で求められたチャージ(i)ファーストプラズマへの



図5 第22回ITER科学技術諮問委員会(STAC-22)の様子。

技術課題、ii) ITER研究計画への段階的アプローチの適用、iii) 容器内コイル・誤差磁場補正コイルの進捗)について、初日から2日目の午前中までにIOからの発表を聴取した後、チャージ毎のサブグループに分かれてIOから事前に配布されたインプット文書と発表をもとに協議を行った。その結果、ディスラプション緩和システム(DMS)設計に柔軟性を確保すべきこと、非対称回転垂直変位(VDE)時の影響の理解を進めること、加熱装置の据付を加速すること、等の提言を取りまとめてITER理事会に報告した。

4. ITER計画及びITER機構職員募集説明会の実施

6月4日にJR水郡線上菅谷駅前にて開催されたガヤガヤ☆カミスガによるブースを出展し、ITER計画について説明を行った。今回のイベントでは、太陽望遠鏡を用いた太陽観察や液体窒素を用いた実験も行い、子供から大人まで多くの方にブースを訪れていただいた。太陽の説明においては、実際の太陽を望遠鏡で観察していただくとともに、ボールと鉄球を用いて太陽と地球の大きさの比較を行い、太陽の中で起きている核融合反応がとても大きなエネルギーであることを知っていただいた(図6)。また、液体窒素を用いた実験では、ITERの調達機器に関連した超伝導を使った人間浮上の実験等を行った。このイベントを通して、当研究所が行う研究開発を幅広い方



図6 ガヤガヤ☆カミスガでの太陽観察。

に知っていたとき、核融合や ITER 計画について理解を深めていただいた。

また 6 月 2 日には東京工業大学の第 5 回先導原子力研究所コロキウムとして、「国際熱核融合実験炉 ITER の建設と日本の貢献」と題した ITER 計画説明会を開催した。この講演では、南仏サン・ポール・レ・デュランヌの ITER 建設サイトの最近の様子、日本が分担するトロイダル磁場 (TF) コイル、中性粒子入射装置実機試験施設 (NBTF)、電子サイクロトロン加熱 (ECH) 装置のジャイロトロン等の実機製作の進捗を紹介するとともに、ITER 機構職員公募さらには、ITER プロジェクトアソシエイツ (IPA、企業、大学等原籍のまま、ITER 機構においてパートタイムまたは有期で ITER の業務に従事す

る制度)，学生が参加するインターン制度についても説明した。ITER 職員公募への応募では日本の定型履歴書は評価されず、ITER 機構が公開する職務明細 (Job Detail) に則した形で自分の経験と業績をアピールする必要があることを紹介し、特に学生等の興味を引いた。

(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/735/2017_06_IC-20.pdf



ITERだより(65)

1. 日本において、インボード側コイルケースの第1号機製作完了

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向けトロイダル磁場（TF）コイルの製作を進めている。TFコイルケースは、中に巻線部を格納して巨大な電磁力を支持するコの字断面の主構造物と、巻線部格納後にプラズマ側から被せるカバー・プレートで構成される。また、1号機のコイルケースは、インボードとアウトボードに分けて、それぞれ、三菱重工及び現代重工が分担して製作を進めている。

コイルケース用の材料には、6万トンにも及ぶ巨大な電磁力が加わるため、運転温度の4Kでも良好な韌性を満足した上で、非常に高い強度が要求されている。このため、4Kで1,000 MPaの耐力及び180 MPa \sqrt{m} の韌性を担保するように、特別に開発したステンレス鋼（JJ1）を高応力部に使用している他、窒素含有量を0.2%程度まで高めた高強度のフルオーステナイト（316LN）ステンレス鋼を使用している。その上ほぼ全てが極厚材であることから、これまでに製造経験のない大型鍛造材料の開発、製造を進め、2014年4月から、コイル容器の製作に着手した。

TFコイルケースは、長さ16mにも及ぶ巨大な構造物であり、上記の材料を溶接で組み上げ、機械加工で仕上げている。コイルケースは、10mを超える大型構造物であるにもかかわらず、1mm以下の公差が要求されており、通常の大型溶接構造物で超高精度と言える溶接変形量の公差（約1/1000）に比べても、1ケタ以上上回る高精度の要求となっている。これに対して、溶接部は最大200mmを超える極厚のものとなり、溶接変形の制御が大きな課題であった。インボードの製作では、溶接変形を測定しながら、溶接変形を打ち消すように、表裏面から溶接を行うことで、この課題を解決することに成功した。

また、大型構造物用の高精度機械加工機の使用に加え、加工時の構造物の温度変化による熱収縮の影響も制御しながら、機械加工を実施することで、最終製品として、



図1 インボード側コイルケースの第1号機、三菱重工から現代重工への出荷準備完了。

1mm以下の公差も達成している。

以上のようなチャレンジングな要求を満足させるために、量研、製作メーカー、ITER機構が一丸となって最大限の努力を行い、インボード側コイルケースの第1号機の完成に漕ぎつけた。その最終検査として、インボード部主構造物とカバープレートの仮組試験を実施し、14m以上の溶接開先において、±0.3mmの厳しい公差を達成できていることを確認した。加えて、仮組試験では、約半日で主構造物とカバープレートを組上げることができている。

この第1号機のインボード側コイルケースは、今後、同号機のアウトボード側を量研との契約の下で製作している現代重工にて、アウトボード側コイルケースとの仮組試験を実施し、巻線部の製作とコイルケースとの一体化を担当する欧州にインボード、アウトボード共に送付される予定である（図1）。2017年7月21日に、インボード側コイルケースは、三菱重工から現代重工に向けて出荷された。

2. ITER NBTF用高電圧電源機器の最終輸送便がイタリアに向けて出港

ITER中性粒子入射装置（NBI）で要求される高出力負イオンビーム加速を確実にするため、イタリア・パドバにNB実機試験施設（NBTF）を建設中である。量研は、NBTFに必要な1MV高電圧電源機器の製作を2012年から開始し、2015年8月からNBTFサイトに向けて機器を順次搬出し、現地での据付工事を進めてきた。この度、すべての機器を完成し、最終輸送便が8月1日に日立港を出港した（図2）。

NBIはITERにおける主要なプラズマ加熱装置であり、エネルギー1MeV、ビーム電流40A、連続出力時間1時間の性能が求められる。これは、既存のNBI機器に比べてビームエネルギー、電流がそれぞれ2倍、出力時間が360倍となる高い要求性能である。そこでITER実機に先立ち、実機と同一性能を有するNBTFをイタリア・パド



図2 NBTF用高電圧電源機器最終輸送便の出港（茨城県日立市の日立港にて）。

バのコンソルツィオ RFX 研究所（以下、RFX 研）内に建設中である。

量研は、2012 年、NBTF 用直流 1 MV 高電圧電源機器の製作に関して ITER 機構と調達取決めを締結し、同年、製作契約を締結（受注者：（株）日立製作所）して機器の製作を開始した。本機器は、全長が 100 m にも達する大規模なものであり、直流 1 MV を発生する直流発生器、直流出力からリップルを除去する直流フィルター、接地側から直流 1 MV の電位上の負イオン生成部に電力を供給するための 1 次 - 2 次巻線間で直流 1 MV を絶縁する 1 MV 絶縁変圧器、3 つの電源伝送ライン、絶縁ガス中の電力導体・配管を真空中に絶縁導入する高電圧ブッシングなど、多数の機器で構成されている。量研は、完成した機器を段階的に輸送し据付けを行うために工程調整を図り、全体工程の遵守と機器の保管期間・場所の最小化に努めた。また、事前にイタリア国内の陸送ルートの調査を実施して輸送制限寸法を割り出した結果、多数の機器を分割して輸送せざる得ないことがわかつたが、現地での再組立て作業の増加は、作業エラーや塵埃混入など、機器の性能に関わるリスクの増加につながるため、対策として、分割数ができるだけ減らし、さらに機器筐体内の内包機器を外さずに運べるよう輸送姿を工夫した。また、現地での再組立てにあたっては、製作メーカーの協力を得て再組立要領書を用意し、量研の現地駐在員（常時 2 名）による管理体制の下、RFX 研の契約業者作業員約 20 名とともに作業を進めた。このようにして、これまで計 5 便の輸送を完遂し、全体の 9 割の機器の据付が完了している。

今回、第 6 便となる最終便では、本年 3 月までに完成した伝送ラインの一部、本電源機器の動作試験時に使用する模擬負荷抵抗、直流 1.3 MV 出力の試験用電源等を積載し、8 月 1 日に日立港からイタリア・マルゲラ港に向けて出港した。これにより約 5 年にわたり製作してきた NBTF 用高電圧電源機器の出荷が完了した。

今後は、今回出荷した機器が 10 月初旬に NBTF サイトに搬入されて据付けられ、2018 年度中に日本調達機器の試験検査を完了させる予定である。

3. 第 13 回日韓核融合研究協力における合同主調整役会合を那珂核融合研究所にて開催

第 13 回日韓核融合研究協力における合同主調整役会合（13th Joint Coordinators' Meeting, JCM13）が、2017 年 7 月 6 日に量研那珂核融合研究所で開催された。日本からは文部科学省、量研、核融合科学研究所から 16 名、韓国からは未来創造科学部（MSIP）、韓国国立核融合研究所（NFRI）、全北大学から 9 名、合計 25 名が参加した（図 3）。

この会合では、両国の核融合研究開発に関する報告がそれぞれ行われ、引き続いて、2016 年度の核融合分野における研究協力（ITER 技術協力、KSTAR 協力、人材育成）の実績が報告され、さらに、2017 年度の両国の研究協力の作業計画が提案され、承認された。両国の核融合研究における主調整役である松浦重和文科省研究開発戦略官とイム・チェグウォン韓国未来創造科学部課長補佐が会議録に署名を行い、会合が成功裏に閉会した。次回の会合は 2018 年に韓国で開催されることになった。

会合後、出席者は、那珂研にて建設中の JT-60SA（大型超伝導トカマク装置）の見学を行い、また見学後、NFRI と量研の機関間協力で実施した ITER ソレノイドコイル用超伝導撲線の性能評価に関する協力が成功裏に完了したことに対して、量研那珂核融合研究所 栗原研一所長から NFRI のキム・キマン所長へ感謝楯が手渡された。

本会合により両国の核融合研究協力の進展のみならず、研究者間の友好的な関係を確認することができた。今年度も引き続き、両国における核融合研究協力が友好的に進められていく。

4. 第 4 回日中韓 ITER 国内機関技術会合の開催

日本、中国、韓国による第 4 回日中韓 ITER 国内機関技術会合が、中国科学技術部雲南省局の支援を受けて 2017 年 8 月 2 ~ 4 日に中国雲南省昆明市の世紀金源大飯店で開催された。会議には各国の政府関係者を含め、日本から 9 名、中国から 37 名、韓国から 11 名の 57 名が参加した（図 4）。この会議では、ITER のための調達機器の設計・製作に関する最新の状況の報告と技術課題に関する議論

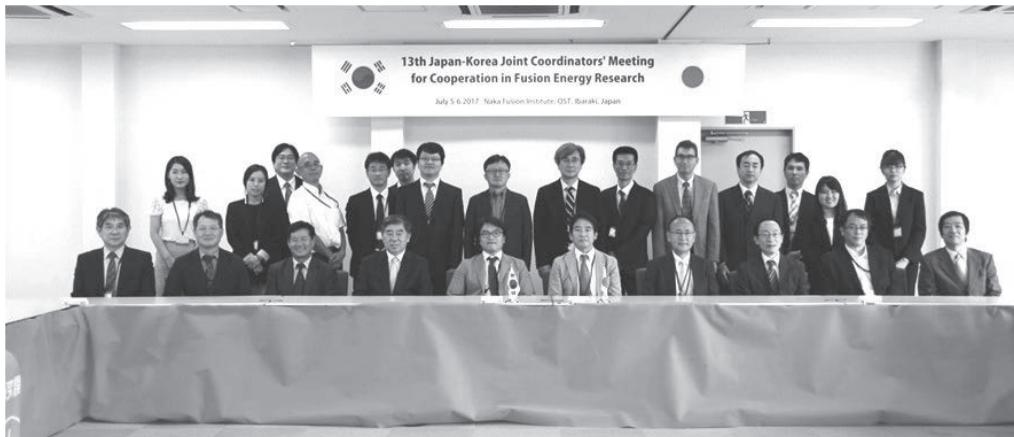


図3 JCM13出席者による記念撮影。



図4 第4回日中韓ITER国内機関技術会合の参加者.



図5 ITER説明会での解説及び実験の様子.

や調達活動に関する共通課題についての議論が行われた。

会合では、各国政府関係者の式辞の後、最初のセッションでは各国の国内機関から機器の調達状況が報告された。いずれの国内機関も着実に調達活動を進めていることを確認した。

引き続いて、プランケットとダイバータ技術、テスト・プランケット・モジュール (TBM) 技術、超伝導導体とコイル技術、構造物の製作技術、計測装置技術、電源技術、ITER調達に関する課題に関する7つのセッションが行われ、それぞれのセッションで各国内機関から進捗報告があり議論を行った。

本会合により、最近の良好事例や今後の円滑な調達を進めるための提案を取りまとめるとともに、ITER計画の成功に向けた東アジア3カ国との協力の重要性や、ITER機器調達に係る技術協力を引き続き推進していくことを確認した。

5. ITER計画及びITER機構職員募集説明会の実施

量研はITER国内機関として、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いる。

8月10日には東芝未来科学館、8月18日には三菱みとみらい技術館にて「イーターってなに?」と題して核融合やITERに関する解説及び実験を行った(図5)。今回の説明会では、太陽観察や超伝導、真空、人工ダイヤモンドに関する実験を行った。真空実験では、大気圧の存在を実証する実験や真空中と大気中の物の変化を比べる実験を行い、ITERの核融合は真空中で核融合反応を起こすことを説明した。参加された方々には、各実験を体験していただき、実験を通してITERの技術を知っていただいた。実験の最後には、小学生を中心とした参加者との質疑応答を行い、太陽に関する質問を受け、核融合や当研究所が行う研究開発を多くの方に知っていただき、併せてITER計画についてもご理解をいただいた。

今後もこのような広報活動を通して、核融合エネルギーやITERを幅広い分野の方々にアピールをして、理解を深めていただけるよう活動を続けていく。

(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. 製作が進む TF コイル及び構造物

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（図 1）。

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 TF コイル 1 号機用の WP の対地絶縁作業を完了している（ITER だより 62 号にて報告）。今回、対地絶縁後の WP を樹脂で含浸する WP の含浸作業を実施した。WP の含浸作業では、対地絶縁を施した WP を含浸容器に設置し、WP と含浸容器の隙間に樹脂を充填した後に、含浸容器内を約 150°C で 24 時間加熱して樹脂を硬化させ、TF コイル第 1 号機の WP 含浸作業を無事完了した（図 2）。今後、WP に冷媒を導入するための配管や計測素子を取付けて、WP の製作を完了する予定である。

一方、TFCS は、ITER のトカマク装置中心側のインボーダー側容器 (AU) 及びその蓋 (AP), 装置外側のアウトボード側容器 (BU) 及びその蓋 (BP) の 4 個の部品で構成される。これらの製作においては、巻線部との一体化作業及びトカマクへの TF コイルの据付時の公差の観点から、全長が約 16.5m の TFCS に対して ±2mm の高精度での製作が要求されている。このような高精度での製作を達成するためには、高精度の機械加工と部材間の溶接時に生じる溶接変形の抑制が重要となる。これまでに実規模での TFCS の試作を実施し、高精度での機械加工及び溶接変形を許容値以下とするために溶接条件や溶接手順等を最適化し、TFCS の製造計画を確立した。この製造計画に基づき、2014 年 4 月から実機 TF コイル用の TFCS の製作を開始し、本年 7 月に欧州向け第 1 号機の AU 及び AP の製作を完了し、BU 及び BP を製作している韓国メーカーへ発送した（図 3）。また、アウトボード側についても、本年 8 月に欧州向け第 1 号機用の BU 主構造体の最終の機械加工を完了した（図 4）。今後、最終の検査等を実施し、今年度中に欧州向け第 1 号機の TFCS 一式を欧洲へ向けて発送する予定である。

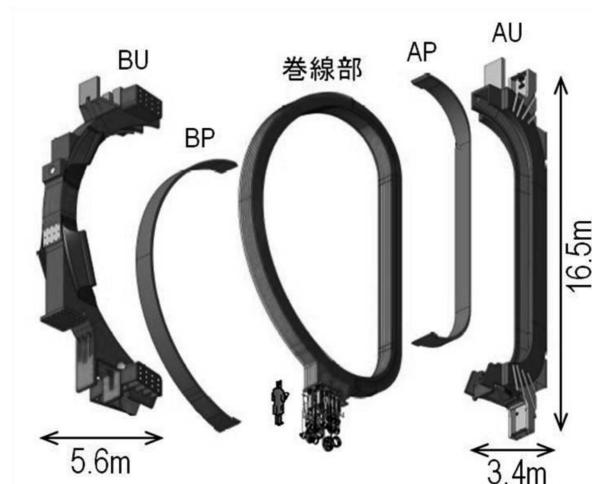


図1 TFコイルの構成。

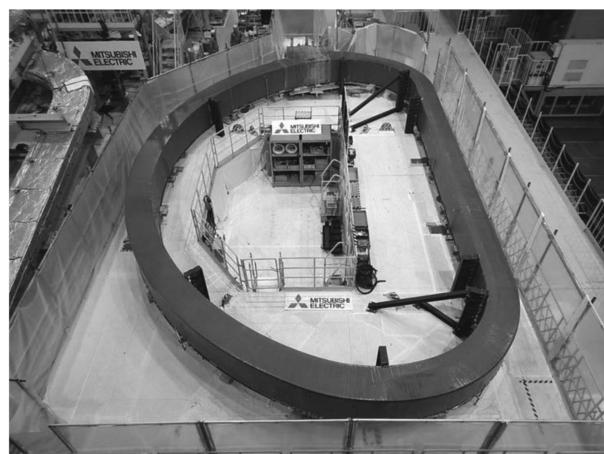


図2 含浸作業を完了したTFコイル1号機用WP。

ド側容器 (AU) 及びその蓋 (AP), 装置外側のアウトボード側容器 (BU) 及びその蓋 (BP) の 4 個の部品で構成される。これらの製作においては、巻線部との一体化作業及びトカマクへの TF コイルの据付時の公差の観点から、全長が約 16.5m の TFCS に対して ±2mm の高精度での製作が要求されている。このような高精度での製作を達成するためには、高精度の機械加工と部材間の溶接時に生じる溶接変形の抑制が重要となる。これまでに実規模での TFCS の試作を実施し、高精度での機械加工及び溶接変形を許容値以下とするために溶接条件や溶接手順等を最適化し、TFCS の製造計画を確立した。この製造計画に基づき、2014 年 4 月から実機 TF コイル用の TFCS の製作を開始し、本年 7 月に欧州向け第 1 号機の AU 及び AP の製作を完了し、BU 及び BP を製作している韓国メーカーへ発送した（図 3）。また、アウトボード側についても、本年 8 月に欧州向け第 1 号機用の BU 主構造体の最終の機械加工を完了した（図 4）。今後、最終の検査等を実施し、今年度中に欧州向け第 1 号機の TFCS 一式を欧洲へ向けて発送する予定である。

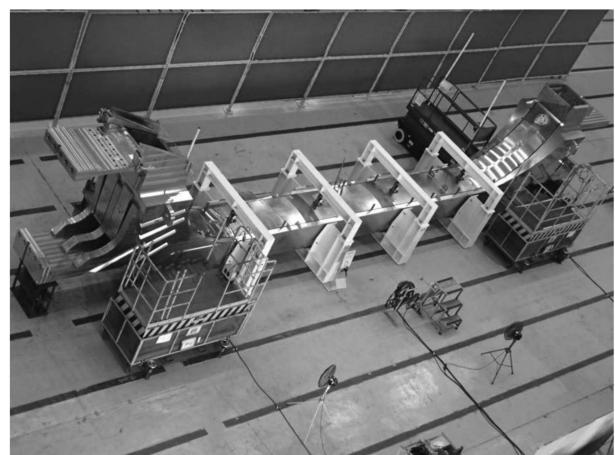


図3 製作を完成した欧洲向け第1号機のAU及びAP。

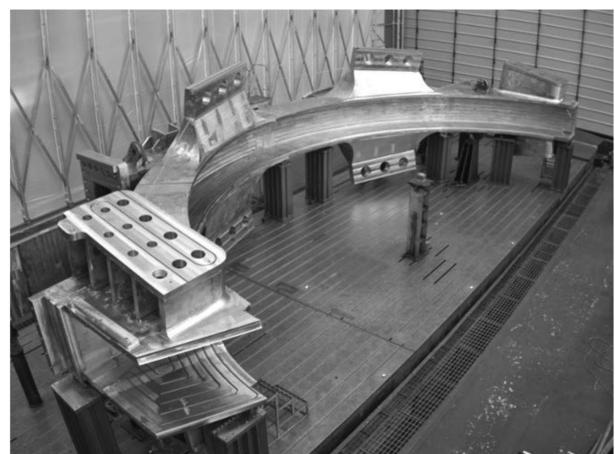


図4 最終機械加工を完了した欧洲向け第1号機のBU。



図5 ISFNT-13においてITER建設の進捗を講演する
ビゴITER機構長。

2. ビゴITER機構長の来日

2.1 ISFNT-13にて講演

2017年9月28日にベルナール・ビゴITER機構長が来日され、京都で開催された第13回核融合炉技術に関する国際シンポジウム（ISFNT-13）において、ITER建設の進捗について講演された（図5）。

講演は、最終日のclosing sessionの直前ではあったが、200名超の聴衆を前に、ITERに参加する7極における機器製作の進捗と共に、ITERサイトにおける目ざましい建設工事の進展が紹介された。現在、製作・据付が注力されているファーストプラズマ生成に必須である機器のうち、日本の貢献として、超伝導コイル巻線、超伝導コイル構造物の製作並びにプラズマ加熱用ジャイロトロンの製作が確実に進捗していることが述べられた。

また、ビゴITER機構長は、7つの国と地域にまたがる過去に類を見ない巨大科学プロジェクトであるITER計画の成功には、特に各極が工程を厳守することが最も重要であることを強調された。これは機構長自らが、ファーストプラズマ生成までの工程を是が非でも守り抜く並々ならぬ決意表明である。

さらに、ITER計画は20年を超える長期に亘るプロジェクトであり、次世代の人材育成、産業界からも幅広く継続的な支援が不可欠であることが述べられた。このために、ITER機構はインターンシップやIPA（イータープロジェクトアソシエイツ）といった制度を設けて体制を構築していることが紹介された。最後に、ITER計画は日々確実に進展していること、ITER参加7極が垣根を越えて一体となってプロジェクトを成功させるために、機構長としてリーダーシップを発揮していくことを述べて締めくくった。

IPA（イータープロジェクトアソシエイツ）：<http://www.iter.org/jobs/IPA>

2.2 国家ビジョン研究会 核融合エネルギーインポジウムの開催

10月2日に国家ビジョン研究会主催、量子科学技術研究開発機構協賛による核融合エネルギーインポジウムが、衆議院第一議員会館国際会議場多目的ホールにおいて開



図6 核融合エネルギーインポジウムにおいて講演する
ビゴITER機構長。

催された。基調講演では、ビゴITER機構長から「ITER建設の現状」と題し、ITER計画の概要やITER建設サイトの最新状況、機器調達における日本の貢献について説明された（図6）。

また、第二部においては、ビゴITER機構長をはじめパネリストの方々が、会場から挙げられた質問—ITERの達成目標や原型炉に向けた活動—について解説を行った。また国際協力に視点をおき、産業界からの人的貢献や各極の技術開発協力についても議論を行った。ビゴITER機構長も国際協力の重要性について強調し、多くの日本人技術者がITERへ参画するよう呼びかけた。本シンポジウムは、多数の参加者を得て会場満席の中、活気溢れるシンポジウムとなった。

3. アルトフェルドITER機構PCO部長の来日

9月19～20日、ITER機構プロジェクト管理部(PCO)のハンス・アルトフェルド部長が、量研那珂核融合研究所を訪問された。アルトフェルド部長は昨年末にITER機構に着任し、工程管理他ITERプロジェクトの管理を所掌する要職にある。今回は韓国、中国を歴訪されたのち、着任後初めての来日であった。日本国内機関（JADA）の調達責任者、技術責任者を集めて、主要機器が各国国内機関から物納されるITER計画の特徴を考慮したプロジェクト管理のあり方、ITER機構における具体的な管理手法に関する説明があり、またJADAから、JADAにおける詳細なプロジェクト管理手法、品質管理手法、使用しているプロジェクト管理ツール、各メーカーの管理の実際などを紹介し、プロジェクト管理に関する相互理解を深めた。さらに那珂核融合研究所において、JADAが所有する超伝導コイル、ブランケット遠隔保守、ダイバータ、RF、NBI及び計測の各研究施設を訪問して調達管理の詳細を議論するとともに、JT-60SA本体の建設現場を視察した。

その後、アルトフェルド部長は（株）東芝京浜事業所を訪問して、ITERトロイダル磁場コイル及び構造物の製作現場において製作、工程・品質管理の実際を視察し、また新日鉄住金エンジニアリング（株）若松ITER工場で



図7 建設中のトカマク組立建屋内部。

は、日本が全量を調達する中心ソレノイド (CS) 用超伝導体の製作最終工程を見届け、日本メーカーにおける機器製作の最前線を視察して、プロジェクト管理がしっかりと行われていることを確認した。

4. ITER建設サイト見学

ITER建設サイトのツアーは、事前申し込みの上、5名以下のグループであればトカマク複合建屋の生体遮蔽の近くまで立入りが許されるとのこと。9月29日、量研の井上ITERプロジェクト部次長並びに小泉超伝導磁石開発グループリーダーは、ITER機構トカマク技術部門の寺澤氏、三菱重工から会合のためITER機構を訪問していた渡邊氏、鴻上氏とともにITER建設現場の中心部まで視察する機会を得た。

日本育ちのITER機構広報担当マルシラさんによる日本語、英語交じりでの案内の下、ビジターセンターで建設サイト全景を見渡した後、建設現場へ。多くの作業員が往来する中、外壁が完成しつつあるコイル電源棟、ほぼ完成したクライオプラント建屋の前を通って組立建屋に入る(図7)。組立建屋は昨年のうちに上棟、外壁工事が完了していたが、内部は内装工事もほぼ終わり、照明が煌々と灯る中、真空容器 40° セクタに熱遮蔽を施し、TF コイル 2 機を組み合わせる Sector Sub-Assembly Tool (SSAT) を据え付けるための基礎工事が着々と進められていた。SSAT 自体はすでに韓国から到着し、分解されたまま組立建屋内で保管されていた。

一旦屋外に出たのち、トカマク複合建屋の工事現場へ向かう。5月訪問時には地上階 (L1) レベルが工事中で、工事の様子を良く見ることができなかったが、9月には計測建屋のコンクリート外壁が L2 レベルまで伸長し、トカマク建屋中央に位置する生体遮蔽壁も L3 レベルのコンクリート打設の準備が開始されており、工事の進捗は一目瞭然である。L1 レベル北側の生体遮蔽まで足を踏み入れると、将来 NBI の入射ダクトが据え付けられる巨大な貫通孔 4 個 (加熱 NBI3 個 + 計測 NBI1 個) が完成している。さらに生体遮蔽 L2 レベルまで上がると、上部ポートにアクセスするための矩形貫通孔からトカマクが設置されるピット内部を望むことができ、今後据え付けられるクライオスタッフと ITER 本体の大きさに思いを



図8 トカマク生体遮蔽前にて。

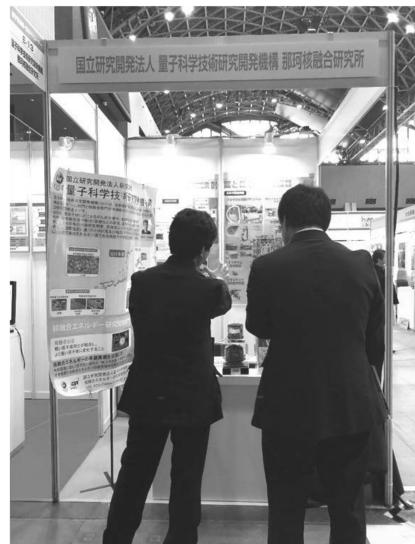


図9 モノづくりフェア2017におけるITER展示ブース。

馳せた(図8)。

5. ITER計画及びITER機構職員募集説明会の実施

量研は ITER 国内機関として、核融合エネルギーと ITER 計画への理解、ITER 機構への職員募集を促進するための活動を行っている。

10月18日～20日にマリンメッセ福岡にて開催されたモノづくりフェア 2017 に出演し、核融合エネルギーの現状や ITER 計画の進捗について説明を行った(図9)。会期中は約 13,000 人が来場し、多くの方に ITER 計画のパンフレットやペーパークラフトを配布し、核融合に対する理解を深めていただけた。ブースに足を運んでいただいたい方からは、ITER の建設状況や日本の調達機器、量研が行う研究開発について多くの質問を受け、核融合エネルギーを多くの方に知っていただくことができた。

今後もこのような広報活動を通して、核融合エネルギーや ITER を幅広い分野での方々にアピールをして、理解を深めていただけるよう活動を続けていく。

(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)