



1. 第17回 ITER 理事会開催：ITER 計画の進捗を確認

2015年11月18日から19日に、ITER 機構の統治機関である ITER 理事会が、フランス、サン・ポール・レ・デュランス市で開催された。会合には、ロバート・アイオッティ議長（米国）の下、加盟 7 極（中国、欧州連合、インド、日本、韓国、ロシア、米国）の全上級代表が集った（図1）。

理事会は ITER 機構と各極の国内機関が示したプロジェクトの進捗についてレビューを行い、ITER の設計と初期建設の段階から本格的な建設段階への変化期にある中、新しい機構長のリーダーシップの下で達成された成果に特に注目した。

理事会は、機構長、新しいマネジメントチーム及び各極国内機関による、過去 8 カ月のプロジェクト文化を改善するために払われた多大な努力を認識した。ITER 機構は、建設と組立、コミュニケーションの完了までに行われる ITER システム、建屋、機器の製作と組立についての緻密なボトムアップレビューと解析を実施している。理事会は、この系統だった統合解析とレビューにより、ITER 計画の目的、優先順位、リスク、コストについての理解が大きく改善されたことがファーストプラズマまでの全体的なスケジュールに結実していると認識した。

理事会は2016年から2017年をカバーするスケジュールとマイルストーンを承認し、全体的なスケジュールと関連した資源の独立したレビューを実施し、スケジュールの促進とコストの減少のために可能な追加の方法の検討を決定した。2016年 6 月までにこれらのレビューを完了し、ファーストプラズマまでの全体的なスケジュールの合意への到達を計画している。

理事会は ITER 機構と国内機関のパフォーマンスが2016 年から2017年のマイルストーンを達成するよう、緻密にモニターし、2 年間に渡りこれらのマイルストーンの実施を可能とするように、必要な資金の再配分を承認した。

加えて、理事会はこの 8 カ月の間の建設と機器製作の目に見える進捗について認識し、感謝した。これは例えば、欧州国内機関による現地における建設の進捗、組み立て建



図1 第17回 ITER 理事会出席者（ITER 機構提供）。

屋の骨組みとトカマク建屋の一階部分のプラットフォームの完成、マグネットの進捗、中性粒子入射装置、遠隔保守などである。

インドは、すでに現地にて建設が完了しているクライオスタッフ建屋にて組み立てられる、ITER クライオスタッフの初期機器の製作、予備組み立て、輸送を完了すると同時に、ITER の冷却排熱システムのための最初の冷却パイプの製作を完了した。

米国調達の 4 つの 400 kV 変圧器が現地へ輸送され据付されると同時に、米国調達の冷却システムと中性粒子入射システムのためのドレインタンクも現地に到着した。

中国は電力ネットワークのパルス電源設備の最初の一式の製作と試験が完了し、マグネットフィーダー、補正コイル、ブランケット第一壁の製作における品質保証マイルストーンを達成した。

日本はトロイダル磁場コイルの量産を開始した。ITER 用ダイバータのためのプラズマ対向機器のフルタングステン試作機を製作し、ITER に必要な性能が証明された。

ロシアは ITER 用マグネットの超伝導撲線の納入のその責務を完全に満足した。ロシアの ITER ダイバータテスト設備において、日本、欧州及びロシアからダイバータプラズマ対向機器のための高熱負荷試験も進行中である。ベリリウムの製造を開始し、ジャイロトロン試作施設の受け入れ試験をパスした。

韓国において、ITER 用真空容器とサーマルシールドの製作が進行中であり、組立に必要な多くの ITER 専用ツールの設計マイルストーンが達成された。

理事会は、ITER 参加極の12カ国の研究所や企業を含む調整努力とニオブチタン材の材料科学、多国間における設計方法、生産基準、品質保証、試験方法の進展により、超伝導導体の生産が完了したことに特に留意した。理事会は、この協力で ITER の全ての参加極にもたらされる重要な利益と、エネルギー産業だけでなく、医療用撮影や輸送への応用など、いくつかの他分野への分野をまたがる交流とイノベーションへポジティブな影響を与えることを認識した。

2. NBTF 用超高電圧電源の開発を完了、イタリアへ到着

ITER 中性粒子入射装置（NB）はビームエネルギー 1 MeV、単機入射パワー 16.5 MW という、既存システムの 2 倍以上の高エネルギー NB 装置であり、高電圧・高出力の要求に加えて、放射線環境ゆえの 1 MV 真空絶縁、加熱電流駆動装置として ITER プラント内で統合・一体化等が求められる。このため、ITER では、ITER NB と同等の性能を有する NB 実機試験施設（NBTF）をイタリア・パドバの RFX 研究所に建設し、実機の製作に先駆けて試験を行う

計画である。

このうち日本は、1 MV 超高電圧直流電源の中核機器の調達を担当し、製作を受注した日立製作所株と共に機器の開発・製作を進めてきた。これまでに、対地 1 MV を絶縁しつつイオン源用電源に電力を供給する絶縁トランスの開発に成功し（平成25年3月）、また超高電圧試験電源を開発して（平成26年10月）、前号報告のとおり、超高電圧複数導体入りトランスマッショントライ（TL）の開発を完了した。1 MV の直流超高電圧は、昇圧変圧器と整流器を組み合わせた直流発生器（DCG）5台を直列に接続して発生する。この度 DCG の開発が完了し、5台のうち低電位側の3台（200 kV, 400 kV, 600 kV 発生用）の DCG を製作して出荷前試験に合格し、約 8割にあたる TL と共に日本が調達する NBTF 機器の初めての海外輸送として、日立港を出港した。

この NBTF 電源機器を積載した貨物船は、12月 7 日に霧に煙るベネチアの陸地側に位置するマルゲラ港（図2）に入港し、直ちに内陸 40 km に位置するパドバに向けて陸送され、10日に現地へ到着した（図3）。

日本からの機器の到着に合わせて、RFX 研において機器の到着と工事の開始を祝う式典が開催された。式典には、パドバ市長、ビゴ ITER 機構長、ガリバ EC-ITER 局長、ジャンニーニ伊教育大学研究大臣代理、バラバスキー欧州国内機関長等、要人が参加し、日本からも文科省の板倉審議官他の関係者が出席した。

日本からは事前に数名の現地据付工事担当、工程調整担当等数名が現地入りして準備を進めてきており、翌日から



図2 ベニス マルゲラ港での荷揚げ。



図3 RFX 研に到着した機器（トランスと電送系）。

電源機器の据付工事を開始した。また残りの日本の調達機器についても製作を順次進めており、完成次第、2016年内にイタリアへ輸送する予定である。

3. ITER トロイダル磁場（TF）コイル第1号の構造物の製作に進展

原子力機構は、ITER 機構との調達取り決めに従い、ITER 向け TF コイル用構造物（TFCS）の製作を進めている。TFCS は、超伝導導体などで構成される巻線部（WP）を挿入する容器のうち ITER のインボード側（トカマク装置中心側）容器（AU），アウトボード側（装置外側）容器（BU），AU 用の蓋（AP），BU 用の蓋（BP）の 4 個の部品で構成される（図4）。これらの部品は、ステンレス鋼製の百数十個に及ぶ材料を製作した後に、これらの材料を機械加工し、それらの部材を順次、溶接接続して製作する。この製作においては、WP の挿入及びトカマクへの TF コイルの据付観点で高い製作精度が求められており、高さが約 16.5 m、幅が約 3.4 m の AU に対しては、最も厳しい箇所では ± 2 mm の精度が要求されている。このような製作精度を達成するためには、材料の高精度での機械加工のみならず、部材を溶接する際の溶接変形を抑制することが重要となる。

原子力機構では、これまでに実規模での TFCS の試作を実施し、この中で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てきた。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11月に TF コイル第1号機用の AU の主構造体（全長 14 m）の製作を完了した（図5）。この後、この AU にはトカマク内での他の機器と取り合うための付属品や TFCS を冷却するための配管が取り付けられ、2016年夏には本 AU が完成する予定である。また、第 1 号機用の AU 以外の部品や、第 2 号機以降の部品についても順次製作を進めている。

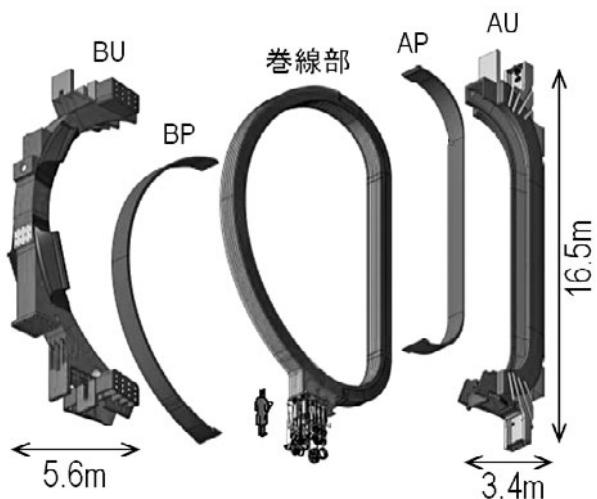


図4 TF コイルの構成部品。

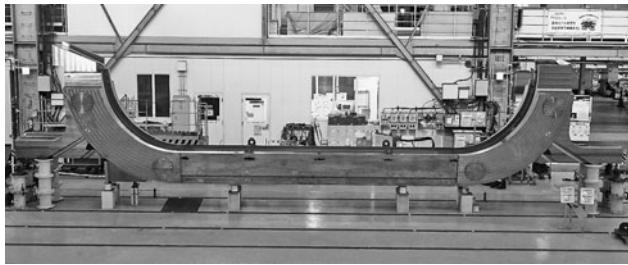


図5 主構造体の製作が完了したTFコイル第1号機用のAU.

4. ITER計画の展示とITER機構職員募集説明会の実施

原子力機構では、我が国からITER機構への職員の応募を促進する活動を行っている。その一環として、11月のプラズマ・核融合学会第32回年会（名古屋大学 東山キャンパス）および12月の低温工学・超伝導学会（姫路商工会議所）の企業展示会に出展した。展示ブースでは、新たに制作したITER計画パンフレット、ITER Photo Book (ITER機構編集の写真集)などの資料を配布し、ITER計画について説明するとともに、ITER機構職員募集および登録の案内を行った（図6、図7）。ブースには、ITERの職員募集を紹介したポスター、日本国内機関（JADA）と那珂核融合研究所を紹介したポスター、Newton核融合特集号など関連資料及びITER模型を展示した。それぞれポスターセッションと同じフロアであったため、展示ブースには多くの学会参加者に訪問していただき、ITERの進捗状況から調達機器の技術的な部分まで多くの質問が寄せられた。参加者には学生も多く、熱心に説明を聞いたり、研究所の見学に興味をもっていただけたりすることができ、若い世代にもITERをアピールすることができた。プラズマ・核融合学会と低温工学・超伝導学会で合わせて約100名が来訪し、大盛況だった。

（日本原子力研究開発機構 核融合研究開発部門）



図6 プラズマ・核融合学会第32回年会の展示ブース.



図7 低温工学・超伝導学会の展示ブースの様子.



1. ITER用低温循環装置の試験終了

インド国内機関が調達する低温循環装置（図1）を、原子力機構が保有する試験装置を用いて試験することについて、2013年6月に協定を締結した。インドは2種類の試作低温循環ポンプ(CC-1, CC-2)と試験用クライオスタット(Test Auxiliary Cold Box)を調達し、2015年9月に原子力機構に搬入した。原子力機構はこれらをCSモデル・コイル試験装置の極低温システムに接続し、2015年10月から試験を開始した。

循環ポンプは、トロイダル磁場(TF)コイル用、中心ソレノイド(CS)コイル用、ポロイダル磁場(PF)コイル用、クライオパネル用などがある。これらの定格動作条件のうち最も負荷が大きいのがTFコイル用で、流量は2.21 kg/s、ポンプヘッドは155 kPaである。この定格条件を達成する回転数は設計により異なり、低温循環ポンプCC-1は11,900 rpmで達成し、CC-2は8,640 rpmで達成した。CC-1は、115%まで回転数を増やし、最大ポンプヘッドは240 kPa、最大流量は3.2 kg/sであった。CC-2は、110%まで回転数を増やし、最大ポンプヘッドは192 kPa、最大流量は3.4 kg/sであった。

試験は2015年12月末で終了し、インドはこれらの試験結果を基に実機調達に取り掛かる予定である。

2. 原子力機構核融合中性子源FNSの実験運転完遂

原子力機構原子力科学研究所にある核融合中性子源FNS(Fusion Neutronics Source)はコッククロフトウォルトン型の加速器で、最大20 mAの重陽子ビームを350 keVまで加速し、ビームライン先端に

取り付けた約1000 Ciのトリチウムターゲットに当てるにより、DT中性子を毎秒最大 3×10^{12} 個発生させることができる装置で、現在稼働している加速器型DT中性子源の中で世界最高の性能を有している。

この装置のファーストビームは1981年8月5日で、1982年から約10年にわたり米国エネルギー省と共同で核融合プランケット中性子工学実験を実施し、酸化リチウムを用いた種々のプランケット模擬体系を用いたトリチウム生成率を中心とする様々な実験データを取得し、核融合炉プランケット核設計の精度検証を行った。また、ITER工学設計活動では、ITERの遮蔽プランケット、真空容器、超伝導電磁石等を模擬した実験体系を用いた遮蔽実験、ストリーミング実験、崩壊熱実験、誘導放射能実験をタスクとして実施し、これらの実験の結果がITERの遮蔽設計裕度に反映されている。これらの実験と並行して、放射化断面積測定、核データ検証ベンチマーク実験も精力的に行われ、核設計の精度を大きく左右する核データライブラリーの精度向上にも大きく貢献してきた。更に、大学や他の研究機関との共同研究でもFNSは広く利用され、計測機器の試験、材料照射試験等が行われてきた。最近では、ITERテストプランケットモジュールや原型炉プランケットのために、DT中性子をプランケット模擬体系に照射しながら生成したトリチウムをオンラインで回収する実験に取り組み、トリチウム回収率、回収されるトリチウムの化学形態(HTO成分とHT成分の割合)及びそれらの温度依存性等、世界に類を見ない貴重な実験データを得ている。

このようにFNSでは核融合中性子工学研究の分野で世界をリードする大きな成果を多数あげてきた



図1 インド国内機関が原子力機構に持ち込んだ低温循環装置（左）、及び2種類の試作低温循環ポンプ（右）

が、原子力機構六ヶ所核融合研究所での新たな中性子源開発を本格的に開始するため、ファーストビームからちょうど 34 年 6 ヶ月に当たる 2016 年 2 月 5 日 14:30、実験のための FNS の運転を停止した。原子力機構内の職員の方々、大学、研究機関の先生方の長年にわたるご支援、ご協力に深く感謝したい（図 2）。

3. モナコ ITER 核融合エネルギー・デイおよびイータービジネスフォーラム国際会議（MIIIFED/IBF 2016）の開催

2016 年 2 月 8 日～10 日の 3 日間、モナコ公国のグリマルディ・フォーラム会議場において、ITER 機構の主催、モナコ公国後援のもとモナコ ITER 国際核融合エネルギー・デイ（MIIIFED）兼 ITER ビジネスフォーラム 2016 が開催された。モナコ大公アルベール 2 世の臨席のもとベルナール・ビゴ ITER 機構長による開会挨拶、アルベール大公のオープニングスピーチにより会議がスタートした。その後、アルベール大公及び ITER 機構長自らが日本の国内機関（JADA）展示ブースを訪れ、日本の調達状況の説明を受けた（図 3）。

MIIIFED は、ITER 計画や核融合研究開発に対する産業界の理解・参加を促進することを主な目的として開催され、今回は 2013 年に続いて 3 回目である。一方、ITER ビジネスフォーラムは、2007 年の初回から数えて 6 回目であり、今回の開催において MIIIFED と ITER ビジネスフォーラムが統合イベントとして開催された。欧州を中心に 26ヶ国から参加研究機関・大学・企業 285 団体、ITER 参加各極から約 600 名の参加者があり、盛況であった。日本からは、原子力機構、核融合科学研究所（NIFS）、高エネルギー加速器研究機構、名古屋大学、東芝、三菱重工の 6 団体から 15 名が参加した。ITER 機構から、ITER プロジェクト全体の進捗状況、各国の国内機関からは担当する機器の調達活動の状況についての紹介があった。日本からは、原子力機構那珂核融合研究所の草

間副所長から日本の調達活動全体の報告があり、さらに同研究所の JT-60SA プロジェクトの鎌田部長から、JT-60SA 建設における研究機関及び産業の国際的協働関係が紹介され、日本での製作の進展が大変注目された。ラウンドテーブルと呼ぶパネル討論形式で、ITER 機器の調達に参画する各極産業界を中心に行われた。またロビーでは企業、自治体、研究機関、極内機関関係者が ITER 機器の製作技術から原型炉、世界のエネルギー問題まで、幅広いテーマで議論を行った。またロビーでは企業、自治体、極内機関の展示ブースが多数設けられ、情報交換、意見交換の場となった。

IBF の重要な目的の一つは、企業間、国内機関一企業間の情報交換、企業の ITER 調達活動への参入、協力の促進である。原子力機構はブースを開設し、各々の調達活動を紹介した（図 4）。さらに、30 分単位のスケジュールで企業間のビジネス面談が積極的に行われ、それぞれの機関、企業が公式・非公式な話し合いを通して ITER プロジェクトの成功に向けたパートナーシップの強化を確認した。

（日本原子力研究開発機構 核融合研究開発部門）



図2 FNS実験運転完遂の記念写真。

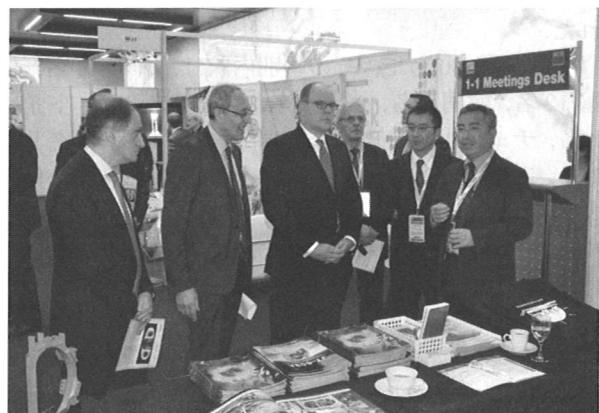


図3 ビゴITER機構長及びモナコ大公が日本国内機関（JADA）展示ブースを訪問。



図4 モナコ大公アルベール2世に日本の調達活動を御紹介。



ITERだより(57)

1. 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構の発足

2016（平成28）年4月1日、日本原子力研究開発機構（原子力機構）の核融合研究開発の業務と量子ビーム研究開発の業務の一部を放射線医学総合研究所（放医研）に移管統合し、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（量研機構、または量研）が発足した。4月3日には量研本部（千葉市）でご来賓の方々の参加のもと、発足記念式典が行われた。

放医研は千葉市稻毛区に拠点を持ち、放射線と人の健康に係る総合的な研究開発を行っている国内唯一の研究機関である。統合して設立された量研は、量子科学技術に関する研究開発や放射線の人体への影響、被ばく医療並びに放射線の医学的利用に関する研究開発等の業務を総合的に行うことにより、量子科学技術と放射線医学に関する科学技術の水準の向上を図ることを目的とする。核融合エネルギー研究開発部門（那珂核融合研究所、六ヶ所核融合研究所）、量子ビーム科学研究部門（高崎量子応用研究所、関西光科学研究所）、放射線医学総合研究所（放射線医学研究開発部門）の3つの部門、5つの拠点の研究開発力を統合し、世界トップクラスの量子科学技術研究開発プラットフォームを構築する（図1）。量研の詳細はウェブサイト(<http://www.qst.go.jp>)を参照いただきたい。

核融合研究では、これまでの原子力機構で行ってきた、ITER計画の国内機関及び幅広いアプローチ（BA）活動の国内実施機関としての責務を量研が引き継ぎ果たしていくとともに、JT-60SAを活用して進める先進プラズマ研究開発、BA活動で整備した施設を活用・拡充して進める核融合理工学研究開発へと事業を展開することで、「核融合原型炉」への道を拓く核融合研究の国際的中核拠点としての役割を果たしていく。

2. 直流1MV超高電圧発生器の完成

ITER用中性粒子入射装置（NB）では、世界最大出力となるエネルギー 1 MeV、電流 60 Aの負イオンビームを1時間連続で発生させることが求められている。このたび、量研機構は、そのビーム加速用電源の一部である直流1MV超高電圧発生器の製作を完了した。

ITERでは、この世界に例を見ない高出力NBの性能を確実にするため、ITER実機に先駆けて、実機と同一性能である実機試験施設（NBTF）をイタリア・パドバのコンソルツィオRFX研究所に建設中である。量研機構は、このうち、ビーム加速用電源の中核装置である、直流1MV超高電圧発生器の製作を担当している。これは、昇圧変圧器と整流器を組み合わせて構成され



図1 量子科学技術研究開発機構（量研）の研究拠点。



図2 直流1MV超高電圧発生器：昇圧変圧器（左），
及び整流器（右）。

るものであり、欧州が用意するインバータからの低電圧高周波交流(6.5 kV, 150 Hz)を受け取り、これを昇圧変圧器で昇圧し、さらに昇圧した交流を整流器で三相全波整流して直流200 kVを発生させるものである。この高電圧発生器を5段直列接続して、全体で1 MVを発生させる構成である。2015年2月から順次5段分の製作を続け、2016年3月、最大電圧を発生する1 MV段の機器を完成させた。

図2(左)に、この1 MV段の昇圧変圧器を示す。内部の一次巻線と二次巻線の間には、直流1 MVの電圧が1時間印加される。従来の数十秒の短パルス運転とは異なり、長時間、直流電圧が印加されると、時間と共に絶縁油から巻線周りの紙製の絶縁体に電界が集中する特性があり、絶縁破壊の要因となる。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新たな絶縁構造を考案した。図2(右)に整流器を示す。高出力で1時間連続出力することから、ここに内包されるダイオード整流器素子の冷却と絶縁の両立が実現への課題であった。このため放熱フィンや配置を考慮し、周囲の絶縁ガスである六フッ化イオウ(SF₆)の流れによる冷却効果を解析で求め、同時に電界解析も実施して最適な配置構造を実現した。これらの機器は、ITERの要求値である1.2 MV、1時間の耐電圧試験、及び電流通電試験に合格し、予定通り2016年4月、NBTFに向けて輸送を開始した。

3. 第22回ITER企業説明会を開催

3月2日、28団体から39名の参加者を迎えて、東京八重洲において第22回ITER企業説明会が開催された。今回は、仙波秀志文部科学省研究開発戦略官より、ITER計画、ITERサイトの建設状況等、核融合エネルギー技術の多岐な応用に対する民間企業への期待、



図3 第22回ITER企業説明会の様子。

ITER機構の職員応募への期待、産業界との連携の重要性について説明いただいた。加えて、本年4月から量子科学技術研究開発機構の設立について紹介があった。また、草間義紀那珂核融合研究所副所長からは、ITER計画における日本分担機器の調達状況、ITER国内機構としての活動内容及び組織構成、日本が担当する主要本体機器に関して88%の調達取決めが締結されたことが説明され、現在までの調達状況及び2020～2021年(初プラズマ)までの調達スケジュールのほか、トロイダル磁場コイル構造物の実機製作状況、中心ソレノイドコイル用導体の製作及び米国への輸送、中性粒子入射加熱装置(NBI)の製作、高周波加熱装置(ジャイロトロン及び水平ランチャー)設計製作及びその他の機器の調達活動と2015年度のITERサイトの整備状況、トカマク複合建屋の建設進展、及び全体工程に関する状況が示された。さらに、ITER計測装置の調達進展、ITERブランケット遠隔保守装置の調達進展、ITERテストブランケットの開発取決め、ITERトリチウム除去系の共同調達、ITER品質保証と品質管理の課題やアプローチに関する情報など、様々な分野で機構の各発表者が説明した(図3)。講演後には参加された企業の方と質疑応答が行われた。

本企業説明会についての詳細は那珂研ITERウェブサイト(<http://www.fusion.qst.go.jp/ITER/>)の「企業説明会の開催について」をご覧いただきたい。

(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)



ITERだより(58)

1. 第18回ITER理事会開催：ITER理事会はファーストプラズマに焦点をあてたスケジュールの更新を是認した

2016年6月15, 16日に、ITER機構の統治機関であるITER理事会の第18回会合がフランス、サン・ポール・レ・デュランスにおいて開催された。会合には、南宮（ナムクン）議長（韓国）の下、加盟7極（中国、欧州連合、インド、日本、韓国、ロシア、米国）の全上級代表が参加した（図1）。2年に渡るITER機構と7つの国内機関による新しいベースライン策定の努力の結果として、ITER理事会はファーストプラズマを2025年12月とする統合スケジュールの更新を是認した。

ITER理事会は、ITER機構が提案した資源割当統合スケジュールをレビューし、以下を結論した。

- これまで、全てのプロジェクトマイルストーンをスケジュール通り、または前倒しで完了した。これは、ITER機構と国内機関が更新スケジュールを満たす能力を持つことを示している。
- ITER理事会レビューグループによる完全かつ包括的なレビューにより、スケジュール更新案は挑戦的だが技術的に達成可能なものであることが正当に検証された。
- 更新スケジュールは、鍵となるトカマクと補助施設の組立やコミッショニングフェーズの完了などを含み、ファーストプラズマへの技術的に達成可能な最適なパスを示すものである。
- ファーストプラズマへの核となる要素に焦点を絞ることは、プロジェクトのリスクを効果的に低減するものである。
- 意思決定の効率の向上、リスクへの理解の改善、コミットメントの厳守、などが証明され、プロジェクトが現在のポジティブな推進力を維持し続けることが確信された。

理事会の是認により、各極は資源割当統合スケジュールの承認を得るための国内プロセスに進むこととなった。理事会は、プロジェクトの成功に不可欠な要素に焦点を

置いたレビューを実施するという米国の提案を議論した。ベルナール・ビゴITER機構長は、次のように述べ、これらのレビューによる追加の監視を歓迎した。「我々は、透明性と継続的改善の精神でITERプロジェクトを運営することを約束した。これらのレビューは、我々のパフォーマンスの検証の助けとなり、追加で得られるどんな見解も本プロジェクトの利益となるだろう。」

理事会はまた、ITER機構に対し、次の11月の会合においてプロジェクトベースラインの更新を採択することが可能なレベルの十分に詳細な資源割当統合スケジュールを重水素—三重水素運転期まで拡大する努力を行うよう指示した。

なお、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。

ITER理事会の第18回会合結果を受け、馳文部科学大臣は会見で次のように述べた。「ITER計画は世界初の本格的な核融合装置を実現する目的の下、7つの多様な国・組織が協同で進める最先端の国際プロジェクトであり、これまでに例のない先導的挑戦であると考えています。ある程度の試行錯誤はやむを得ないものとは考えているが、これ以上遅延を生じさせないためにも、ビゴ機構長のリーダーシップの下でしっかりとプロジェクト管理をしていくことが重要です。文部科学省としては、ITER計画は核融合エネルギーの実現に向けた最良の選択肢と認識しており、引き続き関係各国と協力して取り組んでまいりたいと思っています。」

なお、馳大臣の発言全文は文科省のホームページ[2]でご覧いただけます。

[1] http://www.iter.org/doc/www/content/com/Lists/list_items/Attachments/688/2016_06_IC-18.pdf

[2] http://www.mext.go.jp/b_menu/daijin/detail/1372746.htm

2. ITER TFコイル第1号DPの含浸作業を完了

量研機構は、ITER機構との調達取り決めに従い、ITER向けトロイダル磁場（TF）コイルの製作を進めている。これまでに、ダブル・パンケーキ（DP）の製作工程であ



図1 第18回ITER理事会出席者（ITER機構提供）。



図2 DP含浸を完了したTFコイル第1号機の1体目のDP.

る巻線作業, 冷媒入口部及びジョイント部の施工, 熱処理, トランスマウント, 導体絶縁, カバー・プレート(CP)溶接, DP絶縁及びDP含浸の実規模での検証を完了した。このうちDP絶縁及びDP含浸では, CPを溶接したラジアル・プレート(RP)の外周に絶縁テープを巻き付け, 絶縁済みのDP全体を樹脂で含浸する。具体的には, 絶縁テープ(ガラステープ1層, ガラスとポリミドを接着したテープ(GKテープ)2層, ガラステープ1層)をCP溶接済みのRPの外周に巻き付け, DP含浸容器内に設置した後に, 含浸容器内に含浸用の混合樹脂(シアネットエスチル樹脂40%, エポキシ樹脂60%)を注入して, DP全体を含浸する。このDP含浸作業においては, 樹脂が絶縁テープに十分に含浸されるとともに(空隙率として0.5%以下), 含浸容器とDPの隙間にスペーサを挿入して含浸後のDPの平面度が±1mm以内となるよう調整する必要がある。これまでに, 実規模のDPを用いた検証試験において, 樹脂が絶縁テープに十分に含浸されていること, 含浸後のDPの平面度が公差以内であることを確認してきた。

上記の実規模検証試験の結果を踏まえて, 本年2月から実機TFコイル第1号機の1体目のDPについて含浸作業を実施し, その後の寸法検査, 耐電圧試験等の完成検査に合格し, 成功裏に1体目のDP含浸作業を完了した(図2)。また, 2体目以降のDPの製作も順次進めており, 7体のDPの含浸作業が完了した後に, それらを積層して巻線部を製作する作業を実施する予定である。

3. ITER・TFコイル用高強度・高韌性溶接材料の開発成果で日本溶接協会賞「技術賞」を受賞

量研機構は, 2016年6月8日に(株)神戸製鋼所, (株)日本製鋼所, 及び(株)タセトとともに, 「ITER(国際熱核融合実験炉)用高強度・高韌性溶接材料の開発および実用化」の成果により, 一般社団法人日本溶接協会から, わが国の溶接技術の発展に寄与した技術を開発した者に与えられる「技術賞(本賞)」を受賞した(図3)。

授賞者らは, 母材として開発した12Cr-12Ni-10Mn-5Mo-0.2N系の非磁性オーステナイト鋼FMJJ1をベースに, 母材と同等の極低温特性(4Kで1,000MPa以上の0.2%耐力, 180MPa/m以上の破壊韌性値)を確保し, かつ, 完全オーステナイト組織の溶接金属で問題となる高温割れ感受性を低減した溶接材料FMYJJ1の開発に成功した。FMYJJ1は, その優れた溶接性と性能が高く評価され, 270mm厚さにもなる極厚部分を始め, ITERのTFコイ

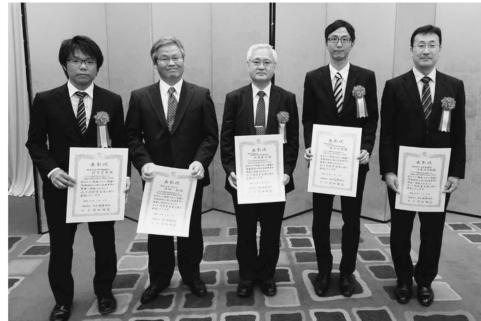


図3 受賞者ら(左から, 迎井氏(神鋼), 中村氏(タセト), 中嶋氏(量研機構), 井口氏(量研機構), 石尾氏(日本製鋼所)) .

ル容器のすべての溶接部に使用されており, この実用化に際しては, 溶接材料の不純物を低減させる特殊な溶解方法の採用により, 高温割れ感受性を低減した溶接材料の大量生産を実現した。

本開発技術が, ITER計画における日本の貢献を支える重要な技術開発の一つとして位置づけられているとともに, 本開発と溶接材料の安定供給なくして現在のITER計画の進展がなかったことが高く評価され受賞に至った。また, 本受賞は, 量研機構の液体ヘリウム温度という特殊環境下での材料特性評価技術と(株)日本製鋼所, タセト, 神戸製鋼所の製造技術が融合することで, 初めて成し得た成果である。

4. Facebook, Twitterはじめました

ITER日本国内機関(ITER Japan Domestic Agency)として, 本年4月よりSNS(Facebook及びTwitter)の運用を開始した。ITER建設状況に関するニュース, プレス発表, 最新映像, イベントなどの開催案内, 及びITER職員公募や業務委託の募集についての情報等をお知らせしている。おかげさまで, 運用開始から2ヶ月でたくさんの「いいね!」及びフォローを得ている。また, SNS開始後, 従来から運用しているITER Japanのホームページも閲覧数が増えている。今後も, 引き続きITER計画に関する最新情報を届けてまいりますので, 是非ご覧いただければ幸いです。

Facebook URL : <https://www.facebook.com/iterjapan/>
Twitter URL : <https://twitter.com/iterjapan/>
Homepage URL : <http://www.fusion.qst.go.jp/ITER/index.php> (変更なし)



図4 ITER JapanのFacebookページ(トップ画像) .

(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. ITER NBTF用 1MV直流発生器、サイトへの輸送完了

ITERのプラズマを加熱・電流駆動する中性粒子入射装置(HNB)では、1時間にわたりエネルギー1MeV、電流40Aの重水素負イオンビームを発生することが求められている。これは、従来機器に対してパルスで360倍、エネルギー・電流共に2倍となり、世界に類を見ない高出力負イオンビームとなる。このため、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HNBの実規模試験施設(NBTF)を建設し、この性能を確実にする計画である。量子科学技術研究開発機構は、このうち負イオン加速用の1MV高電圧電源機器を作成し、順次NBTFサイトに輸送し、建設工事を実施している。この度、これら機器のうち1MV、及び0.8MV用の直流発生器(以下、DCG)2台を製作し、輸送を完了した。

DCGは、昇圧変圧器と整流器を組み合わせて、1台あたり直流0.2MVを出力する機器である。現地では、これを5台直列に接続し、全体で1MVを発生する。このうち1MV電位となる変圧器においては、1次-2次巻線間に直流1MVの電圧差が発生する。従来では絶縁距離の観点から寸法が10メートル四方を超えるところ、変圧器内部の油絶縁紙の厚みや形状を工夫して小型化を図り、現地に設置できる寸法(幅4.5m×7m、高さ5.4m)で機器を実現した。また、整流器(直径3m、長さ9m)においても、耐電圧と長パルス時の温度上昇を抑制する内部構造を実現し2016年3月までに1MV、0.8MVのDCGの製作を完了した。

2016年4月、これらDCG2台分の機器となる、昇圧変圧器、整流器、変圧器と整流器を繋ぐブッシング、整流器を設置するための架台、及び配管等を載せた輸送船が

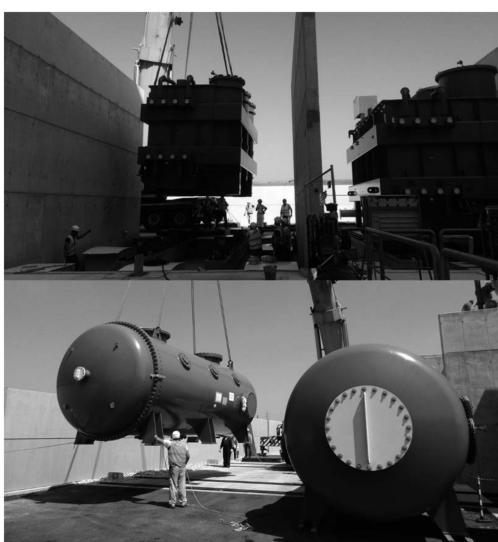


図1 1 MV, 0.8 MV DCGの変圧器(上図)、整流器(下図)の搬入。

日立港を出港し、2016年6月20日にイタリア・マルケラ港に到着した。その後、イタリア国内輸送を経て、6月末までに全機器をNBTFサイトへの搬入した(図1)。NBTFサイトにおいては、既に低圧側のDCG3台(0.2, 0.4, 0.6MV)の据付工事が完了しており、今回の2台の輸送を以て、DCG全数の輸送を完了したものである。

2. ITERプラズマ計測と高周波加熱に関する日韓協力に対して韓国国立核融合研究所から感謝盾が贈呈される

2016(平成28)年6月28日、韓国国立核融合研究所(NFRI)において、ITERプラズマ計測用レーザーとプラズマ高周波加熱に関する日本と韓国のITER国内機関間の協力に対して、NFRIから量子科学技術研究開発機構(QST)へ感謝盾が贈呈された(図2)。

日本が調達するITER周辺トムソン散乱計測用原型YAGレーザー装置については、当該原型YAGレーザー装置を用いた共同実験のための取決めを2011年11月にNFRIと締結した。QSTで開発した原型YAGレーザー装置は、2012年4月からNFRIのKSTARトカマクのトムソン散乱計測装置に組み込まれ、2012~2014年のプラズマ実験においてトムソン散乱計測が行われた。QSTは、本共同実験により、このレーザー装置がトムソン散乱計測に問題なく使用できることが実証できた。NFRIは、このレーザー装置を用いたトムソン散乱計測により、電子温度・密度分布の時間変化を10ms毎に計測できるようになり、物理研究を大きく進展させた。

日本が調達するITER用170GHz, 1MWジャイロトロンについては、トカマク環境での試験データ取得を目的として、ITERプロトタイプジャイロトロンを用いた共同実験のための取決めを2011年4月に締結した。同年7月には当該ジャイロトロンをNFRIへ輸送するとともに、ジャイロトロンの据付や発振調整を進め、これまでに1MWの50秒発振に成功した。KSTARの電子サイクロトロン波加熱(ECH)装置のジャイロトロン用電源は、ITERで採用予定のパルスステップ変調型電源と同タイプのものを



図2 NFRIから量子科学技術研究開発機構(QST)へ感謝盾が贈呈された様子。

使用しており、その電源でITERジャイロトロン運転を実証したことや、電子銃の経年変化のデータを取得できたことは、ITERにおけるジャイロトロン実機の運転に役立つものとして大きな意義を持つ。また、同年8月にはKSTARへのRF入射に成功した。

感謝盾贈呈式は、李鉉坤（イ・ヒョンゴン）ITER韓国国内機関副機関長の司会進行で、和やかな雰囲気の下で行われた。最初に李副機関長により経緯が説明され、感謝盾に刻まれた感謝の言葉が読み上げられた後、俞席在（ユ・ソクジエ）NFRI副所長から栗原研一 QST那珂核融合研究所長へ感謝盾が手渡された。QSTとNFRIは、今後も核融合エネルギー開発のための研究協力を推進する予定である。

3. 第11回核融合エネルギー連合講演会でのITER展示ブース出展、ITER職員募集説明会の実施

量研機構は国内機関として、ITER機構への職員の応募を促進する活動を行っている。その一環として、7月14、15日に九州大学伊都キャンパスにて開催された第11回核融合エネルギー連合講演会の企業展示会に出展した（図3）。展示ブースでは、来訪者に核融合エネルギーやITER計画について説明するとともに、ITER機構職員数の現状や業務内容についても説明し、ITER機構職員募集および登録の案内を行った。来訪者には、より一層ITERに興味をもっていただくために量研機構、ITER機構がそれ



図3 第11回核融合エネルギー連合講演会におけるITER展示ブース。

ぞれ作成したパンフレットなどを配布した。さらに、ITERサイトの建設状況、我が国が製作している機器の製作、現地への輸送のビデオを上映し、最新の進捗を紹介した。また、新たに作成したITER-ペーパークラフトは、多くの来訪者に興味をもっていただき、ITERを幅広くアピールすることができた。学会参加者には学生も多く、足を運んでいただいた学生からは、ITER機構が募集しているポストや応募する際の必要条件など多くの質問が寄せられた。企業展示会を通して、幅広い世代の学会参加者にITER計画およびITER機構職員募集について関心をもっていただくことができた。

詳細については、那珂ITERウェブサイト（<http://www.fusion.qst.go.jp/ITER/index.php>）の「ITER機構職員募集について」をご覧ください。

4. 量子科学技術研究開発機構のロゴマーク決定

量子科学技術研究開発機構（QST、量研機構）の発足に伴い、今後の量研機構の活動を広く社会に発信する際に、量研機構の統一的なイメージとして認識され、親しみをもっていただくことを目指して、量研機構のロゴマーク（QSTロゴ）が制定された（図4）。QSTロゴは、突き抜けるスピード感、躍動感あふれるデザインで量研機構の活気溢れる研究活動を表している。また、未来・目標・夢・希望に向かって、勢いよく成長・発展・成功・飛躍していく様をイメージしている。なお、QSTロゴの制定にあたっては、インターネットを通じて量研機構内外に広く公募し、434点の応募作品の中から、量研機構のロゴとしてふさわしい1点が選定された。



図4 縦型配置（左）と横型配置（右）の量研機構のロゴマーク（QSTロゴ）。

（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. CS導体及びCSコイル製作の進捗

ITER計画において、中心ソレノイド(CS)は、日本は導体を製作し、米国はその導体を用いてコイルを製作する分担になっている。CS導体は、1辺 49 mmの角形の導体で、576 本のNb3Sn超伝導線と 288 本の銅線を用いるケーブル・イン・コンジット導体である。外径 4.2 m、高さ 2.15 mのモジュールを製作するために、長さ 918 mの導体 6 本と 613 mの導体 1 本が用いられる。CSは6 モジュールで構成されるが、予備を含め7 モジュールが製作される。

日本国内機関は、CS導体の製作を 2012 年から開始し、2016 年 8 月までに、49 本中 32 本の導体を完成し、26 本の導体を米国に向けて出荷した。

米国では、General Atomics社がコイル製作を担当し、製作装置はカリフォルニア州 Poway にある。工程は、①受入検査、②巻線、③接続部及びターミナル準備、④積層及びパンケーキ間接続、⑤熱処理、⑥ターン絶縁、⑦対地絶縁、⑧真空含浸、⑨配管接続、⑩最終検査となる。まず、ダミー導体(銅線を用いた導体)でモックアップを製作しており、高さは実機より低く、実機モジュールが 40 層のところ、モックアップは 16 層である。各工程でモックアップの製作が成功した後、実機の製作に掛かっている。米国国内機関(US-IPO)からの情報によると、現在のところ、モックアップは⑥ターン絶縁が終了し、最初のモジュールは④積層及びパンケーキ間接続を行っており、二番目のモジュールは②巻線を行っている(図 1)ところである。

2. 日本語図書の贈呈式がPACA国際学校にて開催

多くのITER機構職員および関係者が居住し、その子弟が通学するマノスク市にあるPACA(プロバンス・アルプ・コートダジュール)国際学校に、量研機構核融合エネルギー研究開発部門より日本語図書を寄贈し、その贈呈式が行われた。贈呈式では、ITER現地支援チームの中島チムリーダーより、森部門長からのメッセージと図書(384 冊)の目録が、ベルナール・フロンサック校長先生に手渡され、校長先生と日本語セクション生徒代表からお礼の言葉をいただいた(図 2, 3)。



図1 ヘキサパンケーキの巻線(2番目のモジュール)
(米国国内機関より提供)。



図2 贈呈式の様子。



図3 図書を前に先生方との記念撮影。

3. ITERメディアデイ開催

10月 6～7日にITER機構においてITERメディアデイが開催され、世界各国から合計 14 のメディアが参加した。6日は、ビゴ機構長をはじめとする関係者による講演(図 4)およびITER建設現場の視察(図 5)、7日はITER参加各極におけるITER関連機器の調達状況に関する講演と、トゥーロンにあるCNIM社の視察が行われた。

4. ITER機構長来日、QST理事長と面談

2016 年 10 月 14 日(金)に、ITER機構長ベルナール・ビゴが量子科学技術研究開発機構(QST)東京事務所にて平野俊夫理事長を表敬訪問した(図 6)。およそ 1 時間にわたり、ITERプロジェクトの現状や、QST の理念である「量子科学技術による調和ある多様性の創造」などについて、活発な意見交換が行われた。

平野理事長は、地上に太陽をという核融合の本来の直接的目的、すなわち人類により究極のエネルギー源を確保しエネルギー問題と環境問題の両方を解決する事、また多様性爆発の時代に、人類が未来を見据えて生き延びるために如何にして多様性の壁を乗り越えて多様性の爆発を防ぐ事が出来るかという観点についてビゴ氏に説明した。QST の理念は量子科学技術による調和ある多様性の創造であること、また、ITERプロジェクトは現在様々な対立や問題を抱えている世界の 7 極(EU, ロシア, ア



図 4 ビゴ ITER 機構長による講演 (写真提供: ITER 機構).



図 5 中国中央テレビ取材班による ITER 建設現場の取材
(写真提供: ITER 機構).

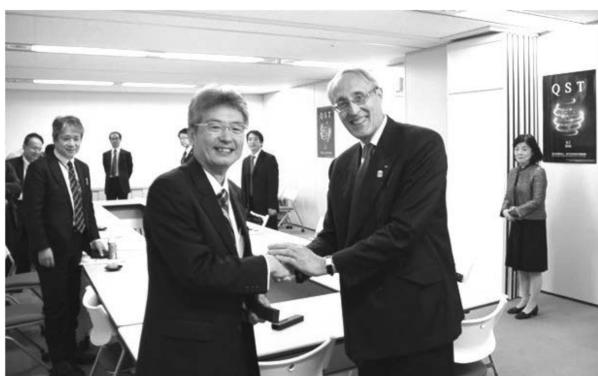


図 6 QST 平野理事長(左), ビゴ ITER 機構長(右).

メリカ, 中国, 韓国, インド, 日本)が, 科学技術という人類共通言語で多様性の壁を乗り越え相互理解と相互尊重を成し遂げ, 調和ある多様性の創造に至るものであることから, QSTの理念の象徴的なプロジェクトがITER計画であると発言した. 平野理事長はビゴ議長と意気投合し, QSTとして全力でITERプロジェクトを推進していく約束をした.

5. 第 21 回ITER科学技術諮問委員会 (STAC-21) を木津川市で開催

2016 年 10 月 13 ~ 15 日の 3 日間, ITER 理事会の諮問機関である科学技術諮問委員会の第 21 回会合が京都府木津川市の量研機構関西光科学研究所において開催され



図 7 第 21 回 ITER 科学技術諮問委員会参加者.



図 8 ITER 日本国内機関(JADA)展示ブースの様子.
天野 IAEA 事務局長にご高覧頂いた.

た. 会合には, 鎌田裕議長(日本)の下, 加盟 7 極(中国, 欧州連合, インド, 日本, 韓国, ロシア, 米国)の全 STAC 委員及び専門家並びにITER機構職員あわせて 37 名が参加した (図 7). ITER機構からは, ビゴ機構長はじめ, 李副機構長らが参加した. ITER機構以外で STAC が開催されたのは, 今回が初めてである. STAC では, ITER の運転計画について議論され, 成功裏に終了した.

6. 第 26 回 国際原子力機関核融合エネルギー会議 へブースを出展

10 月 17 日 ~ 22 日の 6 日間, 国立京都国際会館で開催された標記会議に, 量研機構は ITER 日本国内機関(JADA)の活動と幅広いアプローチ計画の活動を紹介する 2 つのブースを出展した (ブース展示は 21 日までの 5 日間). JADA のブースでは, 日本が分担する調達機器の状況, ITER 職員公募, ITER の最新の建設状況, および 4 月に発足した量研機構の説明を, パネル, タブレット端末, ビデオを使って, 訪れた 200 名以上の会議参加者に説明した (図 8). 活動を紹介する資料とともにブースで配布した, 縮尺 1/300 と 1/600 の 2 種類の ITER のペーパークラフトは, 参加者に大変好評であった. また, ITER 機構のブースでは, 3D バーチャル・リアリティーシステムを使って, ITER サイトの疑似体験ツアーが行われ, ITER の建設の状況が多くの参加者に伝えられた.

(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)