

1. 第23回 ITER 理事会開催：ITER 理事会は、プロジェクトの継続的な進展を評価し、ITERは機器組立への移行を準備した。

2018年11月14日、15日に開催された第23回理事会(図1)では、ITER機構からの最新の報告と技術的、組織的な実績を示す指標を評価した。ここ3年間、ITER計画は勢いのある速度と堅実な実績を維持してきた。ITER機構及び国内機関は、プロジェクトに要求されるスケジュールや世界初となる装置に必要な革新的な技術を満たすために、「One-ITER」チームとして協働している。理事会は、トカマク建屋の完了と装置組立段階への移行を視野に入れつつ、ITER計画の成功に向けて順調に事業を進めていくことに全力を注いでいる。

ITER 理事会は、以下について議論した。

- ・ **建設と製作の進捗**：2016年1月以降、理事会で承認された36の予定されたプロジェクトマイルストーンが達成されている。トカマクコンクリート台座の土木作業が、スケジュール通り2018年8月に欧州国内機関によって完了した。また、米国が供給する3つのドレインタンク及び中国が供給する4つの蒸気抑制タンクは、同月に据え付けられた。韓国が供給する最初の真空容器セクターは、80%以上完了している。ロシアは、ITERの磁気システムのためのポロイダル磁場コイル導体を製作し終えた。インドは、クライオスタット円筒の下部と基部の製作をほぼ完了した。トロイダル磁場コイルの巻線の製作や、精密に加工された構造物への巻線の取付及び冷却テストは、欧州と日本において順調に進展している。実際、全ての主要なITERの機器、システム及び構造にかなりの進展が見られる。
- ・ **機器組立に向けた準備**：理事会は、今後の組立段階への移行に向けた準備のためにITER機構が取り組んでいる方策に慎重に留意した。主要な機器はITERサ

イトに到着しつつあり、その頻度は上がっている。据付は来年も続き、2020年の初めに本格的な組立作業が開始予定である。理事会は、2019年中頃にITER機構の組立・据付戦略に関する深堀独立レビューを実施することを承認した。

- ・ **設計の最適化**：理事会は慎重な検討の結果、安全要求に応えつつ装置のベースライン構成を調整する提案を承認した。それは、プロジェクトの要求に沿って、真空容器の2つの水平ポートをトリチウム増殖システムに割り当てること、及びディスラプション緩和システムを開発することである。

理事会は、建設戦略の改良及び2016年ベースラインの成功裏の実施を可能にし、2025年初プラズマを達成するために、物納及び現金貢献を果たす全参加極の努力を好意的に留意した。理事会は、全てのITER参加極が毎年の物納貢献と現金貢献を、時宜を得て果たすことが、建設戦略の改良と2016年ベースラインを成功裏に実施するために重要であることを再確認した。

理事会メンバーは、核融合科学技術を発展させるITER計画の使命とビジョンの価値に対する強い信念を再確認し、ITERの成功を促進させるタイムリーな課題解決のために協働することを決意した。理事会は、「One-ITER」チームによるプロジェクトを成功に導く効果的な協働へのコミットメントを賞賛した。理事会は、プロジェクトの実績を綿密に監視し、現在の達成ペースを維持するために必要なサポートを継続していく。

## 2. EU向けTFコイル構造物第3号機の出荷が完了

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)の製作を進めており、TFCSは、ITERのトカマク装置中

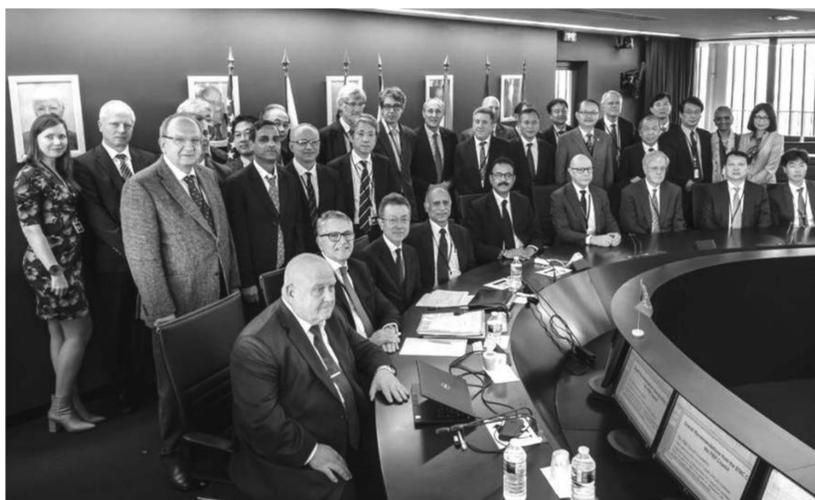


図1 第23回 ITER 理事会出席者 (ITER 機構提供)。

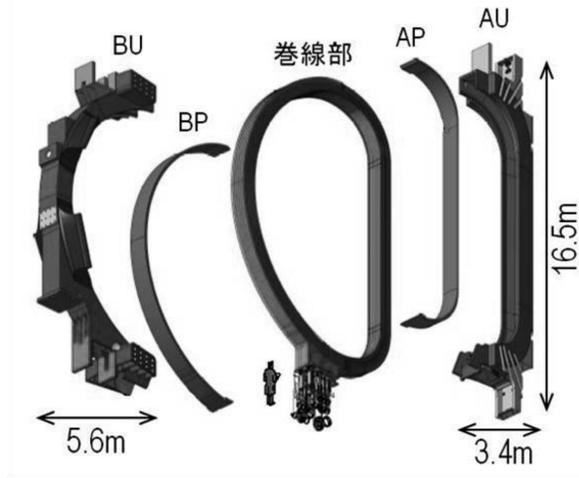


図2 TFコイルの構成.

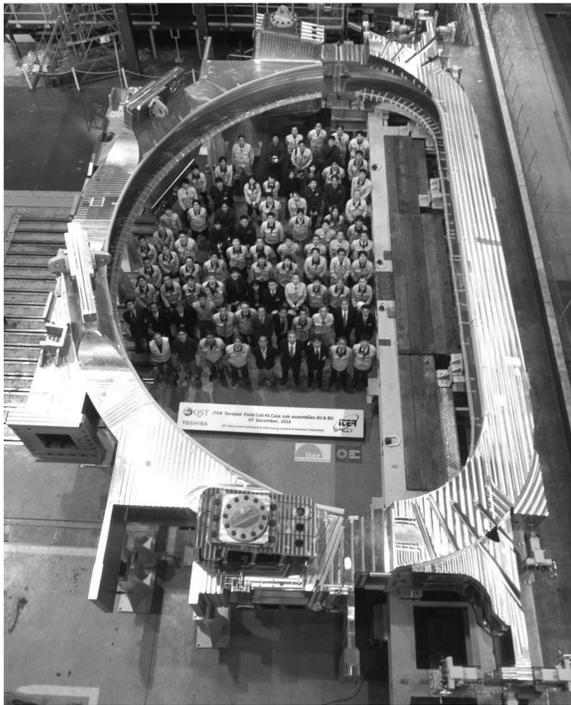


図3 製作を完了した欧州国内機関向け構造物第3号機.

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る (図2).

TFCSは、全長約16.5m、幅約9m、総重量約200トンにも及ぶステンレス製の大型構造物であるにも拘らず、一体化作業時に向けたAUとBUの仮組試験においては、TFCSの赤道面から規定される寸法約6.6mに対して、それぞれ1mm以下の精度で組み合わせる必要がある。また、溶接部の最大板厚が約280mmの厚肉溶接構造体でもあるTFCS製作において、要求精度を満たすための最大の課題は、溶接変形の制御と高精度な機械加工技術である。このため、数多くのR&Dを経て、溶接変形を制御するための治具の開発及び溶接変形の量を監視しながら

溶接変形を最小限に抑える溶接技術を確立するとともに、機械加工においては、機械加工中の製品の温度に追従した温度補正値を機械加工プログラムに反映するシステムを構築することにより、ITER要求の製作精度を満足する高精度なTFCSの製作に成功した。

今回、製作を完了したTFCSは、欧州国内機関向け第3号機であり、BU及びBPは東芝エネルギーシステムズ(株)、AU及びAPは三菱重工業(株)において製作された。さらに、東芝エネルギーシステムズでは、AUとBUを高精度に位置合わせさせることを可能とする仮組試験装置を開発し、本装置を用いてAUとBUの最終仮組試験を実施した。その結果、2社で製作された大型構造物であるにも拘らず、0.75mm以下の精度で組み合わせることに成功し、日本の製作技術の高さを証明した(図3)。その後、全ての部品を梱包し、欧州国内機関が巻線部との一体化作業を実施するイタリアの一体化工場に向けて、2018年12月中旬に横浜の製作工場から出荷した。

### 3. ITER 機構インターンシップ体験記：「夢の道“ITER”での出会い」by 小島信一郎 (九州大学 総合理工学府)

私にとっての夢の舞台ITERにて9月3日から11月27日までの期間、インターンシップを行った。テーマは“GENRAY adaptation to IMAS”でEC ray-tracing コードGENRAYをITER統合コードIMASに組込む作業を行った。私が所属したITER内のScience部門は、ITERの実験シナリオについて検討を行っており、私はEC加熱を行った際の吸収効率の検討するため、IMASからデータを読み込み、GENRAYを使って計算し、IMASに結果を渡すという一連の流れを作成した。このインターンシップを通して私には幸運にも3つの出会いがあった。1つは「仲間」、2つ目は「優しさ」、3つ目は「熱意」。「仲間」との出会い、お昼の時間、Science部門は10名ほどのメンバーで食事をする。最初の頃は、食事での英語での雑談が私のリスニング力、スピーキング力の無さから苦痛で仕方なかった。それでも、3ヶ月間も経てば、お昼の時間に情報交換をしたり、遊びに行く約束ができるようになり、職場以外でも交流する機会も生まれた。国も文化も違う仲間同士が共に楽しい時間を共有するという面白さに気づかされた。ただ職場で顔を合わせるだけでなく、一緒に楽しむということを前提に人間関係を築いていた。短い時間であったが、そうした仲間の一員になることができて幸せだった。「優しさ」との出会い、職場の仲間、ITERで働いている日本人(図4)、プロバンスに住む日本人、アパートのオーナー、住んでいた町の人々から、想像もしていなかった優しさをいただいた。「熱意」との出会い、ITERでは誰もがITER計画を実現するには、ということを実際に考えていた。何とかしてITERを作り上げる、ITERで実験する。その為に何が問題で、何が必要かという議論を、短い期間であったがよく耳にした。それぞれの立場で、それぞれに困難を抱え、それぞれ真剣に向き合っている姿に熱意を感じ、私もいつかITERで同じような熱意を持って働きたい



図4 アルプスハイキング(オルネイユ湖)にてITERで働く日本人の方々と一緒に(最右:小島).

と思った. 3ヶ月という短い期間で吸収できること, 経験できることは限られていたが, 私の中で大きな貴重な経験であった. この経験と出会いに感謝したい.

#### 4. 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. 2018年11月~12月には, 山形市で開催された2018年度秋季(第97回)低温工学・超電導学会及び大阪府吹田市で開催されたプラズマ・核融合学会第35回年会において, それぞれブースを出展した(図5, 6).

低温工学・超電導学会では, 展示会開始前に学会参加者に向けて1分間のプレゼンテーションを行う場が設けられ, 量研はバーチャル・リアリティー (VR) システムによる ITER 建設サイトの紹介や ITER 機構職員・インターン生募集について宣伝した. 展示会では, プレゼンの効果もあり, VRを目当てにブースを訪れていただく方が多かった. 今回, 両ブースでご覧いただいた VRは, 2018年8月時点のサイトの様子であり, ITER 本体を設置する場所であるトカマクピットの内部の様子も公開された. コンクリートの遮蔽壁で囲まれたピット内部からも ITER の大きさを体感していただくとともに, 着々と建設が進んでいることを実感していただけた. また, 新たに作成した ITER 機構職員・インターン募集等のちら



図5 2018年度秋季(第97回)低温工学・超電導学会における展示ブース.

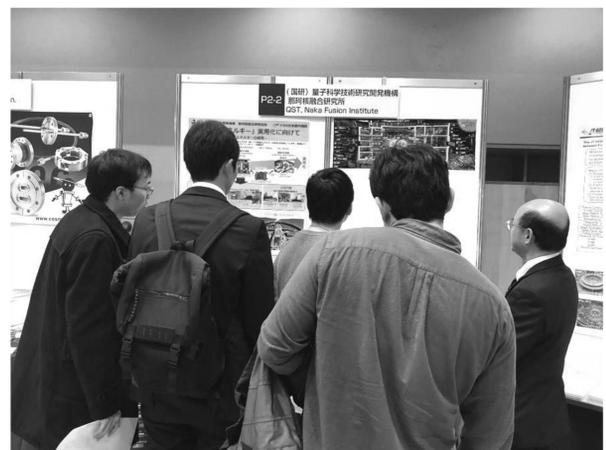


図6 プラズマ・核融合学会 第35回年会における展示ブース.

しを配布したことにより, 多くの学生や大学の先生方にはインターンシップ制度に興味を持っていただけた様子だった.

今後も様々な広報物を取り入れて, 多くの方に ITER の進捗を注目していただけるよう邁進する.

(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. ITER/BA 成果報告会 2018

ITER/BA 成果報告会 2018 が、核融合エネルギーフォーラムの主催、量子科学技術研究開発機構（以下、量研）及び核融合科学研究所の共催によって、有楽町朝日ホールにおいて、2018（平成 30）年 12 月 14 日に開催された。そこでは、「人類の明日をのぞむ、核融合エネルギー」と題し、ITER 計画と BA 活動に関して、来賓挨拶、基調報告、技術報告、関連機器やパネルの展示などを通じ、核融合エネルギーの実現に向けた最新の成果と進捗が紹介された。

中島尚正核融合エネルギーフォーラム議長による開会の辞に続き、永岡桂子文部科学副大臣、森英介自民党核融合エネルギー推進議員連盟会長、佐々木郁夫青森県副知事、宇野善昌茨城県副知事、宮永俊一経済団体連合会副会長によって、来賓挨拶が述べられた。

基調報告では、ベルナルド・ビゴ ITER 機構長による「ITER の建設状況」、新井知彦文部科学省研究開発局研究開発戦略官による「日本の核融合研究開発政策」、栗原研一量研那珂核融合研究所長による「ITER の機器製作活動及び JT-60SA 建設の進展」、池田佳隆量研六ヶ所核融合研究所長による「核融合フロンティア IFERC 及び IFMIF-EVEDA 活動の進展」の報告が行われた。「ITER 計画の建設状況」は、フランスの ITER 機構からビゴ機構長及び多田副機構長がライブ中継で報告を行った（図 1）。また、「ITER の機器製作活動及び JT-60SA 建設の進展」では量研那珂核融合研究所の JT-60 本体室から JT-60SA の建設状況が、「核融合フロンティア IFERC 及び IFMIF-EVEDA 活動の進展」では量研六ヶ所核融合研究所の IFMIF 原型加速器の実験棟から IFMIF 原型加速器の建設状況が、ライブ中継で紹介された。

技術報告では、「ITER 及び JT-60SA 計画の開始から 10 年を経て、技術開発の進展秘話と未来展望を語ろう」を主題として、ITER 計画と BA 活動のキーテクノロジーを

担う国内企業（6 社）により報告が行われ、技術力の高さが示された。また、「学術基盤や技術基盤への広がり」として、柴田徳思千代田テクノ大洗研究所長により、核融合炉の材料試験のために検討されている加速器高速中性子源に関連して、加速器中性子源の産業応用について紹介があった。最後に、香山晃核融合エネルギーフォーラム運営会議委員幹事より、閉会の挨拶が述べられた。また、ITER 計画と BA 活動に関連する技術開発や機器製作を進めている国内企業、自治体、大学、研究機関（24 団体、23 ブース）により、パネル・機器展示が行われた。

国会議員、中央府省、関係自治体、駐日外国公館、大学・研究機関、一般から約 480 名の参加があり、核融合エネルギー開発の進展について幅広い周知、理解増進が行われた。

## 2. EU 向け TF コイル構造物第 3 号機のイタリア到着

前号（73）で出荷の完了を報告した欧州向けのトロイダル磁場コイル構造物（TFCS）第 3 号機は、インド洋、スエズ運河、地中海を経て、2 月 24 日夕刻にベネチア本島の対岸にあるマルゲラ港に入港し、翌 25 日に荷下ろしを行った（図 2）。当日は快晴で波のうねりも殆どなく、荷役には絶好の日和であったが、船上クレーンの油圧トラブルにより想定外の時間がかかり、結果として全ての作業が完了したのは、陽もとっぷりと暮れてからであった。

その後、通関手続き、陸送許可を申請し、イタリア当局の許可が得られた後、陸送を開始した。陸送では、荷の重量及び大きさによって一般道を通行できる時間が細かく制限されており、現地時間の夕方に最後の構造物の輸送を完了した。なお、輸送した TFCS は重量物（最大約 160 トン）であると共に円弧形状であるため、重心管理に最新の注意を払い、輸送物の状態を常に監視しながら



図 1 ITER/BA 成果報告会 2018 において、ビゴ機構長及び多田副機構長がフランスの ITER 機構からライブ中継で「ITER 計画の建設状況」に関して報告している場面。



図 2 本輸送で最重量物となる外側構造物 BU の荷役。

ら約 10 km/h の速度で陸送を行った。

工場搬入後に車上で欧州極内機関と ITER 機構による受入検査（加速度計の反応、圧力計指示値の確認、外觀検査）が実施され、これに合格し欧州極内機関への引き渡しを完了した。なお本輸送は日本国内機関からの輸送の 3 回目にあたり、前 2 回の経験が生かされ、スムーズに輸送を完了する事ができた。

### 3. ITER ジャイロトロン用補機装置を輸送開始

ITER 電子サイクロトロン加熱・電流駆動 (ECH/CD) 装置は、1 機あたり 1 MW 出力の 170 GHz マイクロ波を発生させるジャイロトロンシステム 24 機と同系統数のマイクロ波伝送系、そのマイクロ波出力をプラズマへ入射するランチャー (アンテナ) から構成され、合計 20 MW の 170 GHz マイクロ波を入射する。ITER ECH/CD 装置は、2025 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は、日本が分担する 8 機のジャイロトロンシステムの調達を進めている。ジャイロトロンシステムは、ジャイロトロン本体と補機装置、マイクロ波を発生させるために不可欠な強磁場を作り出す超電導コイル、発生したマイクロ波ビームを伝送系に高効率で結合させるための整合器などから構成される。ジャイロトロン補機装置として、

- ・ ジャイロトロンや超電導コイル、整合器などを据え付けるための架台 (図 3)
- ・ 電子銃用オイルタンク
- ・ ジャイロトロン機器のための冷却水マニホールド
- ・ 各種配管やボルトなどの付属品

があるが、これらは 2015 年の最終設計レビュー完遂後より製作や調達を開始し、2018 年末までに全て設計通りの機器製作と調達が完了した。この補機装置について、日本が調達するジャイロトロンシステムの ITER 機構へ向けた初めて輸送として、1 月 17 日～ 24 日にかけて、量研や製作工場で保管されていた補機装置を横浜港までの陸送を行い、その後の梱包作業や通関手続きなどを経て、



図 3 ジャイロトロン架台及び関連部品。



図 4 梱包後、コンテナヤードへ向けて輸送。



図 5 新春 PM セミナー 2019 (ITER 関連講演) の様子。

予定通り 2 月 11 日に横浜港を出航した (図 4)。フランスへは 3 月 23 日に到着する予定である。

### 4. 新春 PM セミナー 2019 (2/6 : 特非 日本プロジェクトマネジメント協会主催) での ITER 関連の講演

2019 年 2 月 6 日、日本プロジェクトマネジメント協会主催の新春 PM セミナー 2019 - 多彩な未来を切り拓く - が品川区きゅりあんにて開催された (図 5)。

本セミナーでは、「地上に作る小さな太陽」- 実験炉イーターの建設プロジェクト - と題して、杉本 ITER プロジェクト部長が ITER 計画の講演を行った。本セミナーの参加者は約 600 名。普段、核融合研究開発に馴染みのない業種 (IT 系、エンジニアリング系) のプロジェクトマネジャー、経営者、上級管理者の方々に ITER の話を聞いていただいた。核融合の原理からはじめ、ITER の現状を伝えた。引き続き、ITER の進展を多くの方々に知っていただくよう努める。

(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. TF コイル 1 号機の一体化

量子科学技術研究開発機構（以下、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）コイルの製作を進めており、日本分の TF コイルについては 110 トンの巻線部（WP）1 基と全長約 16.5 m、幅約 9 m のコイル容器 2 基の調達が完了している。WP をコイル容器内に収め、隙間を樹脂で含浸することで WP とコイル容器が一体化され、TF コイルとなる。

TF コイル 18 機のうち、残りの 9 機は欧州機関が調達することになっており、一体化作業時のコイルの姿勢やツールの違いから、完成した TF コイルが日本と欧州の 2 極間で異なった性質を持つことを ITER 機構は懸念していた。2 極間の一体化方針の相互理解を深めることを目的として、2 月にリー副機構長及び欧州機関の TF コイル調達責任者が 1 号機を製作している三菱重工業（株）の二見工場を訪れた際には、WP は完成検査を終えて真空容器から吊り出された状態であり、コイル容器直線部は一体化組立エリアに設置済みであった。見学の際には実物を見ながら、一体化作業内容について説明し、ITER 機構の要求を満たす作業設計がなされていることを確認いただいた。

3 月初めには、長さ 16.5 m のコイル容器直線部に対し、110 トンの WP を 0.3 mm の精度で目標位置に設置することに成功し、その 2 週間後には 130 トンにも及ぶステンレス製のコイル容器曲線部を WP に干渉することなく被せ、コイル容器直線部との溶接ルートを 16.5 m の全長に対し、1 mm の精度で合わせることに成功した。これらの高精度な組立作業は最新のレーザートラッカーを駆使することで可能となった。

コイル容器直線部と曲線部間の溶接は、その形状が非対称であるために、溶接による変形が懸念されていたが、ここでもレーザートラッカーを活用し、溶接変形の挙動を監視しながら溶接手順を臨機応変に調整することで、9 m のコイル幅に対し、変形をわずか 1.5 mm 程度に収めた。

1 号機の一体化作業はコイル容器の製作を担当した三



図 1 AU-BU 合わせ完了後の TF コイル 1 号機。

菱重工業（株）と WP の製作を担当した三菱電機（株）の協力体制のもとに進められており、これまでの作業の成功は両社の生産技術の高さを証明している。今後はコイル容器の内面カバー板の組み込みや隙間の含浸などの作業を進め、同時に量産を始める予定である（図 1）。

## 2. 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広報活動を行っている。

3 月 3 日、東芝未来科学館（川崎市）にて、「「イーター」ってなに？核融合最前線 地上に作るミニ太陽」と題し、核融合や ITER に関する解説及び実験を行った。

はじめの核融合や ITER に関する解説では、説明をより効果的にするため、プレゼンテーション専用のロボット「プレゼン Sota（ソータ）」（図 2 左）を用いて行い、参加者の注目を集めた。実験は、ITER に興味・関心をもっていただけるよう、ITER に関連する技術である、超伝導、真空を利用したものを用意し、体験していただいた（図 2 右）。参加者には解説や実験を通して、核融合や ITER 計画に興味を持っていただくことができ、最後の質疑応



図 2 ITER 説明会でのプレゼン Sota（ソータ）の解説及び液体窒素を使ったボール割り実験の様子。

答では沢山の質問をいただいた。

今後もこのような広報活動を通して、核融合エネルギー、ITERを幅広い分野の方々に知っていただき、また理解を深めていただけるよう活動を続けていく。

### 3. 第25回 ITER 企業説明会の開催

3月8日、25団体から38名の参加者を迎えて、東京八重洲において第25回 ITER 企業説明会を開催した。今回はまず、文部科学省新井研究開発戦略官より、核融合研究開発の政策及び進捗状況、ITER計画、ITER建設サイトの進捗状況、今後の原型炉研究開発、核融合の人材育成などを説明いただいた(図3)。核融合研究開発については、21世紀中葉に実用化の目途を得ることを目指し、段階的に進められており、現在は燃焼プラズマの達成・長時間燃焼の実現及び核融合炉工学の基礎を形成している段階であると説明された。

また、量研杉本ITERプロジェクト部長は、ITER計画における日本分担機器の調達状況、ITER国内機関としての組織構成及び活動内容について説明した。さらに、ITERテスト・ブランケット・モジュール(TBM)の調達とその安全実証試験、ITERトリチウム除去系の調達とその性能確認、ITER計測装置の調達、ITER機構への邦人派遣についてなど、様々な分野で量研の各発表者が説明した。講演後には参加された企業の方から多くの質問があり、



図3 第25回 ITER 企業説明会にて講演された新井文部科学省研究開発戦略官。

活発な意見交換が行われた。

今後も日本の調達機器の製作を着実に進めるとともに、多くの方にITER計画を知っていただくために広報活動の強化に努めていく。

なお、本企業説明会の詳細については、ITER Japan ウェブサイト「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/jada/page2\_7.html)

### 4. ITER ビジネスフォーラム (IBF2019) の開催

3月26日～28日にフランスのジュアンレパンにて2019年 ITER ビジネスフォーラム (IBF2019) が開催された。2007年から始まり今回で第7回目の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、EU、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開催されており、本年は433社、1,005名を集めてアンティープ国際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100件の講演、企業、各国内機関及びITER機構の約50件のブース展示、そして多数の個別ビジネス会合が行われた。ITER日本国内機関である量研からも杉本日本国内機関長が日本の機器調達の進捗状況を発表した(図4)。また、ブース展示を行い、ポスター掲示や



図4 ITER ビジネスフォーラム (IBF2019) の様子。



図5 IBF2019 日本国内機関展示ブースの様子。

写真集、マンガ、エコバックの配布により量研が担当する機器・活動の紹介をし、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5左)。一般向けにITER計画をわかりやすく解説する目的でマンガ(Vol.1, 2)を作成し、この英語版と仏語版を配布した。こちらは特に多くの来訪者から好評を得ており、第3弾を期待する声も多く寄せられた(図5右)。

## 5. ITER機構インターンシップ体験談：永田亜実

ITER機構インターンシップに参加したのは、エクスマルセイユ大学、南山大学を卒業し、2018年の春から夏にかけての4ヶ月、パリ政治学院に入学する準備期間であった。その前の2年間、ITER建設サイトの近くの町、エクサンプロヴァンスの大学に通っており、ITERに関して耳にしたことがあった。あるきっかけで、実際にITERで働いている方々と山登りに行き、言葉を交わしている間に、未来のエネルギーにかける情熱が伝わってきた。大規模なチャレンジをサポートしたいと思い、ITERでのインターンシップに応募した。

テクニカル専門でなかったため、人事部とコミュニケーション部に4ヶ月間配属された。人事部では、書類作成や、若者採用プログラムのベンチマーク市場調査を行なった。コミュニケーション部では、あらゆるミッションをこなした。例えば、世界各国のSNS使用の分析、日本人職員増加のための戦略、ITER職員のためのウェブコンテンツ改良(記事やイベント宣伝記事作成など)など。

日々の仕事はとても興味深く、私が役に立つためには何ができるか、と考えることから始まり、何度も部長とのミーティングをした。「自分が全力で取りかかれるミッション、亜実が興味のあることを進んで下さい。」この部長の言葉に背中を押され、委託されたミッションだけでなく、自ら「やりたい」と思ったことを提案し、実行した。その中の一つが、インターン生紹介ビデオである。あらゆる企業のビデオを参照し、またインターン生とのインタビューを通して、自分でスクリプト、場面設定を考え、同僚のカメラマンに撮影をお願いした。そして、BGM選択や、撮影したテープの編集など、全て同僚と二人で行なった。完成後、人事部との合同ミーティング時にビデオを披露したところ、温かい言葉、高い評価をいただき、自分が役に立てたことに喜びを覚えた。たとえインターン生であっても、私の提案を承諾し、サポートしてもらえ環境が、私の成長に繋がった。

また、職場での人との出会いは、私にとってかけがえない経験になった。もともと明るく、社交的な性格であり、またインターナショナルな環境で育ったため、もっと職場での交流を増やしたいと思い、内部イベントを度々計画した。インターン生同士のランチや、国際交流、



図6 インターン生との就業日最後のランチ。



図7 日本の職員の方々のお別れ会。

またダイバーシティ理解のためのイベントなどを通し、ネットワークが広がった(図6, 7)。特に、インターン生の輪は、家族のような存在であった。ランチを共にするだけでなく、土日にプロヴァンス探索に出かけたり、仕事終わりに遊びに出かけたりなど、私生活も、とても充実した。ラベンダー畑を見に出かけ、溪谷、湖でのキャンプなど、自然が豊富なため土日にリフレッシュに出かけられるのは、南フランスの魅力である。また、文化や習慣の違う国の人々と時間を共に過ごすことにより、自分の環境順応能力も向上した。

ITERで培った知識、スキル、そしてネットワークは、私の人生の宝物。この経験を生かし、今後は国際的な舞台で活躍できるように精進したい。

(インターン生紹介ビデオ：

<https://youtu.be/M4As3d7JAOI>)

(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24回 ITER 理事会開催

2019年6月19日、20日にフランス、サン・ポール・レ・デュランス市において開催された第24回 ITER 理事会(図1)は、プロジェクトの最新の進捗報告と実績指標を評価した。ITER計画は、勢いのある速度と堅実な実績を維持し続けている。ITER機構及び国内機関は、プロジェクトに要求されるスケジュールや革新的な技術要求を満たすために、「One-ITER」チームとして協働している。

ITER 理事会は、以下について議論した。

- 組織のリーダーシップ：1月の理事会決定に基づき、ベルナルド・ピゴ機構長はアルン・スリヴァスタヴァ理事会議長との間で2期目となる2020年3月5日からの5年間の契約に署名した。
- 建設と制作の進捗：2016年1月以降、理事会で承認された41の予定されたプロジェクトマイルストーンが達成されている。欧州は初プラズマに必要な建屋と現地土木作業の70%以上を完了した。中国が供給したコイル接続機器が、最初の装置機器として生体遮蔽内に据付けられた。米国が供給した電力設備が最初に試運転を終えて使用可能となった。組立室では韓国が供給した800トンの2つの真空容器組立治具が据付けられた。欧州は磁石電力変換建屋を ITER 機構に引き渡し、中国、インド、韓国、ロシアからの電気機器の据付が進行中である。今後数ヶ月内に、インドはクライオスタット基部と下側円筒部を完成し、欧州と中国は最初のトロイダル磁場コイルを完成して輸送を行い、日本による最初のトロイダル磁場コイルが現地に到着する。
- 機器組立フェーズに向けた準備：理事会は、2020年春に開始される装置組立の開始に適した ITER 機構の組織改革を承認し、移行準備の方法について留意した。ITER機構の組立据付戦略に対する深堀独立レビューが来月から開始される。
- 中性粒子入射装置試験施設(NBTF)：欧州、日本、インド及びITER機構が共同で実施するNBTFは、イタリアが大きな財政貢献をコミットし、ITERの最も強力な

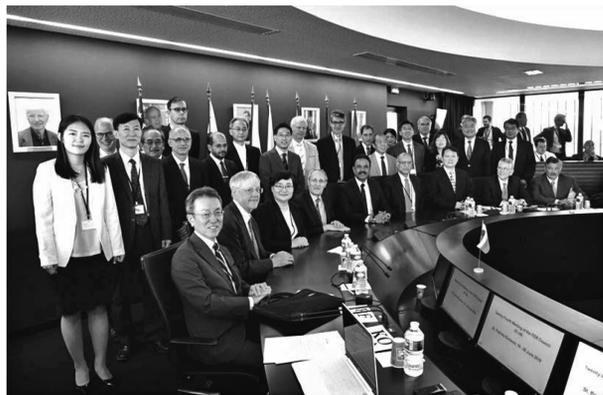


図1 第24回 ITER 理事会出席者 (ITER 機構提供)。

プラズマ加熱システムの物理と技術を実機規模で製作、実証するものである。理事会は、ITER機構とRFXコンソーシアム(イタリア)間のNBTFに関する2030年5月までの協定案を承認した。

- ITER参加極のサポート：理事会は、建設戦略の改良の成功裏の実施を可能にし、2025年の初プラズマを達成するために、物納及び現金貢献を果たす全参加極の努力を好意的に留意した。理事会は、全てのITER参加極が毎年の物納貢献と現金貢献を、時宜を得て果たすことが、建設戦略を成功裏に実施するために重要であることを再確認した。

理事会メンバーは、核融合科学技術を発展させるITER計画の使命とビジョンの価値に対する強い信念を再確認し、ITERの成功を促進させる時宜を得た課題解決のために協働することを決意した。また、理事会は、「One-ITER」チームによるプロジェクトを成功に導く効果的な協働へのコミットメントを賞賛した。理事会は、プロジェクトの実績を綿密に監視し、現在の達成ペースを維持するために必要なサポートを継続していく。

## 2. 第25回 ITER 科学技術諮問委員会が開催

第25回 ITER 科学技術諮問委員会(STAC-25)が5月14～16日の3日間、チャールズ・グリーンフィールド議長(米・General Atomics)のもと ITER参加7極から30名の委員及び専門家を集めてITER機構本部において開催された(図2)。日本からは山田弘司委員(核科研)、鎌田裕委員(量研)、寺井隆幸専門家(東大)、鈴木哲専門家(量研)が参加した。

ITER 理事会から STAC に求められた今回の任務(チャージ)は、

- 1) 周辺局在化モード(ELM)制御コイル開発の進展
- 2) トロイダルコイル(TF)導体の熱・電磁サイクルによる劣化と対策
- 3) イオンサイクロトロン共鳴加熱(ICRH)アンテナの設計
- 4) プラズマ対向機器(PFC)設計と配置戦略



図2 STAC-25参加者による組立建屋見学時の様子(左奥に2機のサブセクタ組立ツール(SSAT)が見える)。

の4つの項目に対して、ITER機構の報告を聴取してITER理事会への提言を取りまとめることである。STAC委員と専門家はこれらのチャージに対して3つのサブグループに分かれてITER機構の報告内容を検討した。その結果、ELMコイルの取付け部の疲労設計に関する課題解決の推進や第一壁高熱負荷部（特に湾曲部）に関する追加的な試験の実施をITER理事会に勧告すると共に、懸案事項となっていたTF導体の熱・電磁サイクルによる劣化については、劣化が生じることは予想されるもののTFコイルの要求性能に影響を及ぼすものではないというITER機構の結論を支持した。さらに、ICRHアンテナの初期設計が順調に進んでいることを確認し、次回STACにおいて予備設計レビューに向けたICRHシステムの設計及び開発計画を報告することを要請した。

なお、次回の会合（STAC-26）は令和2年5月12～14日にITER機構本部にて開催される予定である。

### 3. TFコイル1号機封止溶接完了, 2号機巻線完成

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）コイルの製作を進めている。TFコイルの製作は110トンの巻線部（WP）をステンレス製のコイル容器内に収め、隙間を樹脂で含浸することでWPとコイル容器を一体化し、最終検査を終えて完了となる。最初の2機は三菱重工業（株）の二見工場で製作が進められており、いずれも一体化作業中である。

TFコイル1号機の製作は一体化作業の中盤に差し掛かっており、封止溶接を完了したところである（図3）。封止溶接とは、WPを収めた後のコイル容器に蓋を溶接することで、コイル構造の強度を高めるとともに、含浸のためにコイル容器を密閉する作業である。具体的には、まずはD型の直線部が下になるようにコイル容器直線部を床に設置して、そのコイル容器内にWPを挿入し、その上からコイル容器曲線部を被せてコイル容器間を溶接で繋げる。その後、各コイル容器用の蓋をD型の内周側へ入れ込む作業を行うが、蓋は最終的にコイル容器に収まる形状で製作されていて、そのままの形状ではD型の内周側に入れ込むことができないことから、一旦、蓋を曲げて長手方向の距離を縮めた上でコイル容器の内側へくぐらせてから元の形状に戻してコイル容器に収め、コイル容器と蓋の溶接を行った。蓋の溶接の際には溶接縮みによる変形のバランスをとるため、直線部と曲線部の溶接はほぼ同時に行い、レーザートラッカーで溶接変形の挙動を監視しながら溶接の順番を調整した。自動溶接機6台を駆使することで、約1か月でこの溶接を完了した。封止溶接による変形量は試作で観測された変形量と完全に一致していた。これは試作が実機を模擬した条件で適切に行われたこと、また、この試作の結果をもとに練られた一体化の方針が適切であったことを証明している。2号機以降の封止溶接による変形も同等となることを想定し、計画を進める予定である。

TFコイル2号機は、WPの製作が2月に完了し（図4）、3月から5月初め頃までWPの最終検査として、リーク試

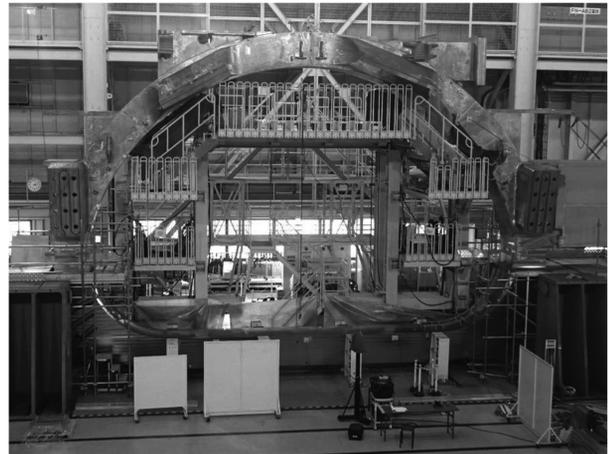


図3 封止溶接完了後のTFコイル1号機。



図4 完成検査終了後のTFコイル2号機用WP。

験、冷却試験、及び電気試験を実施した。1号機から学習した内容が改善点として取り入れられていたため試験は滞りなく進み、現在、コイル容器との一体化作業へ移行している。WP製作はすでに製作における問題点が改善され、量産化が始まったと言える。

### 4. 効果を上げつつあるITERへの人的貢献増強策

量研は、政府からの要請を受け、日本における公募の窓口としてITER機構職員等への邦人応募の事務手続きを支援している。日本からの人材はITER計画にとって貴重なリソースというだけでなく、将来の核融合原型炉に向けた技術の継承の観点からも重要なものである。ITER計画に求められる人材は、核融合開発に携わる人材だけでなく、広くITやプラント技術、及び非技術分野（人事、広報、調達、法務、知財、許認可等）に渡っている。

ITER機構の活動に参加するには、職員の他に、ITERプロジェクトアソシエイツ（IPA）、ポスドクフェロー、及びインターンシップの制度があり、いずれもITER機構による公募に対して、参加国の国籍を有する方が応募できる。2019年5月末現在、ITER機構には職員887名、ポスドクフェロー6名、IPA91名の合計984名が勤務しているが、このうち邦人は、職員27名、ポスドクフェロー1名、IPA5名の合計33名であり、適切な人員とは言え

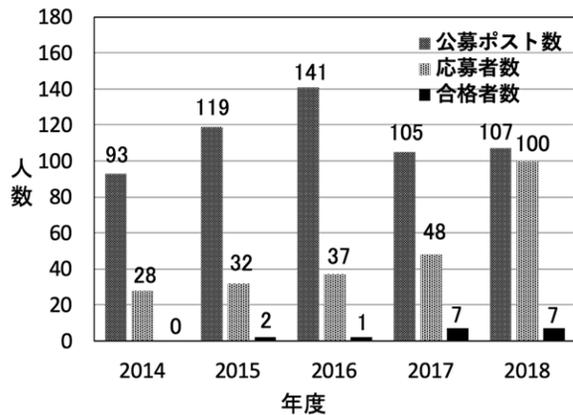


図5 ITER機構職員の公募ポスト数に対する邦人応募者数と合格者数の推移。なお、2018年度公募ポストへの応募者のうち9件が審査中である(2019年6月19日現在)。

ない状況である。

ITER参加国の適切な職員割合は、ITER機構としても重要な課題であり、ITER機構と連携して、日本から人的貢献の増加を図っている。2017年からはゼネラルエンジニアリング(株)に職員応募窓口業務を委託し、情報の周知活動を大幅に見直し、転職フェアへの出展、求人情報サイトなどのウェブサイトやLinkedInなどのソーシャルメディアを活用し、応募者の裾野を広げる活動を行っている。量研東京事務所での平日夜間の説明会の開催、職員応募希望者の量研那珂核融合研究所見学会という新しい試みも始めた。また、応募書類の書き方のアドバイスと添削指導、模擬面接トレーニングにも力を入れている。これらの増強策の結果、核融合分野以外を含む幅広い業種から優秀な応募者を大幅に増やすとともに、従来は約3%だった合格率を約10%に向上させることができた(図5)。また、中央統合本部長という重要なポストにも邦人職員が就いた。今年1月以降は毎月合格者があり、赴任予定者の3名を合わせると2019年9月には邦人職員は31名になる見込みである。

従来のITER機構への直接雇用に加えて、2017年に新たに設けられたIPA制度は、職員の枠外での人的貢献の方法として設けられた出向制度で、現在の勤務先に在籍したまま、ITER機構で活動する。原則として給与は勤

務先から支給し、ITER機構は主に旅費、滞在費などの経費を負担する。IPAとして人材を派遣する際の企業のメリットとしては、最先端技術に触れ、優秀な技術者と交流する好機であるとともに、多国籍・英語使用の環境で揉まれることにより、短期間でのスキルセットの大幅アップに繋げることが挙げられる。現在、IPAとして企業から3名、量研から2名の合計5名が参加している。また、現在2名の手続きが行われている。

ポスドクフェローは、ITER機構とモナコ公国の連携協定に基づいて、5名の若手研究者が2年毎に任命されるもので、現在1名の邦人若手研究者が研究活動を行っている。インターンシップについても大学等への広報活動が効果を上げて、2018年は5名が参加し、2019年には4名の邦人学生がITERに参加する予定である。

ITERへの人的貢献増強策の効果が現れて来ているところであるが、適正な邦人職員(100名以上を目標としている)にはまだ及ばない。今後は建設から運転を見据えた職員構成にシフトするに従い、核融合研究者の求人が増加することが見込まれる。更なる邦人職員、IPA、インターンシップの増強のため今後も学会員の皆様のご協力をお願いしたい。

(ITER公募案内: <http://www.fusion.qst.go.jp/ITER/staff/jobs.html>)

## 5. 文部科学副大臣・永岡桂子氏のITER機構及びNBTFサイトの視察

文部科学副大臣・永岡桂子氏が、2019年5月2日にITER機構、翌3日にイタリアに建設中のITER中性粒子入射装置実験施設(NBTF)を視察された。

ITER機構では、ビゴ機構長、多田副機構長らと会談、ITERサイトの見学、さらに日本人職員と懇談され、関係者を激励された(図6)。NBTFでは、ホスト Consorzio RFXのソナート所長らが、RFXがNBTFホストとして、また幅広いアプローチ(BA)活動の機器調達担当として、ITER・BA両プロジェクトで日本と強い協力関係にあることを紹介され、サイト見学では、日本調達機器である直流100万ボルト高電圧電源機器の状況を視察された。本視察には、在ミラノ総領事・雨宮雄治氏も参加された。最後にプレートに激励の言葉を記して頂いた(図7)。



図6 ITER機構にて、ビゴ機構長と挨拶し、多田副機構長からサイトの説明を受ける。



図7 NBTf サイト視察、来所記念プレートとサイト見学の様子。

なお、そのときの様子は、以下 Facebook にも紹介されている。

ミラノ総領事館

<http://fb.com/599392873863392/>

Consorzio RFX

<http://fb.com/1411527915655367>

QST NB チーム

<http://fb.com/670575060059084>

## 6. 「極低温におけるオーステナイト系ステンレス鋼の破壊靱性値とオーステナイト相の安定度との相関」が低温工学・超電導学会 令和元年度論文賞を受賞

5月29日、茨城県つくば市で開催された2019年度春季第98回低温工学・超電導学会研究発表会において、ITERプロジェクト部超伝導磁石開発グループの櫻井研究員らが論文「極低温におけるオーステナイト系ステンレス鋼の破壊靱性値とオーステナイト相の安定度との相関」に対して令和元年度論文賞を受賞した(図8)。

オーステナイト系ステンレス鋼は極低温においても靱性が低下しにくい材料、液化天然ガスタンクや超伝導設備に使用されており、ITERトロイダル磁場(TF)コイルの構造材料としても約5,000トンが使用されている。

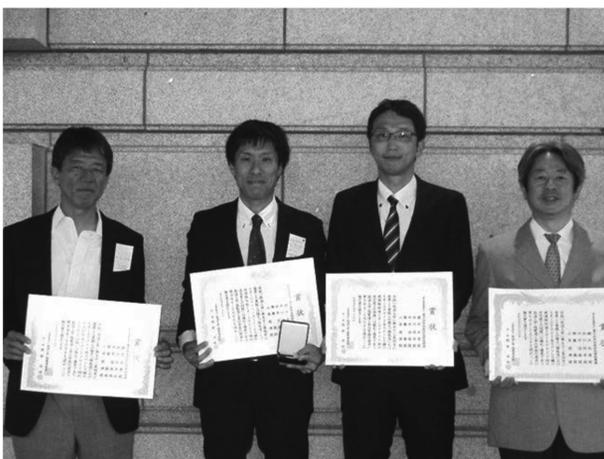


図8 論文賞を受賞した超伝導磁石開発グループ(左から小泉次長、櫻井研究員、井口主任研究員、中平グループリーダー)。

ITER TF コイルは $-269^{\circ}\text{C}$ という極低温で運転されるため、設計要求にその温度における引張強度と破壊靱性値が含まれているが、特に破壊靱性値は予測が難しく、かつ極低温で測定するためには多くの時間と費用が掛かっていた。

櫻井研究員らはオーステナイト系ステンレス鋼の相変態に着目し、実機大試作材及び複数の製造方法や化学組成で製作されたオーステナイト系ステンレス鋼材の極低温での破壊靱性値を取得及び評価した。その結果、化学組成と結晶粒度から求められるオーステナイト相の安定度(Md30)との間に強い相関を持つことを見出し、相関式の提案を行った。

検証の結果、Md30を指標に製造した材料の実際の化学組成から求められる予測値の誤差は $-2.1, 1.3\%$ で、これにより簡便かつ精度良く破壊靱性値を予測できることを実証した。

## 7. 「ITER NBI 100万ボルト直流超高電圧電源の開発」が(一社)電気学会、第75回電気学術振興賞(進歩賞)受賞

ITERの加熱・電流駆動を担う中性粒子入射装置(NBI)用直流100万ボルト高電圧電源の開発は、量研が(株)日立製作所と協力して進めてきたものであり、このたび、NB実機試験施設(NBTf)用に1基完成し、(株)日立製作所の担当者と共に、量研・ITERプロジェクト部NB



図9 本機器開発に携わったグループ員と。

加熱開発グループリーダーの柏木美恵子が表彰を受けた(図9)。

本機器は、世界最大出力となる1 MeV, 40 Aの負イオンビームを生成するための電源であり、世界でもほぼ類をみない直流100万ボルトを発生する変圧器、整流器、フィルター回路、特殊なサージ吸収機器、100万ボルト伝送管などから構成される全長100メートル近い長尺機器であり、100万ボルトの高電位上で電力をビーム源まで伝送するものである。現在、NBTFサイトでは欧州調

達機器と接続した統合試験を行っており、殆ど完成に近い電源機器の姿をみることができる。NBTFサイトは、イタリアのベニス空港から車で40分程度、歴史ある大学街・パドバにあり、お近くにお寄りの際、見学大歓迎である。

(量子科学技術研究開発機構  
核融合エネルギー部門)

## 1. ITER用170 GHz - 1 MW ジャイロトロンの2機目の完成検査を終了

ITERでは、電磁波でプラズマを加熱する電子サイクロトロン加熱・電流駆動 (ECH/ECCD) システムの中核となるジャイロトロン(電磁波発生装置)を24機使用する。電磁波によるプラズマ加熱の原理は電子レンジによる食品の加熱と同じであるが、電子レンジが周波数2.45 GHz、出力600 Wなのに対して、ITER ジャイロトロンは170 GHz、1 MWである。日本、欧州、露、印により24機のジャイロトロン調達を分担するが、日本国内機関である量子科学技術研究開発機構(以下、量研)は、170 GHz - 1 MW ジャイロトロン8機の製作を進めており、2018年2月までに4機を完成(図1)、2018年10月には1機目の完成検査を終了させ(ITERだより(72)参照)、その後も2機目の完成検査を進めてきた。完成検査における要求性能は、

- ・ 1 MW - 300 秒、電力効率50%以上
- ・ 1 MW - 300 秒、電力効率50%以上のショットで成功率90%以上(20ショット中18ショット以上)
- ・ 0.8 MW 以上及び60秒以上で、1~5 kHzの出力変調運転

である。図2左に1 MW - 300秒の運転波形(上から順に、ボディ/アノード/カソード電圧、ビーム電流、出力)、右にビーム電流に対する出力及び電力効率のグラフを示す。安定した連続動作、及びビーム電流30 A以上におい



図1 ITER ジャイロトロン実機。左：2機目の試験セットアップ、右：1, 3, 4機目。

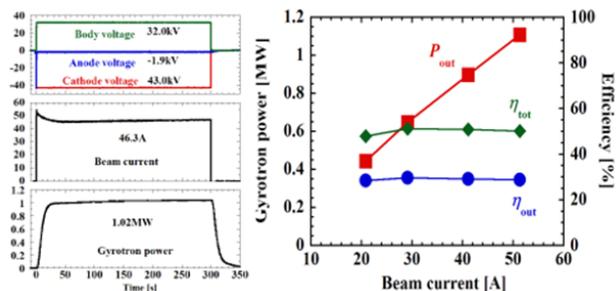


図2 完成検査データの一部。左：1 MW - 300 秒波形、右：ビーム電流 vs 出力、効率。

て電力効率50%以上で安定に動作することを確認した。また、繰返し率(高周波発生ON/OFFの時間の比率)25%で1 MW出力/300秒間/電力効率50%以上の20回連続運転で成功率95%を実証した。さらに、出力変調運転でも要求性能を満足し、2019年7月にその結果をITER機構へ報告してジャイロトロン2機目の完成検査に合格した。

## 2. 量研理事長表彰：核融合炉のためのレーザー偏光計の研究

量研では、プラズマを閉じ込める磁力線のねじれ量であり安定性の指標である安全係数を、レーザー偏光計で高精度に計測する手法をソフトウェア・ハードウェアの両面から研究を行っている。その研究成果を用いて、レーザー偏光計を従来の研究室規模からITERの規模にスケールアップし、日本が調達を担当するITERポロイダル偏光計に適用した。レーザー偏光計では計測データをトモグラフィ処理することで、安全係数分布を得る。ITERのプラズマは、従来よりも高温、高密度で大体積(JT-60Uの約8倍)であるため偏光の変化が複雑化(ファラデー効果とコットン・ムートン効果がカップリング)し、測定誤差が増大することが課題となっていた。従来無視してきた偏光の楕円化も測定するとともに、他の計測器で測定した電子密度及び電子温度の1次元分布を計算の中に組み込むことで高精度な安全係数評価を可能にした(誤差が15%以上低減)。また、偏光の楕円化を高精度かつ外乱に影響を受けないように測定するために、回転波長板方式を世界で初めて導入し、2 msの時間分解能を有するこれまでにない実時間計測システムを完成させた。これらのソフトウェア・ハードウェアの設計は、ITER機構が開催する設計レビュー会合において審査され、ITERポロイダル偏光計の設計として承認されている。

従来のレーザー偏光計は安全係数が電子密度のどちらか一方しか測ることができなかったが、安全係数に加えて電子密度及び電子温度の分布も同時に測定可能となる



図3 令和元年度 量研理事長表彰(研究開発功績賞)を受賞した際の今澤主幹研究員。

画期的な評価手法を新たに開発した。本手法を適用するには、レーザー偏光計の測定データ（偏光面の回転と楕円化）以外に、最外殻磁気面の位置形状だけが既知であれば良い。そのため、設置できる計測装置の数に限りのある将来の核融合炉にとって重要な手法として国内外で高く評価されている。

以上の「核融合炉のためのレーザー偏光計の研究」に関する成果で、今澤良太主幹研究員らが令和元年度 量研理事長表彰（研究開発功績賞）を受賞した（図3）。

今後も核融合エネルギー実現に向け、更に研究開発に精進していく。

### 3. ITER 機構中央統合本部長への着任報告

#### 吉田篤司, Head of Central Integration Office, ITER Organization

5月15日にITER機構（IO）の中央統合本部長（Head of Central Integration Office）に着任して、約2カ月が経過した。当職の責務は、システムズエンジニアリング、物理的・機能的設計統合、機器構成管理、設計取合管理、設計図書管理、などの設計管理を実行する組織の運営である。よって、IOのエンジニアリング部門ならびに国内機関を横断的に取りまとめることが要求される。そのうえで、複雑かつ大規模であることを特徴とするITERプロジェクトにおいては、物理的・機能的設計統合と機器構成管理に期待される結果を着実に出していかねばならない。

職場においては、そもそもプロジェクトが複雑かつ大規模であり、さらには人類初の核融合実験炉建設特有の要因もあり、山あり谷ありという局面も多々ある。しかし、関係者の間でプロジェクトの大きな目標が共有された環境で、Bigot 機構長の強いリーダーシップの下、ITER Values\* を行動基準とする同僚・部下、そして国内機関の方々と手を携え、前進する努力を、日々、していくところから本物のやり甲斐なり達成感が出てくるものと考えている。

こちらでの生活について言えば、若い頃からフランスの芸術に関心があったため、フランスに住んでいること自体に感激しているのであるが、美味な食物やワインが、手頃な価格で日常的に手に入ることを第一に申し上げたい。南仏という場所から、陽光をたっぷり浴びた地元産の野菜や果物はもちろん、地中海の魚類もなかなか良い。地中海産のマグロは、日本では冷凍モノであるが、こちらでは生で手に入る。欧米人あこがれのプロバンスの生活はもとより、Aix-en-Provence に住居を構えれば、フランスの優雅な都市文化に浸ることもできる。近隣には Where to go も随所にある。ITER が Coteaux de Piervert という良質なロゼワインの産地に立地していることも頭の片すみに入れていただきたい。

以上のような、仕事・生活の均衡と充実は、当職の個人的見解にとどまらず IO 日本人職員に共通した感想と思う。本稿に目を通したことが、人類の未来を切り開く ITER プロジェクト参画へのきっかけになれば、幸いである（図4）。



図4 ITER機構中央統合本部長 吉田篤司氏。

\* ITER Values: “ITER Organization Code of Conduct” (ITER 行動規範) で定められた ITER 機構職員が従う基準であり、Diversity and Inclusiveness, Trust, Team mind set, Loyalty, Excellence, Integrity について示されている。

### 4. 第6回日中韓 ITER 国内機関技術会合

日本、中国、韓国による第6回日中韓 ITER 国内機関技術会合が、8月1日～2日に韓国ソウルのプレジデントホテルにて開催された。各国の政府関係者も含め、会議には日本、中国、韓国からそれぞれ、13名、15名、14名が出席した（図5）。会合では設計・製作が進んでいる各国の調達機器についての最新状況の報告と、技術課題や調達管理上の課題に関する議論が行われた。

冒頭に会合の主催者である韓国科学情報技術部の Jee 課長より挨拶があり、3カ国の国内機関の協力の重要性を強調し、それが ITER プロジェクトの推進に大きく貢献することを表明された。また、文部科学省の新井知彦研究開発戦略官（核融合・原子力国際協力担当）からは、韓国への会合開催の謝辞と、3カ国の協力が、2025年に予定されている ITER のファーストプラズマ達成を導くことが強調された。

続く技術的議論では、先ず各国の国内機関長から最新の進捗の報告があり、中国からは、政府が全力を上げて核融合開発を推進しており、ITER と次期装置 China Fusion Engineering Test Reactor (CFETR) に特に注力していること、日本からは逐次の製作体制に移行した TF コイルの製作進捗状況、イタリア・パドバで建設中の ITER 中性粒子入射加熱装置実機試験施設用に日本が製作した高電圧電源機器の据付が終了し耐電圧試験を開始したことなど、韓国からも大型機器の真空容器や TF コイルと真空容器のアセンブリングツールなどの製作進捗の報告があった。また、ブランケットとダイバータ技術、コイルや真空容器などの構造物、超伝導コイルと導体技術、及び計測技術に関して、固有の課題とその対処について発表と議論が行われた。

本会合は、各国の機器製作で遭遇する技術的な課題のみならず、品質管理等の管理上の課題や、プロジェクト推進上の課題についても議論し共有化しており、必要に



図5 第6回日韓ITER国内機関技術会合の参加者。

応じて3カ国で、プロジェクトを取りまとめているITER機構への共同提案の作成も会議直後に行っている。今回も機器の輸送や保管、文書承認メカニズム等に関する共通課題の解決等について、共同提案する準備を進めることで合意した。

次回の会合は2020年に中国で開催する予定である。

## 5. 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。その活動の一環として、7月10日～12日に横浜で開催された第14回再生可能エネルギー世界展示会&フォーラムに出展した(図6)。

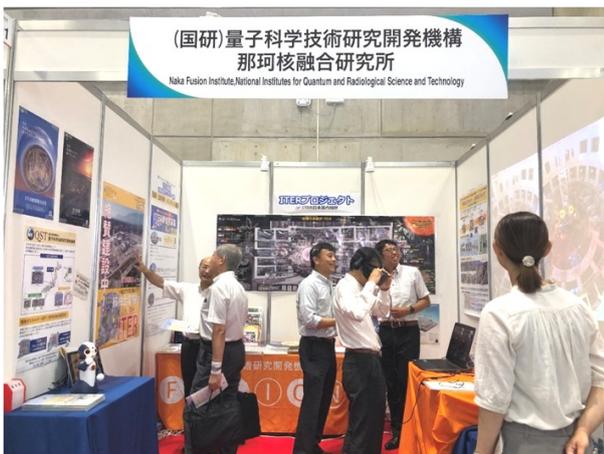


図6 第14回再生可能エネルギー世界展示会&フォーラム展示ブースの様子。



図7 出展者プレゼンテーションの様子。

量研のブースには3日間を通してエネルギー問題に関心が高い約300名の来訪者があったが、核融合エネルギーをご存じない方も多く、核融合発電の仕組みやフランスに建設中の核融合実験炉ITERについて熱心に聞いていただいた。また、ブースで配布したITERを題材にした漫画は非常に好評であり、ITERに興味を持っただけの良い機会の一つとなった。さらに、展示会場内に設けられた出展者プレゼンテーション会場において、核融合研究の概要を説明し、より多くの方に核融合エネルギーをご理解いただくことができた(図7)。

今回の出展を通して、核融合研究やITER計画は一般的に認知度が低く、認知度向上を図るための活動がまだまだ必要であることを改めて認識した。今後もこのような広報活動を行い、核融合エネルギーを幅広い分野の方々を知っていただき、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 核融合エネルギー部門)

## 1. 中性粒子入射加熱装置実機試験施設用 1 MV 電源の据付を完了

ITERでは、核融合プラズマを高温にして定常状態を維持するため、中性粒子入射加熱装置 (NBI) が必要とされる。ITERで求められているNBIは、エネルギー 1 MeV、電流 40 A、運転時間連続 1 時間という世界最大出力の負イオンビームである。その実現に向けて、ITER 実機に先駆け、実機と同一性能を有する実機試験施設 (NBTF) をイタリア・パドバのコンソルツィオ RFX 研究所に建設した。NBTF サイトに設置する機器の製作については、日本と欧州が分担して行い、2015 年 12 月からは機器を順次輸送し、据付工事を行っていた。この度、その据付工事が完了し、全長 100 メートルにもおよぶ電源機器が全て接続された (図 1)。また、機器に付属するガス・冷却水配管・安全弁等も繋ぎ、ITER 機構による受入試験の一つである高電圧印加試験が進められた。

本試験は、機器内に絶縁ガス (SF<sub>6</sub>ガス) を 6 気圧充填し、試験用電源から電圧を印加して機器の耐電圧性能の確認を行うが、機器を区分けし、5 回に分けて段階的に実施する計画である。第 1 回試験では、直流 1 MV を発生する 5 台の直流発生器及び直流出力からリップルを除去する直流フィルター部分が試験され、第 2 回試験では、1 MV の出力をビーム源まで送電する伝送ライン部分の耐電圧試験を実施した。第 3 回試験では、伝送ラインに欧州の調達機器である高電位デッキと呼ばれる負イオン生成電源を高電位上に格納するデッキを連結して電圧印加試験を実施し、続けて第 4 回試験では、高電位デッキの先に日本の調達機器である 1 MV 絶縁変圧器を繋いで試験を実施し、それぞれ合格した。10 月初旬には、最後の伝送ライン及びビーム源真空容器内に短絡ギャップを据え付け、絶縁ガスを充填させて第 5 回試験を実施した。これにより、ITER 機構による受入試験全 3 段階のうち、2 段階までの試験が完了した。



図 1 第 5 回試験の対象となる伝送ラインの据付の様子。

## 2. 第 14 回核融合原子力工学国際シンポジウムの開催

2019 年 9 月 22 日～27 日にハンガリーのブタペストにて第 14 回核融合原子力工学国際シンポジウム (14th International Symposium on Fusion Nuclear Technology, ISFNT-14) が開催された。第 1 回が 1988 年に東京で開催されてから今回で 14 回目の開催となる。ISFNT は研究者や技術者たちが核融合研究の成果を発表し議論することにより、主に核融合の原子力工学に関する課題解決を目的とする国際シンポジウムの一つであり、6 日間で基調講演、招待講演、口頭発表やポスター発表など計 450 件以上の発表が行われた。科学者・技術者は世界各国から参加しており、発表件数は日本が最も多く 79 件、次いでドイツ、イタリアがそれぞれ 75 件であった。また、核融合開発に関わる企業や機関の展示ブースも設けられた。本シンポジウムのオープニングにはベルナルド・ビゴ ITER 機構長から ITER 計画の現状について講演があり、各国内機関の努力により、超伝導コイルなどの機器調達や ITER サイトにおける建屋建設に進展がみられるなど、2025 年のファーストプラズマに向け着実に進展していることが強調された。量子科学技術研究開発機構 (以下、量研) からも多数の研究発表を行い、そのうち ITER 日本国内機関からは中性粒子入射加熱装置、計測装置、ブランケット遠隔保守装置、トリチウム除去装置、テストブランケットに関して計 9 件発表し、各国の研究者と活発な議論を交わした。次回の ISFNT は 2021 年 9 月 13 日～17 日に中国の合肥市にて開催される。

## 3. ITER 機構インターンシップ体験記：泊瀬川 晋

2019 年の 1 月 7 日から 7 月 7 日までの半年間、フランス Saint-Paul-lez-Durance に所在する ITER 機構にて、インターン生として勤務する機会を得た。配属先は Plant Engineering Department の Electrical Engineering Division (EED) 内 Coil Power Supply Section (CPSS) で、主に超伝導コイルへの電流供給用系統の設計、またその関連機器の調達を行っている部署である。守備範囲が所謂“機械系”の私は「何故“電力系”への配属のお許しが?」と暫く考えていたが、そんな畑違いさを感じていた私を、CPSS の職員の方々はむしろ歓迎して受け入れてくれた。

「これは全部君の仕事だからよろしくね。」と言ひ渡された私の業務内容は、超伝導コイルに接続される電力系統の制御安定性を簡易的に評価ができる数値解析コードの作成。限られた時間の中で諸系統のデザイン調整を効率的に行うためには非常に重要なミッションである。一流の国際機関で重要度が高く挑戦的な課題が一任されることへのプレッシャーを感じつつも、背景の有無に関わらず自身を一人の engineer として扱ってくれていることに嬉しさを覚えた。初めの 1 ヶ月はひたすら勉強。迷惑だと思いつつも同僚の職員を質問攻めにし、通勤時間や



図2 CPSSの職員及びインターン同期企画のお別れパーティの様子(左から2番目が私)。

帰宅後の時間を使い参考書や論文を読み漁る毎日。そして本題に取り組み始め更に1ヶ月、成果がCPSS内で認められ始めた。それからは仕事が楽しくなる一方で、ほぼ毎日始発のバスで通勤、終バスで退勤。異分野かつ異文化が入り混じるといふ何もかもが初めての環境の中、「帰りたくない」という想いを巡らせつつ心ゆくまで業務に取り組んだ。最終的に目標は達成できたが、これらは全て、日々専門用語とジョークを交わすCPSSの方々をはじめ、別れ際に涙ぐんでくれたその他のEEDの方々の支えがあった結果なのだと、今でも非常に感謝している。

以上は業務に直接関連した話であるが、その他にも例えば、部署外の国籍問わず様々な経歴を持つITER職員の方々や政府からの来賓との交流といった“国際機関”という場所ならではの貴重な経験や、今でも他愛もないメッセージのやり取りをする程のインターン仲間との出会いもあった(図2)。もちろん地名を耳にすれば誰もが羨む

南フランスでの生活自体も楽しみ、困難あれど様々な方向で充実したインターン生活。自身の中での成長を噛みしめ、「また戻ってこよう」という念いが芽生えた。

#### 4. ITER計画紹介マンガ Vol.1 プロヴァンス語版の発行

量研はITER日本国内機関として、核融合やITER計画について、科学や工学に関する専門知識の有無に関係なく、幅広い年代の方々に知ってもらいたいという思いから、ITER計画紹介マンガ「地上につくる小さな太陽「ITER(イーター)」」Vol.1(出会い編), Vol.2(インターンシップ編)を制作し、ITER Japan ウェブサイトに公開している。このマンガをさらに多くの方々に読んでいただくため、英語、フランス語にも翻訳していたが、この度、Vol.1のプロヴァンス語版を新たに発行した(図3)。

プロヴァンス語とは、フランス南東部を流れるローヌ川からイタリア国境にかけて、地中海に面するプロヴァンス地方で、20世紀初頭まで主要言語として使われた歴史の深い言語である。現在は、大学等で学習できるほか、文学や音楽等で目にすることができる。プロヴァンス語を愛好するコミュニティに所属しているITER機構のトカマク技術部門のエンジニアがプロヴァンス語への翻訳を担当した。この機会にマンガを通してフランス語とプロヴァンス語の違いを楽しんでみてはいかがだろうか。

なお、待望のVol.3(日本語版)については近日発行を予定している。

(ITER計画紹介マンガ) :

[http://www.fusion.qst.go.jp/ITER/comic/page1\\_1.html](http://www.fusion.qst.go.jp/ITER/comic/page1_1.html)

(量子科学技術研究開発機構 核融合エネルギー部門)



図3 ITER計画紹介マンガ Vol.1 プロヴァンス語版。