



1. 第36回ITER理事会が開催

2025年6月18-19日に第36回ITER理事会が開催され、ITER計画の進捗状況が審議された(図1)。ITER理事会は、2025年2月にフランスのエマニュエル・マクロン大統領及びインドのナレンドラ・モディ首相がITERの建設現場を訪問したこと、並びに他のITER加盟極から国会議員や閣僚級の代表団の訪問があったことを歓迎した。

ITER計画の着実な進展：ピエトロ・バラバスキITER機構長の進捗状況の報告を受けて、理事会は、2025年4月、予定より早く、事前に組み立てられた最初のセクターモジュールの設置が完了したことを歓迎した。また、会議開始数時間前に、中国主導の産業コンソーシアムが、2つ目のセクターモジュールの設置を約6週間前倒しで完了したことを祝福した。

さらに、理事会は、米国によるセンターソレノイドの第6モジュールの製造及び試験が完了したことを歓迎した。この成果は、ITERに必要な全ての主要なコイルが完成したことを意味しており、ITER加盟極間の広範かつ継続的な協力関係を象徴する重要な節目とされる。その他、前回の第35回理事会以降、韓国製の真空容器セクターの最終号機と欧州製の真空容器セクターの第2号機の納入、構成部品の修理の着実な進展、フランス安全規制当局との継続的で良好な対話、トカマク組立の加速に向けた戦略の着実な遂行といった成果も理事会で歓迎された。

ベースラインに関する議論：理事会では、2024年6月に提案された、可能な限り早期に本格的な研究運転を開始することを優先するベースラインについて、段階的アプローチが検討された。ITER機構は、2028年末までを対象とするベースライン2024のフェーズ1に従って、今後も着実に活動を推進していく方針である。



図1 ITER理事会の代表は、会議初日、トカマクピットへ2番目に設置されたセクターモジュールの状況を確認した(写真提供：ITER機構)。

民間部門のフュージョン関連企業との連携：理事会は、民間主導のフュージョン関連の取組との協働が継続的に拡大していることを歓迎した。2025年4月にITERビジネスフォーラムに合わせて開催された第2回ITERワークショップ、初の民間企業によるITPA(国際トカマク物理活動)への参加、世界的なフュージョン・サプライチェーンに関する情報の収集と共有といった取組が報告された。理事会は、こうした官民連携の取組が全ての加盟極にとって価値あるものであると評価した。

ITER加盟極の支持：理事会の各極は、ITER計画が持つ重要な意義を改めて強調し、成功に向けた連携を継続する決意を表明した。また、この前例のないプロジェクトにおける課題と成果を認識するとともに、全てのITER加盟極が引き続きその成功に向けた支援を行っていることへの謝意が示された。

2. ITERダイバータ外側垂直ターゲット(OVT)プロトタイプ2号機製作完了

量子科学技術研究開発機構(以下、QST)は、ITER向けのダイバータ外側垂直ターゲット(以下、OVT)全58機の調達責任を負っている。今般、(株)日立製作所(以下、日立)が製作したOVTプロトタイプ(図2)が2025年3月に完成し、OVT高熱負荷試験体(図3)が2025年6月のITER機構の認証試験に合格した。これにより日立のOVT実機製作がITER機構に認証されたこととなり、QSTは国内のOVT実機製作ラインを2ライン化し、製造体制を強化した。ダイバータは、磁場閉じ込め方式の核融合炉において、核融合反応を安定的に持続させるために、炉心のプラズマ中に燃え残った燃料や核融合反応で生成されるヘリウムなどの不純物を排出する重要な役割を担う。

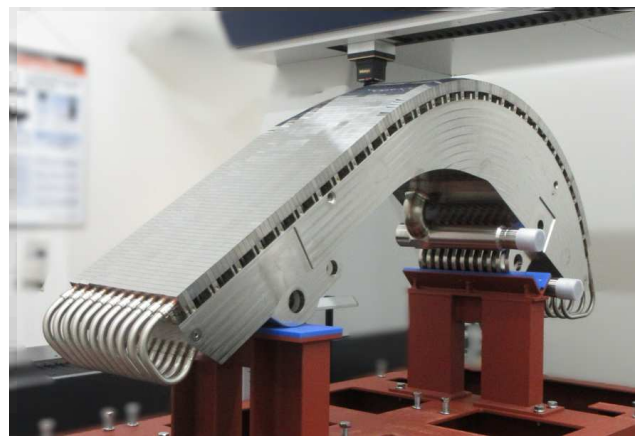


図2 完成したITER外側垂直ターゲット(OVT)プロトタイプの外観。

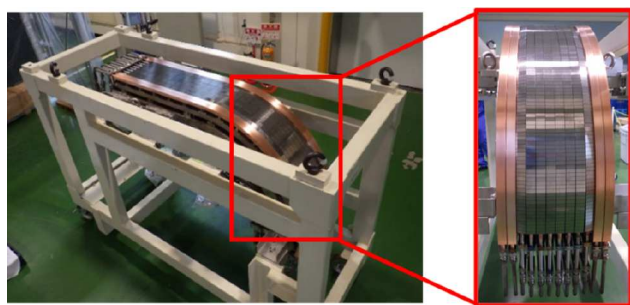


図3 OVT 高熱負荷試験体。

トカマク型装置の中で唯一プラズマを直接受け止めるための機器であり、プラズマからの熱負荷や粒子負荷などにさらされる厳しい環境下で使用される。

QSTは、このような高熱負荷に耐久するための鍵となる技術として、熱負荷により割れることのないタンクステンモノブロックや、高い熱伝導率を維持しつつ結晶粒の粗大化を抑えることで強度を確保した銅合金冷却管の開発を主導してきた。これらの材料をQST自ら材料メーカーから調達して日立などのOVT製作メーカーに支給している。日立は、OVTに要求される厳しい精度を達成するため、5軸機械加工の検証を繰り返し行い、高精度の加工及び組み立てを実現した。また、OVTには35 mmという厚肉のステンレス鋼が使用され、それらを溶接する技術が重要であるが、その溶接専用に最適化した自動溶接システムを開発した。これは溶接トーチを取り付けたロボットアームと、溶接する対象物の位置をロボットアームの動きと同期させて制御する装置を組み合わせたものであり、これによって高品質かつ低コストでの溶接を実現した。

QSTと日立は、OVTプロトタイプ製作で得た技術や知見を活かして、今後もITER計画の推進に貢献するとともに、将来のフュージョンエネルギー実現に向けた技術開発にも協力していく方針である。

3. 現地ITER機構高周波建屋にてジャイロトロン1号機の据え付けが完了

2025年7月7日にITER電子サイクロトロン加熱・電流駆動用高周波源であるジャイロトロン1号機のITERサイトにおける据付けをQSTの監督の下、完了した。これは電子サイクロトロン加熱装置のみならず、ITERにおける最初の加熱装置据付完了である。

ジャイロトロンはB15と呼ばれる高周波建屋内の3階に据付けたが、その準備として、事前にジャイロトロン架台の据付け、分割して輸送していた冷却マニフォールドの組立て及び据付け、オイルタンクのジャイロトロン架台への取付けなどを行った。さらに、ジャイロトロン架台の上に超伝導コイルを据付け、10日間かけて冷却を行い、励磁試験を実施した。磁場分布などに問題がないことを確認後、専用治具により磁場中心を測定しながら、ジャイロトロン架台と超伝導コイルの位置合わせを行った。また、保管用の木箱に入ったジャイロトロンをクレーンでB15の1階から3階まで吊り上げ、7月4日には全ての準備を整え

た。7月7日にB15の3階にてジャイロトロン保管箱を屹立状態にし、ジャイロトロンをクレーンで吊り下げながら箱から取出した。その後、ジャイロトロンの輸送治具を取外し、絶縁用ボディジャケットを取付け、ジャイロトロン架台とのインターフェースとなる接続フランジへの取付けなどを行い、最後にジャイロトロンをジャイロトロン架台に据付けて、全据付作業を完了した。(図4)

据付後は、ジャイロトロンの冷却ホースの取付け、オイルタンクへの高電圧給電ケーブルの接続、ジャイロトロンコレクター部の熱電対など計測機器の整備を実施し、運転に向けた準備を進めている。QSTが調達したアノード電源、ボディ電源及び欧州が調達した主電源の準備が整い次第、QSTが調達した制御系を含めた統合試験を、ジャイロトロンを切り離してダミーロード負荷にて実施し、その後にジャイロトロンに給電して運転を開始する予定である。

4. NBTF用1MV絶縁変圧器がNBTFサイトに搬入

2025年6月11日から12日にかけて、イタリア・パドバのコンソルツィオRFX研究所(以下、「RFX研」)内のITER NB実機試験施設(NBTF)サイトに1 MV絶縁変圧器を搬入した。

ITER中性粒子入射装置(NBI)及びこれに先立ちイタリアに建設したNBTFでは、QSTは1 MV高電圧電源のうち主要な高電圧機器を調達する。このうち1 MV絶縁変圧器は、1次側入力である3相交流22 kVを2次側出力6.6 kVに降圧して直流1メガボルト(1 MV)の電位上に設置される機器に供給する特殊な変圧器である。このため、変圧器の1次-2次巻線間のバリア構造や油浸紙の厚さを工夫して直流1 MV絶縁を実現し、また、対地から直流1 MVの高電位上に絶縁しながら2次側出力を引き出すために小型のコンデンサブッシングとFRP円筒からなる高さ約16 mの複合ブッシングを用いている。

NBTF用1 MV高電圧電源機器は、現地据付後に1 MV絶縁を確認するサイト受入試験を2019年までに完了させ、2020年から欧州が調達した低圧交流電源(インバータ電源)と組み合わせて1 MV出力試験(統合試験)を開始したが、



図4 ジャイロトロン1号機据付け完了時の写真。

2021年の試験時に予期せぬ放電が発生し、1 MV絶縁変圧器が故障した。

その後の調査・分析の結果、1 MV絶縁変圧器の設計自体には問題がないことが確認され、再製作することとなり、このたび、再製作した1 MV絶縁変圧器をNBTFサイトに搬入した。搬入後、変圧器本体（6.2 m(W)×4 m(D)×3.6 m(H)、約140トン）は直ちに基礎上に設置することとしていたが、初期の据付工事の環境と大きく異なり、多くの電源機器・設備等がすでに据付けられているため、トレーラーが変圧器を設置する基礎の近傍までアクセスできないという制限があった。そこで、RFX研及び現地工事を請負うSynecom社と協議を行い、初期の据付時よりも大型の500トンクレーンを用いて、高さ約25 mの高電圧ホール建屋の屋上を通過させて基礎上に下ろすという大掛かりな作業手順を選択することとなった。関係者間で十分な事前検討を行って協調を取り、その結果、計画通りに変圧器本体の設置作業を完了させた（図5）。1 MV絶縁変圧器の2次側ブッシングの組立て、および変圧器本体との接続作業は7月から開始し、10月頃に完了予定である。

5. ITER建設現場における組立作業の加速と成果

2025年春から夏にかけて、ITER建設現場では複数の重要なマイルストーンが達成され、ITER本体組立作業は加速の様相を呈している。

4月10日には、セクターモジュール#7がトカマク組立ピットに搬入された。このモジュールは、韓国製真空容器セクター、欧州・日本製のトロイダル磁場コイル、そしてサーマルシールドから構成される複雑なトカマク本体サブセクタである。前回、2021～2022年にかけて18ヶ月を要したモジュール#6の組立経験を活かし、#7はわずか6ヶ月と10日で完成。搬入作業も3週間前倒しで実施され、夜間の慎重な操作により、1,350トンの機器が無事に所定位置へ設置された。

6月には、修理を終えたモジュール#6が再びピットに搬入され、#7と並んで設置された。両モジュールは約15 cmの間隔を保ちつつ、ITERトカマク本体の構造が視覚的にも明確になってきた。年末までに3体目のモジュールが加わる予定であり、トカマクの1/3が完成する見込みである。（図6）

また、ヘリウム冷凍系においても重要な進展があった。7月には、トカマク建屋3階に設置された5基の補助冷却

ボックス（ACB）が全てクライオラインと接続され、試験が開始された。これらのACBは、クライオプラントから供給される液体ヘリウムを超伝導磁石やクライオポンプへ分配する役割を担い、ITERの極低温環境維持に不可欠な装置である（図7）。

組立建屋では、330トンのトロイダル磁場コイルを垂直に立てる2機のアップエンディングツールが並列稼働しており、真空容器セクター#5とTFコイルを組立て新たなセクターモジュールとする作業が進行中である（図8）。

これらの進展は、ITER計画の実現に向けた確かな一歩であり、現場全体に加速感と高揚感をもたらしている。

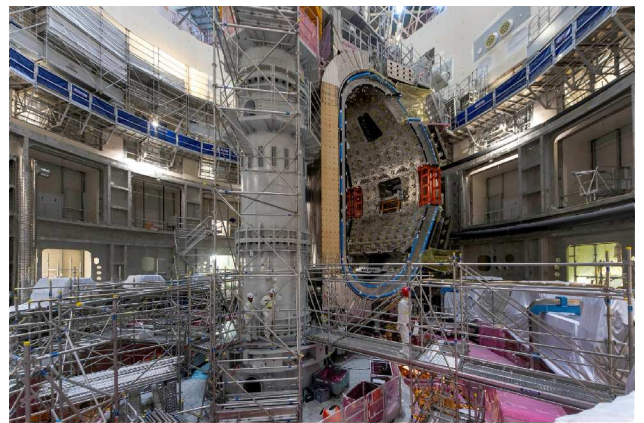


図6 トカマクピット内に設置されたセクターモジュールの一部。年末までに3体目が加わることで、プラズマチャンバーの1/3が完成する予定（写真：ITER機構提供）。



図7 トカマク建屋内に設置された5基の補助冷却ボックス。クライオラインとの接続が完了し、試験が開始されている（写真：ITER機構提供）。



図5 NBTFサイトに搬入された1 MV絶縁変圧器の据付作業。

6. 大阪・関西万博にてITERフュージョンエネルギー・デーを開催

ITER機構は、大阪・関西万博の国際機関館の一角において、フュージョンエネルギーと国際核融合実験炉ITERの展示を行っており、核融合の基礎知識から最新のITER建設状況、そしてフュージョンエネルギー開発が着実に進展していることを、毎日1万人程度の観客を受け入れ、説明して認知度向上に努めている。

去る7月13日には、「フュージョンエネルギー・デー」と称してITER機構のスペシャル・デイイベントを万博会場のレイカーデンホールにおいて開催した。本イベントには科学技術政策担当大臣である城内実大臣、十倉雅和万博協会会長、森英介衆議院議員、上川陽子衆議院議員、ITER計画参加7極の代表、地元自治体、経済界、産業界、行政庁、QST他からの参加があり、学生、一般観客と合わせ、約400人収容の会場いっぱいの観衆を得て開催された。

本イベントでは、まず三枝成彰氏が作曲されITER機構に寄贈されたITER機構のアンセムが披露され、国家斉唱が続いた。三枝氏からは、フュージョンエネルギーの「熱と光があまねくいきわたり、人々が喝采を送る様を、楽曲から想像していただけたら幸いです」、とのコメントが寄せられた。

イベント冒頭、日本国政府を代表して城内実大臣より開会宣言を頂き、続いてご挨拶並びにフュージョンエネルギーへの日本国政府の取り組みと期待が述べられた。続いてバラバスキITER機構長の来賓へのご挨拶があり、さらに核融合の基礎からプラズマの物理、ITERの最新の建設状況に関する詳細な報告があった(図9)。

昼食をはさんで午後からは、主要な来賓の皆様には国際機関館のITERの展示をご覧いただいた(図10)。特にITERサイトでの建設状況を体験できるバーチャルリアリティをご覧いただき、サイトに広がるプラント建屋・施設の建設がほぼ完了し、ITER本体の組立が着実に進展している様子を確認頂いた。

また会場においては、QSTの井上多加志がモデレータを務め、武田智之ITER機構人事部職員、竹永秀信QST

副理事、花田磨砂也那珂研究所長、フュージョンエネルギー産業協会(J-Fusion)を代表して古河電気工業(株)の廣瀬清滋氏から、それぞれITER機構職員へのお誘い、地上で核融合反応を実現する科学技術、現在世界最大の核融合プラズマを発生するJT-60SAの現状、そしてフュージョンエネルギー実現に向けた日本の産業界の貢献について、講演があった。さらに欧州EUROfusionのTamas Szaborics氏からフュージョンエネルギーに向けた広範な分野における欧州の取り組みが紹介された(図11)。講演の後には、フュージョンからインスパイアを得たとする「光と音のショー」が披露され、観客の皆さんには、ITERの完成とフュージョンエネルギーの実現に向けて、期待を胸に抱いてご帰宅頂けたことと思う。

7. ITER機構インターンシップ体験記：藤原 悠 (大阪大学大学院 工学研究科 環境エネルギー工学専攻)

私は2025年1月から7月初めまでの間、ITER機構のDiagnostics Teamにてインターンシップを実施した(図12)。ITERで過ごした半年間は、私にとってかけがえのない、非常に充実した日々であった。

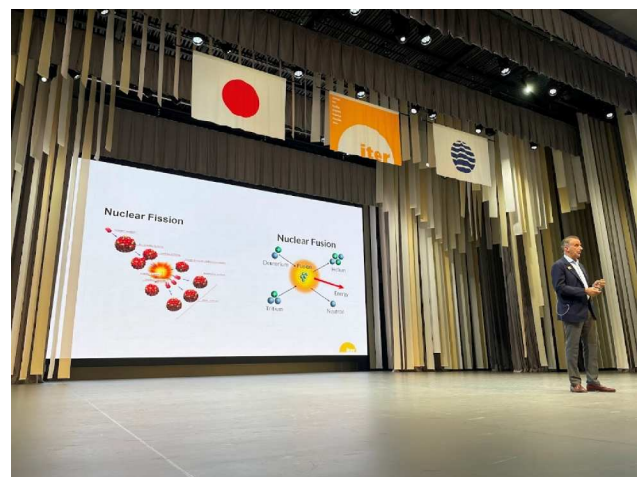


図9 Fusion Energy Dayにおいて、核融合の基礎からITERの建設状況までを報告するピエトロ・バラバスキITER機構長(写真：ITER機構提供)。

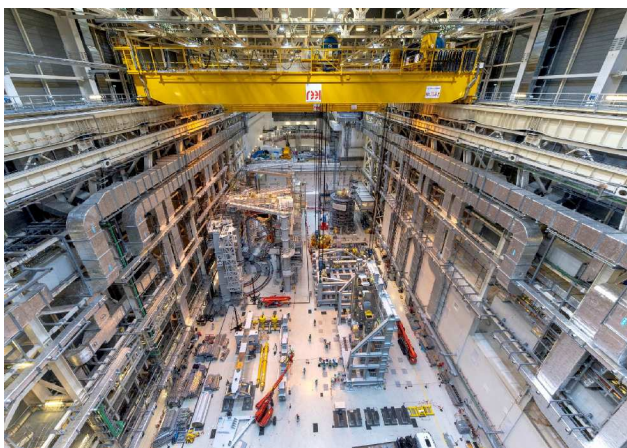


図8 アセンブリホール上部クレーンレベルからの俯瞰。奥にはトカマク組立ビットが壁越しに見える(写真：ITER機構提供)。



図10 ITER展示を訪問された来賓の皆様。



図11 1970年大阪万博の月の石から、今回の万博ではフュージョンエネルギー実用化に向けたITERの現状が紹介されている。本イベントでは、核融合の科学技術の進歩を象徴する5件の関連講演が報告された。

ITERでは、トカマク型核融合炉の安全運転を目的に、核融合炉内の中性子の挙動をシミュレーションにより評価する研究に取り組んだ。私は博士課程において、医療応用を目的に低エネルギー中性子の特性解析をシミュレーションで行っており、自身の経験を活かすことができると考え、インターンシップの参加に至った。

具体的な仕事内容は、CADで設計されたITERトカマクモデルのシミュレーションコードへの組み込みと、計算による数値解析の2点である。大規模かつ詳細なモデルを作成し、それをスーパーコンピュータを用いて計算するという、難しいながらも非常に面白いプロジェクトである。結果として、何とかインターンシップの期間内でこれらのタスクを遂行し、得られた成果を関連のワークショップで報告することができ、大変安堵した。

本インターンシップを通して、配属チーム、日本人職員の皆様、そしてインターン生と、たくさんの素敵な出会いに巡り合うことができた。チームメンバーとは週に1度のミーティングを通して進捗を確認しながら仕事を進め、昼食をともにするなど、ほとんどの時間を共にした(図12)。日本人職員の皆様とは、食事会などのイベント、各部署の施設見学の機会を通して定期的に交流した(図13)。日本の地から遠くフランスで働く皆様はご家族の方々も含めて志に溢れており、自分の将来ありたい姿そのものであった。インターン生とは、住まいのエクサンプロヴァンスの街に繰り出して食事を共にするなど、充実したプライベートの時間を過ごした(図14)。また、夏のヨーロッパは温暖で安定した気候、長い日照時間と観光に最適であり、この期間にたくさんの場所を訪れたことは、人生の財産である。

本インターンシップは、面白い研究テーマと素敵な人との出会いのおかげで、濃密な6か月間にすることができた。将来は、ここで出会った素敵な皆様のように、国際的な舞台で活躍する存在になりたい。

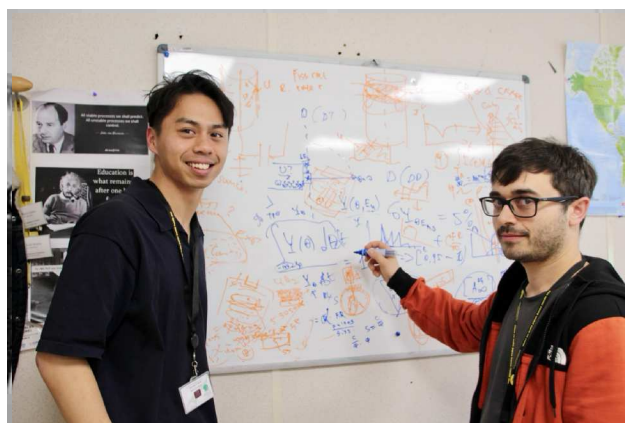


図12 居室で撮影した、SupervisorのMariano Giovanni博士との写真。



図13 日本人職員の皆様と、ハイキングを共にした時の集合写真(最後列の黒い服を着用しているのが筆者)。



図14 インターン生でとった集合写真(後列、左から3番目が筆者)。

そして、これを読んでいる方には是非インターンシップに参加いただき(できれば夏に)、ここでしかできないことを覗いてほしいと強く願う。

(量子科学技術研究開発機構 量子エネルギー分野)