

1. 第31回 ITER 理事会が開催

2022年11月16日, 17日に開催された第31回 ITER 理事会において, 新しい機構長はITER機構と国内機関による機器の納入, 現地での据付・組立活動の成功のための最善の努力を反映したITER計画の進捗報告を行った. 機構長はITER計画の評価を開始し, さらなる対処が必要ないくつかの分野を同定した.

ITER 理事会では, 以下についての報告・議論が行われた.

- 理事会は, 現地及び加盟極の施設における物理的進捗の継続に, 感謝しつつ留意した.
 - つい最近のポロイダル磁場コイル1号機の出荷を含む, 現在進行中の世界初の機器の製作と納入
 - ファーストプラズマに必要なすべての磁石電力変換器の据付と, 冷凍施設や冷却水プラントのサブシステムの試運転を含む, 現在進行中のプラント支援システムの据付
 - トリチウム建屋, 制御建屋, 及び中性粒子ビーム施設の土木作業の大幅な進捗を含む, 現在進行中の現地の建設作業
- 理事会は, 世界初の機器に関連するいくつかの懸念に対応する必要性に留意した. 特に, 主要機器の最近の分析結果から, 大幅な修理が必要なることが明らかとなった. 理事会は, 機構長に対し, これらの不具合の影響を評価し, 必要な修理作業をできるだけ早く開始するよう指示した. さらに理事会は, ITER 機構と国内機関に対し, このような問題の再発を防ぐため, 共同して計画全体に適切な品質文化を醸成するよう指示した.
- 理事会は, フランスの規制当局である原子力安全局 (ASN) からの残された質問に対処するための現在進行中の努力について留意した. 理事会は, これらの課題に効果的に対応するため, 技術的に正しく透明性のある ASN とのコミュニケーションを確かなものにするという機構長の意思を歓迎し, この問題の進捗を緊密に報告し続けるよう要請した.
- 理事会は, 包括的な評価と是正計画の確立の後に, ベースラインを更新するという機構長の勧告を受け入れた. これらのアクションを成功裏に遂行することにより, ITER 機構は建設を完了するまでの新しいタイムラインとコストの確実な見積もりを行うことができる.
- 理事会メンバーは, ITER の使命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ため, タイムリーな課題解決のために協力することを決意した. 理事会は, ITER 計画が接している現在進行中のプレッシャーに留意し, 全ての加盟極に対し, 建設, 据付, 組立戦略を実行するために, 物納及び現金貢献を行うよう奨励した.

2. ITER ジャイロトロン6号機が1000秒 / 1 MW の運転試験により量研テストスタンドの健全性を実証

量子科学技術研究開発機構 (以下, 量研) では8機の ITER 用ジャイロトロンが製作が終了し, うち5機までは性能確認試験が終了, その結果について ITER 機構より承認されている. また, うち最初の2機については, すでに ITER 機構に輸送されている. 現在は ITER ジャイロトロン6号機の性能確認試験が終了したところである. この6号機を用いて1 MW / 1000秒運転に量研のテストスタンドが耐えられるか, 運転試験を実施した.

ITER 機構より, ITER 用ジャイロトロンを用いた高効率 (電力効率50%以上) かつ1000秒運転のデモンストレーションについて依頼がなされており, 7号機もしくは8号機にて試験を実施する計画である. 今回の1000秒運転試験はその予備試験に該当する. 量研のテストスタンドの導波管の冷却は完全ではなく, 時間と共に温度が上昇し続ける. このため, 7号機及び8号機の1000秒試験に向けて導波管の冷却を強化した. その効果を確かめるために, 性能確認試験が終了した6号機を用いて1 MW / 1000秒運転 (ただし電力効率は44%程度) を実施し, 伝送系の温度上昇を調べた. その結果, 伝送系のうち最も温度上昇が高いダミーロード手前においても, 最大温度は130度程度であり, アルミニウム合金である導波管にダメージを与える可能性がある150度より低い温度となることが確かめられた (図1). 以上より, 7号機及び8号機による1 MW / 1000秒デモンストレーションの準備が整ったと考えられる.

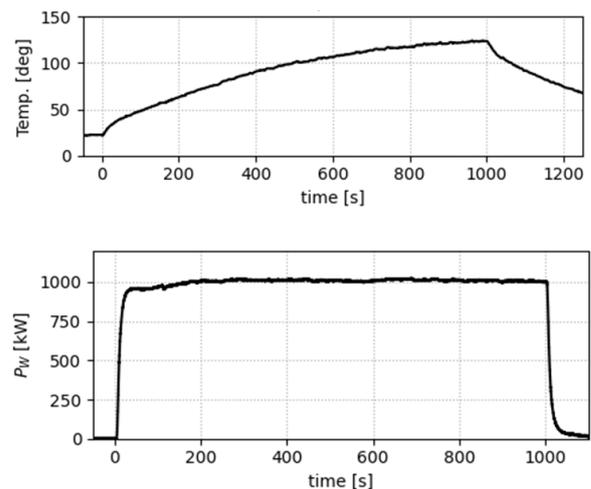


図1 導波管の温度上昇 (上) 及び, ジャイロトロン出力 (下) 波形.



図2 ITER 日本国内機関ブース.

3. 第39回プラズマ・核融合学会年会への出展

富山市で開催された第39回プラズマ・核融合学会年会(2022年11月22日~25日), 及びプラズマ・核融合若手フォーラムにより開催されたプラズマ・核融合若手夏の学校(11月20日~21日)において, ITER機構インターンシップ, ポスドクについて, 応募要領, 従来との違い, 量研による応募支援, 応募方法, 渡仏までの流れ等を説明した.

3年ぶりに現地で開催された年会では, これまでの企業展示で行われていたブース(図2)での説明に加え, 10分間の企業ショートセミナー, Fusion Festa(学生と企業(研究機関を含む)との交流会)も行われ, 従来に比べて多くの参加者への情報提供の機会が提供された. また, 学会に先駆けて行われた夏の学校では, ITER機構の

インターン経験者などが中心となって企画したITER座談会にて, ITER機構の大前首席戦略官の話に続いて, ITER機構インターンシップへの応募方法等について説明した. 新型コロナウイルスの影響で困難であったが, 3年ぶりに学生に直接ITER機構インターンシップやポスドクについて説明することができた.

2023年のITER機構インターンシップは66のテーマで2022年11月14日から2023年2月15日まで公募が行われている. 来年以降のインターンへの応募も含めて, 量研まで問い合わせさせていただきたい.

ITER 公募案内

<https://www.fusion.qst.go.jp/ITER/staff/jobs.html>

4. ITER フォトブック 2021-2022 日本版の発行

この度, ITER 調達機器やITERサイトの建屋, ITER組立などを紹介するITERフォトブックの日本版を発行し, ITER Japan ウェブサイトにて公開している(図3). 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組立を含むITERサイトの進捗状況の写真を掲載し, ITER計画全体の進捗状況や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制作している.

今回発行したITERフォトブック2021-2022日本版は, 全104ページで構成され, 日本は中性粒子入射加熱装置, 高周波加熱装置, ダイバータ, トロイダル磁場(TF)コイルなどの写真を76ページから90ページに掲載し, 各機器の製作が順調に進んでいることを紹介している.

ITER フォトブック 2021-2022 日本版(ITER Japan ウェブサイト)

(https://www.fusion.qst.go.jp/ITER/images/page/337/ITER_PHOTOBOOK_2021-2022_JA.pdf)

(量子科学技術研究開発機構 量子エネルギー部門)



図3 発行された日本版フォトブック.

1. 「ITER 機構副機構長就任のご報告」

量研 那珂研究所 鎌田裕

2023年3月15日にITER機構副機構長(科学技術担当)に就任する事になりました, 那珂研究所副所長の鎌田裕です(図1)。

私は, 40年以上に亘って核融合の研究開発を行って参りました(卒論以来ずっとプラズマ・核融合学会の会員です!). その中で, JT-60, JT-60U, そしてJT-60SAで, 大型トカマク装置の全部の段階(設計, 建設, 運転, 実験, 解体)に携わってきました. 前半はプラズマ実験を行いました. 後半では, 日欧共同事業であるJT-60SA計画を13年間指揮して建設を完了したほか, ITER事業への日本の貢献活動を進めてきました. また, 国際トカマク物理活動の議長, ITER理事会科学技術諮問委員会の議長, ITER理事会の日本政府代表団など, 長年にわたりITERの実施計画の策定に関わってきました. その間, 世界の研究者, 研究所, 政府, 産業界の皆様と交流させて頂きました. 国内でも, とてもたくさんの先生方に導いて頂きました. 深く感謝申し上げます. 今回の科学・技術担当の副機構長の役割は, これらの経験を活かして, ITER機構の戦略ビジョンの実施など, 全体運営に関して機構長を補佐するとともに, 特に, 科学・技術関連プログラムを統合して実施すること, 建設活動を円滑に進めること, そのためにITER機構と参加各極による「一つのプロジェクト, 一つのチーム」を実現することです. この大変光栄な粹割を精一杯努め, 若手人材を育てつつ, 世界の仲間と協力して核融合科学技術の発展に貢献したいと思っております.

核融合発電に向けて日本や世界の研究開発が活性化の中で, プラ核学会の皆様には, 是非ITERを有効に「活用」して頂きたいと思っております. 建設も, 運転も, 実験も, 物理も, 工学も, ITERは核融合システムの実例として重要です. 国内的には, これらの研究開発領域を



図1 ITER機構副機構長(科学技術担当)に就任する量研 那珂研究所 鎌田裕副所長。

含めつつ, JT-60SAや, ブランケット, 原型炉設計, シミュレーション・モデリング活動などと, 密接な連携(人材の還流や若手人材のキャリアパスの構築を含めて)を築くべく, ITER「日本研究チーム活動」の構想がまとまりつつあります. ぜひ, 特に若手の皆様! この活動に参加してください. そして, ITER機構にも来てください. また, 産業界の皆様には特に, ITERの機器製作と, その運転にも参加して頂き, 魅力的で信頼性のある原型炉の建設に活かして行って頂きたいと思っております. 今後とも, 何卒よろしく申し上げます.

(執筆日 2023年2月7日)

2. 核融合炉用3周波数ジャイロトロンを世界で初めて開発

量子科学技術研究開発機構(以下, 量研)は, ITERと同じ周波数である170ギガヘルツに加えて, 137ギガヘルツと104ギガヘルツの3つの周波数で高出力連続動作が可能な3周波数ジャイロトロンを開発した.

ジャイロトロン空洞共振器で励起されるマイクロ波は, 発振モード(TEモード)と呼ばれる複雑な電界分布を持つが, モードコンバータと呼ばれるジャイロトロン内機器を通過させることで指向性の高いガウスビームに変換され, 金属ミラーを介してジャイロトロン出力窓から放射することができる. 空洞共振器では, 動作条件により様々な発振モード(周波数)のマイクロ波を励起させることが可能であるが, 発振モード毎に固有の放射角度を持つため, 単一周波数での設計が基本となる. しかしながら, 量研はこれまでにモードコンバータからの放射角度がほぼ一致する発振モードの探索に成功しており, 2つの周波数で長パルス発振が可能なジャイロトロンを開発に成功している. しかし, 3周波数となると周波数が大きく離れており, ビーム広がりを抑えることが難しく, マイクロ波ビームが伝送中に散逸して高出力で連続動作させることが困難であった. この問題を解決するために, モードコンバータの出力後にマイクロ波ビームを整形・伝搬させる役割を持つジャイロトロン内部と, ジャイロトロンと導波管伝送路を仲介する整合器内部の計6枚の金属ミラーに対して, これまで別々に最適化してきたモードコンバータとこれら6枚の金属ミラーを一括で最適化させる設計手法を導入し, その設計結果をもとに製作を行った. 実験の結果, 170ギガヘルツ, 137ギガヘルツ, 104ギガヘルツという大きく異なる周波数のマイクロ波ビームが導波管中央部へと伝搬され, 導波管先に設置したターゲットの全く同じ位置に, ほぼ同じビームサイズで到達していることが確認された(図2). ジャイロトロン内部及び整合器内部のマイクロ波ビームの散逸は大幅に減少し, 170ギガヘルツと137ギガヘルツにて1メガワット, 104ギガヘルツにて0.9メガワットの連続動作(300秒間)を達成し, 世界で初めて単一ジャイ

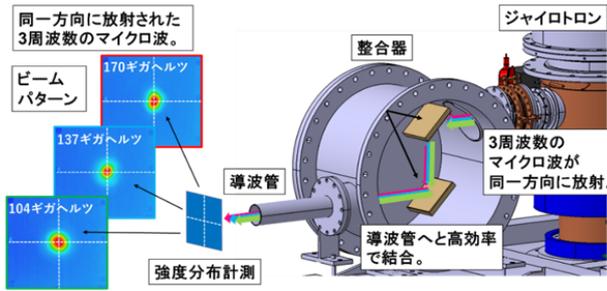


図2 ジャイロトロン、整合器、導波管と順に伝送された3つの周波数のマイクロ波ビームが同一方向に伝搬している様子。

ロトロンによる3周波数の高出力連続動作を実証した。

3. 第14回ITER計測に関する日韓ワークショップを開催

「第14回ITER計測に係る日韓ワークショップ」をITER日本国内機関(JADA)がホストとして那珂研究所において2023年1月12日、13日に開催した(図3)。本ワークショップは、第18回日韓核融合協力合同主調整役会合(JCM18)において合意された会合である。

参加者は、日本から17名、ITER韓国国内機関(KODA)から9名参加した。本ワークショップは全体概要、中性子計測機器、ポート統合機器、光学計測機器、計装制御、核解析、6つのセッションで構成されており、各セッションにおいて両極の代表者が進捗についてプレゼンテーションを行い、各セッションにおける今後の課題の抽出を行った。中性子計測機器のセッションにおいては、日本が調達するマイクロフィッションチェンバーのデータ収集システムのノイズ対策が課題の一つとして挙げられた。本課題の解決方法として、KODAが所有するトカマク(KSTAR)にマイクロフィッションチェンバーのデータ収集システムを設置し、ノイズ特性を測定することが提案された。また、光学計測機器のセッションにおいて

は、韓国における中性子照射施設利用の難しさ、日本が調達する周辺トムソン散乱計測装置の信号処理について、ITER計装制御系での応答時間などが課題としてあげられた。前者の課題に対しては、JADAも利用している中性子照射施設の共同利用、後者の課題に対しては、KSTARがITER計装制御系に相当する環境を整備しているため、KSTARに周辺トムソン散乱計測装置の一部を設置し応答時間に係る検証することなどを議論した。

本ワークショップでは、両極が調達する計測機器の最新の情報を共有することができた。また、各計測機器における課題を抽出したが、これらは両極の協力によって解決が見込まれる。今後も、JADAとKODAは、協力してITER計測の開発を進める。

4. ITER/BA 成果報告会 2022

ITER/BA成果報告会2022「新たな未来を創造する核融合エネルギー」が、核融合エネルギーフォーラムの主催により、量研及び自然科学研究機構核融合科学研究所の共催、電気事業連合会、日本原子力産業協会、日本電機工業会、プラズマ・核融合学会及び日本原子力学会の協賛、文部科学省及び外務省の後援のもと、東京都千代田区内幸町のイイノホールにおいて、2022年12月22日に開催された(図4)。ここでは、ITER計画とBA活動に関して、来賓挨拶、基調報告、特別講演及び技術報告、並びにパネル展示などを通して、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。

佐和隆光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、森英介自由民主党核融合エネルギー推進議員連盟会長、増子宏文部科学省文部科学審議官、泉澤清次日本経済団体連合会むつ小川原開発推進委員会委員長、栗原美津枝経済同友会環境・エネルギー委員会委員長により、来賓挨拶が述べられた。

基調報告では、ITER機構のピエトロ・バラバスキ機構長からのビデオメッセージ及び多田栄介副機構長による「ITERの建設状況」、稲田剛毅文部科学省研究開発局研



図3 日韓ITER計測ワークショップ(1月12-13日)。



図4 ITER機構のピエトロ・バラバスキ機構長からのビデオメッセージ(写真上)及び多田栄介副機構長による講演(写真下)の様子。

究開発戦略官(核融合・原子力国際協力担当)による「日本の核融合研究開発政策」、竹永秀信量研那珂研究所長による「ITER計画及びJT-60SAに関するBA活動の進展と原型炉への展望」、長谷川和男量研六ヶ所研究所核融合炉材料研究開発部長による「BA活動における大強度加速器開発と広がる産業応用」について、それぞれ報告が行われた。

特別講演では、中路重之弘前大学学長特別補佐(COI担当)による「ビッグデータを起点とした健康づくりに向けた社会イノベーション創出の試み」と題する話題が提供された。

技術報告では、瀧田朋広株式会社アライドマテリアル熱マネジメント事業部 新市場開拓部部長、斉藤啓一キヤノン電子管デバイス株式会社技術統括責任者、中村孝司帝国イオン株式会社代表取締役社長、山地雅俊東洋炭素株式会社生産本部原子力室室長、塚原保徳マイクロ波化学株式会社取締役CSO、平井裕士ユニバーサルマテリアルズ インキュベーター株式会社アソシエイトにより、それぞれ報告が行われた。

最後に、山田弘司ITER/BA成果報告会・全体会合組織委員会委員長により、閉会挨拶が行われた。

パネル展示では、京都フュージョンアリアリング株式会社、金属技研株式会社、助川電気工業株式会社、東芝エネルギーシステムズ株式会社、日揮グローバル株式会社、日本ガイシ株式会社、日本電信電話株式会社、株式会社日立製作所、三菱重工株式会社及び三菱電機株式会社(以上、五十音順)、並びに量研により、それぞれ展示が行われた。

前回、前々回と同様に、会場収容率の制限をはじめ新型コロナウイルス感染防止対策を行いつつ開催され、266名の来場者を得るとともに、日本語及び英語の2チャン

ネルで実施されたYouTubeライブ配信では日本語チャンネルで約2,500回、英語チャンネルで約270回視聴され、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。

なお、下記に示すとおり、YouTubeライブ配信の動画はアーカイブとして継続して視聴でき、講演発表資料は核融合エネルギーフォーラムのホームページにて閲覧できるので、ぜひご覧いただきたい。

<アーカイブ動画>

日本語チャンネル：<https://youtu.be/BbnLlvbuaic>

英語チャンネル：https://youtu.be/TCMD2dtq_Y4

<講演発表資料>

日本語ページ：

<https://www.fusion.qst.go.jp/fusion-energy-forum/topics/topics2022/topics2022seika.html>

英語ページ：

https://www.fusion.qst.go.jp/fusion-energy-forum/topics/topics2022/topics2022seika_en.html

<核融合エネルギーフォーラムのホームページ>

<https://www.fusion.qst.go.jp/fusion-energy-forum/>

5. 第29回ITER企業説明会の開催

2023年2月8日に第29回ITER企業説明会をオンラインで開催した(図5)。本説明会は核融合研究の動向、ITER調達機器の概要や今後の調達予定を紹介し、産業界の皆様へ参画を検討していただくために年に1度開催している。今回は、文部科学省、ITER日本国内機関の各担当者が説明した。

まず、文部科学省研究開発局の稲田剛毅研究開発戦略官(核融合・原子力国際協力担当)から、我が国における核融合研究開発の展望について説明があった。内閣府では核融合エネルギーをより早く実用化するために議論を進め、今年1月に核融合戦略の骨子案を作成した。エネルギー問題・環境問題の解決という核融合の従来の意義に加えて、産業育成の観点からもビジョンを立て、企業の皆様がお持ちの技術を核融合研究に活かせるよう、必要な技術を明確にするとともに、原型炉に向けて体制を整備していく。世界の核融合産業をリードするた



図5 第29回ITER企業説明会開催の様子。

めにも、今後取りまとめられる戦略を踏まえ、様々な方策を実施していくとのことであった。

量研 杉本ITER日本国内機関長は、日本が分担する調達機器の進捗・主な成果、ITER機構の調達活動に関する量研の支援内容などを説明した。また、調達機器の詳細については、ダイバータ、遠隔保守機器、計測機器、テスト・ブランケット・モジュールの概要や今後の調達スケジュールを各担当者が説明した。

近年、核融合研究は世界で注目される分野となった。ITERのファーストプラズマに向けて日本の調達機器の製作を着実に進めるため、今まで以上に産業界のご理解、ご協力を得られるよう、量研は今後もITER参画推進活動を行っていく。

なお、ITER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」に掲載している。(https://www.fusion.qst.go.jp/ITER/jada/page2_7.html)

6. ITER 職員募集オンラインセミナーを開催

2023年2月3日(金)、量研は、女性の活躍に重点を置いた、ITER職員募集オンラインセミナーを開催した(図6)。昨年10月にバラバスキ機構長が就任して以降、ITER機構では職員のダイバーシティを重視、男女間の職員数の割合、ITER参加極間の職員数の不均衡の是正を強く意識するようになった。ITER機構邦人職員も、39名のうち女性は5名と、女性の割合は13%と低い(2023年1月末現在)。量研ではこれを受けて、ITERで活躍している女性職員から、建設ドメイン トカマク冷却水システムセクション、コントラクトマネージメントオフィサーの前田佳子氏と、コーポレートドメイン 人事サービスセクションHRパートナーの藤野さやか氏の2名に登壇していただき、応募動機、業務内容、生活面など、女性の視点から説明していただいた。また、量研からは、元ITER機構職員の花光圭子が、応募・選考プロセスに関して自らの経験に基づいて説明した。25名の参加者からは、セミナー中に多くの質問が寄せられるとともに、応募の意欲が高まったなど高い評価をいただいた。本セ



図6 オンラインセミナーの様子。ITER機構 藤野氏(上)とITER日本国内機関(下)。

ミナーには日本国内に限らずアメリカやイギリスからも参加があった。また、セミナー後はITER機構職員に応募する日本人を支援するITER機構職員公募会員登録の問い合わせがあり会員登録いただいた。今後もこのようなセミナーを通じて、応募者のサポートを行い、ITER機構邦人職員の獲得に努めていきたい。

7. ITER 機構インターンシップ体験記：

一本杉 旭人 (九州大学 総理工学府)

2022年5月8日から90日間にわたり、ITER機構のTritium Breeding Blanket Systems (TBB)にてインターンシップを実施した。それまでの準備、当時の職務内容、生活面について簡単に紹介する。

2021年4月頃に、量研のITER人材・広報戦略グループへインターンシップに参加したい旨を伝え、ご紹介いただいた職員さん方と一緒に Cover Letter (CL)、Curriculum Vitae (CV)、職務内容についての準備に取り掛かった。おかげさまで、夏頃には、私の専門領域(トリチウム工学)に近いTBBにて、特別に枠を用意していただけることが決定した。それ以降、ITER-Test Blanket Module (TBM) プロジェクトについての勉強や英語力の強化等を逆算して行った。

しかしながら、TBM、運転シナリオ、トリチウムに関する規制等についての情報集めとその整理、職場環境への適合等にひと月近くの時間を要した。その後、トリチウム透過量並びに材料への蓄積量の評価に本格的に取り組んだ。量研のブランケット工学研究グループのお力添えを賜りながら、汎用シミュレーションソフトウェアCOMSOL上で、日本極のTBMを一次元で構築し、冷却水へのトリチウム透過現象に関わるパラメトリックスタディを実施した。また、仕事の合間を縫って、トカマク複合建屋、組立建屋、高周波加熱建屋、クライオプラント、トリチウムプラント、PFコイル巻線建屋等への見学も実施した。

生活面においては、3つほど困惑した点があった。ひとつは、言うまでもなくフランス語である。「Je ne parle pas français. (フランス語は話せません)」と言えば英語で会話できると思っていたが、それは大きな間違いだった。基礎的なフランス語能力は身につけておくべきだったと強く後悔した。続いて、急激な円安である。現地との物価の違いも多少なりあったが、驚くべきスピードで軍資金が減っていった。とはいえ、余暇を全力で楽しむのがヨーロッパ流の働き方なので、将来からの前借りという名目で、現地職員やインターン生との交流、観光など充実した南仏生活を送った。最後は熱波である。エアコンなしの1ルームの部屋を借りたため、在宅勤務中や睡眠中はとにかく不快だった。一方で、依然コロナ禍であったものの、特に制限もない以前の様な生活を送ることができた(図7)。

90日間という短い期間ではあったが、本プログラムを通して得たもの全てが、私にとってかけがえのない財産となった。これもひとえに関係者皆様のご支援とご協力のおかげであり、ここに改めて感謝の意を表す。そ



図7 インターン生とのマルセイユ vs ミランの親善試合観戦（左から2番目が筆者）.

して、この経験を活かし、更なる挑戦と成長に繋げていきたい。

8. ITER 計画紹介マンガ Vol.5 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 (インターナシップ編), Vol.3 (ものづくり・出港編), Vol.4 (旅立ち編) を制作している。

2023年1月27日、待望のVol.5～ものづくり・日本の調達機器 ジャイロトロン～(日本語版)を発行した(図8)。

今回のストーリーは、学生時代にソレイユと知り合いITERに魅了された主人公太陽が、大学を卒業し社会人になったところから始まる。那珂研究所内で開発が行われているITERに必要な核融合プラズマ加熱装置「ジャイロトロン」の仕組みや調達状況について紹介する。新たなキャラクターも加わる中、日本のITER調達機器について学ぶ太陽は、意外な場所でソレイユと再会する。ITER Japan Web サイトにてVol.1～3の日本語版・英語版・フランス語版・プロヴァンス語版、Vol.4, 5の日本語版を公開している。今後はVol.5英語版の公開も予定しているので、ぜひご覧いただきたい。(ITER 計画紹介マンガ：http://www.fusion.qst.go.jp/ITER/comic/page1_1.html)

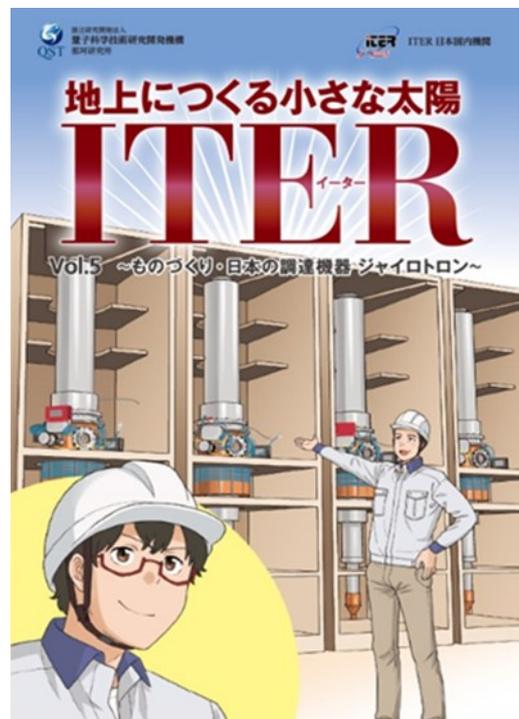


図8 ITER 計画紹介マンガ Vol.5 (日本語版).

(量子科学技術研究開発機構 量子エネルギー部門)

1. ITER トロイダル磁場コイル最終号機完成式典の開催

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いる。そのうちの予備機 1 機を含む 5 機は、三菱重工業（株）と三菱電機（株）の協力体制で製作を進め、4 機を東芝エネルギーシステムズ（株）が製作している。既に 9 機中 7 機が ITER サイトに納入され、この度、トカマクに組み込まれる 8 機のうち、最終号機となる TF コイル（TF07）が完成し、2023 年 2 月 21 日に完成式典が開催された（図 1、図 2）。

この TF コイルは、東芝エネルギーシステムズ（株）が担当する 4 機の TF コイルの最終号機である。TF コイルの製作は 110 トンの巻線部（WP）をステンレス鋼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、コイル容器の最終機械加工を経て、完了となる。東芝エネルギーシステムズ（株）の高い技術力と一貫した品質管理体制に加えて、関係者の核融合に対する情熱と製作開始から 10 年間に及ぶ献身的な努力によって、TF コイルの厳しい要求を達成して、TF コイルの製作を完遂した。



図 1 完成したトロイダル磁場コイル（TF07）。*（）内は、ITER 機構での TF コイル番号。



図 2 TF コイル（TF07）の完成式典。



図 3 工場から出荷される TF コイル（TF07）。

TF07は3月16日に工場からITERサイトへ向けて出荷され（図 3）、海上輸送及びフランス国内での陸上輸送を経て、6月にITERサイトへ到着する予定である。三菱重工業（株）と三菱電機（株）が担当する予備機である TF コイル 9 号機は、6月に完成する予定である。

2. ITER 機構邦人職員等の現状と応募支援

2023 年 3 月末現在の ITER 機構職員は 1078 名であり、2022 年～2023 年には、120 名の追加採用が ITER 理事会で承認されて、最新の事業のニーズに合わせて公募が行われているところである。3 月 15 日には鎌田裕副機構長（科学技術担当）が着任し、邦人職員は専門職 39 名、支援職 3 名の合計 42 名と、これまで最多の邦人職員数となった。この他に、ITER プロジェクトアソシエイト 6 名、客員研究員 1 名、量研職員 2 名が日本から ITER に派遣されている（3 月末現在）。この他、今後 7 月までに専門職員が 2 名着任する予定である。

2 月、ITER 機構人事より 50 名の公募予定リストが示された。公募部署の内訳は、機構長オフィス 9 名、建設ドメイン 21 名、コーポレートドメイン 5 名、エンジニアリングドメイン 7 名、科学・運転ドメイン 8 名である。これを受けて量研では、3 月 8 日と 17 日の 2 回、30 分間のショートセミナーを開催し（図 4）、今後の公募の動向と職務記述書の見方、人事に伝わる効果的な応募書類の書き方、面接時のアピール方法などについて説明した。参加人数は合計 71 名であった。

今年度、量研では 1 ヶ月に 1 回程度の頻度でオンラインセミナーを開催して応募のコツなどをお伝えし、邦人職員の増強に努めていく。

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



図4 ITER 機構職員応募ショートセミナー。

3. ITER 計画説明会の実施

2023年3月3日にオンラインで開催された蔵前就職情報交換の集い（第10回 K-meet）に出展した。本イベントは、東京工業大学の2024年3月卒業・修了予定者に向けた説明会であり、量研の人事担当及びITER計画に携わる研究員が各々説明を行った。

人事担当は、量研の概要や2024年に予定している募集要項を紹介した。ITERに関連する募集については「核融合炉用保守ロボットに関する研究開発」、「原型炉に向けたトリチウム技術に関する研究開発とトリチウム除去システムの調達業務」の2テーマを予定している。一方、ITERの研究開発に関しては、東京工業大学OBの研究者がITER計画の概要、現在従事している業務、入構の理由などを紹介し、研究員として働く魅力を具体的に伝えた。さらに、2つの研究開発グループの研究員が各々の業務を紹介し、ITERは幅広い分野の研究開発が必要であることを説明し、これまで学んできたことをITERにぜひ活かしていただきたいと伝えた。

今後もこのような活動を通して幅広い分野の方に理解を深めていただき、核融合エネルギー実現のためにより多くの人材を確保していきたい。

出展の詳細については、ITER Japan ウェブサイト「ITER計画とITER機構職員公募の説明会（出展情報）」に掲載している。（https://www.fusion.qst.go.jp/ITER/staff/page6_14.html）

（量子科学技術研究開発機構 量子エネルギー部門）

1. ITERだより 第100回という節目を迎えて

今回, ITERだよりは第100回という節目を迎えることができた. ITERだより第1回は2007年1月に発行され, その後の16年半という年月の間に, 数多くのマイルストーン (ITER建設サイトの整備, ITER調達機器の完成, ITER組立開始, ITER機構職員の増加など) が達成され, その進展は目覚ましい. 他方, これがまだ道半ばであることに, 心が引き締まる思いもある.

これまでのITERだよりを振り返ると, まず第1回で「ITER共同実施協定締結」と題して, 2006年11月21日, ITER参加各極の閣僚級による会合がパリ・エリゼ宮で開催され, ITER計画の実施主体となるITER国際核融合エネルギー機構 (ITER機構) が設立された事を報告している. その後, 2007年1月からITER建設サイトにおいて樹木の伐採作業が始まった (「ITER建設サイトの整備作業が開始」(第2回)). 当時のサイトは小高い丘陵地帯の森であった. その後サイトは, 2007年10月に180haの平地となった.

日本国内機関として, 日本が調達責任を有する機器の完成についても適宜報告している. 2016年より製作に着手した日本の調達機器であるITERジャイロトロン実機2機が世界で初めて完成したことを第62回「ITER用ジャイロトロン1, 2号機の製作完了」にて報告. また, 世界最大のニオブ・スズ超伝導コイルであるITERトロイダル磁場コイルを世界に先駆けて完成 (2019年1月) し, その記念式典を開催したことを報告した.

平地となったITER建設サイトでは, 建築が進み, トカマクピットや組立建屋など主要建屋が完成 (図1). そこに各加盟国で完成した機器の搬入がはじまり, それを祝う組み立て開始式典の開催 (2020年7月28日) を報告した (第83回). 各加盟国が分担する調達機器が完成し, ITER建設サイトに続々と集結し, ITER本体の組立準備が整ったことを, コロナ禍の困難があっても加盟国首脳オンラインで集い, その門出を祝った.

残念ながら, 2022年にITER計画はビゴ機構長という偉大なリーダーを失った. 新たなリーダーのもと, その意志を引き継いで, 今ある技術的困難に立ち向かいながら, 建設を推進している. 是非, 引き続き, ITER計画へ

のご理解とご支援を賜りますようお願いする次第です.

2. 負イオン学術専門書 Physics and Applications of Hydrogen Negative Ion Sources の刊行 (ITERプロジェクト部部长 井上多加志)

1970年代に仏エコールポリテクニクのバカール教授らは, 水素のアーク放電プラズマ中に水素の負イオンが予想を超えて高密度で存在することを見出した. 水素負イオンはプラズマ中であっても容易には生成されないというのが通説だったのだが….

筆者が核融合研究を目指して日本原子力研究所 (原研) に就職した1986年当時, プラズマ加熱装置である中性粒子入射装置 (NBI) の一次ビームには水素 (または重水素) の正イオンビームが用いられていた. 三大トカマク (TFTR, JET, JT-60) の次の段階である実験炉では, より大きなプラズマの中心部までビームを入射して加熱するためにMeV級の高いビームエネルギーが必要とされるが, 200 keV以上のエネルギーでは正イオンの中性化効率はほぼゼロになってしまうため, NBIは核融合炉では使えないと言われていた.

しかしながら負イオンであれば, MeV級の高エネルギーであっても, 簡単な構造のガスセルで, しかもわずかなガス圧で約60%の中性化効率が得られる. 原研では体積生成負イオンをNBIに利用する研究開発にいち早く着手し, 1985年に100 mA, 1986年には1 Aと着実に負イオンの大電流化開発を進めたのである.

1987年, 原研はバカール教授を日本に3か月間招聘した. 大型のイオン源試験装置で大電流負イオンを自分の手で実験したい, それがバカール教授の望みだった. この時, バカール教授のサポート役に抜擢されたのが当時修士卒2年目の筆者だった.

こんな出会いがあり, 会えば負イオンの議論を続けてきた. 本書はバカール教授を取巻く負イオンコミュニティの40年にわたる研究成果をまとめた学術専門書である. その内容は多岐に渡り, 負イオン体積・表面生成の物理, 生成・輸送過程のモデリング, 低電子温度・高密度負イオンプラズマ, 負イオン引出しの物理, 中性化プロセスと中性化セル, ヘリコン放電負イオン源, RF駆動・ECR



図1 左: 2007年3月30日 木の伐採が始まったITER建設サイト.
右: 2023年3月17日 建設が進むITER建設サイト (建設進捗率 78.1% 2023年2月末時点).



図2 2023年5月に発行された負イオン学術専門書
Physics and Applications of Hydrogen Negative Ion
Sourcesと筆者。

駆動負イオン源、核破砕中性子源用負イオン源、そしてJT-60U・ITER NBI用負イオン源と加速器と、当初全く謎に包まれていた負イオンの物理機構を一枚一枚ペールをはがすように明らかにし、手探りの中から加速器やNBIといった応用分野に活用していった現時点での集大成といえる、世界初の負イオン専門書である。

日本はLHDとJT-60U/SAに負イオンNBIを持つ世界をリードする負イオン先進国である。それゆえ、和田元先生（同志社大）、笹尾真実子先生（同）、宮本賢治先生（鳴門教育大）、堀池寛先生（阪大名誉）等、多くの国内の先生方を著者に迎えている。筆者は、原研、原子力機構、量子科学技術研究開発機構（以下、量研）と組織名は替わっても脈々と続けられてきた負イオン研究開発の成果と、JT-60U負イオンNBI、ITER NBIの負イオン源と加速器への応用を取りまとめた。またITER負イオン源に採用されたRF駆動負イオン源については、IPPガルヒンクのU. Fantz教授がその開発の基礎を本書に詳述しており、まさにITER NBIの学術的な基盤を与える専門書となっている。本書（図2）の刊行祝いに、バカール教授とパリでの再会を計画しているが、若かりし頃の師弟関係のまま、思い出話とともに負イオンをめぐる議論を再開するのが待ち遠しい。

3. ITER機構 技術調整会合が初開催

ITER機構（IO）の主催の下、技術調整会合（TCM）がIO本部において対面及びリモート参加のハイブリッド形式で開催された。IO及び参加7極から約300人の参加（リモート参加含む）を得て、2023年4月11日～14日の4日間にわたり、IOのベクレ工学部門長を議長として調達・建設の進捗、システム横断的課題、新ベースライン策定に関する課題が議論された。会合では冒頭のバラバスキ機構長による所信表明の後、2023年3月に着任した鎌田新副機構長から、ITERはOne Step to DEMOとしてDEMO炉に必要な技術の習得を目標とすべきことが強調された。今回の会合で特に議論が白熱した議題の一つは、新ベースライン検討の一環として第一壁アーマ材として従来採用してきたベリリウム（Be）をタングステン（W）に

変更する案である。Beは低原子番号材でありプラズマの放射冷却効率が低いことから、欧州のJETで採用されて高いプラズマ性能の実現に貢献してきた。一方、Beはその強い毒性により取扱いには放射性同位元素に準ずる厳格な規制が適用され、遠隔保守機器やホットセル施設等に特段の高い要求が課せられている。IO側から工学的な視点からBeとWの比較が示され、安全性、許認可手続き、組立て作業、廃棄物処理及び遠隔保守に大きな利点があると共に、各国で設計を進めているDEMO炉ではBe使用が想定されていないこと、W使用による放射冷却の増大を加熱システムの増力及び第一壁表面のボロン（B）コーティングで補えることが示された。このほか、安全工学、計装制御、超伝導コイルの核発熱の増大等に関する議論があった。また、既存装置からの教訓を紹介するとしてHL-2M、JT-60SA、KSTAR、WESTからそれぞれ講演があった。なおTCMは今後、年2回の頻度で開催し、技術課題や懸案事項等に関する議論を行う見通しとなっている。

4. 最終受入試験を迎えた ITER ダイバータ垂直ターゲット（OVT）プロトタイプ

量研は、日本が調達責任を有するITER向けのダイバータ外側垂直ターゲット（以下、OVT）の実規模大プロトタイプ及び実機の製作を進めている。これらプロトタイプや実機の製作では、ITER仕様を満たす主要材料（タングステン・ブロックや銅合金冷却管、特殊ステンレス鋼鍛造材など）を量研が予め調達し、ダイバータ製作メーカーへ支給し製作する。この度、三菱重工業（株）とともに2020年6月に開始した実規模大プロトタイプの製作が完了し、量研・那珂研究所が実施する最終受入試験のために納入された（図3、図4）。

本プロトタイプは実機製作に必要な技術、例えば受熱部であるプラズマ対向ユニット（以下、PFU）1流路当たり約140個のタングステン・モノブロックと銅合金冷却管の接合や、このPFU1本を設置する特殊ステンレス鋼製支持構造体などの溶接及びこれらの非破壊検査に関する認証試験を実施するなどして、段階を踏んで実証された技術により製作されている。三菱重工業（株）の高い



図3 搬入されたITERダイバータ外側垂直ターゲット・プロトタイプ。



図4 高温リーク試験装置の真空容器内への設置準備をしているITERダイバータ外側垂直ターゲット・プロトタイプ。

技術力と一貫した品質管理体制により製作されたプロトタイプは三次元寸法計測により表面輪郭度や幾何形状に関する厳しい要求公差を達成している。プロトタイプで得た経験や知見を生かし、現在、実機製作の製作工程を確立して、実機製作も進めている。

搬入されたプロトタイプに対して、量研が製作した試験装置を用いて高温リーク（漏れ）試験を実施する。本試験は、実機OVT全数に対しても実施するものであり、真空容器内に設置したOVTを運転温度まで昇温し、その流路にヘリウムガスによりITER運転時の冷却水と同じ圧力を繰り返し与え、真空中へのリークが無い事を確認するものである。本試験完了後、再度寸法計測等を行い、ITER建設サイトへ輸送する。輸送後は、ITER機構により他極が準備した他のプロトタイプ（カセットボ

ディ、内側垂直ターゲット、ドーム）を用いたダイバータカセットの組立試験を実施する計画である。

5. ITER 機構邦人職員等の応募支援、セミナーの開催

2023年5月末現在のITER機構職員は1089名であり、そのうち邦人職員は専門職39名、支援職3名の合計42名となっている。また、この他に4名の合格者があり10月までに着任する予定である。量研では一人でも多くの邦人職員を送り出すため、2時間程度のITER職員募集セミナー（年間3～4回）と、30分間のクイックレッスン（毎月開催、ショートセミナーから改称）を開催している¹⁾。

6月のセミナーではITER機構職員3名を講師に招き、職務記述書（Job Description）と自身経歴との違いをどのように克服したのか、などの説明を行った。また、クイックレッスンとして4月にITER計画の説明、5月に職務記述書の見方やITER特有の英語力について説明を行った。職員募集セミナー、クイックレッスンは誰でも匿名で参加できるので、ITER機構職員応募を検討している方は是非参加していただきたい。

量研では学生に対してもインターン等の応募支援を行っている。高専生（当時）の高橋陽太氏がトビタテ！留学Japanを利用してITER機構等のヨーロッパの核融合機関を訪問した記事が、「留学大図鑑」に掲載された²⁾（図5）。インターンに興味のある学生の皆さんは国内機関窓口へ問い合わせを欲しい。

1) ITER 機構職員応募セミナー

<https://www.fusion.qst.go.jp/ITER/staff/seminar.html>

2) トビタテ！留学Japan 留学大図鑑

<https://tobitate.mext.go.jp/zukan/detail-2773>

（量子科学技術研究開発機構 量子エネルギー部門）

図5 トビタテ！留学Japan 留学大図鑑。

1. 第32回 ITER 理事会が開催

2023年6月21-22日に開催されたITER理事会第32回会合(図1)において、ピエトロ・バラバスキ ITER 機構長は、ITER 機構(IO)及び国内機関(DA)が計画を成功に向けて適切に位置付け、品質と安全に関する確固たる文化を浸透させた努力を反映した、ITER計画の進捗について報告を行った。理事会は、機器の製造、納入、システムの設置および試運転が着実に継続していることに留意した。

ITER理事会では、以下についての報告・議論が行われた。

- ベースライン更新に関し、議論の多くは、IO、DA、及び選抜された外部専門家が共同し、理事会の検討に資するため最適化され信頼できるコストとスケジュールのベースラインを提案することに集中した。これらの取組には以下が含まれる。
 - COVID-19の感染拡大と世界初の機器を完成させるための技術的挑戦により生じた過去の遅延の回復
 - 主要機器の修理の戦略と契約の最終化
 - フランスの規制当局である原子力安全局(ASN)からの機器組立の「ホールドポイント」に関連する質問の解決と前に進むためのお互いの意識合わせ
 - ITER計画の進捗状況を効果的かつ透明性をもって伝えるため、完全な核融合運転に至る道筋において、科学的・技術的に意味のある明確なマイルストーンの設定
 - 将来のリスク低減のための戦略の検討、特に、ITERで完成した冷凍プラントを使用し、試運転を行った後に、据付前のトロイダル磁場コイルの追加試験の実施

- プラズマに対向する「第一壁」の材料をベリリウムからタングステンに変更する提案
- ITERの最初の実験キャンペーンの目的と科学的価値を高める「増強ファーストプラズマ」に向けた計画
- 総合すると、これらの取組により、核融合コミュニティに対するITERの付加価値を維持することができるとともに、急成長する商業核融合セクターに対して重要な情報並びに安全規制に関する重要な見識及び教訓を提供することができる。想定されるように、これらの取組により、ITERが規制当局に対して要求される安全性の実証を提供し易くするとともに、ITERの科学的目標を可能な限り迅速に達成するために以前から想定されていた段階的アプローチの段階を減らすことができる。理事会はこれらの取組に留意し、機構長に対して、2024年の審査及び承認に向けて、更新されたベースラインの準備を引き続き迅速に進めるよう要請した。
- 機構長の勧告に従い、理事会はセルジオ・オランダ氏をITER建設プロジェクト・リーダーに、アラン・ベクレ氏をITER首席科学官に任命した。また、理事会は、DAの支援を受け、より機動的なプロジェクト運営を実現しようとする機構長の努力にも留意した。
- 理事会参加各極は、ITERの使命の価値に対する強い信念を再確認し、ITERの成功を促進するためのタイムリーな解決策を見出すために協力することを決議した。機構長の要請に基づき、理事会は、特にサプライチェーンの品質を管理する計画の能力を強化するため、計画のガバナンスに関する一定の調整が実現可能かを検討することに合意した。理事会は、計画が直面



図1 6月21-22日に開催された第32回 ITER 理事会(写真: ITER 機構提供)。

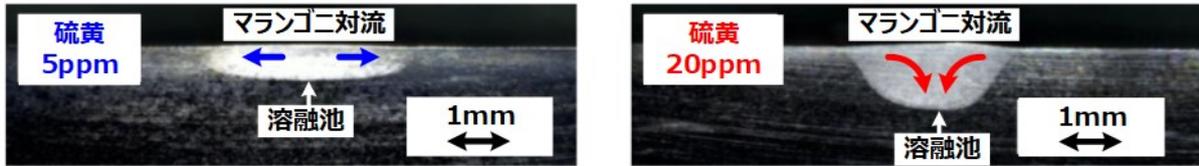


図2 硫黄含流量が溶け込みに及ぼす影響。

する継続的な課題に留意するとともに、ITERの全参加者が計画の成功を支援するために現物及び現金貢献を継続的に履行していることを評価した。

2. ITER CS 導体製作に関する研究成果で溶接物理・技術奨励賞を受賞

2023年8月8日に表彰式が行われ、日鉄エンジニアリング株式会社、大阪大学、千葉工業大学、量子科学技術研究開発機構（以下、量研）が共同で「高マンガンステンレス鋼のTIG溶接時における硫黄含有量が溶け込み深さに及ぼす影響」に関する研究により、一般社団法人 溶接学会 溶接法研究委員会から溶接物理・技術奨励賞を受賞した。

ITERの中心ソレノイド(CS)導体は Nb_3Sn 超伝導撚線を金属管(ジャケット)に引き込み、ジャケットを縮径することで、撚線とジャケットを密着させる構造としている。ジャケットは高強度と高靱性を両立できる高マンガンステンレス鋼(JK2LB)を使用しており、導体の長さ(最大918m)のために100本以上のジャケット(7m)を溶接して製作される。撚線とジャケットの隙間が約1mmであるため、撚線の引っ掛かりを防ぐため、溶接部裏側の形状が重要であり、溶接による溶け込み深さを高精度に管理することが求められる。

ジャケットの硫黄含有量により溶接時の溶け込み深さが異なることが観察されたことから、本研究では、硫黄含有量と溶け込み深さの関係とそのメカニズムを調査した。一般のステンレス鋼(SUS304)において、硫黄含量により溶融時の表面張力が変化することが知られている。表面張力が変化すると、溶接時の溶融池に生じる熱対流の一種であるマランゴニ対流が変化することから、これにより溶け込み深さが変化するのでないかと考えて、本研究が行われた。図2に示すように5ppmから20ppmという非常にわずかに含有している硫黄によって、溶融池の形状が異なるほどの影響があることを確認した。さらに、数値解析により硫黄含有量の違いによる表面張力によってマランゴニ対流の流れ方が変化し、溶け込み深さに影響するというメカニズムを明らかにした。

本研究成果は、現在、計画されている核融合原型炉で用いられる超伝導導体の製作に適用可能であるとともに、高精度の形状管理が要求されるあらゆるステンレス鋼の溶接に対する知見となるものである。



図3 オンラインセミナーのバナー。

3. 一般向け ITER Japan オンラインイベントを開催

2023年6月27日(火)に、ITERと生中継する一般の方向けのオンラインイベント「一緒にITER行ってみよう！」を開催した(図3)。

本イベントでは、ITER機構の大前敬祥首席戦略官と杉本誠ITER日本国内機関長が、ITER現地の組立ホールから生中継を行い、動画や写真では伝えられない現地からのリアルタイムの情報を一般の方にお伝えした。

組立ホール内で行われている作業の都合上、現場との難しい調整はあったが、10代から50代以上まで幅広い年齢層の123名の参加があり、ほとんどの参加者が途中退出することなく終了までご参加いただいた。

現場作業の都合上、事前に告知していたスケジュール通りの進行ではなく、現場で臨機応変に対応することとなったが、参加者からは「予定通りに行かない方が生中継というのをリアルに感じられて面白い」という声や「ITERの内部をたくさん見られたのが良かった！」など、あたたかいコメントを沢山いただいた。

概ねセミナーには満足していただき、アンケートに回答していただいた参加者全員から今後も参加したいとの回答があった。

参加者からは個別にも多くの意見をいただいております。これらの意見を参考に、今後もタイミングや内容を検討した上で生中継のイベントの企画・実施を進めていきたい。

進行の都合上、事前に募集した質問への回答ができなかったが、オンラインイベント特設ページにて中継のダイジェスト版と質問回答を公開しているので、ぜひご覧いただきたい。 <https://www.fusion.qst.go.jp/ITER/iter/event20230627.html>

(量子科学技術研究開発機構 量子エネルギー部門)

1. 日本が調達する最後のTFコイル (TF19) が完成

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) コイルの製作を担当している。この度、三菱重工業 (株) と三菱電機 (株) の協力体制で製作を進めた 5 機の TF コイルの最終号機 (TF19) が完成した (図 1)。また、既報のとおり、東芝エネルギーシステムズ (株) が製作を進めた 4 機の TF コイルは今年 3 月に完了している。

TF コイルの製作は 110 トンの巻線部 (WP) をステンレス鋼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、コイル容器の最終機械加工を経て、完了となる。プラズマを高性能で閉じ込めるため、高い磁場精度が要求され、高さ 16.5 m × 幅 9 m の巨大な超伝導コイルであるにもかかわらず、電流中心の精度として、数 mm が要求される。

三菱重工業 (株) と三菱電機 (株) の高い技術力と徹底した品質管理体制に加えて、関係者の核融合に対する情熱と、やり遂げるといふ強い意志で 10 年以上に及ぶ数々の困難を乗り越え、無理とも言われた厳しい要求を達成して、TF コイルの製作を完遂した。

TF19 は 2023 年 8 月 23 日に工場から ITER サイトへ向

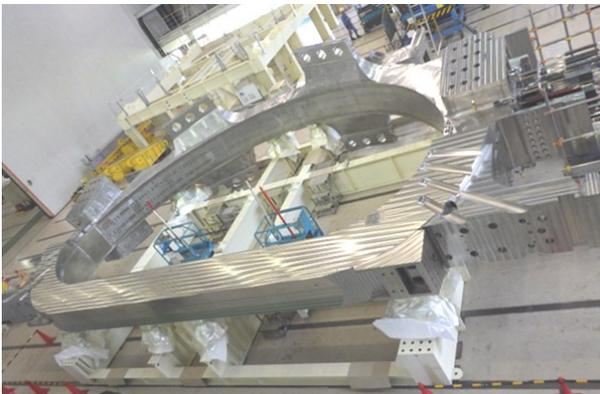


図 1 三菱重工業 (株) と三菱電機 (株) の協力体制で製作された TF コイル最終号機 (TF19)。



図 2 工場から出荷される TF コイル最終号機 (TF19)。

けて出荷され (図 2)、海上輸送及びフランス国内での陸上輸送を経て、11 月に ITER サイトへ到着する予定である。

2. バラバスキ ITER 機構長 那珂研視察

2023 年 10 月 3 日 (火)、ピエトロ・バラバスキ ITER 機構長が量研那珂研を訪問され、ITER 関連の研究施設並びに JT-60SA を視察した。石田真一量子エネルギー部門長をはじめとして、那珂研幹部、杉本誠日本国内機関長、及び多数の ITER 日本国内機関のスタッフがバラバスキ機構長を出迎えた。

まずバラバスキ機構長の希望を受け、多目的ホールに ITER 日本国内機関のスタッフ 100 名あまりを集め、All Staff ミーティングと銘打って、日頃気軽に話す機会のない主に若手のスタッフと機構長の間で対話を行った (図 3)。ITER プロジェクトで機構長が最も重視していることは何か？ これまでで最も困難な決断は何だったか？ 調達機器をサイトに納入した暁には、製作時の知見を活かして ITER の運転、プラズマ研究に参画することができるか？ JT-60SA の運転で得られた知見はどのように ITER に反映されるか？ といった数々の率直な質問に対し、バラバスキ機構長から誠実かつ丁寧に回答を頂き、プロジェ



図 3 ITER 日本国内機関のスタッフとのミーティング。



図 4 JT-60SA 中央制御室にて。



図5 ジャイロトロン2基の前で記念撮影。



図6 ITERブランケット遠隔保守装置を運転を体験される
バラバスキ機構長。

クトマネジメントから科学技術的課題まで幅広い質問に真摯に対応する機構長の親しみやすい人柄に多くの参加者が魅了された。

バラバスキ機構長は、日欧協力の一環で行われている幅広いアプローチ (BA) 活動に長く参画されていたことから、最新の JT-60SA の状況を視察されることを強く希望されていた。訪れた JT-60SA 中央制御室でもスタッフ多数の歓迎を受け (図 4)、JT-60SA の最新状況の説明を受けるとともに、JT-60SA 本体室にも入室し、ファーストプラズマ間近の JT-60SA 本体を視察いただいた。

さらに日本が調達責任を有する電子サイクロトロン加熱装置のジャイロトロンをご覧いただいた (図 5)。これまでにジャイロトロン全 8 基の製造を完了し、うち 4 基はすでに ITER サイトへ搬入されており、現在最終試験を行っている 7 基目のジャイロトロンを試験状況をご覧いただいた。その後、最新設計に基づいて各部主要部品を換装、より実機に近い形でその性能実証を目指す ITER ブランケット遠隔保守装置のプロトタイプをご覧いただき、実際に装置の運転を体験いただいた (図 6)。

今回の那珂研訪問について、バラバスキ機構長からは、JT-60SA の統合試験ならびに日本の機器調達の進展を確認する大変良い機会であったとのお言葉を頂いた。



図7 三菱みなとみらい技術館オンラインイベントの様子。

3. 三菱みなとみらい技術館オンラインイベント『ZEROからわかる！核融合エネルギーが実現する未来社会とは』に参加

ITER の機器調達において、日本が調達責任を有する TF コイルを始めとして、ダイバータなどの製作に参画している三菱重工業が運営する三菱みなとみらい技術館 (横浜市) の主催により、オンライントークイベント「ZERO からわかる！核融合エネルギーが実現する未来社会とは」が 2023 年 7 月 26 日 (水) に開催され、杉本 ITER 日本国内機関長が出席した (図 7)。本イベントは、昨年より始まった同技術館の社会人・学生 (高校生以上) 向けのイベントの続編となるものである。

三菱重工業では「MISSION NET ZERO」をキャッチフレーズに、カーボンニュートラル社会の実現に向けた取り組みを進める活動の一環として、このイベントで核融合エネルギーを取り上げている。エネルギーや電力の現状や問題点を幅広く検証し、核融合エネルギーが実用化された未来とはどのようなものになるのか、私たちの生活にどのような変化が起き、どんなことが実現可能になるのか、お笑いタレント・漫才師の U 字工事さんをモデレータとして、ITER 機構大前首席戦略官に対面にて参加していただき、皆で未来を想像するイベントとなった。

イベントは約 500 組の方々に視聴いただき、好評かつ次に繋がるコメントを多くいただくことができた。これまで核融合エネルギーに馴染みのない方にも興味を持っていただける良い機会となった。

イベントは、以下に公開されている。

三菱みなとみらい技術館【ZERO からわかる！核融合エネルギーが実現する未来社会とは】

<https://www.youtube.com/watch?v=e6aMCRVcLD0&t=78s>

4. ITER 計画に関する出前授業の実施

2023 年 7 月 20 日、青森県立むつ工業高等学校 (以下、むつ工業高校) にて、設備・エネルギー科の 2 年生および 3 年生数名を対象に出前授業を行った。

前半の講義では核融合エネルギーの原理や発電の仕組み



図 8 講義を行う技術員.

み, ITER プロジェクトの概要などを紹介し, 将来, 核融合発電で電力を供給するために研究開発を進めていることを説明した. 続けて, むつ工業高校 OB の技術員が研究所で従事する業務内容を紹介し, 質疑応答の際には学生時代のどのような勉強が役に立っているかと質問を受けた (図 8).

後半は日本が製作を担当する ITER 調達機器に関連した実験を行った. ITER の加熱装置ジャイロトロンに使用されている人工ダイヤモンドに関連した実験では, ダイヤモンド・プラスチック・銅をそれぞれ氷に当て, 氷の溶け方を比較する実験を行った. また, 超伝導コイルに関連した実験では, 電気抵抗がなくなった超伝導の状態を観察するため, 超伝導体の上に置いた磁石の上に乗せ, 磁石が重力に逆らうように浮いている状態を体験していただいた. さらに, 液体窒素の実験では, 液体窒素の性質を説明したあと, 風船とゴムボールを液体窒素で冷やすとどのような違いがあるのか結果を予想してもらいながら実験を進めた.

今回の出前授業では, 高校生みなさんに科学のおもしろさや奥深さを感じていただき, さらに核融合研究にも興味を持っていただけるよう授業を行った. 核融合エネルギーの実現には, 将来, 研究を担ってくれる若い世代の人材が必要となるため, 核融合研究の未来につながるような広報活動を続けていきたい.

(量子科学技術研究開発機構 量子エネルギー部門)