

# ITER だより(43)

#### 1. 第13回 ITER 理事会開催

2013年11月20日および21日にフランスのサン・ポール・レ・デュランスでITER機構のガバナンス機関であるITER理事会が開催されました。この2日間の会合では、議長である高津英幸氏(日本)の下、7つの極全て-中国、欧州連合、インド、日本、韓国、ロシア、および米国-からの上級代表が一堂に会しました。

理事会は、計画の中で主要なマイルストーンとなる、サイト内における主要な土木作業のための契約が締結されたことに留意しました。これらの産業界のパートナーとの契約には、トカマク装置並びに隣接した建屋の建設およびエンジニアリング作業が含まれています。また、全7極は、超伝導コイル、真空容器、クライオスタットなど、鍵となる機器の製造がそれぞれの企業において着実に進展していることを報告しました。

理事会は、2年に1回、独立機関が行う内部評価からの事業の運営およびガバナンスに関する改革の要求に対応しました。理事会はITER計画がスケジュール遅延等の直ちに取り組む必要のある課題に直面しているという評価人の見解に同意しました。このため、行動計画が1月半ばに示され、2月初めの臨時ITER理事会において評価されます。

理事会は、第1期はカーボン製ダイバータを用い、第2期にタングステン製ダイバータに交換する従来の計画に代わり、運転初期からタングステン製ダイバータを用いるというITER機構の提案を承認しました。この重要な決定は、コスト削減に寄与するもので、電子物理研究所(ロシア、サンクトペテルブルク)および欧州のトカマク装置JET(英国)における実験の成功など、タングステン製ダイバータに関する2年以上の研究開発成果に従って下されました。

理事会はまた、プラズマ全体の安定性を改善する真空容器内コイルの設計および試作の開発の進捗に留意し、これを計画のベースラインに含めるとのITER機構からの提案を承認しました.

ITER 機構は ITER の最も大きく重い規模の機器のレプリカを800トントラックに積み込み,104km の旅程を輸送して物理的耐久性の試験を行う試験輸送の成功を報告しました。この先駆的成功は2014年夏から始まる実際の ITER機器輸送に向け、道を開くものです。

ITER 理事会はギュンス・リー氏を2014年1月の初めから1年間の任期でITER 理事会の副議長として、オレグ・フィラトフ氏および鎌田裕氏をそれぞれITER 理事会の科学技術諮問委員会(STAC)の議長および副議長として、チアシュ・ティエン氏およびアンドラス・シーグラー氏をそれぞれITER 理事会の運営諮問委員会(MAC)の議長および副議長として選出しました。またマウリッツィオ・ガスパロット氏がテストブランケット・モジュール計画委員会(TBM-PC)の議長として再任され、ボン・グエン・ホ

ン氏が副議長として任命されました.また,プレマン・ディナラ氏が会計検査委員会の議長として任命されました.

理事会は、退任する議長や副議長の貢献に感謝しました ( $\boxtimes 1.2$ ).

# 2. モナコ ITER 国際核融合エネルギーデー (MIIFED2013) 開催

12月3日~5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ー(MIIFED)2013が開催されました。モナコ大公アルベール2世の臨席のもと本島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ました(図3)。MIIFED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2010年に続いて2回目であり、欧州を中心にITER参加各極から約400名の参加者がありまし



図1 第13回 ITER 理事会議事風景.



図2 日本の理事会メンバー.



図3 MIIFED でのアルベール大公のご講演.

た. 2日目以降は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政府、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いました。日本からは、藤木文部科学審議官、高津ITER理事会議長らが登壇しました。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、意見交換の場となりました。

### 3. カナちゃん文庫の贈呈式がマノスク国際学校 にて開催

多数の ITER 機構職員が居住するマノスク市にあるマノスク国際学校に那珂研究所から日本語の図書を寄贈しその贈呈式が行われました。11月にマノスク市を訪問した原子力機構那珂研 森所長から,日本語セクション生徒,先生および保護者の見守るなか,"カナちゃん文庫"の目録(509冊分)をマノスク国際学校のベルナール・フロンザック校長先生に手渡しました(図4)。日本語セクション生徒からは、お礼の手紙をいただきました。

### 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ます。その一環として、9月の日本原子力学会(八戸工業大学)、機械学会(岡山大学)、12月のプラズマ・核融合学会(東京工業大学)、低温工学・超電導学会(名古屋市・ウィンクあいち)の4つ展



図4 カナちゃん文庫の贈呈式 マノスク国際学校にて.

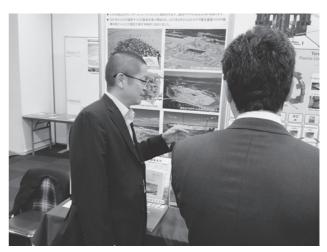


図5 低温工学・超伝導学会における ITER 展示ブースの様子.

示会に出展しました。展示ブースでは、来訪者に核融合、ITERなどに関する資料を配布し、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いました。ブースには、3DテレビやITER模型(100分の1スケール)、核融合関連施設の写真集、パンフレット等を展示しました。展示ブースは多くの学会参加者に興味をもってもらうことができ、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ました。また、学会会場のため参加者には学生も多く、熱心に説明を聴いたり、研究所の見学に興味をもってくれるなど、若い世代にも核融合研究についてアピールすることができました(図5)。これらの詳細については那珂ITERウェブサイト(http://naka-www.jaea.go.jp/ITER/index.html)の「ITER機構職員募集説明会について」をご覧ください。



# ITER だより(44)

# 1. 臨時 ITER 理事会開催:ITER 理事会がプロジェクト運営改善策を承認

ITER 協定に規定され2年ごとに実施される第3回の内部運営評価の勧告に対応するため、ITER 計画のガバナンス機関であるITER 理事会は、2014年2月13日にフランスのサン・ポール・レ・デュランスにおいて臨時の会合を開催しました。会合での議論の結果、理事会は全ての勧告に対応した運営改革の実施を全会一致で承認しました。これらの改革は、ITER 機構、各国内機関、ITER 理事会およびその補助機関の運営を対象に、プロジェクト全体の運営及びガバナンスが、プロジェクトの次の段階に求められる挑戦と要求に確実に適合するよう行うものです。ITER 理事会は、全ての改革が短中期に適切に実施されることを確実なものにします(図1,2)。

### 2. ダイバータ・プロトタイプのエフレモフでの 試験完了

原子力機構では、2009年6月にITER機構とダイバータ 外側ターゲットの調達取り決めを締結し、これまで実機用



図1 臨時 ITER 理事会議事風景.



図2 日本の理事会メンバー.

ターゲット製作のためのクォリフィケーションの一環とし て,外側ターゲット実規模プロトタイプの製作を行ってき ました. 2013年10月には実規模プロトタイプ用プラズマ対 向ユニット2号機の製作を完了し、調達取り決めに基づい てロシア国内機関の所有する高熱負荷試験装置 (ITER Divertor Test Facility; IDTF エフレモフ研究所に設置) にて 2回目の高熱負荷試験を実施しました. 図3および図4に プラズマ対向ユニット2号機を組み込んだテストアセンブ リの外観を示します. プラズマ対向ユニット2号機では直 線状のターゲット部の表面保護材は炭素繊維複合材(CFC 材),湾曲したバッフル部にはタングステンを使用してい ます. 高熱負荷試験では、CFC 材製ターゲット部に対して 熱負荷  $10 \text{ MW/m}^2$  で1000回, さらに  $20 \text{ MW/m}^2$  で500回の 繰り返し加熱を実施し、タングステン製バッフル部に対し て熱負荷 5 MW/m<sup>2</sup> で1000回の加熱を実施しました. その 結果,プラズマ対向ユニット2号機は、上記の実験条件で の繰り返し加熱に対して除熱性能の劣化に伴う表面温度の

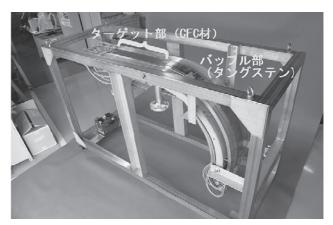


図3 プラズマ対向ユニット2号機を組み込んだテストアセンブリ.

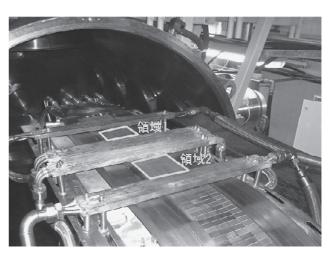


図4 IDTF に設置中のテストアセンブリ (CFC 材製のターゲット 部の2つの領域に対して交互に電子ビームを照射し、繰り 返し加熱を行う.).

漸増や表面保護材の割れ等の損傷もなく健全性を維持し、 高熱負荷試験に合格することができました。その後、テストアセンブリはロシア国内機関より原子力機構に返送され、実機製作のためのクォリフィケーションを無事完了し、日本の優れた技術力を証明することができました。

# 3. ITER トロイダル磁場(TF)コイルのトランスファ検証試験を完了

原子力機構は、調達を担当するITER向けTFコイルの製作にあたり、TFコイル製作装置の製作を進めています.

このITERTFコイルの製作では、超伝導導体をD形状に成型した巻線を構造体であるラジアル・プレート(RP)の溝に挿入するトランスファと呼ばれる作業が必要となります。この時、1本の導体を用いて2層の巻線を作る必要があり、また作業中に超伝導導体に加わる歪を0.1%以下として超伝導導体の性能劣化を防ぐために、トランスファ装置には高精度で3次元的に稼動する特殊な機構が備わっています。

今回,実機TFコイル製作用のトランスファ装置を製作し、検証試験において巻線、RPおよび装置が互いに干渉することなく巻線がRPの溝に挿入され、この時超伝導導体に加わる歪が0.1%以下であることを確認しました。これにより、実機TFコイル巻線のトランスファ作業が可能であることを確証(図5)し、いよいよ実機TFコイル巻線のトランスファ作業が開始されることとなりました。

#### 4. 中心ソレノイド(CS)用ダミー導体を米国に出荷

日本は、中心ソレノイド (CS) 用超伝導導体の調達責任を有しており、ITER 機構と2009年12月に調達取り決めを提携し、その試作・製作を実施しています。CS 導体はステンレス製コンジットを用いたケーブルインコンジット



図5 検証試験中のトランスファ装置.

(CIC) 導体であり、Nb3Sn 超伝導素線を多段で撚り合わせた撚線を用いています (図6). 導体長は最大918 m であり、総量49本必要です。これらの導体からCSコイルを製作する作業は米国が担当しており、日本で製作したCS 導体は米国に海上輸送する必要があります。

米国はCSコイルの製作R&Dの一環として、ダミー導体を用いて導体巻き線技術を開発する予定です。ダミー導体は、実際の超伝導導体と同じ製造工程で同じ長さの銅線を用いて製作した導体です。日本はこのダミー導体の製作も担当しており、本年1月末に930mのダミー導体を北九州市の港から米国西海岸のロングビーチ港に向けて出荷しました(図7).現在、超伝導線を用いた実物導体の製作も順調に進んでおり、最初の超伝導導体については出荷前の性能検査を行っています。この超伝導導体の米国への出荷は本年6月頃を予定しています。

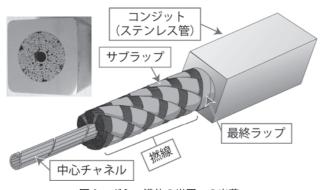


図6 ダミー導体の米国への出荷.



図7 CS 用超伝導導体.



# ITER だより(45)

#### 1. 製作性を考慮したダイバータカセット

原子力機構では ITER 機構との調達取り決めにもとづ き,ダイバータ外側ターゲット実規模プロトタイプの製作 を行ってきました. これまでに実規模プロトタイプ用プラ ズマ対向ユニット (PFU) の評価試験 (高熱負荷試験) を 2回実施し、合格することができました. この PFU を固定 し、冷却水を供給するためのマニフォールドの役割をもっ ているのがステンレス製支持構造体 (SSS) です. SSS は高 強度のステンレス鋼 (XM-19, SS316L(N)-IG) を用います が、原子力機構では内部の流路構造を工夫して、より製作 しやすい構造にするための検討を行いました. ITER 機構 の詳細設計 (Model-IO) では、ステンレス鋼板の溶接構造 となっており、図1(a)に示すような広い水室をもってい ます. 原子力機構が検討している構造 (Model-JAEA) は, 溶接部の長さを短くして溶接変形を抑制することを狙い, 主にステンレス鋼鍛造材をドリルで繰り抜いた構造となっ ており、図1(b)のような流路になっています. 本構造で はプラズマ対向ユニットへの冷却水供給部の近傍まで、4 本の配管が伸びる構造となっており、プラズマ対向ユニッ トの流路毎の流速が不均一となることが懸念されました. ITER ダイバータでは流路毎の流量のバラつきを±10%以 内とすることになっており、それぞれのモデルの3次元流 体解析を実施して比較しました. 図2はPFU各流路の流量 を示しています.この結果から明らかなように、Model-JAEA はModel-IO に比べて流量配分のバランスに優れ,流 路毎の流速のばらつきも小さいということが示され、本構 造を実規模プロトタイプ製作に採用するだけでなく. ITER 機構が作成中のフルタングステンダイバータの詳細 設計にも反映される見通しとなりました.



図1 ITER機構の作成した詳細設計 (Model-IO) と原子力機構の 提案する構造 (Model-JAEA) 流体解析用モデルのため、構造材ではなく冷却水の存在す る流路がモデル化されている.

# 2. HV ブッシングの大口径 FRP 絶縁管を製作し, ITER 要求性能(1段当たり 200 kV, 1時間保持)を達成

原子力機構は、日本国内機関として、ITERの中性粒子入射装置(NBI)のうち、1 MV 電源高電圧部および HV ブッシングの調達を担当します。現在、ITER NBI に先立ち、NBI 技術の実証を目的とした ITER と同規模の ITER 中性粒子ビーム実機試験施設(NBTF)をイタリア・パドヴァに建設中です。国内においても NBTF 用機器の製作が進行中です。

HV ブッシングは、最大1 MV の高電圧導体を真空中のビーム源(負イオン源、加速器)まで引き込むために電源の伝送ラインの末端に取り付けられる絶縁碍子であり、絶縁破壊を起こすことなく動作する安定性が求められます。また、一般の電力用機器として用いられるブッシングとは大きく異なり、1 台のブッシングで 0.2~1 MV の5つの異なる電位の導体群を同時に引き込む過去に例のない挑戦的な機器です。

HV ブッシングでは、コバール(ニッケル合金)と口ウ付け接合した大口径セラミックリング(内管)と繊維強化プラスチック(FRP)リング(外管)を二重に組み合わせた絶縁管を5段積み重ねて1 MV を絶縁します。ITER では、FRP リングをトリチウムの閉じ込め境界としており、セラミックリング破損時にも機器の重量(約60トン)や地震加速度(最大2G)を支持しつつ、周囲との圧力差(0.6 MPa)に耐える気密性を維持し、トリチウムを内部に閉じ込める高い信頼性が要求されます。

これまでに、HV ブッシングの実現に向けて、HV ブッシングの要素部品である世界最大口径のセラミックリングの製作や同リングとコバールのロウ付け技術を確立してきました。他方、大型 FRP リングは、従来大気圧下で内部を真空にして使用していましたが、ITER では1段あたり最大で直流240 kVの電気絶縁に加えて、従来の使用環境に比べ過酷な内外の圧力差最大9気圧に耐える強度が求められま

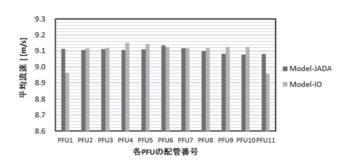


図 2 各 PFU (PFU 1 ~PFU11: 0.5 カセット分に相当) の流速の 比較 Model-JAEA の方が Model-IO に比べて各 PFU の流速の差 が小さく、流れのバランスが良い.

す.これらの要求を満たす大型 FRP リングの製法の確立が 課題でした。そこで、ガラス繊維製シートを管状に巻いて 形成することにより十分な機械強度を確保し、また電気絶 縁を劣化させる FRP 中のボイドを除去するために、真空中 でガラス繊維に樹脂を含浸させ、加熱して硬化、成形する 「真空含浸法」を採用しました。大型で厚肉ゆえガラス繊維 の巻き付け力が不均一となり、熱硬化時に発生する力が不 均一となって割れを生じることが懸念されましたが、 ITER 用と同サイズ(外径 1.76 m、肉厚 55 mm、高さ 350 mm)のモックアップの試作を通して、ガラス繊維を均一 に巻きつけるジグを開発し、また、硬化時の温度履歴を最 適化することで、割れの発生を回避する製作手順を見出し



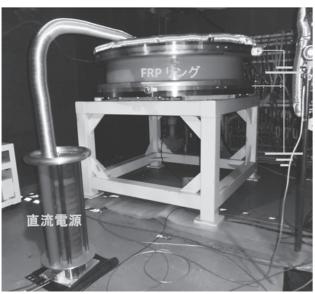


図 3 試作した HV ブッシング用 FRP リング(上)と耐電圧試験 装置の様子(下)。

ました. さらに,このような試作検討を積み重ね,実物大モックアップ(図3)を試作して性能試験を実施した結果,ITERで要求される耐電圧性能(直流240kVを連続1時間保持,および直流220kVを連続5時間保持),並びに内外の圧力差9気圧に耐える機械強度と気密性を実証しました.これを受けて,ITER用HVブッシング用FRPの製作手法を確立し,量産を開始しました.

# 3. 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ます. その一環として、3月の 日本原子力学会(東京都市大学)の企業展示会に出展しま した. 展示ブースでは、来訪者に核融合、ITER などに関す る資料を配布し、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いました. ブー スには、現在の ITER サイトの進捗状況を紹介したポス ター,核融合関連施設の写真集,パンフレット等を展示し ました (図4). 展示ブースは多くの学会参加者に興味を 持ってもらうことができ、ITER の進捗状況から調達機器 の技術的詳細まで,多くの質問が寄せられました.また, 学会会場のため参加者には学生も多く, 熱心に説明を聴い たり, 研究所の見学に興味を持ってくれるなど, 若い世代 にも核融合研究についてアピールすることが出来ました. 詳細については那珂 ITER ウェブサイト (http://nakawww.jaea.go.jp/ITER/index.html) の「ITER 機構職員募 集説明会について」をご覧ください.



図4 日本原子力学会(東京都市大)における ITER 展示ブース.



### 1. 第14回 ITER 理事会開催: プロジェクトが 前進する中で理事会は ITER の進展と挑戦的 課題を評価した

2014年 6 月18, 19日に、ITER 機構のガバナンス機関である ITER 理事会がフランスのサン・ポール・レ・デュランスで会合を行いました。この 2 日間の会合に、7 つの ITER 参加極 – 中国、欧州連合、インド、日本、韓国、ロシア、米国 – の全てから、上級代表がロバート・アイオッティ議長(米国)の下、一同に会しました(日本からは土屋定之文部科学審議官が代表団長として出席)(図 1, 2).

理事会は、ITER 建設の進捗に留意しました。2013年11月に開催された理事会以来、計測建屋の基礎部が完成し、トカマク建屋の基礎部の鉄筋補強は完了間近となり、クライオスタットの現地作業建屋も完成しました。また、ITER本部建屋の拡張部分は2014年10月から利用可能となります。主建屋とサイトのインフラに関する契約がすでに締結され、今年末までに組立建屋及び現地サービス建屋の建設作業が開始される予定です。主要機器の到着に向けて、10,000 m²の保管倉庫が計画されています。

7つの全ての参加極は、超伝導コイル、真空容器、クライオスタットを含む、重要機器の製作の進捗報告を行いました。また、参加極は、それぞれの活動及び調達の現状と、スケジュールの更新を最終的なものにしていくことの必要



図1 第14回 ITER 理事会メンバー(ITER 機構提供).



図2 会議風景(前列右は日本代表団長の土屋文部科学審議官).

性について議論しました。理事会は、スケジュールの遅延拡大を止めるために更なる努力が必要な点を強調し、ITER機構及び参加極に必要な措置をとることを指示しました。

理事会は、ITER機構による事業運営を改善するためのアクションプランの実施状況のレビューを行いました。理事会はまた、事業の次の段階における挑戦的課題及び必要事項に適切に対応した全体事業運営のために、ITER機構と国内機関との更に密接な協力の重要性を強調しました。

### ITER トロイダル磁場 (TF) コイルの実機巻線 作業に着手

原子力機構は、調達を担当するITER向けTFコイルの製作にあたり、実規模試作及びTFコイル製作装置の製作をメーカと協力して進めています。これまでに、巻線作業、冷媒入口部及びジョイント部の施工、トランスファ、導体絶縁の各装置の検証を完了して、3月末から実機TFコイルの巻線作業を開始し、これまでに3体のダブルパンケーキの巻線作業を完了しました(図3)。これらの全てにおいて、巻線の導体長さが管理基準である±0.01%を満足していることを確認しました。

TF コイルの製作では、導体の超伝導生成のために650℃で約100時間の熱処理をする必要があります。一定の高性能超伝導を確保するためには、 $650\pm5$ ℃で温度を保持する必要があります。今回、実機 TF コイル製作用の熱処理炉を製作し、検証試験において $650\pm5$ ℃を十分に満足することを確認しました。これにより、実機 TF コイル巻線の熱処理作業に向けた最終準備段階に進んでいます。

#### 3. CS 導体米国への引き渡しを開始

ITER 参加極間で国際合意された ITER 用機器の製作分担に基づき、日本は中心ソレノイド (CS) で用いる全49本の導体の製作を行い、米国はこれら導体を用いた中心ソレノイドの製作を担当します。原子力機構は CS 用導体の試



図3 製作を完了した実機 TF コイル用の巻線.

作を2012年から開始し、このたび、最初の5本の導体が北九州の工場で完成しました。同導体は、6月25日に北九州港響灘において次の製作工程を担当する米国へ引き渡され、米国カリフォルニア州ロングビーチに向けて貨物船で輸送が開始されました。これにより、日本が担当しているITER用機器が初めて海外に渡るという、ITERの建設における日本の貢献の重要な節目となりました。

CS 導体は20年の運転期間で6万回の「繰り返し電磁力」を受けますが、2010年に実施した従来導体のサンプルを用いた試験において、「繰り返し電磁力」に対して徐々に性能が低下する技術課題に遭遇しました。この性能低下は導体を構成する一部の超伝導素線が導体内部で変形することが原因で起こることを原子力機構が見出し、ITER機構と協力して内部で超伝導素線が変形しにくい撚りピッチを短くする改良を行うことにより、技術的課題を克服し、高性能化した導体の量産に成功しました(図4,5).



図4,5 完成した導体の外観と輸送船に積み込まれる木箱に入った導体.

導体の製作は2017年まで続き、定期的に米国に輸送される予定です.



# ITER だより(47)

#### 1. タングステンダイバータの高熱負荷試験

原子力機構では ITER 機構との調達取決めに基づき、ダ イバータ外側ターゲット実規模プロトタイプの製作を行っ てきました. 一方, 2013年11月のITER理事会において, ダ イバータの大きな設計変更が決定されました. この設計変 更は、ダイバータの表面保護材(アーマ材)を、これまで の炭素繊維材とタングステンの組み合わせから、全てタン グステンに変更(フルタングステン化)するというもので す. これを受けて、原子力機構では、上記の調達取り決め に基づく活動と並行して、 ITER 機構とのタスク契約に 基づいてフルタングステンダイバータの開発を行ってお り、その第1段階としてアーマ材を全てタングステン(圧 延材)とした小型ダイバータ試験体を製作し、ロシアのエ フレモフ研究所において高熱負荷試験を実施しました. こ の試験では、ITER で想定される最大の定常熱負荷に相当 する 20 MW/m<sup>2</sup>の熱負荷を繰り返し試験体表面に与え, 試 験体の挙動を観察しました. 試験中のタングステンアーマ 材の表面温度は再結晶温度 (1300℃) を大きく超える約 2600℃に達し、その表面は結晶粒の粗大化及び軟化に伴う 塑性変形が観察されました. しかし, 設計繰り返し数の3 倍強に当たる1000回の繰り返しに対して、試験体は安定し た除熱性能を維持するとともに, タングステンアーマ材に は亀裂のような損傷は観察されませんでした(図1).こ の高熱負荷試験の結果,原子力機構が製作した小型ダイ バータ試験体6体全てがITERで要求される熱負荷条件を 満足することが実証され、タスクに基づく開発の第2段階 となる実規模のダイバータ試験体の製作と試験に移行する こととなりました. 実規模ダイバータ試験体は2014年度中 に製作を完了し、2015年度前半にエフレモフ研究所におい て高熱負荷試験を実施する計画です.



図1 高熱負荷試験後の小型ダイバータ試験体で観測されたタングステンアーマ材の塑性変形(高熱負荷試験では中央の3枚のアーマ材表面を電子ビームで繰り返し加熱した.エッジ部分が湾曲し,隣同士のアーマ材が接触していますが,目視可能な亀裂等は観察されませんでした).

#### 2. ITER ビジネスフォーラム2014の開催

2014年7月1-4日に韓国・ソウルにおいて「ITER ビ ジネスフォーラム (IBF) 2014」 が開催されました (図2). IBF は2007年に始まり今回で4回目の開催で、参加企業は 120社,参加者は約220名でした.内訳は、欧州と韓国がそ れぞれ全体の40%、30%を占め、日本からは、原子力機構 から3名,産業界の6社から14名が参加しました。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 があり、また、各国で調達に参画している企業から最新の 進捗状況が紹介されるなど、全体で33件の発表がありまし た. 日本からは、原子力機構那珂核融合研究所の草間 ITER プロジェクト部長からの日本の調達活動全体の紹介 に加え、超伝導コイルのセッションにおいて、三菱重工㈱、 (株)東芝、及び大同特殊鋼株からトロイダル磁場コイルやコ イルケース等の製作状況が紹介され(図3), 日本での製 作の進展が大変注目されました. また, 原子力機構と上記



図2 フォーラムでの ITER 機構及び国内機関代表者.



図3 ITERビジネスフォーラム2014の様子における日本からの発表.

3 社がブースを開設し、各々の調達活動を紹介しました. IBF の重要な目的の一つは、企業間、国内機関 – 企業間の情報交換、企業の ITER 調達活動への参入、協力の可能性の模索です。全体セッションと並行して、30分単位のスケジュールで組まれた面談が積極的に行われ、それぞれの

機関、企業が公式・非公式の話合いを通して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4日間となりました.



# ITER だより(48)

### 1. イーター用超小型の130万ボルト耐電圧試験 装置の完成

原子力機構は、イーター加熱用中性粒子入射装置 (NBI) (建設地:フランス),及びイーター NBI 実機試験施設 (建設地:イタリア) に向けて、屋外に設置される巨大な NBI 用電源設備全体の耐電圧試験を一括して実施可能な、従来よりも10分の1程度の大きさの超小型・直流130万ボルト耐電圧試験装置を完成した (図1).

イーター NBI では、プラズマ加熱用の100万電子ボルト の高エネルギーイオンビームを発生するために、日本が調 達する100万ボルト負イオン加速電源や伝送系等と欧州が 調達する負イオン生成電源を組み合わせ、全長80メートル を超える100万ボルト超高電圧直流電源設備(以下, NBI 電源設備という)を製作する. 従来100万ボルトを超える機 器の耐電圧試験は、機器単体ごとに、水分やダストを管理 した建屋内で実施することが一般的であった。また、100万 ボルトの高電圧を絶縁するためには、機器と建屋の間に10 メートル以上の絶縁距離が必要である. このため耐電圧試 験は、機器単体の試験であっても、縦、横、高さそれぞれ 数十メートルにも及ぶ広大な試験室内で行われてきた. -方イーターでは、NBI 電源設備全体を一括して耐電圧試験 することが求められていた. さらに、耐電圧試験装置の設 置面積も、従来と比べて10分の1程度に小型化することが 求められていた.

そこで、絶縁ガスを封入した圧力容器内に耐電圧試験用電源を収納して絶縁距離を短縮し、装置の小型化を図ると共に、圧力容器を NBI 電源設備に直接接続して大気から隔離する構造とすることにより、耐電圧試験用電源周辺への水分・ダストの流入を抑える構造を考案した.この設計に当たり、絶縁ガスの耐電圧特性を取得し、100万ボルト高電圧の絶縁を高い信頼性で実現する絶縁ガスの仕様を定めた.

・従来の1/10サイズに小型化・NBI電源設備に直結しダスト流入を抑制する構造とし、屋外使用可能。

図1 従来の 1/10 まで小型化し、屋外で使用できる耐電圧試験 装置。

さらに、ダストが存在する場合の許容電界を新たに定め、試験装置の形状や配置を決定した。その結果、従来の10分の1程度の超小型の130万ボルト耐電圧試験装置を実現し、建設サイトに設置したNBI電源設備の一括耐電圧試験を可能にした。製作は欧州の高圧ガスの規格に従って実施し、日本調達機器の中で初めて欧州規格(高圧ガス規制)に合格した。

今後本装置は、日本で製作する電源機器の耐電圧試験に使用したのち、2016年に NBTF 建設地のイタリアへ輸送、2017年 2 月から NBI 電源設備の一括耐電圧試験で使用する計画である.

### 2. ITER 実機トロイダル磁場(TF)コイルの最初 の巻線熱処理作業を実施

原子力機構は、調達を担当するITER向けTFコイルの製作にあたり、実規模試作及びTFコイル製作装置の製作及び動作検証試験をメーカと協力して進めてきた。これまでに、巻線作業、冷媒入口部及びジョイント部の施工、熱処理、トランスファ、導体絶縁の各装置の検証、及び実規模試作試験を完了した。このうち熱処理については、超伝導導体の性能を確保するために、650°Cで約100時間の熱処理をするとともに、650°Cにおいては $\pm 5$ °Cで温度を保持する必要がある。これまでに、実機 TFコイル製作用の熱処理炉を製作し、実規模での検証試験において熱処理炉が $650\pm 5$ °Cを十分に満足する性能を有することを確認した。

上記の実規模検証試験の結果を踏まえて、本年3月末から実機TFコイルの巻線作業を開始し、これまでに5体の巻線作業を完了した。今回、最初の巻線1体について超伝導生成のための熱処理を実施し、成功裏に完了した(図2)。今後、熱処理を終えた巻線の形状に合わせてラジアル・プレートの最終組み立てを実施し、第1号巻線の完成に向けて、トランスファ以降の作業を実施する予定である。



図2 熱処理を完了した実機 TF コイル用の第1号巻線.

### 3. 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、9月8~10日に京都大学吉田キャンパスで開催された日本原子力学会2014年秋の大会企業展示会場に ITER サイトの建設状況を紹介するポスターや ITER 本体の組立アニメーション、核融合関連施設の写真集などを紹介するブース(図3)を開設した。昼休みには、核融合関連の発表会場において時間をいただいてブース開設の紹介を行った結果、多くの学会参加者に足を運んでいただいて核融合、 ITER 計画に関する理解を深めていただくとともに、 ITER 機構職員募集および登録制度を御案内した。学会参加者には学生も多く、幅広い専門分野の若い世代にも、核融合研究に興味をもってもらうことができた。

詳細については、那珂ITERウェブサイト (http://www.naka.jaea.go.jp/ITER/index.php) の「ITER 機構職員募集 説明会について」をご覧ください.



図3 日本原子力学会(京大吉田キャンパス)における ITER 展示 ブース.