



## 1. IFMIF 原型加速器入射器の初ビームに成功<sup>1</sup>

核融合エネルギー実現のためには、核融合炉に使用する材料の研究開発が必要です。そのため核融合炉で発生する中性子と同等のエネルギーの中性子を、加速器を用いて発生させ材料への中性子照射を行う国際核融合炉材料照射施設 (IFMIF) が検討されています。六ヶ所サイトの国際核融合エネルギー研究センターにおいては、日欧共同で進める幅広いアプローチ (BA) 協定の下、IFMIF の工学設計・工学実証活動 (IFMIF/EVEDA) 事業を実施しています。この事業の実証活動の一環として IFMIF 原型加速器の入射器の据付調整が完了し、2014年11月よりビーム調整試験を開始しました (図1)。

入射器は IFMIF 原型加速器の中で最も上流に位置し、重陽子 ( $D^+$ ) ビームを発生させるとともに 100 keV まで加速し、それを後段の高周波四重極加速器 (RFQ) に入射する機器であり、欧州側実施機関 (F4E) が調達を担当、フランス原子力・代替エネルギー庁 (CEA) が設計・製作し、原型加速器の機器としてはじめて欧州から六ヶ所に搬入されました。原子力機構は日本側実施機関として、F4E 及び CEA サクレイ研究所並びに IFMIF/EVEDA 事業チームと協力し、入射器の据付調整を進めてきましたが、最終的な各機器の動作確認等を完了し、11月4日に放射線管理区域を設定、陽子 ( $H^+$ ) ビームによる調整試験を開始しました (図2)。

初ビームは、日欧双方の研究者・技術者の非常に多くの協力や苦勞の末に達成したものであり、初ビーム達成の瞬間は制御室で見守っていた日欧の研究者・技術者から大きな歓声と拍手がわき起こりました (図3)。その後の試験では日欧の合同チームによるビーム特性等の測定を実施し、現在は重陽子ビームの加速試験のための一部改修を実施し、100 keV/140 mA の連続ビーム運転実証をめざす予定です。

2015年度からは次のステップとして、後段に続く RFQ や中間エネルギービーム輸送系 (MEBT), RF システム等が続々と六ヶ所サイトに搬入され、いよいよ本格的な加速

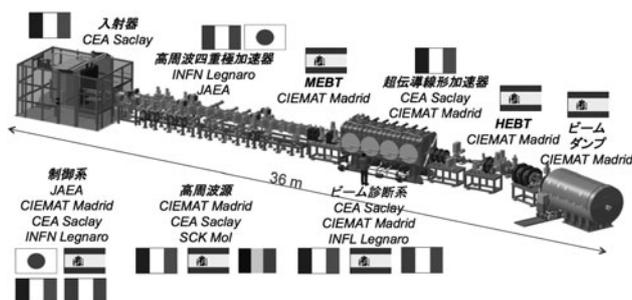


図1 IFMIF 原型加速器の全体構成、各研究機関が機器を調達し六ヶ所サイトで完成させる。

器組み立てに入ります。その後は超伝導線形加速器等の据付、試験を段階的に進め、IFMIF 原型加速器の完成をめざします。

## 2. IFMIF/EVEDA 事業液体リチウムターゲット実証試験の完遂<sup>1</sup>

IFMIF/EVEDA 事業において、中性子源となるリチウムターゲットの成立性に関わる工学実証試験については、大洗研究開発センター高速炉技術開発部との協力の下、同センターに実機規模のリチウム試験ループを製作して、約2年間にわたりその実証試験を実施してきました。平成26年10月末でこの試験が成功裏に完了したことを記念し、平成26年12月3日に関係者のご列席のもと、同センターにてその完遂式を開催しました。本完遂式では、来賓としてご出席いただいた文部科学省の仙波秀志研究開発戦略官、駐日欧州委員会代表部広報部長の Karapiperis 博士及び大阪

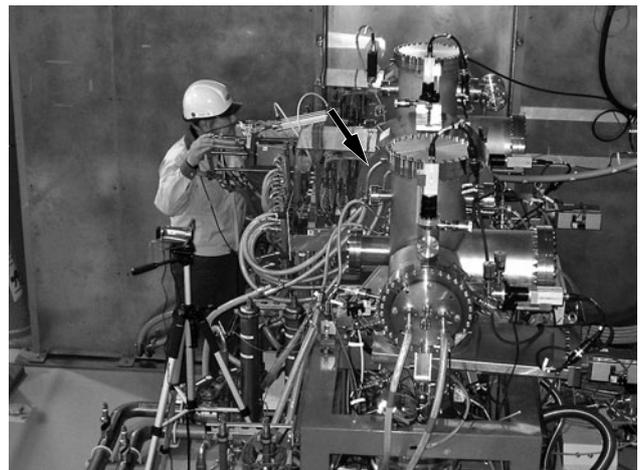


図2 設置された入射器 イオン源 (奥の金属製の箱の中)、LEBT (低エネルギービーム輸送系、中央の矢印の部分)、ビーム計測系 (手前の十字型真空容器)。ビームはイオン源から引き出され、LEBT を通過し、ビーム計測系内のビームストッパーで止まる。



図3 初ビームを喜び、制御室での記念撮影に収まる日欧の研究者・技術者。

大学の堀池教授からご祝辞をいただくとともに、この日欧協力の下での数々の成果が披露されました(図4, 5)。

### 3. サテライト・トカマク(JT-60SA)計画の進展<sup>2</sup>

那珂核融合研究所では、日欧が共同で進めている超伝導トカマクJT-60SAの建設が順調に進展しています。

JT-60SAの建設では、三次元CADソフトCATIAを用いて各部品の設計を行っています。現時点において、約8万点以上にも及ぶ部品がモデル化されており、各部品間の干渉チェック、組立手順の検討に活用しています。各機器の仕様を決定するために必要な有限要素法を用いた熱解析、応力解析、電磁場解析ではこれらのモデルを用いることができるため、効率よく設計作業が進展しています。今回、JT-60SA組立手順の動画を用意しました(図6, 7)。これまでの建設状況とあわせて、最新状況をJT-60SAのホームページにて順次公開していますので、是非ご覧ください。  
[http://www-jt60.naka.jaea.go.jp/jt60/html/mokuteki\\_jt60sa.html](http://www-jt60.naka.jaea.go.jp/jt60/html/mokuteki_jt60sa.html)

(日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門)  
 (1: 六ヶ所核融合研究所, 2: 那珂核融合研究所)



図4 本完遂式の様子：成果発表する近藤研究員(左)、マスター事業長(右)。

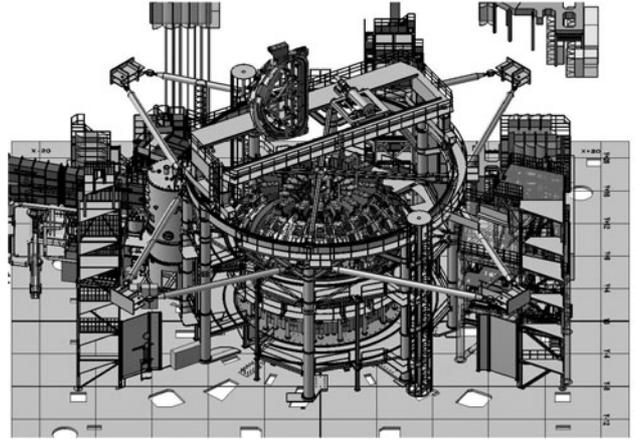


図6 JT-60SA組立手順(最終セクタの組立)。

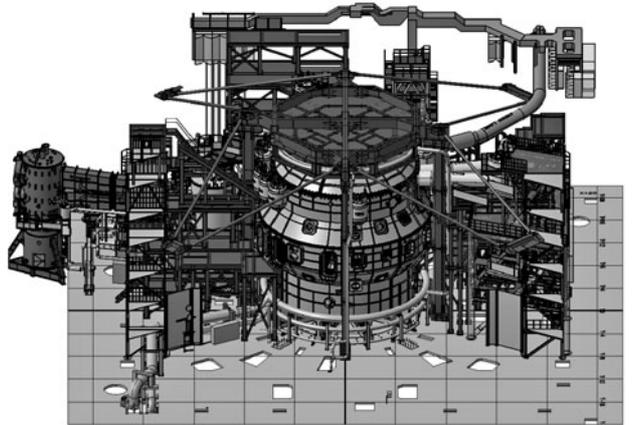


図7 JT-60SA本体完成。



図5 本完遂式の様子：EVEDA リチウム試験ループを背にし、実証の完遂記念写真(左)、リチウムターゲット容器内を見学している様子(右)。



## 1. IFMIF/EVEDA 事業委員会の開催<sup>1</sup>

2015年3月18日～19日に青森県六ヶ所村の六ヶ所核融合研究所において、第15回 IFMIF/EVEDA 事業委員会が開催されました。本委員会には、欧州側が委員3名と専門家7名、日本側が高津議長を含めて委員3名と専門家8名、これにナスター事業長および事業チーム員10名の計31名が参加しました (TV 会議含む)。

今回の事業委員会では、主に IFMIF/EVEDA 事業の事業計画案等を審議して、本年4月に茨城県的那珂市で開催される第16回 BA 運営委員会に対する技術的な勧告をまとめるとともに、同計画案等を運営委員会に提出するとの事業長の提案が承認されました。

事業の主な進捗としては次の通りです。原型加速器については、日本側が契約した業者による本格的な据付け作業が昨年3月に開始され9月から通電試験を開始されており、昨年11月にはビーム試験を開始しました。IFMIF の照射モジュール関係の中性子試験は、ベルギーのBR-2炉を用いて、昨年7月から行われていた照射試験が完了しました。リチウム試験ループについては、2012年9月から開始した実証試験が、昨年10月に目標を達成し、実証試験が終了しました。

## 2. IFERC 事業委員会と CSC 成果報告会の開催<sup>1</sup>

(1) 2015年3月10日～11日に茨城県那珂市的那珂核融合研究所において、第16回 IFERC 事業委員会が開催されました。欧州側からは、デイビッド・メゾニエ議長を含め委員3名と専門家8名 (専門家5名は TV 会議で参加)、日本側からは、委員3名と専門家9名、これに中島事業長および事業チーム員8名、書記1名の計32名が参加しました。今回の事業委員会では、主に2014年の年次報告、事業計画の改訂案等を審議して、本年4月に那珂市で開催される第16回 BA 運営委員会に対する技術的な勧告をまとめるとともに、同年次報告、事業計画の改訂案を運営委員会に提出し、承認を求めるとの事業長の提案に同意しました。

事業の進捗については、1) 計算機シミュレーションセンターは、順調に運用されており、CSC スパコン (Helios “六ちゃん”) の利用により、累積275編 (2014年11月時点) の学術論文が公開されたこと、2) 原型炉設計では、日欧共同で中間報告書が完成したことが報告されました。原型炉 R&D では、イタリア ENEA が製作した試験装置を用いた SiC/SiC 複合材料とリチウム鉛の共存性試験が開始されるとともに、欧州共同トカマク (JET) の真空容器内ダストの分析が開始されたことが報告されました。

また、IFERC 事業委員会に先立ち、3月9日に那珂研究所において第3回 CSC 成果報告会が開催されました。本報告会には、第16回 IFERC 事業委員会に出席する日欧の委員、専門家、日欧の成果発表者が参加し (TV 会議システム

による参加含む)、CSC スパコンの第3サイクル (2013年11月～2014年11月) における Helios の利用状況、主な研究成果の報告が行われました。成果報告としては、2012年から利用されている Helios 本体システムの利用成果の他に、2014年2月から利用が開始された Helios 増強システム (Intel Xeon Phi 搭載) を大規模利用に関する報告も行われ注目を集めました。



第16回 IFERC 事業会合の参加者 (那珂核融合研究所にて)。

### (2) 第4回 IFERC-CSC 研究会

2015年2月19日～20日の2日間、東京の航空会館で第4回 IFERC-CSC 研究会が開催されました。本研究会は、CSC 活動を開始した2012年から毎年1回開催され、CSC を利用している国内の研究者が参加し、各研究プロジェクトの成果報告と CSC に関する意見交換を行っています。CSC の国内利用者は、2012年の CSC スーパーコンピューター (Helios) の運用開始時に約100名だった延べ利用者数が、2014年には約160名となり、1.5倍に増加し、日本の核融合研究者が利用する主要なスーパーコンピューターの一つに成っています。

今回は39名の国内研究者 (各プロジェクトの研究代表者) が参加し、核融合プラズマの乱流研究、高エネルギー粒子挙動に関する研究、核融合炉炉材料に関する研究など、33件の研究発表が行われました。2014年の2月から運用を開始した、CSC スーパーコンピューターの増強システムを大規模に利用することに成功した研究成果等も報告され、活発な議論が行われました。

## 3. サテライト・トカマク (JT-60SA) 計画の進展<sup>2</sup>

那珂核融合研究所では、JT-60SA の真空容器組立作業が進展しています。また、並行して周辺機器や関連する建屋の整備も順調に進んでいます。

### (1) 真空容器セクター340度分の設置

昨年5月から開始した JT-60SA の真空容器組立作業が、大詰めを迎えています。今年1月にはクライオスタッ



図1：第4回 IFERC-CSC 研究会の様子。

トベース上に9体の真空容器セクター（340度分）の設置が完了しました（図2参照）。残りの20度分のスペースは、欧州調達分のトロイダル磁場コイル18個を廻し込むために確保してあります。現在、これらの真空容器セクター間を溶接にて接続しています。今年の秋には、極低温冷却される超伝導コイルと常温で運転する真空容器の間の熱を遮る真空容器サーマルシールドの取り付け作業を開始する予定です。

#### (2) クエンチ保護回路の据付け完了

昨年9月にイタリアより搬入されたクエンチ保護回路の据付けが完了しています。この回路は、超伝導コイルでクエンチが発生した場合に、コイル電流をダンブ抵抗に転流させて安全に磁気エネルギーを熱エネルギーに変換します。クエンチ保護回路は超伝導コイル毎に設置され、ポロイダル磁場コイルに計10台、トロイダル磁場コイルに計3台（6コイル毎に一台）の合計13台になります。現在、欧州作業員による調整・試験を実施しています（図3参照）。今後、新設するトロイダル磁場コイル電源およびポロイダル磁場コイル電源は、このクエンチ保護回路を介して、JT-60SAの超伝導コイルと接続されます。

#### (3) ヘリウム圧縮機棟の竣工

昨年5月に着工したヘリウム圧縮機棟が今年2月末に竣

工しました（図4参照）。この建屋には、超伝導コイルを極低温に冷却するための冷凍機関連の機器を設置します。冷凍機関連の機器調達は欧州分担となっており、機器製作の後、日本に向けて海上輸送されます。主な機器として、圧縮機、冷凍コールドボックス（RCB）、補助コールドボックス（ACB）、ガス貯蔵タンクがあります。RCBは、サーマルシールドおよび高温超伝導電流リードにそれぞれ80 Kと50 Kのヘリウムガスを、また超伝導コイルに4.4 Kの超臨界ヘリウムを供給します。RCBとACBはそれぞれ直径4 m×長さ13 m、重量約70 tであり、間もなく那珂研に搬入されます。また、ガス貯蔵タンクは、ヘリウムガスタンク250 m<sup>3</sup>が6本（直径4 m×長さ22 m、重量約74 t）、液化窒素タンクが2本（65 m<sup>3</sup>と100 m<sup>3</sup>）から成ります。ヘリウムガスタンクは現在海上輸送中です。日本が調達する液化窒素タンク65 m<sup>3</sup>についてはすでに移設が完了しています。今春、これらの機器の搬入そして那珂研での据付作業を開始します。

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門  
1：六ヶ所核融合研究所，2：那珂核融合研究所）



図3 据付けが完了したクエンチ保護回路と試験中の欧州作業員。

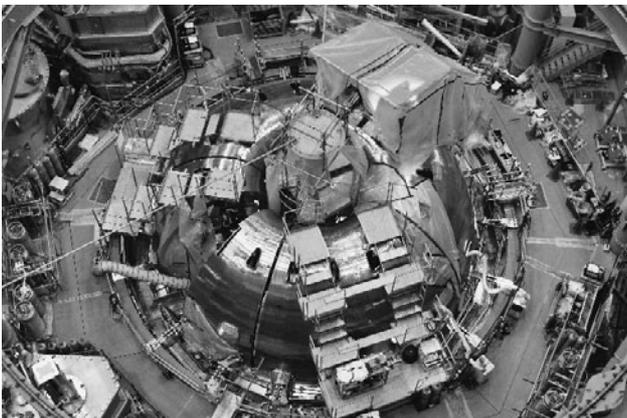


図2 組立中の真空容器セクター9体（340度分）。



図4 竣工したヘリウム圧縮機棟と移設した液化窒素タンク。



## 1. 第16回幅広いアプローチ(BA)運営委員会の開催

4月21日に原子力機構那珂核融合研究所において、第16回BA運営委員会が開催されました(図1参照)。参加者は、欧州からシーグラー欧州委員会研究イノベーション総局エネルギー局長(欧州代表団長)を含め委員3名と専門家10名、日本側から田口文部科学省大臣官房審議官(日本代表団長)を含め委員4名と専門家11名、各事業長及び各事業委員会議長他の計33名が参加し、IFMIF/EVEDA事業、IFERC事業、及びサテライト・トカマク計画事業の2014年年次報告及び事業計画の更新を承認しました。

IFMIF/EVEDA事業では、2014年11月より六ヶ所におけるIFMIF原型加速器の初期的ビーム試験により、科学的な成果が生み出され始めています。大洗のEVEDAリチウムループではIFMIF運転条件下でのリチウムの安定な流れが成功裏に立証され、いまやその使命を完了しました。また、試験設備の実証試験に関する活動も成功裏に完了しました。

IFERC事業では、Heliosスーパーコンピューターシステム(六ちゃん)は2012年より日欧の研究者により日常的に使われ、多くの科学的に価値の高い論文を生み出す結果となっています。原型炉設計の中間報告書が、重要な設計課題の評価とアセスメントに基づき、原型炉の工学的な見通しに焦点を当ててまとめられました。原型炉研究開発活動はSiC及びSiCf/SiC複合材と液体リチウム鉛合金との共存性について研究を行なっています。その結果は液体ブランケットの研究のためのデータベースに反映されています。

サテライト・トカマク計画事業では、クエンチ保護回

路、高温超伝導電流リード、超伝導コイル用冷凍機などの欧州で製作された主要機器が搬入され、据付が行われています。日本で製作された10個の真空容器セクションのうち9個がすでにクライオスタットベースの上に設置され、セクション同士の溶接も順調に進んでいます。これらの注目すべき成果を祝う式典が4月20日に開催され、フランス、ドイツ、イタリア、スペイン及び欧州連合代表部の代表を含む欧州と日本からの要人が出席しました。

また、運営委員会は、青森県と六ヶ所村による欧州研究者及びその家族に対する高水準の生活支援及び教育支援の提供のための多大な努力に対し感謝の意を表明しました。

次回会合は、2015年12月11日にイタリアで開催される予定です。

## 2. サテライト・トカマク(JT-60SA)計画の進展

那珂核融合研究所(以下、那珂研)では、各種会合を定期的に開催して課題を調整しつつ、JT-60SA建設を進めています。またその進捗を広く披露するため、式典を開催しました。

### (1)「JT-60SAの欧州による主要機器搬入及び現地作業開始並びに真空容器の初期組立完了を披露する式典」の開催

今年4月20日に、藤井文部科学副大臣並びに欧州連合駐日大使をはじめとする多くの日欧関係者約200名に参加頂き、JT-60SAの進捗状況を披露する式典及び見学会を開催しました(図2参照)。



図1 第16回BA運営委員会の出席者(4月21日、欧州从那珂核融合研究所に搬入された冷凍機の前にて)。

JT-60SA 計画では、欧州が機器を製作して那珂研に搬入するだけでなく、その据付作業も担います。このほど、イタリアから最初の超伝導コイル用電源、フランスから核融合用としては世界最大級のヘリウム冷凍機システムが那珂研に搬入され、その据付作業が開始されました。加えてドイツから超伝導コイルに電流を供給する高温超伝導電流リードも搬入されました。これにより、平成25年1月のスペインからのクライオスタットベースの搬入と合わせ、欧州の全ての参加国からの機器搬入が始まりました。一方、クライオスタットベース上では、日本による組立作業として、このほど初期組立段階である340度までの真空容器の設置を終了しました。今回の式典では、これらの進捗を披露するとともに、多くのご来賓の方々からのお祝いの言葉とご期待を賜り、盛況のうちに終了することができました。

## (2) 日欧技術調整会議の開催

今年4月22～23日に第22回JT-60SA技術調整会議

(TCM-22)を那珂研で開催し、日本側実施機関（原子力機構）から24名、欧州側実施機関等から38名（F4E／自主貢献機関／メーカー）、プロジェクトチームから7名、国内メーカーから4名が参加しました（図3参照）。会議では、トロイダル磁場コイル、ポロイダル磁場コイル、クライオスタット胴部、サーマルシールド、真空容器内コイル、冷凍機、電源などの設計・製作状況や組立検討の報告、真空容器セクターの組立状況の報告、及び今後の統合運転に関する議論を行いました。日本が製作を担当した真空容器では、真空容器セクター、ポート、ベローズ、重力支持脚の製作が全て完了したことが報告されました。また、本体室でのJT-60SAの組立状況のほか、欧州が調達した冷凍機システム（フランス）、クエンチ保護回路（イタリア）、高温超伝導電流リード（ドイツ）を視察し、那珂研での進展を確認しました。次回会合は、今年9月29～30日にイタリアのジェノバで開催される予定です。

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）



図2 式典に参加いただいた来賓の方々（式典会場にて）。

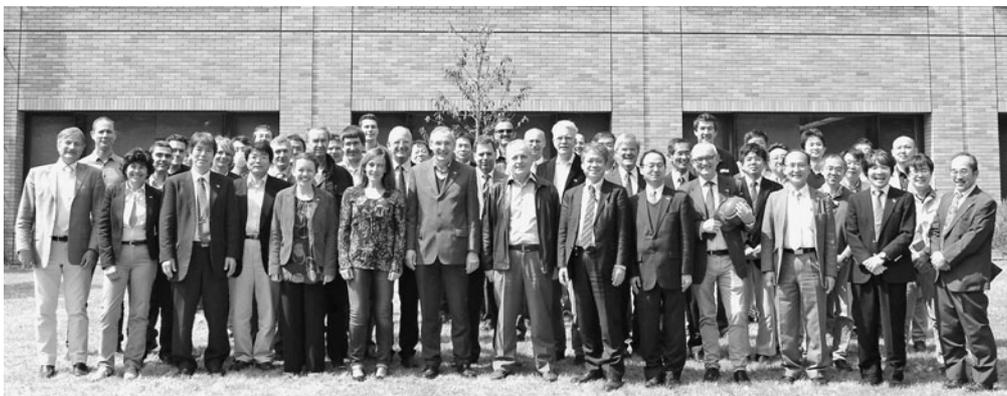


図3 第22回JT-60SA技術調整会議(TCM-22)の参加者。



## 1. 原型炉 R&D のための共同研究棟の新築工事

六ヶ所村において日欧共同事業として進めている幅広いアプローチ (BA) 活動の国際核融合エネルギー研究センター (IFERC) 事業においては、平成24年に日欧の専門家により実施されたピアレビューの結果と、原型炉設計活動の進展を受けて、新概念ダイバータ設計、遠隔保守設計のプラント規模での成立性の検討、及び安全性確保方針に対応したブランケット構造設計検討の必要性が原型炉の概念設計活動完遂に必須となる課題として明らかになっています。その後、残りのBA活動期間に、事業の資源内で、これらの研究開発の展開を図ることが日欧で合意され、その展開の一環として、上記の研究開発の一部の課題を行う新たな場所として、国際核融合エネルギー研究センターサイトに共同研究棟を建設することを決定しました(図1)。

共同研究棟には、原型炉 R&D 棟等の既存の施設では実施できない課題に必要な設備を整備する計画にあり、主に材料評価のための実験室・材料試験室と金属ベリリウムの取り扱いのための Be 製造室で構成されています(図2)。具体的な研究開発課題としては以下のような項目が検討されています。

### ブランケット構造設計用材料データ取得活動の強化

ブランケット設計のために必須な構造材料データ、すなわち、非定常事象における負荷条件変動によるクリープ疲労や高速変形効果、強度特性に対する水素効果及び腐食代の評価に必須となるデータの取得等を行う予定です。

### 先進増殖・増倍材の微小球充填体特性評価

水冷却固体増殖ブランケット設計では、増殖・増倍材の高温・長時間使用下での安定性が機能上求められる一方、冷却水-ベリリウム反応の水素発生等が安全上の懸念事象となります。共同研究棟では、評価に要する微小球確保に向けた量産技術最適化試験を含む、微小球充填体評価試験を実施する計画にあります。

共同研究棟の新築工事は、平成27年2月25日に着工し、現在、平成28年2月初旬の完成を目指し工事を進めております(図3)。日欧で詳細に検討して出来上がった研究計



図1 国際核融合エネルギー研究センターサイト。

画に基づき、これまでの研究の蓄積と、新たに共同研究で得られる研究成果をとりまとめて、BA活動の完遂を目指す予定です。

## 2. IFMIF 原型加速器の進展 “重水素ビームの引き出しに成功”

原子力機構六ヶ所研究所において実施している、IFMIF 原型加速器の実証試験においては、水素イオン源と静電加速器(定格 100 keV, 140 mA)及び低エネルギービーム輸送系からなる入射器で昨年11月より水素ビームの生成試験を進めてきました。この春までに必要な改修、インターロックの試運転等を終え、4月30日に 100 keV/120 mA の陽子 ( $H^+$ ) ビームの連続生成に成功し、引き続き重陽子 ( $D^+$ )

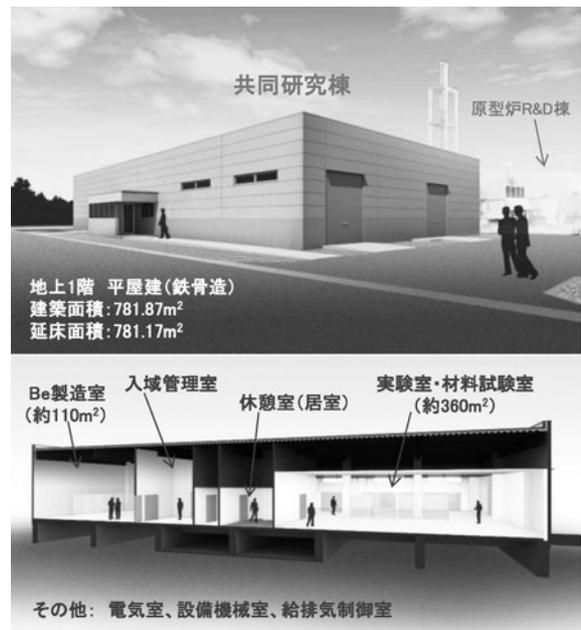


図2 共同研究棟の完成イメージ。



図3 共同研究棟の新築工事の現状(平成27年7月22日撮影)。

ビーム試験に向けた準備を進めてきました。6月末に放射線管理区域を設定後、7月7日の七夕の日、初のD<sup>+</sup>ビーム(100 keV)の生成に成功しました(図4)。D<sup>+</sup>ビームの発生に伴い、DD反応による中性子も観測され、施設の遮蔽性能等も当初の設計、評価のとおりであることを確認できました。7月15日には原子力安全技術センターによる放射線障害防止法に基づく施設検査を受検し、無事合格証を受領でき重要なマイルストーンを通過することができました。今後、安全に注意を払いつつ、重水素ビームの特性試験を慎重に進めていきます。また、この夏はこれから静電加速器の後段加速器(四重極高周波加速器)のための175 MHz大電力高周波電源も搬入される予定で、今後さらに据付作業や調整試験等の活動が始まり活気づくことが期待されます。

### 3. サテライト・トカマク(JT-60SA)計画の進展

#### (1) 極低温システム He バッファータンク据付完了

JT-60SAでは、閉じ込め磁場を長時間発生させるために超伝導コイルを採用しており、このためコイル冷却用の極低温システムもあわせて準備しています。この極低温システムは欧州が調達するものであり、今年4月にはフランスから世界最大級のヘリウム冷凍機が搬入され据え付けられました。さらに5月には、He バッファータンク(重さ70トン、直径4m、長さ22m、合計6本)を輸送し据付けを完了しました。(図5参照)。このHe バッファータンクは、



図4 7月7日初重陽子ビーム生成時。IFMIF/EVEDA 開発試験線の制御室にて。

海上輸送の後、日立港で荷揚げされ、那珂核融合研究所まで一般道を深夜に交通規制しながら搬送したものです。据付けでは550トンクレーンで吊りおろしました。大がかりな搬送・据付作業ですが、約2週間で完了しました。

#### (2) 第4回 JT-60SA 日欧研究調整会議の開催

今年5月18-22日に第4回「JT-60SA 日欧研究調整会議」を那珂核融合研究所で開催しました。本会議は、JT-60SAの研究計画を策定するとともに、JT-60SAに関する日欧共同研究の議論及び情報交換の場となっています。今回は、欧州研究者19名(7カ国、12研究機関)、国内大学等3名(2機関)、及び原子力機構24名、プロジェクトチーム2名の合計48名が参加し、有益な情報交換と建設的な議論が行われました(図6参照)。今年2月に刊行されたJT-60SAリサーチプラン3.2版の改訂箇所とその研究内容、及びそれ以外の研究進捗、欧州におけるJT-60SA研究に関わる2015-2016年の計画、共同論文、JT-60SA 実験提案に向けた課題、データ解析コードに関する議論に関する議論を行いました。本会議により、JT-60SAの研究項目の具体化、共同研究及び共同研究論文の強化を合意しました。本年度は、リサーチプランのVer.3.3への改訂、11項目の共同研究の実施を行うこととしました。第5回会議は来年5月中旬に予定しています。

(日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門)



図5 据付けの完了したHe バッファータンクと550トンクレーン。



図6 第4回 JT-60SA 研究調整会議(RCM-4)の参加者。



## 1. 欧州からRFQ用高周波源が搬入され据付を開始

2015(平成27)年9月2日と3日に、IFMIF/EVEDA事業として現在六ヶ所で据付けが進められているIFMIF原型加速器用の高周波四重極加速器(RFQ)の高周波源2式と高圧電源7式、分電盤が搬入され据付けが開始されました(図1-3)。高周波源や高圧電源はRFシステムの一部で、スペインのCIEMAT研究所の調達機器です。大型コンテナ5基に梱包された機器は、7月後半にスペインを出港し、台風の影響で数日間到着が遅れましたが、無事に8月28日青森県の八戸港に到着しました。輸入手続きの後、日



図1 IFMIF/EVEDA開発試験棟の高周波電源室に搬入された機器。



図2 高周波源を初めて開梱し握手をする日欧の担当者。

本原子力研究開発機構の国際核融合エネルギー研究センター(六ヶ所サイト)に大型トレーラーやトラックで搬入されました。高周波源は周波数175 MHzで出力200 kW連続動作の4極管2式から構成され、RFQへは9インチの同軸導波管で接続されます。重水素イオンビームを100 keVから5 MeVまで加速させるRFQの加速空洞にエネルギーを供給する役割を持っています。

さらに11月後半には、第2便となる高周波源2式と電源、同軸導波管や冷却水装置等が搬入予定であり、最終的には来年の6月には全てのRFシステム機器が搬入され、原型加速器の組立が本格化します。

## 2. サテライト・トカマク(JT-60SA)計画の進展

(1) 中性粒子入射装置(NBI)の長時間運転技術の開発に成功

JT-60SAは、全部で13基あるNBIを活用して、様々な方向から中性粒子ビームを入射できるのが大きな特徴です。JT-60SAのNBIには、1基あたり2台のイオン源が装着され、全部で正イオン源を24台、負イオン源を2台利用します。このうち、正イオン源は、従来装置JT-60のために1986年に開発されたものであり、これまで30秒間までビーム生成時間を延長することができていました。しかし、JT-60SAでは、30秒よりも3倍以上長い100秒間のビーム生成時間が必要であることから、JT-60SAの運転開始に先立ち、NBI開発で協力関係にある、韓国原子力研究院(KAERI)及び国家核融合研究所(NFRI)の協力を得て、イオン源の長時間ビーム生成性能を検証する共同試験をKAERIの試験装置にて行いました。試験では、30秒よりも長い時間においては、イオン源内の放電ガス圧の変化に伴ってビーム電流が時間的に変動し、ビーム収束性が劣化、その結果、加速電極への熱負荷が過大となりビーム生成時間を制限していることを初めて明らかにしました。そ

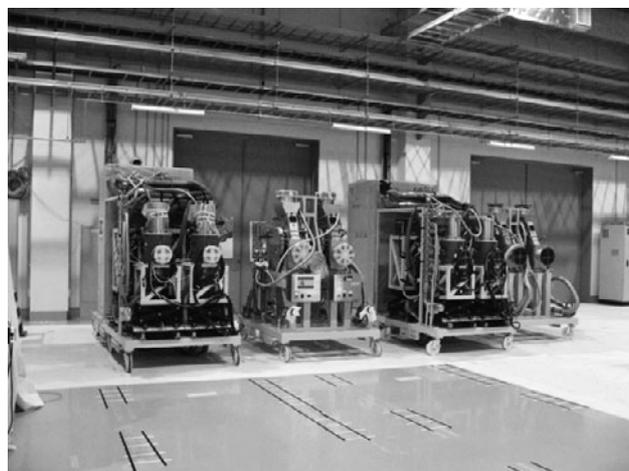


図3 姿を現した高周波源2式。

ここで、放電ガス圧を制御してビーム電流の時間的変動を低減し、かつ印加する加速電圧の配分を細かく制御することでビーム収束性の劣化を抑え、熱負荷を低く保つ長時間運転手法を開発しました。その結果、JT-60SA用NBIで要求されるイオン源一台あたりのイオンビームパワー190万ワットを超える200万ワットのビームを100秒間生成することに成功し、JT-60SAの長時間運転に目処を得ました(図4参照)。

## (2) 真空容器340度の完成

昨年5月から開始したJT-60SAの真空容器の340度組立作業が完了しました。JT-60SAの真空容器は、薄肉(18mm)の低コバルトステンレス(SUS-316L)を用いた二重壁構造しており、10体に分割したセクター(20度セクター×1体、30度セクター×2体、40度セクター×7体)をクライオスタットベース上で溶接接続していました。今回、トロイダル磁場コイル等を廻し込むための20度分を除いた340度分の溶接接続が完了しました。

これらのセクターは、直接溶接またはスプライスプレートを介した溶接接続により、1体の120度ブロック(40度セクター×3体)と2体の110度ブロック(40度セクター×2体+30度セクター)としてまず組立て、その後これらの3体のブロック間をスプライスプレートによって接続しまし

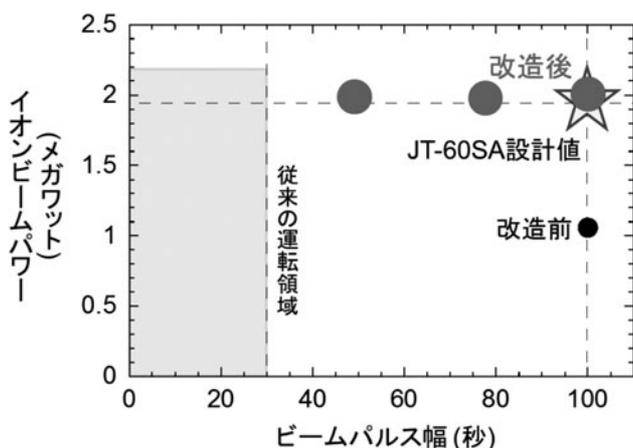


図4 JT-60SAで利用する正イオン源のイオンビームパワーとビーム生成時間の進展。

た(図5参照)。スプライスプレートは幅約70~110mmであり、セクターの製作・設置状況に応じて、個別にカスタマイズすることで、真空容器の製作誤差と溶接による熱変形を吸収し、トロイダル方向にできるだけ真円形状を確保するようにしています。今回この接続作業が完了し、真空容器340度が完全に接続されました(図6参照)。今後、真空容器サーマルシールドの組立を予定しています。

(日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門)



図5 接続溶接前のスプライスプレートを取り付けた真空容器。

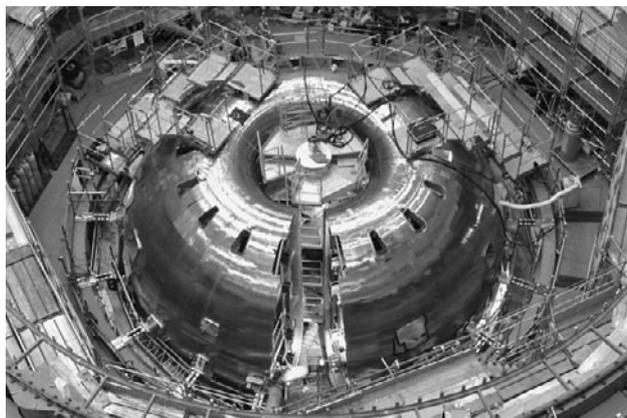


図6 340度の溶接接続が終了したJT-60SA真空容器。



## 1. 第17回 IFERC 事業委員会を開催

9月30日～10月1日に青森県六ヶ所村の六ヶ所核融合研究所において、第17回 IFERC 事業委員会が開催されました。欧州側から、ダビット・メゾニエ議長を含め委員3名と専門家8名(TV会議参加含む)、日本側から、委員3名と専門家10名、これに中島事業長及び事業チーム員8名、書記1名の計33名が参加しました(図1)。今回の事業委員会では、主に、各活動の状況報告、2016年のIFERC事業の作業計画案、事業計画の改訂案等を審議し、12月にイタリアで開催される第17回 BA 運営委員会に対する技術的な勧告をまとめるとともに、同計画案等を運営委員会に提出し承認を求めるとの事業長の提案に同意しました。

事業委員会での主な確認・審議事項は、以下の通りです。

- (1) 原型炉設計 R&D では、日欧共同作業の進捗(出力規模など核融合原型炉に関する共通理解、液体金属リチウム鉛中での炭化ケイ素複合材料( $\text{SiC}_f/\text{SiC}$ )腐食試験、欧州のトカマク装置 JET 内で使用されたタイルおよびダストの分析作業等)が報告されました。原型炉 R&D のために六ヶ所村に整備中の共同研究棟は、順調に建設工事が進捗しています(2016(平成28)年1月竣工予定)。
- (2) 計算機シミュレーションセンターでは、スパコンの利用率がこれまで同様に高水準にあり、学術論文の刊行数が449編に達しました。
- (3) ITER 遠隔実験センターでは、今年度から遠隔実験室等の整備に着手しました。

## 2. 第16回 IFMIF/EVEDA 事業委員会の開催

10月28日～10月29日に六ヶ所核融合研究所において、第16回 IFMIF/EVEDA 事業委員会が開催されました。日本側が、高津議長を含め委員3名と専門家7名、欧州は、委

員3名と専門家4名、これにナスター事業長及び事業チーム員7名、書記1名、事務局1名の計27名が参加しました(図2参照)。今回の事業委員会では、主に、各活動の状況報告、IFMIF/EVEDA 事業の2016年の作業計画案、IFMIF/EVEDA 事業全体の事業計画の改訂案等を審議しました。

審議では、リチウム試験ループ等での試験を含んだ標的設備の日本貢献分のタスクが全て完了したこと、試験設備にかかる日欧のタスクが全て完了したこと、原型加速器の入射器の試験が順調に進み、所定の性能が得られることが確認されたこと等が報告されるとともに、事業長から欧州での加速機器の整備状況等に鑑み改訂された原型加速器の試験工程が示されました。審議の結果、事業委員会は、原型加速器の所定の性能を達成するよう緊密な調整を実施するよう両実施機関に要請した上で、新たな事業計画案を、本年12月にイタリアのパドヴァで開催される第17回 BA 運営委員会に提出し、同委員会が承認することを勧告しました。

## 3. サテライト・トカマク(JT-60SA)計画の進展

(1) 本体組立用旋回クレーンの設置と真空容器拘束治具の解体

昨年5月から開始した JT-60SA 真空容器の340度組立作業は8月に完了しています。10月には、真空容器サーマルシールド(VVTS)およびトロイダル磁場コイル(TFC)の組立に使用する旋回クレーンを組立架台上に設置しました(図3参照)。VVTS及びTFCは、真空容器の20度開口部から廻し込みながら組み立てます。旋回クレーンの定格荷重は30トンであり、荷を吊り上げた状態で360度旋回し、また、ガーター上を水平に移動できます。今後、この旋回クレーンを使用して、VVTSおよびTFC組立を効率良く進めて行きます。

また、真空容器の340度接続完了を受け、真空容器の内側に固定してあった拘束治具の解体を進めています。この拘



図1 第17回 IFERC 事業委員会の参加者。



図2 第16回 IFMIF/EVEDA 事業委員会の参加者。

束治具は、真空容器セクター起立時の変形やセクター間溶接時の変形を抑えるために真空容器セクターを内側から固定するものでした。拘束治具の解体では、真空容器の変形量を慎重に確認しながら進め、真空容器340度の両端のみを残し完了しました。拘束治具解体後の真空容器内には広々とした空間が広がり、JT-60SA プラズマの規模を彷彿とさせます（図4参照）。

#### (2) TFC用高温超伝導電流リードの完納

JT-60SA 超伝導コイルへの給電は、室温側の電源から行うため、室温と極低温（4.5 K）の取合いが必要になります。JT-60SA では、最大約 26 kA のコイル電流を、50 K に冷却

された高温超伝導材 Bi-2223/AgAu を用いた高温超伝導電流リードを介して給電します。この高温超伝導電流リードは欧州調達となっており、ドイツのカーlsruhe工科大学（KIT）が製作を担当しています。TFC用6本のうち2本が今年3月に那珂研に輸送されており、今回10月に残りの4本が輸送され、TFC用高温超伝導電流リード全6本が完納されました（図5参照）。今後これらをTFC用コイル端子箱の製作受注者に支給します。残りのポロイダル磁場コイル用の20本については、来年度以降納入される予定です。

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

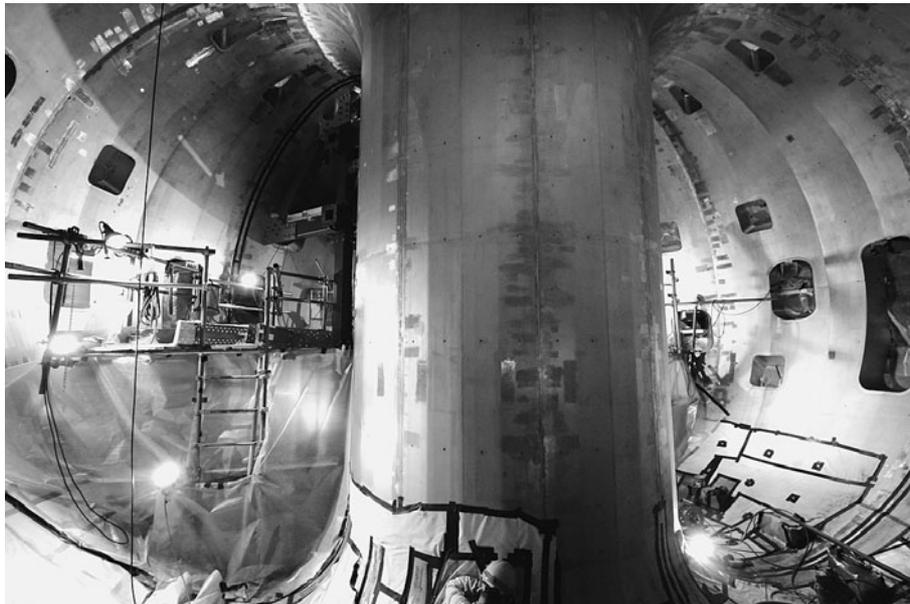


図4 真空容器拘束治具の解体後の様子。

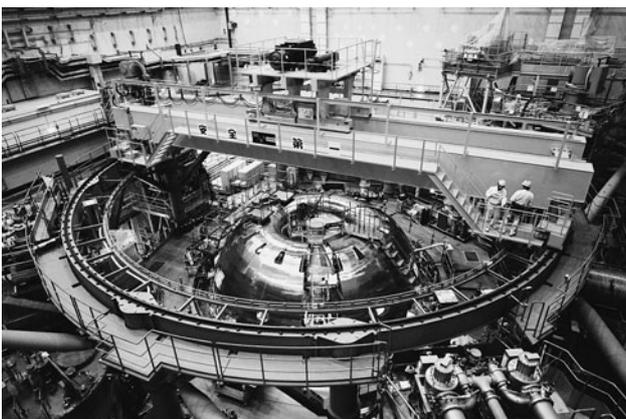


図3 本体組立で使用する旋回クレーンの設置が完了。



図5 TFC用高温超伝導電流・リードが完納。