幅広いアプローチ活動だより(1)

1．幅広いアプローチ活動共同実施協定締結

平成19年２月５日，東京において日本から麻生外務大臣や遠藤文部科学副大臣など，EU からリチャードソン駐日EU 大使やフェルナンデス・ルイス EU 委員会研究総局エネルギー局長などが出席し，幅広いアプローチ活動の運営主体となる運営委員会の設立や両締約者の責務等について定めた「核融合エネルギーの研究分野におけるより広範な取組を通じた活動の共同による実施に関する日本国政府と欧州原子力共同体との間の協定」の署名が行われた．その結果，日欧両極による幅広いアプローチ活動(注)に関する基幹的な取り決めが締約されたことになる．今後，日欧各極での批准あるいは承認が終われば，本協定は正式に発効することになる．

なお，協定文等の詳細は，以下の外務省ホームページで参照できる．

外務省：最近署名を行った条約（国会に提出したものを除く）
http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/treaty/shomei.html
・核融合エネルギーの研究分野におけるより広範な取組を通じた活動の共同による実施に関する日本国政府と欧州原子力共同体との間の協定

2．幅広いアプローチ活動六ヶ所拠点

核融合エネルギーの早期の実現に向けた研究開発プロジェクトである幅広いアプローチ活動のうち，国際核融合エネルギー研究センター（IFERC）および国際核融合材料照射施設の工学実証・工学設計活動（IFMIF/EVEDA）については，国内関係各機関の了解のもと，青森県六ヶ所村の弥栄平Ｄ地区（旧 ITER サイト候補地）において実施することとなった．国から BA 活動の実施機関と指定される予定である日本原子力研究開発機構では，この拠点の整備等を平成19年度から開始し，BA 活動の本格的開始に向けた準備を進めていく予定である．

3．六ヶ所におけるワークショップの開催等

平成18年の７月と11月の２回，国際核融合エネルギーセンターのサブプロジェクトの一つである原型炉設計・R&D 調整センターでの実施項目等を日欧研究者間で協議するためのワークショップが青森県六ヶ所村で開催された．六ヶ所村等の支援の下，日本の大学関係者等も参加し会合では精力的な議論が交わされ，日欧相互の研究開発の目的の共有と役割の分担，想定されるスケジュール，必要なコスト等の調整・検討がなされた．

また，11月には，国際核融合材料照射施設の工学実証・工学設計活動のワークショップも開催され，欧州からプロジェクトリーダー候補である Pascal Garin（パスカル・ギャラン）博士も参加し，設計現状のレビュー等が行われた．今後もこれらのワークショップを，継続し共同事業開始に向けての準備を行っていく．

注：この共同事業（Broader Approach Activities）の日本語の通称についてはこれまでどおり“幅広いアプローチ活動”とします．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

幅広いアプローチ活動だより(2)

1．幅広いアプローチ活動暫定活動開始

平成19年２月５日の幅広いアプローチ活動共同実施協定の署名を受けて，この協定は正式な発効（国会の批准）までの間の日本政府と欧州原子力共同体との間での暫定的な活動が開始されている．この暫定活動期間には，第１回の運営委員会で決められるべき種々の事項，例えば，運営委員会や事業委員会の規則案の策定，調達取り決めや人員派遣協定の案の策定，各事業の事業計画案並びに初年度の作業計画案の策定等が行われるということである．２月８日に東京で第１回の日欧実務者レベル会合が行われ，今後協議すべき事項とそのスケジュールの確認・調整が行われ，３月26日にはマルセイユで，双方の実施機関の設立状況，規則案策定の状況，第１回運営委員会の開催時期等について報告・協議が行われたと聞いている．

2．ワークショップの開催等

平成19年２月，国際核融合エネルギーセンターのサブプロジェクトの一つである原型炉設計・R&D 調整センターでの原型炉の概念設計の方針等について日欧間での協議が行われた．協議では，日欧相互の概念設計の共有，今後のワークショップの開催スケジュール等が話し合われ，今後必要な調整・検討を行うこととなった．

また，同月から３月にかけては，国際核融合材料照射施設の工学実証・工学設計活動のワークショップが，それぞれ加速器設備，ターゲット設備，ホットセル試験設備および設計統合に関して集中的に日本と欧州で開催され，共同事業開始に向けての準備を着々と進めた．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

幅広いアプローチ活動だより(3)

1．幅広いアプローチ協定が批准される

幅広いアプローチ活動共同実施協定は，平成19年２月５日の署名後，４月17日に衆議院，５月９日に参議院で承認され，批准の全ての準備が整い，機構法の改正も併せて，６月１日に発効した．６月21日には第１回のBA運営委員会が東京で開催され，運営委員会や事業委員会の規則，各事業の事業計画案並びに初年度の作業計画の検討，決定が行われる予定である．

2．六ヶ所BAサイトの準備状況

幅広いアプローチ活動のサイトが青森県六ヶ所村に決定したこと，原子力船「むつ」に係る廃止措置計画が認可されたこと等の事業展開を踏まえて，日本原子力研究開発機構は，平成19年４月１日付けで「むつ事業所」（青森県むつ市）と「青森事務所」（青森県六ヶ所村）とを統合し新たな研究開発拠点として「青森研究開発センター」が設置された．青森研究開発センターでは，幅広いアプローチ活動実施に向けての準備作業の支援を，業務の一環として実施していくことになっている．

現在，青森研究開発センターではBA活動に携わるプロジェクトリーダーを始めプロジェクトチーム，また実施機関のスタッフを受け入れるための仮事務所の準備を進めている．第１回運営委員会開催後，７月初頭からはこの仮事務所において，本格的な活動が開始される予定である．

なお，５月初旬からは六ヶ所村のBAサイトの予定地において本格的な建設工事の前段階として，造成工事（抜根，整地等）が始まっている．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

幅広いアプローチ活動だより(4)

1．幅広いアプローチ活動第一回運営委員会開催される

6月1日に発効した幅広いアプローチ活動共同実施協定に基づき，同月21日に第1回のBA運営委員会が東京で開催された．この運営委員会では，運営委員会自身と3つの事業委員会を設立するとともに，3つの事業の実施の調整を行う事業長（国際核融合材料照射施設の工学実証・工学設計活動（IFMIF/EVEDA）：パスカル・ギャラン仏原子力庁カダラッシュ研究所副所長，国際核融合エネルギー研究センター（IFERC）：荒木政則原子力機構研究主席，サテライトトカマク（JT-60SA）：石田真一原子力機構研究主席）を指名した．また，各事業の暫定作業計画や事業チームの体制が承認され，BA活動が正式に開始された．また，第2回の運営委員会を，11月にバルセロナで開くことも決定された．

幅広いアプローチ活動第一回運営委員会（2007年6月21日，東京）

2．六ヶ所BAサイトの準備状況

平成19年4月1日付けで原子力機構の新たな研究開発拠点として設置された「青森研究開発センター」と，六カ所でのBA活動の中心となる「国際核融合エネルギー研究センター」の仮事務所が7月3日に開かれ，開所式が行われた．IFMIF-EVEDA事業長のパスカル・ギャラン氏と事業チーム，実施機関としての原子力機構の関連部署の人員が配置され，幅広いアプローチ活動が本格的に開始された．

5月初旬から始まった六ヶ所村のBAサイトの予定地の造成工事（抜根，整地等）は，順調に進んでおり，サイトのほぼ全域で整地工事が行われている．また，六ヶ所BAサイトにおいて建設が予定されている建家についての実施設計が開始された．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

幅広いアプローチ活動だより(5)

1．幅広いアプローチ活動の進捗状況

6月に開催された第1回幅広いアプローチ（BA）運営委員会での種々の決定事項等を受けて，3つの事業の実施が開始されている．具体的には，それぞれの事業長が各事業の暫定作業計画に従い，設計や設備の調達の準備を開始し，事業チームの体制を整備しつつある．また，11月にバルセロナで開催される予定の第2回の運営委員会，その前に開かれる予定の各事業委員会への準備（事業計画，2008年の年次計画等の作成）が開始されている．

8月末には新たにスペインから派遣された専門家（Dr.J.Molla）が家族と来日し六ヶ所村に居を構えた．今後，続々と来日する欧州からの研究者及び家族のための教育等の環境整備も，青森県や六ヶ所村の支援の下進められている．

2．六ヶ所BAサイトの準備状況

国際核融合エネルギー研究センターでの業務は順調に進められており，実施機関としての建屋及びサイト整備の実施設計を機構の建設部と協力して進めている他，電力，水道，等のユーティリティの準備を関係各方面と協議して進めている．

5月初旬から始まった六ヶ所村のBAサイトの予定地の造成工事（抜根，整地等）は，ほぼ終了し．区画，雨水排水路，仮設道路等の整備が写真のように完成している．

一方，地元理解促進活動の一環として原子力機構が直接，地元住民へ幅広いアプローチ活動について説明する機会を設けるための説明会を10月中旬～11月初旬に六ヶ所村の各地区において実施することとなった．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

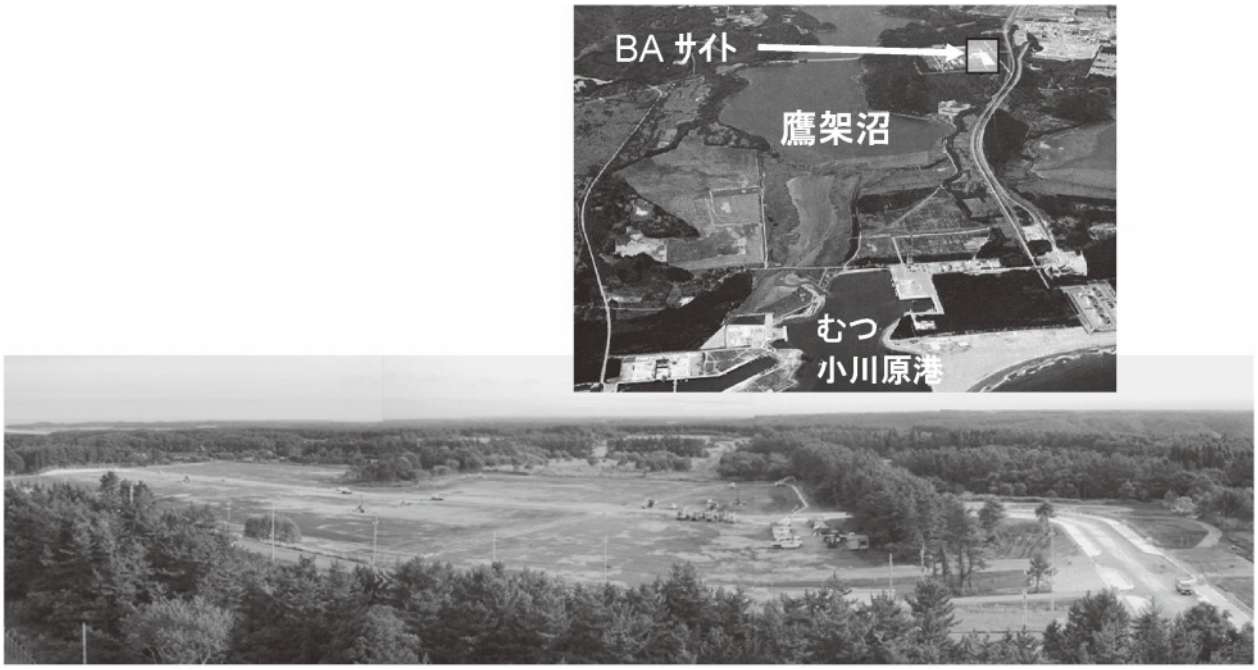


図1　六ヶ所BAサイトの様子（平成19年9月）

幅広いアプローチ活動だより(6)

1．幅広いアプローチ活動の進捗状況

10月10，11日に国際核融合材料照射施設の工学設計・工学実証活動（IFMIF/EVEDA）の事業委員会が六ヶ所村で，同月15，16日に国際核融合エネルギー研究センター（IF-ERC）の事業委員会が東京でそれぞれ開催された（写真参照）．各事業委員会では，それぞれの事業の事業計画，2008年の年次計画等が検討され，運営委員会への勧告が取り纏められた．これらの結果を受けて，11月15日にバルセロナで第２回の運営委員会が開催された．特にIFERCの核融合計算シミュレーションセンターにおいて導入するスーパーコンピューターの選定や適切なベンチマークコードの選定についての特別ワーキンググループを設けること，などが合意された．

これらの活動のための準備，すなわち，原型炉のための研究開発関連の緊急タスク，建屋建設等の調達に関する取り決めについても日欧で協議が進められている．

2．六ヶ所 BA サイトの準備状況

実施機関としての建屋およびサイト整備の実施設計は大詰めを迎えており，建築，消防，環境・衛生関係の官庁等との調整を行い，建屋の詳細設計の最終段階を迎えている．

地元理解促進活動の一環として原子力機構が直接，地元住民へ BA について説明する説明会を10月中旬から開始しており，これまで４回の説明会に延べ約150名の参加者があった．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

図１　IFMIF/EVEDA 事業委員会メンバー（平成19年10月10日，六ヶ所サイトにて）

図２　IFERC 事業委員会（平成19年10月15日，東京にて）

（参考）第２回 BA 運営委員会のプレスリリース
http://fusionforenergy.europa.eu/documents/press_release_20071115_english.pdf

幅広いアプローチ活動だより(7)

日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門

1．原型炉ワークショップ，事業委員会の開催

1月28-30日に日欧の参加者による第2回核融合原型炉に関するワークショップが東京で開かれ，原型炉の概念設計及び研究開発の進展についての報告と，IFERCの事業計画や2008年作業計画に基づく活動についての検討が行われた．特に，今後予想されるEUでの活動や日本の大学と機構との共同研究／協力研究を通した活動についても紹介され，議論された．

2月28-29日に，第2回のIFERC事業委員会が原子力機構の東京事務所で開催され，事業の全体概要として，2007年の年次報告，事業計画，2008年作業予定等が議論された．また，今回の事業委員会では昨年秋の運営委員会の命を受けて，核融合シミュレーションセンターへ導入するスパーコンピューターとそのベンチマークコード選定のための特別作業グループの設立についての勧告も取り纏められた．

3月27-28日に第2回のIFMIF/EVEDA事業委員会が原子力機構の青森研究開発センターで開催され，事業の全体概要として，IFMIF/EVEDA事業委員会及びBA運営委員会からの勧告への実施対応状況やサイト準備の現状，2007年の年次報告，事業計画，2008年作業予定等が議論された．特に欧州側から提案のある加速管（DTL）の超伝導オプションについては，状況の説明や評価作業グループの報告を聴取し，議論された．その結果，今後超伝導オプションの可否についての判断を行うのに必要な情報（超伝導オプションのメリット，実現可能性，コストやスケジュールへの影響等）を分析，検討し，BA運営委員会へ報告することとなった．

2．六ヶ所BAサイトの準備状況等

六ヶ所BAサイトの建屋実施設計が終わり，1月から2月にかけて建築確認申請手続きを行った．また，それぞれの建家の建設工事の契約手続きが現在行われており，20年度初頭に工事が着工される予定である．工事の予定としては，管理研究棟が平成20年度中に，他の研究施設については平成21年度中に竣工する予定である．

また，今年に入ってから，日欧協議の対象になっている建家の建設工事や原型炉に関する緊急の研究開発タスクの調達取り決めについては，日本及びEUの実施機関とそれぞれの事業長の三者の調印がなされた．

IFMIF/EVEDA事業の事業チームの品質管理担当者としてCEAのジェローム・アルノー（Jerome Arnaud）氏が来日し六ヶ所に赴任した．

図1　IFMIF/EVEDA事業委員会．
（平成20年3月27日，原子力機構青森研究開発センターにて）

幅広いアプローチ活動だより(8)

日本原子力研究開発機構 核融合研究開発部門

1．第3回運営委員会の開催

5月15日に第3回BA運営委員会が青森県六ヶ所村文化交流会館スワニーにおいて開催された．日本側の代表は，林文部科学省審議官（運営委員会議長，日本代表団長），松本外務省国際科学協力室課長補佐，須藤核融合科学研究所副所長及び松田原子力機構執行役，欧州側は，トリアス欧州委員会研究総局エネルギー局長（欧州代表団長），パイダッシー欧州委員会研究総局核融合課長代理，ビゴ仏原子力庁最高顧問及びヴァランダス高等技術研究所核融合研究センター長であった．

本運営委員会での主な決定事項等は，以下の通り．

- BA運営委員会およびその事務局を六ヶ所村に登録するための手続き上必要な口上書が承認され双方の実施機関の代表者により署名された．
- IFMIF/EVEDAのドリフトチューブ加速管の超伝導化を承認．
- IFERCの核融合計算機シミュレーションセンター（CSC）に設置する最先端のスーパーコンピュータの選定手順を承認．
- サテライトトカマクにおいては，トカマク型核融合装置「JT-60」の改修のための実質的な進捗状況を確認．
- 日欧以外のITER加盟極の参加のガイドライン案を承認．（このガイドラインは，6月17，18日に青森で開催される第2回ITER理事会で加盟極に紹介される．）
- 各プロジェクトの事業計画，年次計画（2008年）の承認．
- 次回（第4回）は12月10日ドイツ，カールスルーエで開催予定．

図1　フィヨン首相のサイト訪問
（平成20年4月12日，六ヶ所BAサイトにて）

2．六ヶ所BAサイトの準備状況等

5月21日，文部科学省，青森県，六ヶ所村，施工企業など多数の関係者，来賓の出席のもとに，六ヶ所村のサイトに建設するBA施設建設工事の安全祈願祭が実施され，本格的な工事が開始された．今後の計画では，管理研究棟を初めとして給排水設備，守衛所，フェンス等が平成20年度中に，計算機・遠隔実験センター棟，原型炉R&D棟，IFMIF/EVEDA開発試験棟の研究施設や特高受電所については平成21年度中に竣工する予定．

また，4月12日にフランソワ・フィヨン仏首相がサイトを訪れ，パスカル事業長からBAの事業や今後の計画について説明を受け，欧州からの研究者とその家族や同じくサイトを訪れた原田文部科学大臣政務官，三村青森県知事，古川六ヶ所村長，岡崎理事長などとも懇談した．

図2　第3回BA運営委員会
（平成20年5月15日，六ヶ所村文化交流会館スワニーにて）

図3　六ヶ所BAサイトでの安全祈願祭
（平成20年5月21日）

幅広いアプローチ活動だより(9)

日本原子力研究開発機構 核融合研究開発部門

1．六ヶ所 BA サイトでの工事が順調に進捗

・六ヶ所村の BA サイトでは各施設，設備の建設工事を本格的に開始し，工事現場は活況を呈している．管理研究棟は 6 月中に杭工事を完了し，基礎の鉄筋工事を開始した．また，計算機・遠隔実験棟の基礎工事を開始したほか，サイト周りのフェンスや入口ゲートの設置を完了するなど，すべての工事の工程は今のところほぼ予定どおり進んでいる．（図 1 参照）

2．六ヶ所 BA サイトへ見学者が多数来訪

・6 月18・19日に青森市の青森グランドホテルで開催された第 2 回ITER 理事会では，ITER 参加極への BA 活動への参加のガイドラインが示されたほか，各極の代表約40名が参加して六ヶ所の BA サイトへのツアーも行われた．

・日本原子力学会とプラズマ・核融合学会が主催する「核融合エネルギー連合講演会」が 6 月19～21日，青森市民ホールを主会場に開催された．国内外の研究者ら約380人が参加し，池田 ITER 機構長の講演を始め，核融合の今後の進め方についてのパネル討論や講演，幅広いアプローチについての多数の発表があった．開催期間中の20日には，参加者128名がバス 3 台に分乗し，六ヶ所（日本原燃施設および PR 館，BA サイト）へのテクニカルツアーが行われた．（図 2 参照）

3．国際核融合材料照射施設の工学実証・工学設計活動

・六ヶ所における事業チーム員は欧州からの専門家 4 名を含めて計10名となり，本格活動を開始している．

・原型加速器の実証試験を行う加速器系では，日欧の専門家による，安全基準や機器間のインタフェースなどに関する技術打合せを行い，設計，試験，開発スケジュールの検討を進めた．6 月に東海でIFMIF安全ワーキンググループ会合，7 月には六ヶ所でインタフェース会合を開催した．また，6 月にイタリアのジェノバで開催された第11回 EU 粒子加速器会議では，EU の高周波系およびビームダンプ設計担当者と日欧間の装置取合の打合せを行った．

・液体リチウムに重水素イオンビームを当て中性子を発生させるターゲット系では，原子力機構の大洗センターと連携して実施する模擬リチウムループの設計作業を開始すると共に，大学との共同研究の準備を進めている．

・材料照射を行って機械特性試験等を行うテストセル系では，CIEMAT（スペイン）や FZK（ドイツ）とテストセルモジュールやシールドの取り外し方法に関して，意見交換やビデオ会議を実施した．

図 1　六ヶ所 BA サイト近況（平成20年 7 月10日撮影）

図 2 「核融合エネルギー連合講演会」六ヶ所ツアー（平成20年 6 月20日）．

幅広いアプローチ活動だより(10)

1．IFMIF/EVEDA のワークショップ開催

国際核融合材料照射施設の工学実証・工学設計活動（IFMIF/EVEDA）の事業長の主催により９月10～12日にドイツのカールスルーエ研究所にて IFMIF/EVEDA 計画の全体にわたる進捗状況を確認するワークショップが開催され，事業チーム，原子力機構，日本の大学，欧州貢献研究機関等から，約70名が参加した．

このワークショップにおいては10月下旬に開催される第３回 IFMIF/EVEDA 事業委員会に備えて，プロジェクト全体に係る技術文書（機器仕様決定のための方法論，機器仕様，品質保証計画，等），2008年の作業進捗状況，2009年の作業計画案，システム間の取り合い等についての議論が行なわれた．

2．IFERC の事業委員会開催

９月22・23日に，第３回の国際核融合エネルギー研究センター（IFERC）の事業委員会がフランス原子力庁サクレー研究所で開催された．

今回の事業委員会では，2009年の作業計画が検討され，11月にスペインのバルセロナで開催される予定の第４回運営委員会に提案することが了承された．この他，IFERC に関連した調達取り決めの状況，計算機シミュレーションセンターに設置するスーパーコンピュータおよびベンチマークコードの選定等を行う特別作業グループの作業や今後の計画等について協議，検討がなされた．

3．BA サイトでの建設工事状況

六ヶ所村の BA サイトでは各施設，設備の建設工事が進んでいる．管理研究棟では鉄骨建て方が９月末から始まり（図１），10月半ばにはほぼ建物全体の大きさが明らかになる．この他計算機・遠隔実験棟や原型炉 R&D 棟，並びに IFMIF/EVEDA 開発試験棟の基礎工事も進んでいる．

4．六ヶ所村に国際学校が開校

幅広いアプローチ活動で六ヶ所村に在住する EU 研究者子弟の教育のための国際学校の開校式（図２）が，９月３日に六ヶ所村であった．開校式には三村青森県知事も祝辞を述べられ開校を祝った．この国際学校の開校については，上記のIFERC事業委員会でも地元の努力に感謝の意が表明された．

日本原子力研究開発機構
核融合研究開発部門

図１　六ヶ所村 BA サイト近況（平成20年９月30日撮影）

図２　六ヶ所村に開校した国際学校の開校式

幅広いアプローチ活動だより(11)

1．IFMIF/EVEDAの事業委員会開催

10月28日，29日に，青森県六ヶ所村の青森研究開発センターにおいて第3回IFMIF/EVEDA事業委員会が開催された(**図1**)．事業委員会メンバーは高津英幸議長を含め4名が，IFMIF/EVEDA事業チームはギャラン事業長をはじめ8名が，また日欧の専門家8名が出席した．

今回の事業委員会では主に2009年の作業計画について議論され，12月にドイツで開催されるBA運営委員会に提案することが了解された．次回の事業委員会も，来年3月24日，25日に六ヶ所村で開催の予定である．

2．第16回環太平洋原子力会議にBAのブースを出展

10月13日～18日，青森市文化会館で各国の原子力関係者が集い，環太平洋地域をはじめとする世界各国・地域の原子力平和利用開発の一層の推進と原子力技術の有用性に対する理解促進を目的とし，第16回環太平洋原子力会議が開かれた．

原子力機構は幅広いアプローチ活動の紹介ブースを出展し，六ヶ所BAサイトのレイアウト模型や説明パネルなどを展示し，参加者へ幅広いアプローチ活動の説明等を行い，理解促進を図った．

3．BAサイトでの建設工事状況

六ヶ所村のBAサイトでは管理研究棟の外装，内装工事が始まり，IFMIF/EVEDA開発試験棟の建屋基礎の工事も本格化している(**図2**参照)．計算機・遠隔実験棟の基礎工事も完了し鉄骨の組立が進んでいる．原型炉R&D棟は基礎工事を行っている．

六ヶ所村では11月19日に初雪が降り，本格的な冬の訪れも間近になった．BAサイトでの建設工事は管理研究棟を除いて，1月～2月末まではほとんど休止状態となる予定である．

日本原子力研究開発機構　核融合研究開発部門

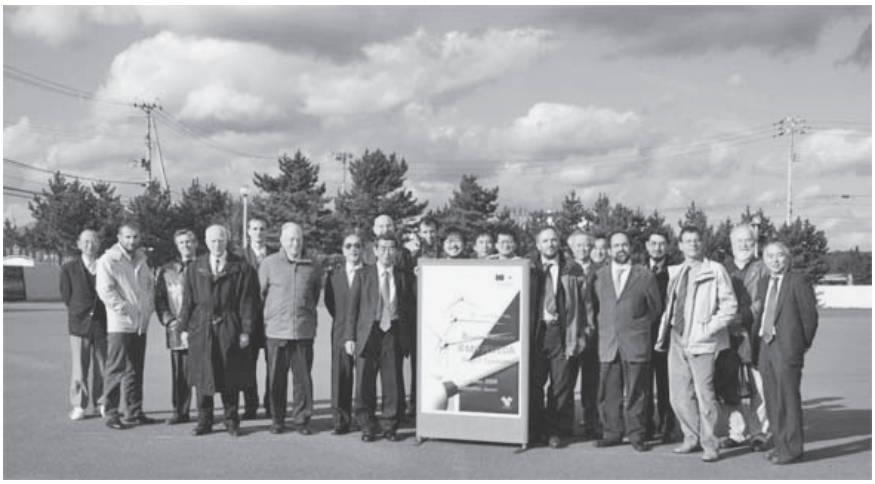


図1　IFMIF/EVEDA事業委員会（平成20年10月29日）

図2　六ヶ所BAサイト近況（平成20年11月24日撮影）
（左：外装，内装工事の進む管理研究棟，右：基礎工事が進むIFMIF/EVEDA開発試験棟）

幅広いアプローチ活動だより(12)

1．第4回幅広いアプローチ運営委員会開催

第4回幅広いアプローチ運営委員会が平成20年12月10日㈬にドイツ，カールスルーエ研究所で開催された．今回は，幅広いアプローチの各事業の2009年作業計画を承認するとともに，IFMIF/EVEDA事業のリチウムループや加速器などの実規模試験の進展を確認した．また，IFERC事業について，六ヶ所サイトに設置する最先端の高性能計算機の選定を行うための特別作業グループの検討において計算機の性能評価を行うベンチマークコードの選定を終えたことを確認した．さらに，BA運営委員会およびその事務局を駐日国際機関として認定・登録するための手続きが終了し，12月10日にBA運営委員会の事務局が六ヶ所村に設置されたことが報告された．

次回の運営委員会は，2009年5月12日に六ヶ所村で開催される予定である．

2．IFMIF/EVEDAの各設備についての技術会合開催

IFMIF/EVEDAの加速器系高周波四重極加速器（RFQ）の高周波結合系についての技術会合が12月3～5日にイタリアレグナロ国立研究所にて，同じく加速器系制御システムの技術会合が12月12日に日仏間のテレビ会議にて，また，ターゲット系についての技術会合が12月16日に日伊間のテレビ会議にて開催された．それぞれ，日欧の担当者が参加して設計仕様，開発スケジュール，技術課題等について議論および調整を行い，結果が調達取決め等に反映されている．このような技術会合（特にテレビ会合）が事業の進展とともに頻繁に開催されるようになっている．

3．冬景色のBAサイト

1月初旬から何回か降雪があり，六ヶ所村のBAサイトはすっかり雪景色となっている(**図1**参照)．管理研究棟では内装工事が進んでおり，2月には空調等の機械設備の試運転が開始される予定となっている．

日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門

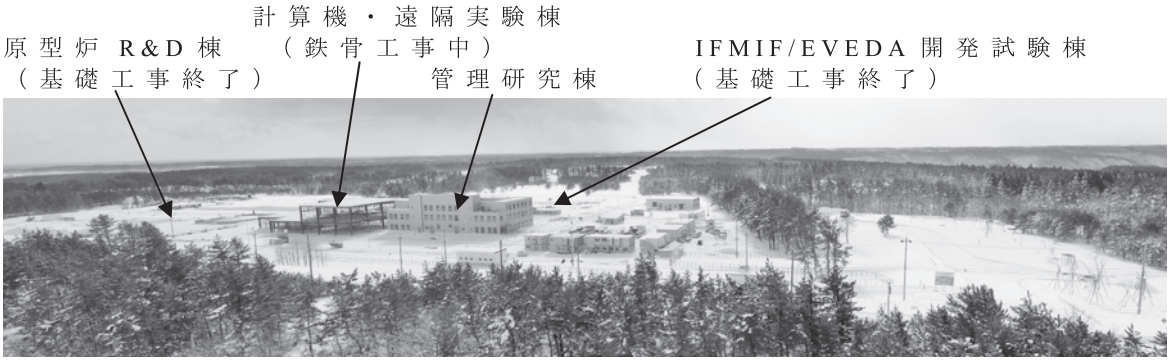


図1　六ヶ所BAサイト近況（平成21年1月19日撮影）

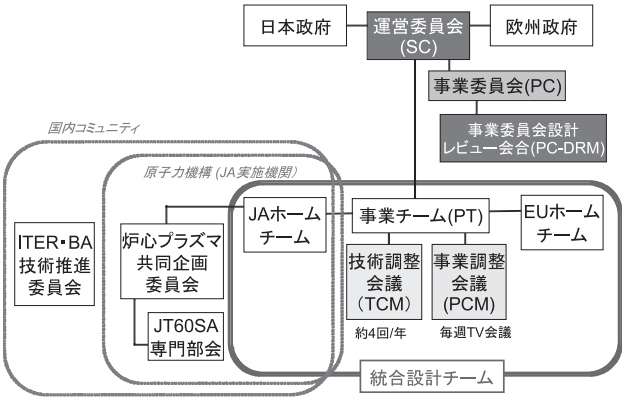
幅広いアプローチ活動だより(13)

サテライトトカマク（JT-60SA）の製作が本格化

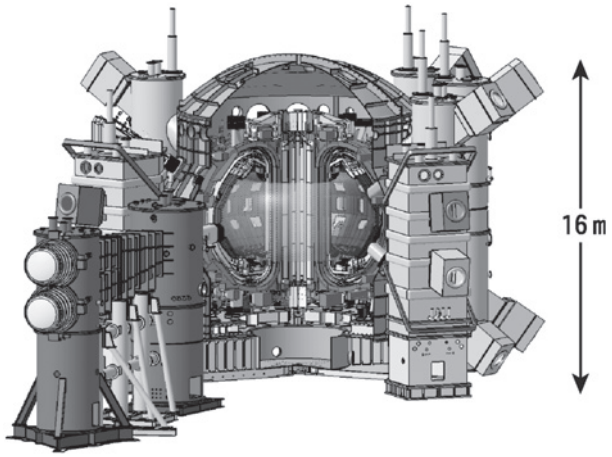
サテライトトカマク事業チームおよび日欧両ホームチームからなる統合設計チームで進めた設計変更案が，昨年12月に第４回日欧政府間の幅広いアプローチ活動運営委員会で承認され，平成28年（2016年）３月のファーストプラズマをめざして設計・製作が本格化している．設計変更の要点は，コスト要件を満たしつつ，当初ミッションを満足し，さらに改善（プラズマ電流5.5 MA フラットトップでの供給可能磁束の上昇，トロイダル磁場リップルの低減，安定性を高めるプラズマ形状ファクターの上昇等）するものである．JT-60SA は，BA 計画のサテライトトカマク計画とわが国のトカマク国内重点化装置計画の合同計画であり，原子力機構及び大学等の専門家により構成される炉心プラズマ共同企画委員会での議論に基づき日本コミュニティの意見を設計に集約し，核融合エネルギーフォーラム ITER・BA 技術推進委員会での審議を経つつ，これを日欧の協議に反映した．

調達に関しては，わが国分担分の超伝導ポロイダル磁場コイルの超伝導導体，真空容器トーラス部，ダイバータ炭素繊維複合材（CFC 材）に関する調達作業等を計画どおりに進めている．また，那珂研究所内に，コイルの巻線作業を行うための超伝導コイル巻線棟，および導体を製作するための長さ 600 m の直線路と導体製作棟を建設中である．真空容器用の SUS316L 板材については，10月末までに全ての板材（168枚，約200トン）の納入が終了した．ダイバータに用いるモノブロックターゲット用 CFC 素材については，12月に500個が納入され，３月末までに残りの600個とボルト固定タイル用 CFC 素材148個が納入される予定である．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）



サテライトトカマク計画の実施体制



JT-60SA の鳥瞰図

JT-60SA の建設・運転スケジュール

超伝導コイル巻線棟建設工事

幅広いアプローチ活動だより(14)

1．第4回 IFMIF-EVEDA 事業委員会開催

3月24日六ヶ所文化交流プラザ「スワニー」で第4回IFMIF-EVEDA 事業委員会が開催された．今回は高津議長を初めとする委員5名（内3名欧州），専門家10名（内4名欧州）および事業チーム8名の計23名が出席した．本事業委員会では，2008年の年次報告を受けて事業の進捗を確認するとともに，それに基づく事業計画の改訂案や，事業チームの人員の増強，日本に持ち込む機器についての日本の安全基準の適用などが話し合われ，5月に六ヶ所村で開催される運営委員会への勧告が纏められた．次回の事業委員会は，2009年10月20・21日に六ヶ所村で開催の予定である．

2．管理研究棟の竣工と業務開始

六ヶ所 BA サイト（今後の正式名称：国際核融合エネルギー研究センター）において，昨年5月から建設が行われていた管理研究棟が3月16日に予定どおり竣工した．30日には BA 活動の事業チーム，核融合研究開発部門および青森研究開発センターのスタッフで業務開始式が行われ，ここを拠点とする業務を本格的に開始した．

また，計算機・遠隔実験棟においては，各階の床のコンクリート打設，IFMIF/EVEDA 開発試験棟においては，加速器室の遮へい壁のコンクリート打設が開始されており，研究施設の工事も春の訪れとともに活動が再開されている．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

図1　国際核融合エネルギー研究センター業務開始式
（平成21年3月30日撮影）

幅広いアプローチ活動だより(15)

サテライトトカマク（JT-60SA）製作の進展

日欧ホームチームおよびサテライトトカマク事業チームで開催している技術調整会議の第５回会合（TCM-5）が４月21日-23日に日本原子力研究開発機構那珂核融合研究所で開かれた．欧州ホームチームより18名が来日するとともに10名がTV会議にて参加し，日本ホームチーム30名およびサテライトトカマク事業チーム７名をあわせて総勢65名が参加した（**図１**）．本会合では，欧州が調達する超伝導トロイダル磁場（TF）コイルの設計案，TFコイルの組立方法，本体関連機器の設計，サーマルシールド組立，電源などが議論され，これら主要項目に関する調整課題を大きく進展させることができた．次回会合（TCM-6）は７月に開催予定である．

JT-60SAにおける研究開発課題をまとめた「JT-60SAリサーチプラン」の原案が完成し，日本ホームチーム提案として欧州ホームチームおよび核融合エネルギーフォーラム物理クラスターに提示した．今後，日本および欧州の研究コミュニティで詳細な議論を開始する予定である．現在，本プラン実現に必要な計測・加熱・粒子制御機器などの要求性能を検討している．

調達については，わが国が分担する超伝導ポロイダル磁場コイルの超伝導導体，真空容器トーラス部，ダイバータ炭素繊維複合（CFC）材に関する調達作業を進めた．前回報告（本誌３月号）からの進展としては，導体複合化に用いるコンパクション装置が３月末に竣工した超伝導導体製作棟に設置されるとともに（**図２**），銅撚線とEF用ジャケットを用いたダミー導体の製作が完了した（**図３**）．また，ダイバータボルト固定タイル用CFC素材およびダイバータターゲット用CFC素材が計画通り納入された．また，わが国が分担する中心ソレノイド，超伝導ポロイダル磁場コイル，ダイバータに関する契約が整い，これらの調達作業についても進めることとなった．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

図１　技術調整会議の第５回会合（TCM-5）の参加者．

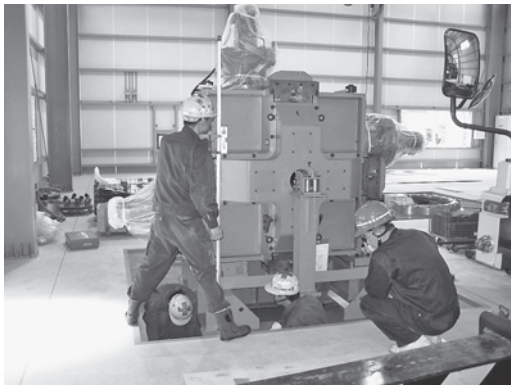


図２　据え付け中のコンパクション装置．

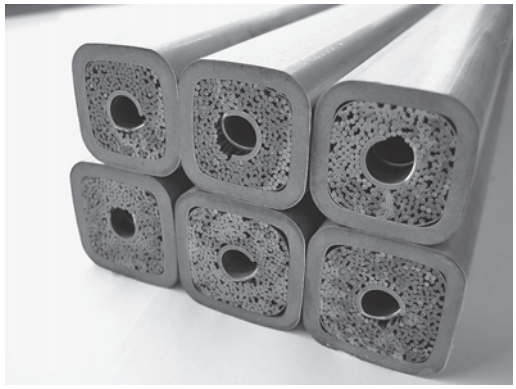


図３　製作したダミー導体．

幅広いアプローチ活動だより(16)

1．第5回BA運営委員会開催

第5回のBA運営委員会が，5月12日に国際核融合エネルギー研究センター管理研究棟で開催された（**図1**）．今回の運営委員会では，それぞれの事業の事業計画および年次報告の承認が行われ，特に，IFMIF/EVEDAの事業計画の2014年までの延伸が承認された．次回の事業委員会は，2009年12月4日にイタリアのパドバで開催の予定である．

2．新サイトでの活動と施設の整備状況

4月10日に国際核融合エネルギー研究センター管理研究棟完成記念式典が三村青森県知事，古川六ヶ所村村長，櫻井文部科学省審議官，岡崎原子力機構理事長等が列席し，開催された（**図2**）．また，4月19日には，青森研究開発センター施設公開も行われ，一般の人に管理研究棟が公開された（**図3**）．

その他の工事中の施設も計画どおり工事が進捗し，全体の形が仕上がってきている（**図4**）．計算機遠隔実験棟および原型炉R&D棟においては，鉄骨の組み上げが終了し，屋根，壁，床の工事が進められている．IFMIF/EVEDA開発試験棟においては，加速器室の遮蔽壁のコンクリート打設が完了し，鉄骨の組み上げが進んでいる．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

図1　第5回幅広いアプローチ活動運営委員会
（平成21年5月12日　国際核融合エネルギー研究センター）

図2　国際核融合エネルギー研究センター管理研究棟完成記念式典
（平成21年4月10日）

図3　青森研究開発センター施設公開（平成21年4月19日）

図4　国際核融合エネルギー研究センター近況
（平成21年6月19日撮影）

幅広いアプローチ活動だより(17)

○サテライトトカマク（JT-60SA）製作の進展

欧州の調達機器であるクライオスタットベースの設計レビュー会議が，日欧ホームチーム参加の下，6月16日にTV会議にて開催され，調達取決め書案などが議論された．また，同じく欧州の調達機器であるトロイダル磁場コイルについては，日本ホームチームの参加者など4名の外部評価委員に加え，欧州内の関係者19名が参加して，6月18日に仏Sacleyで欧州ホームチームの設計レビュー会議が開催された．ここでは，「調達取決め署名に向けた技術的準備は整った」との見解が示され，今後，欧州より日本にトロイダル磁場コイルの調達取決め書案が提示される予定である．なお，7月に開催予定であった技術調整会議の次回会合（TCM-6）は，新型インフルエンザの影響などを考慮し，9月に延期された．

わが国が分担する調達については，超伝導ポロイダル磁場コイル（中心ソレノイドCS，平衡磁場コイルEF）の超伝導導体，真空容器トーラス部，ダイバータ炭素繊維複合（CFC）材，ポロイダル磁場コイル，ダイバータに関する製作作業を進めた．前回報告（本誌6月号）からの進展としては，超伝導撚線の量産が順調に進み，超伝導導体製作棟に設置したコンパクション装置の動作試験を行ってCS用の銅ダミー撚線と2種類のジャケットを用いた導体を試作する（**図1**）とともに，非破壊検査用のX線透過検査装置（**図2**）が設置された．また，各種設計では，JT-60SA本体のクライオスタット下部の組立手順案，電源主要機器の配置案やフィーダの設置ルート案，真空容器内機器である高速位置制御コイルの基本設計案と安定化板，真空容器内コイル，電磁気センサなどの配置案（**図3**）の作成を進めた．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

図1　コンパクション装置の動作試験と製作した銅ダミー導体．

図2　超伝導導体製作棟に設置されたX線透過検査装置．

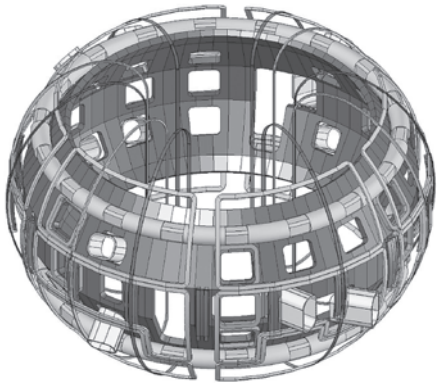


図3　安定化板，真空容器内コイル，および磁気センサ類の配置案．

幅広いアプローチ活動だより(18)

1．2周年を迎えた国際核融合エネルギー研究センター

この7月で国際核融合エネルギー研究センターは2周年を迎えた．既にIFMIF/EVEDA事業チームにはEUからの研究者がGarin事業長を含め6名（仏3名，スペイン2名，独1名）着任しており，この秋にはさらに2人増え，日本からの事業チーム員も増員される計画である．IFERC事業チームでは，荒木事業長が六ヶ所に着任し活動を開始している．7月21～23日には，管理研究棟大会議室での最初の技術会合（第1回核融合原型炉構造材料技術検討会）も開催され，約60名の原子力機構内外の研究者が参加した．なお，2周年を記念して日本原子力研究開発機構青森研究開発センターの管理部門，核融合研究開発部門，IFERC事業チームおよびIFMIF/EVEDA事業チーム合同でバーベキューパーティが開催され，陸奥湾のホタテ等に舌鼓を打ち親交を深めた

2．新サイトでの施設の形がほぼ整う（図1参照）

現在，建屋の建設工事は順調に進捗しており，計算機・遠隔実験棟，原型炉R&D棟では建家の外装がほぼ終了し，内装工事が進められている．IFMIF/EVEDA開発試験棟では，屋根が葺かれ，今後加速器室の内装や空調設備，電源設備等の設置が進められる．また，これと並行して東北電力の特別高圧送電のための鉄塔の建設もほぼ終了し，10月初頭に計画されているサイトへの66 kV/30 MVA電力供給（現在は6 kVの仮受電）の準備も着々と進められている．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

図1　施設の建設が進む国際核融合エネルギー研究センター
（平成21年8月25日撮影）

幅広いアプローチ活動だより(19)

○サテライトトカマク（JT-60SA）製作の進展

欧州との協議では，欧州が調達する機器の調達取決め，日本への輸送に関する責任分担，トロイダル磁場コイルの最終位置合わせ方法などの議論が進展した．また，欧州が調達するクライオスタット胴部について，日本が調達する真空容器ポートの変更に合わせたCADモデルを作成し，製作を担当するスペインCIEMATに送付した．この構造案（**図1**）では，ポート位置だけでなく，リブ構造の簡略化，マンホール径など設計の進捗も反映されている．

日本が分担する調達については，引き続き，超伝導ポロイダル磁場コイル（中心ソレノイドCS，平衡磁場コイルEF）の超伝導導体，真空容器トーラス部，ダイバータ炭素繊維複合（CFC）材，ダイバータカセット，ダイバータターゲットに関する製作を進めるとともに，真空容器組立棟の建設及び真空容器トーラス部の残部などの契約作業を進めた．前回報告（本誌8月号）からの主な進展としては，真空容器20度分の試作について，インボード直線部の内壁へのリブ溶接が終了するとともに（**図2**）外壁の連続プラグ溶接のみを残す段階まで進み，溶接後の歪取りした後の寸法測定でも溶接変形は小さく，修正プレスは不要とわかった．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

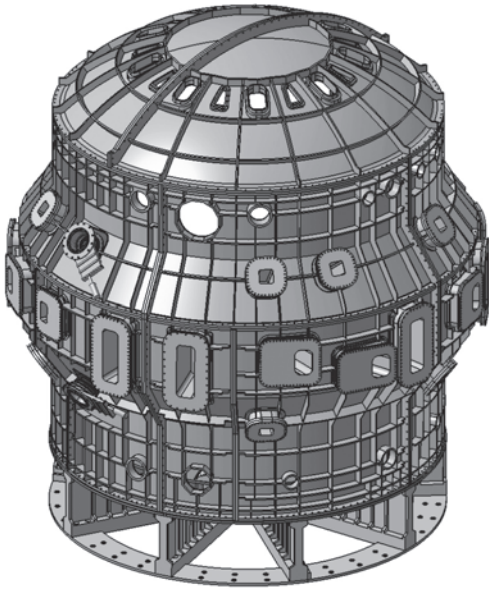


図1　クライオスタット全体図（ベース十胴部）．

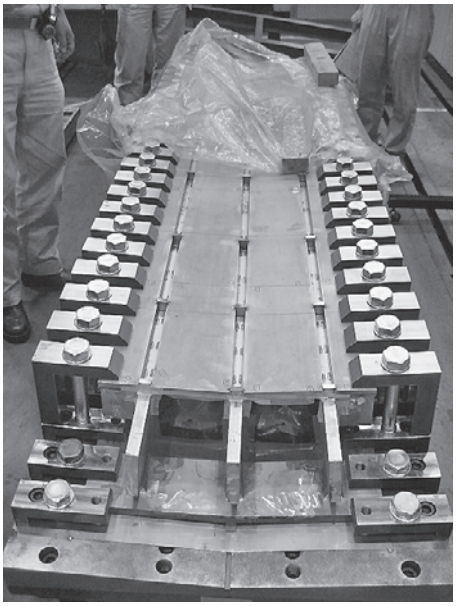


図2　試作した真空容器20度分のインボード直線部．

幅広いアプローチ活動だより(20)

1．第5回 IFERC 事業委員会を開催

10月7・8日ドイツ，ガルヒンクで第5回 IFERC 事業委員会が開催された．今回はカール・ラックナー議長を初めとする委員6名（内3名日本），専門家8名（内3名日本）および事業チーム6名の計20名が出席した．本事業委員会では，事業長が第6回 BA 運営委員会（12月4日，イタリア，パドヴァで開催予定）に提出する2010年作業計画の草案について勧告を行うとともに，事業の進捗状況について確認を行った．計算機選定のための特別作業グループ（SWG-1）の活動報告等があり，スパコンの市場調査を含めて順調に選定作業が進んでいることを確認し，最終的に事業委員会の勧告を反映して，事業長が BA 運営委員会への提出文書を用意することとなった．次回の事業委員会は，2010年3月10・11日に日本で開催の予定である．

2．第5回 IFMIF/EVEDA 事業委員会を開催

10月20・21日六ヶ所村の国際核融合エネルギー研究センターで第5回 IFMIF/EVEDA 事業委員会が開催された．秋場新議長（高津議長から交代）を始めとする委員6名（内3名日本），専門家10名（内6名日本）および事業チーム17名の計33名が出席した．事業長／事業チームから2009年の事業の全体実施状況，加速器施設，リチウムターゲット施設，試験施設毎の活動状況報告，2010年の作業計画の提案が行われた．IFMIF/EVEDA 事業委員会は3施設の各活動に於ける前回会合（今年3月）からの顕著な進展を認識するとともに，2010年の作業計画については，その実施の根拠となる調達取り決めの締結が迅速に行われることを勧告した．次回も六ヶ所で来年3月下旬に開催される予定である．

3．第2回 IFMIF/EVEDA ワークショップ，IFMIF/EVEDA インターフェース会合，IFMIF/EVEDA 加速器コミッショニングワークショップを開催

（**図1**参照）

9月14・15日に大阪大学の銀杏会館で第2回 IFMIF/EVEDA ワークショップが開催された．事業チーム，原子力機構，日本の大学，欧州貢献研究機関等から，合計87名が参加し，2009年の成果と2010の年次計画案を中心に発表，議論を行った．1日目に事業全体の概況，事業チーム及び日欧ホームチームの組織体制，各実証試験項目の概況等が紹介された．2日目はそれぞれ実施試験項目毎に分科会を開き，実証試験における詳細事項について議論を行った．引き続き9月16日は同会館で IFMIF/EVEDA のターゲット系 - テストセル系およびプロトタイプ加速器のインターフェース会合が開かれた．

さらに，9月17・18日には東京新橋の航空会館で IFMIF/EVEDA プロトタイプ加速器のコミッショニングワークショップが開催された（参加者約40名）．事業チーム，原子力機構，欧州貢献研究機関の関係者に加えて J-PARC,SNS, CERN など日米欧の8加速器施設からリニアック担当者を招待し，既存あるいは建設中の加速器の概況，コミッショニング等についての発表を聴き，今後のプロトタイプ加速器のコミッショニングについての議論を行った．

4．第7回アジアプラズマ核融合学会（APFA2009）およびアジア太平洋プラズマ理論会議（APPTC2009）の見学ツアー開催

10月27～31日に，原子力機構とプラズマ・核融合学会との主催により，この2つの国際会議が青森市の「アウガ」

図1　第2回 IFMIF/EVEDA ワークショップ
（平成21年9月14・15日，大阪大学吹田キャンパス「銀杏会館」にて）

にて同時開催された．10月30・31日には，テクニカルツアーが催され，施設がほぼ完成した六ヶ所の国際核融合エネルギー研究センター等を見学してもらい，アジアの研究者にその活動内容，施設の概要，等を紹介し，アジア地域の核融合研究開発の拠点としての重要性を認識していただいた．

5．原型炉プラットフォーム会合の開催

10月30・31日に国際核融合エネルギー研究センター管理研究棟で原型炉設計プラットフォーム会合が開催され，若手研究者を中心に，大学等から17名，機構から14名が参加した．プラズマと工学の両面から，原型炉に適用可能な要素技術や開発戦略等について活発な議論を行い，夜は，近隣の乙供の温泉宿に宿泊して深夜まで車座になっての議論を続けた．分野を超えた情報交換と議論は極めて有意義であるので今後も続けてほしいとの要望が強かった．

6．施設の建設工事は順調に進捗

各研究施設の建屋の建設工事は順調に進捗しており，計算機・遠隔実験棟では計算機室および遠隔実験室のOAフロアが敷設され，ほぼ建築工事が終了した．原型炉R&D棟では電気・機械設備の機器の据付・調整が進められている．IFMIF/EVEDA開発試験棟は，加速器室の内装や，空調設備の設置，電源設備の設置等が進められている（**図2**参照）．また，10月1日に無事東北電力の系統からサイトへの66 kV/30 MVA電力供給が開始され，それぞれ工事中の施設への試運転のための電力供給の準備が整った．

図2　施設の建設が進む国際核融合エネルギー研究センター（平成21年8月26日撮影）

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

幅広いアプローチ活動だより(21)

○サテライトトカマク（JT-60SA）製作の進展

日欧ホームチーム及びサテライトトカマク事業チームで開催している技術調整会議の第6回会合（TCM-6）が9月16日-18日にスペインで開かれた（**図1**）．本会合では，主要機器の詳細設計について議論した．なお，次回会合（TCM-7）は12月に那珂で開催予定である．また，9月25日に開催されたプロジェクト委員会設計レビュー会合では，ダイバータの設計についてJETの遠隔保守専門家他による設計レビューを受け，遠隔保守対応のダイバータ設計とR&Dが順調に進捗していることが評価された．更にこれを受け，10月19日に第5回事業委員会（PC-5）がTV会議で開催された．ダイバータ日本分調達の現状が報告され，計画通りの進捗であることが承認されるとともに，JT-60SA研究計画策定の現状が報告された．また，欧州調達分機器の調達取決め（PA）は順調に進展しており，12月4日付でクエンチ保護回路，12月7日付でクライオスタットベースの調印が完了し，今後，高温超伝導電流リード，トロイダル磁場コイル，トロイダル磁場コイル電源，ポロイダル磁場コイル電源，高速位置制御コイル電源のPAに調印する予定である．

日本が分担する調達については，引き続き各機器の製作を進めるとともに，真空容器組立棟の建設及び真空容器トーラス部の残部などの契約が整った．前回報告（本誌10月号）からの主な進展としては，真空容器20度分の試作について，インボード直線部と曲線部との接続が終了し（**図2**左）し，残る溶接継手試験の結果を踏まえ，12月初めから実機製作を開始した．また，20度モデルのアウトボード試作では，10度セグメントにリブを溶接後，内壁同士を溶接して20度形状にできた（**図2**右）．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

図1　技術調整会議の第6回会合（TCM–6）の参加者．

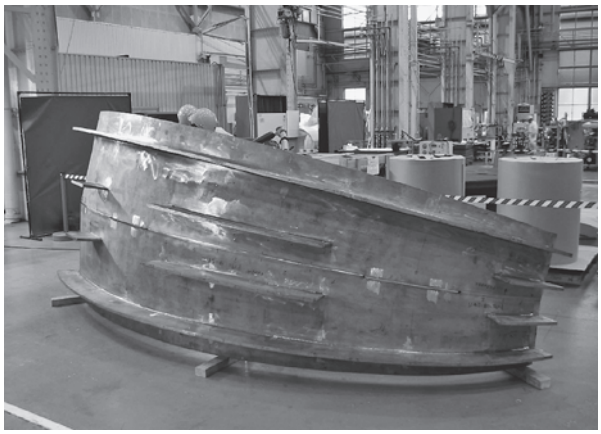


図2　試作した真空容器20度上半部のインボード直線部と曲線部の接続（左），10度セグメント2個を接合した20度アウトボード（右）．

幅広いアプローチ活動だより(22)

1．第6回BA運営委員会の開催

12月4日に第6回BA運営委員会がイタリアのパドヴァの“Scuola della Carità（慈愛の同信会）”にて開催された（**図1**参照）．今回の委員会では，欧州側は，議長となったペレス＝サインツ欧州委員会研究総局エネルギー局J1ユニット長以下，委員4名と専門家5名，日本側は箱﨑文部科学省大臣官房審議官以下，委員4名と専門家6名，これと各事業長及び事業委員会の代表6名が参加した．本会合では，3事業のための主要機器の製作と建設活動を含む3事業の2010年作業計画を承認した．また，この運営委員会に併せて，サテライトトカマク事業のためにEUが物納する機器の調達取り決めが，日欧の実施機関間で調印された．IFMIF/EVEDA事業チームの構成員の充実や六ヶ所における建屋建設が予定通り進められていることが報告されたほか，青森県及び六ヶ所村により提供されている生活支援及び教育支援に対して，あらためて感謝の意が表明された．次回の運営委員会は，2010年4月28日に日本（六ヶ所村）で開催の予定である．

2．IFMIF/EVEDA Li試験ループの建設工事開始

IFMIF/EVEDA Li試験ループの建設工事が原子力機構大洗研究開発センターで11月2日から始まり，ループ架台設置のための基礎掘返しを開始した（**図2**）．12月から杭打ちが開始され，来年3月にループ架台の現地工事完了予定．このLi試験ループ施設は国際核融合材料照射施設の工学実証・工学設計活動（IFMIF/EVEDA）の重要な3つの実証試験の1つと位置付けられている．IFMIF実機と流体的に同等な，毎秒20mの高速リチウム流を発生させて流れの安定性とループ全体の長時間の安全・健全運転を実証することを目的としており，リチウムループとしては世界最大である．欧州からはこのループに取り付けるための背面壁（液体リチウム流路で最も中性子束が高くなる部分）が持ち込まれる計画である．

3．六ヶ所サイトでは各施設がほぼ完成

六ヶ所村は12月初旬までは積雪ゼロの状態であったが，12月中旬から1月にかけてかなりの降雪があった．現在の積雪の状態は，この時期には珍しく時折雨も降ったためそれほどでもない．六ヶ所サイトで建設中の各研究施設では，建築工事は概ね終了し，各棟への電力の供給も始まった．電気設備の据付調整は最終段階となり，空調設備の試運転等も進められ，3月半ばの竣工へ向けて予定通り建設工事が進んでいる．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

図1　第6回幅広いアプローチ運営委員会
（平成21年12月4日，イタリアのパドヴァの“Scuola della Carità”にて）

図2　IFMIF/EVEDAのLi試験ループ現地工事
（平成21年11月10日，原子力機構大洗研究開発センター）

幅広いアプローチ活動便り(23)

1．第6回 IFERC 事業委員会の開催

3月10・11日に国際核融合エネルギー研究センター（IFERC）事業の第6回事業委員会が土岐市の核融合科学研究所にて開催された（**図1**参照）．欧州からは，カール・ラックナー議長を含め委員3名と専門家3名，日本側は中島徳嘉核融合科学研究所教授を含め委員3名と専門家5名，これと荒木事業長および事業チーム1名並びに事務局2名が参加した．今回の事業委員会では，2009年の年次報告を受けて事業の進捗を確認し，4月末に開催されるBA運営委員会への報告に同意した．また，計算機シミュレーションセンターに関連する現状報告や計算機選定のための特別作業グループ（SWG1）の報告を受け，計算機運用のための特別作業グループ（SWG2）の実施要領案についても議論を行ったほか，事業計画の中の貢献分担表の更新についても検討した．さらに，今後ITER遠隔実験等に必要な外部高速ネットワークの現状確認と検討が行われた．次回は，2010年10月6・7日にバルセロナ（スペイン），もしくは10月7・8日または19・20日に六ヶ所で開催される予定である．

2．第6回 IFMIF/EVEDA 事業委員会の開催

3月26・27日に国際核融合材料照射施設工学実証工学設計活動（IFMIF/EVEDA）事業の第6回事業委員会が六ヶ所の国際核融合エネルギー研究センターで開催された（**図2**）．日本からは，秋場真人議長を含め委員3名と専門家6名，欧州側はオブライアン欧州委員会担当官を含め委員3名と専門家3名，これとギャラン事業長および事業チーム員5名が参加した．今回の事業委員会では，2009年の年次報告を受けて事業の進捗を確認し，BA運営委員会への報告に同意した．特に加速器系の実証試験スケジュールや工学設計報告書への実証試験結果の反映等について議論が成された．またIFMIF実機の要求仕様についての作業グループの報告書をBA運営委員会に提案することが同意された．次回は，10月6・7日に六ヶ所で開催される予定である．

3．六ヶ所サイトでは各施設が竣工，一部装置の据付開始

六ヶ所サイトで建設中だった計算機・遠隔実験棟，原型炉R&D棟およびIFMIF/EVEDA開発試験棟の各研究施設は，3月11日に竣工検査が終了し，無事完成した．原型炉R&D棟では，既に一部の装置や実験のための設備の据付が開始されている（**図3**）．今後整備が進むに従って研究開発も本格的に開始される予定である．

（日本原子力研究開発機構 核融合研究開発部門）

図2　IFMIF/EVEDA 事業委員会
（平成22年3月26日，国際核融合エネルギー研究センターにて）

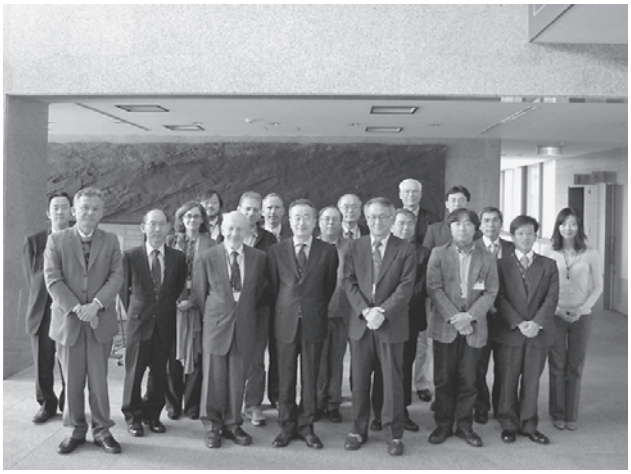


図1　第6回 IFERC 事業委員会
（平成22年3月10日，土岐市核融合科学研究所にて）

図3　原型炉 R&D 棟への実験設備の据付開始
（平成22年3月28日）

幅広いアプローチ活動だより(24)

1．第7回BA運営委員会の開催

4月28日に国際核融合エネルギー研究センター管理研究棟において，第7回BA運営委員会が開催された（**図1**参照）．欧州からは，キンタナ・トリアス欧州委員会研究総局エネルギー局長（団長）を含め委員4名と専門家5名，日本側は千原由幸文科省研究開発局戦略官（団長）を含め委員4名と専門家8名，これと各事業長，事業委員会議長，特別作業グループ議長および青森県並びに六ヶ所村の関係者が参加した．本会合では，3つの事業の進捗が報告され，2009年の年次報告が承認された．特に，国際核融合エネルギー研究センター施設がスケジュール通りに完成し，2011年に据え付けられ2012年からの運転開始が期待されている高性能計算機（スパコン）等の重要な設備を設置するための準備が整ったこと，原型炉の研究開発のための施設やIFMIF原型加速器の試験を行うための施設が完成したこと，また，サテライト・トカマク計画の真空容器の試作品の開発が成功し製作が開始されたことなどの進捗が確認された．また，青森県および六ヶ所村から提供されている生活支援，特に欧州からの専門家の子弟のために提供されている国際学校と4月に完成した新しい校舎に対して改めて感謝の意が表明された．次回は，2010年12月15日にマドリッド（スペイン）で開催される予定である．

2．高性能計算機（スパコン）の調達取り決めに署名

原子力機構は，BA活動の欧州側実施機関である「ITER及び核融合エネルギー研究のための欧州共同事業体（Fusion for Energy）」と，BA活動の一環である「国際核融合エネルギー研究センター（IFERC）事業」のための高性能計算機（スパコン）導入における技術的仕様と調達スケジュールについて正式に合意し，4月28日に調達取り決めに署名した．今回の調達取決めは，核融合研究開発のための専用高性能計算機（スパコン）の設置と運転で，欧州は高性能計算機（スパコン）を2011年末までに調達し，国際核融合エネルギー研究センターに設置した後，2012年初頭から2016年末までの5年間にわたり運転するという内容になってる．調印式は第7回BA運営委員会の開催中に行われた（**図2**参照）．

図1　第7回BA運営委員会．
（平成22年4月28日，国際核融合エネルギー研究センターにて）

3．国際核融合エネルギー研究センター施設完成記念式典開催

4月27日に国際核融合エネルギー研究センター施設完成記念式典が，原子力機構の主催で六ヶ所村文化交流プラザ「スワニー」において開催された．施設完成記念式典に先だって六ヶ所BAサイトにおいて3研究施設の見学会を開催し，約250人が見学に訪れ盛況であった．

六ヶ所村文化交流プラザ「スワニー」で行われた完成記念式典においては，坂田文部科学省事務次官，三村青森県知事，古川六ヶ所村長，等を初めとして400人以上の参加者があり，池田ITER機構長とのテレビ会議討論，有馬日本科学学術振興財団会長のビデオレター，御手洗経団連会長からのお祝いメッセージ披露なども行われ，その後の懇親会を含め盛会のうちに終了した．

（日本原子力研究開発機構　核融合研究開発部門）

図2　スーパーコンピュータの調達取り決め．
（平成22年4月28日，国際核融合エネルギー研究センターにて）

図3　国際核融合エネルギー研究センター施設完成記念式典．
（平成22年4月27日，六ヶ所村文化交流プラザ「スワニー」にて）

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(25)

1．IFMIF/EVEDA リチウム試験ループの工事が進む

青森県六ケ所村及び茨城県大洗町で実施しているリチウム試験ループは，IFMIF の主要機器の一つである液体リチウムループの安定かつ長期間の運転を実証するため，液体金属（ナトリウム）に関する優れた取り扱い技術と経験を有する大洗研究開発センターに，欧州により調達される機器も含めて実機の約 1/3 規模で製作し，運転する装置である．完成後の試験ループでは，約 300℃ に保たれた液体リチウムが，15～20 m/s もの高速下で波高 1 mm 以下という極めて平滑な状態で流れることが期待されている．

リチウム試験ループは，2009年11月に現地工事が開始されて以降順調に工事が進み，試験ループを据え付けるための装置架台も予定通り 3 月末に完成した．その後，それまでに工場で製作を進めてきた電磁ポンプなどの本体機器の搬入，据え付けを開始するとともに，機器同士を繋ぐ配管工事を進め，6 月末時点では主要機器のほぼ全ての据付作業が終了している（**図 1** 参照）．今後は，8 月下旬の消防署による耐圧検査終了後，配管等の断熱材の被覆作業が開始され，2011年 2 月にリチウム試験ループが完成する予定である．

2．中川副大臣が国際核融合エネルギー研究センターを視察

6 月25日，中川文部科学副大臣が国際核融合エネルギー研究センターを視察された（**図 2** 参照）．岡田理事から幅

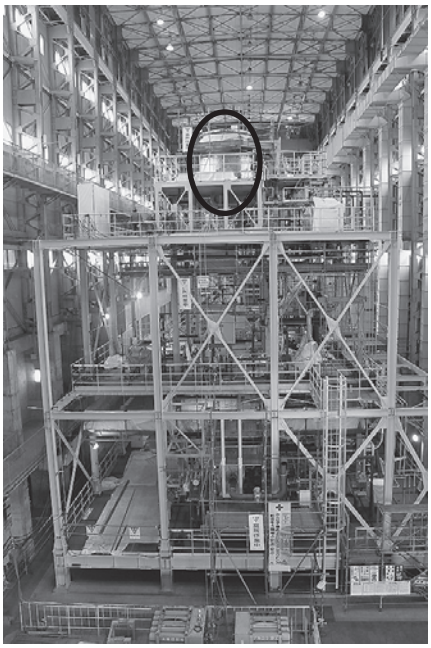


図 1　6 月末時点におけるリチウム試験ループの全体写真　赤丸で囲まれた部分は，ターゲットアッセンブリーと呼ばれる液体リチウムが高速（15~20 m/s）で流れる最重要機器が格納されている容器．

図 2　計算機・遠隔実験棟で高性能計算機の説明を受けられる中川文部科学副大臣（平成22年 6 月25日，国際核融合エネルギー研究センターにて）．

図 3　国際核融合エネルギー研究センター施設公開日
上：雨の中のペットボトルロケット大会，
下左：ロボットキャッチャー，下右：マスコットのなぜポンねぶた．
（平成22年 7 月10日，国際核融合エネルギー研究センターにて）

広いアプローチ活動に関する概況説明の後，奥村副部門長の案内により施設を視察された．視察を終えて，副大臣から「国際的な協力，科学技術を結集して共同設計を進めていくということ，ここが大事なポイントだと思う．ここBAサイトを中心にして，しっかりバックアップして，国際協力に貢献していただきたい．」と，力強いエールをいただいた．

3．国際核融合エネルギー研究センターの一般公開

7月10日（土）に研究施設完成後初めての国際核融合エネルギー研究センターの一般公開が開かれた（図3参照）．今回は，施設の建設工事も終了したことで，研究施設の見学ツアーだけでなく，施設のいろいろな部屋や敷地の一部を使って，3D映像の放映，那珂博士の講演＆実験，ペットボトルロケット大会，ロボットの操縦体験等様々な科学技術に親しんでもらうための催しが行われ，天気が不順だったにもかかわらず約230人以上の訪問者があった．

（日本原子力研究開発機構　核融合研究開発部門）

幅広いアプローチ活動だより(26)

1．第3回IFMIF/EVEDAワークショップが開催される

9月20～22日にスペイン，マドリッドのCIEMAT研究所において第3回IFMIFワークショップが開催された．事業チーム，原子力機構，日本の大学，欧州貢献研究機関等から，合計122名が参加し（**図1**参照），2010年の成果と今後の計画案を中心に発表，議論を行った．1日目に事業全体の概況，事業チームおよび日欧実施機関の組織体制，日欧実施機関による各施設（加速器施設，リチウムターゲット施設，試験施設）の工学実証試験活動全体概況等が紹介された．2日目，3日目の前半は各施設毎に分科会を開き，実証試験における詳細事項について議論を行い，3日目の後半に全体のまとめを行った．引き続き9月23日，24日は同研究所でIFMIF工学設計に関する技術調整会議や，各施設グループの技術会合等が開かれ，それぞれ今後の詳細な活動計画や調達取り決めの準備等について議論された．

2．研修・食堂棟の建設が始まる

今後国際核融合エネルギー研究センターにおいて，研究開発環境が整うにつれ，国内外からの研究者が長期にわたって研究が実施できるような国際的研究環境を確保するために，食堂と研修室を備えた建物が整備されることとなり，9月初めに工事が開始された．建築面積約400 m^2の研修・食堂棟の建物はサイト内の南東寄りの場所（**図2**参照）に建てられ，来年の3月末には竣工し，4月から運用が開始される予定．

3．国際核融合エネルギー研究センター（IFERC）事業長が交代

9月9日付けで荒木IFERC事業長が辞任し，核融合科学研究所の中島徳嘉教授が同事業長に就任した．今後中島新事業長の下で，IFERC事業の調整等が行われる．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

図1　第3回IFMIFワークショップ（平成22年9月20～22日，スペイン，マドリッドのCIEMAT研究所にて）

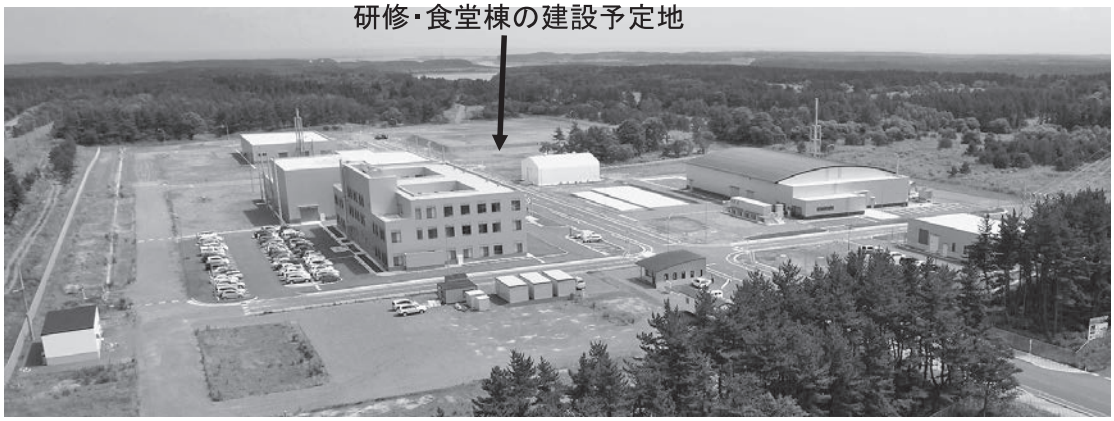


図2　研修・食堂棟の建設予定地（平成22年8月，国際核融合エネルギー研究センター）

幅広いアプローチ活動だより(27)

1．IFERC 原型炉 R&D ワークショップの開催

10月４～６日の３日間，スペインのバルセロナにある欧州実施機関 Fusion for Energy（F4E）で第７回 BA 原型炉 R&D ワークショップが開催された．日本側の出席者は，原子力機構から９名，EU 側の出席者は，計11名で，主として2010年次の進捗と2011年次の計画について議論を行った．

このワークショップの中では，国際核融合エネルギー研究センターの原型炉 R&D 棟において新たに欧州側が行う SiC/SiC 複合材料と液体金属 LiPb（液体増殖材料）との共存性試験が議論され，今後の実験条件や施設との取り合い条件について協議された．

2．第７回 IFMIF/EVEDA 事業委員会の開催

10月６～７日に国際核融合材料照射施設工学実証工学設計活動（IFMIF/EVEDA）事業の第７回事業委員会が六ヶ所の国際核融合エネルギー研究センターで開催された（図１参照）．日本からは，秋場真人議長を含め委員３名と専門家４名，欧州側はオブライアン欧州委員会担当官を含め委員３名と専門家５名，これとギャラン事業長および事業チーム員13名が参加した．

今回の事業委員会では，大洗で建設中のリチウム試験ループがほぼ完成したことなど IFMIF/EVEDA 事業の進捗が報告されるとともに，事業チームから提案された，原型加速器の工学実証試験や IFMIF 工学設計活動のスコープ，2011年の作業計画について審議した．その結果，いずれも12月に開催予定の運営委員会に承認を求めるために提出することを勧告した．次回の事業委員会は，2011年３月24日～25日に六ヶ所で開催される予定である．

3．第７回 IFERC 事業委員会の開催

10月18～19日に国際核融合エネルギー研究センター（IFERC）事業の事業委員会が六ヶ所の国際核融合エネルギー研究センターで開催された（図２参照）．欧州からは，カール・ラックナー議長を含め委員３名と専門家８名，日本側は福山淳京都大学教授を含め委員３名と専門家５名，これと中島事業長および事業チーム員２名並びに事務局３名が参加した．

今回の事業委員会では，IFERC 事業チームが作成した事業計画改訂案や2011年の作業計画を審議し，それらを運営委員会に承認を求めるため提出するよう勧告した．さらに前回の事業委員会および運営委員会の提言に基づき，高性能計算機の運用方針を検討する特別作業グループの実施要領案や日欧共同による原型炉概念設計作業の実施要領案についても議論を行った．次回の事業委員会は，2011年３月16～17日に六ヶ所で開催される予定である．

（日本原子力研究開発機構　核融合研究開発部門）

図１　IFMIF/EVEDA 事業委員会．
（平成22年11月18日，国際核融合エネルギー研究センターにて）

図２　第７回 IFERC 事業委員会．
（平成22年11月６日，国際核融合エネルギー研究センターにて）

幅広いアプローチ活動だより(28)

1．第8回幅広いアプローチ運営委員会の開催

第8回幅広いアプローチ運営委員会が昨年12月15日にマドリッドのCIEMAT研究所において開催された（**図1**参照）．運営委員会では，幅広いアプローチ活動の三事業（IFMIF/EVEDA事業，IFERC事業，サテライト・トカマク計画事業）の2011年作業計画を承認した．

IFMIF/EVEDA事業では，大洗のリチウム試験ループに係わる許認可が無事に取得されたことが報告され，また将来のIFMIF建設に必要な工学実証データを最大限利用するために，六ヶ所における原型加速器の実験期間をBA活動終了予定の2017年6月まで延長することが承認された．

IFERC事業では，2012年初頭から運用されるスーパーコンピュータのための核融合計算機シミュレーションセンター建屋の準備のための調達取決め及び原型炉R&Dに関する調達取決めの署名式が行われた（**図2**参照）．原型炉R&Dの調達取決めは，欧州の様々な核融合研究所によって実施される予定である．将来の原型炉に向けた材料開発のためのR&D活動が含まれている．また，原型炉に対する日欧共通の概念の基礎を成す原型炉設計活動が今年から開始される．

サテライト・トカマク計画では，JT-60SAの機器製造及び建設が順調に進んでおり，日欧の研究者は，JT-60SA研究計画の詳細な策定を開始した．

次回運営委員会は，5月に茨城県那珂市（日本）で開催される．

図1　マドリッドにて開催された第8回幅広いアプローチ運営委員会（左:日本代表団，中央:各事業長，右:欧州代表団）．

図2　IFERC事業の調達取決め署名式（左から，ブリスコF4E所長，中島IFERC事業長，二宮原子力機構部門長）．

2．リチウム試験ループでの試験検査を開始

国際核融合材料試験施設の工学設計・工学実証活動（IFMIF/EVEDA）の一環でIFMIFの液体リチウムターゲットの実証試験を行うリチウム試験ループの現地工事が終了し，昨年11月の大洗消防署による最終検査（外観検査）に合格した．その後，12月21日までにリチウムの全量の溶解を完了し，年が明けた1月20日に電磁ポンプを稼働させた流動試験を開始した（**図3**）．

3．雪景色の六ヶ所サイト

昨年暮れからの降雪で六ヶ所サイトは雪に覆われている（**図4**参照）．この冬は降雪がいつもより多めだが，晴れる日も多く，雪原でのアウトドアスポーツに興じる人もいる．

現在，原型炉R&D棟では実験設備の設置が順調に行われているほか，IFMIF/EVEDA開発試験棟でも加速器据え付け時の位置決めをするためのベンチマークの設置の準備が行われた．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

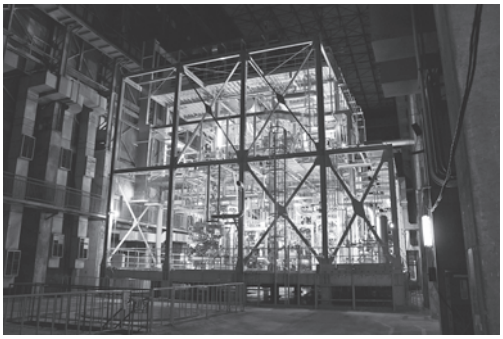


図3　組み立て工事が終了した大洗リチウムループ（原子力機構大洗工学センター）．

図4　雪で覆われた六ヶ所サイト（1月18日撮影）．

幅広いアプローチ活動だより(29)

1．東北地方太平洋沖地震の影響について

3月11日㈮に発生した東北地方太平洋沖地震により亡くなられた方々のご冥福をお祈り申し上げますとともに，被災された皆様，そのご家族の方々に対しまして，心よりお見舞い申し上げます．

幸いにも六ヶ所の国際核融合エネルギー研究センターでは，震度4と他の東北地方の太平洋側の地域より揺れが大きくはなかったことから施設の損害はなく，13日㈰までサイトは停電したものの，その後の業務に支障はなかった．しかしながら，3月中に予定されていたIFERC,IFMIF/EVEDA両事業の事業委員会は4月に延期あるいは文書交換によるものとされ，開催する会合もテレビ会議で行うこととなった．

一方で，東海村の原子力科学研究所では，加速器の高周波結合系のテストスタンドに一部損傷があった．また，大洗町の大洗研究開発センターでは，リチウム試験ループには外見上目立った損傷がなかったものの詳細な点検を実施中である．IFMIF/EVEDA事業委員会に併せて開催予定だった同ループの完成式典は中止となった．

2．IFMIF/EVEDA原型加速器インターフェース会合の開催

2月7日から10日まで日欧のIFMIF/EVEDA原型加速器の関係者が集まり，それぞれの調達する部分間の取り合い，すなわち建家や今後整備する電源設備，二次冷却設備，制御設備等と加速器機器（配置，取り合い条件，等）について協議した．欧州からの参加者は11人で，それぞれの加速器機器を担当する研究機関から専門家が集まった（**図1**参照）．これと並行して，今後，放射線障害防止法における加速器施設として，また超伝導機器の設置にかかわる高圧ガス取扱施設として許認可が必要となることから，これらの安全に関する設計や評価および許認可の準備を行うための体制，方針等についても協議された．

3．原型炉R&D棟の整備が進む（図2参照）

来年度（平成23年度）からの核融合原型炉の実現に向けての本格的な研究開発を開始するため，様々な設備，機器等の整備が，年明けから急ピッチで進められている．既に原型炉ブランケットの構造材料の研究開発を行う部屋には，原子炉等で照射した材料試験片を扱うためのマニピュレータ付きのしゃへい体（セル），温度・湿度を一定にするための部屋（パーティション）の設置が行われ，その中に試験片等の微細構造や物性を観察，測定するための機器が設置されている．また，トリチウムを取り扱うフードおよびグローブボックスの整備，中性子増倍材であるベリリウム並びにその化合物を取り扱う設備，機器等の整備もほぼ完了した．

図1　IFMIF/EVEDA原型加速器インターフェース会合．
欧州からの参加者はCEA（フランス）：5人，CIEMAT（スペイン）：2人，INFN（イタリア）：3人，F4E（欧州実施機関）：1人

図2　整備の進む原型炉R&D棟．
左上：RI実験室のフード等，左下：微細構造装置群室に据え付けられた透過型電子顕微鏡，右上：ベリリウム製造設備室，右下：材料試験室に据え付けられた簡易しゃへい体（セル）

4．欧州が調達する高性能計算機のメーカーが決定

国際核融合エネルギー研究センター事業の一つの大きな柱である核融合計算機シミュレーションセンターのために欧州が調達する高性能計算機（スーパーコンピューター）のメーカーが，国際入札の手順を踏んで，フランスのBull社に決定した．現在，日本が調達する，高性能計算機のための電源設備，冷水供給設備等の設計が進められており，これらの整備が完了する夏以降に計算機本体が六ヶ所に搬入，据え付けられる予定である．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

幅広いアプローチ活動だより(30)

1．新年度研究者が増え，新たなグループも

国際核融合エネルギー研究センターでは，新年度になり原型炉設計，原型炉R&D，計算機シミュレーションといったIFERC事業関係の研究室の人達が次々と着任し，4月と5月で17名の研究者（機構職員，技術協力員，任期付研究員等を含む）が新たに増えた．

組織では新たに核融合研究開発部門の六ヶ所BAプロジェクトユニットのIFMIF/EVEDA事業関係のグループが2つに分かれ，IFMIF加速器施設開発グループとIFMIF照射・試験施設開発グループとなった．

今後は夏から秋にかけて，計算機シミュレーション関係の研究グループおよび高性能計算機の据え付け，調整並びに運用準備のための人員など，20人以上が着任する計画となっており，拠点組織である青森研究開発センターの人員と併せ，今年中に国際核融合エネルギー研究センター全体に在駐する人数は約180人となる．

新年度からオープンしている食堂も，昼休み早々に行かないと定食が売り切れるほど活況を呈している．

2．原型炉R&D棟のRI使用許可申請書を文部科学省に提出

今年度より原型炉R&D棟においてトリチウムや照射済微小試験片を用いた研究開発を開始するため，放射線障害防止法に基づいたRI使用許可申請に関して，施設の整備と並行して原子力機構内で検討，審査してきた．その結果，3月末に申請書案がまとまり，これを文部科学省に提出した．

原型炉R&D棟への最初のRIの搬入は今年の夏頃を予定している．

3．高性能計算機用の電源・冷水供給設備等の設置準備開始

4月初旬から計算機・遠隔実験棟における高性能計算機（スーパーコンピューター）用の電源・冷水供給設備等の設置のための準備が本格的に開始された．

欧州が調達する高性能計算機は電気容量が最大約3 MWで，これを冷却（約2.5 MWが水冷，約0.5 MWが空冷）するための冷水を供給する設備と，その冷却設備用の電源を含めた電源設備（約4.5 MW）を日本が調達する．高性能計算機を設置する2階の計算機室は主に水冷で冷却する部屋と空冷で冷却する部屋の二つに間仕切られ，1階の計算機補機室から2階の計算機室へ物を運ぶリフト等が取り付けられる．

この他にも，IFMIF/EVEDA事業の原型加速器の超伝導機器のための冷凍機などを収納する建屋の工事も開始されている．

4．欧州の高性能計算機メーカーが六ヶ所で説明会を開催

計算機シミュレーションセンター（CSC）のために欧州が調達する高性能計算機のメーカーに決まったフランスのBull社一行が，欧州の実施機関（F4E），調達を担当するフランス原子力代替エネルギー庁（CEA）の担当者と共に来日し，5月16日に，国際核融合エネルギー研究センターの管理研究棟で，説明会が開催された（**図1**参照）．説明会では，Bull社から今回調達される高性能計算機の概要や据付・運用のスケジュールが紹介されただけでなく，F4Eの代表や中島事業長からCSCの活動の概要や今後の研究開発計画等も紹介され，招かれた六ヶ所村や青森県の関係者，フランス大使館や駐日欧州連合代表部からの参加者を含め約60人が熱心に聴講した．

Bull社によると，最終的な計算機の性能としてはピークで1.3ペタフロップスの性能が出るとのことであった．

一行はその後19日まで技術会合のため青森に滞在し，日本側の調達する設備・機器等との技術的な調整，計算機・遠隔実験棟の実地調査等（**図2**参照）を行った．

（日本原子力研究開発機構　核融合研究開発部門）

図1：フランスBull社の説明会（5月16日国際核融合エネルギー研究センター管理研究棟大会議室で開催）

図2　電源設備，冷水供給設備等の整備が始まった計算機・遠隔実験棟（5月16日フランスBull社等の実地調査）

幅広いアプローチ活動だより(31)

1．BA 運営委員会の書面手続が終了

東日本大震災の影響で５月に予定されていたBA 運営委員会が中止となったため，日欧政府の合意の下，書面手続が進められて来たが，７月19日付で完了し，各事業の年次報告，事業計画，IFERC 事業チーム体制などが承認された．また勇退したIFMIF/EVEDA 事業長のパスカル・ギャラン氏を引き継ぐ暫定事業長として原子力機構の松本宏氏が指名された．

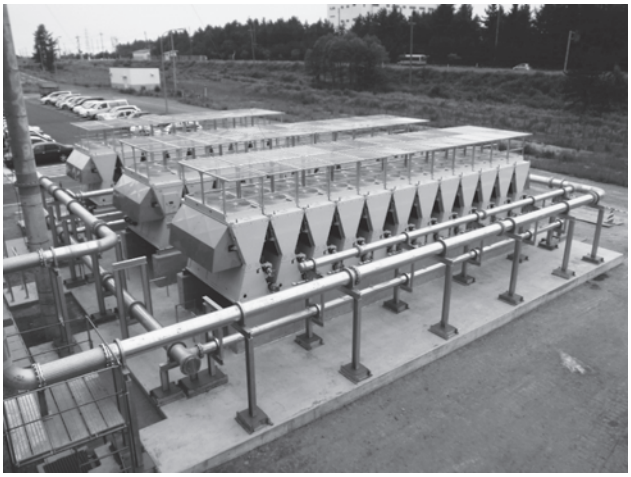
2．原型炉 R&D 棟の RI 使用許可がおりる

３月末に文部科学省に提出されていた放射線障害防止法に基づくRI使用許可申請書の審査が終了し，７月７日付けで文部科学大臣から原子力機構理事長に許可証が発行された．東日本大震災の影響で原型炉 R&D 棟への RI の搬入スケジュールは多少遅れ，最初の搬入は今年の10月頃となる予定で，それに向けて放射線管理区域の設定準備を進める．

3．高性能計算機の設置のための日欧技術会合の開催と計算機・遠隔実験棟の工事の進捗状況

４月初旬から開始されている計算機・遠隔実験棟における高性能計算機（スーパーコンピューター）用の電源・冷水供給設備等の設置のための準備工事の状況の確認と今後欧州が行う高性能計算機とその付帯設備の搬入，設置，調整等の手順などを議論するための技術会合が７月4-5日に六ヶ所の計算機・遠隔実験棟などで開催された．

今回は日本が調達する冷水供給設備と，電源設備および内装工事との詳細な取り合いを確認するとともに，Bull 社およびその協力会社として様々な作業を行う日本 SGI 社の詳細な搬入，据付などの作業の進め方について協議さ



2.4 MW の冷却能力を持つ冷凍機

ポンプ，ヘッダがそろった冷水供給設備

ケーブルの敷設が進む機械室

２階計算機室Ｉで計算機用の冷却配管敷設作業中

図１　計算機・遠隔実験棟の工事の状況

れた．さらに，Bull 社が高性能計算機の立ち上げ，試運転，調整等に使うネットワークや，最終的にユーザーが高性能計算機にアクセスするために接続する高速ネットワークの整備工程についても，検討，協議が行われた．

一方，計算機・遠隔実験棟の計算機室および計算機補機室の工事については，内装工事が７月13日で完了，２階の計算機室は２つに分割する区画壁や保守・補修用のリフターとその部屋，空冷用の12個のエアハンドリングユニット等が設置され，かなり様相が変わった．また，１階の計算機補機室並びに北側の屋外基礎にも，冷水供給設備や電源設備のユニットが据え付けられ，天井のケーブルトレイや冷水配管の配置，断熱材の取付けなどが行われた（図１参照）．７月末までに大物の搬入，据付がほぼ完了し，６割方の進捗状況となる．

４．第２回原型炉設計プラットフォーム会合を開催

第２回原型炉設計プラットフォーム会合が６月22-23日に国際核融合エネルギー研究センターの管理研究棟で開催された（図２参照）．メーカー５名を含む所外25名，所内29名の参加があり，核融合動力炉に向けたトカマク，ヘリカル，レーザー炉の主要要素の技術成熟度（TRL）評価について，活発な議論が行われた．この議論はプラズマ・核融合学会誌小特集としてまとめられる予定である．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

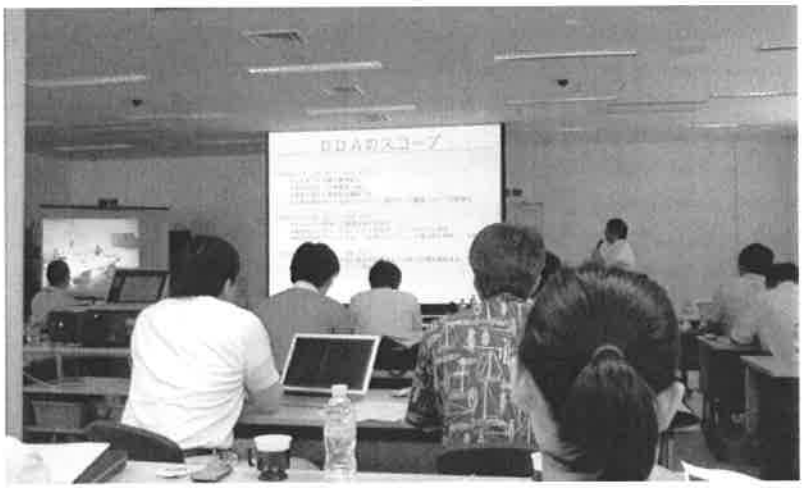


図２　第２回原型炉設計プラットフォーム会合の様子（６月22日，国際核融合エネルギー研究センター管理研究棟にて）

幅広いアプローチ活動だより(32)

○サテライトトカマク（JT-60SA）計画の進展

1．調達取り決めと機器製作

日欧の設計レビューや審議が順調に進み，平成23年７月までに日欧合計15件（日本調達分８件，欧州調達分７件），サテライト・トカマク総事業費に対して70%（日本分75%，欧州分66%）の調達取り決めを締結した．最近の締結状況は，欧州調達分では，トロイダル磁場コイル（H22年７月），中心ソレノイドコイル用スイッチングネットワークユニット（H22年12月），トロイダル磁場・ポロイダル磁場・高速位置制御コイル電源（H23年２月），クライオスタット胴部（H23年７月）で，日本分ではクライオスタット胴部材料（H23年７月）である．

様々な機器の製作も順調に進んでいる．以下，代表例として真空容器とポロイダル磁場コイルについて記す．まず真空容器については，様々な試作試験等を経て，本年３月末までに40度セクターのインボード部１体とアウトボード部１体を完成し，４月に那珂核融合研の真空容器組立棟に搬入して最終の溶接・組立，リーク試験等を行い，**図１**に示すように，５月に40度セクターを完成した（震災により２ヶ月の遅延）．現在は，真空容器40度セクター２体目および真空容器ポートの製作を進めている．

超伝導ポロイダルコイルでは，計画どおり導体の製作を進めるとともに，平衡磁場コイル用導体と中心ソレノイド用導体の性能評価（核融合科学研究所との共同研究）を完了して，要求性能を満足することを確認した．コイル製作では，銅ダミー導体を用いたパンケーキ巻線の試作を経て，実機ダブルパンケーキの巻線を開始した（**図２**）．

図１　真空容器実機40°セクター．

2．JT-60の解体

震災後の安全点検等で約１ヶ月の中断はあったが，JT-60の解体作業も順調に進んでいる．昨年度までに，JT-60本体周辺設備（計測架台，計測機器，RF加熱装置，ガス循環系等）の解体・撤去を完了して，現在は本体部の解体を進めている（**図３**）．JT-60本体室内の機器は放射化物であるとともに真空容器内部にはトリチウムがあることから，全ての解体物の放射線管理（測定，記録，保管）を行う必要がある．この「国内初の放射化した核融合装置の解体」に当たっては，本作業が記録に留めるべき技術資産となることを考慮しつつ安全を最大限に確保した上で効率良く進めることに注力している．例えば，放射化レベルに応じた各種解体作業要領の検討・作成，大量の解体品の放射

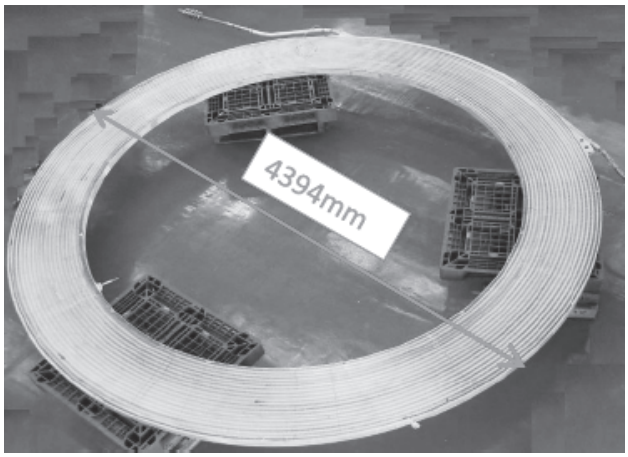


図２　超伝導ポロイダルコイル実機ダブルパンケーキ．

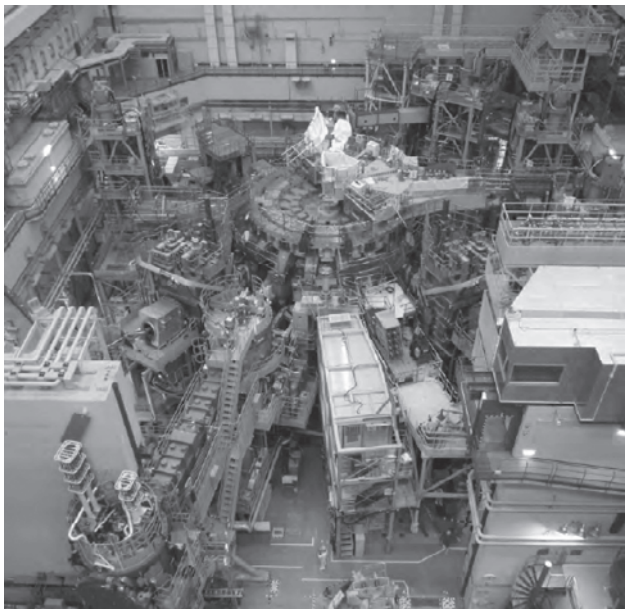


図３　解体が進む JT-60．
（平成23年８月１日）

線管理を迅速に行う専従班の設置とバーコードを利用して管理するシステムの整備，また，日々変化する解体現場において確実に安全確保を行うために，作業現場の常時監視や危険の芽を摘出する役割を担う統括安全担当者の設置や作業関係者間の密な情報共有を図る体制の構築を行い，安全に作業を進めている．

3．JT-60SA リサーチプランの検討

JT-60SAリサーチプランは，運転領域開発，MHD安定性と制御，輸送と閉じ込め，高エネルギー粒子挙動，周辺ペデスタル，ダイバータ・SOL・プラズマ壁相互作用，および炉工学の主要7研究領域での研究開発の詳細を，JT-60SA の実験を担う若手研究者を中心に企画・提案したものである．このJT-60SA リサーチプラン検討活動は，国内および日欧の研究者で議論を進め，JT-60SA を用いた研究計画を成熟させていくこと，また，原型炉に向けてITER 及びJT-60SAを包含する総合的な研究計画を検討することが大切な目的である．**図4**に検討体制を示す．昨年度は，広範囲に国内研究コミュニティからの企画・提案を反映すべく，上記研究領域毎に原子力機構と大学等からの検討代表者が取り纏め役となり，核融合エネルギーフォーラムのプラズマ物理クラスター，炉工学クラスター，社会と核融合クラスターにおいて精力的に改訂作業を進めた．また，核融合ネットワークからも意見を集めた．さらに，第27回プラズマ・核融合学会年会でのシンポジウム「JT-60SA の研究計画と国内体制の構築」を行い，数多くの建設的な意見・提案をいただいた．これらを経て，本年2月には，「JT-60SA Research Plan Ver.2.1」を作成した（＊）．共著者

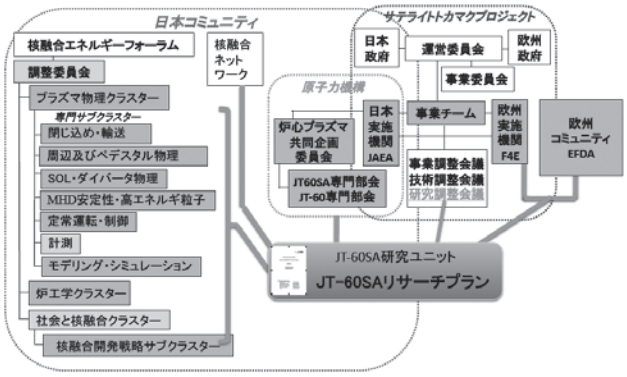


図4　JT-60SA リサーチプランの検討体制．

155名（原子力機構70名，大学等66名（13研究機関），欧州14名，プロジェクトチーム5名）である．

これを受けて欧州の研究者による検討活動が開始され，本年4月より本格的な検討体制が構築された．欧州では，EFDAが核融合研究活動を統括し，F4EがITER・BAの機器調達活動（即ち，JT-60SA の機器調達）を実施機関として進めている．これを踏まえて，JT-60SA に係る研究計画の議論は，F4Eとの協力の下でEFDAが中心的役割を担って実施することとなり，欧州内9カ国，19研究機関から約70名の研究者が参加して日欧の共同作業が開始された．現在，日欧総勢200名の共著者によって，リサーチプランVer.3.0（本年末完成予定）の検討を進めている．

（日本原子力研究開発機構　核融合研究開発部門）

（＊）http://www-jt60.naka.jaea.go.jp/jt60/html/res_plan_jt60sa.html

幅広いアプローチ活動だより(33)

1．IFERC 事業委員会の開催

9月27～28日に国際核融合エネルギー研究センター（IFERC）事業の事業委員会が六ヶ所の国際核融合エネルギー研究センターで開催された（**図1**参照）．欧州からは，カール・ラックナー議長を含め委員3名（TV 会議で参加）と専門家7名，日本からは福山淳京都大学教授を含め委員3名と専門家7名，これに中島事業長および事業チーム員7名並びに事務局1名が参加した．

今回の事業委員会では，IFERC事業チームが作成した事業計画改訂案や2012年の作業計画を審議し，それらを運営委員会に承認を求めるため提出するよう勧告した．今回は特に，核融合プラントの安全性研究や原型炉 R&D のレビューの提案の後，それらを含む，2012年の作業計画案と事業計画の改定案が提案された．なお，2日目には，原型炉 R&D 棟と計算機・遠隔実験棟の視察が行われた．

2．Bull 社の計算機の搬入が始まる

計算機・遠隔実験棟の計算機室及び計算機補機室の工事については，冷水供給設備や電源設備の工事がほぼ終了し，計算機の電源設備への電気の供給や冷水供給設備の試運転が開始されている．また，日本 SGI の計算機周辺設備等の据付調整も順調に進んでおり，計算機の搬入も8月23日から開始された（**図2**参照）

またIFERC事業委員会の開催と合わせて開催された，計算機シミュレーションセンターの日欧技術会合では，計算機据付け，輸送スケジュール，計算機への電気の供給，調整のため設置する高速ネットワーク，10月から常駐するサポートチーム等々の状況について確認，協議がなされた．

3．衆議院文部科学委員会の視察

8月24日に衆議院文部科学委員会（田中真紀子委員長以下19名の国会議員）の視察があった（**図3**）．視察後の記者ブリーフィングで，田中委員長より，核融合の研究開発について，先行投資として，厳しい財政事情ではあるが日本が率先して行うべき，現場で国際協力が行われているのは素晴らしいという発言があり，視察後，理事長へお礼の書簡も届いた．

（日本原子力研究開発機構　核融合研究開発部門）

図2　計算機・遠隔実験棟の工事の状況．
計算機・遠隔実験棟2階計算機室へ据付けられたラック（左上）や無停電電源等（UPS，右上），1階計算機補機室の冷水供給ヘッダ（右上），コンピューターラックの搬送作業（右下）

図1　第9回 IFERC 事業委員会
（9月28日，国際核融合エネルギー研究センターにて）

図3　文部科学委員会の視察
（8月24日，国際核融合エネルギー研究センターにて）

幅広いアプローチ活動だより(34)

1．BA 運営委員会の開催

第 9 回 BA 運営委員会が10月25日にスイスのローザンヌ（ローザンヌ工科大学）で開催された．今回は 3 つの事業の2012年作業計画が承認されたほか，IFMIF/EVEDA の新しい事業チーム体制，IFERC事業の貢献分担表や事業計画の軽微な変更が承認された（**図 1** 参照）．IFERC事業では，高性能計算機の据付が計画通りに進み，2012年初頭から運用が開始される．

IFMIF/EVEDA 事業では，2011年 5 月に原型加速器の入射器による初めて陽子ビーム生成に成功し，2012年11月までに入射器が六ヶ所に移送される予定．また，2011年 2 月にリチウム試験ループの建設と初期運転が成功裏に完了したが，震災のために一部が損傷したため，修復を考慮した事業計画の改訂が検討されることとなった．

サテライト・トカマク計画事業に関しては，日本担当の真空容器の最初のパーツが製作され那珂市に搬入されたほか，欧州分担のトロイダル磁場コイルの調達契約が締結された．初プラズマの時期を含む事業計画の改訂案が次回の運営委員会に提出される予定．

図 1　第 9 回 BA 運営委員会
（10月25日にスイスローザンヌ工科大学にて）

次回の運営委員会は，2012年 4 月24日に，茨城県那珂市（日本）で開催される．

2．高性能計算機の試運転

計算機・遠隔実験棟に欧州が調達する高性能計算機については，引き続き Bull 社による据付調整が進められており，11月29日に最後の計算機ラックの輸送を終え，試運転が開始されている．11月に公表された，Top 500 Supercomputer Sites（http://www.top500.org/list/2011/11/100）では，全数の約 3 分の一の数の既に稼働しているCPUラックを用いたLIMPACコードによる試験において，計算速度がピークで約 442.4 テラフロップス（ 1 秒間に約440兆回の計算速度）という性能が出て，世界のランキングの28位（日本では 3 位）に入っている（**図 2** 参照）．

また10月から同高性能計算機の課題公募が開始されており，国内ではプラズマ・核融合学，核融合エネルギーフォーラム等をとおして周知された（公募期間は10月 1 日～12月 1 日）．

3．IFMIF/EVEDA 開発試験棟の付帯設備の工事開始

IFMIF/EVEDA 開発試験棟で実証試験を行う加速器のため日本側が調達する電源設備および二次冷却設備等の製作，据付，工事等が本格的に進められている．10月には欧州側が調達する冷凍機設備および高周波電源等の冷却を行うための一次／二次冷却設備の熱交換器，ポンプ等を収納する冷凍機建家が完成，現在屋外基礎にその二次冷却設備の冷却塔が据え付けられた（**図 3** 参照）．

4．日韓トリチウム・ブランケットワークショップの開催

11月 9，10日に日韓のワークショップとしては初めて国際核融合エネルギー研究センターで開催された．本ワーク

図 2　高性能計算機据付・調整の現状（左：初雪の中の搬入（11／25），右：計算機室 I に全数据え付けられたラック）

図 3　IFMIF/EVEDA 開発試験棟の付帯設備の工事
（左から屋外基礎上のクーリングタワー，（奥）冷凍機建屋，電源設備の工事）

図 4　日韓トリチウム・ブランケットワークショップ
（11月 9 日，国際核融合エネルギー研究センター管理研究棟にて）

ショップはBA活動の枠組みの中のものではないが，ITERのテストブランケット，また，将来の原型炉の開発に必須なトリチウムの取扱技術，ブランケット工学技術に関して日本と韓国の間で2003年以降情報交換の場として開催されているものである．今回は韓国から13人の研究者が来訪し，熱心な議論が持たれた．また，各研究施設の見学も行われ，ブランケットの先進材料，トリチウム取扱技術が総合的に研究，試験できる原型炉 R&D 棟の研究施設には韓国研究者の興味が集まっていた（**図 4** 参照）．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

幅広いアプローチ活動便り(35)

1．第4回 IFMIF ワークショップの開催

12／5－9に第4回 IFMIF ワークショップが那珂核融合研で開催された．本ワークショップは日欧の実施機関（タスク担当機関を含む）と IFMIF/EVEDA 事業チームが一堂に会して工学実証機器の設計・製作，IFMIF の工学設計等について議論・検討を行うもので，日欧相互に年1回の頻度で開催している．今回のワークショップには日本側35名，欧州から34名，事業チーム16名の計85名の参加があり，事業の進展状況の紹介とともに，問題点や今後のスケジュールについて議論が行われた（**図1**参照）．またワークショップ期間中に，那珂核融合研のサテライト・トカマク事業（JT-60SA 計画）や大洗研究開発センターに2011年2月に完成した IFMIF/EVEDA 液体リチウム試験ループの見学ツアーも併せて実施した．

今回の主な成果としては，原型加速器入射器における150mA のH＋ビーム引き出しの成功，高周波四重極加速器（RFQ）の詳細な製造工程の確認，ビームダンプ残留放射能評価等が挙げられる．

2．高性能計算機の運用開始

昨年末に，原子力機構東京事務所においてIFERC事業の高性能計算機に関する第6回進捗報告会（PRM-6）が開催され，高性能計算機（HPC）の最終性能試験の結果が報告された．報告では全ての検査項目に於いて目標値を達成，もしくは上回る性能が得られたことが確認された．主要な性能指標としては，最大演算性能 1.524 Pflops（目標値：1.297 Pflops），Linpack 性能 1.200 Pflops（目標値：1.09 Pflops，現在国内2位，世界第5位）が得られ，無事に検収を修了した．

検収修了とともに，12月22日に HPC の所有権が BULL 社から欧州実施機関の F4E（CEA を介して）へ移行し，既に1月10日から運用（Light House（灯台的）Project による利用）を開始した（**図2**参照）．

3．青森はこの冬は豪雪

青森は，昨年12月以降，冬型の気圧配置になりやすい状態が続いて雪が多かった上に，平年より低い気温が続いて雪が溶けにくかったため，地面に積もった雪の深さ（積雪深）は平年の2・5倍を記録しているという．国際核融合エネルギー研究センターも昨年は1月以降に積雪が増えたが，今年は前倒しで雪が積もって，ほぼ毎日除雪作業が行われている（**図3**参照）．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

図1　第4回 IFMIF ワークショップの参加者
（昨年12月5日に原子力機構那珂研究所にて）

図2　運用を開始した高性能計算機

図3　平年よりはずっと積雪量の多い国際核融合エネルギー研究センター

幅広いアプローチ活動だより(36)

1．CSC スーパーコンピューターの運用開始式が開催

3月19日に国際核融合エネルギー研究センターの計算機・遠隔実験棟において計算機シミュレーションセンター（CSC）スーパーコンピューター（以下「スパコン」という.）の運用開始式が奥村文部科学副大臣，三村青森県知事，古川六ヶ所村村長，シュチュワート・ワードF４E理事会議長，パスカル・ギャラン CEA 核融合副部長を初めとする内外の来賓も含め130名以上が参加して開催された．来賓の祝辞の後，六ヶ所村内の子どもたちから募集し，選ばれたスパコンの愛称「六ちゃん」がくす玉を割ってお披露目された（**図１**参照）．また，中島 IFERC 事業長からスパコンの概要と最初の計算結果の紹介があり，出席者によるスパコンの見学も行われた．

現在，既に運用が開始されているスパコンでは，灯台的プロジェクトと呼ばれる日欧各２つの計算コードが稼働しており，４月以降は，昨年末に公募された研究開発課題についての一般ユーザーによる使用が始まる．予定では，その前に再びLINPACKでの試験を行い，目標値を超える1.3ペタフロップス以上の性能が出るかどうかを試みる（出れば現在世界５位が４位となる）．

2．IFERC 事業委員会を開催

３月19日～20日に，第10回のIFERC事業委員会が国際核融合エネルギー研究センターにおいて開催された．今回は，欧州から，デイビッド・メゾニエ議長を含め委員３名と専門家４名（委員１名，専門家２名は TV 会議で参加），日本側は，委員２名と専門家８名，これに中島事業長および事業チーム員７名と事務局１名，書記１名の計26名が参加した（**図２**参照）．

今回の事業委員会では，2011年のIFERC事業の年次報告を確認し，それを反映した事業計画の改訂案を審議して，４月に開催されるBA運営委員会への勧告をまとめた．また，原型炉設計の一環として，核融合炉の安全性についての研究の開始も事業計画案に盛り込まれた．

図１　CSC スーパーコンピューターの運用開始式（平成24年３月19日，国際核融合エネルギー研究センター，計算機・遠隔実験棟において）．

3．原型炉 R&D 棟に放射線管理区域を設定し，RI を搬入

昨年７月に RI の使用許可が下りていたが，RI の払い出し施設の震災被害等のために延期されていた原型炉 R&D 棟の放射線管理区域の設定が２月27日に行われ，これに先立ち，関係者に入退室管理説明が実施された（**図３**参照）．３月13日には最初の RI としてトリチウム（水状，合計約38 GBq）が搬入された．本格的に RI を使用する試験は来年度から開始される予定．

4．IFMIF/EVEDA の施設に関する状況

大洗のリチウムループでは，１月末に完了した復旧工事に引き続き，修復したループの耐圧検査，最上階にあるターゲットアセンブリ収納部の真空引きなどの検査作業を２月27日に終了し，４月からのループの再立ち上げに向

図２　IFERC 事業委員会の参加者（記念写真を豪雪の IFERC サイトをバックに…）．

図３　原型炉 R&D 棟の管理区域設定に伴う入退室管理説明．

図4　IFMIF/EVEDA 開発試験棟の二次冷却水設備（冷却塔）の配管作業（左），電気設備（屋外受配電盤）の搬入作業（右）．

け，3月初めから事前点検作業にとりかかっている．

六ヶ所では，雪の中，二次冷却水設備と，電気設備の屋外受配電盤及び屋内電源盤の搬入が行われた．（図4参照）また，放射線モニタリングシステムの製作も進められている．電気設備及び放射線モニタリングシステムは平成24年3月末に，また，二次冷却水設備は平成24年4月に竣工予定である．

（日本原子力研究開発機構　核融合研究開発部門）

幅広いアプローチ活動だより(37)

1．第10回 BA 運営委員会を開催

4月25日原子力機構の那珂核融合研究所にて，第10回BA 運営委員会が開催された（**図1**参照）．今回の運営委員会では国際核融合材料照射施設の工学実証・工学設計活動（IFMIF/EVEDA），国際核融合エネルギー研究センター（IFERC），サテライト・トカマク計画（JT-60SA）の3事業の2011年年次報告，更新された事業計画が承認された．

IFMIF/EVEDA 事業に関しては，超伝導ライナックの遅れによる原型加速器の統合試験期間が2年から1年となる事業計画が承認されたが，専門家の協力を得て欧州実施機関（F4E）がレビューし，その結果を反映して，加速案を提出することが事業長に求められた．IFERC 事業では，スーパーコンピューターの運用が本年1月に予定通り開始され，原型炉R&D活動の機器整備が完了し，活動が進捗していることが確認された．また核融合プラントの安全性研究が2012年から開始することが承認された．JT-60SA 事業については，ファーストプラズマを2019年3月とし，事業計画を2019年12月まで延長することが承認された．

次の運営委委員会は2012年11月6日にベルギーで開催される予定．

図1　第10回 BA 運営委員会の出席メンバー（平成24年4月25日，那珂核融合研究所）．

2．IFMIF/EVEDA原型加速器の据付調整工程等の協議

4月23～27日にかけて，IFMIF/EVEDA 原型加速器の機器が製作されている欧州の各研究所（イタリア：INFN，フランス：CEA Saclay，スペイン：CIEMAT）にて六ヶ所で行う加速器の据え付け・調整・試験のスケジュールについての日欧協議が行われた．それぞれ製作を担当している加速器機器の開発および製作状況についての説明があり，製作工程の見学や六ケ所に搬入する機器の据え付け調整試験の実施手順・所要期間等についての協議が行われた．

フランスでの入射器の試験については，順調に進んでおり，今年中には終了し，2013年3月六ヶ所に搬入される予定．超伝導ライナックのためのクライオプラントは2013-2014年に機器据え付け調整試験を行い，その後超伝導空洞に接続する予定．

3．高性能計算機の本格的供用を開始

六ヶ所で運用が開始された高性能計算機（愛称“六ちゃん”）については，4月9日から日欧のユーザーによる利用が本格的に開始されている．この利用（計算機資源）に関しては，日欧国際選考枠（80%），日本／欧州独自枠（それぞれ10%）をそれぞれ公募により配分を決めている．現在，日本において利用するアカウントを取得した研究者は原子力機構，大学等で日本の独自枠も含め74名となった．

この高性能計算機の運用については，ユーザーに円滑かつ有効に利用してもらうため，日欧から支援要員を提供している．

欧州側の高性能計算機の支援要員（HPC Team）は運転・保守およびユーザーからの高度な支援要請に対応するために11名が常駐（Bull：1名，日本 SGI：10名）．日欧のユーザーが時差に関係なく利用可能とするため高性能計算機は24時間運転しており，HPC Team は9時～20時（日本時間）の常駐勤務体制および24時間の監視体制を構築している．

一方，日本側の支援要員（CSC Support Team）7名は11時～20時の常駐勤務で，ユーザーの利用支援のためユーザーアカウントの発行，高性能計算機の運用状況の発信，ユーザーからの質問の受付および回答等を行っている．

4．短い春を迎えている六ヶ所サイト

桜の開花も5月上旬という例年になく遅い春を迎えた六ヶ所 BA サイト（**図2**参照）だが，春の期間は短く，既に初夏の“やませ”の季節を迎えようとしている．今は山菜の季節，サイトの周辺ではタラの芽，コゴミ，ワラビなどの山菜が採れている．5月12・13日には六ヶ所村で“たのしむベフェスティバル（**図3**参照）”という恒例の春のお祭りが桜が満開の下開かれた．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

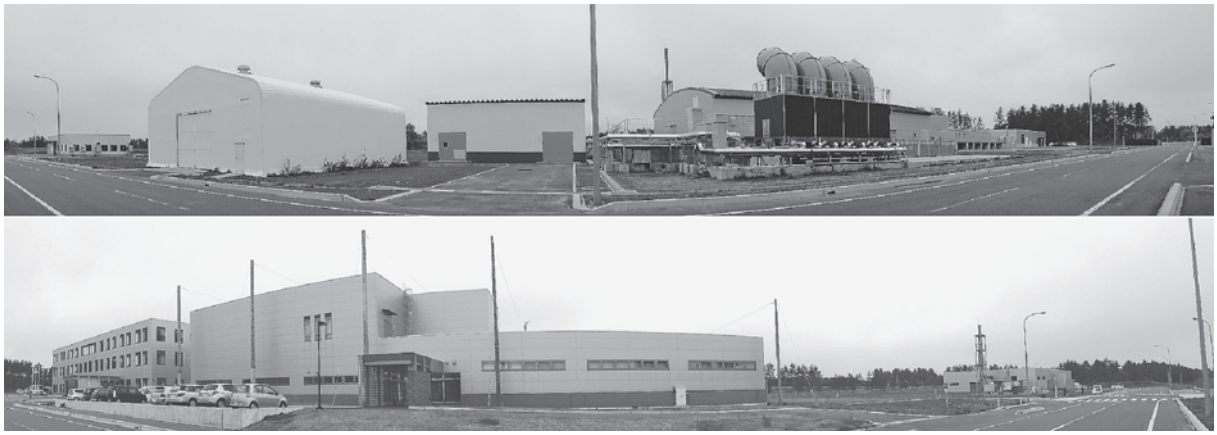


図 2　春を迎えた六ヶ所 BA サイト
（上：右から二次冷却設備が完成した IFMIF/EVEDA 開発試験棟，付属冷却設備建屋およびテント倉庫，研修・食堂棟，下：右から原型炉 R&D 棟，計算機・遠隔実験棟，管理研究棟）

図 3　六ヶ所村のたのしむべフェスティバル（左上から準備中の原子力機構のテント，桜（ソメイヨシノ）満開の会場の大石運動公園周辺，出店，夜の花火大会）.

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(38)

1．IFMIF/EVEDA 事業の新事業長が就任

7月9日にIFMIF/EVEDA事業の新事業長ホアン・ナスター（Juan Knaster）氏が着任した．ナスター氏はこれまで，1999年から2005年までCERNの大型ハドロン衝突型加速器計画に参加したほか，2006年からは原子力機構那珂核融合研究所のITER共同作業サイトでITER工学設計活動のため共同中央チームに参加，2007年にはカダラッシュに移りTFコイルの技術的責任者として活躍され，JAEAとの関係においては長い履歴を持っている．

新事業長は，就任後，青森県庁や六ヶ所村に表敬訪問を行い，今後のIFMIF/EVEDA事業などの今後の抱負を述べた．既に，IFMIF/EVEDA事業についての日欧実施機関の調整業務などに携わり，多忙な毎日を送っている．

2．在日仏国大使が国際核融合エネルギー研究センターを視察

6月21日にクリスチャン・マセ在日仏国大使が，クリストフ・グゼリ在日フランス大使館原子力参事官，ベルナルド・サラノンCEA局長代理とともに六ヶ所サイトが六ヶ所サイトを視察し，ノエIFERC事業チームCSCユニットリーダーや奥村特別研究員らから，計算機・遠隔実験棟において，欧州が調達，運用している高性能計算機（スーパーコンピューター，愛称「六ちゃん」）の説明を受けた．

サラノン局長代理は事前に原型炉R&D棟の研究施設やIFMIF/EVEDA加速器開発棟を見学したほか，前日の6月20日には，震災復旧完了のための機能性確認試験を開始した大洗リチウム試験ループ施設も視察した．

図2　計算機・遠隔実験棟の計算機室を視察するマセ大使（左端）とサラノン局長代理（左から2人目）（平成24年6月21日，国際核融合エネルギー研究センター計算機・遠隔実験棟にて）．

3．平野文部科学大臣が国際核融合エネルギー研究センターを視察

6月28日に国際核融合エネルギー研究センターにおいて，平野文部科学大臣による視察が行われた．鈴木理事長の挨拶と奥村特別研究員によるBA活動概況説明に続いて，計算機・遠隔実験棟で高性能計算機（愛称「六ちゃん」）と原型炉R&D棟で微細構造装置群室の電子顕微鏡等のBA活動のための研究開発に係る設備を視察した．視察後のプレス会見では，大臣より，国際核融合エネルギー研究センターについて，優れた研究環境の下で着実に研究が進められており，今後とも選り優れた頭脳集積が図れることを期待しているという講評があった．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

図1　ホアン・ナスター（Juan Knaster）IFMIF/EVEDA新事業長．

図3　計算機室にて六ちゃんを構成するCPUの説明を受ける平野大臣と随行の大竹官房審議官（平成24年6月28日，国際核融合エネルギー研究センター計算機・遠隔実験棟にて）．

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(39)

1．国際核融合エネルギー研究センターの施設公開

9月22日㈯に国際核融合エネルギー研究センターの施設公開が行われた．昨年は東日本大震災のため開催が見送られたので，今回がセンター発足以来2回目となる．

今回は，今年初めから運用されているスーパーコンピューター“六ちゃん”や原型炉R&D棟の研究室の見学を含め様々な催しが行われた．中でも人気だったのはペットボトルロケットを親子で作って飛ばすコーナーで，多くの子ども達が青空に高くペットボトルロケットを飛ばせた．その他，科学，核融合，青森県にちなんだ問題等で行われた“○×クイズ”や，ロボットアームによる“お菓子キャッチャー”などに人気が集まっていた(**図1**参照)．

2．日中韓エネルギー科学交流事業の夏のシンポジウムの開催

日中韓エネルギー科学交流事業の夏のシンポジウムが8月19－22日に青森県三沢市の青森屋において2012年度日本原子力学会核融合工学部会夏期セミナーと合同開催された（夏期セミナーは8/21までの3日間）．日中韓シンポジウムには約60名（日，中，韓それぞれ約20名），夏期セミナーへは38名の参加があり，核融合の基礎から，シミュレーション，核融合炉工学等それぞれのセッションにおいて活発な議論がなされ，懇親会等で親交を深めた（**図2**参照）．

また8月21日には国際核融合エネルギー研究センターにおいてサイトツアーおよびポスターセッションが開かれ，

図1　国際核融合エネルギー研究センターの施設公開（平成24年9月22日，左：メイン会場の遠隔実験室，右：親子でペットボトルロケット作成中）．

図2　日中韓エネルギー科学交流事業の夏のシンポジウム（平成24年8月19～22日@青森県三沢市青森屋にて，左上：シンポジウム参加者，右上：講演の様子，左下：青森の祭り（ねぶた跳人）体験，右下：原型炉R＆D棟の見学）．

高性能計算機“六ちゃん”の見学，原型炉R&D棟の研究設備等の見学の後，ポスターセッションでの闊達な議論が交わされた．

3．欧米の国際会議等で幅広いアプローチの成果を発表

8月および9月は欧米で核融合関係の国際会議，国際シンポジウムを始め，幅広いアプローチ活動関係の技術会合が数多く開催された．

特に，8月末に米国ナッシュビルで開かれた第20回米国原子力学会核融合工学に関する会議（20th Topical Meeting on the Technology of Fusion Energy: TOFE，**図3**参照），9月末に開催された第27回核融合技術に関するシンポジウム（27th Symposium on Fusion Technology: SOFT，**図4**参照）においては，それぞれ幅広いアプローチ活動に関する講演，発表が数多く行われ，国際核融合エネルギー研究センターにおける成果が着実に出ていることを示した．この他，9月の18－21日にはフランスでIFMIF加速器技術会合が，19－21日にはドイツでベリリウムワークショップが，20－21日にはベルギーで原型炉R&Dのワークショップが開かれ，幅広いアプローチ活動の成果の報告，今後の計画等が日欧で検討，協議された．また，青森県においても9月11日に八戸市で開かれた八戸工大のエネルギー環境フォーラム，9月13日に六ヶ所村で開かれた東北大量子エネルギーフォーラムにおいても幅広いアプローチ活動の成果についてのポスター発表を行った．

4．サイエンスカフェを開催

9月25日に青森市においてサイエンスカフェを開催した．国際核融合エネルギー研究センターとしては初めての試みであったが，新聞や青森県などのホームページで開催を知った主婦のグループや会社員など，20人余りが集まり，「未来への挑戦－核融合」をテーマに，講師と参加者が一体となって1時間半の科学談義に花を咲かせた．放電管と磁場を用いたプラズマのミニ実験などもあり，核融合の意味が理解でき楽しかったという感想が多かった．（**図5**参照）　（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

図3　第20回米国原子力学会核融合工学に関する会議（20th Topical Meeting on the Technology of Fusion Energy: TOFE，8月27-31日，米国ナッシュビル）における幅広いアプローチ活動の最近の状況についての講演．

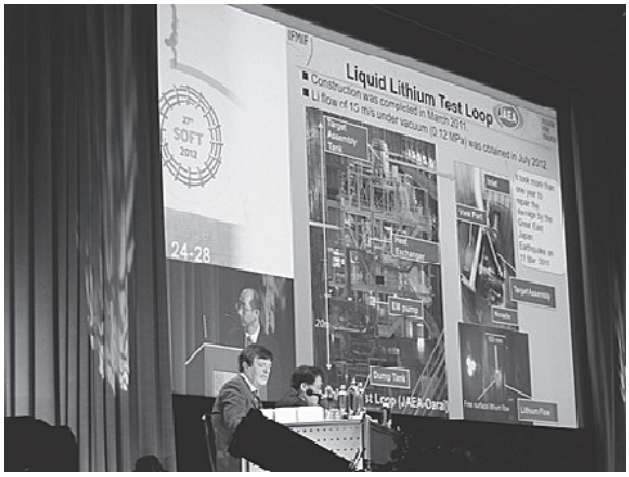


図4　第27回核融合技術に関するシンポジウム（27th Symposium on Fusion Technology: SOFT，9月24-28日ベルギー，リエージュにおけるIFMIF/EVEDA事業の状況についての講演）．

図5　青森市で開催されたサイエンスカフェ（9月25日，アピオス青森にて）．

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(40)

1．第11回幅広いアプローチ(BA)運営委員会の開催

11月6日にベルギー，ブラッセルのベルギー連邦公益事業庁において，第11回BA運営委員会が開催された（**図1**参照）．欧州側は，ペロー欧州委員会研究総局エネルギー局長（欧州代表団長）を含め委員4名と専門家9名，日本側は，鬼澤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5名，そして3事業の事業委員会議長および事業長6名の計28名が参加した．

今回の運営委員会では国際核融合材料照射施設の工学実証・工学設計活動(IFMIF/EVEDA)事業，改訂された事業計画国際核融合エネルギー研究センター(IFERC)事業，サテライト・トカマク計画事業の3事業の2013年作業計画，等が承認された．

IFMIF/EVEDA事業では，東日本大震災により被害を受けたリチウムループ試験施設が復旧を成し遂げ，主な設計目標の一つを達成したことが評価された他，原型加速器の入射器の試運転の状況に触れ，スケジュールどおり入射器を2013年3月に六ヶ所へ搬入することが確認された．

IFERC事業では，欧州によって調達され，2012年初頭に運用を開始した核融合計算機シミュレーションセンター（CSC）の高性能計算機「六ちゃん」の良好な利用状況が報告された．原型炉R&D活動においては，4つの新たな重要な研究テーマが採択された．

図1　第11回BA運営委員会（2012年11月6日，ベルギー，ブラッセルのベルギー連邦公益事業庁において）．

サテライト・トカマク計画事業では，2019年3月に初プラズマ生成を行うスケジュールを達成するための日欧の機器の調達と製造の進捗状況が報告，承認され，欧州からの最初の主要な機器の搬入に従い，トカマク装置の主要部分の組み立てが2013年1月に開始予定であることが確認された．

次回のBA運営委員会は，2013年4月23日に六ヶ所村で開催される予定．

2．第10回IFMIF/EVEDA事業委員会の開催

10月18，19日に第10回IFMIF/EVEDA事業委員会が，大洗研究開発センターにおいて開催され，秋場議長を含め日欧の委員6名など計24名が参加した（**図2**左参照）．

今回は2013年作業計画を運営委員会が承認するよう勧告した他，第10回運営委員会で要請されたSFRリニアックのレビューの結果が報告され，半波長空洞の同調器を実績のある方式に変更することが提案された．この結果を反映し事業チームは，加速器のスケジュールを早める可能性を検討するためのタスクフォースを設立した．

また，大洗のリチウム試験ループの震災による損傷の復旧工事の完了と再稼働（**図2**右参照），純化系実証タスクの状況等が報告された．

3．第11回IFERC事業委員会の開催

10月2，3日に第11回IFERC事業委員会が，六ヶ所村の国際核融合エネルギー研究センターにおいて開催され，メゾニエ議長を含め日欧の委員6名など計27名が（一部はTV会議で）参加した．（**図3**参照）．

今回は，2013年作業計画，事業計画の改訂，ITER遠隔実験センター全体計画，SWG-1の運営規則の改訂（SWG-1の延長），原型炉R&Dの新規テーマの実施に伴う両極の資源貢献分担表の改訂の5つの文書を運営委員会が承認する

図2　第10回IFMIF/EVEDA事業委員会（10月18，19日，大洗研究開発センターにて，左）とターゲット内を流れる高流速（毎秒20メートル）リチウム（右）．

図３　第11回 IFERC 事業委員会（10月２，３日，六ヶ所村の国際核融合エネルギー研究センターにて）．

よう勧告した．

また，CSC の高性能計算機の運用状況が報告された．さらに，ITER 遠隔実験センターでは，日欧の検討グループによる，全体計画案（BA 期間内までに必要な機器を整備する）計画が提案され，両実施機関と事業長により合意された．原型炉R&Dでは相互レビューの結果が報告され，日本から提案した新規４テーマの実施が勧告された．

４．第11回サテライト・トカマク計画事業委員会の開催

10月16日に第11回サテライト・トカマク計画事業委員会が TV 会議で開催され，ロマネリ議長を含む日欧の委員５名など計38人が参加した（**図４**参照）．石田事業長から BA 運営委員会の承認を得るための2013年の作業計画が説明され，運営委員会に承認するよう勧告された．また，欧州および日本の実施機関から事業の進展などが報告された．議長や委員からクライオスタットベースの製作など順調な事業の進展への賛辞があった．

図４　第11回サテライト・トカマク計画事業委員会（10月16日，那珂核融合研究所と欧州各地を結ぶ TV 会議で開催）．

５．六ヶ所における活動の近況

(1) 第３回原型炉設計プラットフォーム会合の開催

11月13–14日に管理研究棟大会議室において（副題：社会受容性の高い核融合炉実現に向けて）が開催され，大学等から25名（内学生　３名），産業界から７名，原子力機構から16名が参加した（**図５**参照）．会合では，これまでの原子力の安全性全般や核融合炉における安全性研究のセッションでの講演が行われた他，核融合炉における各コンポーネントの研究現状と安全性向上のための技術課題についてのポスター発表や，トカマク，ヘリカルおよびレーザー炉における原型炉設計にみる安全性に関する検討課題についての紹介があった．また最後には，安全性向上のための技術課題についてのフリーディスカッションがあった．

(2) IFMIF/EVEDA 原型加速器の技術会合の開催

11月13-16日に主に入射器に関する欧州（F4E ３名，CEA ４名）との技術会合が開かれた（**図６**左参照）．会合においては，現在フランスの CEA サクレー研究所で試験が行われている入射器（**図６**右参照）の来年六ヶ所で予定されているアライメント，各種配管，配線等の据え付け作業の具体的内容およびスケジュールの調整が協議され，基本的な作業，分担等が明確化され有意義な協議が行われた．

６．サテライト・トカマク計画（JT-60SA 計画）の進展

(1) 調達取り決めと機器製作

日本調達分として，2011（平成23）年９月に遠隔保守機器に関する調達取り決め，2012（平成24）年２月にクライオスタットベースの組立に関する調達取り決めを締結し，欧州調達分として，2012（平成24）年１月にトロイダル磁場コイル試験と試験設備に関する調達取り決めを締結した．その結果，締結された調達取り決めは18件（日本分10件，欧州分８件），貢献の価額としてサテライト・トカマク計画総貢献価額の75％（日本分76％，欧州分74％）に達した．

機器の製作は2019（平成31）年３月のファーストプラズマをめざして順調に進んでいる．超伝導ポロイダル磁場コイルについては，全92本の導体の内42本の製作を終了した．最も小型の下側平衡磁場（EF）コイル EF4（直径 4.4 m）のメーカー工場での巻線を完了し那珂研へ搬入するとともに，那珂研内のコイル巻線棟内に巻線設備を設置し，より

図５　第３回原型炉プラットフォーム会合（11月13，14日，国際核融合エネルギー研究センターにて）．

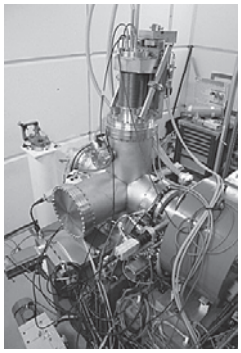


図６　IFMIF/EVEDA原型加速器の技術会合（11月13―16日，六ヶ所村の国際核融合エネルギー研究センターにて）とフランスCEAサクレー研究所で試験が行われている入射器．

大型のEF５コイル（直径8.1 m）およびEF6コイル（直径10.5 m）用のパンケーキの巻線を開始した（**図７**参照）．真空容器については，那珂研内の真空容器組立棟で，３体目の40度セクターを完成させ，４体目および５体目の溶接・組立を実施中である．クライオスタット胴部用ステンレス板材の製造を完了し，７月にスペインの納入場所（メーカー工場内）にて欧州側へ引き渡した．以上はすべて日本調達分であるが，欧州調達分については，最初の主要機器であるクライオスタットベースの製作が完了した．原子力機構職員立ち会いの下で行われた仮組立および寸法検査により，全箇所において要求仕様（2 mm）を満足する１mm以下の高精度で製作されていることが確認され，11月に日本に向けて出荷された．2013(平成25)年１月に那珂研に到着し，JT-60SA本体の組立を開始する予定である．

(2) JT-60の解体

約３年間にわたったJT-60本体および本体周辺設備の解体を2012(平成24)年10月に完了した．平成22年度までの本体周辺設備の解体に引き続き，2010(平成23)年度にはドーナツ状の真空容器の一部を切断して18個のトロイダル磁場コイルを取り出した．本年度には，真空容器およびそれに取り付けられたポロイダル磁場コイルを二分割して取り出し，最後に下部構造体（基礎架台等）を解体した．解体完了後の本体室の写真を**図８**に示す．JT-60本体機器には高強度材料である高マンガン鋼やインコネル鋼等の難加工材が用いられているため，放射線管理下でかつ狭い空間での難加工材の切断等が必須で，多種多様な切断技術を駆使して解体作業を進めた．特に，ダイヤモンドチップが埋め込まれたワイヤーを用いて切断する乾式ダイヤモンドワイヤソーの使用により，従来の鋸切断と比較して大幅に工期が短縮できた．本体室からの解体品総重量は約5400トン，解体品総数は約１万３千個に達した．解体後の機器は，那珂研敷地内のJT-60機器収納棟に設置され（**図９**参照），一般見学者の見学コースともなっている．原子力機構関係者および受注メーカーが，各種会議等で密な情報共有を図る体制を構築し，高い安全意識を持って作業を行った結果，延べ約３万９千人日に及ぶ作業を無事故・無災害で計画どおりに実施できた．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

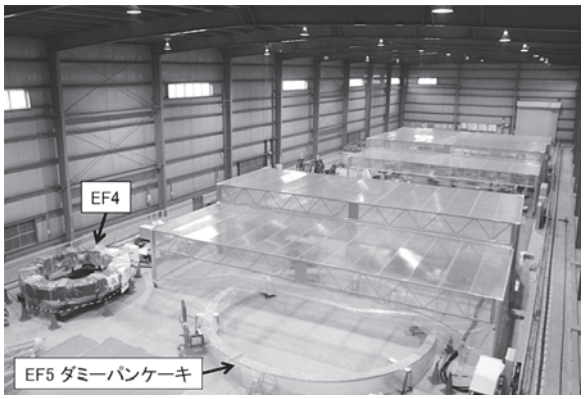


図７　コイル巻線作業を開始した超伝導コイル巻線棟内．

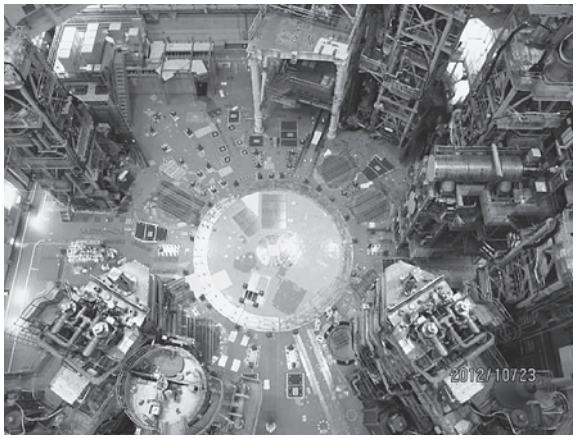


図８　JT-60本体の解体完了後のJT-60本体室．

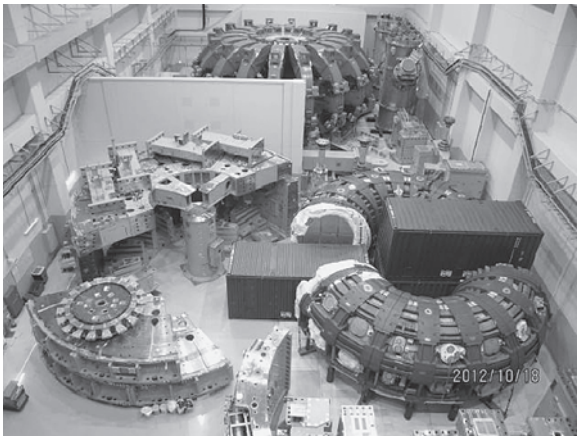


図９　解体されたJT-60機器が設置されたJT-60機器収納棟内．

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(41)

1．IFMIF/EVEDA 原型加速器を巡る最近の状況

(1) 入射器の試験

2012年11月20～23日に，フランス原子力・代替エネルギー庁(CEA)のサクレー(Saclay)研究所において，IFMIF/EVEDA 原型加速器で最初に欧州から日本に搬送するコンポーネントとなる入射器について欧州実施機関側受入検査のための試験が行われた（**図 1** 参照）．

試験は１日目には軽水素でのビーム試験，２日目からは重水素でのビーム試験が行われ，欧州実施機関の担当者立ち会いの下，原子力機構専門家も参加して，入射器の性能の確認が行われた．

結果として，入射器の調達取り決めにある受入検査条件の表の数値が満足され，予定通り入射器は六ヶ所の国際核融合エネルギー研究センターへ輸送されることとなった．

(2) 入射器の分解・梱包作業

12月３～７日に，試験を終えた入射器が輸送のため，サクレー研究所において分解・梱包された（**図 2** 参照）．作業は，今後据付・調整に携わる原子力機構職員の立ち会いの下行われ，分解されたそれぞれの部品は，二十数個の箱に梱包された．これらは，一月末現在船便により青森県の八戸港に輸送された後，陸路で国際核融合エネルギー研究センターへ搬送され，今年度内に同センターの IFMIF/EVEDA 開発試験棟へ搬入される予定である．

(3) IFMIF/EVEDA 開発試験棟加速器室の改造

入射器等のコンポーネントを搬入する IFMIF/EVEDA 開発試験棟では加速器室に補助遮へい（主な中性子の発生源となるビームダンプを囲む追加遮へい）の設置，開口部の閉止のための工事が進められており，昨年内にコンクリート打設を終えて，１月末型枠が解体され，２月中には作業を完了する（**図 3** 参照）．

2．すっかり雪景色となった国際核融合エネルギー研究センター

この冬は11月末から結構な積雪があり，12月，１月は寒波が来て，国際核融合エネルギー研究センターも**図 4** のように雪と氷の世界になっている．ただ，このような晴天になる日もあり，スノーシューを履いてサイト内外の冬の散策を楽しむ人の姿も．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

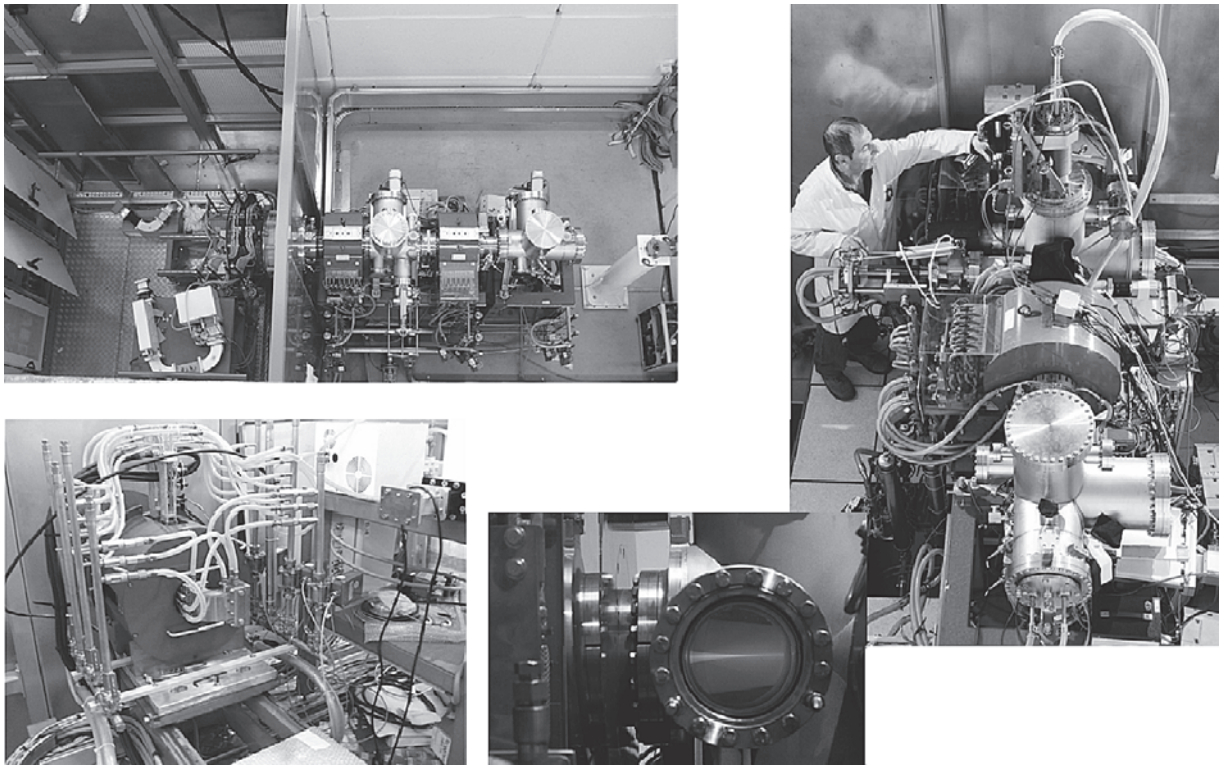


図１　受入検査のための試験が行われた IFMIF/EVEDA 原型加速器の入射器（2012年11月フランス原子力・代替エネルギー庁（CEA）のサクレー（Saclay）研究所において，左上から時計回りに，入射器全景，低エネルギービーム輸送部，第１ソレノイドコイル出口でのイオンビーム，高圧プラットフォーム上のイオン源）．

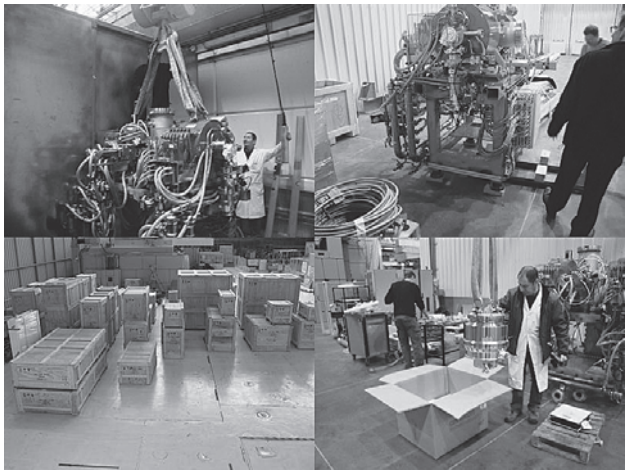


図２　国際核融合エネルギー研究センターへ輸送のため分解・梱包されるIFMIF/EVEDA原型加速器の入射器（12月３～７日サクレー研究所にて，左上から時計回りに入射器部品の解体，梱包を待つ部品，高真空ポンプの梱包，梱包を終えた部品）．

図３　IFMIF/EVEDA 開発試験棟の加速器室の改造作業（上：加速器室のビームダンプ周りの追加遮へい設置作業，下：加速器室最後部開口部の閉止作業）．

図４　すっかり雪景色になった国際核融合エネルギー研究センター（１月28日撮影）．

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(42)

1．IFERC 事業委員会を開催

2013年３月21日～22日に，第12回のIFERC事業委員会が京都大学宇治キャンパスにおいて開催された．今回は，欧州側から，デイビッド・メゾニエ議長を含め委員３名と専門家４名（委員１名，専門家２名はTV会議で参加），日本側は，委員３名と専門家７名，これに中島事業長および事業チーム員６名並びに書記１名の計25名が参加した（**図１**参照）．

今回の事業委員会では，核融合炉の安全性についての研究等を含め2012年のIFERC事業の年次報告を確認し，2012年に実施された原型炉R&Dに関するピアレビューの勧告に基づき実施する予定である，原型炉R&D活動の増強を中心とし，追加の設備等の設置を含めた原型炉設計活動の強化の新規提案並びにそれを反映した事業計画の改訂案を審議し，提案どおり４月に開催されるBA運営委員会への勧告をまとめた．次回の事業委員会は，2013年11月12～13日に六ヶ所で開催される予定である．

2．IFMIF/EVEDA 事業委員会を開催

３月21日～22日に第11回IFMIF/EVEDA事業委員会が国際核融合エネルギー研究センターにおいて開催された．今回は，欧州側から，委員２名と専門家６名，日本側は，秋場議長を含めて委員３名と専門家５名，これにナスター事業長および事業チーム員９名の計25名が参加した（**図２**参照）．

今回の事業委員会では，IFMIF原型加速器の入射器（入射器の心臓部であるイオン源，マグネトロンおよび一部の周辺機器については３月末に六ヶ所に搬入された）やリチウム試験ループ（震災による損傷の復旧完了と第一期実証試験を開始，最大流速20 m/sの達成等）の状況を含めて，2012年のIFMIF/EVEDA事業の年次報告を確認し，それを反映した事業計画の改訂案を審議して，４月に開催される運営委員会への勧告をまとめた．また，工学設計活動については，当初のスケジュールどおり2013年６月に報告書が完成見込みであることが報告された．

次回の事業委員会は，2013年10月17～18日に六ヶ所で開催される予定である．

3．計算機“六ちゃん”を巡る最近の状況

２月７～８日に“六ちゃん（HELIOS）”のユーザートレーニングを京都大学・吉田キャンパスおよび原子力機構那珂核融合研究所で開催し，それぞれ７名ずつが参加した．また，日本枠利用第２サイクル（2013年４月～2014年３月）における研究プロジェクトの公募を行い，IFERC-CSC利用委員会による応募プロジェクトの評価，資源配分プロセスを完了した．

“六ちゃん”の稼働／利用状況は，第２サイクル開始日以降，高い稼働率（利用できるノードの割合，＞98%）および利用率（ユーザーが利用して計算に使用しているノード割合，＞70%）を維持している．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

図１　IFERC事業委員会の参加者（平成25年３月22日咲き始めた京大宇治キャンパスの桜をバックに）．

図２　IFMIF/EVEDA事業委員会の参加者．（平成25年３月21日国際核融合エネルギー研究センターにて）

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(43)

1．BA 運営委員会を開催

4月23日に六ヶ所の国際核融合エネルギー研究センターにおいて，第12回 BA 運営委員会が開催された（**図1**参照）．参加者は，欧州から，カリニャーニ・ディ・ノヴォリ欧州委員会研究総局エネルギー局Ｋ５ユニット長（欧州代表団長）を含め委員３名（１名は TV 会議で参加）と専門家３名が，日本から，鬼澤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19名が，これに加え３事業の事業長及び事業委員会議長（代理も含む）の計33名であった．

今回の運営委員会では，国際核融合材料照射施設の工学実証・工学設計活動（IFMIF/EVEDA）事業，国際核融合エネルギー研究センター（IFERC）事業及びサテライト・トカマク計画事業のそれぞれの2012年年次報告及び事業計画の改訂等が承認された．

IFMIF/EVEDA 事業では，リチウムループ試験施設の設計目標であったリチウム流速の達成や，原型加速器の入射器の搬入開始が喜ばしい成果と評価され，今後計画通りに原型加速器の入射器の据付調整がなされることが望まれた．

IFERC事業では，核融合計算機シミュレーションセンターの高性能計算機を用いて得られた多くの成果や原型炉設計・研究開発活動による成果が評価された．また核融合炉の安全性研究の第一段階の報告について了解され，第二段階の開始が承認された．さらに，原型炉設計・研究開発調整センターの活動の増強を含め改訂された貢献分担表が承認された．

サテライト・トカマク計画事業では，日欧の調達活動による進展，特に組み立ての開始が喜ばしい成果と評価された．

また，運営委員会では日本のホストサポートの状況について，特に青森県や六ヶ所村による欧州研究者の家族のための国際学級幼少部の設置準備や医療サービスの提供について感謝の意が表された．

23日の晩には文部科学省主催で歓迎レセプションが六ヶ所村のスワニーで開かれ，地元の有志による日本舞踊も披露され懇親を深めた．

次回の運営委員会は，2013年12月17日にフランス，サクレーで開催される予定．

2．ITER 遠隔実験センターに関する第一回日欧技術会合を開催

IFERC 事業活動の一つである ITER 遠隔実験センターは，遠隔実験のための技術課題を解決し，ITER に向けた遠隔実験センターを構築して，幅広いアプローチ活動の期間中に日欧のトカマク型核融合装置を用いた遠隔実験の実証を行うものである．

この遠隔実験センターについて，日欧の関係者が集まり六ヶ所の国際核融合エネルギー研究センター（４月24日）と那珂市の那珂核融合研究所（４月25・26日）において，第１回の技術調整会議を開催した（**図2**参照）．この技術会合においては，昨年度BA運営委員会で承認されたITER遠隔実験センターの全体計画に基づき，実施に向けた枠組みの議論を行った．本会合においては，各項目の日欧の担当者，全体スケジュール，各項目の実施内容の検討作業を行うための最初の調達取り決めの等内容について議論が行

図１　第12回 BA 運営委員会の参加者（４月23日六ヶ所村の国際核融合エネルギー研究センターにて）．

われ，日欧関係者間での合意を得た．

3．遅い春を迎えている青森

今年は，青森では例年になく遅い雪や低温などもあって，桜で有名な弘前城においても五月の連休中に開催された桜祭りの期間中に城内の桜がなかなか満開にならず，春の訪れが待たれていた．六ヶ所村でも５月11・12日にはまだ桜の花も咲きそろわない大石運動公園で“たのしむべフェスティバル”が開催され（**図３**参照），その後ようやく春らしい陽気が戻りつつある．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

図２　第１回遠隔実験センター技術調整会議（左：４月24日六ヶ所村の国際核融合エネルギー研究センターにて，右：４月25・26日那珂市の那珂核融合研究所にて）．

図３　六ヶ所村で開催された“たのしむべフェスティバル”（左上から，会場入口付近の様子，葉がもう出てしまっているが５分咲きの桜，花火大会，原子力機構のブース，５月11・12日六ヶ所村の大石運動公園にて）．

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(44)

1．IFMIF 原型加速器入射器の搬入

5月29－30日に船便で欧州から輸送されたIFMIF/EVEDA 原型加速器の入射器の部品が国際核融合エネルギー研究センターのIFMIF/EVEDA 開発試験棟に搬入された（**図1**参照）．今後同じく欧州が調達している電源盤等の周辺機器が輸送された後，据付調整作業が本格的に開始される予定．

図1　IFMIF/EVEDA 開発試験棟に搬入された入射器（7月六ヶ所村の国際核融合エネルギー研究センターにて）．

2．核融合エネルギーに関する講演会の開催

6月4日，青森市内で青森県ITER 計画推進会議と青森県によりITER 計画・BA 活動の最新状況および様々な核融合研究開発の方式などについて広く青森県の方々へ理解促進を図る「核融合エネルギーに関する講演会」が開催された．講演会では，来賓として原子力機構から横溝理事が挨拶し，その後，森核融合研究開発部門長がトカマク型核融合原型炉の実現に向けた研究開発の進展について発表した．またITER計画・BA活動に係るパネル展示およびプラズマ発生の実演等を行い，参加した約100名の方々に核融合の研究開発への理解を深めていただいた（**図2**参照）．

3．札幌市立星置中学校の訪問

6月3日，札幌市立星置中学校の修学旅行生161名が国際核融合エネルギー研究センターを訪問した．ITER 遠隔実験研究室で行われた奥村特別研究員による核融合の説明に，中学生たちは長旅の疲れも見せず熱心に耳を傾け，積極的に質問をしていた．その後のスーパーコンピュータ（六ちゃん）の現場見学では，初めて見るスーパーコン

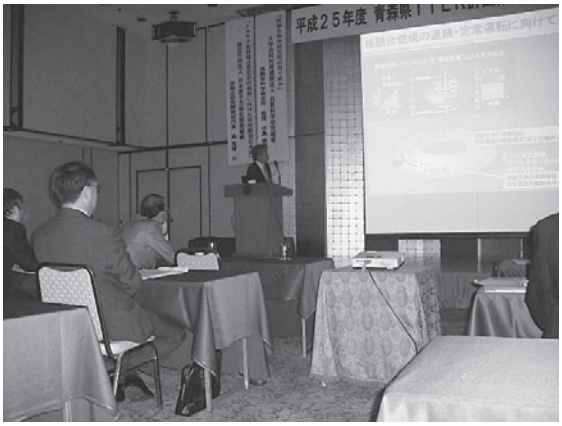


図2　核融合エネルギーに関する講演会（左：横溝理事の挨拶，右：森研究開発部門長の講演，いずれも6月4日青森市にて）．

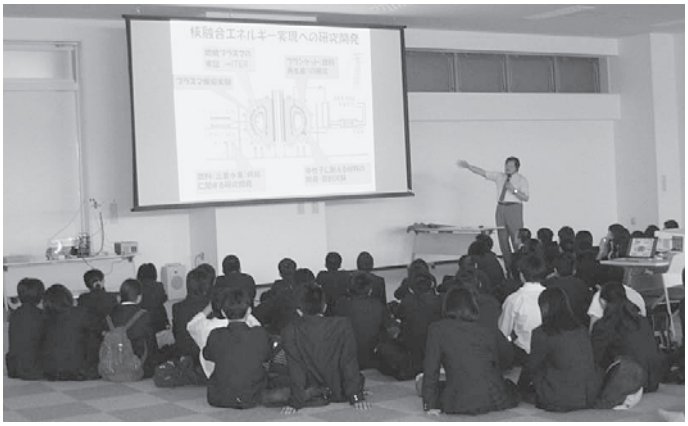


図3　札幌市立星置中学校の訪問（左：奥村特別研究員の講演，右：スーパーコンピューター“六ちゃん”の見学，いずれも6月3日国際核融合エネルギー研究センターにて）．

図４　核融合原型炉の設計，研究開発に関する会合（左：核融合原型炉に向けた研究開発設計合同チーム第３回会合（７月22―26日），右：核融合炉材料技術打合せ（７月24・25日），いずれも国際核融合エネルギー研究センターにて）．

ピュータの姿に歓声を上げ，目を輝かせながら記念の写真を撮っていた．さらに，その計算速度（四則演算を１秒間に約1200兆回以上）の説明を受けると，改めて驚きの声をあげていた（**図３**参照）．

４．核融合原型炉の設計，研究開発に関する技術会合

７月に入り，原型炉設計，研究開発に関する技術会合が精力的に行われている．７月22－26日には，文部科学省作業部会の指示の下発足した核融合炉に向けた研究開発計画設計合同チーム第３回会合，７月24・25日には，原型炉のブランケットの構造材料に関するBAタスク技術打ち合わせが開催され，原子力機構，大学，関係機関の方々が涼しい六ヶ所を訪れ熱い議論を展開した（**図４**参照）．

５．恒例のバーベキュー大会

７月６日にむつ市の早掛沼公園で，初夏恒例となったバーベキュー大会が開かれ，青森研究開発センター管理部，核融合研究部門，IFERC及びIFMIF/EVEDA事業チームのメンバーを含め，三十数名が参加し，青森（津軽海峡）のホタテ，スペアリブ，地元の野菜等，地場産の食材に舌鼓を打った（**図５**参照）．

図５　初夏恒例のバーベキューパーティー（７月６日，むつ市早掛沼公園にて）．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(45)

1．ITER 遠隔実験センター第 2 回技術会合の開催

9 月17～19日にスペインのバルセロナの Fusion For Energy（幅広いアプローチ活動の欧州実施機関）本部で ITER 遠隔実験センターの第 2 回技術会合が開催された（**図 1** 参照）．今回は日本実施機関側から12名（内 6 名はテレビ会議で出席），欧州実施機関側から 6 名，それに IFERC とサテライトトカマクの各事業長，さらに ITER 機構から制御システム（CODAC）を開発している専門家 3 名も参加した．会合では，2013～2017年のスケジュールを再確認するとともに，施設・設備，ネットワーク，高速データ転送，遠隔実験システムソフト，実験データ解析ソフト，データ記憶装置，シミュレーター等の各タスクの進捗状況について議論し，新たに締結するソフトウエア開発の調達取り決めの内容について概ね合意に到った．また，ITER の CODAC システムの進捗状況と将来の取り合い等について情報を交換し，協議した．六ヶ所の国際核融合エネルギー研究センターのソフトウエアの開発は2014年から始まり，遠隔実験設備の整備は2015年頃からの予定になる．

2．第11回核融合技術国際シンポジウムの開催

9 月16～20日，スペインのバルセロナで第11回核融合技術国際シンポジウムが開催された．このシンポジウムは核融合に関する科学，工学，実験施設，解析，設計，安全性等を中心として短期的，長期的な核融合技術の研究開発に焦点を当てていて，今回スペインのエネルギー・環境・科学技術研究センター（CIEMAT）とカタロニアエネルギー研究所（IREC）が主催して開催された．シンポジウムでは参加登録者は815人，525件の発表があった（**図 2** 参照）．今回のシンポジウムでは「Fusion Road Map Panel」というパネルディスカッションがあり，ITER の建設に加えて原型炉に向けた研究が主要テーマとして位置付けられた．

なお，本シンポジウムにて，国際核融合エネルギー研究センターの増殖機能材料開発グループで研究をしている星野毅研究副主幹が，見事に若手の優れた研究発表に与えられる Miya-Abdou Award を単独受賞した（**図 3** 参照）．

図 1　第 2 回 ITER 遠隔実験センター技術会合（9 月19日バルセロナ Fusion For Energy 本部にて）．

3．日本原子力学会2013年秋の大会の見学会が行われる

9 月 3 ～ 5 日に八戸工業大学で開催されていた日本原子力学会2013年秋の大会の見学会の一環として，日本原燃のサイクル施設と原子力機構の国際核融合エネルギー研究センターの見学が 9 月 6 日に行われ40名が参加した．

当日は快晴の下，日本原燃のサイクル施設を見学後国際核融合エネルギー研究センターに入り，昼食，概要説明後，2 班に分かれ，計算機・遠隔実験棟，原型炉 R&D 棟および IFMIF/EVEDA 開発試験棟を見学した．各施設では，それぞれの研究開発について説明を受け，高性能計算機や原型炉に関する研究開発について活発な質疑があった．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

図 2　第11回核融合技術国際シンポジウム（9 月18日バルセロナにて，そこここで議論が交わされているポスターセッション会場）．

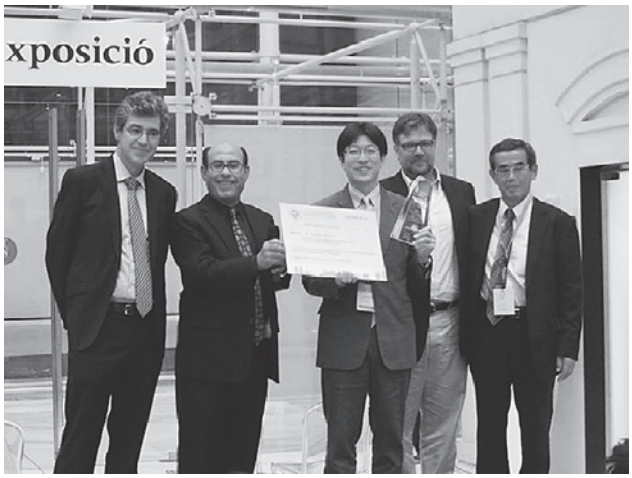


図 3　Miya-Abdou Award を受賞した星野毅研究副主幹（9 月19日バルセロナで開催された第11回核融合技術国際シンポジウムのバンケットにて）．

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(46)

1．第12回 IFMIF/EVEDA 事業委員会の開催

10月10日～11日に第12回 IFMIF/EVEDA 事業委員会が国際核融合エネルギー研究センターにおいて開催された．参加者は，日本側からは，高津議長を含め委員３名と専門家６名，欧州側からは，委員３名と専門家３名，事業チーム員10名，他日欧実施機関から十数名が参加した（**図１**参照）．３つのサブプロジェクト（加速器施設，リチウムターゲット施設，試験施設）の進捗状況の報告や，2014年の作業計画等について検討，議論，勧告等が行われた．

今回の事業委員会では，工学設計活動が完了したこと，今後加速器機器の据付調整作業のために欧州から派遣される人達の支援体制が確立したこと，共通基金の使用手続きが解決したこと等が確認された．

加速器施設については，欧州からの専門家が原型加速器の組み立て・調整作業に参加することの重要性が指摘され，組み立て・調整のための調達取り決めの署名手続きが早急になされること，今後，原型加速器のスケジュールの影響を与える可能性のある機器の種々の課題についてはプロジェクトチームが両実施機関と協力して工程遅延のリスクを回避するよう勧告がなされた．

リチウムターゲット施設については，最近判明したリチウム試験ループのステンレス配管の減肉と思われる現象について更に解明と対策の調査をするよう両実施機関と事業チームに働きかけがあった．

次回の事業委員会は来年３月19，20日に六ヶ所で開催することとなった．

2．第13回 IFERC 事業委員会の開催

10月16～17日に国際核融合エネルギー研究センターにおいて第13回 IFERC 事業委員会が開催された．参加者は，欧州側からは，デイビッド・メゾニエ議長を含め委員３名（内２名は TV 会議参加）と専門家６名（内３名は TV 会議参加），日本側からは，委員３名と専門家７名，事業チーム員６名，常設委員会，計算機機種選定に係る特別作業グループ（SWG-1）から各１名，書記１名の計，28名が参加し（**図２**参照），３つのサブプロジェクト（原型炉設計・研

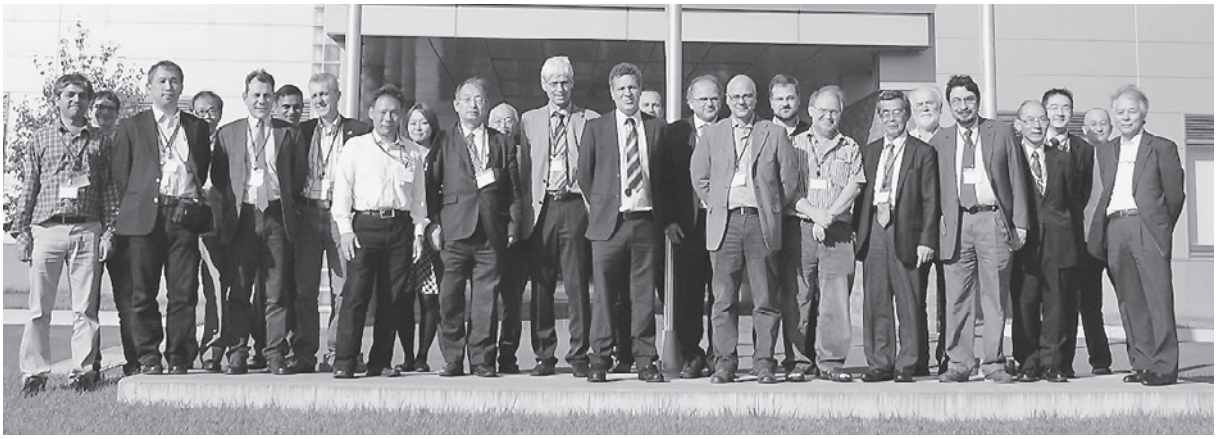


図１　第12回 IFMIF/EVEDA 事業委員会参加者（10月10日国際核融合エネルギー研究センターにて）．

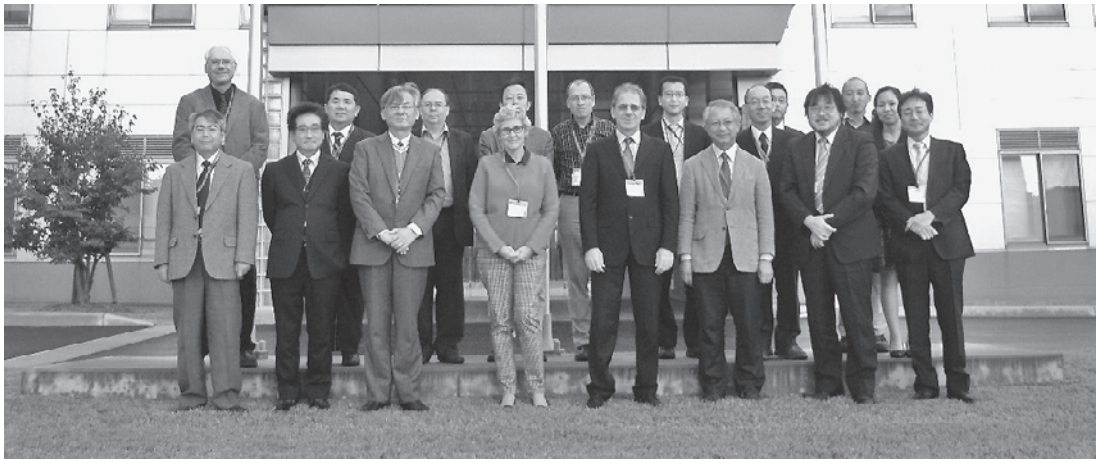


図２　第13回 IFERC 事業委員会参加者（10月16日国際核融合エネルギー研究センターにて）．

究開発，核融合計算機シミュレーション，ITER 遠隔実験）の進捗状況の報告や，2014年の作業計画等について，検討，議論，勧告等が行われた．

今回の事業委員会では，事業長が提案した2014年作業計画及び更新した IFERC 事業計画を運営委員会へ提出し承認を求めることが同意された．

原型炉設計・研究開発では，安全性研究を含む原型炉設計活動，2013年の研究開発の進捗状況等の報告がなされ，既存及び先進的ダイバータ概念検討に関して技術的実現性の検討を始めるよう勧告がなされた．

核融合計算機シミュレーションに関しては，2013年第２及び第３四半期報告，高性能計算機増強に関する状況報告等がなされ，一部課題はあるものの，高性能計算機の高い運用率と第３サイクルにおける利用者の増加が歓迎された．また，第１及び第２サイクルの計算プロジェクトのレビューを組織するよう勧告がなされた．

次回の事業委員会は来年３月17-19日に六ヶ所で開催することとなった．

３．IFMIF/EVEDA原型加速器の入射器の開梱作業が始まる

既に部品が搬入されている IFMIF/EVEDA 原型加速器の入射器については，日欧の共同作業にかかる安全管理体制の調整等で，開梱を初めとして据付調整が遅れていたが，ようやく搬送された各部品の箱の開梱，移動，内容物の確認等の作業が始まった（**図３**参照）．11月25日から原子力・代替エネルギー庁（CEA）の担当者２名も来所し，作業に立ち会うとともに，来年行われる予定の本格的な据付，調整作業のための詳細な作業手順の確認等を行う予定である．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

図３　開梱，搬送，内容物の確認の作業が行われている IFMIF/EVEDA 原型加速器の入射器（左上から，屋外の配電盤の開梱作業，高周波源・電源室で開梱された制御パネル等，加速器室に移設された入射器本体部品等．11月27日，いずれも国際核融合エネルギー研究センターにて．）

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(47)

1．第13回幅広いアプローチ(BA)運営委員会の開催

12月17日に仏原子力・代替エネルギー庁パリ本部において，第13回 BA 運営委員会が開催された（**図 1** 参照）．参加者は，欧州からシーグラー欧州委員会研究総局エネルギー局長（欧州代表団長）を含め委員 4 名と専門家12名，日本側から磯谷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13名，3 事業の事業長，および事業委員会議長他の計41名が参加し，IFMIF/EVEDA 事業，IFERC 事業，サテライト・トカマク計画事業の 3 事業の2014年作業計画の承認等がなされた．

IFMIF/EVEDA 事業では，IFMIF 工学設計報告書のスケジュールどおりの完成，加速器系の入射器部分と関連機器の六ヶ所サイトへの搬入とそれらの据付け作業の開始等が報告された．

IFERC 事業では，2014年には，高性能計算機（六ちゃん）の増強，原型炉R&D棟での，英国にあるトカマク実験装置 JET のダイバータタイルの分析のほか，イタリア新技術・エネルギー・持続的経済開発機構（ENEA）製作の実験装置を用いた SiC/SiC 複合材料と液体 Li-Pb 合金との共存性試験が実施されること等が報告された．

サテライト・トカマク計画事業では，2019年 3 月に予定されている JT-60SA の初プラズマ（運転開始）に向けた着実な進捗，超伝導トロイダル磁場コイルの製作開始，2014年に予定されている 3 つの超伝導ポロイダル磁場コイルの据付けおよび真空容器の組立開始等が報告された．

また，青森県の佐々木副知事および六ヶ所村の古川村長から，六ヶ所サイトでの事業に対する地元自治体による支援活動等についても説明がなされ，運営委員会から，青森県と六ヶ所村による欧州研究者およびその家族に対する生活支援及び教育支援への努力に対し感謝の意が表された．

次回会合は，2014年 4 月10日に六ヶ所村で開催予定．

図 1　第13回 BA 運営委員会の会合の様子（12月17日，仏 CEA パリ本部にて）．

2．IFMIF/EVEDA原型加速器の入射器部品の開梱作業

昨年11月末から CEA 庁サクレー研究所の入射器の製作担当者合計 4 名が延べ 4 週間滞在し，開梱作業の指示，内容物の確認，および据え付けの準備作業を，IFMIF 加速器施設グループ員，IFMIF/EVEDA プロジェクトチーム員と協力しながら実施した（**図 2** 参照）．

滞在中，全ての輸送品の開梱と内容確認が完了，レーザートラッカーを用いた入射器架台の精密位置計測や入射器低エネルギービーム輸送系（LEBT）の真空リークチェック等の確認が行われた．また，欧州を交えた据付調整担当の業者とのスケジュール打合せなども実施し，今後の作業内容等を確認し，本格的な据え付け作業に対する準備ができた．

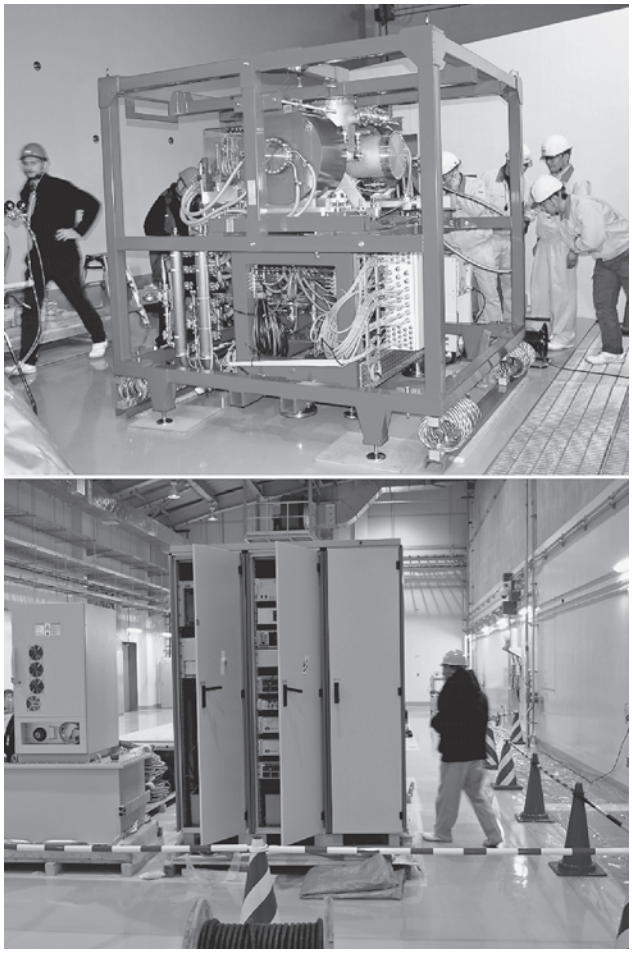


図 2　入射器部品の据付作業（上：加速器室(LEBT)，下：高周波源・電源室（制御系電源））．

3．計算機シミュレーションセンターの計算機ラックの増強

国際核融合エネルギー研究センター事業の核融合計算機シミュレーションセンター活動のための高性能計算機「六ちゃん」の増強する計算ラック設置のための作業が12月6日から開始された．計算ラック等が12月12日および19日に無事搬入，据付けられ（**図3**参照），試運転が開始された．

増設された計算ラックは5台で，最新の多コア（MIC: Many Integrated Core）システムが導入されており，これにより200 Tflops（200テラフロップス，一秒間に200兆回の四則演算を行えるベンチマークアプリケーションLinpacによる評価での性能）以上の計算能力増強が期待される．

1月末に欧州実施機関による検収が無事終了し，2月にはユーザーの利用が開始される予定．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

図3　「六ちゃん」の増強ラック搬入，設置作業（12月19日），左：増強ラックの搬入，右：計算機室Ⅰに設置された5台の増強ラック．

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(48)

1．第14回 IFERC 事業委員会および第13回 IFMIF/EVEDA 事業委員会の開催

第14回 IFERC 事業委員会が３月18～19日に，第13回 IFMIF/EVEDA 事業委員会が３月19～20日に，それぞれ国際核融合エネルギー研究センター管理研究棟において開催された（**図１**および**図２**参照）．今回の事業委員会では，主に各々の事業における2013年の年次報告，事業計画の改訂案等を審議し，本年４月に六ヶ所村で開催される第14回 BA 運営委員会への技術的な勧告をまとめた．また，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た．

IFERC 事業委員会においては，欧州からデビッド・メゾニエ（欧州委員会）議長を含め委員３名と専門家９名（一部 TV 会議で参加），日本側から福山（京大）委員を含め委員３名と専門家８名，中島事業長を含め事業チームから５名，事務局１名の計29名が参加した．

会合では，計算機シュミレーションセンター（CSC）では，昨年末に増強したシステムが２月13日から，ユーザーに共用が開始されたこと，高い利用率で高性能計算機が運用されていること等が，原型炉 R&D では，欧州（イタリア）で製作した炭化ケイ素複合材料とリチウム鉛液体金属との共存性試験装置について，本年１月末にイタリアでの受入検査に合格し，本年５月頃に六ヶ所サイトに搬入予定であることが，さらに ITER 遠隔実験センターでは，遠隔実験のためのソフトウェア開発が日欧で開始されたことがそれぞれ報告され，それぞれ年次報告として承認された．

次回の第15回 IFERC 事業委員会は10月６～７日に日本で開催される予定．

IFMIF/EVEDA 事業委員会においては，欧州側からオブライエン（F４E）委員他委員３名と専門家４名，日本側から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11名の計29名が参加した．

会合では，原型加速器については，昨年11月からフランス CEA の専門家の立会いの下，欧州から搬入された入射器の開梱作業，内容確認，真空リーク試験等の予備的作業を始めており，日本の業者による本格的な組立作業を本年３月からビーム試験を本年７月頃から開始できる見込みであること，さらに，入射器については，放射線障害防止法に基づく放射線発生装置使用許可を昨年９月末に申請し，本年２月27日付けで許可されたことが報告された．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を継続し，本年夏頃に実証試験を終了する予定であること等が報告された．審議の結果，それぞれ年次報告として承認された．

次回の第14回 IFMIF/EVEDA 事業委員会は10月8-9日に六ヶ所で開催される予定．

2．第４回原型炉設計プラットフォーム会合の開催

２月19～20日に，国際核融合エネルギー研究センター管理研究棟において，第４回原型炉設計プラットフォーム会合がエネルギー産業に関わる企業の参加も募り開催された（**図３**参照）．本会合は年１回開かれてきており，大規模なエネルギー生産プラントである核融合炉への理解を深め，概念検討段階から検討すべき課題と対応策について様々な角度から概観することを目的としており，炉心プラズマから炉工学まで幅広い分野の若手研究者を中心とし機構内外から参加してもらっている．

今回は，原子力機構から19名，大学，企業等から16名の計35名が参加し，電力源としての核融合炉の要件や運用に必要な保守・点検，核融合炉の安全性や規格・基準，核融合炉の建設に向けて炉設計段階から検討すべき課題と対策等について講演，発表があり，活発な議論が交わされた．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

図１　第14回 IFERC 事業委員会の会合の様子（３月18日，国際核融合エネルギー研究センターにて）．

図２　第13回 IFMIF/EVEDA 事業委員会の会合の様子（３月19日，国際核融合エネルギー研究センターにて）．

図３　第４回原型炉プラットフォーム会合（２月19～20日），上：講演の様子，中：ポスターセッション，下：参加者．

幅広いアプローチ活動だより(49)

1．第14回幅広いアプローチ(BA)運営委員会の開催

2014年４月10日に六ヶ所村の国際核融合エネルギー研究センターにおいて，第14回 BA 運営委員会が開催された(**図１**参照)．参加者は，欧州からカリニャーニ・ディ・ノボリ欧州委員会研究総局エネルギー局 ITER 課長（欧州代表団長）を含め委員２名と専門家３名，日本側から磯谷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19名，３事業の事業長，および事業委員会議長他の計34名が参加し，IFMIF/EVEDA 事業，IFERC 事業，サテライト・トカマク計画事業の３事業の2013年年次報告を承認し，事業計画を更新しました．

IFMIF/EVEDA 事業では，原型加速器の入射器および低エネルギービーム輸送システムの組み立てが六ヶ所において本格化しています．仏原子力・代替エネルギー庁と日本の実施機関の努力のおかげで，超伝導高周波線形加速器のための真空空洞の許認可が進んでおり，まもなく完了します．このとても野心的な原型加速器によって生じる困難にもかかわらず，幅広いアプローチ協定の期間に合うように，現在組み立ておよび統合調整のスケジュールを加速する方法が追求されています．

IFERC 事業では，2014年初めにヘリオススーパーコンピュータシステム（六ちゃん）が改良され，全実効性能が約20%増加しました．六ヶ所の核融合計算機シミュレーションセンターへ接続するネットワーク幅がまもなく増加し，約４倍の 10 Gbps になります．2012年１月以来ヘリオスにおけるシミュレーション研究から，130以上の論文が科学雑誌に掲載されました．遠隔実験センターのソフトウェアの開発が始められ，ITER での遠隔実験に用いられるより前に JT-60SA で試験される予定です．

サテライト・トカマク計画事業では，日欧の密接な共同作業の結果，本計画は機器製造から組立に移行し，今やエキサイティングな時期に入りつつあります．３つの平衡磁場コイルが2014年１月に那珂サイトに据え付けられました．５月には真空容器の組立が開始され，９月にはクエンチ保護回路が据え付けられます．日欧の40の研究所からの330人を超える研究者の協力により，2013年12月に JT-60SA 研究計画が更新されました．

また，青森県の佐々木副知事および六ヶ所村の古川村長から，六ヶ所サイトでの事業に対する地元自治体による支援活動について説明がなされました．運営委員会は，青森県と六ヶ所村による欧州研究者およびその家族に対する高水準の生活支援およ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，2014年11月４日に独カールスルーエで開催予定．

図１　第14回 BA 運営委員会の会合の参加者（４月10日，六ヶ所村の国際核融合エネルギー研究センターにて）．

2．サテライト・トカマク(JT-60SA)計画の進展

JT-60SA では18個の超伝導トロイダル磁場コイルを欧州が製作し，６個の超伝導平衡磁場コイル（EF コイル）と１個の超伝導センターソレノイドを日本が製作します．１個目のEFコイルであるEF4コイル（外径4.4 m，重量30トン）はメーカーの工場にて製作され，2013年１月に完成しております．このコイルより更に大きいEF5コイル（外径8.2 m，重量23トン）と EF6 コイル（外径 10.5 m，重量33トン）は陸上輸送が困難なため，原子力機構那珂研内の超伝導コイル巻線棟にて製作を行い，昨年の12月に完成しました．

実験棟本体室では，昨年１月，欧州製作のクライオスタットベースの据付開始（据付終了は昨年３月）により JT-60SA の組立作業が本格的に開始しており，完成したこれら下側平衡磁場コイルを今年１月後半に，本体室内に搬入し，クライオスタットベース上に仮設置しました．世界最大級サイズの超伝導コイルEF5とEF6の搬入では，専用の輸送治具を用いて起立させ，縦長の搬入口より搬入しました（**図２**）．仮設置の設置精度は最大 1.5 mm であり目標

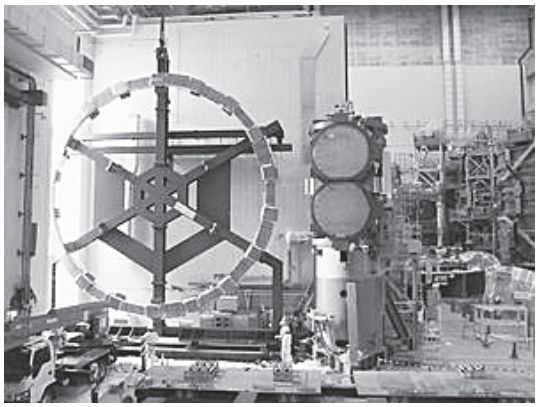


図２　EF6 コイルの実験棟組立室搬入の様子．

の2.0 mmより高精度で設置することができました（**図3**）．現在，本体室内ではJT-60SA主要機器である真空容器，サーマルシールド，超伝導トロイダル磁場コイルの組み立てに使用する組立架台の建設を行っています（**図4**）．この組立架台は，直径19 m，高さ14 mと大きく，重量物である上記主要機器（合計約600トン）を支えるために頑丈な骨組みと，位置合わせ用ガイドレール，下段および中段の2つの作業ステージから構成されます．主要機器はこの組立架台の中で組み立てられ，サーマルシールドおよび超伝導トロイダル磁場コイルの組み立て時には，旋回クレーンを組立架台上に設置します．この組立架台は，まもなく完成予定であり，10分割で製作された真空容器セクター（今年4月に全て完成）をドーナツ形状に溶接接続する真空容器組立作業を5月から開始します．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

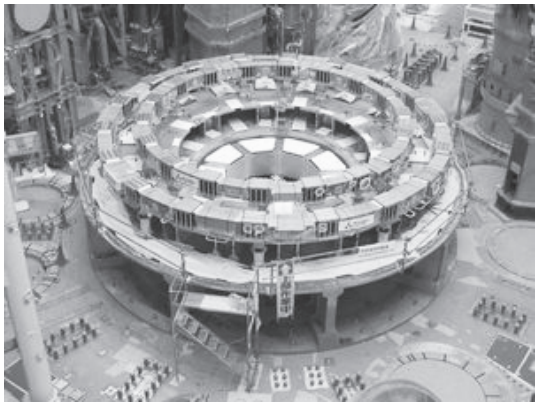


図3　クライオスタットベース上に仮設置された超伝導コイル（EF4，EF5，EF6）．

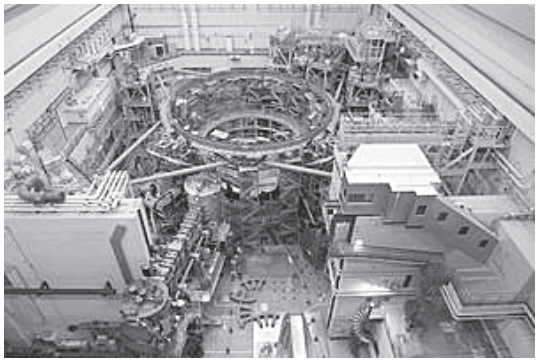


図4　現在の本体室内の状況（H25年5月）．組立架台を設置中．

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(50)

1．IFMIF-EVEDA 事業の進展

(1) 第5回 IFMIF/EVEDA 原型加速器技術会合の開催

第5回IFMIF/EVEDA原型加速器技術会合が6月3-5日にイタリア・パドバのイタリア国立核物理学研究所（INFN）レニャーロ研究所で開催されました（**図1**参照）．本会合には，欧州実施機関（F4E）から3名，JAEA（日本実施機関）から2名，IFMIF/EVEDA 事業チームから事業長他6名，欧州側自主貢献機関からは，イタリア核物理研究所（INFL）のレニャーロ研究所（LNL）から18名及びRFX研究所から2名，フランス原子力・代替エネルギー庁（CEA）から4名，スペイン原子力・代替エネルギー庁（CEIMAT）から4名等，計39名（内日本人4名）が参加しました．今回の会合では，六ヶ所研究所における据付，調整作業の状況，各機器におけるそれぞれ担当機関からの準備状況等38件が報告されました．

CEIMAT における RF システムの準備状況については，現在最初の2台についての受入検査の準備が整っており，この次の週に受入検査が JAEA の立ち会いの下行われることが報告されました．IFNF における高周波四重極加速器（RFQ）の整備の状況については，RFQ の各モジュールの製作についての進捗状況が実際の製作現場の見学も含め示され，3セクション（6モジュール）のうち1セクションがほぼ完成している事が報告されました．ビーム診断系については，フランス CEA が調達したビーム診断機器（ビームプロファイルモニター，ビームロスモニター等），イタリア INFN 研究所でビームのバンチ長モニター，スペイン CIEMAT 研究所の調達するビーム輸送系，ビーム位置モニター，診断系ユニット（D プレート）の製作状況の報告が行われました．これらの機器は今後，六ヶ所サイトへの輸送が行われ，順次据付けられます．

(2) RF システムの受入試験立会い

欧州（調達機関はスペインの CIEMAT）が調達する原型加速器用 RF システムについて，JAEA,F4E，プロジェクトチーム立ち会いのもと性能検査（受入試験）が，スペイン・マドリッド近郊の INDRA 社の現地工場で実施されました．原型加速器用RFシステムは，重陽子ビームを加速するため高周波四重極加速器や超伝導ライナックなどに175 MHz の高周波電力を供給するもので，制御機器，前段増幅器，後段増幅器，サーキュレーターなどから構成され，全体で9モジュール（高周波電力約3MW）が今後六ヶ所サイトに搬入されます．受入試験では，周波数，位相安定性，出力安定性，出力直進性の確認，動作時間実証，運転モード確認，反射による耐性試験，遮断試験等が行われ，良好な試験結果が得られました．

2．サテライト・トカマク（JT-60SA）計画の進展

(1) JT-60SA 真空容器組立開始

那珂核融合研究所では，超伝導トカマク JT-60SA の真空容器組立作業を今年5月から JT-60本体室で開始しました．JT-60SA の真空容器は，外径10 m のドーナツ型，断面は横直径3.5 m，縦直径6.6 m の D 字型，厚さ18 mm のステンレス（SUS316L）の二重構造をしており，この二重壁内を200℃ベーキング時には高温ガス，運転時には中性子遮蔽のボロン水が循環します．真空容器は大型で，しかもその総重量は150トンであることから，360度分を10分割したパーツ（セクター）を製作し，それらを順次，現地で組立てていきます．平成23年4月より製作開始した真空容器セクター（20度セクター×1体，30度セクター×2体，40

図1　第5回 IFMIF/EVEDA 原型加速器技術会合（イタリア　パドバにて）．

度セクター×７体）は，今年４月までにすべて完成しました．これらセクターの製作精度の要求値はインボード（強磁場）側で±10 mm，アウトボード（弱磁場）側で±20 mmですが，それぞれ±2 mmおよび±5 mm以内で製作できました．この製作を踏まえて，今回，真空容器セクターを２体，クライオスタットベース（真空断熱容器の基礎部）上に設置しました（**図２**，**図３**参照）．セクター間の二重壁の溶接は，最新技術を駆使した自動溶接機を用いて行います．今後，20度セクターを残して順次組立を行い，340度（９セクター）接続した後に，欧州調達分のトロイダルコイルの組立を開始する予定です．

(2) 第３回 JT-60SA 日欧研究調整会議の開催

今年５月19-23日に第３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13名（７カ国，11研究機関），国内大学等10名（４機関），及び原子力機構16名，プロジェクトチーム２名の合計41名が参加し，大変活発な議論が行われました（**図４**参照）．昨年12月に刊行されたJT-60SAリサーチプランVer. 3.1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５カ年計画，日欧の原型炉デザインと課題解決に向けたJT-60SA研究計画，実験研究からのECRHアンテナ角度の要求に関する議論を行いました．本会議により，研究領域毎の今後の具体的な研究課題，効率的な日欧協力の進め方を合意しました．本年度は，リサーチプランVer. 3.2への改訂，10項目の共同研究の実施，これらに関する国際会議等での報告を行うこととしました．第４回会議は来年の５月末に予定しています．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

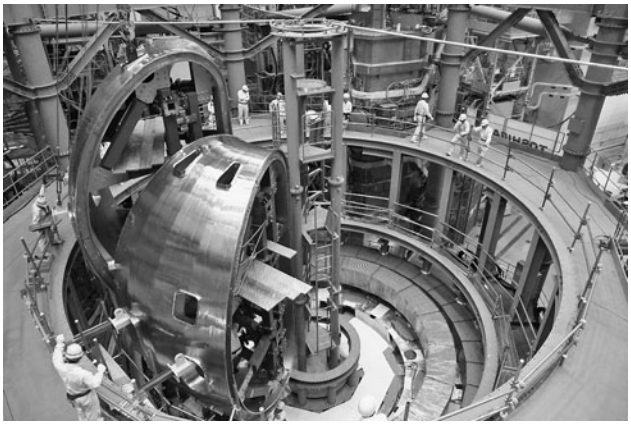


図２　２体目真空容器セクターをクライオスタットベース上に設置する作業の様子．

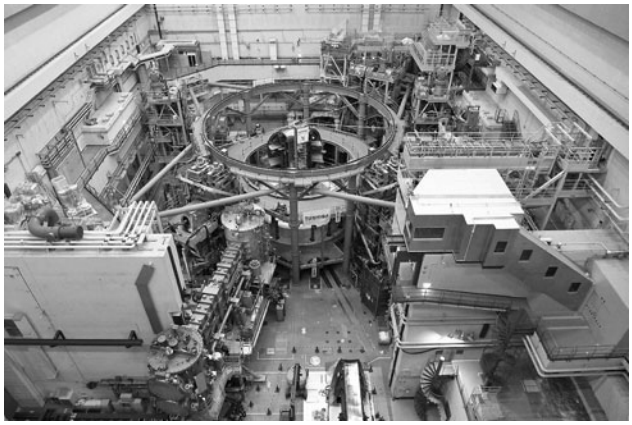


図３　JT-60 本体室での真空容器組立作業の様子．

図４　第３回 JT-60SA 日欧研究調整会議参加者（那珂核融合研究所にて）．

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(51)

1．IFERC 事業 原型炉 R&D 及び設計作業活動の進展

(1) 原型炉 R&D 棟への JET（Joint European Torus）ダストの搬入

JETでは，ITERでの運転を模擬して，タングステンを表面にコーティングした炭素タイルおよびベリリウムタイルを真空容器内壁に貼り付けて，運転を行った．今回，BA活動における原型炉 R&D 活動の一環として，この運転によって生じた真空容器内のダストを回収し，六ヶ所の原型炉R&D棟に搬入し，ダスト中のトリチウムの蓄積量，化学組等を測定し，ITER での運転及び原型炉設計に重要なデータを取得する．核融合炉内では，プラズマと炉内構造物の相互作用により，再堆積層やダストを生じ，そこにトリチウムが保持されため，効率的な燃料循環を妨げる．また，再堆積層やダストに蓄積するトリチウム量は，事故時の安全性を評価するためにも重要なデータとなる．ITER では，炉内構造物にタングステンが使用されるため，JET では，ITER に先駆けて上記実験を行った．

現在，トリチウム，ベリリウムを含む試料を扱って実験を行うことができるのは，日本及び EU では，六カ所の原型炉 R&D 棟のみである．その理由から，EU から提案された共同研究であり，上記データを取得することが EU からも強く期待されている．

今回受け入れたダスト試料の量は 20 g で，79.97 GBq のトリチウムが含まれている（**図 1** 参照）．この試料を A 型輸送容器に封入し，それをドラム缶に入れた状態で，2014 年 8 月18日に，六ヶ所核融合研究所原型炉 R&D 棟に搬入された（**図 2** 参照）．

搬入後，9 月中に，ドラム缶の開放，その中の A 型輸送容器の取り出しを行い，輸送容器内トリチウム濃度を測定した．測定後，A 型輸送容器と原型炉R&D棟のトリチウム除去設備を連結し，容器内雰囲気のトリチウム除染を行い（**図 2** 参照），輸送容器内の**図 1** で示される試料を，原型炉 R&D 棟の放射性物質貯蔵容器に取り出して保管した．

今後，ダスト中のトリチウム量の測定（イメージングプレート，昇温による焼き出し等），電子顕微鏡（走査型，透過型）によるダスト形状及び断面等の観察，ダスト表面の化学組成分析（EPMA：電子線マイクロアナライザー等）

またタイルそのものの原型炉 R&D 棟への搬入も，今年度中に行うことを計画しており，ダストと同様の分析を行うことを計画している．

図 1　ダストサンプルの入った容器．

(2) BA 原型炉設計及び安全性に係る共同研究合同会合の開催

BA 活動では日欧共同で原型炉設計研究を進めているが，原型炉設計では幅広い分野の設計課題について検討を行う必要があるため，全国16の大学・関連機関の約90名の研究者と共同研究を通して，全日本的な体制として設計研究に取り組んでいる．

日欧の原型炉設計の最新の状況について情報を共有し，専門分野が多義に渡る研究者間で原型炉設計の諸課題について意見を交換する事を目的として，毎年夏に共同研究合同会合を開催しており，4 回目となる本年の会合を，7 月30，31日に国際核融合エネルギー研究センターにおいて開催した．

大学・関連機関から16名，企業から 5 名，原子力機構から10名の合計31名が参加し，日欧の原型炉設計研究の現状や個別の設計課題等について活発な議論が行われた．また，昨年より文科省作業部会の指示のもと発足した「核融合原型炉に向けた研究開発計画設計合同チーム」がまとめ

図 2　A 型輸送容器と輸送容器内雰囲気のトリチウム除染．

図３　BA 原型炉設計及び安全性に係る共同研究　合同会合，上：議論の様子，下：参加者．

た最終報告書について，概要説明と議論のセッションを設け，今後，全日本的に原型炉設計活動を推進していくための体制について，様々な視点から意見交換が行われた．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門
六ヶ所核融合研究所）

２．サテライト・トカマク（JT-60SA）計画の進展

那珂核融合研究所では，トカマク本体に加え加熱装置の開発も順調に進んでいます．JT-60SA では加熱装置の１つとして，９基のジャイロトロンと伝送系からなる電子サイクロトロン加熱（ECH）／電流駆動（ECCD）装置を装備します．JT-60SA の典型的な放電シナリオにおけるトロイダル磁場強度は 1.7－2.3 T であることから，広範な実験条件のもとで ECH/ECCD を可能とするために，２周波数ジャイロトロン（**図１**）の開発を進めてきました．まず設計において，２つの周波数で高いパワー発生（出力1 MW）と低い損失を同時に実現し，かつ出力ミリ波の半波長が簡単な整数比（出力窓での反射の低減に関連）となる組み合わせとして，110 GHz（$TE_{22,8}$モード）と 138 GHz（$TE_{27,10}$モード）があることを明らかにしました．その設計に基づき製作し，2012年から運転を進めた結果，今年６月に両方の周波数で出力１MW，出力時間100秒の発振に成功し，JT-60SA に向けた目標を達成しました．また，この100秒間の出力においてジャイロトロン各部の温度は定常状態に達しており，更なる伸長も見通せることがわかりました．運転条件の最適化においては，両周波数それぞれに対しビーム電子のピッチファクタ（らせんの巻き具合）を調節することが重要であり，日本製ジャイロトロンの特徴である３極型電子銃を活かすことで今回の結果が得られました．欧米やロシアでも主に２極型電子銃を装備したジャイロトロンを用いて複数周波数化の開発が進められていますが，今回の結果は，これまでの結果を大幅に上回るものです

図１　開発した２周波数ジャイロトロン．

（**図２**）．この開発結果を活かし，今後は多周波数ジャイロトロンの開発を進める予定です．多周波数ジャイロトロンを用いることで，炉内に可動ミラーを設置せずにECH/ECCD位置を変えることができると期待できます．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門
那珂核融合研究所）

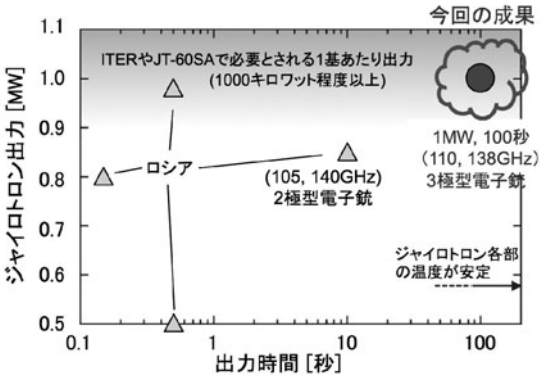


図２　世界の２周波数ジャイロトロンの開発状況．

青森温泉巡り

その26

温川山荘 ― 吉川英治ゆかりの渓流沿いの一軒宿 ―

弘南鉄道の黒石駅を出発したバスは，黒石から十和田湖に抜ける国道102号線を通って山の中に入っていきます．黒石駅から約１時間．途中の集落で殆どの人が降りて，ひとりぼっちになった頃に終点の温川に着きます．冬季には，かなりの積雪があり，十和田湖に抜ける道は通行止めになりますが，温川までは除雪されていて，１日２往復のバスの便があります．

山荘は，バス停を降りて吊り橋を渡ったところにあります．バス停自体が宿専用ですから，迷いようがありません．吊り橋を渡ると，ブナ林の中に佇む木造２階建ての温泉宿が見えます．文豪，吉川英治が宮本武蔵を執筆したという文学碑もあります．

泉質は，中性のナトリウム・カルシウム－硫酸塩・塩化物泉．無色透明で微かな硫黄の香りがします．もちろん，源泉かけ流し．ヒバ造りの男女別の内湯と，渓流沿いの混浴の露天風呂があります．広々とした露天風呂がひとつと，一段下に小さな露天風呂がひとつ．男女別の脱衣場があり，バスタオル入浴も可ですから女性の方もよく利用しています．

冬は雪景色の中，春は鮮やかな新緑，夏にはブナ林の木漏れ日を浴びて，そして秋には紅葉に染まりながら露天風呂に入りましょう．国道から露天風呂は丸見えですが，そんな些細なことは気にしないで，渓流のせせらぎを聞きながら，ゆったりと秘湯を楽しみましょう．

Tel:0172-55-2314　日帰り入浴 500円 10:00-17:00

温川山荘入口のバス停と吊り橋．秋の紅葉の季節は特に美しい．

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(52)

1．第15回幅広いアプローチ(BA)運営委員会の開催

11月４日にドイツのカールスルーエ工科大学において，第15回BA運営委員会が開催されました（**図１**参照）．参加者は，欧州からカリニャーニ・ディ・ノボリ欧州委員会研究総局エネルギー局ITER課長（欧州代表団長）を含め委員３名と専門家８名，日本側から磯谷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７名，各事業長及び各事業委員会議長他の計30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2015年作業計画を承認しました．

IFMIF/EVEDA事業では，六ヶ所におけるIFMIF原型加速器の入射器及び関連装置の組立及び設置のための精力的な活動の後，ビーム試験が11月４日に順調に開始されました．大洗におけるEVEDAのリチウムループ試験は予定していた目標，すなわち，IFMIFの定格条件運転及び液体リチウムの長時間安定性の実証を達成しました．

IFERC事業では，2012年の運転開始以来，スーパーコンピュータシステムHelios（六ちゃん）の高い稼働率及び利用率により，270編を超える科学的に重要な論文が刊行されました．六ヶ所サイトにある原型炉研究開発に関する固有の施設は，現在JETトカマクのタイルダスト分析に利用されています．さらに，日欧の共同研究活動の強化のために，共同研究棟が建設予定です．

サテライト・トカマク計画事業では，2019年３月のファースト・プラズマを目標としてJT-60SAの機器の調達活動及び組立活動に着実な進展がみられています．最近では，那珂サイトにおける真空容器の各セクターの溶接が開始されました．また，イタリア及びフランスにおける超伝導トロイダル磁場コイルの巻線及びドイツのカールスルーエで行われている高温超伝導電流リードの製作が順調に進捗しています．クエンチ保護回路も予定通りイタリアから那珂サイトへ搬入されました．

図１　第15回BA運営委員会の会合の参加者（11月４日，ドイツのカールスルーエ工科大学にて）．

また，運営委員会は，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，青森県と六ヶ所村に感謝の意を表明しました．

次回会合は，2015年４月21日に那珂市（日本）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）

2．第14回IFMIF/EVEDA事業会合の開催に関して

2014年10月8-9日に日本原子力研究開発機構国際核融合エネルギー研究センター（六ヶ所）に於いて，第14回IFMIF/EVEDA事業委員会が開催されました．本委員会には委員６名（日本側委員３名，欧州側委員３名），専門家12名（日本側専門家７名，欧州側専門家５名），IFMIF/EVEDA事業チーム員８名が参加しました．

今回の事業委員会では，IFMIF/EVEDA事業の状況報告，2015年の作業計画，原型加速器のスケジュール等が主な議題として議論されました．IFMIF/EVEDAの状況報告では，事業の貢献額に対するスケジュール到達度が約80%という優れた進展状況であることが確認されました．また，欧州調達機器の日本国内での許認可取得に関連して，事業チーム，両実施機関のより一層の協力体制が必要であることが確認されました．

2015年の作業計画に関しては，事業委員会より，機構のEVEDA Li試験ループ（ELTL）の運転が３カ月延長されたことに感謝が示され，その優れた結果，特に液体リチウムのIFMIFの定格条件運転の実証と長時間安定運転が評価されました．また，事業委員会によりJAEAの尽力とENEAの機器を合わせたターゲット施設の実証試験の成果が評価されました．

さらに，カールスルーエ工科大学におけるV-HFTM（垂直型高中性子束試験モジュール）関連の装置の製作が進んでいることが評価されました．これらの進展に基づき，2015年年次作業計画を運営委員会に提出する承認が事業委員会から得られました．

原型加速器統合スケジュールに関しては，今回発表されたスケジュール（フェーズ２まで）はリスク回避を考慮し，両実施機関でボトムアップ的に作成されたものであり，このフェーズ２までのスケジュールは現実的なものと認められ，次回の運営委員会への提出が承認されました．また，LIPAcの統合管理システムに焦点をおいた事業チームと両実施機関の共同作業と組立・調整作業における進捗が評価されました．

次回のIFMIF/EVEDA事業委員会は2015年３月18-19日に六ヶ所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
六ヶ所核融合研究所）

3．第15回 IFERC 事業会合の開催に関して

2014年10月6-7日に，日本原子力研究開発機構国際核融合エネルギー研究センター（六ヶ所）において，第15回 IFERC 事業委員会が開催されました（**図 2** 参照）．本事業委員会には TV 会議による参加も含めて，委員 6 名（日本側委員 3 名，欧州側委員 3 名），専門家16名（日本側専門家 7 名，欧州側専門家 9 名），IFERC 事業チーム員 9 名が参加しました．

本事業委員会では，IFERC事業の状況報告，IFERC事業の2015年作業計画が議論されました．

IFERC 事業の状況報告では，原型炉設計活動及び R&D 活動の過去数年分のレビュー会合が持たれ，日欧共同作業および協力により設計 R&D 活動が着実に進展していることを示す総合報告が行われたことや六ヶ所において JET のダスト解析が開始されたことが評価されました．CSC 活動に関しては，CSC大型計算機（Helios）におけるジョブの増加，特に大型ジョブの増加が報告され，この結果が Helios の運用が最適化されていることを示すとして評価されました．さらに，CSC の週毎の利用率が非常に高く，2014年の第 2 四半期において最高利用率が97.2% に達したことも事業委員会により評価されました．これらの状況報告から，2015年の事業計画を運営委員会に提出することが事業委員会により承認されました．

次回の IFERC 事業委員会会合（PC-16）は2015年 3 月10－11日に日本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
六ヶ所核融合研究所）

4．サテライト・トカマク（JT-60SA）計画の進展

那珂核融合研究所では，日欧が共同で超伝導トカマク JT-60SA の建設を進めています．

(1) 真空容器セクター 6 体目の組立開始

今年 5 月から開始した JT-60SA の真空容器組立作業が，JT-60本体室で順調に進展しています．すでに完成した10体の真空容器セクターを順次，クライオスタットベース上に設置し，セクター同士の溶接を行います．この溶接に当たっては，本体室に隣接している組立室にて，溶接する端部の矯正作業を行います．今年11月には，6 体目となる真空容器セクターをクライオスタットベース上に設置しました（**図 3** 参照）．この 6 体目で真空容器240度が揃います．この組立作業は，340度まで行い，その後，残りの20度分のスペースからトロイダル磁場コイル（欧州分担）を回し込んだ後，最後のトロイダル磁場コイルと一緒に360度に完成する予定です．

(2) クエンチ保護回路の搬入

JT-60SA 本体の組立作業と並行して周辺機器の整備も順調に進んでいます．今年 9 月には，クエンチ保護回路と呼ばれる機器がイタリアから搬入されました（**図 4** 参照）．超伝導コイルでクエンチが発生した場合に，プラズマ放電を停止するとともに，コイルに蓄えられていた磁気エネルギーを開放させる必要があります．クエンチ保護回路は，コイル電流をダンプ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．このクエンチ保護回路は，今後，新設するトロイダル磁場コイルおよびポロイダル磁場コイル電源に接続される予定です．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門
那珂核融合研究所）

図 2　第15回 IFERC 事業会合の様子（10月 7 日　日本原子力研究開発機構六ヶ所核融合研究所）．

図 3　組立中の 6 体の真空容器セクター（240度分）．

図 4　イタリアから搬入されたクエンチ保護回路．

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(53)

1．IFMIF 原型加速器入射器の初ビームに成功[1]

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 サクレー研究所並びに 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労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．

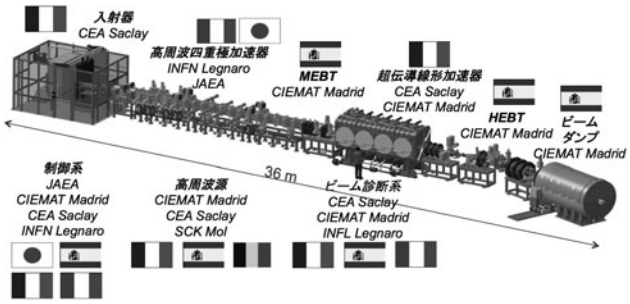


図1　IFMIF 原型加速器の全体構成，各研究機関が機器を調達し六ヶ所サイトで完成させる．

2．IFMIF/EVEDA 事業液体リチウムターゲット実証試験の完遂[1]

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

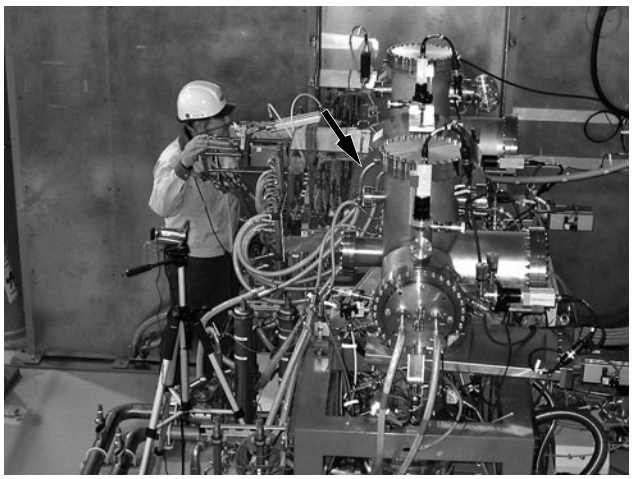


図2　設置された入射器　イオン源（奥の金属製の箱の中），LEBT（低エネルギービーム輸送系，中央の矢印の部分），ビーム計測系（手前の十字型真空容器）．ビームはイオン源から引き出され，LEBT を通過し，ビーム計測系内のビームストッパーで止まる．

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[2]

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

（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），ナスター事業長（右）．

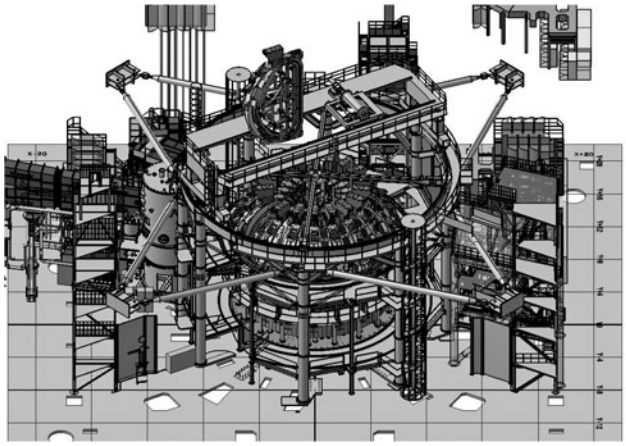


図６　JT-60SA 組立手順（最終セクタの組立）．

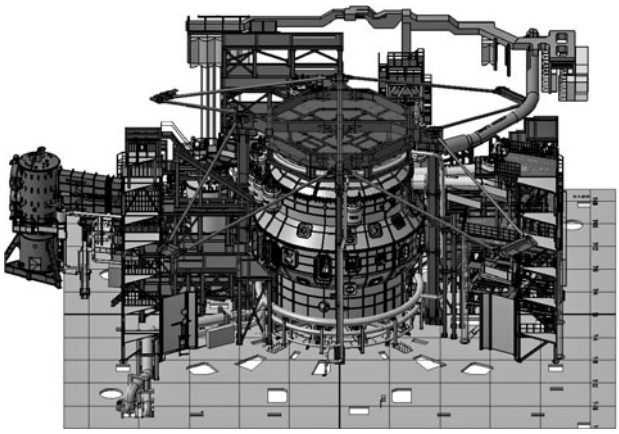


図７　JT-60SA 本体完成．

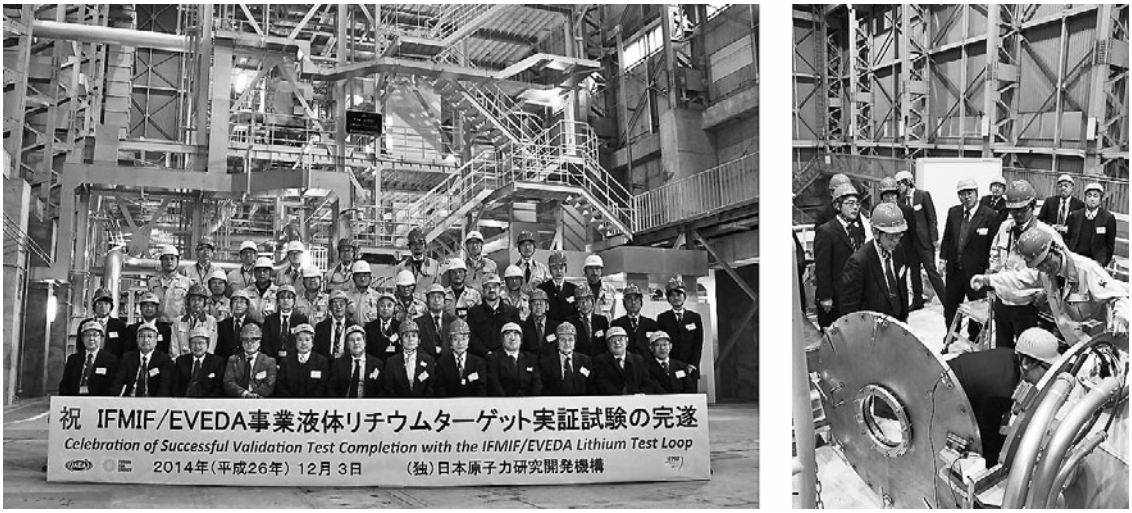


図５　本完遂式の様子：EVEDA リチウム試験ループを背にし，実証の完遂記念写真（左），リチウムターゲット容器内を見学している様子（右）．

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(54)

1．IFMIF/EVEDA 事業委員会の開催[1]

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月に茨城県の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[1]

(1) 2015年３月10日～11日に茨城県那珂市の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）計算機シュミ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）の学術論文が公刊されたこと，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[2]

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，コイル電流をダンプ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^3 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^3 と 100 m^3）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^3 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．

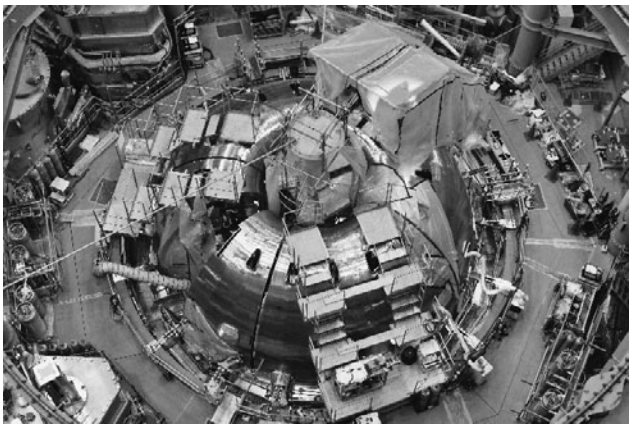


図２　組立中の真空容器セクター９体（340度分）．

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．

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(55)

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，欧州から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）．

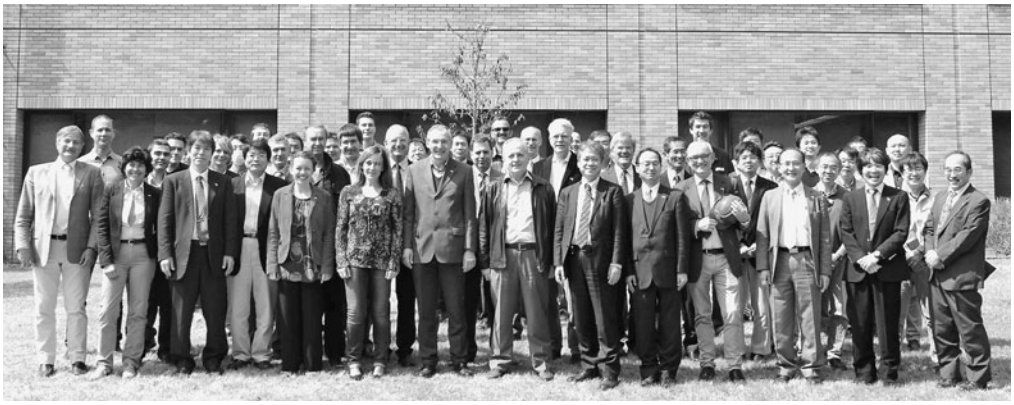


図３　第22回 JT-60SA 技術調整会議（TCM-22）の参加者．

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(56)

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内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おります（**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おります．

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案事象となります．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．

図 1　国際核融合エネルギー研究センターサイト．

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^+）

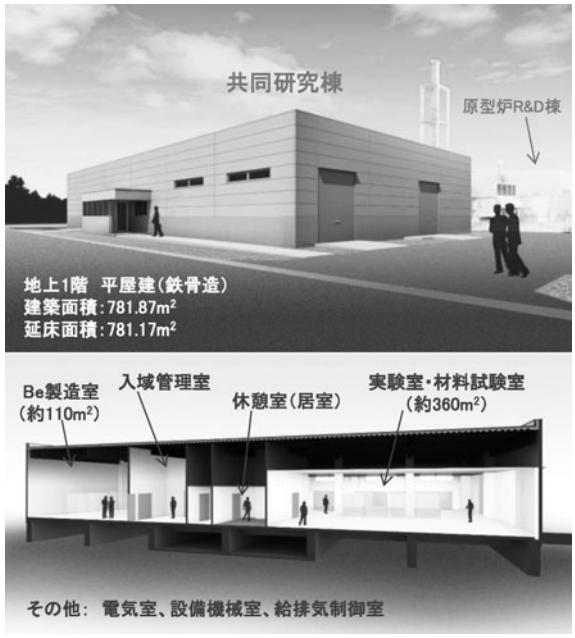


図 2　共同研究棟の完成イメージ．

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^+ビーム（100 keV）の生成に成功しました（**図4**）．D^+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4 m，長さ22 m，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，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4　7月7日初重陽子ビーム生成時．IFMIF/EVEDA開発試験棟の制御室にて．

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．

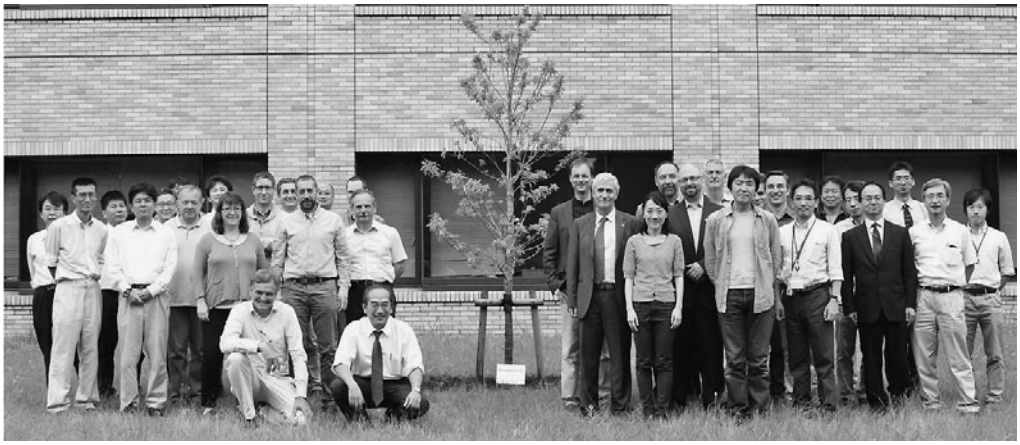


図6　第4回JT-60SA研究調整会議（RCM-4）の参加者．

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(57)

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．

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．

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伸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

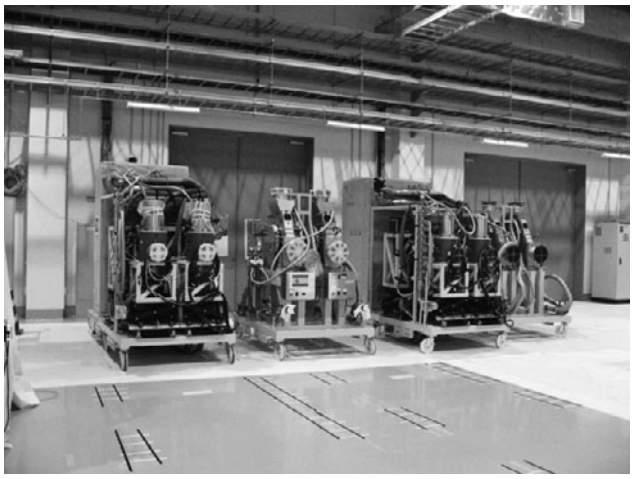


図3　姿を現した高周波源2式．

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（18 mm）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た（**図 5** 参照）．スプライスプレートは幅約 70～110 mm 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）

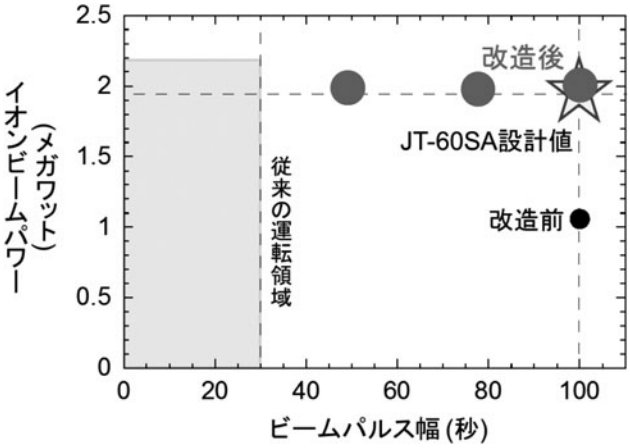


図 4　JT-60SA で利用する正イオン源のイオンビームパワーとビーム生成時間の進展．

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．

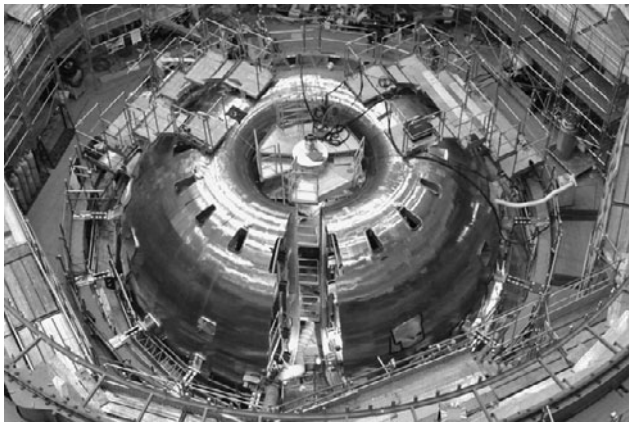


図 6　340度の溶接接続が終了した JT-60SA 真空容器．

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(58)

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（SiC_f/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．

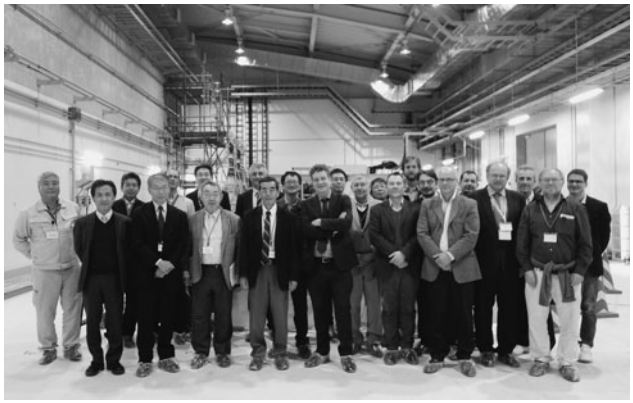


図2　第16回 IFMIF/EVEDA 事業委員会の参加者．

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，ドイツのカールスルーエ工科大学（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）

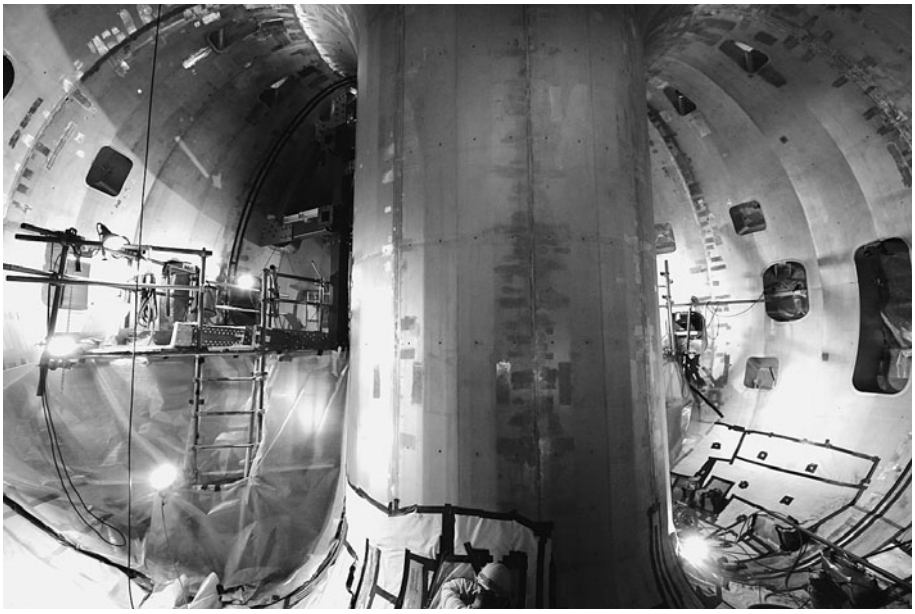


図 4　真空容器拘束治具の解体後の様子．

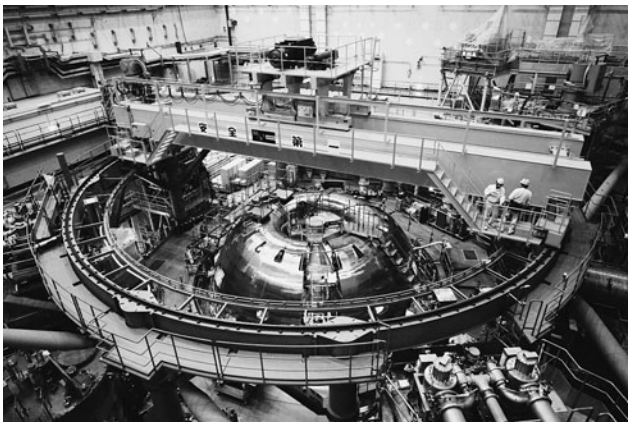


図 3　本体組立で使用する旋回クレーンの設置が完了．

図 5　TFC 用高温超伝導電流・リードが完納．

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(59)

1．第17回幅広いアプローチ(BA)運営委員会の開催

2015年12月11日に伊パドヴァ市RFXコンソーシアムにおいて，第17回BA運営委員会が開催されました（**図1**参照）．参加者は，欧州からガリバ欧州委員会エネルギー総局原子力・安全・ITER局長（欧州代表団長）を含め委員4名と専門家12名，日本側から板倉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12名，各事業長及び各事業委員会議長他の計41名が参加し，3事業の2016年作業計画の承認並びにIFMIF/EVEDA事業及びIFERC事業の事業計画の更新を承認しました．

IFMIF/EVEDA事業に関しては，BR2炉での照射試験を含む試験設備の実証活動が成功裏に任務を完了したこと，線形IFMIF原型加速器（LIPAc）の入射器の試運転は要求性能達成に向け成功裏に継続されることが報告されました．LIPAcの実証目標を完全に完了するため，運営委員会は本事業の2019年末までの延長を承認しました．

IFERC事業に関しては，高い稼働率と利用率が維持されているスーパーコンピューターシステム・ヘリオス（六ちゃん）を用い，2012年以降欧州と日本の研究者により約450編の核融合エネルギー分野の学術論文が刊行されたこと，原型炉設計活動における日欧協力活動と安全性研究，及び原型炉R&Dにおける5大タスクは順調に進捗していることが報告されました．運営委員会はサイト活動を含むIFERC事業についても，2019年末までの延長を承認しました．

サテライト・トカマク計画事業については，2019年のファーストプラズマに向け，全ての機器及びシステムの調達，組立が順調に進捗していることが報告されました．これには，トロイダル磁場，平衡磁場，センターソレノイドの各超伝導コイルの製作，冷凍設備の据付及び搬入，クエンチ保護回路機器の据付と調整運転，クライオスタットベース上に340度のトーラスを形成する9つの真空容器セクターの溶接の完了が含まれます．

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，2016年4月22日に青森県六ヶ所村で開催される予定です．

2．第5回IFERC-CSC研究会を開催

2016年1月14日～15日の2日間，東京の航空会館で第5回IFERC-CSC研究会が開催されました（IFERC：国際核融合エネルギー研究センター，CSC：計算機シミュレーションセンター）．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（**図2**参照）．

図2　CSCスパコンを利用した研究成果の報告の様子．

図1　第17回BA運営委員会の出席者（12月11日，RFXコンソーシアムにて）．

今回は43名の国内研究者（各プロジェクトの研究代表者）が参加し，工学関連２件，周辺プラズマ・材料関連10件，MHD 関連６件，コード開発関連５件，輸送関連９件，加熱・高エネルギー関連６件，計38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の利用に関連した研究報告も行われるとともに，2016年２月から運用開始を予定している増強システム第２弾（Nvidia GPU K80）に関するアナウンスが行われ，利用に関する質疑応答も行われました．

３．サテライト・トカマク（JT-60SA）計画の進展

那珂核融合研究所では，一昨年2014年５月から開始したJT-60SA 真空容器の340度組立作業が昨年2015年８月に完了しています．今回，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）を廻し込むために確保してある真空容器の最終20度セクターを仮合わせし，位置計測を行いました（**図３**参照）．

JT-60SAの組立では，18個あるTFCのうち17個分を設置したあと，18個目の TFC，VVTS そして真空容器20度セクターを三位一体とした最終セクターとして挿入し接続します．最終セクターの両端は，幅 70～110 mm のスプライスプレートを介して，真空容器340度分と溶接接続します．また，今回の仮合わせで得られた計測データをスプライスプレートの形状に反映させカスタマイズします．今回は仮合わせですが，真空容器360度分のトーラス形状を垣間見ることができました．今後，組立が進むと，真空容器のみでこのような姿を見ることはできないため貴重な姿と言えます．

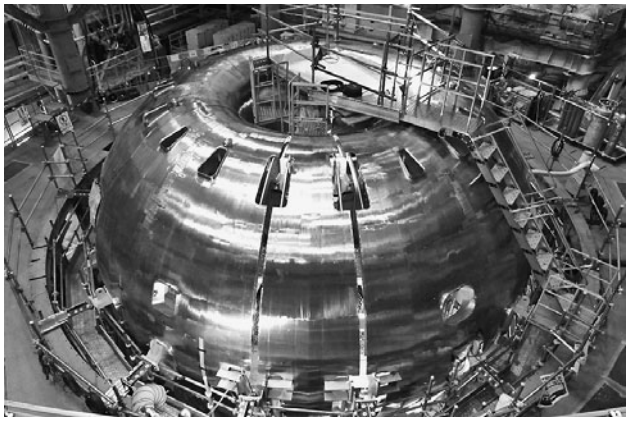


図３　真空容器20度セクターを仮合わせし，360度になった真空容器．

（日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門）

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(60)

1. 第 17 回 IFMIF/EVEDA 事業委員会の開催

2016 年 3 月 14, 15 日に六ヶ所核融合研究所において，第 17 回 IFMIF/EVEDA 事業委員会が開催されました．欧州側から委員 3 名と専門家 3 名，日本側から高津議長を含めて委員 2 名と専門家 7 名，これにナスター事業長及び事業チーム員7名の計 22 名が参加しました(**図 1** 参照)．今回の事業委員会では，主に IFMIF/EVEDA 事業の年次報告を審議し，本年 4 月 22 日に青森県六ヶ所村で開催される第 18 回BA運営委員会に対する技術的な勧告をまとめました．事業の進捗については，以下のとおりです．

IFMIF 原型加速器の実証試験については，昨年7月から入射器の重陽子ビーム試験を開始し，ほぼ当初計画通りの性能を実証しました．原型加速器の高周波四重極加速器については，イタリア INFN レニャーロ研究所における製作，一部の試験を完了し，2 月 23 日に六ヶ所サイトに搬入されました．また，高周波四重極加速器の実証試験に必要な機器についても順調に製作，試験等が進んでおり，この春から初夏にかけて六ヶ所サイトに搬入される予定です．なお，入射器でほぼ当初計画通りの性能が得られたこと及び高周波四重極加速器の搬入，据付開始を記念して第 18 回 BA 運営委員会の開催と合わせ 4 月 21 日に式典を開催する予定です．IFMIF の標的設備の実証試験については，イタリア ENEA ベルジモーネ研究所の浸食耐食性試験が昨年 11 月に開始され，順調に試験が進められていることが報告されました．

次回の事業委員会は 2016 年 10 月 13, 14 日に六ヶ所で開催する予定です．

2. 第 18 回 IFERC 事業委員会が開催

2016 年 3 月 14, 15 日に東北大学大学院工学研究科において，第 18 回 IFERC 事業委員会が開催されました．欧州側からメゾニエ議長を含む委員 3 名と専門家 7 名，日本側から委員 3 名と専門家 8 名，これに中島事業長及び事業チーム員 8 名と事務局の計 31 名が参加しました(一部，ビデオ会議により参加．**図 2** 参照)．今回の事業委員会では，主に，2015 年の各活動の状況報告，事業延長期間(2017 年 6 月−2019 年 12 月)における IFERC 事業の計画案を審議し，第 18 回 BA 運営委員会に対する技術的な勧告をまとめました．主な確認・審議事項は，以下のとおりです．

IFERC 事業は予定どおり進捗しており，計算機シミュレーションセンターの高い稼働率・利用率での運用と優れた学術研究の創出のほか，原型炉の基本概念構築に向け

図2 第18回 IFERC 事業委員会の参加者．

図1 第17回 IFMIF/EVEDA 事業委員会の参加者（IFMIF/EVEDA 開発試験の高周波源・電源室にて）．

た設計活動，構造材料データベースの構築作業，並びにSiC/SiC 複合材料とリチウム鉛の共存性試験が進展しました．原型炉 R&D のための共同研究棟が 2 月に竣工しました．ITER 遠隔実験センターの遠隔実験室は，整備工事が順調に進捗し，2016 年に完成の見通しです．IFERC 事業は，計算機シミュレーションセンターを除き，2019 年末まで延長になります．この延長期間中の原型炉設計 R&D 及び遠隔実験センターの作業計画案，並びに事業チーム運営の計画案について審議しました．

次回の事業委員会は 2016 年 9 月 27 ～ 29 日に六ヶ所で開催する予定です．

3. サテライト・トカマク（JT-60SA）計画の進展

2014 年 5 月に開始した真空容器の接続が 340 度分完了したこと，および真空容器サーマルシールドの組立を開始したことなどの JT-60SA 建設の進捗を受け，2 月 3 日に報道機関を対象とした施設見学会を那珂核融合研究所にて開催しました．

今回組立を開始した真空容器サーマルシールドは，JT-60SA の超伝導コイル(中心ソレノイド 1 個，平衡磁場コイル 6 個とトロイダル磁場コイル 18 個)を取り囲むように設置するサーマルシールドのうち，真空容器側に配置するものです(**図 3** 参照)．超伝導コイルは運転時，極低温(4 K)に冷却されますが，その極低温状態を維持するためには，周りからの熱侵入を抑える必要があります．JT-60SA では，サーマルシールドと呼ばれる板厚 3 mm のステンレス二重構造内に配管を張り巡らした熱遮へい板を設置し，運転時は配管に 80 K のヘリウムガスを循環させ冷却することで，超伝導コイルへの熱侵入を抑えます．真空容器サーマルシールドは，主に真空容器(運転時は常温）からの熱輻射を遮断します．

また今回，真空容器内部の拘束治具を撤去したことにより，真空容器の内部が公開できました．この真空容器内部という巨大な空間では，各報道機関が興味深く撮影している様子が印象的でした(**図 4** 参照)．この見学会の様子は，6 つの報道機関で取り上げられました．

（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）

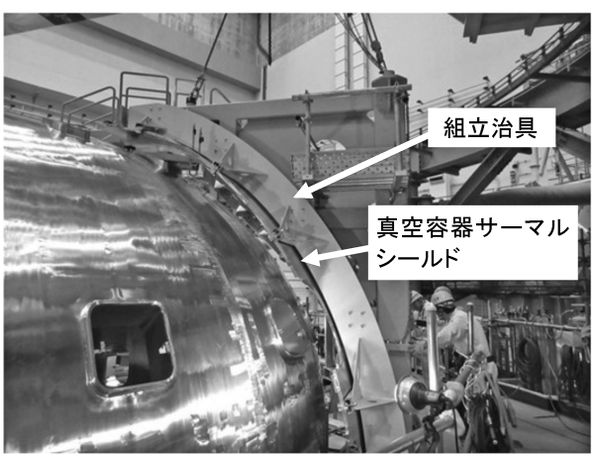


図3 組立を開始した真空容器サーマルシールド．

図4 真空容器内部を撮影する報道機関関係者．

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(61)

1. 第18回幅広いアプローチ(BA)運営委員会の開催

2016 年 4 月 22 日に青森県六ケ所村において，第 18 回BA運営委員会が開催されました(**図 1** 参照)．参加者は，欧州からガリバ欧州委員会エネルギー総局原子力・安全・ITER局長(欧州代表団長)を含め委員 3 名と専門家 10 名，日本側から板倉文部科学省研究開発局審議官(日本代表団長)を含め委員 4 名と専門家 21 名，各事業長及び各事業委員会議長他 4 名の計 42 名が参加し，各事業長から 2015 年の年次報告を受け事業の進捗を確認するとともに，各事業の事業計画の更新を承認しました．

IFMIF/EVEDA事業に関しては，フランスが供給した入射器の重水素ビームによる試験が進み，目標性能を成功裏に達成したことが報告されました．また，イタリアが供給する高周波四重極加速器やスペインが供給する高周波源システムの据付が六ヶ所で始まっています．これらの特筆すべき成果を祝し，4 月 21 日に日本と，スペイン，フランス，スイス，ベルギー，欧州連合，イタリア，ドイツの代表を含む欧州の要人が参加して記念式典が開催されました．

IFERC事業に関しては，DEMO設計活動の予備概念設計や，DEMO R&D活動での日欧協力が着実に進捗していることが報告されました．また，ヘリオススーパーコンピューターシステム（六ちゃん）を利用したシミュレーション計画は，最終となる第 5 サイクルが 2015 年 11 月以降，高い稼働率（95%以上）と利用率（80%以上）で運用されていることや，遠隔実験センターのためのネットワークと施設整備が進行中であるなど，各研究開発が着実に進捗していることが報告されました．

サテライト・トカマク計画事業については，トロイダル磁場コイル 1 号機の完成や真空容器の組立の完了など，機器及びシステムの調達，組立が順調に進捗していることが報告されました．また，完成したトロイダル磁場コイルはフランス・サクレーでの低温試験に合格し，那珂核融合研究所への輸送準備が整いました．さらに，JT-60SAリサーチプランが日欧の核融合コミュニティ（15 カ国，46 研究所）の尽力により，改訂がなされたことが報告されました．

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，2016 年 12 月 14 日にスペイン・マドリッド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

那珂核融合研究所では，今年 5 月 16 – 20 日に第 5 回「JT-60SA日欧研究調整会議」を開催しました．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 20 名（5 カ国，13 研究機関），国内大学等 5 名（3 機関），及び量研機構 22 名以上，プロジェクトチーム 2 名の合計 50 名を超える研究者の参加を得て，ITER及び原型炉での課題を共有し，その課題解決に向けた求心的な議論を行いました（**図 2** 参照）．今年 3 月には日欧の原型炉設計例を拡充したJT-60SAリサーチプラン 3.3 版を刊行しました．本会合では，JT-60SAリサーチプラン 3.3 版の改訂箇所とその研究内容，及びプラズマ・モデリングや計測器検討などのそれ以外の研究進捗，ディスラプション緩和やHモード遷移などのITERの最重要課題に対するJT-60SAの貢献，共同論文（2015 年実績 5 件，2016

図2 第５回JT-60SA研究調整会議（RCM-5)の参加者.

図１　第18回BA運営委員会の出席者（4月22日、六ヶ所核融合研究所にて）.

年予定 20 件)，JT-60SA実験実施体制，今後の活動予定を議論しました．

ITER機構からは，ITER計画の紹介と，計測R&Dやディスラプション緩和など期待するJT-60SAの貢献が提案されました．本会議ではまた，今まで主に行ってきたプラズマ・モデリングや計測器等の予備調査に加え，計測器等の共同開発に向けた検討や，JT-60SAに向けた欧州装置（TCV，WEST等）での実験実施を合意しました．本年度は，リサーチプランのVer.4.0 への改訂（2017 年末を予定）に向け，研究項目の優先順位付けやITER計画との整合性の検討，共同研究を行うこととしました．本会合では，3 名の大学の先生にJT-60SAに関する研究結果に関して登壇いただき，議論にも加わっていただくことで，高い専門性と国内の協力体制を日欧で共有できました．来年 5 月中旬に予定している第 6 回会議にも，引き続き国内検討代表者と専門家のご登壇・ご参加を賜りたいと考えています．

3. IFMIF原型加速器の入射系ビーム加速実験の成功と高周波加速器／高周波源の据付開始を披露する記念式典を開催

「IFMIF原型加速器の入射系ビーム加速実験の成功と高周波加速器／高周波源の据付開始を披露する記念式典」が，IFMIF原型加速器が設置されている量子科学技術研究開発機構（量研機構）六ヶ所核融合研究所において，4 月 21 日に開催されました（**図 3** 参照）．これは，2007 年に協定が発効した日欧の共同事業である核融合分野における幅広いアプローチ（BA）活動の 1 つの事業である，国際核融合炉材料照射施設の工学実証・工学設計活動（IFMIF/EVEDA）事業に関するものです．量研機構は日本側実施機関として，六ヶ所核融合研究所でIFMIF原型加速器の工学実証活動を実施しています．

今般，初段加速部である高周波四重極加速器（RFQはイタリア国立核物理研究所（INFN）レニャーロ研究所が担当）へ入射する重陽子ビームの加速実験の成功（入射器はフランス原子力・代替エネルギー庁（CEA）のサクレー研究所が担当）と，欧州で製作されたRFQや後段の中間エネルギービーム輸送系（MEBT），ビーム診断系（D-Plate），そしてRFQに加速用大電力を供給する高周波源の据付開始（MEBT，D-Plate，高周波源はスペインエネルギー環境科学技術研究センター（CIEMAT）が担当）を記念して，駐日スペイン大使など大使館の代表，CEA長官やINFN所長等外国研究機関の長，欧州実施機関であるF4Eの関係者，文部科学省等政府関係者，青森県知事や六ヶ所村長等自治体関係者，大学，企業等約 150 名を招いて開催されました．主催者である平野俊雄量研機構理事長の，「本活動を通じ，この六ヶ所から，日欧の連携協力の成果として多くの研究成果を世界に向け発信したい」との挨拶をはじめ，大使館，自治体，研究機関の来賓の皆様から祝辞をいただきました．その後，原型加速器が設置されたIFMIF/EVEDA開発試験棟で設置された機器をバックにしたテープカット，見学会が開催されました．

この式典の様子は，NHK青森放送局や地元の 3 つの新聞で紹介されました．

（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）

図3 主催者挨拶を述べる平野俊雄量研機構理事長（左上），記念式典での集合写真（右上），加速器室での記念撮影（左下），原型加速器をバックにしたテープカット（右下）

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(62)

1. BA原型炉設計活動におけるタスク会合の開催

幅広いアプローチ活動(BA)のIFERC事業の一つである原型炉設計活動(DDA)の実施のため，第26回原型炉設計タスク会合が6月21～23日にマックスプランク・プラズマ物理研究所(ドイツ)で開催されました(**図1**参照)．遠隔参加を含め日本側から14名，欧州側から16名（合計30名）が参加しました．日欧共通の検討課題として，ダイバータ形状による非接触ダイバータ生成，第一壁への熱負荷評価，トリチウム増殖とブランケット設計の課題，複数の遠隔保守方式の比較評価と課題，および安全性研究の総括などが報告され，意見交換が行われました．DDAは2017年から2019年までR&Dを含む構成で延長されますが，延長に際しては，前回の中間報告書(2015年2月提出)以降のDDAの進展を2017年初頭に報告書にまとめることが求められており，DDAリーダーの提案に基づき執筆内容と担当者の調整が開始されました．さらに，今回の会合では原型炉開発のためのポストBA活動計画案が日本側から提案され，欧州の参加者からは概ね賛同する意見が聞かれました．次回のタスク会合（第27回）も11月23～25日にマックスプランク研究所で開催の予定です．

2. サテライト・トカマク（JT-60SA）計画の進展

(1) 真空容器サーマルシールドの組立の進展

那珂核融合研究所では，昨年8月に340度分の接続が完了した真空容器と超伝導コイルの間に熱遮蔽材として配置する真空容器サーマルシールドの組立が進展しています(**図2**参照)．今回，組立を行っている真空容器サーマルシールドは，トロイダル方向に，トロイダル磁場コイルと同数の18セクターに分割し，さらに内側と外側に二分割した36体を製作しています．これらを，専用の拘束治具と旋回クレーンを用いて，真空容器の20度分の空間から回しこみ，内側と外側を接続し，さらに隣り合うセクターを接続していきます．接続は，カプラと呼ばれる部品を用いて，組立位置を合わせながら進めています．現時点では，7セクター分の組立が完了しており，今年度予定している欧州製作のトロイダル磁場コイルの組立に向けて，着実に組立を進めています．

(2) 欧州製超伝導コイル用直流電源の到着

那珂研では，欧州調達機器の搬入が進んでいます．今年の6月末には，フランスが調達した超伝導コイル用直流電源が那珂研に搬入されました(**図3**参照)．

今回の搬入された直流電源は，トロイダル磁場コイルと，ポロイダル磁場コイルのうち4つの平衡磁場コイルに接続する合計5ユニットのサイリスタ式直流電源になります．トロイダル磁場コイル用電源は，最大電圧/電流は80V/25.7kAの単極性出力で連続通電が可能です．平衡磁場コイル用電源は，最大電圧/電流は1kV/20kAの両極性出力で，30分おきに220秒の通電が可能です．これらの電源は，クエンチ保護回路を介して，それぞれの超伝導コイルに接続されます．また，平衡磁場コイルはさらに，プラズマ着火時に必要な高電圧を発生させるスイッチングネットワークユニットまたは，ブースター電源が接続されます．これらの搬入を受け，現地据付け作業および受入れに向けた試験が今後実施されます．

（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）

図1　第26回BA原型炉設計活動タスク会合での議論風景．

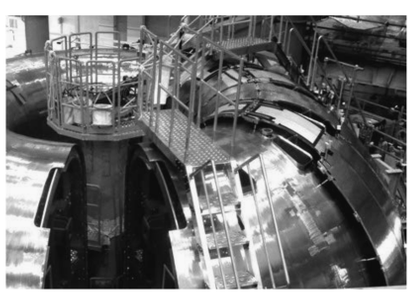


図2　組立が進展する真空容器サーマルシールド．

図3　那珂研に到着した欧州製超伝導コイル用直流電源．

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(63)

1. IFMIF原型加速器の据付が進展
～着々と進む加速器本体及び電源系・冷却系の整備～

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（量研機構）六ヶ所核融合研究所では，IFMIF原型加速器の整備が着々と進められています（**図1**参照）．量研機構は，2007年に協定が発効した日欧の共同事業である核融合分野における幅広いアプローチ(BA)活動の1つの事業である，国際核融合炉材料照射施設の工学実証・工学設計活動（IFMIF/EVEDA）事業の日本側実施機関として，六ヶ所核融合研究所でIFMIF原型加速器の工学実証活動を実施しています．

すでに重陽子ビームの加速実験が成功した入射器（イオン源）（フランス原子力・代替エネルギー庁（CEA）のサクレー研究所が担当）の据付に加え，本年2月に初段加速部である高周波四重極加速器（RFQはイタリア国立核物理研究所（INFN）レニャーロ研究所が担当）の本体が分割された状態で空輸され，スペインで製作された後段の中間ビーム輸送系（MEBT）とビーム診断系（D-Plate）が4月に船便で到着し，昨年からは高周波源・高圧電源の設置が進められてきました（MEBT，D-Plate，高周波源はスペインエネルギー環境科学技術研究センター（CIEMAT）が担当）．これらの機器は所定の位置に設置後，電源や信号ケーブルを配線し，冷却水配管やポンプ，高周波用導波管設置の整備が進められています．さらに超伝導ライナック用の液体ヘリウム冷凍機の設置も開始され，今は実験棟の屋内，屋外とも所狭しと機器が置かれています．六ヶ所に雪が降り始める前に屋外作業を完了させ，電源や冷却水系のチェックアウトをした後に来春からは，加速器のコンディショニングに入る予定です．来年度中には5MeV/125mAの重陽子の加速をめざしています．

2. サテライト・トカマク（JT-60SA）計画の進展
(1) 欧州製トロイダル磁場コイルの那珂研搬入

那珂核融合研究所では，JT-60SAの建設が進展しています．今回，欧州調達の超伝導トロイダル磁場コイル(TFコイル)を那珂研に搬入しました．

JT-60SAは，18機のTFコイルを有しており，連続通電を可能とする超伝導導体NbTiを用いて製作しています．これらの製作は欧州が担当(フランスとイタリアで半数ずつ)し，組立は日本が担当しています．今回，欧州調達のTFコイルのうち，フランスが製作を担当している1号機と2号機を，海上輸送を経て到着した日立港から那珂研へそれぞれ7月20日と8月25日に輸送・搬入しました(**図2**参照)．TFコイルは欧州を発つ時点で，女性名が命名されることになっており，1号機はANNIE(アニー)，2号機はBRIGITTE（ブリジット）となっています．

1号機が搬入された直後の7月26日には，「フランスが調達するJT-60SA機器の搬入，据付，調整運転の着実な進捗を祝う会」を那珂研で開催し，日仏の関係者一同にて，TFコイルの搬入開始を祝いました（**図3**参照).

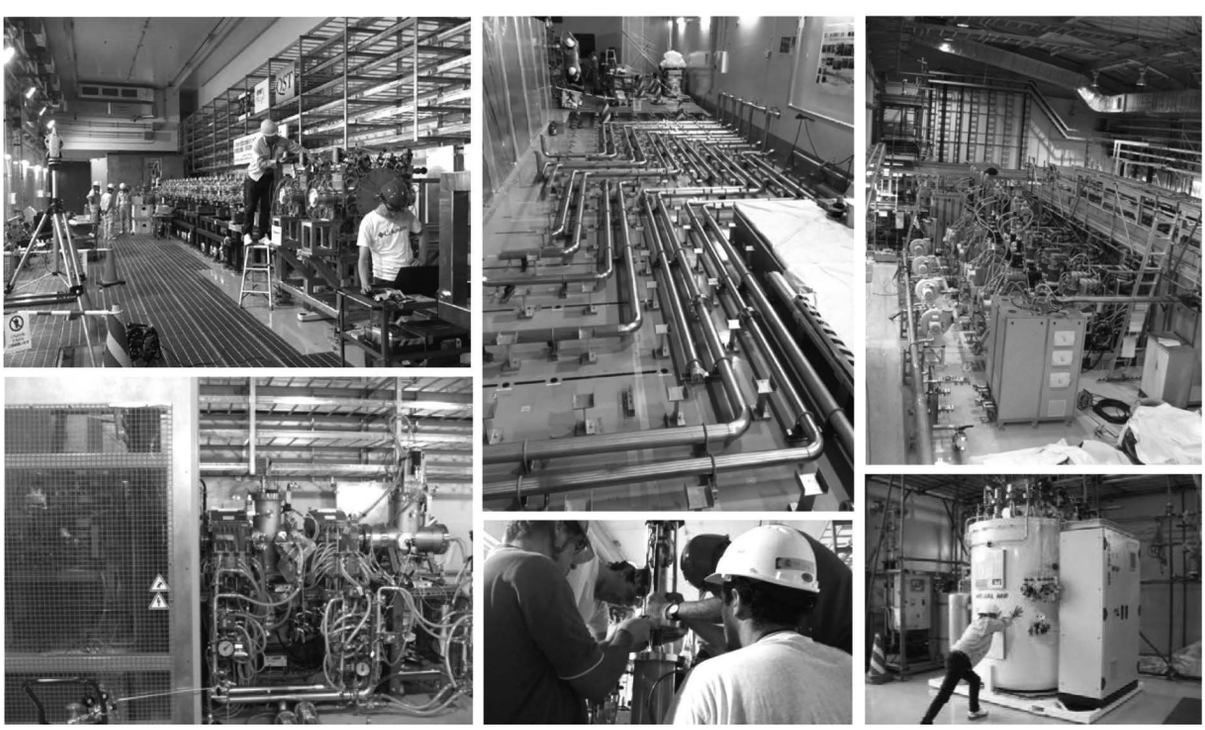


図1　据付が進行中のIFMIF原型加速器本体，電源・高周波源，冷却系，ヘリウム冷凍機など．

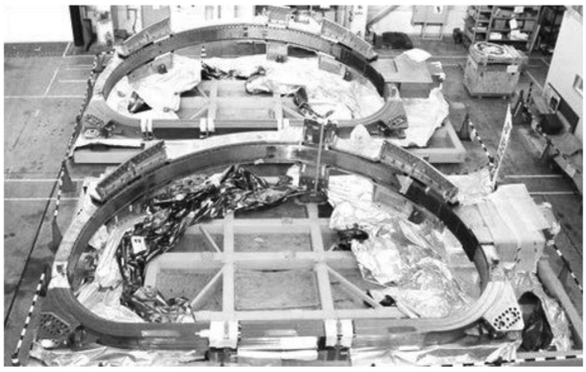


図2 那珂研に搬入された仏調達TFコイル1，2号機.

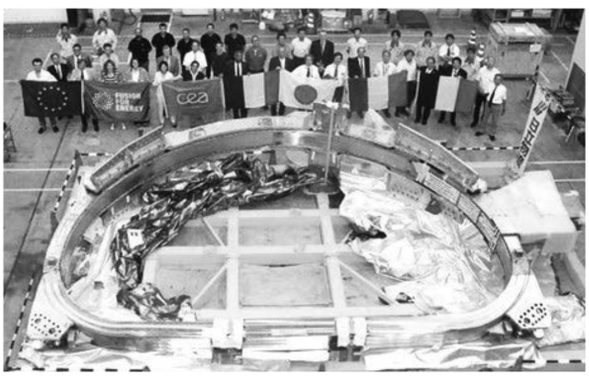


図3 仏調達機器の進捗を祝う会にて，TFコイル1号機を前に記念撮影.

図4 TFコイルを取材する報道機関関係者.

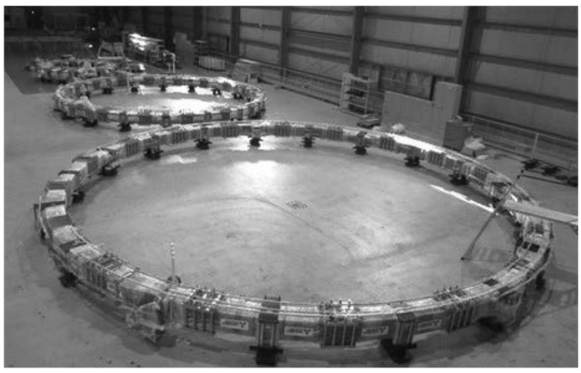


図5 製作が完了し組立を待つ上側EFコイル3機.

9月2日には，報道機関を対象としたJT-60SA施設見学会を那珂研で開催し，搬入された2機のTFコイルを公開しました．数mmの精度で製作された数mの巨大なTFコイルを前に各報道機関も興味深く取材していました（**図4**参照）．この見学会の様子は2つの報道機関で取り上げられました．

搬入されたTFコイルは受け入れ検査後，現在までに340度分の接続が完了している真空容器の20度分の隙間から挿入して回し込み，組み込んでいきます．残りのTFコイルについても順次，海上輸送を経て，那珂研に搬入し，組み立てていきます．

(2) 平衡磁場コイルの完成

JT-60SAでは18機の超伝導トロイダル磁場コイルを欧州が製作し，6機の超伝導平衡磁場コイル（EFコイル）と1機の超伝導センターソレノイドを日本が製作します．EFコイルのうち，プラズマの下側に配置される3機（EF4, EF5, EF6）は既に完成し，JT-60本体室にて340度分の接続が完了している真空容器の下側に仮設置しています．今回，残りの上側に設置する3機の平衡磁場コイル（EF1, EF2, EF3）が8月に完成しました（**図5**参照）．

EF1（外径12.0m，重量27トン），EF2（外径9.6m，重量27トン），EF3（外径4.4m，重量21トン）は，那珂研の巻線棟で平成26年7月から製作してきました．特に，EF1はJT-60SAでは最大のコイルになります．これらの大型の超伝導コイルは，製作精度±0.2mm以下と非常に高精度に製作できました．これらのコイルは，TFコイルの組込みが完了し，真空容器の残り20度分の最終セクタが接続された後，組立室へ搬入し，JT-60SAに組み立てる予定です．

（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）

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(64)

1. ITERからIFERC事業のITER遠隔実験センター（六ヶ所）へ大量データの高速転送を実証

2016（平成28）年8月30日から9月5日にかけて，ITERの初期実験で想定される1実験当たり1テラバイト（TB）のデータを，想定される実験間隔内（30分内）で繰り返し安定して送信し，最終的に50時間で105 TB（1日当たり50 TB）の大量データをフランスのITERサイトから青森県六ヶ所村の遠隔実験センター（**図1**参照）へ高速転送（毎秒約7.9ギガビット（7.9 Gbps））できることを初めて実証しました．これは，大陸間級の長距離サイト間転送量として，世界最大クラスです．

この実証はBA活動に基づく国際核融合エネルギー研究センター（IFERC）事業のITER遠隔実験センター（以下REC）副事業として実施しました．量研機構は国内研究機関（核融合科学研究所，情報学研究所）及びITER機構と共同し，南フランスに建設中のITERのサイト及び青森県六ヶ所村のIFERC事業で整備中のREC間を広帯域の専用ネットワークで結びました．即ち，RECから最寄りの学術ネットワークSINET5のデータセンターへ接続し（10 Gbps），本年4月から始まったSINET5の新設の欧州（ロンドン）への直通の広帯域回線（20 Gbps）によって，欧州と短い通信距離で結びました（**図2**参照）．さらに，欧州及びフランスの学術ネットワーク運用者GÉANT・RENATERの協力を得て，RECからITERまで専用の閉領域ネットワーク（L2VPN）で構築することができました．これにより，高いセキュリティーを保ったまま，安定した広帯域のネットワークを構築できました．

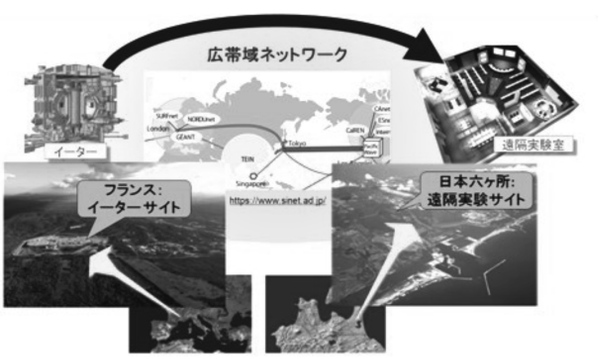


図1　遠隔実験センター概念図.

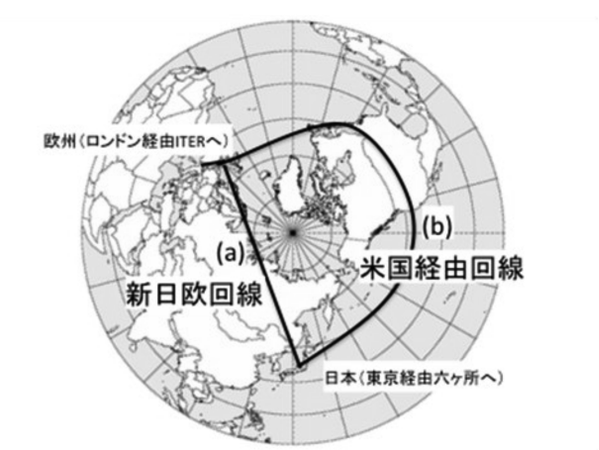


図2　SINETの新日欧回線(a)では遅延時間が従来の米国経由(b)に較べ約2/3となる200ミリ秒未満に短縮された.

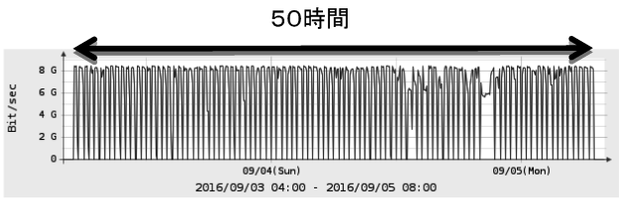


図3　ITERから遠隔センター（六ヶ所）へ高速転送速度（最大約7.9 Gbps）で30分毎にデータ（1.05 TB）を送信し，50時間で105 TBの大量データを一対一のサーバ間で転送.

TCP転送プロトコルは，パケット送信毎に正しく送れた事の確認の返事を受け取ることにより，通信の信頼性を確保していますが，一つのパケット送信から確認の受け取りまでに時間（日欧間では約200 ms）を要するため，長距離間の大量のデータ送信には，長時間を要していました．そこで，情報研との協力により，同時に多数の通信を行う，世界最速レベルの超高速ファイル転送プロトコル（MMCFTP）を核融合分野に応用しました．その結果，利用可能な通信容量の最大限まで利用でき，ITERで想定される実験間隔内で，全ての実験データ（1TB）のデータ転送が可能となりました（**図3**参照）．

これにより，日本国内の研究者は，六ヶ所村の遠隔実験センターを拠点として，ITERの全データの参照及び解析を可能となるような，遠隔実験参加の実現に向けた大きなステップとなりました．

2. サテライト・トカマク（JT-60SA）計画の進展

日本が製作を担当している中心ソレノイド(CS)のCS1モジュールがこの度完成し，冷却・通電試験を実施するために核融合科学研究所（岐阜県土岐市）への輸送と搬入が完了しました．

CSはトカマクプラズマ中に電流を誘導するための電磁コイルで，JT-60SAのCSは全部で4個のCSモジュールから構成されています．CS 1号機(CS1モジュール)は三菱電機(株)電力システム製作所(神戸市)で製作されていましたが，9月30日に完成，共同研究による冷却・通電試験を実施するため，核融合科学研究所への輸送と搬入を行いました（**図4**）．

CS1モジュールは重量約19トン，高さ約1.6 m，直径約2.0 mの超伝導コイルです．4個のCSモジュールに20 kAを通電することにより最大9Tの磁場を発生しますが，このような高磁場での運転のため，CSにはニオブスズ

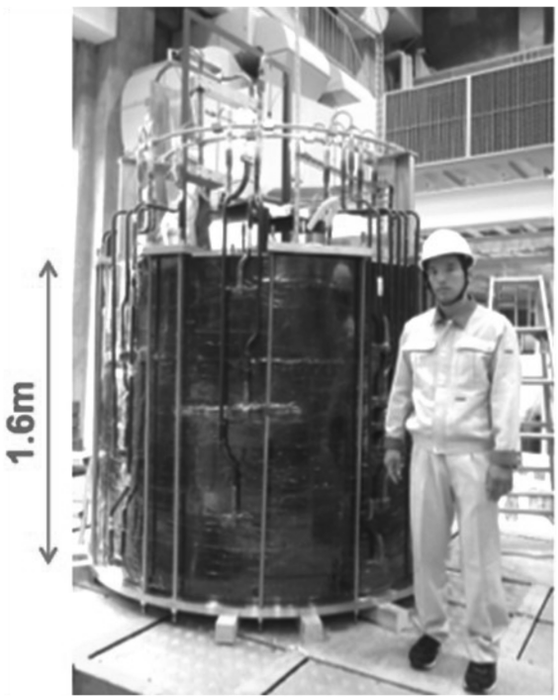


図4　核融合科学研究所に輸送したCS1モジュール.

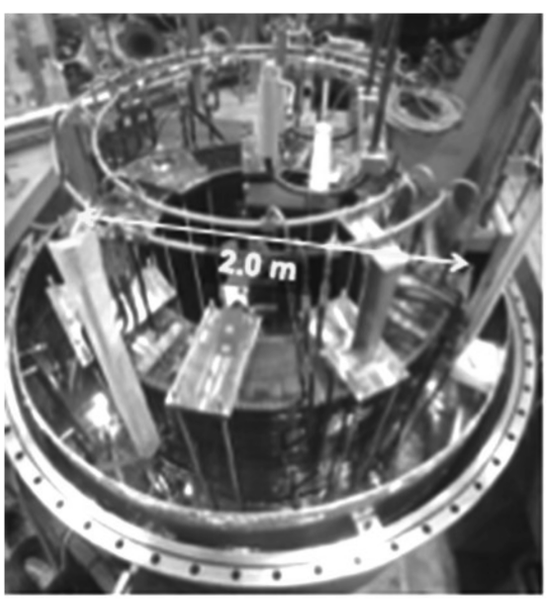


図5　クライオスタットに設置したCS1モジュール.

(Nb_3Sn)の超伝導導体を用いています．しかし，ニオブスズは非常に脆く変形により超伝導特性を失うため，ニオブスズ導体を曲げてコイルに成形することはできません．

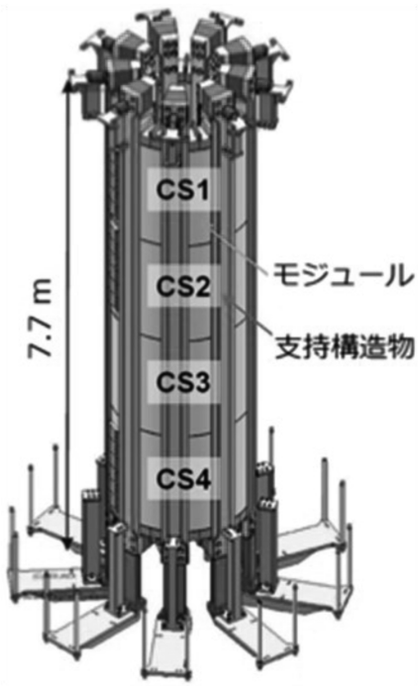


図6　一体化したCS.

そこで，ニオブとスズを化合する前に所定の形状に成形し，その後熱処理を実施して超伝導体であるニオブスズを生成します．加えて熱処理後に行う電気絶縁処理は導体に過度な変形を加えずに実施しなければなりません．また，プラズマを精密に制御するためには，CSを直径2mに対し半径の誤差が4mm以内の真円度で製作する必要があります．このように，CS製作にはニオブスズ導体を扱う特有の高い技術力に加えて，高精度でコイルを製作する方法の開発が要求されました．

完成したCS1モジュールには核融合科学研究所との共同研究による通電試験を実施します．CS1モジュールを超伝導状態にするため-269℃程度に冷却し通電を行います．**図5**が断熱容器（クライオスタット）に設置したCS1モジュールの写真です．本試験装置を用いて，超伝導状態が壊れて常伝導状態になる温度の確認試験や，磁場の変化による発熱の評価試験を行い，製作したCS1モジュールがJT-60SAのプラズマ運転に必要な性能を満たすことを確認します．

今後，CS2,3,4モジュールを製作し，4個のモジュールを積み重ね，支持構造物で一体化（**図6**）してCSの製作を完了し，JT-60SA本体に据え付けます．

（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）

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(65)

1. 第 19 回幅広いアプローチ (BA) 運営委員会の開催

12 月 14 日にスペイン・マドリードのCIEMAT（スペインエネルギー・環境・科学技術研究センター）国立核融合研究所において，第 19 回BA運営委員会が開催されました(**図 1** 参照)．参加者は，欧州からパネック欧州委員会エネルギー総局原子力・安全・ITER局ITER課長(欧州代表団長)を含め委員 3 名と専門家 9 名，日本側から松浦文部科学省研究開発局研究開発戦略官(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 8 名の計 35 名が参加し，各事業長から事業の進捗を確認するとともに，各事業の 2017 年作業計画を承認しました．

IFMIF/EVEDA事業に関しては，高周波四重極加速器（RFQ）の高周波源が，六ヶ所サイトに納入・据付されました．現在，CIEMAT，INFN（イタリア国立核物理学研究所），CEA（フランス原子力・代替エネルギー庁）からの技術スタッフが，事業チーム，日欧実施機関と共に，現地でのイオンビーム計測機器とRFQの試運転や，冷凍設備据付のための作業を精力的に行っています．ブラジモネ研究所（ENEA）のLifus6 装置は 2016 年 11 月に成功裏に目的を達成し，リチウムターゲットの腐食が問題とならないことが示されました．

IFERC事業に関しては，ヘリオススーパーコンピューター（六ちゃん）は高い稼働率，利用率で運用され，2012 年の運用開始以来，580 編以上の重要な科学技術論文が発表されたことが報告されました．5 年に渡り特筆すべき実績と成果を上げたスーパーコンピューターは，2016 年末に運用を終了します．遠隔実験センターでは，六ヶ所サイトとフランスのITERサイト間で，これまでの記録を破って 30 分以内に 1TBの実験データを高速転送する実証試験に成功しました．

サテライト・トカマク計画事業については，前回会合以降の進捗が報告されました．特に，欧州による 3機のトロイダル磁場コイルの那珂サイトへの納入，日本による全平衡磁場コイル製作の完了，真空容器を取り囲む真空容器サーマルシールドの進捗，冷凍機システムの試運転の完了，など調達と組立が着実に進捗していることが報告されました．

青森県と六ケ所村からは，欧州研究者及びその家族に対する高水準の生活支援や教育支援に関する報告が行われ，運営委員会は青森県と六ヶ所村の多大な貢献に対し感謝の意を表明しました．

次回会合は，2017 年 4 月 27 日に青森県六ケ所村で開催される予定です．

2. IFMIF 原型加速器の据付が進展　～クライオプラント及び高周波伝送系の整備～

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（量研機構）六ヶ所核融合研究所では，IFMIF原型加速器の整備が着々と進められています．

10 月～ 11 月にかけて入射器（イオン源）（フランス原子力・代替エネルギー庁（CEA）のサクレー研究所が担当）の高性能化実証試験を実施し，低Duty（3%）ではありますが目標の電流値 140 mAで，ビームの品質の指標であるエミッタンス，RFQへの入射条件等全てを満たすパラメータ（電極電圧，高周波パワー，ガス流量，ソレノイドコイル電流等）を同定できました．

加速器及び付属機器の据付調整に関しては，初段加速部である高周波四重極加速器（RFQはイタリア国立核物理研究所（INFN）レニャーロ研究所が担当）の整備が進められ，真空ポンプ，高周波結合ポート（RFカプラ）が取り付けられ，RFQ内部の不純物を除去し高真空を維持するためのベーキングが施されました．ま

図1　第19回BA運営委員会の出席者.

図2　据付が進行中のRFQ本体（左）と高周波伝送系（右）.

図3　クライオプラント.

たRFQに大電力高周波を伝送するための大口径同軸導波管の設置が進み，大電力高周波源から地下ピットを介した 8 系統の伝送ルートの設置が完了しました（**図 2**）．引き続き，冷却水配管の整備，ケーブル配線の整備が続けられ，RFQによるビーム加速試験に向けた整備が進んでいます.

さらに高圧ガス製造に関し青森県から認可を受け，RFQの後段に設置される超伝導ライナック用の液体ヘリウム冷凍機（クライオプラント）の据付を開始しました（**図 3**）．液体ヘリウムを流すクライオジェニック伝送ラインが加速器のすぐ近くまで設置され，冷凍機，デュワー，圧縮機等と接続されました．クライオプラントでは大型の機器となる液体窒素タンク及び10mの高さを超えるヘリウムガスのバッファタンクも設置され，コミッショニングを待つ状況まで整備が進みました.

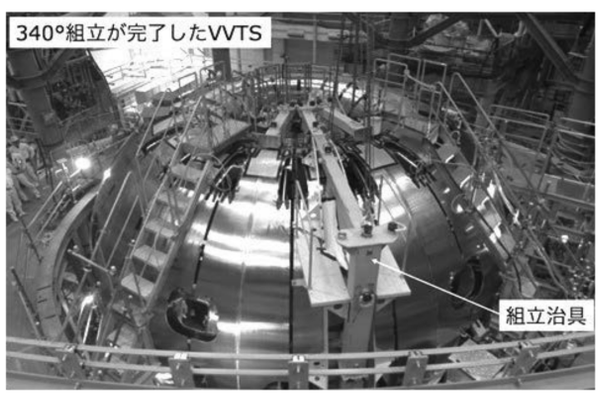


図4　組立てが完了したVVTS.

3. サテライト・トカマク（JT-60SA）計画の進展

(1) 真空容器のサーマルシールドの340度分の設置完了

超伝導コイルは運転時，極低温（4 K）に冷却されますが，その極低温状態を維持するためには，周りからの熱侵入を抑える必要があります．JT-60SAでは，サーマルシールドと呼ばれる板厚 3 mm のステンレス二重構造内に配管を張り巡らした熱遮へい板を設置し，運転時は配管に 80 K のヘリウムガスを循環させ冷却することで，超伝導コイルへの熱侵入を抑えます．真空容器サーマルシールド（VVTS）は，主に真空容器（運転時は常温）からの熱輻射を遮断します.

2015（平成 27 年）1 月に開始したVVTS の組立がトロイダルコイルを回し込むために必要な開口部の 20 度セクター分を残し，設置が完了しました．なお，最終セクター用のVVTS についても仮設置して両隣のセクターとの接続状態を調査し，問題のないことを確認しました（**図 4**）.

(2) トロイダル磁場コイルの組立開始

340 度分のVVTSの組立完了を受けて，トーラス型閉じ込め装置の最重要コンポーネントであるトロイダル磁場コイル（TFC）の組立を開始しました．また，専用の起立架台を用いてTFCを起立させ，自重変形させた後に計測を行いました（**図 5**）．変形はプラズマの性

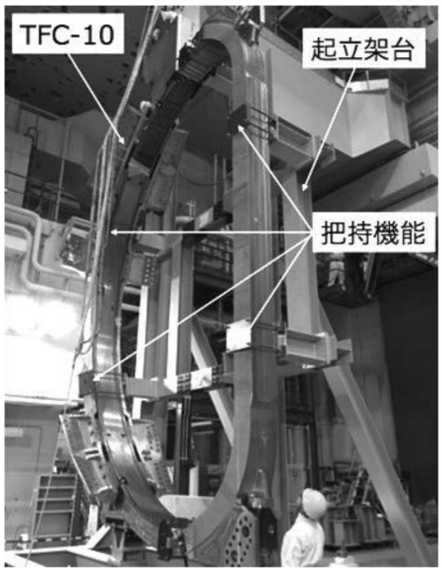


図5　起立したTFC-10.

能を劣化させる誤差磁場の要因となるため，組立では，レーザートラッカーによる計測とジャッキによる位置合わせによって変形を修正しながら設置を進めます．**図 6, 7** は一体目の TFC-10 組立の様子を示しています．開口部からトーラス方向に 180° 回し込み所定の位置に移動を完了しました．

（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）

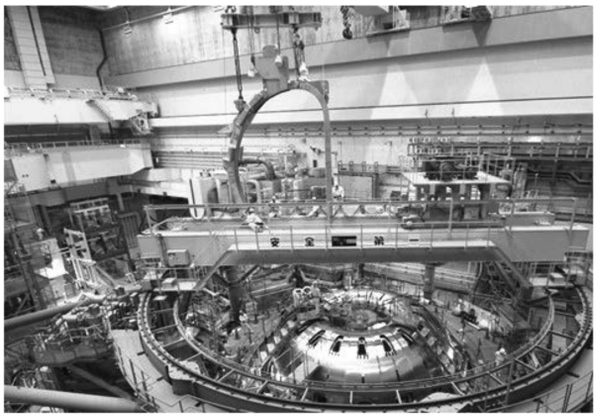


図6　天井クレーンにてTFC-10を本体位置まで移動.

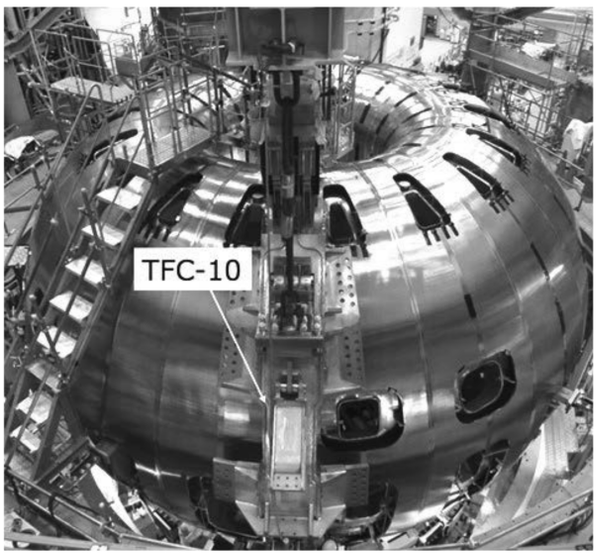


図7　組立クレーンを用いた一体目TFCの所定位置(開口部の反対側)への移動の完了.

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより(66)

1. 第 20 回 IFERC 事業委員会が開催

2017年3月22日～23日に量子科学技術研究開発機構六ヶ所核融合研究所のITER遠隔実験室において，第20回 IFERC 事業委員会が開催されました．欧州側からメゾニエ議長を含む委員3名と専門家7名，日本側から委員3名と専門家11名，これに中島事業長及び事業チーム員7名と書記1名の計33名が参加しました（一部，欧州からはビデオ会議により参加．**図1**参照）．今回の事業委員会では，IFERC事業の2016年年次報告，IFERC事業計画の改定，IFERC事業下の各活動の状況報告について審議．本年4月27日に青森県六ヶ所村で開催される第20回BA運営委員会に対するIFERC事業報告，事業計画改定に関して勧告をまとめた．主な確認・審議事項は，以下のとおりです．

IFERC事業は予定どおり進捗しており，計算機シミュレーションセンター活動では，5年間（2012年1月～2016年12月）にわたるスパコンHelios（六ちゃん）の運用を成功裏に完了しました．Helios（六ちゃん）は日欧の多くの研究者に高い利用率で活用され，シミュレーションによる核融合研究の進展に寄与しました．ITER遠隔実験センター活動では，遠隔実験室及び関連機器の整備を2017年3月に完了しました．原型炉設計活動では，日欧共同作業の成果を取り纏めて第2中間報告書を作成しました．原型炉R&D活動では，当初に計画した原型炉のための材料開発（材料製造法，特性試験など）が完了しました．

次回の事業委員会は2017年10月25～26日に六ヶ所村で開催する予定です．

2. CSC closing ceremony
－CSCヘリオス「六ちゃん」完遂式－

2017年3月22日に六ヶ所核融合研究所で，第20回IFERC 事業会合と併せてCSC closing ceremony －CSCヘリオス「六ちゃん」完遂式－ が開催されました（**図2**参照）．BA協定に基づき2011年にIFERCに導入された核融合専用大型計算機Helios（ニックネーム「六ちゃん」）は2012年1月に運用を開始し，当初予定通り5年間の運用

図1　第20回IFERC事業委員会．

図2　CSCヘリオス（六ちゃん）完遂式．

を行い2016年12月末に運転を終了しました．Heliosはこの間，最大567名の日欧研究者が利用し，Heliosを利用して639編(2017年2月集計)の査読付き論文が刊行され，大きな成果を挙げて大型計算機の共同運用という事業を完遂することが出来ました．これらの成果を記念して，関係者約50名が参加し，文部科学省研究開発戦略官，六ケ所村村長，欧州委員会担当者，フランス大使館担当官などからプロジェクトの成功と完遂を祝して祝辞を頂きました．

CSCヘリオス完遂式の終了後は懇親会を開催し，日欧の親交を深めました．

3. 第19回IFMIF/EVEDA事業委員会の開催

2017年3月23日～24日に六ヶ所核融合研究所において，第19回IFMIF/EVEDA事業委員会が開催されました．欧州側から委員3名と専門家4名，日本側から高津議長を含めて委員3名と専門家7名，これにナスター事業長及び事業チーム員他18名の計35名が参加しました（**図3**参照）．今回の事業委員会では，主にIFMIF/EVEDA事業の年次報告を審議し，本年4月に青森県六ヶ所村で開催される第20回BA運営委員会に対する技術的な勧告をまとめました．事業の進捗は，以下のとおりです．

六ヶ所核融合研究所のIFMIF原型加速器施設において，超伝導加速器のための冷凍設備をはじめ，イタリア，スペイン，フランスより多くの主要機器が搬入され，日欧共同での据え付け作業が大きく進展しました．高周波四重極加速器（RFQ）の特性確認実験で設計通りの高周波性能が示されるとともに，さらなる性能向上を目指した入射器からのイオンビームの長時間引き出し実験において，イオンビーム電流値の記録が更新され，要求性能である140 mAのビーム伝送に成功しました．IFMIFの標的設備の実証試験については，イタリアENEAブラジモーネ研究所の流動型液体リチウムによる低放射化フェライト鋼の浸食耐食性試験が，本年2月に全て完了し，リチウムによる腐食での損耗率を1 μm/年以下に抑えるという目標が容易に達成できることが明らかとなりました．

次回の事業委員会は2016年10月19～20日に六ヶ所村で開催する予定です．

4. サテライト・トカマク（JT-60SA）計画の進展

那珂核融合研究所では，JT-60SA建設の進捗を広く披露するため，今年1月に，「JT-60SAのフランス及びイタリアによる超伝導トロイダル磁場コイル製作と日本による同コイル組立開始を披露する式典」を欧州の調達機関である「ITER及び核融合エネルギーの開発のための欧州連合共同事業（F4E）」と共催にて開催しました．

トカマク型磁場閉じ込め方式において，ドーナツ状にプラズマを閉じ込めるための磁場を作るトロイダル磁場コイルは最重要コンポーネントと言えます．昨年の12月より，フランス及びイタリアが製作を担当している超伝導トロイダル磁場コイルのJT-60SAへの据付作業を開始しました．加えて，超伝導コイルの冷却を担う機器である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の動作試験運転が成功裏に終了し，所有権が製作と組立を担当したフランスの原子力・代替エネルギー庁

図4　設置された2体のトロイダル磁場コイルを見学される水落文部科学副大臣．

図3　第19回IFMIF/EVEDA事業委員会の参加者．

図 5　式典参加者の記念撮影(式典会場にて).

（CEA）から量子科学技術研究開発機構に移りました.

これらの重要なマイルストーンへの到達を披露するために,今年 1 月 12 日に式典及び見学会を開催しました.水落文部科学副大臣（**図 4** 参照）並びにトーマス欧州委員会副総局長をはじめとし,駐日欧州連合代表部などの日欧関係者約 147 名にご参加頂くとともに,多くのご来賓の方々からお祝いの言葉とご期待を賜り,式典を盛況にとり行うことができました（**図 5** 参照）. また，ヘリウム冷凍機システムの所有権移転の記念にサインプレートも作成しました（**図 6** 参照）. なお，この式典及び見学会の様子は各報道機関にも興味深く取材していただき,NHKをはじめとする 5 つの報道機関で取り上げられました.

図 6　ヘリウム冷凍機システムの所有権移転を記念するサインプレート.

（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）

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより（67）

1．第20回幅広いアプローチ（BA）運営委員会の開催

2017年4月27日に六ヶ所核融合研究所（青森県六ヶ所村）において，第20回BA運営委員会が開催されました（**図1**参照）．欧州からガリバ欧州委員会エネルギー総局原子力・安全・ITER局長（欧州代表団長）を含め委員3名と専門家8名，日本側から増子文部科学省研究開発局審議官（日本代表団長）を含め委員4名と専門家15名，各事業長及び事業委員会議長4名，他10名の計44名が参加しました．

今回の運営委員会では，IFMIF/EVEDA，IFERC，サテライト・トカマク計画の3事業について，各事業の進展を確認するとともに，2020年以降の日欧協力を見据え，2020年3月までの各事業計画の改定が承認されました．また，これまで本協定の下に日欧両極で行ってきた研究開発を発展的に継続するため，2020年以降の日欧協力について議論を行うタスクグループを本運営会議の下に設置することが合意されました．

IFMIF/EVEDA事業に関しては，IFMIF原型加速器（LIPAc）の多くの機器がフランス，イタリア，スペインより六ヶ所核融合研究所に搬入され，日欧共同での据付が行われています．LIPAc用入射器は，次の5 MeVでのビーム調整運転フェーズに向け，調整が行われました．高周波四重極加速器は，2017年夏からの調整運転に向け，準備が進められています．LIPAcは2020年1月にビーム試験の準備が整う予定です．伊・ENEAブラジモネ研における標的設備の検証活動は，成功裏に完了しました．

IFERC事業に関しては，コンピューターシミュレーションセンターは，2016年12月にヘリオススーパーコンピューター（六ちゃん）を高い利用率，信頼性，使用率で5年に渡る運用を成功裏に終えました．この間，核融合エネルギーの分野における600編以上の査読論文が刊行されています．遠隔実験センターは，遠隔実験室や設備などのインフラの整備が2017年3月に完了し，遠隔実験の実証の準備が整いました．

サテライト・トカマク計画事業については，高温超伝導電流リード，ポロイダル磁場コイル，電源システム，クライオスタット容器，中心ソレノイドコイル，真空容器熱遮蔽，等の調達，組立，据付，調整運転が着実に進展しています．さらに，真空容器の周囲に5体のトロイダル磁場コイルが据え付けられ，トロイダル磁場コイルの製作，試験，仮組，輸送の全プロセスは軌道に乗っています．トカマク組立の完了は2020年3月となります．ファーストプラズマは，2020年夏頃と見込まれています．

運営委員会は，六ヶ所核融合研究所の欧州研究者，技術者及びその家族への高水準の生活支援及び教育支援に対して，青森県及び六ヶ所村による多大な努力に，感謝の意を表明しました．

次回会合は，2017年12月13日にベルギー・モルにて開催される予定です．

2．ITER遠隔実験センター（青森県六ヶ所村）にて遠隔実験を実証

六ヶ所核融合研究所では，BA活動に基づく国際核融合エネルギー研究センター（以下 IFERC）事業のITER遠隔実験センター（以下 REC）活動を進めております．この度，RECの中心となる設備である遠隔実験室の整備が終わり，遠隔実験を行う仕組みのソフトウエアや遠隔

図1　第20回BA運営委員会の出席者．

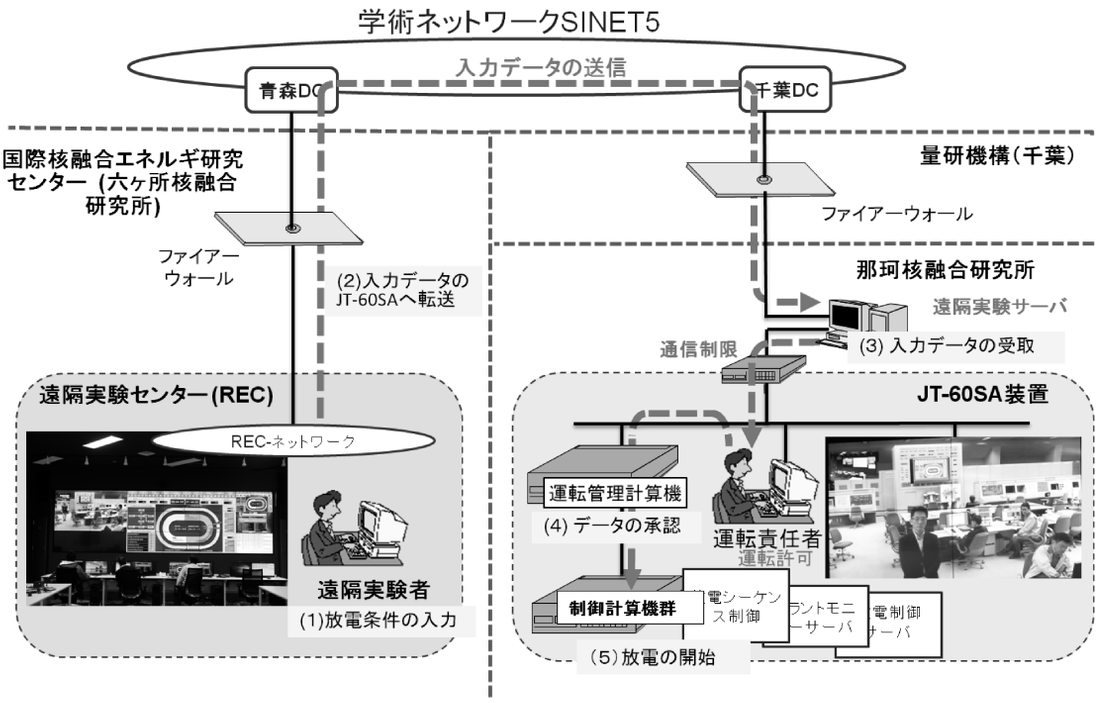


図 2　遠隔実験の流れ.

データ解析のソフトウエア開発が一段落いたしました．ここまでの成果を元に，2017 年 4 月 27 日に JT-60SAを用いて遠隔実験を行い，技術的に実行可能であることを確認する実証試験を実施しました．

この実証は，遠隔実験室（青森県六ヶ所村）から那珂核融合研究所（茨城県那珂市）に建設中のJT-60SAを専用ネットワークにより結び，**図 2** に示します遠隔実験の技術的実証を行ったもので，JT-60SA装置の制御システムの一部と制御模擬シーケンスを使って初めて実現したものです．　当該実証では，初めに不正なネットワーク侵入を防ぐため，RECのサーバと遠隔実験サーバ（那珂核融合研究所）とのセキュアな通信を確立しました．通信確立後，(1) RECにて，実験の放電条件を入力し，(2) 続いて，入力した放電条件データの保存及びJT-60SAへ転送を行いました．(3) JT-60SAでは，転送された放電条件の入力データを遠隔実験サーバで受取り．(4) 実験及び運転の責任者等による内容の確認・承認の後，(5) 放電シーケンスを開始する実証試験を行いました．

遠隔で作られた放電条件によって，放電シーケンスが正常に動作することが確認でき，遠隔地（REC）においても，オンサイト（JT-60SA）の実験及び施設の状況を把握することができました（**図 3** 参照）．実際のプラズマ実験では，実験計測器が動作し，実験結果の収集・保管が行われ，それらのデータ解析が遠隔地からも可能となります．

これにより，ITERの遠隔実験参加に向けて，RECを拠点として，日本国内の研究者が，ITERサイトと同様に実験参加できる技術的な 1 ステップが得られました．今後は，さらに実証を深め，欧州のトカマク装置であるWEST装置と 2017 年秋に，JET装置と来年 2018 年に遠隔実験を予定しております．

図 3　遠隔実験室（青森県六ヶ所村）から JT-60SA（茨城県那珂市）への遠隔実験を実施している様子．那珂核融合研究所との TV 会議（左），制御シーケンス及び施設のモニター（中央），放電スケジュール等の表示（右）．

3. サテライト・トカマク（JT-60SA）計画の進展

那珂核融合研究所では，欧州調達の超伝導コイル用電源機器の据付調整と日本側の既存設備の整備が順調に進んでいます．JT-60SAでは，既存のフライホイール付き電動発電機（H-MG）から，欧州調達の直流電源（サイリスタ整流器）を介して，中心ソレノイド及び平衡磁場コイルに給電します．2016 年 6 月に搬入されたフランス調達の 4ユニットの平衡磁場コイル用直流電源は据付作業が完了し，本年 5 月から 7 月にかけて実施予定の通電試験の準備を進めています（**図 4**）．これらの作業は，

図 4　平衡磁場コイル用直流電源の通電試験に向けた準備.

図 6　中心ソレノイド用及び高速位置制御コイル用直流電源の横浜港での立会検査.

図 5　フライホイール付き電動発電機（H-MG）のオーバーホール（固定子の引き抜き作業）.

図 7　受入試験を完遂した中心ソレノイド用スイッチングネットワークユニット（SNU-CS）.

欧州機器の調達を取りまとめるITER及び核融合エネルギーの開発のための欧州連合共同事業（F4E）及びフランスの原子力・代替エネルギー庁（CEA）監督のもとで，製作元であるスペインJema社の指導員と国内の下請け業者により実施されています．通電試験では，既存設備の常伝導模擬負荷コイルを用いて直流電源の定格である 20 kA通電での健全性を確認します．日本側の整備では，2015 年 10 月より開始したH-MGのオーバーホール（**図 5**）と周辺設備の点検整備を本年 3 月に終了し，動特性回転試験及び励磁試験に成功しました．4 月には欧州側スタッフとの協力のもと，通電試験の前段階として，H-MGから直流電源への受電試験を実施しています．

また，残りの電源機器の調達も並行して進んでおり，本年 3 月にはイタリア新技術・エネルギー・持続的経済開発機構（ENEA）調達分の中心ソレノイド用及び高速位置制御コイル用の直流電源と変圧器が，それぞれ 2 ユニット到着しました（**図 6**）．同じくイタリアENEAが調達した中心ソレノイド用プラズマ着火用高電圧発生回路（スイッチングネットワークユニット（SNU-CS）と呼ばれる）の受入試験を本年 3 月に完遂しました（**図 7**）．JT-60SAの中心ソレノイドでは，直流電源と直列にSNU-CSが接続されます．20 kAの初期励磁の後にSNU-CSが動作し，内部の抵抗器に電流が流れると，抵抗での電圧降下の分だけ最大 5 kVの逆起電力が中心ソレノイドに誘導され，プラズマ着火に必要な周回電圧が発生します．受入試験では，F4E及び製作元のイタリアOCEM社と量研機構の職員により，仮設の直流電源と模擬負荷コイルを用いて 5 kV誘起における健全性を確認できました．

以上のように，欧州との密接な協力体制のもと，据付調整作業が順調に進展しており，今後は欧州機器と日本側設備を組み合わせた通電試験が本格化していきます．

（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）

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより（68）

1. BA 原型炉設計活動におけるタスク会合の開催

幅広いアプローチ活動（BA）の IFERC 事業の一つである原型炉設計活動（DDA）の実施のため，第 28 回原型炉設計活動タスク会合が 6 月 20 ～ 22 日にマックスプランク・プラズマ物理研究所（ドイツ）で開催されました（**図 1** 参照）．遠隔参加を含め日本側から 11 名，欧州側から 14 名（合計 25 名）が参加しました．

DDA 活動では，2015 年以後の日欧の原型炉設計活動の進展をまとめて本年 2 月に第 2 中間報告書を完成しましたが，今回の会合では，2019 年までの原型炉設計活動の延長期間中に実施する研究項目ついて日欧から具体的な提案が出されました．今後は，最終報告書に向けて日欧共通の設計要求および設計制約・条件等を明確にして，総合的および合理的な原型炉概念をめざした設計研究が進められます．また，日欧共通の検討課題として，日本側からは，(1)原型炉プラントにおける熱利用効率の高い発電を行うため異なる冷却系統の合理化とプラズマ運転開始・停止時における発電タービンの運転方法の提案，(2)熱間等方圧加圧（HIP: Hot Isostatic Pressing）接合法による原型炉ブランケットモジュールの製作手法の提案，(3)原型炉におけるプラズマディスラプションのモデル検討の現状について，初めての報告が行われ，EU 側参加者から注目を集めるとともに，技術的課題やその解決策について意見交換が行われました．

次回のタスク会合（第 29 回）は 11 月 29 ～ 30 日に同じマックスプランク・プラズマ物理研究所にて開催予定です．

図 1　第 28 回 BA 原型炉設計活動タスク会合での発表と意見交換の様子．

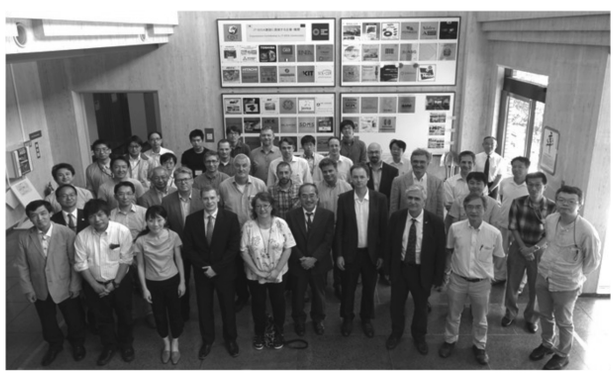


図 2　第 6 回 JT-60SA 研究調整会議(RCM-6)の参加者．

2. サテライト・トカマク（JT-60SA）計画の進展

那珂核融合研究所では，今年 5 月 22 ～ 26 日に第 6 回「JT-60SA 日欧研究調整会議」を開催しました（**図 2** 参照）．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 18 名（6 カ国，11 研究機関），国内大学等 7 名（5 機関），及び量研機構 24 名，プロジェクトチーム 2 名の合計 51 名の研究者が参加し，ITER 及び原型炉での課題を共有するとともに，その課題解決に向けた求心的な議論が行われました．議論の時間を多くとることで日欧の意見交換が活発になされ，大学の先生も共同研究に関する分科セッションに参加されるなど，より密な協力関係を築くことができました．会合では次のような議論が行われ，合意がなされました．今回，特に JT-60SA リサーチプラン 4.0 版（平成 30 年 3 月予定）の改訂に向けて，Initial Research Phase での大目標を同意するとともに，研究項目の優先順位やカーボン壁からタングステン壁への移行戦略について議論しました．この他，リサーチプランに関して，プラズマ・モデリング，ディスラプション緩和検討，燃料供給検討，計測器検討などの進捗の報告があり，関連して，ITER 機構からも，最近改訂された ITER 計画の説明と，JT-60SA に期待される MHD 安定化やディスラプション緩和などの R&D が提案されました．これらを受けて，今後の活動予定の議論を行いました．計測器の分野では本会議で推進してきた欧州による可視カメラ計測器が，概念設計から実施設計に移行する成果が得られました．さらに，ファーストプラズマまでのリサーチプラン活動の長期計画を議論し，2017 年はプラズマ・モデリングや実験に必要な機器の検討の継続，JT-60SA に向けた他装置での実験実施，リサーチプランの 4.0 版策定の継続について同意しました．加えて，論文執筆の報告と議論を行いました．活発な活動の成果として 2016 年は日欧合わせて発表件数 42 件ありました．2017 年は 46 件の発表を予定しています．次回の第 7 回会議は来年 5 月中旬に予定しています．

（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）

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより（69）

1. IFMIF/EVEDA 原型加速器高周波四重極加速器への 8 系統 RF 同時・同期入射を世界で初めて達成

六ヶ所核融合研究所では日欧共同事業として IFMIF（国際核融合材料照射施設）原型加速器の研究開発を進めています.

IFMIF 原型加速器は, IFMIF の原理実証を目的として, 大電流（125 mA）の重水素イオンビームを 9 メガ電子ボルトまでの加速を目指した世界でも最大級の大電力加速器です.

QST と欧州チームが合同チームを作り, 日本のリーダーシップの下, 据付調整試験を進めてきました. 大電流の重水素ビームを安定して加速するための鍵となる高周波四重極線形加速器（RFQ）は, イタリア国立核物理学研究所（INFN）レニャーロ研究所が製作を担当し, 日欧共同で高周波特性試験, 真空システムや冷却システム, 制御システムの整備や動作試験を, 2017 年 6 月下旬までに完了させました（**図 1** 参照）.

また, イオン加速のためのパワー源となる高周波源システムは, スペインエネルギー環境技術センター（CIEMAT）のスタッフと共に試験を進め, 定格 200 kW 出力, 連続動作（CW）のパワー試験を 8 系統すべて完了させた後, 高周波源から RFQ へパワー伝送する導波管 8 系統の据付調整を行い, 7 月から RFQ への高周波入射調整試験を開始しました（**図 2** 参照）. 高周波源システムの調整の結果, 8 系統の高周波パワーを RFQ へ同時に入射し, かつナノ秒レベルで位相同期させることを世界で初めて達成しました. 現在, RFQ への入射電力を上げる RF コンディショニングを行なっており, 2018 年からビーム加速試験を行う予定です.

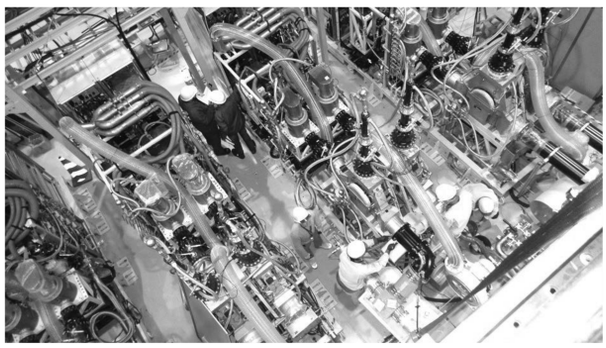


図 2　六ヶ所核融合研究所に据え付けた高周波源システムは, 日欧共同で 200 kW 出力, 連続動作（CW）までのパワー試験を順次進め, 高周波源 8 系統の調整試験を完了し, RFQ 空洞への高周波入射を開始した.（加速器棟の電源室にて）

2. サテライト・トカマク（JT-60SA）計画の進展

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います. この超伝導コイルの冷却システムの負荷を抑え, 経済的な運転を行うため, 超伝導コイルを周りの高温（室温ですら高温）環境から隔離する機構が必要になります. そのために設けるのが, サーマルシールドと真空断熱を利用するクライオスタットです. クライオスタットは JT-60SA の全ての超伝導コイルを覆うため, 加熱機器以外の全体を覆う非常に大きな真空機器となります.

クライオスタットは, 底部, 胴部及び上蓋部で構成されています. この内, 底部と胴部の製作は欧州・スペインの CIEMAT 研究所が担当しています. 底部は, JT-60SA のトーラスホールに最初の構造物として 2013 年 3 月に据え付けられました. 8 月現在, クライオスタット胴部が

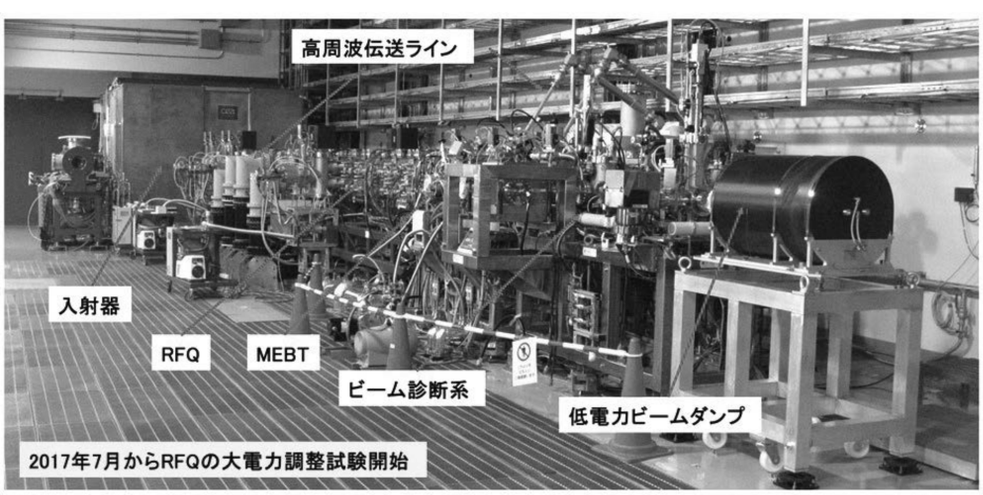


図 1　入射器, RFQ, MEBT, ビーム診断系, 低電力ビームダンプ, 高周波伝送ラインが加速器室に据え付けられた.

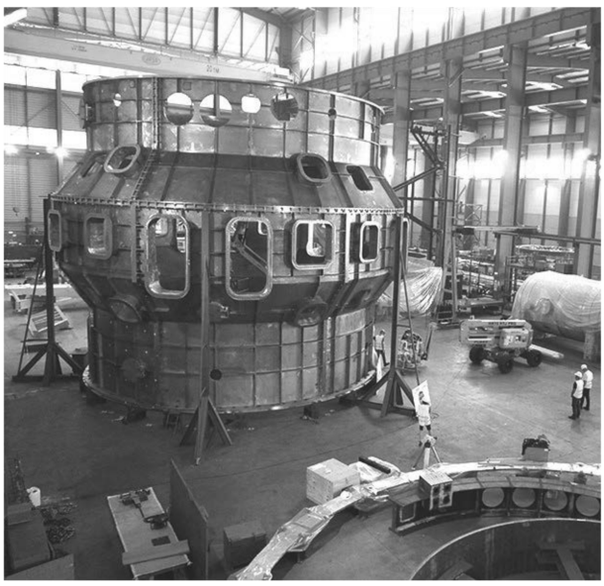


図 3　仮組みされたクライオスタット胴部の全容.

製作の最終段階を迎えており，工場で製作精度の確認を実施しています.

8分割された胴部下部及び4分割された上部をそれぞれ組み立てた後，上部を下部にのせ，全体を仮組みし，**図 3** のように高さ約 11m，直径約 14 mの巨大な全容が

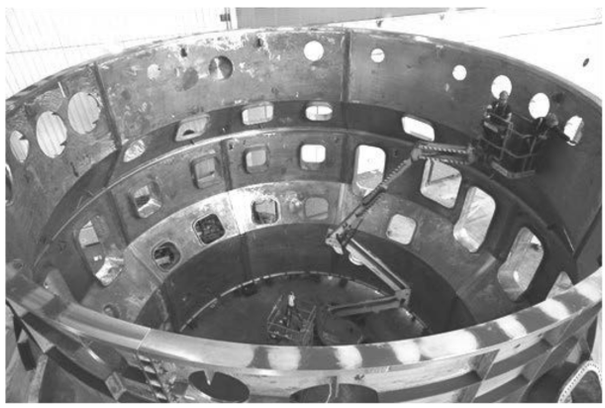


図 4　クライオスタット胴部の寸法測定の様子.

現れました. そして，レーザートラッカー計測器などを用いて，製作精度が設計許容範囲（例えば直径フランジ部にて 5 mm 以下）に入っているか計測中です（**図 4** 参照）.

その後，仕上げ加工を行い，9 月末に製作を完了し，輸送中に歪むことがないよう特殊な治具を取り付け，10 月に日本に向けて，出荷予定です.

（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）

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより（70）

1. IFMIF/EVEDA 原型加速器の入射器から低出力ビームダンプまでのビームラインを接続し，高周波四重極加速器の本格的なRFコンディショニングを開始

六ヶ所核融合研究所では日欧共同事業として IFMIF（国際核融合材料照射施設）原型加速器の研究開発を進めています．

IFMIF 原型加速器は，IFMIF の原理実証を目的として，大電流（125 mA）の重水素イオンビームを 9 メガ電子ボルトまでの加速を目指した世界でも最大級の大電力加速器です．

QST と欧州チームが合同チームを作り，日本のリーダーシップの下，据付調整試験を進め，前回の BA だよりで紹介したように7月から高周波四重極線形加速器（RFQ）への高周波入射調整試験を開始しました．9月の1ヶ月間は機器のメンテナンス等のため試験を一時的に休止しましたが，10月には原型加速器の最上流側である重陽子ビームを発生させる入射器（フランス CEA サクレー研究所担当，イオン源，加速電極，低エネルギービーム輸送系で構成される），RFQ（イタリア国立原子核研究所担当），中間エネルギービーム輸送系（スペイン CIEMAT 担当），ビーム診断系（スペイン CIEMAT 担当），低出力ビームダンプ（イタリア国立原子核研究所担当）までの5メガ電子ボルトまでの加速試験に必要な機器のビームラインを全て接続完了しました（**図 1**）．

さらに，10 月からは RFQ の高周波入射調整（RF コンディショニング）を24時間の運転請負及びシフト体制を組んで本格的に開始しました．調整開始に伴い欧州との共同作業による様々な苦労がありますが，日欧で協力し問題解決にあたりながら着実に進めています．現在，RFQ への入射電力を上げる RF コンディショニングを継続しつつ，イオン源からのビーム調整を行なっており，2018 年から RFQ を用いた水素ビーム加速試験を予定しています．

2. サテライト・トカマク（JT-60SA）計画の進展

トーラス状にプラズマを閉じ込めるトカマク型磁場閉じ込め装置において，トロイダル磁場コイルは，最も基本的かつ重要な機器です．

欧州が製作を担当するトロイダル磁場コイルは，約一月に一体のペースで欧州より船便にて日立港に送られ，そこから陸路で那珂核融合研究所に搬入しています．搬入後，輸送に伴う不具合がないことを確認する寸法検査や絶縁検査などの受入検査を実施した後，本体に組み込んでいます．昨年の 12 月から組み込み作業を開始し，現在**図 2** のように12体のトロイダル磁場コイルを設置しました．

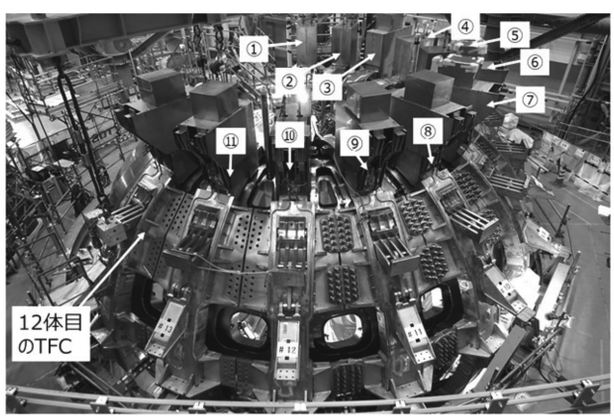


図 2　これまでに 12 体のトロイダル磁場コイルを設置．

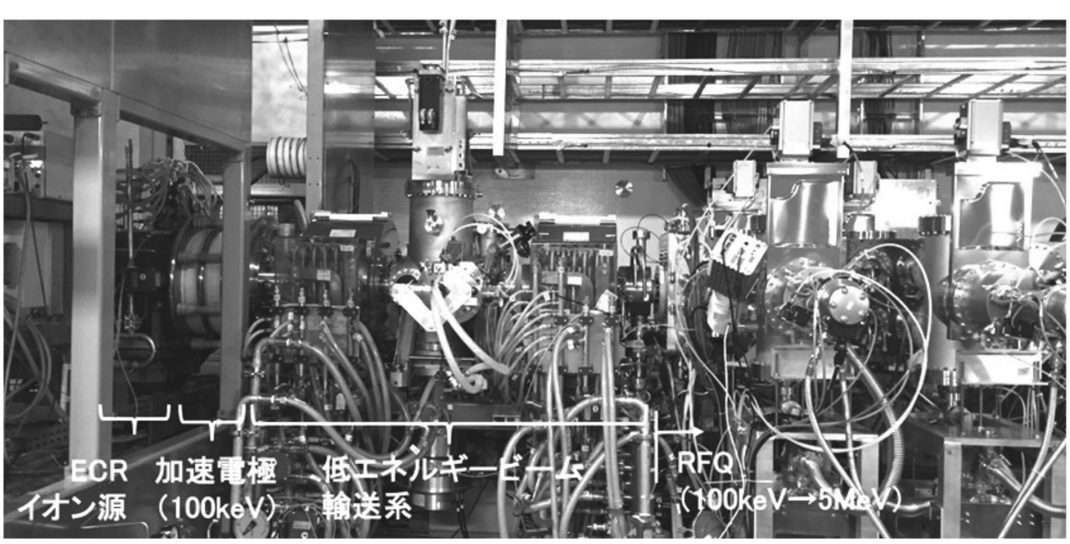


図 1　入射器（イオン源，加速電極，低エネルギービーム輸送系）と RFQ のビームライン接続の様子．

図３　レーザートラッカーを用いた位置決めの様子.

トロイダル磁場コイルが作る磁場はトカマク装置において最大の磁場成分を持つため,プラズマの性能に影響を与える誤差磁場を十分に抑えるように精度良く設置する必要があります.そこで,**図3**のようにレーザートラッカーを使用して設置を行っています.その結果,±１mm以下の高い位置精度(トロイダルコイルの高さは約７m)での設置ができています.

(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)

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより（71）

1. 第21回幅広いアプローチ（BA）運営委員会の開催

12月13日にベルギー・モルにおいて，第21回BA運営委員会が開催されました．欧州からガリバ欧州委員会エネルギー総局原子力・安全・ITER局長（欧州代表団長）を含め委員4名と専門家12名，日本から増子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9名，各事業長及び事業委員会議長6名，他1名の計36名が参加しました（**図1**）．

今回の運営委員会では，IFMIF/EVEDA，IFERC，サテライト・トカマク計画の3つの事業について，事業の進展を確認するとともに2018年作業計画が承認されました．また，前回会合において本運営委員会の下に設置され，BA協定下で実施される2020年以降の日欧協力についての議論を行うタスクグループから初回報告が行われ，今後，タスクグループのメンバーに日欧の政府関係者を加えて議論を進めることが合意されました．

IFMIF/EVEDA事業に関しては，高周波四重極加速器（RFQ）の据付が完了し，調整試験が進められています．世界初となる高周波電源システムによるRFQへの8系統同時入射の成功が報告されました．

IFERC事業に関しては，原型炉R&D活動について，これまでの成果を取りまとめた報告書の完成と，これらの成果を原型炉設計に活用するためのデータベース構築作業の進展が報告されました．

サテライト・トカマク計画事業については，JT-60SAにおいて2017年12月現在，真空容器の周囲に12体の超伝導トロイダル磁場コイルの据付が完了し，その他主要機器の調達作業を含め，事業が着実に進捗していることが報告されました．現在のスケジュールでは，トカマク組立の完了は2020年3月，ファーストプラズマは，2020年夏頃を予定しています．

欧州研究者及びその家族に対する生活支援や教育支援に関し，青森県からの報告が行われ，運営委員会は青森県の多大な貢献に対し感謝の意を表明しました．

次回会合は，2018年4月26日に茨城県・那珂市にて開催される予定です．

図1　第21回BA運営委員会の日本代表団．

2. サテライト・トカマク（JT-60SA）計画の進展

JT-60SAでは，トロイダル超伝導磁場コイルに25.7 kA（連続通電），ポロイダル超伝導磁場コイルに20 kA（220秒.通電，30分周期）もの直流大電流を供給します．コイル巻線には発熱のない超伝導線を用いていますが，超伝導コイルと電源の接続には，取り扱い易さとコスト抑制の観点から通常の導体を使用しています．導体の材料の候補には銅とアルミがありましたが，抵抗値の差が2倍より小さいため，取り扱い易さとコストが銅に勝るアルミを採用しました．導体断面は，放熱・発熱や電圧降下の低減も考慮して長方形を採用していますが，大電流を扱うため，トロイダル磁場コイル用が7 cm×94 cm，ポロイダル磁場コイル用が7 cm×33 cmと非常に大きな断面としています．このような大電流を扱う大きな剛体の接続機構には，発熱による熱伸び等による位置ずれを考慮した工夫が必要です．そこで接続部には，薄板を何層にも溶接して柔軟性を高めたフレキシブル導体を製作しました．このフレキシブル導体は，アルミ導体と電源

図2　アルミ導体とトロイダル磁場コイル用電源の接続．

図3　整流器棟室内に敷設されたポロイダル磁場コイル用アルミ導体．

機器（**図 2**）及びアルミ導体同士（**図 3**）を接続する箇所で用いられています.

トロイダル磁場コイル電源は,トカマク本体室の隣接建屋に設置していますが,ポロイダル磁場コイル電源は離れた建屋に設置しているため，コイル 10 セット分にあたる合計 20 本の導体を建屋間に渡って新たに敷設しました（**図 4**）.

2014（平成 26）年 8 月から開始したこの敷設工事は,本年 2 月にすべて完了し,電源から本体室までの全長約 5300 m（総重量 330 t）を接続しました．このように那珂核融合研究所では,電源本体の製作のみでなく,周辺設備の整備も予定どおり進行しており,2020年のファーストプラズマに向けて着々と準備を進めています.

（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）

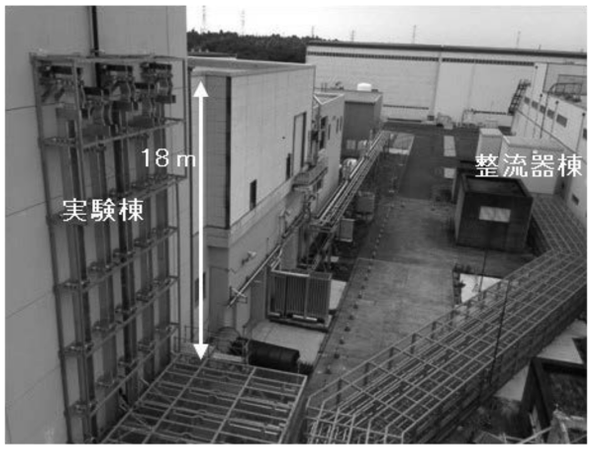


図 4　整流器棟とトカマク本体室を繋ぐ屋外導体設備.

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより（72）

1．第22回IFERC事業委員会が開催

2018年2月16日に大阪市の大阪大学中之島センターにおいて，第22回IFERC事業委員会が開催されました．欧州側からメゾニエ議長を含む委員3名と専門家6名，日本側から委員2名と専門家10名，これに中島事業長及び事業チーム員5名と書記1名の計27名が参加しました（**図1**参照）．今回の事業委員会では，IFERC事業下の各活動（原型炉設計・R&D，ITER遠隔実験センターなど）の2017年の活動状況の報告を受け，2017年年次報告について審議しました．審議を踏まえて技術的な勧告をまとめるとともに，2018年4月26日に茨城県那珂市で開催される第22回BA運営委員会に同年次報告を付議し，承認を求めることに同意しました．主な確認・審議事項は，以下のとおりです．

原型炉設計活動では，延長期間中（2017年6月－2020年3月）に取り組むべき作業課題を整理し，それらの解決に向けた設計作業を継続しました．特に，遠隔保守機器，ダイバータの概念設計で進展がありました．原型炉R&D活動では，欧州のトカマク装置JETの真空容器内部から採取したダスト試料を六ヶ所研に受入れ，試料分析を行いました．2017年に新たに開発した測定法（燃焼法）を用いてダスト中の放射性トリチウム吸着量を測定したところ，ITERと同様のタングステン壁の場合，ダストに吸着するトリチウム量は炭素壁と比べ2桁小さいという，ITERや原型炉の安全性に関連して重要な初期結果が得られました．ITER遠隔実験センター活動（REC活動）では，BA期間中の成果（RECルーム及びネットワークの整備，ソフトウェア開発，並びに総合機能試験）を最終報告書にまとめる作業を進めていることが報告されました．

次回の事業委員会は，2018年10月9－10日に青森県六ヶ所村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

超伝導トカマクJT-60SAの最重要機器である超伝導トロイダル磁場（TF）コイルは，2016（平成28）年からこれまで，順次船舶により日本に輸送され，現在14体までの据付けが完了しています（**図2**）．冷凍機を用いた18体目のTFコイルの冷却・通電試験が，1月26日にフランスCEAサクレー研究所にて完了しました．組立作業の促進の一貫として，最後の2体が，空輸されることになりました．JT-60SAのTFコイルは，高さ7.5 m，幅4.6 m，重量20トンの巨大な機器で，輸送のための台枠を含めると，高さ9.3 m，幅5.6 m，重量34トンにもなるため，通常の輸送機には積み込めません．そこで，世界に56機

図1　第22回IFERC事業委員会の参加者．

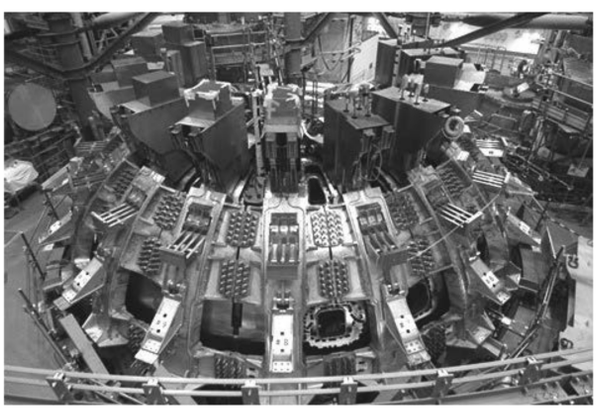


図2　JT-60SAトカマク本体へ据付けを完了した14体のトロイダル磁場コイル．

図3　中部国際空港に到着した輸送機アントノフAn-124型機．

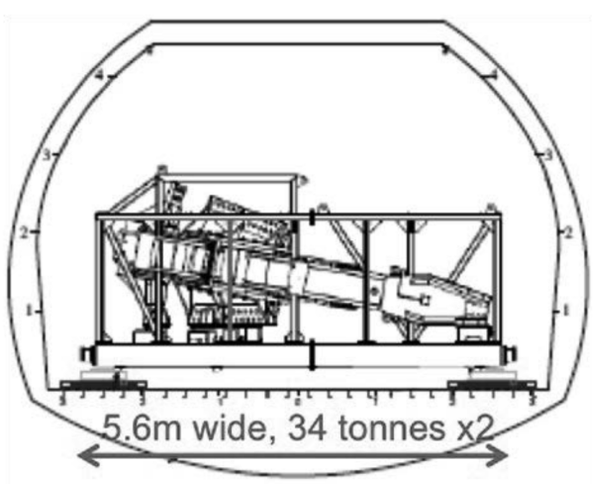


図4　機内に格納されたTFコイルのスケルトン図．格納時はシートに梱包されている（図5, 6）．

しかない世界最大級の輸送機アントノフ(An-124型機，**図3**）をチャーターすることとしました．さらに，その大きさ故に，日本における空港から那珂研までの輸送経路を考慮し，到着空港を中部国際空港に設定しました．

当輸送機An-124は，2月15日にフランス・ヴァトリー国際空港にてTFコイルを**図4**のように積載して出発し，途中，トルクメニスタンと中国にて燃料補給に立ち寄った後，中部国際空港に無事2月17日の早朝に到着しました．

中部国際空港での着陸，荷降ろし（**図5**），船積み（**図6**）の模様は，ほぼ一日に亘り，ニコニコ生放送によりネット生配信されました．多くの視聴があり，最終的な視聴は，5万を超えました．なお，動画は現在も視聴可能となっています．

その後，2体のTFコイルは，海路にて2月19日に日立港に到着し，2月21日に那珂研に到着しました．据付け前の調整後，順次据付けを進めていきます．

（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）

図5　輸送機 An-124 からの荷降ろしの様子.

図6　TF コイルと輸送船.

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより（73）

1. 第22回幅広いアプローチ（BA）運営委員会の開催

4月26日に茨城県那珂市の那珂核融合研究所において，第22回BA運営委員会が開催されました．欧州からガリバ欧州委員会エネルギー総局原子力・安全・ITER局長（欧州代表団長）を含め委員3名と専門家12名，日本から増子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10名，各事業長及び事業委員会議長5名の計34名が参加しました（**図1**）．

今回の運営委員会では，国際核融合材料照射施設に関する工学実証及び工学設計活動（IFMIF/EVEDA），国際核融合エネルギー研究センター（IFERC），サテライト・トカマク計画の各事業の進展を確認し，2017年年次報告と事業計画の更新を承認しました．また，本運営委員会の下に設置されたBAフェーズIIタスクグループから報告が行われ，各事業長に対し，2025年までの事業計画を検討するよう要請が行われました．

IFMIF/EVEDA事業では，原型加速器（LIPAc）の中エネルギービーム輸送系などの多くの構成機器の調整試験が順調に進んでいます．欧州の自主的貢献機関，産業界から多くの研究者，技術者の参画を得て，高周波四重極加速器（RFQ）によるビーム加速試験が3月に開始されました．

IFERC事業に関しては，すべての活動が計画通り進んでいます．特に，遠隔実験センター活動は暫定最終報告書が提出されました．2018年に予定されているJETやWESTなどの実験装置への遠隔参加の実証試験結果と合わせ，最終報告が纏められる予定です．

サテライト・トカマク計画事業では，機器とシステムの製作・納入や，組立，据付，調整試験の活動が順調に進捗しています．特に，18機すべての超伝導トロイダル磁場コイルの真空容器周囲への設置が完了しました．これは，プロジェクトの最も重要なマイルストーンの一つであり，2020年3月に予定されているトカマク組立作業の完了に向け，明確な見通しが得られました．

また，欧州研究者及びその家族に対する生活支援や教育支援に関する報告が行われ，運営委員会は青森県の多大な貢献に対し感謝の意を表明しました．

次回会合は，2018年12月5日にフランス・グルノーブルにて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

2015年8月には真空容器，2016年9月には真空容器側から超伝導トロイダル磁場(TF)コイルへの熱侵入を防ぐ真空容器サーマルシールド(VVTS)が，それぞれ20度分を残して設置を完了し，2016年10月より残りの20度分の空間からTFコイルを回し込んで設置する作業を開始していました（**図2**）．

図2 20度分の空間から一体目のTFコイルを挿入する様子（2016年10月）．

図1 第22回BA運営委員会の日欧代表団．

図 3　大型輸送機 An-124 からの荷降ろしの様子.

図 4　17体目のTFコイルの設置完了.

この度,2月下旬に大型輸送機 An-124 にて EU より日本に到着したものを含む TF コイル（**図 3**）の据付けを行い，全 18 体の据付けの完了という大きな節目を迎えました.

図 4 は 18 体目を設置する直前で，17 体の TF コイルの設置が完了している状態です．最終部では真空容器及び VVTS も同時に据え付ける必要があり,**図 5** のように, TF コイル, VVTS 及び真空容器を一体として吊り込みました．この最後の吊り込みは 4 月 20 日に実施し，その様子は報道関係者に公開され，五つのメディアで報道されました.

図 6 は吊り込みが完了した状態です. 遂にトーラス形状が出来上がりました.

今後，最終部の真空容器等の溶接を進めていきます. また，所定の位置にプラズマ形状制御用の平衡磁場コイルを設置していきます.

（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）

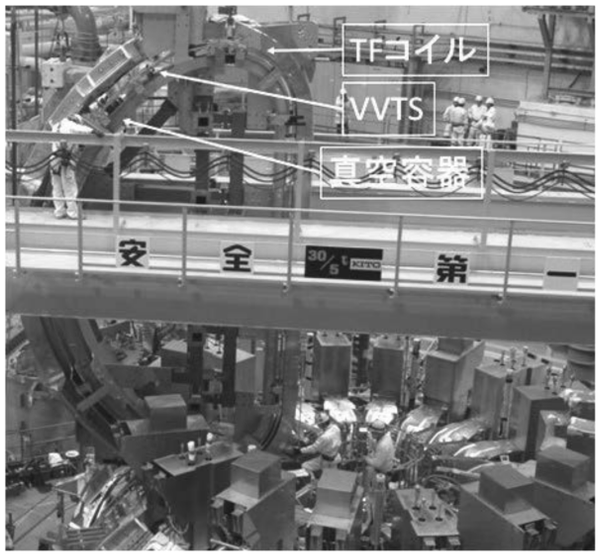


図 5　18 体目の TF コイル，VVTS 及び真空容器を一体として，20 度分の空間から挿入する様子.

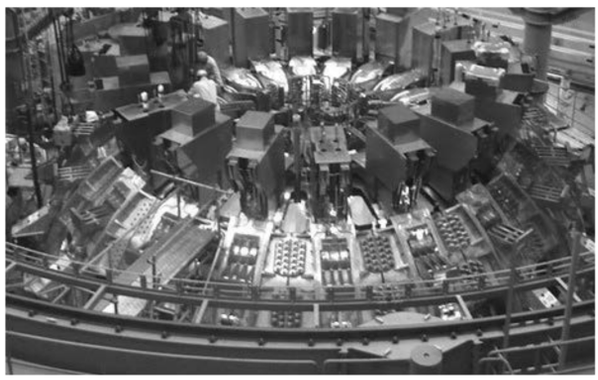


図 6　遂にトーラス形状となる（2018 年 4 月）.

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより（74）

1. IFMIF/EVEDA 原型加速器の RFQ による 2.5 MeV までの陽子ビームの加速に初めて成功

六ヶ所核融合研究所では日欧共同事業として IFMIF（国際核融合材料照射施設）原型加速器の研究開発を進めています.

IFMIF 原型加速器は, IFMIF の原理実証を目的として, 大電流（125mA）の重陽子イオンビームを 9 MeV まで加速することを目指した, 世界でも最大級の大電力加速器です. QST と欧州の研究機関が合同チームを作り, 日本のリーダーシップの下, 据付調整試験を進めています. 昨年 10 月から高周波四重極線形加速器（RFQ）への大電力高周波入射（RF コンディショニング）を 24 時間体制により本格的に開始していましたが, 本年 5 月までに陽子ビームの 2.5 MeV までの加速に必要なコンディショニングを完了し, 6 月からいよいよ RFQ へのビーム入射試験を開始しました. そして, 6 月 13 日に, RFQ による 2.5 MeV までの陽子ビームの加速に初めて成功しました（**図 1**）.

現在の原型加速器は, 加速用イオンを発生させる入射器（フランス CEA サクレー研究所担当）, RFQ（イタリア国立原子核研究所担当）, 中間エネルギービーム輸送系（スペイン CIEMAT 担当）, ビーム診断系（スペイン CIEMAT 担当）, 低出力ビームダンプ（イタリア国立原子核研究所担当）から構成されており（**図 2**）, 高周波源システム（スペイン CIEMAT 担当）から RFQ へ加速用の大電力高周波（175 MHz, 合計最大 1.6 MW, CW）が供給されます. この RFQ は, ビームの発散が少ない最適形状となるように内部の電界パターンが設計された, 世界最長（9.8 m）の RFQ です. また, 最終目標である電流 130 mA（ビーム電力 0.7 MW）の重陽子ビーム加速を実現するため, 世界初となる 8 系統の高周波源を同期させて駆動し単一の加速器空洞に入射する方式を採用しています. このような同期入射の実現には先進的な制御技術が不可欠であり, 昨年 10 月以来, 様々な困難に直面しながらも, 日欧チーム一丸となって一つずつ問題を解決し, 今回のビーム加速の成功に至りました. 現在, 陽子ビームにおける最大定格の 65 mA のビーム加速の実証に向け, ビーム試験を精力的に実施しており, 今年度後半には重陽子ビームの 5 MeV 加速試験に移行する予定です.

図 1　日欧合同チームによる初のビーム加速成功後の記念写真.

2. サテライト・トカマク（JT-60SA）計画の進展

今回は, バルブボックス(VB)についてご説明します. JT-60SA では, 極低温の冷媒ヘリウムを複数の用途で使用します. 4.4 K の冷媒ヘリウムはトロイダル磁場コイル(TFC), 平衡磁場コイル(EFC)及び中心ソレノイド（CS）の超伝導導体の冷却に, 3.6 K の冷媒ヘリウムはダイバータ排気のためのクライオポンプで使用します. また, 比較的高温である 50 K の冷媒ヘリウムは, 高温超伝導電流リード（超伝導体と常温導体の接続に使われる機器）の高温端の冷却に, 80 K の冷媒ヘリウムは極低温機器への熱侵入を抑制するサーマルシールドに用います. これらの冷媒ヘリウムは 4.5 K 換算 9 kW の巨大な冷凍機で製造しますが, 適切な流量管理を行わないと上記の需要に対応できません. JT-60SA には, そのような流量管理を行うバルブが多数あります. このようなバルブを収めた

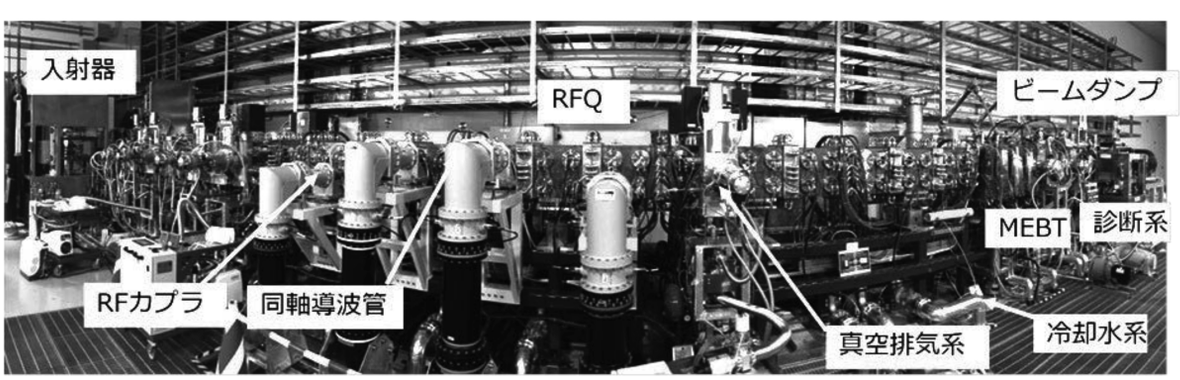


図 2　IFMIF/EVEDA 原型加速器の全体図.

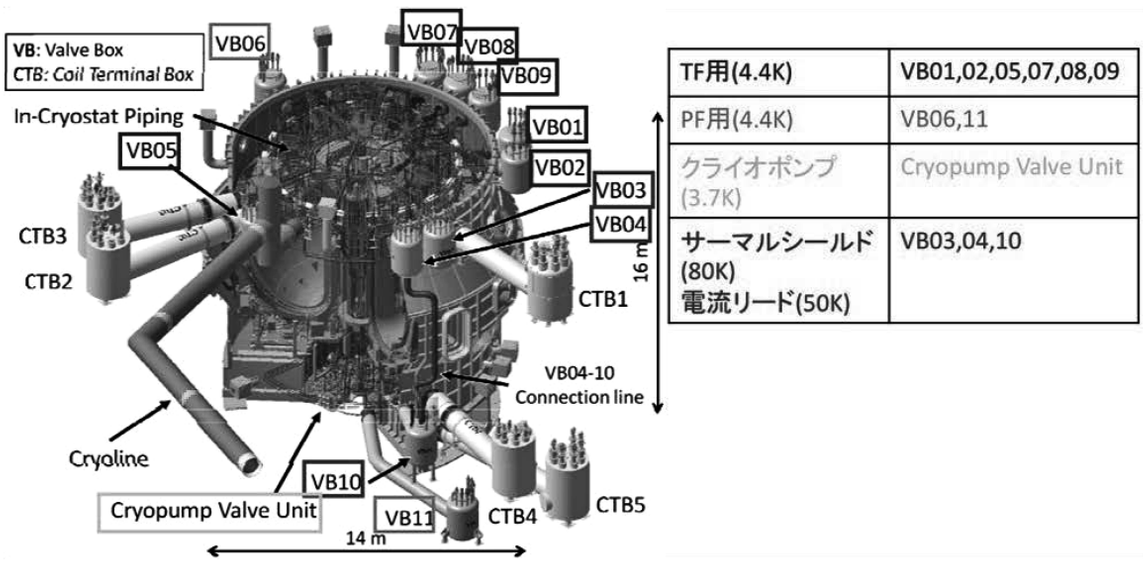


図 3　配置された VB とその用途.

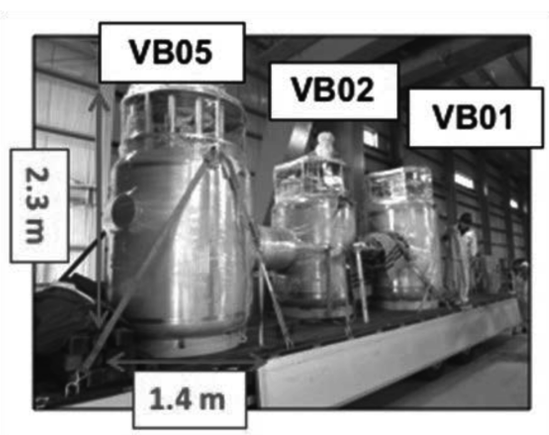


図 4　那珂核融合研究所に納品された VB01, VB02, VB05.

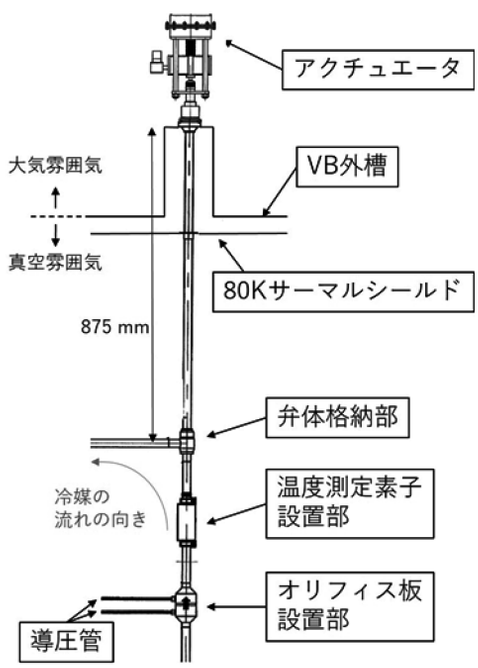


図 5　低温バルブの模式図.

ものが VB です (**図 3, 4**). VB は内部に設置された温度・圧力・流量の計測素子及びバルブによって, 冷媒ヘリウムの状態を監視し, 機器への分配を調整します. 冷媒ヘリウムの温度は, 配管に設置された抵抗素子の抵抗を測ることによって計測します. JT-60SA では温度域や要求精度によって, 白金, 炭素, ジルコニウム酸窒化物といった異なる材質の抵抗素子を用います. 流量は, 配管内に設置されたオリフィス板 (中央に小さな穴の空いた板) の前後の圧力差を測定することによって算出します. 流量の調整に用いるバルブには, 室温部から冷媒ヘリウムへの熱侵入を低減するため, 室温部から極低温部までの弁軸が長い (600 ～ 800 mm) 特殊なものを使用しています (**図 5**).

(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)

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより（76）

1. 第23回IFERC事業委員会が開催

2018年10月9日～10日に量子科学技術研究開発機構六ヶ所核融合研究所において，第23回IFERC事業委員会が開催されました．欧州側からメゾニエ議長を含む委員3名と専門家4名，日本側から委員3名と専門家9名，これに中島事業長及び事業チーム員5名と書記1名の計26名が参加しました（**図1**参照）．今回の事業委員会では，各活動（原型炉設計・R&D，ITER遠隔実験センターなど）の2018年の活動状況報告と共に2019年のIFERC事業における作業計画案について審議しました．当該作業計画案は審議を踏まえて技術的な勧告をまとめるとともに，承認を得るために第23回BA運営委員会（2018年12月5日，フランスで開催予定）に提出することに同意しました．

原型炉設計活動では，核融合原型炉の機器及びこれらを統合したシステム設計が順調に進展し，特に，ブランケット及びダイバータの概念設計，並びに原型炉設計のための低放射化フェライト鋼及びブランケット機能材料データベースの拡充において進展したことが報告されました．また，2019年に日欧共同で最終報告書に取りまとめる計画が提案されました．原型炉R&D活動では，増殖ブランケットの材料を中心とした研究開発活動が2017年3月に終了したことを受けて日欧の専門家によるピアレビューが行われ，当該活動の成果は当初の目標を十分に満たしており，構造材料の開発などにおいて核融合原型炉の設計の基盤となる優れた成果が得られたとの評価結果が報告されました．ITER遠隔実験センター（REC）活動では，RECの総合機能確認のために11月26日～30日に欧州トカマク装置WESTとの遠隔実験を計画しており，その準備状況について報告されました．この遠隔実験の様子は11月28日にプレス及び地元高校に公開するとともにライブ配信（「ニコニコ動画」）する予定であることが報告されました．

2. 第22回IFMIF/EVEDA事業委員会の開催

2018年10月15日～16日に六ヶ所核融合研究所において，第22回IFMIF/EVEDA事業委員会が開催されました．欧州側が委員3名と専門家4名，日本側が石田議長を含む委員3名と専門家5名，これにカラ事業長（前任のナスター氏の退任に伴い4月より着任）及び事業チーム員他18名の計33名が参加しました（**図2**）．

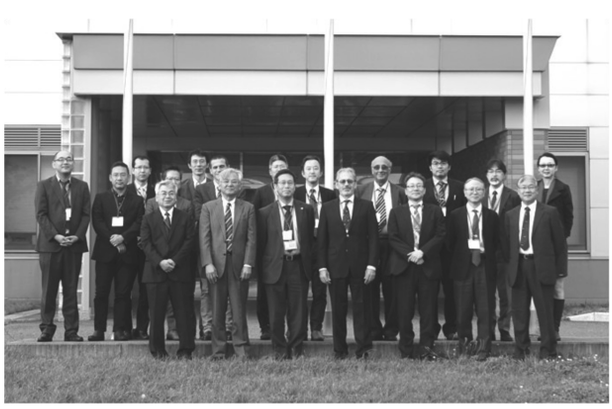


図1　第23回IFERC事業委員会の参加者．

図2　第22回IFMIF/EVEDA事業委員会の参加者．

今回の事業委員会では，主にIFMIF/EVEDA事業の進捗状況を2018年作業計画に基づき確認するとともに，2020年4月からの5年間を含む事業計画案及び2019年作業計画案について審議しました．また，12月にフランス・グルノーブルで開催される第23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，事業計画案及び2019年作業計画案等を運営委員会に提出す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，以下のとおりです．

六ヶ所核融合研究所のIFMIF原型加速器施設において，高周波四重極線形加速器（RFQ）を用いた水素ビーム加速試験を開始し，これまでにエネルギー2.5 MeV，電流25ミリアンペアの水素ビーム加速に成功しました．

連続運転に向けRFQの下流に接続される高エネルギービーム輸送系，大電力ビームダンプの部品が搬入されつつあります．今後，順次加速器室に設置し，調整を行います．

超伝導加速器の組み立てのためのクリーンルームを完成させるとともに，冷凍設備の試験運転を開始しました．

3. IFMIF原型加速器のビームダンプ及び鉛シャッター容器の設置を完了

最終フェーズの9 MeVまでの加速試験のためには，超伝導加速器（SRF），高エネルギービーム輸送系（HEBT），1 MWの大電力ビームを受け止めるビームダンプ（BD）の設置が必要です．

このうちHEBTとBDについては，スペインCIEMAT研究所が調達を担当しました．主要機器は8月までに完成し，現地立会い試験の後，9月から10月にかけて六ヶ所研に搬入され，据付が開始されました．最初に据付けたのは，HEBTとBDを接続するコーン状ビームダクトと

図 3　コーン状ビームダクトと鉛シャッター容器の据付.

図 4　設置した大電力ビームダンプ（直径約 2 m，長さ約 4 m）.

図 5　JT-60SA のダイバータカセットのフレーム．アーマータイルは未装着の状態.

鉛シャッター容器です（**図 3**）. これらは厚さ 70 cm の遮蔽コンクリートを貫通する形で遮蔽プラグと一体で設置され，アライメントの調整を含め非常に難易度の高い作業でした.

続いて設置したのは総重量60トンを超えるBD本体です. CIEMATの担当者の立会いの下，レーザートラッカー2台を用いた精密なアライメント調整を実施しながら，1 MW の大電力ビームを受け止める銅製の冷却コーン，中性子遮蔽のための大型のポリエチレンシールド，鋼鉄製のシールドなど，分割された部品を順次組み上げていきました（**図 4**）. 最終的には鉛シャッター容器及び冷却配管と接続し，真空リークチェックを行い設置が完了しました.

4. サテライト・トカマク（JT-60SA）計画の進展

今回は，ダイバータカセットの冷却水配管接合のために開発されたレーザー溶接ツールについてご説明します. JT-60SA のダイバータは，将来の改造及び遠隔操作（リモートハンドリング）による保守を想定し，全 36 体の取外し可能なカセット状の構造となっています（**図 5**）. JT-60SA のダイバータカセットの場合，冷却水配管の取り合いとして「往き配管」と「戻り配管」のそれぞれに 2 ヵ所ずつ，合計 4 ヵ所の接続部（**図 6** 右側）があります．ダイバータカセットの配管は，最大 15 MW/m^2 もの定常熱負荷を除熱するために水圧 2 MPa，流量 750 L/min の冷却水を流すため，外径 59.8 mm，肉厚 2.8 mm のステンレス配管を使用します. ダイバータカセット交換時には，配管接続部上部のカバーアーマータイルを外し，狭い空間で 1 カセットあたり 4 ヵ所を溶接・切断する必要があります. このような作業環境を考慮し，リモートハンドリングで使用可能な専用のレーザー溶接ツールを開発しました（**図 7**）. 溶接接続するには，配管の開先き（溶接される取り合い部分のこと）を高精度で合わせる必要がありますが，接続部の周りが混み合っている狭い空間のため，制限された空間でも開先きを矯正できる機構も合わせて開発しています. 真空容器側とダイバータカセット側の配管軸ずれは最大で 3 mm 程度ですが，開発した開先合わせ機構により，軸ずれを 0.5 mm 以下に矯正可能になりました．残りの 0.5 mm のずれに対しては，配管の内部から専用の計測ツールで軸ずれ量と配管同士のギャップを正確に計測し，ずれの状況に応じた溶接ツールの動きで対応できる仕組みを開発しました. また，溶接で散らばる霧状の金属がツール内のレンズやミラーを汚さないようにするガス流や溶接中の溶接箇所の酸化を防止するガス流を設ける工夫を施しています.

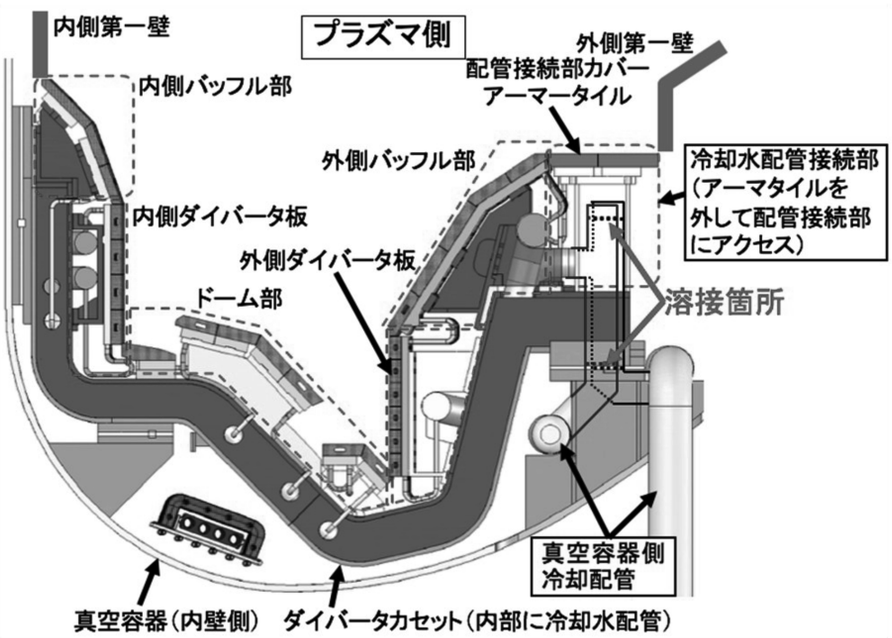


図 6　JT-60SA のダイバータカセット設置時の模式図．右側で溶接・切断を行う．

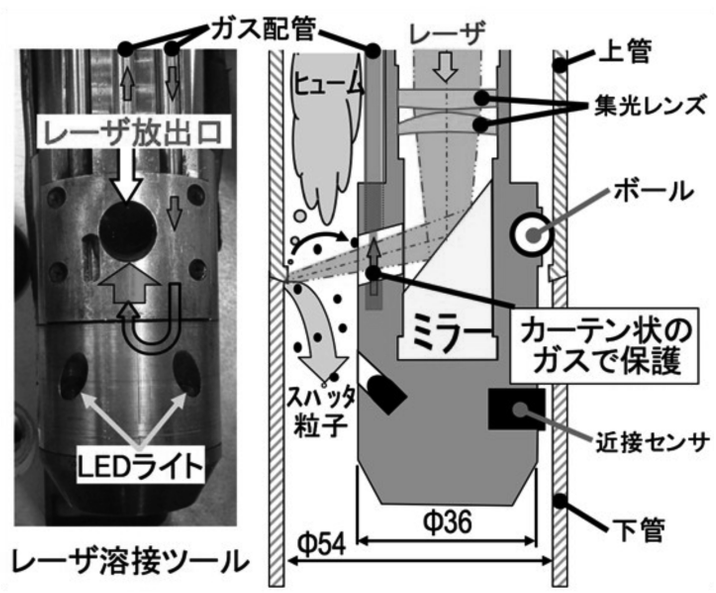


図 7　開発したレーザー溶接ツール．

(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)

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより（77）

1. 第23回幅広いアプローチ（BA）運営委員会の開催

2018年12月5日にフランス・グルノーブルにおいて，第23回BA運営委員会が開催されました．日本から新井文部科学省研究開発戦略官（日本代表団長）を含め委員4名と専門家6名，欧州からガリバ欧州委員会エネルギー総局原子力・安全・ITER局長（欧州代表団長）を含め委員3名と専門家11名，また，事業長3名及び事業委員会議長3名の計30名が参加しました（**図1**）．

今回の運営委員会は，BA活動における国際核融合材料照射施設 工学実証・工学設計活動（IFMIF/EVEDA），国際核融合エネルギー研究センター（IFERC），サテライト・トカマク計画（STP）の3事業について，事業の進捗状況を確認するとともに，各事業の2019年作業計画を承認しました．また，各事業長より2020年4月以降に開始予定の2期目の活動（BAフェーズII）を含む事業計画案が報告・議論されました．運営委員会は，日欧政府における更なる検討作業に資するため，これらの事業計画を暫定承認しました．

IFMIF/EVEDA事業では，欧州の自主的貢献機関と産業界から多くの研究者，技術者の協力を得て，目標としていたマイルストーンである最初の陽子ビームの高周波四重極加速器による入射，加速を成功しました．さらに，高エネルギービーム輸送ラインやビームダンプなど，IFMIF原型加速器（LIPAc）の多くの機器が六ヶ所サイトに納入されました．

IFERC事業では，2018年11月に六ヶ所サイトの遠隔実験センターとフランス原子力・代替エネルギー庁（CEA）カダラッシュ研究所のトカマク装置WEST（the Tungsten (W) Environment in Steady-State Tokamak）を結ぶ遠隔実験に成功しました．原型炉R&D活動では，日欧の協力により構造材料の研究開発が進むとともに，欧州トーラス共同研究施設（JET）で使用されたタイルとダストの分析を継続しています．

STP事業では，2020年3月に予定されているJT-60SA建設完了に向け，調達，組立，据付，試運転等の活動で多くの成果が得られ，事業が着実に進捗しています．特に，全ての超伝導トロイダル磁場コイルの製作と冷却試験や3つの上部平衡磁場コイルの据付と真空容器の最後のセクターの溶接が完了しました．また，冷凍機や電源システム等の全ての補助システムの個々の試運転が順調に進捗しています．

また，青森県より六ヶ所サイトにおける欧州研究者及びその家族に対する生活支援や教育支援に関する報告が行われ，運営委員会は，青森県や六ヶ所村の多大な貢献に対し感謝の意を表明しました．

次回会合は，2019年4月11日に青森県六ヶ所村にて開催される予定です．

2. ITER遠隔実験センターにて10000 km離れたWESTトカマク装置と遠隔実験を実証

六ヶ所核融合研究所では，BA活動に基づくIFERC事業のITER遠隔実験センター（以下REC）活動を進めております．RECの遠隔実験室（青森県六ヶ所研）から，約10000 km離れた欧州のトカマク装置WESTとの遠隔実験を，2018年11月28日に初めて実証しました（**図2**）．

WESTはフランスのCEAカダラッシュ研究所にあり，現在建設中のITERと隣接しているため，ITERを想定した遠距離の遠隔実験を実施しました．遠隔実験の実証は，同装置内に実装した日本製タングステンダイバータタイルへの高パワー入力による性能確認を行う実験の週に行われました．

実証試験はRECとWESTを専用ネットワークで結び，WESTによって遠隔参加のために整備した遠隔実験サーバおよび遠隔参加ソフトを用いて実施しました．RECからリモート・セッション・リーダーがWEST制御システムの遠隔実験サーバにアクセスし，放電条件の作成から開始しました．遠隔で作成した放電条件は，WEST装置

図1 第23回BA運営委員会の日欧代表団．

図 2　REC から WEST へ遠隔実験.

運転側で確認と承認を経て,放電シーケンスがスタートしました.遠隔実験室では,WEST 制御室の研究者と TV 会議による議論の元に進め,遠隔実験室に設置された大型画面には,プラズマ放電のカウントダウン表示,主要なプラズマパラメータの実時間表示,プラズマ映像の表示を行いました.これらは僅かな時間遅れのライブデータであるため,臨場感を持って遠隔実験を行うことができ,遠隔実験の初プラズマ成功時には,遠隔実験研究者や見学参加した高校生から歓声と拍手が湧きました.

放電の合間には,2 次元プラズマ平衡,ダイバータ板熱負荷,などの実験結果の詳細なデータを遠隔地から参照できました.データ量の大きな計測データについては,表示に時間がかかるため,遠隔サイトへ高速でデータ転送し,遠隔サイトのソフトウエアで表示することも検討する必要性があることが分かりました.

今回の遠隔実験の成功は,ITER への遠隔実験の実現に向けて大きなステップとなりました.今後は,さらに実証を深め,来年度には欧州のトカマク装置である JET 装置との試験を予定しております.また,ITER 機構とは遠隔実験の実現を目指して協議を始めております.

3. サテライト・トカマク（JT-60SA）計画の進展

超伝導コイルは運転時,極低温(4K)に冷却しますが,その極低温状態を維持するためには,周りからの熱侵入を抑える必要があります.JT-60SA では,サーマルシールドと呼ばれる板厚 3 mm のステンレス二重構造内に配管を張り巡らした熱遮へい板を設置し,運転時は配管に 80 K のヘリウムガスを循環させ冷却することで,超伝導コイルへの熱侵入を抑えます.全体像は**図 3** のようになります.超伝導コイルの設置前に真空容器サーマルシールドを設置しました.現在,超伝導コイルの設置を完了したところから,随時残りのサーマルシールドを設置しています(**図 4-6**).サーマルシールドは機器間の非常に

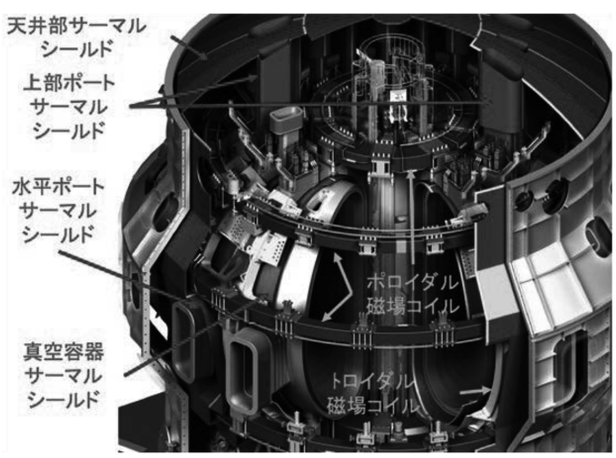


図 3　JT-60SA サーマルシールドの全体像.

図 4　水平ポートサーマルシールド.

狭い空間に設置しますが,運転に関連する変位や地震による変位に対応できる空間の確保が必要であり,精度の良い取付けが求められます.**図 6** に,斜めポートサーマ

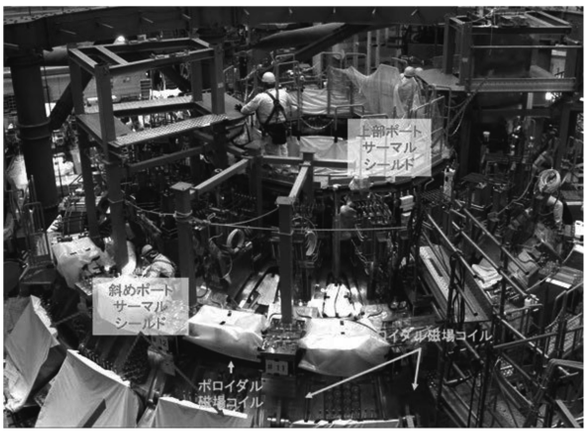


図 5　上部ポート及び斜め上ポートサーマルシールド.

図 6　斜めポートサーマルシールドの位置合わせ.

ルシールドの位置合わせの工夫を示します．サーマルシールドに施した複数の基準点をレーザートラッカで測定しながら，取付け位置を慎重に定めるとともに，現場合わせして製作したカプラーを用いて，斜めポートサーマルシールドに対して要求される取付け精度（± 10 mm）を実現しました．これまでに，全ての斜め及び水平ポートのサーマルシールドの設置を完了しました．

（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）

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより（78）

1. 第24回IFERC事業委員会が開催

2019年3月7日に東京において，第24回IFERC事業委員会が開催されました．欧州側からメゾニエ議長を含む委員3名と専門家5名，日本側から委員2名と専門家9名，これに中島事業長及び事業チーム員6名と書記1名の計26名が参加しました（**図1**参照）．今回の事業委員会では，各活動（原型炉設計・R&D，ITER遠隔実験センターなど）の2018年の活動状況の年次報告について審議し，同年次報告を第24回BA運営委員会（2019年4月11日，青森県六ヶ所村で開催予定）に提出し承認を求めることに同意しました．また，幅広いアプローチ運営委員会の要請に応えて，BAフェーズII（2020年4月～2025年3月）を含むIFERC事業計画の更新案も審議されました．主な確認・審議事項は，以下のとおりです．

原型炉設計活動では，2017年の第2中間報告書で整理したフェーズI延長期間中（2017年6月～2020年3月）に取り組むべき設計作業を継続し，特に，ダイバータでの除熱設計及び炉内機器設計において進展したことが報告されました．原型炉R&D活動では，欧州トカマク装置JETの真空容器内から採取したタイル及びダストの新しい分析手法を開発したことが報告されました．また，2018年9月に六ヶ所核融合研究所に搬入した同装置からのタイル及びダストの追加試料を分析した結果，実験炉ITERや原型炉で想定されるタングステン壁ではトリチウム吸蔵量が大幅に低減されることを示す重要なデータが得られました．ITER遠隔実験センター（REC）活動では，欧州トカマク装置WESTとの遠隔実験を2018年11月に試み，実験条件をREC側（六ヶ所村）で作成し，WESTでの連続3ショットの放電に成功しました．

次回のIFERC事業委員会は，2019年10月9～10日に青森県六ヶ所村の量研 六ヶ所核融合研究所において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

トカマクのポロイダル磁場コイルのうち一つは，トーラスの中心付近の“ドーナツの穴”に縦方向に設置され，中心ソレノイド（CS）と呼ばれます（**図2**）．CSの役割はトカマクのプラズマ電流を作るとともに，トカマクのポロイダル磁場を作ることです．トカマクのトロイダル磁場コイル（TFC）はトロイダル方向の磁場しか作りません．そのため，プラズマの閉じ込めを劣化させる“荷電分離現象”を回避するために，磁場のねじれを作

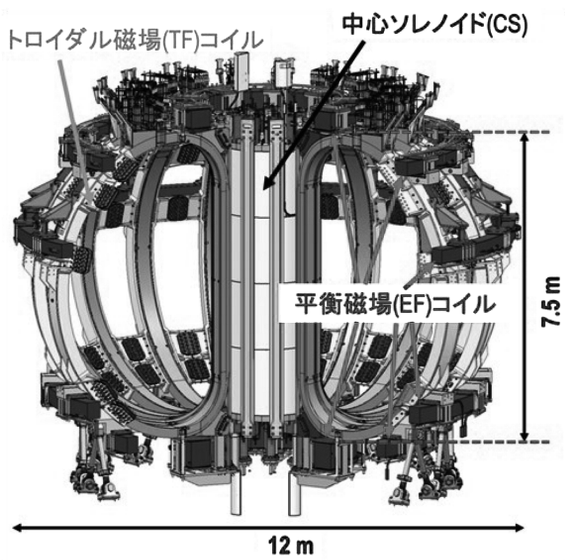


図2　JT-60SAの超伝導コイル．

図1　第24回IFERC事業委員会の参加者．

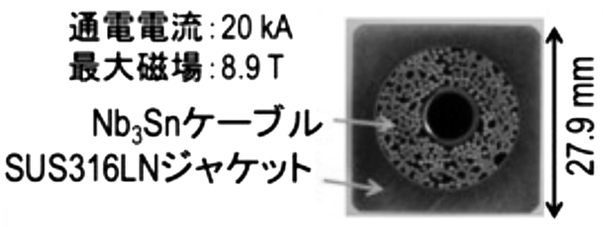


図 3　CS 巻線の断面.

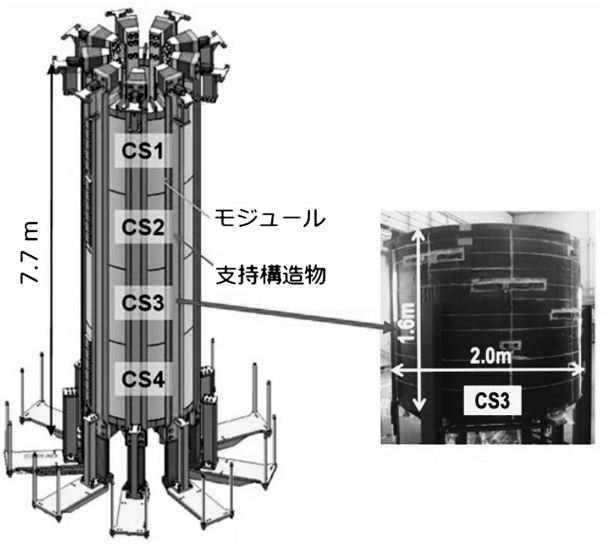


図 4　CS コイルの全体像．4 つのモジュールからなる.

る必要があります. その磁場が, プラズマ電流によるポロイダル磁場です. プラズマ電流は, トランスと同じ原理により CS による誘導磁場で発生します. プラズマ電流は，加熱にも貢献し，CS によるプラズマ加熱をオーミック加熱 (OH) と呼びます. このように CS はトカマクプラズマにとって重要な意味を持ちます.

JT-60SA は, コンパクトな装置と大体積プラズマを両立させるため低アスペクト比の装置となっています.

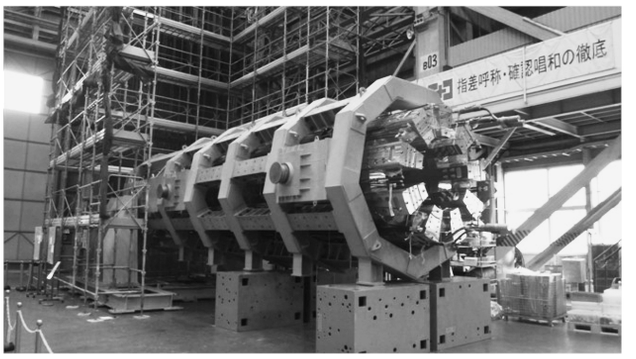


図 5　一体化が完了し横倒しされた CS 配管や計測線の取付け作業を行っている.

結果として，“ドーナツの穴”に相当する空間は大変小さくなっており，この狭い空間で強磁場を生成するために，核融合の分野では比較的先進的である超伝導素材であるニオブ錫（Nb_3Sn）を使用しています（**図 3**）. 日本が調達を担当する JT-60SA の CS は ITER に次ぐ世界最大級のコイルであり，直径 2 m，高さ 6.4 m，重量 100 ton で, Nb_3Sn 超伝導導体に 20 kA を通電することにより 8.9 T の磁場を発生します．この CS は 4 つのモジュール（**図 4**）として製作して，3 月に一体化しました (**図 5**). 1 つのモジュールを製作するためには, 約 2.8 km の超伝導導体を使用します．そこで，超伝導導体をコイル状に巻線後，超伝導導体同士を銅などの常伝導導体を介して接続し, 1 つのコイルにする必要があります. 接続部の電気抵抗による発熱が大きいと, 接続部付近の超伝導状態の維持が難しく，冷凍能力の増強が必要となります．そのため接続部の電気抵抗は 5 nΩ以下とする必要があります．狭い空間の中でコイル直径を可能な限り大きくする必要があるため，超伝導ケーブル同士を突合せでコンパクトに接続する方式を開発しました．現在 2019 年 4 月の設置に向けて準備を進めています.

（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）

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより（79）

サテライト・トカマク（JT-60SA）計画の進展

日本が製作を担当している中心ソレノイド（CS）が完成し，JT-60SAのトカマクの中心に設置されました．CSはプラズマ電流あるいはポロイダル磁場を作る役割を持ち，上から見ると円形をしています．CSの形状が真円からゆがんで製作されると，トカマクに発生するポロイダル磁場もゆがみ，プラズマの形状や位置制御に悪影響を与えます．この磁場のゆがみを“誤差磁場”と呼び，誤差磁場を小さくすることがプラズマの性能を高めるために重要です．JT-60SAのCSは，導体の曲率を常時測定しながらコイルを巻線し，さらに理想的な曲率と測定した曲率を比較し，そのずれを逐次フィードバックすることで曲率を修正し，真円に近い形状となるよう製作を進めました．加えて4つのモジュール（CS1-4：**図1**）の芯を揃えるため，レーザートラッカーを用いて位置測定をしながらモジュールの積層を行いました．その結果，CSは直径2mという大型のコイルでありながら，真円からのずれは最大0.72mm（JT-60SAの要求値：4.0mm）という極めて真円に近い形状で製作することができました．この成果により，プラズマの形状や位置を精度よく制御できると期待されます．

CSは約100tonという重量物ですが，輸送するための治具は，トラニオンと呼ばれる突起構造を持ち（**図2**），そのトラニオンを支点に立て起こしなどの姿勢を変える作業が実施できるようになっています．また9方向からCSを挟み込み固定することで，輸送中や立て起こし時にモジュール同士がずれることを防いでいます．完成したCSは輸送のために横に倒した状態で，工場のある神戸から茨城港（日立港区）まで海上輸送を行いました．港からの陸上輸送は，輸送治具を含め130tonという重量物の荷重を分散させるために全長35mの特殊なトレーラーを用いて実施され，那珂核融合研究所の組立室に搬入されました（**図2**）．搬入後，事前に取り付けた合いマークが一致することを確かめることで，輸送中にモジュールがずれていないことを確認し，その後組立室内で再度立て起こされました（**図1**）．2019年5月に，CSは一括で吊り上げられ（**図3**），トカマク中心の所定の位置に設置され（**図4**），これによりJT-60SAに用いられる全ての超伝導コイルの組立が完了しました．現在は，電流を供給する電源と超伝導コイルの間を接続する電流フィーダの組立を進めています．

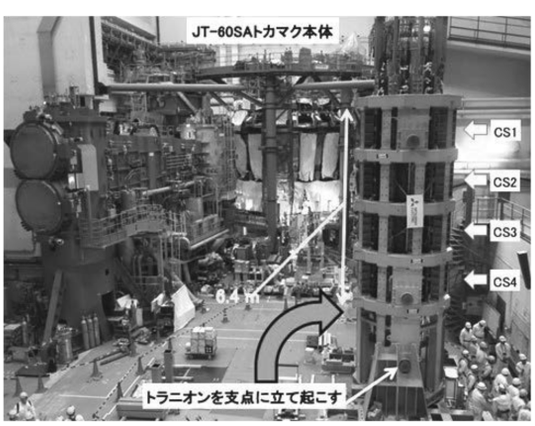


図1　組立室内で再度立て起こされたCS.

図2　那珂核融合研究所の組立室に搬入されたCS.

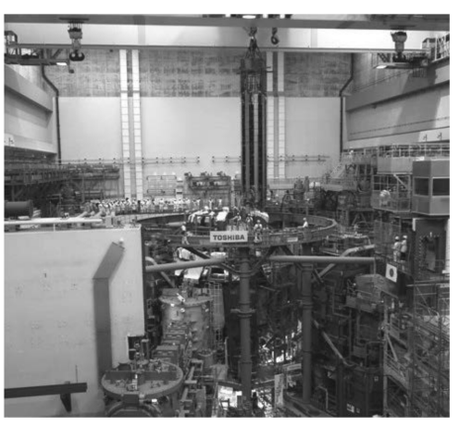


図3　輸送治具より吊り出され移動中のCS.

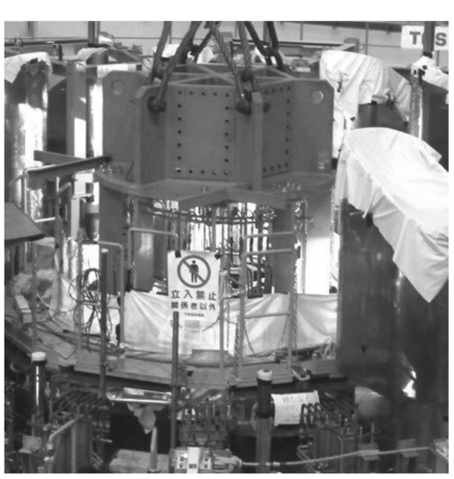


図4　設置完了直後.

（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）

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより（80）

1. 第 24 回幅広いアプローチ（BA）運営委員会の開催

4月11日に青森県六ヶ所村の六ヶ所サイト(六ヶ所核融合研究所)において，第24回BA運営委員会が開催されました(**図1**)．欧州からガリバ欧州委員会エネルギー総局原子力・安全・ITER局長（欧州代表団長）を含め委員3名と専門家7名，日本から千原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14名，各事業長及び事業委員会議長6名の計34名が参加しました．

今回の運営委員会では，BA活動における国際核融合材料照射施設に関する工学実証及び工学設計活動(IFMIF/EVEDA)，国際核融合エネルギー研究センター(IFERC)，サテライト・トカマク計画（STP）の3つの事業について，次のとおり事業の進展を確認するとともに，各事業長より2020年4月以降に開始予定の二期目の活動（BAフェーズII）を含む事業計画案等について意見交換がなされました．

IFMIF/EVEDA事業では，高周波四重極の試験が行われ，陽子ビーム加速試験での信頼性が非常に向上しました．日本と欧州の多くの研究者の協力の下で，最初の重陽子ビーム加速が2019年3月に初めて成功しました．5月に開始されるシステムの組立に向けて，超伝導高周波（SRF）線形加速器の機器の六ヶ所核融合研究所への納入が進められています．

IFERC事業では，全ての活動が2018年，2019年作業計画どおりに進捗しています．そのうち，原型炉R&D活動では，欧州トーラス共同研究施設（JET）のタイル/ダストの分析によりITERや原型炉に貢献するトリチウム挙動に関する重要な知見が得られています．また，計算機シミュレーションセンター活動では，日本と欧州のスーパーコンピューターを共有した日欧共同シミュレーションプロジェクトが開始されました．

サテライト・トカマク計画事業では，真空容器とトロイダル磁場コイルの据付が完了し，中心ソレノイドの据付準備が整い，全ての据付と組立作業が2020年3月のトカマク組立作業完了に向け計画通り進捗しています．JT-60SAのファーストプラズマは2020年9月を予定しています．また，運営委員会は，ITER機構と両実施機関(QST，F4E)間のSTP事業に関する協力取決めの提案を歓迎し，ITERの組立，コミッショニング，運転期をサポートするためにJT-60SAのみが果たし得る役割について再確認しました．この協力取決めは今後数ヶ月の間に締結されます．

加えて，運営委員会は，六ヶ所サイトにおける欧州研究者，技術者及びその家族への高い水準の生活支援及び教育支援に対する青森県及び六ヶ所村による多大な努力に感謝の意を表明しました．

次回会合は，2019年12月6日にドイツ・カールスルーエにて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

那珂核融合研究所では，今年6月24-26日に第8回「JT-60SA日欧研究調整会議」を開催しました（**図2**）．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27名（内TV会議2名，17研究機関），国内大学等9名（3機関），及び量研機構23名，プロジェクトチーム2名の合計61名の研究者が参加し，ITER及び原型炉での課題を共有するとともに，同課題解決に向けたJT-60SA増力後の実験研究およびシミュレーション研究に関する求心的な議論が行われました．

図1　第24回BA運営委員会の日欧代表団．

図 2　第 8 回 JT-60SA 研究調整会議（RCM-8）の参加者.

議論の時間を多くとることで日欧の意見交換が活発になされ，大学の先生も共同研究に関する分科セッションに参加されるなど，より密な協力関係を築くことができました．また，今回は JT-60SA 日欧技術調整会議との合同セッションが行われ，ITER 機構から JT-60SA と ITER の間の協力において ITER への還元を期待する課題が 16 あることが示され，そのうちの 8 つについて具体的な内容が紹介されました．昨年 9 月に最終版が出版された JT-60SA リサーチプランに関して，モデリング・シミュレーション研究，プラズマ位置・形状制御ソフトウェア開発，計測器開発・検討などの進捗を共有し，今後の活動予定や論文執筆の議論を行いました（日欧合わせて 2019 年発表件数 33 件）．また，JT-60SA の実験データ解析ソフトウェア eDAS の開発状況が利用方法のデモンストレーションを交えて紹介され，日欧双方の研究者から高い評価を得ることが出来ました．今後の研究調整会議について，リサーチプランの最終版が出版され，さらに，JT-60SA 実験チームが発足した後には研究活動は同チームに引き継がれることから，2021 年度に予定している第 9 回会議を最後とすることで同意しました．なお，第 8 回会議から第 9 回会議まで期間が空いてしまうことから，TV 会議による小会合を複数回開催することも併せて同意しました．これらの第 9 回会議および小会合にも，引き続き国内検討代表者と専門家にご参加を賜りたいと考えています．

（量子科学技術研究開発機構
核融合エネルギー部門）

インフォメーション

幅広いアプローチ活動だより（81）

IFMIF/EVEDA 原型加速器 RFQ による世界最高強度の重陽子ビーム加速に成功

六ヶ所核融合研究所では，幅広いアプローチ活動に基づく日欧共同事業の一環として，IFMIF（国際核融合材料照射施設）原型加速器の研究開発を進めています．このIFMIF 原型加速器は，IFMIF の原理実証を目的として，大電流の重陽子ビームの加速試験を行うための装置です（**図 1** 参照）．昨年 6 月に高周波四重極線形加速器（RFQ）による 2.5 MeV までの陽子ビーム加速に初めて成功し，QST と欧州の研究機関の合同チームにより，日本のリーダーシップの下，ビーム試験を進めてきました．今年 3 月にから重陽子ビーム加速試験に移行し，以来，少しずつビーム電流を増加させながら試験を行っていましたが，7 月 24 日，プロジェクトの初期のマイルストーンであり，世界最大電流となる 125 mA の重陽子ビームの 5 MeV までの加速に初めて成功しました（**図 2** 参照）．これは，これまでの RFQ による重陽子加速の実績を電流値で約 3 倍，ビーム強度（エネルギーと電流の積）としては約 7 倍上回る，前人未到の記録です．**図 3** に当該実験の成功を記念して撮った日欧合同チームメンバーの集合写真を示します．

この成果を得るためには，入射器，高周波源システム，RFQ の 3 つの機器がそれぞれ世界最高性能を発揮し，設計通り動作することが必要でした．入射器は，重水素をプラズマ化して引き出し，正イオンの形で RFQ に入射するための装置ですが，140 mA という大電流ビームを安定して生成し，かつ発散の少ない（＝低エミッタンスの）品質の良いビームを供給するため，綿密な調整を行ってきました．高周波源システムは，1.3 MW 以上の高周波を RFQ に安定に供給しました．8 系統の独立した高周波源モジュールからの高周波を単一の RFQ 空洞に入射するため，フルデジタル制御の最先端の低電力高周波（LLRF）ユニットにより，細かい位相と振幅のフィードバック制御が行われました．また，大電力増幅モジュールや，LLRF のフィードバックパラメータの緻密な調整により，このような大電流ビームに追従して大電力の高周波を安定して供給することに成功しました．RFQ は，放電限界に近い設計上限の電界強度での運転においても安定して動作し，シミュレーション計算から予測される通り，90%以上の良好なビーム通過率を示しました．ビームエネルギーは飛行時間法によって 5.0 MeV であることが確認されました．また，高エネルギー部分でのビームロスは極めて少なく，問題となるような重陽子の衝突に伴う放射化は全く見られませんでした．

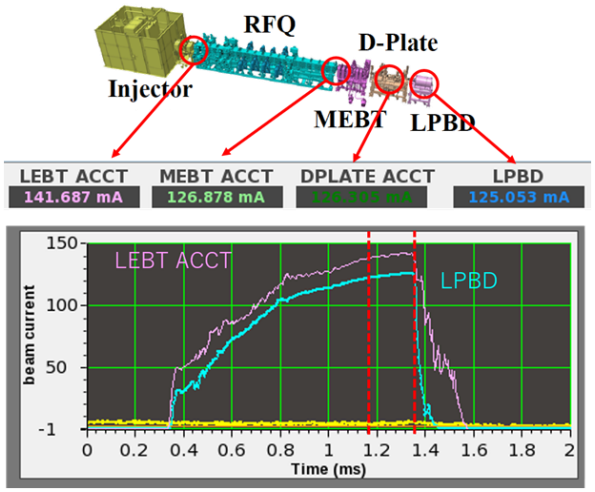


図 2　125 mA の重陽子ビーム加速時のビーム波形．

図 3　日欧合同チームによる集合写真．

この結果は，プロジェクトにとって重要なマイルストーンへの到達であると同時に，このような大電流加速器を用いた核融合中性子源の実用化にとって，大きな一歩となりました．現在日本が設計検討を進めている，核融合中性子源 A-FNS の今後の計画遂行に極めて大きな見通しを与える成果です．

（量子科学技術研究開発機構　核融合エネルギー部門）

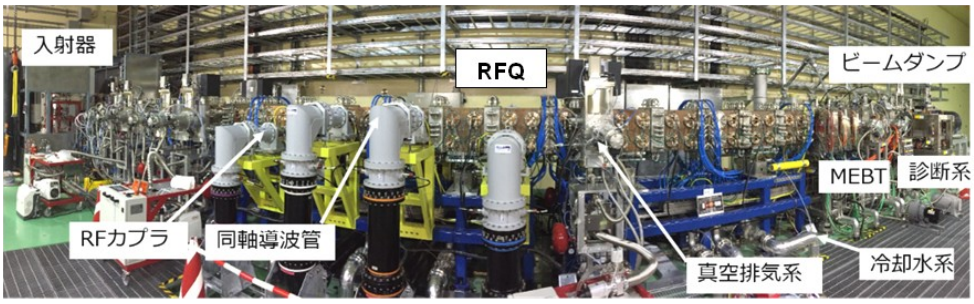


図 1　IFMIF/EVEDA 原型加速器の全体図．