

幅広いアプローチ活動だより (95)

1. BA フェーズⅡにおける原型炉 R&D 活動の進展

2020年4月より始まったBA活動 フェーズⅡでの原型炉 R&D 活動においては、欧州と連携した4つの開発タスクを実施しています。2020年度に具体的な活動内容について議論を重ね、2021年度から日欧で合意した活動を、国内大学・研究機関と協力して進めています。

トリチウム技術開発（タスク 1）においては、原型炉燃料サイクル内トリチウム挙動とトリチウム滞留量・必要初期トリチウム装荷量を評価するトリチウムサイクルシミュレーターの開発に向けて、原型炉燃料システムのボックスモデリングの整理を開始しました。特に、炉内のトリチウム蓄積モデリングに向けては、JET で使用された Be と W を壁材とする ITER-Like Wall 第三回実験キャンペーンで使用されたベリリウムリミッターとバルクタンクステンダイバータ試料を量研六ヶ所研究所の原型炉 R&D 棟にて、日欧の多くの研究者が連携して分析を行い、トリチウム蓄積量の評価に進展が得られました。

構造材料開発（タスク 2）においては、ブランケット構造材料の共通データベース開発を進めています。今年度、低放射化フェライト鋼 F82H の約 25 年にわたる単軸クリープ破断試験が終了し、実験データの内挿による低放射化フェライト鋼の 20 万時間までの設計用クリープ線図を世界で初めて取得しました。核融合中性子照射データベース整備にむけた材料モデリング・シミュレーション研究も並行して進め、新たな緩和モデルを適用した原子シミュレーションにより、従来の古典モデルでは不可能であった照射欠陥集合体の実質的な体積量をより精緻

に評価し、照射による体積スウェリングの理論的予測を可能にする基盤情報を取得しました。

増殖機能材料開発（タスク 3）においては、ロシアの試験研究用原子炉を利用した日欧連携照射実験の準備を進め、これまで照射リグの設計を進めるとともに、フェーズⅠで開発されたベリライド (Be_{12}Ti , Be_{12}V 等) や LZTO (Li 添加型 $\text{Li}_2\text{TiO}_3+\text{Li}_2\text{ZrO}_3$) 等の照射用試料を製作し、ロシア研究所への輸送を完了しています。2022 年中旬より機能材の照射応答評価照射試験の開始を目指しています。また、中性子増倍材中のトリチウム保持量評価を重水素イオン照射による昇温脱離試験により評価を実施し、Be 金属に比べ各種ベリライドのトリチウム保持量は半分程度で、放出しやすい傾向が確認されました (図 1)。

材料腐食データベース開発（タスク 4）においては、低放射化フェライト鋼の高温高压水腐食データベース整備をすすめ、温度依存性を初めて明らかにし、腐食メカニズムの理解と腐食生成物予測モデルの検討が進展しました。また、ダイバータ用銅合金の高温高压水腐食評価においては、水素添加条件において減肉量を最も抑制可能であることを見出し、冷却水仕様の絞り込みが進展しました。

原型炉設計活動の進捗と連携しつつ原型炉 R&D 活動としてこれらの活動を継続し、2025 年頃に予定されている第 2 回チェックアンドレビューにむけて、引き続き成果を挙げていきます。

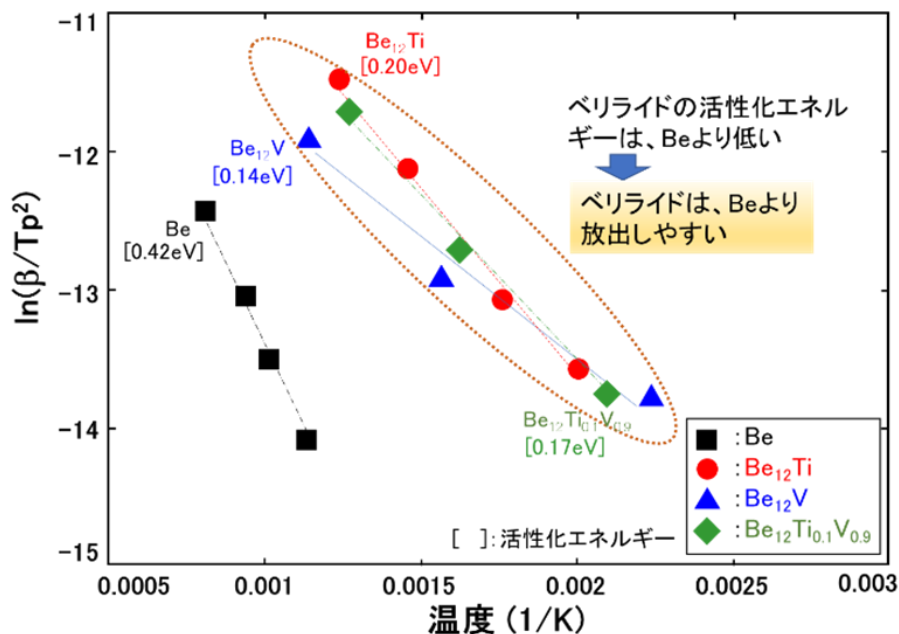


図1 ベリリウムとベリライドの重水素放出活性化エネルギー

(島根大との共同研究: J.H. Kim, M. Nakamichi *et al.*, J. Nucl. Mater. 550 (2021) 152936) .

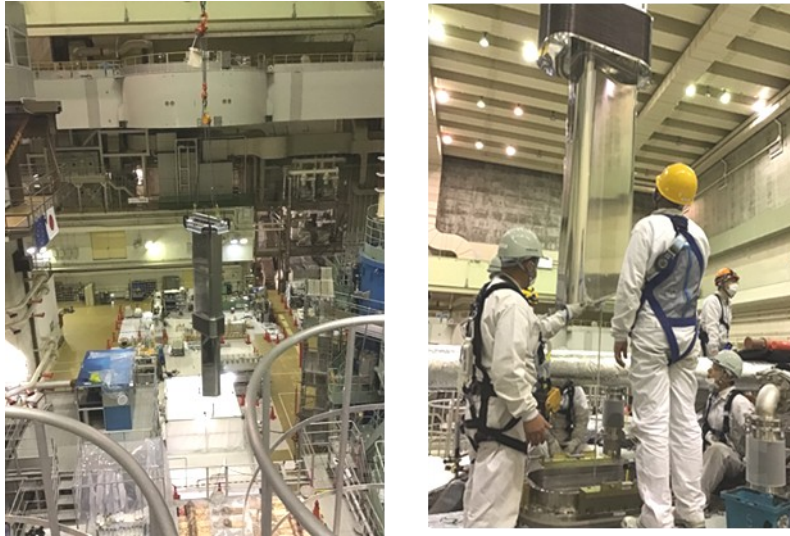


図2 上部垂直ポート吊込み中（左:組立室，右:本体機上）。

2. サテライト・トカマク（JT-60SA）計画の進展

量研那珂研究所では、JT-60SAの統合試験運転中に発生した超伝導コイルと電路との接続部の短絡事象への対応として、該当コイルの絶縁性能の不足を解消するだけでなく、すべての超伝導コイルの絶縁性能を改良するために統合試験運転を中断し、量研と Fusion for Energy (F4E) が一丸となって対策を進めています。絶縁層の改修と耐電圧性能試験については2月以降のJT-60SAの真空排気・コイル冷却の開始に向けて順調に作業が進んでいます。

一方、今回の統合試験運転の中断による今後のプラズマ加熱実験とそのための装置増強への遅れをできるだけ回復するべく、現在のコイル改修作業期間を利用して、上部垂直ポート全18体のうち9体をJT-60SA本体に組

込む作業を当初計画より前倒しで実施しています。12月末までに8体の組み込みを終え（図2）、真空容器およびクライオスタットとの溶接接続を実施しています。これらポートが接続される本体真空容器側の整備も進めました。真空容器の閉止は工程通り進行しています。

同様に、負イオン源中性粒子ビーム入射装置（N-NBI）のビームライン周辺機器の整備も前倒しで実施し、ステージの加工と再組立を完了しました。また、既の実施済みのN-NBIビームライン主要機器の500 mm位置下げに合わせ、周辺機器についても切断・再溶接等の調整作業を完了しました。さらに、YAGトムソン散乱計測のレーザー伝送系の整備も前倒しで実施しました。

（量子科学技術研究開発機構 量子エネルギー部門）

幅広いアプローチ活動だより (96)

1. 第30回 IFERC 事業委員会の開催

2022年3月23日に青森県六ヶ所村の量子科学技術研究開発機構(量研)六ヶ所研究所において、第30回 IFERC 事業委員会が開催されました。今回は2020年4月から開始された BA フェーズ II において第4回目の事業委員会であり、日本側からは飛田議長を含む委員3名と専門家14名、欧州側からは委員2名と専門家14名、これに Clement 事業長及び中島副事業長を含む事業チーム員3名と書記1名の計37名が参加しました。新型コロナウイルス感染症の影響による渡航制限が継続しているため、前回と同様にテレビ会議形式での開催となりました(図1)。

今回の事業委員会では、IFERC 事業の主活動である原型炉設計、原型炉 R&D、ITER 遠隔実験センター、計算機シミュレーションセンターについて2021年の活動状況報告を受け着実な進捗を確認しました。また、IFERC 事業の2021年年次報告と事業計画の更新について審議を行い、第29回 BA 運営委員会(2022年4月28日開催予定)に提出して承認を求めることが同意されました。主な報告・審議事項は、以下のとおりです。

- 原型炉設計活動では、8つの設計タスク(プラズマシナリオ開発、ダイバータと熱排出、安全性等)の進捗として、ダイバータプラズマやディスラプションに関する日欧コード間ベンチマークの状況や、日本の原型炉研究開発ロードマップにおける第1回中間チェック・アンド・レビューの結果が報告されました。

- 原型炉 R&D 活動では、4つの日欧共通タスク(トリチウム技術研究開発、原型炉コンポーネント用ブランケット構造材料開発、増殖機能材への中性子照射実験、材料腐食データベース開発)の良好な進捗が報告されました。
- ITER 遠隔実験センター(REC)活動では、IFMIF/EVEDA 事業との協力により整備された遠隔実験参加支援ツールが、新型コロナウイルス感染症により渡航が制限された欧州研究者の遠隔参加による LIPAc 高デューティサイクル*試験の調整試験と運転を実現したこと、ITER 事業との協力活動により、REC と ITER 機構 CODAC セクション間で本格的な協力活動が開始され、ライブ監視試験が行われたこと、遠隔実験参加支援ツールの改良と REC の設備増強を継続していることなどが報告されました。
- 計算機シミュレーションセンター(CSC)活動では、六ヶ所研究所のスパコン JFRS-1 が2022年度も運用され、その計算資源の一部が引き続き IFERC 事業へ提供されること、ITER 機構との協力として JFRS-1 を利用するディスラプションやダイバータシミュレーションプロジェクトに ITER 機構が加わっていること、2022年度に JFRS-1 を利用するシミュレーションプロジェクトの公募結果などが報告されました。

次の事業委員会は、六ヶ所研究所において原型炉設計活動技術会合と合同で2022年10月27日に開催される予定です。

2. 第29回 IFMIF/EVEDA 事業委員会の開催

2022年3月24日～25日に六ヶ所研究所において、第29回 IFMIF/EVEDA 事業委員会が開催されました。参加者は Cara 事業長と、欧州側が委員3名と専門家7名、日本側が花田議長を含む委員3名と専門家6名、これに関係者35名の計55名が参加しました。4年間プロジェクトを牽引し2022年4月で退任する Cara 事業長にとっては最後の IFMIF/EVEDA 事業委員会となりました(図2)。

今回の事業委員会では、作業計画に基づき事業の進捗状況を確認し、IFMIF/EVEDA 事業計画の更新案について審議しました。審議結果を踏まえ、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、IFMIF/EVEDA 事業計画更新案を承認のため第29回 BA 運営委員会に提出することが同意されました。事業委員会での主な報告事項は、以下のとおりです。

- 高周波四重極線形加速器(RFQ)の高デューティサイクルの加速試験(フェーズ B+)において、デューティサイクルを抑えたビーム運転の第一段階を完了しました。

* デューティサイクル：繰り返しパルス運転において、パルス幅を t_p 、パルス周期を t_w とすると、 t_p/t_w で定義される値。デューティサイクル 100% は定常運転に対応する。



図1 第30回 IFERC 事業委員会における現地及びオンライン参加の様子。



図2 第29回IFMIF/EVEDA事業委員会における現地及びオンライン会議での参加者。写真中央で退任の記念品を持つCara事業長。

- RFQについては、コンディショニング**の進捗により空洞電圧が定格値の80%において定常運転を実現し、定常運転に向けた重要なマイルストーンを達成しました。
- 入射器については、定常運転調整の進捗により目標となる150 mAの引き出し電流を達成し、RFQによるビーム加速試験の準備を完了しました。
- 併せて、ほとんどのビーム診断機器の検証を終え、加速試験における次の段階であるデューティサイクルの向上に向けた試験の準備を完了しました。
- 核融合中性子源の設計活動については、リチウムターゲットで用いる熱交換器のオイル選定やリチウム純化系試験装置の設計が進展しました。これらの活動の成果はA-FNSの工学設計に取り入れられる予定です。

次回の事業委員会は2022年10月20日(木)～21日(金)に六ヶ所研究所で開催することとしました。

3. サテライト・トカマク (JT-60SA) 計画の進展

那珂研究所では、JT-60SAの統合試験運転中に発生した超伝導コイルと電路との接続部の短絡事象への対応として、該当コイルの絶縁性能の不足を解消するだけでなく、すべての超伝導コイルの絶縁性能を改良するために統合試験運転を中断し、量研とFusion for Energy (F4E) が一丸となって対策を進めています。統合試験運転の再開に向け、絶縁層の改修と耐電圧性能試験については順調に作業が進んでいます。既にコイル接続部は84箇所中60箇所の施工を完了し、高温超伝導電流リードは26箇所中26箇所の施工を完了しました。

一方、統合試験運転後のプラズマ加熱実験とそのため装置増強のための機器の調達も順調に進んでいます。

図3は3月に那珂研究所に納入されたJT-60SA用不純物



図3 那珂研究所に納入されたJT-60SA用不純物ペレット入射装置と担当者(核融合科学研究所田村先生、左から2人目)および量研関係者。

ペレット入射装置です。委託研究から始まり、核融合科学研究所の田村先生が量研へのクロスアポイントメントで製作を担当されました。今後那珂研究所内において装置単独で様々な試験を実施した上でJT-60SAに据付ける計画です。

(量子科学技術研究開発機構 量子エネルギー部門)

** コンディショニング：ビームを加速しない条件で、大電力の高周波をRFQに投入し、内部の清浄化を進めて高周波が入り加速できる条件を作る過程。

幅広いアプローチ活動だより (97)

1. ITER 遠隔実験センター活動の進捗

量子科学技術研究開発機構(量研)六ヶ所研究所にある国際核融合エネルギー研究センター(IFERC)のITER遠隔実験センター(REC)では、幅広いアプローチ(BA)活動のフェーズⅡとして、ITER機構(IO)との協力、国際核融合材料照射施設の工学実証・工学設計活動(IFMIF/EVEDA)事業との協力、サテライト・トカマク(JT-60SA)計画事業との協力の3つを柱とした研究活動を展開しています。

2021年にはIOとIFERC事業の協力の一環として、IOが開発している遠隔参加やデータ解析のための各種アプリケーション試験、ショット間やオフライン解析のための実験データ高速転送、ITER実験やプラントのライブデータ・映像の低遅延モニタリング、オンサイトと遠隔サイトの円滑なコミュニケーション等のテーマについての共同研究を開始しました。2021年9月にIOと2022年までの作業計画について合意し、まずITER Dashboardと呼ばれるIOが開発したプラットフォームを用いたITERプラントデータのライブモニタリング試験を開始、IO-REC専用高速回線(L2 VPN)を介して、既にITERサイトで稼働中の設備の現在の運転状況を六ヶ所村のREC室からライブモニタできるようになりました(図1)。この試験ではモニタ対象データやレイアウトのカスタマイズ性、遅延、及び長期間のデータ自動更新の動作安定性等について試験を行い、良好な初期結果が得られました。細かな改善点も含めた試験の結果はIOにフィードバックされ、IO側でITER Dashboardの改良が進められました。これによりサンプリングレートの低いプラントデータについては、見たいデータを自由に選んで1秒未満の遅延で長時間安定にライブモニタリング可能な見通しが得ら

れました。今後さらにサンプリングレートの高い物理計測データのライブモニタリング試験や、EPICSと呼ばれるツール群に基づくライブモニタリング試験を進める計画です。

IFMIF/EVEDA事業におけるIFMIF原型加速器(LIPAc)との協力では、新型コロナウイルス感染症の世界的流行の影響により欧州側専門家が来日して加速器の組立て調整作業に参加できない事態の継続を受け、遠隔実験参加ツール群の改良と設備の増強を進めました。遠隔実験参加ツール群の改良のために日欧とIFERC/IFMIFの人員を含むタスクフォースが再度編成され、6月までにセキュアなネットワーク接続法であるSSL-VPNの速度改善やアーカイブデータのEUへの複製に成功する等の成果を



図1 ITERと結んだ専用高速回線による、REC室におけるITER設備のライブモニタリングの様子。

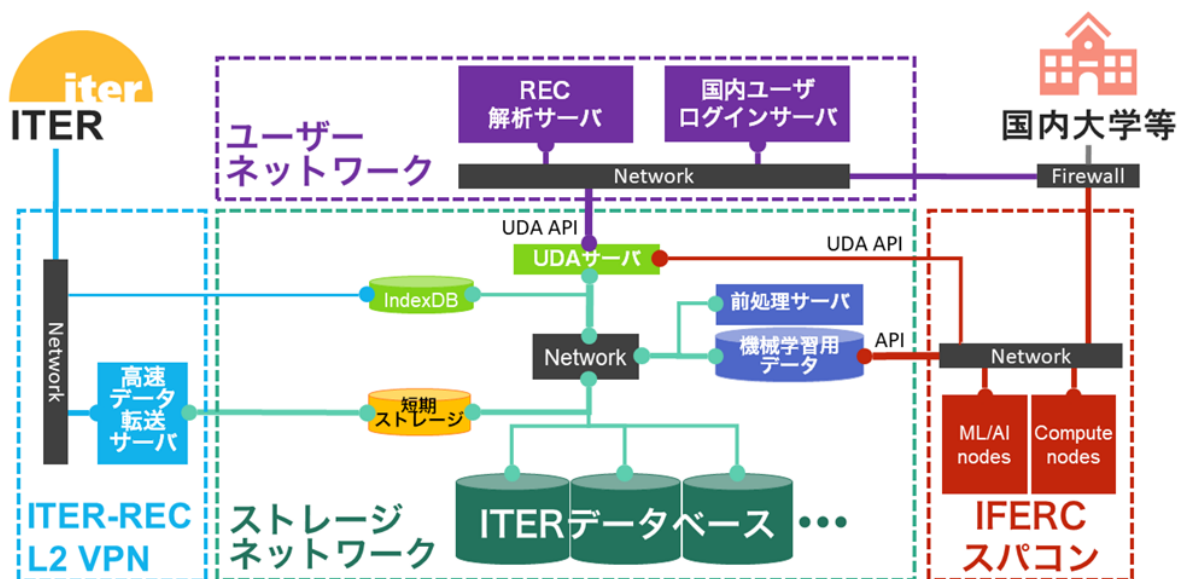


図2 核融合科学情報センターストレージネットワーク概念設計。



図3 計測用ポートプラグ群.

上げ、これらの改善によりLIPAc実験のデューティサイクル*上昇試験が可能となりました。また2020年に成立したRECの日欧合同調達取り決めを改正し、遠隔実験参加用ネットワーク専用的高性能ファイアウォールの整備を進めて、速度や利便性が向上するなど、IFMIF/EVEDA事業の進展に大きく貢献しました。今後もIFMIF/EVEDA事業の進展と歩調を合わせたシステムの継続的な改良を進める計画です。

上記のIO-BA協力やIFMIF/EVEDA事業との遠隔参加協力の成果を基に、六ヶ所研究所に転送したITERデータをオールジャパンにて最大限活用して原型炉研究開発に資するための研究・開発基盤として、ITER実験データベースとIFERC-CSC(計算機シミュレーションセンター)のスパコンおよび遠隔実験施設の3機能を有機的に結合した核融合情報科学センター構想に向けた具体的な検討を進めています。2021年には、この構想の中核となるストレージネットワークの概念設計を進め、高速データ転送、国内研究者による遠隔実験参加時のショット間解析や実験後のオフライン解析、機械学習手法を用いたデータ駆動型モデリングとスパコンの融合、等を想定したシステムの設計検討を進めました(図2)。今後さらに検討を進め、IOとのすり合わせ等を行いながらシステム詳細仕様の具体化を進める計画です。

* デューティサイクル：繰り返しパルス運転において、パルス幅を t_p 、パルス周期を t_w とすると、 t_p/t_w で定義される値。デューティサイクル100%は定常運転に対応する。

2. サテライト・トカマク(JT-60SA)計画の進展

那珂研究所では、JT-60SAの統合試験運転中に発生した超伝導コイルと電路との接続部の短絡事象への対応として、該当コイルの絶縁性能の不足を解消するだけでなく、全ての超伝導コイルの絶縁性能を改良するために統合試験運転を中断し、量研とFusion for Energy(F4E)が一丸となって対策を進めています。統合試験運転の再開に向け、絶縁層の改修と耐電圧性能試験について作業を進め、コイル接続部について、ほぼ全ての箇所の施工を完了しました。最終的な仕上げ作業として、計測線等の絶縁性能の改良も実施しています。今後も安全・品質を最優先に作業を進めます。並行して、統合試験運転の再開に向けて、様々な作業を実施しています。例えば、コイル電源が長期間休止していたため、模擬負荷通電試験を実施して健全性を確認しました。

一方、統合試験運転後のプラズマ加熱実験に向けて、装置増強のための機器整備も進めています。JT-60SAでは数多くの計測器を整備しますが、図3に示すとおり、大部分の計測用ポートプラグの製作が完了しました。クライオスタットとプラズマの間の距離が長いので、長さは数mに及ぶものもあります。これらポートプラグの設計製作においては、不純物堆積や輻射熱等に関する対策を行うとともに、実験時の応力や振動に対する耐久性を確保しています。統合試験運転が完了した後に据付を実施します。

(量子科学技術研究開発機構 量子エネルギー部門)

幅広いアプローチ活動だより (98)

1. IFMIF/EVEDA 原型加速器入射器の大電流定常運転試験を実施

量子科学技術研究開発機構(量研)六ヶ所研究所では、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(LIPAc)の研究開発を進めています。このLIPAcは、IFMIFのための大電流重陽子ビームの加速実証を行うための加速器です。2019年7月に高周波四重極線形加速器(RFQ)によるピーク電流125 mAの短パルス(1 ms幅)ビームの加速に世界で初めて成功した後、定常(CW)ビームの加速を目指し、試験を進めてきました。RFQと定常ビームを受け止めることができる大電力ビームダンプを繋ぐ長パルス試験用ビームライン(図1)が完成し、ビームダンプへのビーム入射、重陽子ビームの加速に2021年7月に初めて成功しました。2021年中の試験は短パルスビームを用いて行いましたが、現在、パルス長をさらに伸ばすための準備を進めています。その一環として、RFQにビームを供給する入射器の大電流CW運転試験を本年1月より実施しています。LIPAcの入射器は、電子サイクロトロン共鳴型(ECR)イオン源と低エネルギービーム輸送系から構成され、RFQで125 mA, CWの重陽子ビーム加速を達成するために、140 mA, CWの重陽子ビームを安定に供給することが求められます。加えて、ビームの空間的広がりを表すエミッタンスが低いことも必要であり、これらの要件を同時に満たし、かつ安定に運転できる条件を確立する必要があります。この目標のため、ビーム引き出し口径の異なる複数の電極を用いながら、総ビーム電流とエミッタンスの関係について実験的に最適な条件を探索しています。本年3月の試験で、総ビーム電流150 mA、重陽子割合91%(137 mA)のビーム条

件で約11時間の連続CW運転を達成しました。これはLIPAcの入射器として要求される性能をほぼ満足するものです。さらに、これまでの試験結果を踏まえ、より低エミッタンスの大電流重陽子ビームの安定供給に向けて、試験を継続しています。

2. サテライト・トカマク(JT-60SA)計画の進展

那珂研究所では、JT-60SA統合試験運転の再開に向けて、超伝導コイルと回路との接続部の短絡事象への対応を進めています。それら作業の効果を確認するだけでなく、装置全体の耐電圧性能を確認するために、クライオスタット内の圧力を変化させて、放電しやすい条件を人為的に作り、その条件においても耐電圧性能をもつことを確認する、全体パッシェン試験を計画しています。試験に必要なクライオスタット内圧力の制御手法や手順等の確認を進めました。

一方、統合試験運転後のプラズマ加熱実験のための装置増強に向けて、機器整備も順調に進めています。高周波加熱装置においては、欧州が調達したジャイロトロン電源(図2)について、欧州の技術者が来所して、インターロック試験を実施しました。更に、模擬負荷を用いた出力試験にも成功しました。プラズマ計測についても、荷電交換再結合分光(CXRS)計測器やモーションアルシタルク効果(MSE)計測器における対物光学系の調達を完了しました(図3)。高い空間分解能を得るために、CXRS計測器では微調整機構を実装し、MSE計測器では光弾性変調器等の光学機器配置の最適化を行いました。また、プラズマからの熱輻射や実験時の振動・加速度に対する耐久性を確保するための対策も施しました。統合試験運転が完了した後に据付を実施します。

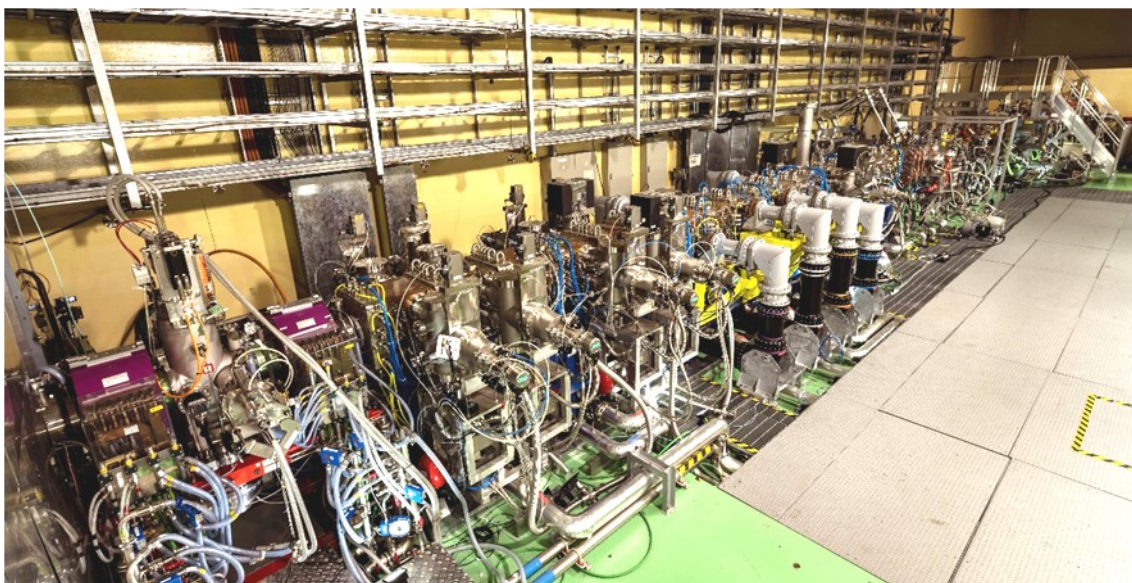


図1 IFMIF 原型加速器のRFQと長パルス試験用ビームライン。



図2 欧州製ジャイロトン電源.

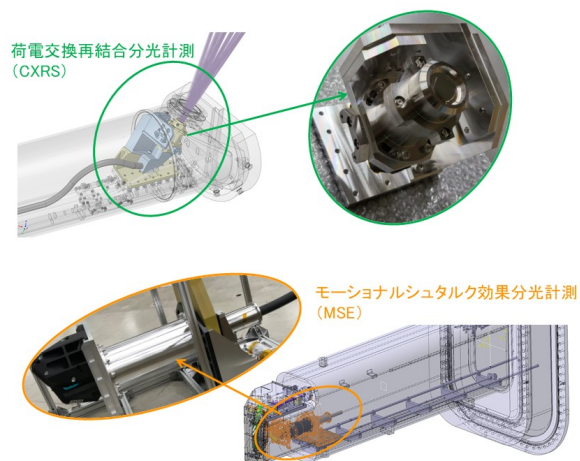


図3 CXRS 計測器及び MSE 計測器の対物光学系.

(量子科学技術研究開発機構 量子エネルギー部門)

幅広いアプローチ活動だより (99)

1. BA 原型炉設計活動タスク会合に向けた日欧進捗会議の開催

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) 事業の原型炉設計活動において、次回の第36回BA原型炉設計活動タスク会合に向けた日欧による進捗会議が4月26日に開催されました。本会議には日本側から11名、欧州側から7名(合計18名)が参加しました。本会議は例年ドイツのマックスプランク・プラズマ物理研究所内の欧州実施機関 (F4E) において実施されますが、昨今の新型コロナウイルス (COVID-19) の影響による渡航制限のため、オンラインでの開催となりました(図1)。

今回の会議では、BA原型炉設計活動における8つの設計タスク(プラズマシナリオ開発、ダイバータ設計、炉内機器設計、遠隔保守、安全性、システムコード、超伝導マグネット、及びプラントシステム)の内、特に日欧共同で進めている5つの設計タスク(プラズマシナリオ開発、ダイバータ設計、炉内機器設計、遠隔保守、及び安全性)において、日欧のタスク責任者からこれまでの進捗と今年度の検討計画について報告がなされました。合わせて、原型炉R&D活動におけるタスク(トリチウム、炉構造材料、ブランケット機能材料、及び材料データベース)においても同様の内容で報告がなされ、設計の進捗や計画と合わせて議論がなされました。特に日欧共通の設計課題の解決に向け、重要な炉設計パラメータであるアスペクト比に着目した設計検討の進捗報告では、核融合出力やパルス時間、外部電流駆動パワー、遠隔保守におけるアクセス性など、多角的な視点からの検討状況が示され、参加した専門家で意見交換が行われました。

次回のタスク会合は11月にハイブリッド開催される予定です。

2. IFERC-CSC スパコンを用いた数値シミュレーション研究

IFERC の計算機シミュレーションセンター (IFERC-CSC) のスーパーコンピュータ JFRS-1 は 2022 年度も運用が継続され、計算資源の一部を引き続き IFERC 事業へ提供しています。2022 年 5 月 13 日に、昨年度 JFRS-1 を利用して実施された日欧のシミュレーション研究プロジェクトの主要な成果の共有を目的としたワークショップを開催しました。昨年同様オンラインでの開催となり昨年より 1 件多い 6 件 (JA プロジェクト: INDEXBA, TOKEDGE, EU プロジェクト: HDsheath, JTGENE, BigDFT4W, 日欧合同プロジェクト: SSDEMO) の発表がありました。INDEXBA (発表者: 松山 (QST)) からは、ITER のディスラプション緩和システムの設計最適化に向けて、QST 開発のディスラプション統合コード INDEX と欧州のコード JOREK を用いた粉砕ペレット入射シミュレーションの比較が進展したことなどの報告があり、TOKEDGE (発表者: 瀬戸 (QST)) からは非線形 MHD 乱流コード BOUT++ において、長波長成分を適切に取り扱うポアソンソルバの改良とそれを用いたペデスタル崩壊シミュレーションの結果についての報告がありました。HDsheath (発表者: Tskhakaya (IPP Czech Academy of Sciences)) からは、ITER や原型炉で予想される高密度プラズマにも適用できる新しいプラズマシースモデルの開発についての報告が、JTGENE (発表者: Iantchenko (EPFL-SPC)) からは局所ジャイロ運動論コード GENE を用いた JT-60SA プラズマの電磁乱流シミュレーションの結果についての報告が、BigDFT4W (発表者: Gutiérrez Moreno (Barcelona Supercomputing Center)) からは、従来の密度汎関数理論 (DFT) 計算と古典分子動力学計算

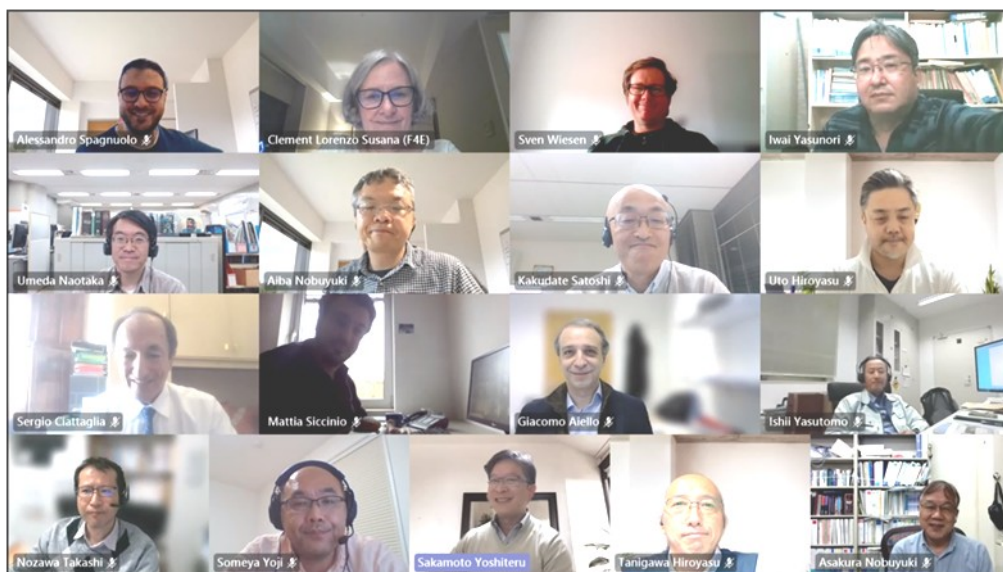


図1 第36回BA原型炉設計活動タスク会合に向けた日欧進捗会議の様子(2022年4月、Web会議で開催)。

の間を埋める数千原子規模のオーダー N 法 DFT 計算によるタングステンの電子構造や格子欠陥に関するシミュレーション結果についての報告がありました。SSDEMO（発表者：朝倉（QST））からは日欧による原型炉設計活動で進めているダイバータコード(SONIC と SOLPS)の比較検討として SONIC による EU DEMO のダイバータシミュレーションと JA DEMO ダイバータのためのヘリウム排気の研究の進展について報告がありました。ワークショップのプログラムや発表資料は IFERC の Web サイト[1]に公表されています。

2022 年度に BA 活動の下で JFRS-1 を利用する研究プロジェクトについては今年初めに日欧で公募が行われました。日欧合同割当委員会の審査を経て応募のあった 33 プロジェクトのすべてが採択され JFRS-1 の計算資源が割り当てられています。このうち 20 プロジェクトが欧州の研究者が代表のもの、4 プロジェクトが日本の研究者が代表のもの、9 プロジェクトが日欧の研究者が共同で代表となるものです。このうち 2 プロジェクトには ITER 機構も参加して ITER のためのシミュレーションを行っています。これらのプロジェクトでは、ITER、JT-60SA、原型炉等の核融合プラズマで重要なダイバータ、ディスラプション、プラズマ乱流に関するシミュレーションの他、原型炉のための材料のシミュレーションなども継続して行われています。

3. サテライト・トカマク（JT-60SA）計画の進展

那珂研究所では、JT-60SA 統合試験運転の再開に向けて、超伝導コイルと電路との接続部の短絡事象への対策を進めてきました。一連の対策後の耐電圧性能を確認するための全体パッシェン試験の計画を進めています。全体パッシェン試験に向けて、放電が生じた場合に検出確認するためのカメラや検出器を整備するとともに、試験データを解析するためのプログラムを開発しました。また、統合試験運転時の安全性を高めるために、超伝導コイルおよび電路の正極側と負極側の対地電圧を均等化できるように、超伝導コイル電源回路を改良し中点接地用抵抗器盤（図 2）の据付を完了しました。改良した電源設備の耐電圧試験や模擬負荷を用いた通電試験に成功しました。

一方、統合試験運転後のプラズマ加熱実験のための装置増強に向けて、機器整備も順調に進めています。容器内機器等に大量の冷却水を供給する一次冷却水設備に



図 2 中点接地用抵抗器盤。



図 3 一次冷却水配管母管。

については、JT-60 既存設備を再利用し JT-60SA 用に母管を敷設しました（図 3）。今後は、母管から各機器へ接続する枝管を整備し、大規模な冷却水の系統を整備します。中性粒子ビーム入射装置についても、カロリメータ圧空シリンダー部や配管類等のビームライン周辺機器の再組立てや運転制御系の整備を実施しています。

[1] https://www.iferc.org/index.php/achievements-of-csc-2/#csc_Ac_large_2022

（量子科学技術研究開発機構 量子エネルギー部門）



幅広いアプローチ活動だより (100)

1. 第31回 IFERC 事業委員会の開催

2022年10月27日に青森県六ヶ所村の量子科学技術研究開発機構(量研)六ヶ所研究所において、第31回 IFERC 事業委員会がテレビ会議形式にて開催されました。今回は2020年4月から開始されたBAフェーズIIにおいて第5回目の事業委員会であり、日本側からは飛田議長を含む委員3名と専門家14名、欧州側からは委員3名と専門家16名、これにClement 事業長及び中島副事業長を含む事業チーム員4名と書記1名の計41名が参加しました(図1)。今回の事業委員会では、欧州側委員1名及び原型炉設計活動リーダーの交代の報告、並びに、IFERC 事業の主活動である原型炉設計、原型炉 R&D、ITER 遠隔実験センター、計算機シミュレーションセンターについて状況報告を受け着実な進捗を確認しました。また、IFERC 事業の2023年作業計画案、及び、原型炉設計活動リーダーの交代に伴う事業実施体制の更新について審議を行い、第30回 BA 運営委員会(BASC, 2022年12月15日開催予定)に提出して承認を求めることが同意されました。主



図1 第31回 IFERC 事業委員会における現地及びオンライン参加の様子。

な報告・審議事項は、以下のとおりです。

- 原型炉設計活動では、8つの設計タスク(プラズマシナリオ開発、ダイバータと熱排出、安全性等)の進捗や、第1回中間チェック・アンド・レビューの結果を踏まえての日本国内の原型炉開発の状況などについて報告されました。設定タスクのうち、特に逃走電子モデリングによるプラズマシナリオ開発やダイバータコードのベンチマーク、安全性における事故解析と規制の比較などの各分野において、共同活動が推進されていることが報告されました。
- 原型炉 R&D 活動では、4つの日欧共通タスク(トリチウム技術研究開発、原型炉コンポーネント用ブランケット構造材料開発、増殖機能材への中性子照射実験、材料腐食データベース開発)の活動が引き続き良好に進捗していることが報告されました。特に、増殖機能材中性子照射実験において、ロシアのウクライナ侵攻にともなうロシア炉利用中止に対応して代替利用照射場の検討を進め、カザフスタンおよびベルギーの研究炉が新たに照射場として選定されたことが報告されました。
- ITER 遠隔実験センター(REC)活動では、ITER 機構との協力に関する作業計画に基づき、ITER サイトで稼働中の設備を REC からライブモニタリングする試験が進捗するとともに、遠隔実験用アプリケーションを試験するための環境の構築を開始したことが報告されました。また、IFMIF/EVEDA 事業との協力に関しては、LIPAc のデータを閲覧するための環境を改善するとともに、欧州研究者の遠隔参加を支援して LIPAc の機器コミッショニングを可能にするなど、事業の進展に大きな貢献を行っていることが報告されました。
- 計算機シミュレーションセンター(CSC)活動では、六ヶ所研究所のスパコン JFRS-1 を利用する 2022 年度のシミュレーションプロジェクトサイクルが予定通り開始されたこと、ITER 機構が参画するディスラプションやダイバータシミュレーションに関係するものを含む核融合開発において優先度の高い日欧のシミュレーション研究が進展していることなどが報告されました。

次回の事業委員会は、六ヶ所研究所において原型炉設計活動技術会合と合同で 2023 年 3 月 28 日(火)～29 日(水)に開催される予定です。

2. 第30回 IFMIF/EVEDA 事業委員会の開催

2022年10月20日～21日に六ヶ所研究所において、第30回 IFMIF/EVEDA 事業委員会が開催されました。参加者は Carin 事業長と、欧州側が委員3名と専門家6名、日本側が花田議長を含む委員3名と専門家6名、これに関係者36名の計55名が参加しました。今回は、日本へ



図2 第30回 IFMIF/EVEDA 事業委員会における現地及びオンライン会議での参加者。

の新規入国条件が緩和されたことに伴い、六ヶ所の現地とリモート参加のハイブリッド開催となりました(図2)。

今回の事業委員会では、2022年作業計画に基づき事業の進捗状況を確認し、IFMIF/EVEDA 事業の2023年作業計画案について審議しました。審議結果を踏まえ、BASCに対する勧告をまとめるとともに、IFMIF/EVEDA 事業の2023年作業計画案を承認のためBASCに提出することが同意されました。事業委員会での主な報告事項は、以下のとおりです。

- 入射器での連続波(CW)の試験では、160 mAの重陽子ビームの引き出しを達成し、加速後に必要な125 mAを得るのに十分な電流が得られることを確認しました。更なる安定な条件やビーム特性の改善に向けて、試験を継続する予定です。
- 超伝導加速器に組み込むソレノイド磁石(ビームを収束するための機器)の高圧水洗浄が、日本の業者の下

で6月までに実施され、組立に必要な部品類の準備が完了しました。COVID-19に伴う日本の入国制限が緩和されたことに伴い、欧州の技術者が来日できるようになり、クリーンルームにおける超伝導加速器の組み立てが8月から再開され、順調に推移しています。

- 核融合中性子源の設計活動については、リチウム純化系試験装置の製作やリチウム燃焼試験などが予定通り進捗しています。これらの活動の成果はA-FNSの工学設計の一部となる予定です。

次回の事業委員会は2023年3月16日(木)～17日(金)に六ヶ所研究所で開催することとしました。

(量子科学技術研究開発機構 量子エネルギー部門)