

幅広いアプローチ活動だより(89)

1. BA フェーズ II における原型炉 R&D 活動の計画

2020年4月より始まったBA フェーズ II においては、原型炉概念設計活動と平行して原型炉 R&D 活動についても継続されることになりました。本格的な概念設計活動に移行することに伴い、BA フェーズ II での原型炉 R&D 活動は、設計活動との連携を重視するとともに、欧州との連携を強化した活動を計画しています。

原型炉 R&D タスクとして4つのタスクが選定されました。これらの選定にあたっては、BA フェーズ I での成果を継承しつつ、アクションプランに定義されている主要な開発課題のうち、欧州との共通課題が選定されました(表1)。2020年度は、これらのタスクについて、2021年度から2024年度までの具体的な活動内容について議論を重ね、サブタスクについて日欧の責任者を決め、マイルストーンを定めました。今後はこれらの活動計画に基づいて研究開発を実施していきます。

トリチウム技術開発においては、JET サンプル分析によるインベントリ・回収評価を継続するとともに、原型炉燃料サイクル設計と連携した活動を実施します。腐食評価を含む構造材料開発においては、従来のブランケット構造材料に加えてダイバータ材料も対象とした活動を実施します。増殖機能材料開発においては、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を実施し、BA フェーズ I で開発された機能材の照射応答評価を行います。

これらの活動は、原型炉設計活動と連動しながら進め、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着実に成果をあげていきたいと考えています。

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、JT-60SAの統合試験運転を日欧で協力して進めています。総量760tにも及ぶ超伝導コイルやサーマルシールド等の冷却を進め、全ての超伝導コイル

が運転温度に到達しました(図1)。また、各コイルに20Aの定電流を流すために必要な電圧を測定し、その電圧がゼロになったことから全てのコイルが超伝導状態に遷移したことを確認しました(図2)。

各コイルの超伝導化確認に引き続き、各超伝導コイルの通電試験を開始しました。トロイダル磁場コイル電源は定格まで、平衡磁場コイル電源は定格の50%までを目標として試験を進めています。JT-60SAの超伝導コイル用電源は全部で11系統あるので、各電源を単独で動作させる通電試験から始めています。その後、プラズマ放電時と同様に複数のコイルに同時に通電する複合通電試験を実施する予定です。

超伝導コイルの通電試験と並行して、電子サイクロトロン波加熱装置や計測装置等の調整運転も進めています。今後、全ての通電試験が終了したら、初プラズマ生成試験を含む、プラズマを用いた試験運転に移行します。

引き続き、コロナウイルス感染への対策を取りつつ、日欧で協力して、初プラズマを目指します。

(量子科学技術研究開発機構 核融合エネルギー部門)

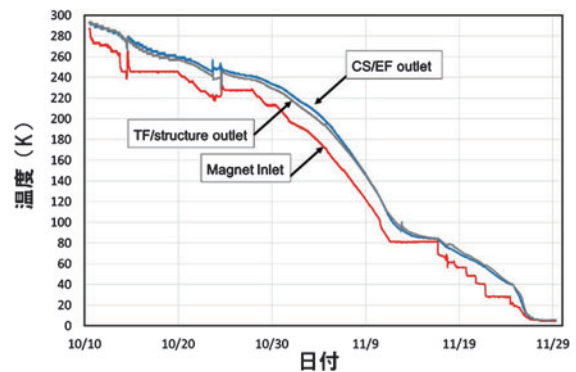


図1 超伝導コイル冷却の進展。

表1 BA フェーズ II における原型炉 R&D タスク

R&D タスク	サブタスク
(1) トリチウム技術開発	(1-1) トリチウムインベントリ及びトリチウム回収評価のためのJET DT サンプルを用いたプラズマ壁相互作用の分析 (1-2) 原型炉用プラズマ排ガス処理システム (TEP) の概念設計の開発 (1-3) 原型炉燃料サイクル設計のための、トリチウムインベントリ評価ツールの開発
(2) 炉内機器構造材料開発	(2-1) ブランケット構造材料の共通データベース開発 (2-2) ダイバータベスライン材料の共通データベース開発 (2-3) 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 (2-4) 原型炉構造設計基準開発
(3) 増殖機能材料の中性子照射実験	(3-1) 照射試験準備活動 (3-2) 中性子照射下その場 (In-situ) トリチウム放出実験 (3-3) 増殖機能材中性子照射実験 (3-4) 照射後試験
(4) 材料腐食データベース開発	(4-1) 材料腐食/エロージョンハンドブックの整備 (4-2) 腐食生成物とトリチウムの挙動解析

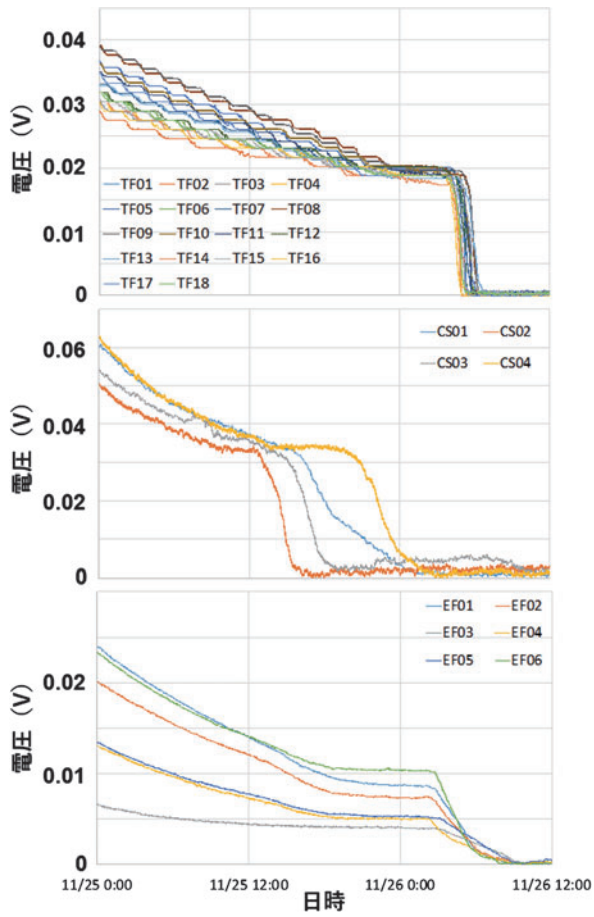


図2 20A 通電時の各コイルの抵抗値の変化.

幅広いアプローチ活動だより (90)

1. 第 28 回 IFERC 事業委員会の開催

2021年3月18日に青森県六ヶ所村の量子科学技術研究開発機構(量研)六ヶ所核融合研究所において、第28回IFERC(国際核融合エネルギー研究センター)事業委員会が開催されました。今回は2020年4月に開始されたBA(幅広いアプローチ:核融合原型炉を目指したITERを補完する研究プロジェクト)のフェーズIIにおける第2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7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30名が参加しました。尚、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、前回と同様に大多数がオンライン参加となりました(図1)。今回の事業委員会では、BAフェーズIIで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2020年の成果及び2021年の実施状況、並びにIFERC事業計画の更新と調達取決めの状況が報告されました。続いて報告内容に関する審議が行われ、BA運営委員会に提出して承認を求めることが勧告されました。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、日欧共同設計作業としてダイバータプラズマシミュレーションの日欧コード間比較の準備作業、安全性解析の情報共有、共同作業項目の詳細化等が報告されました。また、2020年に欧州で行われた第1回ゲート・レビューの結果について情報共有があり、幾つかの推奨事項とともに予備的な概念設

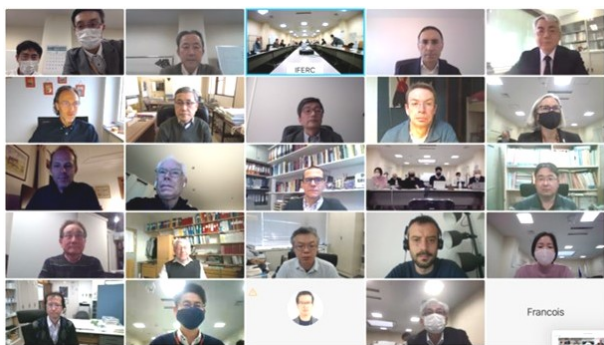


図1 第28回IFERC事業委員会における現地及びオンライン参加の様子。

計活動から本格的な活動への移行が承認されたと報告がありました。

- 原型炉R&D活動では、主要な4テーマである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について詳細化やスケジュールを整理した作業分解構造(Work Breakdown Structure)が報告されました。また、2020年度に日本側で実施した予備的な研究開発の成果が報告されました。
- ITER遠隔実験センター(REC)活動では、ITER計画、IFMIF/EVEDA(国際核融合材料照射施設による工学実証・工学設計活動)事業、JT-60SAとの協力(リモートによる実験参加や保守支援技術の開発)を柱とした活動を展開しており、中でもRECとIFMIF/EVEDA事業との協力によりIFMIF原型加速器の実験データをセキュアに欧州側と共有するシステムが2020年10月に稼働開始した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、現在JFRS-1(国内の核融合研究用スーパーコンピュータ)で行われているシミュレーションプロジェクトの研究分野及びITER等への貢献についての分析結果、2021年度にJFRS-1で実施するシミュレーションプロジェクトの選定状況などが報告されました。

その他、新型コロナウイルスの影響により多少の困難は生じたものの、IFERC事業は計画通り進展しており、現時点では大きな懸案事項はないことが報告されました。

次回のIFERC事業委員会は、2021年10月18-19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. 第 27 回 IFMIF/EVEDA 事業委員会の開催

2021年3月18日-19日に六ヶ所核融合研究所において、第27回IFMIF/EVEDA事業委員会が開催されました。新型コロナウイルス感染拡大防止のための措置として、前回と同様、欧州および国内委員はオンライン参加を基本としましたが、国内委員や専門家で出席可能な方は六ヶ所研で参加いただきました。欧州側が委員3名と



図2 第27回IFMIF/EVEDA事業委員会における現地及びオンライン参加の様子。

専門家 5 名, 日本側が議長を含む委員 3 名と専門家 5 名, これに事業長及び事業チーム員他 16 名の計 33 名が参加しました (図 2).

今回の事業委員会では, 主に 2020 年作業計画に基づき IFMIF/EVEDA 事業の進捗状況を確認し, 2020 年年次報告を審議するとともに, 2021 年作業計画の更新案について審議しました. この審議結果を踏まえて, 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, 2021 年作業計画及び 2020 年年次報告を, 承認のため BA 運営委員会に提出することを勧告しました. 事業委員会での主な報告・審議事項は, 以下のとおりです.

- COVID-19により欧州スタッフの来日ができない状況が続いていますが, 加速器機器の調整を, 欧州からの遠隔参加で継続しました.
- 12 月 17 日に, 高周波四重極線形加速器 (RFQ) の高デューティのビーム加速試験 (フェーズ B+) を行うための原子力規制庁の施設検査に合格しました.
- これまで現場制御室から行っていた加速器機器運転制御を, 初めて六ヶ所研内計算機・遠隔実験棟に設置された遠隔制御室から行いました.
- 核融合中性子源設計のために, 日欧で実施する 2021 年から 2025 年までの活動を対象とする新しい取り組みの計画を提出しました. これらの活動の成果は A-FNS (先進核融合中性子源) の工学設計の一部となる予定です.

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, コロナ禍においても欧州からの遠隔サポートを得ることにより, JT-60SA の統合試験運転を日欧で協力して進めています. 各超伝導コイルの通電試験では, トロイダル磁場コイル電源は定格まで, 平衡磁場コイル電源は定格の 50% までを目標として試験を進めてきました.

トロイダル磁場コイルの通電試験では, 通電電流を 1 kA, 3 kA, 5 kA, 10 kA, 15 kA と段階的に上昇させるとともに, 各電流値を維持した後に急速減磁する試験も実施し, 各機器の動作を確認しました. そして, 定格電流である 25.7 kA での通電に成功しました (図 3, 図 4).



図 3 トロイダル磁場コイルが定格電流に到達した際の中央制御室の風景.

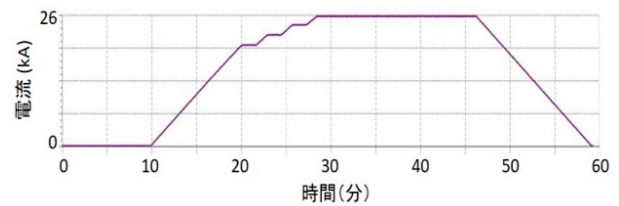


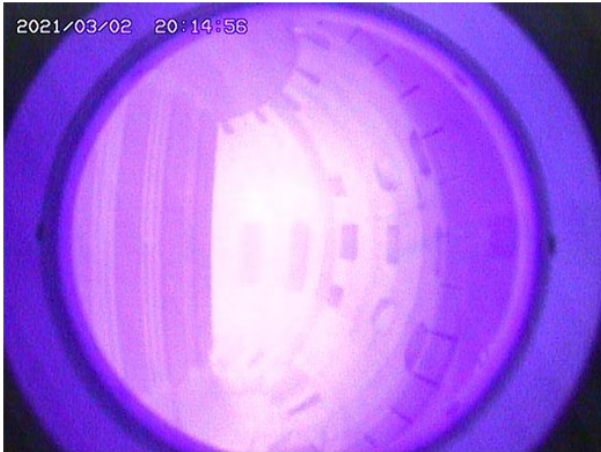
図 4 トロイダル磁場コイルの通電電流波形.

平衡磁場コイルの通電試験では, これまでに定格の 25% までの通電試験を終え, プラズマ放電時と同様に複数のコイルに同時に通電する複合通電試験を始めています.

超伝導コイルの通電試験と並行して行っている電子サイクロトロン波加熱装置の調整運転では, パルス幅 1 秒間に到達しており, 発振パワー 1 MW を目指して段階的にパワーを増やしています.

今後, 全ての通電試験が終了したら, 初プラズマ生成試験を含む, プラズマを用いた試験運転に移行します. プラズマを生成するためには, 真空容器内を清浄にする必要があるため, 壁調整用のグロー放電洗浄や電子サイクロトロン波を用いた放電洗浄の最適化に向けた調整も進めています.

(量子科学技術研究開発機構 核融合エネルギー部門)



É 3 ECR!

7kV&i Ø b9x7Á } † 3 • K S2x _ ¥ - Ý b3ú
 7Á0è9, p _>2x _ ¥ - Ý l b7Á v @! :b Q • K>2x
 _ ¥ - Ý#7Á ; b4#7Á v - à ± î ß µ j @ 8 • K Z>2x
 _ ¥ - Ý b7Á v @4= • l ∈ r K S>, Q b X (< _ c>*
 2x _ ¥ - Ý †2x _ "g Ā _ - X S u b •!Ö%?'5 p
 Æ b } Š @3ú - b10³Pa ? } 7,00Pa>&(Û.07 ¼ }>'

_ V ¼ K r K S @>JT-60SA c ó ² _ ö F K>* Q b < _
 É K Z 8 S)+ œ0è9,4 3? † p • K r K S>,
 •!Ö%?'5 p Æ _ 6 •2x _ ¥ - Ý l7Á v † j)% M
 •7Á2° †1* M • S u>* ® / Ê Û ~ Ò Ø>& Ð - ¼ «
 >P>a>āB] 7 K Z 8 S2x _ ¥ - Ý †(Û 20¥6è ? E Z
 Å5 _ ¼ K S <>* •!Ö%?'5 p Æ †'5 ¼ [6 S K>* 4
 v 8 ¥ ? }1* †6ä K r K S>,Q b) Ý>2x _ ¥ -
 Ý _3Æ 87Á2° b K)F4Š b ¥ † _ :7Á\$^ †\$ÏOb K r K S>,
 % Oi è \oŽ Ò) Ý ? }>* G b :7Á b N l c>* 10kV b
 7Á }_* < " •O;OE [6 W S7Á2° b K)F4Š b*•7Á } Y
 , [6 • \ N l ∈ Z 8 r M>,r S>*•!Ö%?'5 p b }
 Š V ¼ c>*:7Á _ | ~ K)F4Š b Ê Û ~ Ò v2° _'O @ 6 A>*
 Ê Û ~ Ò @ M4Š f ∈ S G \ _ | • v b \ 8 Ā K r K
 S> , ^ >>2x _ ¥ - Ý + ~ / _ † / cOb } ∈ r O † [K
 S>,
 # ~>*¥ • \ " ^ b S6Û _ | ~>*Ò G b †1B b ? •
 N l †"l M • S u b OŽ Ò @4 u } ∈ Z 8 r M>, JT-
 60SA b)+ œ0è9,4 3? c Ò G b † L _ | ~4 M • G \
 \ ^ ~ r K S @>*•OŽ Ò) Ý †2Ā r < Z † / K S K)F4Š
 † Ý \$x _ Ý Ÿ M • \ \ v _>*] b †1B b †\$175 F _
 X ^ F Z 8 A r M> ,