



1. 原型炉設計合同特別チーム設置の経緯

2005年10月に原子力委員会核融合専門部会によって策定された「今後の核融合研究開発の推進方策について」において、原型炉計画を中核とする第四段階に向けた研究開発の方針が示されて以降、文部科学省科学技術・学術審議会の原子力科学技術委員会核融合研究作業部会は、原型炉の実現に向けたロードマップ策定や産官学の全日本体制構築の必要性等を指摘した。さらに、2013年1月に同作業部会は「核融合原型炉開発のための技術基盤構築の進め方について」を取り纏めると、「核融合原型炉開発のための技術基盤構築の中核的役割を担うチーム（合同コアチーム）」の構築を求め、2013年7月に合同コアチームが結成された。合同コアチームは、2014年9月に「核融合原型炉開発のための技術基盤構築の中核的役割を担うチーム報告」、2015年1月に「核融合原型炉開発のための技術基盤構築の中核的役割を担うチーム報告 - 原型炉技術基盤構築チャート -」（プラズマ・核融合学会ホームページに掲載）を取り纏め、炉設計活動に相当規模の資源を投入して体制の拡充と早急に強化する必要性を指摘した。そして、2015年1月の同作業部会において、核融合科学研究所、産業界、大学等からも参画する原型炉設計特別チームという形で、日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門が炉設計体制の強化を図ることが是認された。こうした経緯で、原型炉設計合同特別チーム（炉設計特別チーム）の設置が進められることとなった。一方、核融合研究開発に関する行政側の審議体制も更新されている。第7期の科学技術・学術審議会までは、原子力科学技術委員会の下に「核融合研究作業部会」で審議されていたが、第8期からは、「核融合科学技術委員会」が新設され（2015年3月26日）、その下に「原型炉開発総合戦略タスクフォース（TF）」を設置する体制に移行した。

2. 原型炉設計合同特別チームの概要

炉設計特別チームは、第1回核融合科学技術委員会で作された「原型炉開発の技術基盤構築を進めるための体制（案）」において、原型炉概念設計を実施するために日本原子力研究開発機構六ヶ所核融合研究所に6月1日付けで設

置された全日本体制のチームであり、産業界や大学等からの参画を含めて総勢52名（常勤19名、非常勤33名：7月6日現在）で活動を開始している。炉設計特別チームの原型炉概念設計活動は、TFからの方針提示に基づいて実施されるとともに、核融合科学技術委員会の評価を受ける仕組みになっており、国の組織が直接関与するプロジェクトである。炉設計特別チームは、飛田健次チームリーダー（原子力機構）の下、

- ・総合調整グループ（リーダー：西村 新，核融合研）
- ・システム設計グループ（リーダー：日渡良爾，電中研）
- ・物理設計グループ（リーダー：日渡良爾，電中研）
- ・安全設計グループ（リーダー：谷川 尚，原子力機構）

の4グループで構成される。総合調整グループは、合同コアチームの示した技術基盤構築チャートに沿った計画管理、チームの活動・研究開発状況等の外部への情報発信、TFや関連学協会との調整を担う。一方で、システム設計グループ、物理設計グループ、安全設計グループは、原型炉概念設計のための基本設計作業を実施する。

3. 第1回 全体会合の開催

第1回の全体会合が日本原子力研究開発機構六ヶ所核融合研究所で6月18日に開催され、文部科学省や青森県からの参加も含め、約60名が一堂に会した。牛草健吉六ヶ所核融合研究所長の挨拶の後、飛田健次氏から炉設計特別チーム全体の活動概要、青木晃氏（チームリーダー補佐）からプロジェクト管理の概要、各グループのリーダーからグループ活動計画が発表された。

全日本体制として設置された炉設計特別チームでは、合同コアチーム報告書に示されている「中間チェック・アンド・レビューまでの検討課題」の詳細化を行い、早期着手が必要な項目から検討を開始するとともに、今年度は並行して、重要設計情報の共有と抽出を目的とした「BA 原型炉概念設計のレビュー」、及び原型炉運転中に取得すべきデータ・技術的知見の分析を目的とした「原型炉の運転計画」の検討作業を行う予定である。参加者からは、新たな活動への期待を込めつつ、活動計画の内容や非常勤チーム員の参画しやすい仕組み等について、活発に幅広く議論がなされた。

炉設計特別チームでは、原型炉設計活動および研究開発状況等の情報発信を定期的に行います。その一環として、「炉設計特別チームだより」を四半期毎に発信する予定です。読者の皆さんの忌憚ないご意見をお願いいたします。

（原型炉設計合同特別チーム）



第1回 原型炉設計合同特別チーム 全体会合の出席者。



1. 活動方針

核融合炉のための原型炉設計合同特別チーム（以下、特別チーム）の活動は、産官学の緊密な連携の下で、システム全体として整合の取れた、我が国の原型炉概念を所定の期間内に構築することを目標とするプロジェクトである。本年6月の発足以降、まずはプロジェクト管理の骨格作りに注力すると共に、BA原型炉設計活動で得られた技術情報を開示し、原型炉概念の確定のために解決しなければならない諸問題の共有を図ってきた。

最初は多くの選択肢を持つが、最後はただ一つを選ばねばならないのが設計の宿命である。最後に選ぶ一つが我が国の原型炉となるわけで、特別チームに課された責務は重大である。選択肢の吟味においては核融合コミュニティの諸氏のご意見を伺いながら、広くコンセンサス形成に努める所存である。

2. プロジェクト管理の導入

特別チームでは、中間チェック&レビュー（2020年頃）までの設計活動を確実に進めるために、プロジェクト管理を導入した（参照：各種ISO（10006, 9001, 10007, 21500）やPMBOK）。これまでに、プロジェクト管理の方針を立てて、品質管理、コミュニケーション、図書管理、工程管理等のマニュアル整備、実施項目のWork Breakdown Structure（WBS）および各グループの役割責任分担（DOR）とMandate、プロセスマップ・工程表、設計根拠集の作成を進めている。原型炉設計では、研究要素や技術検討要素が多くあるため、「機能WBS」の設定と、機能WBSに必要な機器・設備を「機器・設備WBS」として、それぞれレベル展開し、Mandateやプロセスマップとの整合性を図っている。設計根拠集に関しては、設計を進めるために、機器・設備の設計検討の前提条件を明確化・共有する目的で整備を進めている。これらは設計作業の進捗の過程でPDCAを回しながら、必要に応じて更新していく予定である。

3. BA原型炉概念レビュー会合の実施

特別チーム活動の実施に際して、現行のBA原型炉概念



図1 BA原型炉概念レビューのサマリー会合での議論の様子。

設計活動における技術情報や設計課題を共有化し、特別チーム活動に反映することを目的として、以下の日程およびテーマでBA原型炉概念レビュー会合を実施した。

第1回（8月5日）：遠隔保守，プランケット

第2回（8月21日）：超伝導コイル，構造材料開発とR&D

第3回（9月7日）：システム解析，物理課題，安全研究

第4回（10月7日）：ダイバータ，放射性廃棄物

各会合には30-40名が参加し、活発な議論が行われた。また、10月7日午後にはサマリー会合を開催し、レビュー会合での議論の結果として抽出された課題とその対応策について一覧表を整理した。今後、対応策・担当・期限を協議して決めていく予定である。

4. 第2回 全体会合の開催

第2回の全体会合が日本原子力研究開発機構六ヶ所核融合研究所で10月8日に開催され、参加者数は全体で約50名、特に産業界から18名（三菱重工，東芝，三菱電機，日立製作所，金属技研，RIST）であった。会合では、チームの活動概要，プロジェクト管理の方針，各グループの活動状況が報告された。プロジェクト管理に関しては、研究者には馴染みの薄い文化であるがプロジェクト推進には必須であるため文化として根付くようにとの期待が多く寄せられた。情報管理に関連して、設計根拠集は炉設計の確実性を示し、他のコミュニティに対してアピールできるツールであるとともに、根拠が薄い項目について研究者が参画するきっかけにもなり得るので幅広く情報発信すべきとの意見が述べられた。総合討論では、主に産業界からの参画促進について意見交換が行われた。メーカー側の実質的な参画としては契約締結が基本であるが、製作現場で得た経験や知見を特別チーム内で情報交換することで、積極的に貢献していきたい。また、継続的な参画に向けては、長期的な作業計画におけるメーカー側の役割を明確にすることで、リソースの確保・人材育成についても検討していきたいとの意見が述べられた。

（原型炉設計合同特別チーム）



図2 第2回全体会合の参加者。



1. 最近の活動状況

原型炉設計合同特別チーム（以下、特別チーム）の第2回全体会合を2015年10月8日に開催し、プロジェクト管理や各設計グループの活動状況について報告、意見交換を行った。また、11月24-27日に名古屋で開催された第32回プラズマ・核融合学会年会では、特別チームメンバーから15件のポスター発表を行うとともに、「原型炉設計合同特別チームの設立と活動」と題するシンポジウムが開催された。このシンポジウムには約110名の参加があり、文部科学省の仙波秀志戦略官にも講演頂いた。特別チーム活動への期待が強く感じられたシンポジウムであった。12月2-4日に低温工学・超電導学会が姫路で開催され、原型炉用超伝導コイルの概要などを発表した。ITER計画に続く大きな超伝導コイルの概要に、多くの聴衆の期待が集まった。

特別チームでは、ボトルネックになるグループ横断の緊急課題に対処しつつ、特別チームにとどまらない広いコンセンサスの形成を目的に、ワーキンググループ (WG) を設置し集中的な議論を開始している。現在、超伝導コイルWG (2015年11月設置)、運転計画WG (2016年1月設置)、ブランケットWG (2016年1月設置) の活動を展開中である。運転計画WGでは、原型炉運用中に確立されるべき技術・データとその取得に要する期間の分析を通して運転計画の骨子案を検討し、「原型炉が何をすべき炉であるか」を明確にする。ブランケットWGは、原型炉ブランケットの設計指針をまとめるために設置し、ITER-TBMと連携をとるためまずは原子力機構のメンバーを中心に検討を開始した。超伝導コイルWGでは、次節に後述するように、原型炉用超伝導コイル設計の基本方針と開発戦略を策定する予定である。

特別チームとNIFS炉設計チームとの意見交換を目的に、核融合科学研究所で原型炉設計技術検討会が開催された。第1回検討会 (2015年10月15日) では超伝導コイルWG、第2回検討会 (2016年1月7日) では運転計画WGの活動内容を議論し、LHD計画での経験も報告された。

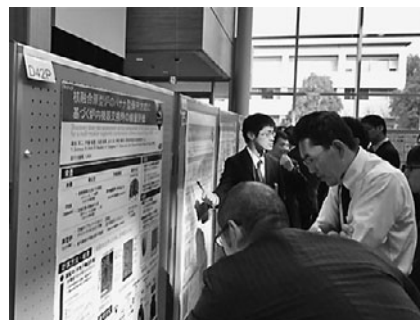


第2回超伝導コイルワーキンググループ会合。

2. 超伝導コイルWG活動

超伝導コイルは、原型炉の性能を左右しコストにも大きな影響を有する最重要機器の1つであり、炉本体の広範囲に影響が及ぶ重要構造物である。その概念設計の基本方針と開発戦略を策定するため、2015年11月6日に第1回WGを開催し、検討活動を開始した。超伝導コイルWGでは、原型炉超伝導コイル概念構築において特に重要となる炉心プラズマからの要求磁場精度、原型炉用大型超伝導コイルの製作性、極低温用高強度構造材開発の見通し、超伝導線材の高性能化の見通し、大型超伝導体試験設備、超伝導コイルの保守等の課題を議論する。WGには、特別チームのメンバーに加えて、大学や研究所、メーカの各専門家が参画している。2015年12月18日に第2回WGを開催し、超伝導コイル概念、炉心プラズマからの要求磁場精度、原型炉用大型コイルの製作性等についての議論を行った。LHD, JT-60SA, ITER等における大型超伝導コイルの製作経験に関わる議論を通じ、原型炉用超伝導コイルの在り方が少しずつ明らかになりつつある。今後、各課題の議論、検討を進め、2016年6月頃を目途に、原型炉用超伝導コイル概念設計の基本方針と開発戦略をWG報告書としてまとめる予定である。さらに、開発を加速する必要がある項目については、特別チーム内で詳細な検討を進めるとともに、核融合科学技術委員会 原型炉開発総合戦略タスクフォースへ提案していく予定である。

(原型炉設計合同特別チーム)



第32回プラズマ・核融合学会年会における炉設計特別チームのポスター発表全景 (15件)。

炉設計特別チームだより(4)

1. 最近の活動状況

核融合炉のための原型炉設計合同特別チーム（以下、特別チーム）では、意見集約や情報共有を進めるため、3つのワーキンググループ(WG)活動を展開している。前回の超伝導コイルWG活動に続き、今回は運転計画WGとブランケットWG活動について次節以降で紹介する。第3回全体会合を2016年3月1日、2日に開催し、各設計グループの活動状況について報告、意見交換を行った。産業界からの出席者が多く、技術継承や大型機械の維持管理のためには継続的な発注や新規R&D計画の必要性について意見が述べられるとともに、原型炉に向けた活動内容や体制なども議論された。

一方、原型炉に関する国内の状況として、核融合エネルギーフォーラムで議論が続けられていたダイバータWGの検討結果が原型炉開発総合戦略タスクフォースで報告された。また、同タスクフォースが検討していた原型炉開発に向けたアクションプランが核融合科学技術委員会において審議されている。（両資料は、文部科学省の同委員会、同タスクフォースのホームページからダウンロードできる。）

2. 運転計画WG活動

運転計画WGは、“原型炉が何をすべき炉であるか”を明確にするため、原型炉の運転計画を分野横断的に議論し、炉心制御・プラント運転技術、ダイバータ、ブランケット、トリチウムサイクル・取扱技術、安全技術、廃棄物取扱技術、プラント保守技術の7項目毎に分科会を設置して検討を進めている。2016年3月17日に第2回WGを開催し、炉心制御・プラント運転技術及びダイバータを中心に、原型炉運転計画の大枠について協議し、今後の作業方針を以下のようにまとめた。

(1) トロイダル磁場とプラズマ電流が定格値に到達した以降を運転計画の起点とし、機器調整試験をそれまでに完了する。(2) 第1サイクルの試運転期間にH放



第2回運転計画WG会合（2016年3月17日）。

電、D放電、DTパルス運転を行い、定格出力までの未踏領域の運転では、相当の期間をとって、炉内機器の健全性を確認しながら慎重に出力向上を図る。(3) 発電実証はパルス運転段階から実施することを想定する。電力系統への併入は定常運転で実績を積んでからとする。(4) 実用化に向けた経済性検証は運転期間終盤に想定する。(5) 既存法令による定期検査（超伝導コイルの高圧ガス保安法など）による制約は除外して運転計画を検討する。各分科会では今回確認された運転計画の大枠に沿って、検討項目毎に抽出した原型炉での試験・データ取得計画案を検討する予定である。

3. ブランケットWG活動

ブランケットは、炉心プラズマで発生するエネルギーを発電可能な熱エネルギーに変換し、トリチウムを生産・回収し、放射線の遮蔽をする重要な機器である。その概念設計の基本方針と、実験炉ITER-TBMからの連続性を含めた開発戦略を策定するため、2016年1月13日に第1回WGを開催し、検討活動を開始した。ブランケットWGでは、原型炉で求められるブランケットの目標性能策定（トリチウム増殖率等）、負荷条件（熱・中性子、電磁力、耐圧性等）の整理、安全上の位置づけ等の課題を議論するとともに、ブランケット概念を決定するために必要な要求等を協議し、今後の原型炉ブランケット概念ならびに開発戦略の具体化を図る。WGには、特別チームのメンバーに加えて、量研機構の専門家が参画し、開催回数は2016年3月までに5回を数える。これまでの議論で、中性子とトリチウムの評価試験体としてのITER-TBMに関わる議論を通じ、原型炉ブランケットに対する目標性能や負荷条件が明確になりつつある。今後、各課題の議論、検討を進め、2016年8月を目途に、原型炉ブランケット概念設計の基本方針と開発戦略をWG報告書としてまとめる予定である。

(原型炉設計合同特別チーム)



第3回全体会合参加者（2016年3月2日）。

炉設計特別チームだより(5)

1. 最近の活動状況

核融合炉のための原型炉設計合同特別チーム（以下、特別チーム）が発足して1年が経過した6月末に、第4回全体会合を開催した。約50名（うち産業界16名、大学17名）が出席し、最近の活動状況と今年度計画の情報共有を行いつつ、一年を振り返って活動をより活性化するための意見交換を行った。また、設計方針をグループ横断的に議論する目的で設置した3つのワーキンググループ(WG)活動のうち、原型炉超伝導コイルWGの最終回となる第6回会合を5月25日に六ヶ所核融合研究所で開催した。本WGでの議論を踏まえ、原型炉用超伝導コイル開発に向けた暫定的な目標値、開発計画を立案し報告書として纏める予定である。さらに、今年度はシミュレーションWGや原型炉戦略WG等を新規に立ち上げるなどWG活動を刷新するとともに、個別課題を具体的に検討するために大学メンバーを中心とする小グループ活動として、ECRF班、材料中トリチウム班、対向材溶融現象班を立ち上げる予定である。また、特別チームでは活動成果を年次報告書に取り纏める予定であり、発行に向けた編集作業を進めている。また、プロジェクト管理の一環として、特別チーム内でコレポンツール及び工程管理ツールの運用を開始した。

2. 第4回全体会合の開催

第4回の全体会合を量子科学技術研究開発機構 六ヶ所核融合研究所で2016年6月30日-7月1日に開催した。特別チームが発足して1年が経過し、飛田健次チームリーダーから、1年目は「機に臨み」で、順風に乗ってメンバー総数は78名に達したが、2年目は成果を求める圧力やITER遅延の影響等により「変に応ずる」年であると挨拶があった。また、産学官からなる特別チームに存在する異文化の壁を乗り越えるヒントは昨年度のWG活動にあり、それぞれの目線や立場を理解した上での目標共有、自由闊達な意見交換、自主的貢献が重要と振り返った。その後、総合調整、システム設計、物理設計、安全設計の各グループや、WG活動の状況報告に加えて、来年度に予定している炉概念一次案に向けた原型炉パラメータの目標設定と課題について議論を行った。また、プロジェクト管理適用の総括を行い、今年度は重点課題にリンクした展開（重点WBS、プロセスマップ、設計根拠集他）を実施する予定である。総合討論では、原型炉のコスト、チーム内情報共有、外部への情報発信、原型炉パラメータ、等について意見が交わされた。コストについては、ITERよりも大型のトロイダル磁場コイルを高精度で製作する要求へのコスト増大の懸念が大きく、製作精度の緩和や原型炉パラメータの見直し等について意見交換が行われた。また、特別チームの東京ランチがあると、産業界からの参画拡大や非常勤メンバーの活性化が期待できるとの意見もあった。



第4回全体会合（2016年6月30日-7月1日）
量研機構 六ヶ所核融合研究所にて

3. 原型炉ECRFシステムに関する専門家小グループ活動

原型炉の加熱電流駆動方式の選択は、炉心プラズマ設計に留まらず、炉構造、遠隔保守、建屋等、プラント全体に影響を及ぼす。そのため、現在想定しているNBIやECRFについて、役割分担やパワー比率等を検討するとともに、技術仕様を絞り込み、原型炉に向けた研究開発計画を早期に策定することが重要になる。そこで、まずは原型炉ECRFシステムの在り方について検討するため、専門家による小グループとしてECRF班を組織し活動を開始した。6月29日にキックオフ会合を開催し、メンバーとして長崎百伸（京大）、出射浩（九大）、福山淳（京大）、坂本慶司（量研）、坂本宜照（量研）の5名で、検討すべき内容について議論した。ECRFシステムは、NBIシステムと比較して入射ポートが小さいため中性子のストリーミングやブランケット占有領域への影響が小さいこと、プラズマ分布制御性、保守性など炉工学的に多くの利点を有するが、電流駆動効率が低いことによる所内電力の増大が原型炉にECRFシステムを適用する上で大きな課題となっている。そこで、今年度のECRF班ではEC駆動効率の改善に向けて非線形効果を取り入れたEC電流駆動計算シミュレーションに重点を置きつつ、ECRFの役割を明確にするためプラズマ着火、立ち上げ制御、電流分布制御、不安定性制御等の物理課題とともに、高い放射線環境下（核発熱や放射線場等）での除熱や保守性に留意した入射系や伝送系等の工学課題の検討を予定している。

（原型炉設計合同特別チーム）

炉設計特別チームだより(6)

1. 最近の活動状況

核融合炉のための原型炉設計合同特別チーム（以下、特別チーム）では、6月までの一年間の活動をまとめた報告書が完成し、ホームページで公開する予定である（下図参照）。設計方針をグループ横断的に議論する目的で設置したワーキンググループ(WG)活動については、原型炉超伝導コイルWGの報告書が纏まり、本学会年会のシンポジウムで原型炉用超伝導コイル開発に向けた暫定的な目標値、開発計画について講演を行う。運転計画WGについては、技術項目毎に抽出した原型炉運転中の実証項目に基づいて運転サイクルのシーケンス案を構築し、今後の課題とともに中間報告書として纏める予定である。さらに、原型炉開発に必要な理論・シミュレーション研究やコード開発の計画をタスクフォースのアクションプランと整合を図りつつ検討することを目的として、理論シミュレーションWGを立ち上げ、キックオフ会合を12月に予定している。専門家小グループ活動については、個別課題の解決プロセスやアイデア等を具体的に検討するために大学メンバーを中心に構成し、ECRF班に加えて、材料中トリチウム班、対向材溶融現象班もキックオフ会合を開催した。さらに、世界エネルギーシナリオにおける核融合炉導入シナリオの検討を地球環境産業技術研究機構（RITE）と共同で検討を開始している。

2. パリ協定実現に向けた核融合エネルギー導入シナリオの検討

気候変動抑制に関するパリ協定が2016年12月の温暖化対策マラケシュ会議（COP22）にて発効予定である。これは、世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く保つとともに、1.5℃に抑える努力を追求することを目指している。特別チームでは、気候変動問題に対する対策技術の基礎的研究を実施しているRITEと共同で、パリ協定を想定した世界エネルギーシナリオに対する核融合エネルギーの貢献を定量化し、その結果を次の国連気候変動に関する政府間パネル（IPCC）報告書に反映させる事を目指した検討を開始した。

具体的には、特別チームにて原型炉から実用炉に向けたコスト削減シナリオを作成し、核融合の社会経済的な基礎データをRITEに提供する。RITEでは、それら核融合の基礎データを入力データとして世界のエネルギーシナリオ評価検討を行い2100年までの核融合も含めたエネルギー需給バランスやCO₂排出量等と合わせて、核融合炉によるエネルギー生成量（主に発電量）や導入コスト閾値（Break-even cost）を算出した上で、IPCC報告書への記載を働きかける予定である。

現在までに、5月、8月、9月と3回検討会を設け、RITE側からパリ協定を念頭においた世界のエネルギーシナリオの現状とエネルギーシナリオモデルの概要について情報提供を受けると共に、特別チーム側から核融合エネル

ギーの実用化時点における社会経済性に関する基礎データの情報交換を行った。今後、パリ協定の実現に向けた核融合エネルギーの貢献を定量化することで、核融合エネルギー開発の意義を示すと共に、IPCC報告書への対応や核融合エネルギー開発のアウトリーチ活動等の展開に役立てていきたいと考えている。

3. 専門家小グループ活動

材料中トリチウム班のキックオフ会合を9月19日に開催した。大学メンバーとして鳥養祐二（茨城大）、柳原敏（福井大）、川崎大介（福井大）、波多野雄治（富山大）、大矢恭久（静岡大）、片山一成（九大）、近藤正聡（東工大）が参加し、材料中へのトリチウム吸蔵について検討方針・内容を協議した。今後、廃棄物処理処分を含めたトリチウムサイクルの成立性の検討に必要な実験データベースにおいて、不足しているデータを抽出、R&D実施計画の策定、データベース構築を方針として進める予定である。

対向材溶融現象班のキックオフ会合を10月11-12日の日程で、研究会形式で開催した。大阪大学から猿倉信彦、上田良夫、伊庭野健造、塚本雅裕、乗松孝好、砂原淳、長友英夫、山ノ井航平、らが参加し、プラズマ対向壁、レーザー応用、溶接技術の観点から今後の研究展開について意見交換を行った。過大な熱負荷による対向材表面の溶融現象に関する実験、モデリング及びシミュレーション研究、並びに表面材料であるタングステンとプラズマの相互作用（原子分子過程を含む気液混層タングステン挙動）を軸にした検討について具体化を図る予定である。

（原型炉設計合同特別チーム）



特別チームのホームページ

<http://www.fusion.qst.go.jp/rokkasyo/project/reactor-sp.html>

炉設計特別チームだより(7)

1. 最近の活動状況

本学会の第33回年会において、原型炉設計合同特別チーム（以下、特別チーム）の最近の成果として、口頭（7件）、ポスター（2件）の発表を行うとともに、シンポジウム「核融合原型炉用超伝導コイル設計」を企画した。また、特別チーム常勤メンバーの宇藤裕康氏（量研機構）が「核融合原型炉における電磁構造解析に基づく遠隔保守概念の構築」の業績により、第21回学術奨励賞を受賞し記念講演を行った。設計方針をグループ横断的に議論する目的で設置したワーキンググループ(WG)活動については、超伝導コイルWGに続いて、運転計画WGの報告書を取り纏めるとともに、新たにダイバータ物理検討WGおよび理論シミュレーションWGを立ち上げて活動を開始したところである。また、個別課題の解決プロセスやアイデア等を具体的に検討する専門家小グループ活動のうち、材料中トリチウム班の会合を富山大にて2回（12月7日、1月5-6日）開催し、取得すべきデータと具体的な計画の議論を行った。

なお、特別チーム発足から1年の活動をまとめた報告書をホームページ（http://www.fusion.qst.go.jp/rokkasyo/project/reactor-sp_document.html）で公開している。

2. 運転計画WG：原型炉運転計画(初版)と今後の課題の取り纏め

運転計画は、原型炉の運転中に実証あるいは習得すべき炉心・プラント運転技術や取得すべきデータを実施項目・内容として抽出し、実施時期、必要な期間を想定したうえで纏めたものであり、原型炉のミッションを具体化したものと言える。運転計画WGでは、(1)炉心技術・プラント運転、(2)ダイバータ、(3)ブランケット、(4)トリチウムシステム・取扱い技術、(5)安全技術、(6)廃棄物、(7)遠隔保守の7つの観点から検討し、報告を纏めた。

第6回運転計画WGを1月10日に開催し、約1年にわたる検討の成果を議論した。今回作成した運転計画(初版)では、試運転サイクル(第1サイクル)において炉心起動の前にトリチウム燃料システムが定格運転し、パル



第6回運転計画WG会合（2017年1月10日）。

ス放電から日オーダの定常運転まで段階的に放電時間と核融合出力を上昇させるのに約3年間の期間を要し、系統連係は第2サイクルでの月オーダの定常運転後に想定したが、今後の継続的な検討で適正化を図る予定である。運転開始時には炉内機器であるダイバータとブランケットは定期交換を考慮して各2セットを想定した前提条件も運転計画に盛り込まれている。報告書には、運転計画の詳細化に向けて解決すべき課題を併記し、文科省の原型炉開発総合戦略タスクフォースで検討中のアクションプランとの整合性等も注意しながら、継続的に更新していく予定である。

3. ダイバータ物理検討WG、理論シミュレーションWG：キックオフ会合を開催

ダイバータ研究開発のアクションプランを具体化するにあたっては、開発課題の詳細な検討を行い、効率的な研究開発方針を策定する必要がある。特別チームでは、原型炉ダイバータプラズマの研究開発における物理課題や具体的な研究開発方法の検討を目的としてダイバータ物理検討WGを設置し、キックオフ会合を12月19日に開催した。会合では、非接触ダイバータプラズマのシミュレーション精度を高めるために重要な物理課題の整理と基礎物理データを取得するための装置の概要について議論を実施した。

理論シミュレーションWGのキックオフ会合を12月20日に開催した。本WGの目的は、原型炉開発総合戦略タスクフォースのアクションプランにおける「理論・シミュレーション」課題について、誰が、何を、いつまでに実施するのか具体化することである。会合では、原型炉概念設計において必要な物理設計課題について議論するとともに、今後の活動内容と進め方について協議を行った。

（原型炉設計合同特別チーム）



第1回ダイバータ物理検討WG会合（2016年12月19日）。

炉設計特別チームだより(8)

1. 最近の活動状況

原型炉設計合同特別チーム（以下、特別チーム）の第5回全体会合を開催し、設計検討状況の報告と次年度の重点課題について議論した。また、平成28年度にメーカーにて実施した設計検討作業に対する情報共有を目的に原型炉設計検討報告会を開催した。産業界から20名以上の参加を得て、活発な議論が展開されるとともに、設計検討作業の5ヶ年計画について議論を行った。さらに、原型炉開発総合戦略タスクフォースの策定するアクションプランについて、特別チーム内での意見交換会を開催した。今年度の全体会合については、7月と12月に開催する予定である。ワーキンググループ活動については、6月上旬頃に理論シミュレーションWGとダイバータ物理検討WGの第2回会合を開催する予定である。

2. 第5回全体会合を開催

第5回の全体会合を量子科学技術研究開発機構 六ヶ所核融合研究所で2017年3月15日に開催した。飛田健次 チームリーダーからは、2020年の中間C&Rに向けた全体計画における進捗状況と、次年度の重点課題として、これまでの設計作業の1回目の統合化を行い、検討の遅れている機器・技術の概念検討を強化し、機器・設備間の不整合の洗い出し、概念修正の方向性を明らかにすることが述べられた。西村新 総合調整グループリーダーからは、アクションプランの検討状況と、2017年2月3日及び16日に実施したアクションプランに対する意見交換会で集約した特別チームメンバーからの意見が紹介された。次に原型炉設計の進捗報告として、今回の全体会合では、各設計グループリーダーによる進捗報告ではなく、個別の設計課題の具体的な検討状況の報告に基づいて議論する形式とし、原型炉パラメータ、ダイバータ設計、遠隔保守概



原型炉設計検討報告会（2017年4月20日）
量研機構 六ヶ所核融合研究所にて。

念、放射性廃棄物処分、経済性評価モデル、について主担当者から設計検討の進捗報告を行い、参加者全員で議論した。また、会議途中の休憩時間を利用して、機器の製作性やプラント成立性の観点からポスター及び3D模型の展示を行い、具体的なイメージを共有するとともに活発な意見交換を行った。

3. 原型炉設計検討報告会を開催

平成28年度に実施したメーカーの設計作業の情報共有を行い効率良く検討作業を進めることを目的として、原型炉設計検討報告会を量子科学技術研究開発機構 六ヶ所核融合研究所で2017年4月20日に開催し、40名以上（産業界から20名以上）が参加して活発な議論が行われた。会合では、三菱重工、東芝、金属技研、MHI NSエンジ、三菱電機が実施した設計作業の報告を行い、設計において取り合い点になる部分や検討の前提条件に不整合がないか等、相互に確認しつつ議論を行うとともに、新しい検討方法の提案も積極的に行われた。また、中間C&Rに向けた5ヶ年計画についても議論を行った。各設計課題について継続的な検討のステップが示され、中間C&R以降の概念設計段階に必要なR&D計画立案も重要なアウトプットの1つであることが述べられた。参加者からは、各設計作業を統一的に把握して推進する体制作りが重要との意見等があった。

（原型炉設計合同特別チーム）



第5回全体会合（2017年3月15日）
量研機構 六ヶ所核融合研究所にて。

炉設計特別チームだより (9)

1. 最近の活動状況

原型炉設計合同特別チーム（以下、特別チーム）の第6回全体会合、理論シミュレーションWGとダイバータ物理検討WGの第2回会合をそれぞれ開催した。また、今年度から大学や研究機関との共同研究（炉設計：9件、構造材料：4件、理論シミュレーション：2件）を開始した。今年度、特別チームでは炉概念の一次統合化作業を行い、機器・設備間の不整合箇所の洗い出しや原型炉パラメータの分析・評価、検討の遅れている機器・技術の概念検討を強化し、来年度以降の原型炉プラント全体概念の改良作業に備える計画である。

2. 第6回全体会合を開催

第6回の全体会合を量子科学技術研究開発機構（量研）六ヶ所核融合研究所（六ヶ所研）で2017年7月4-5日に開催し、約40名が参加した。今回の会合では、各設計グループから今年度の活動計画、総合調整グループから原型炉開発総合戦略タスクフォースが策定中のアクションプランの状況が報告された。また、非常勤メンバーらによる検討成果として、ECCD効率改善・入射システム（京大 長崎）、冷却材へのトリチウム移行評価（九大 片山）、遠隔保守（量研 角館）、ホットセル（MHI NS エンジ 半田）、垂直位置安定性解析（元東芝 新谷）が報告された。原型炉概念の一次統合は、炉本体機器やプラント設備、炉心プラズマ運転シナリオ、安全設計や廃棄物管理、等の設計検討について設計要素・機器間のインターフェースを考慮しながら各設計グループが連携して進めるとの報告があった。総合討論では、特別チームのホームページの活用方法の議論や、全体会合を単なる報告会にするのではなく設計作業を伴うような参加型の会合にすると有意義であるとの意見があった。

3. ワーキンググループ会合

第2回理論シミュレーションWG（2017年6月9日）では、量研が検討中の統合シミュレーションコード（TOPICS）とダイバータコード（SONIC）の開発計画が報告



第6回全体会合（2017年6月4-5日）
量研 六ヶ所核融合研究所にて。



第2回ダイバータ物理検討WG（2017年6月15日）
量研 東京事務所にて。



対向材の溶融現象に係る共同研究キックオフ会合
（2017年7月11日）大阪大学 工学部にて。

された。多岐にわたる開発課題について、JT-60SA実験との連携を考慮した計画が示された。会合では、モデリングに必要な人材の育成や確保のための方策、共同研究の活用、六ヶ所研に導入予定のスパコン計算資源などについて議論された。

第2回ダイバータ物理検討WG（2017年6月15日）では、「非接触ダイバータ物理の理解と制御」の主要な物理課題について、メンバーからの発表に基づいて議論が行われた。今後、大学や研究機関の実験装置を用いた研究手法の具体化と実施条件を整理する予定である。

4. 共同研究（対向材溶融現象）会合の開催

大阪大学との共同研究「原型炉タングステンダイバータの非定常熱負荷による溶融挙動と蒸気遮蔽効果」のキックオフ会合を開催した。溶融現象と蒸気遮蔽効果に関する実験やシミュレーションによる検討計画や、基礎データとしての低価数のタングステンスペクトルの取得方法、等について議論が行われた。

（原型炉設計合同特別チーム）

炉設計特別チームだより (10)

1. 最近の活動状況

原型炉設計合同特別チーム(以下、特別チーム)では、理論シミュレーションワーキンググループ(WG)とダイバータ物理検討WGの第3回、第4回会合をそれぞれ開催した。また、アクションプランに沿って実施中の共同研究について、研究会を開催した。さらに、Plasma Conference 2017において、特別チームの成果報告を行った。今後の予定として、第7回全体会合を2017年12月12-13日に京都大学で開催し、設計テーマ毎に設計パラメータや設計条件・制約等を議論する。

2. ワーキンググループ会合

第3回理論シミュレーションWG会合(2017年8月30日)では、乱流輸送シミュレーションとプラズマモデリングの研究開発計画について議論を行った。「ジャイロ運動論的乱流輸送シミュレーションの研究・開発(名大 渡邊)」では、乱流輸送現象の理解、将来の実験予測を目的とした研究・開発の計画、局所モデルと大域的モデルによる輸送モデリング・データベース構築について議論されるとともに、周辺乱流に関する輸送解析コード開発が急務であると指摘された。「燃焼プラズマ制御(京大 福山)」では、炉心プラズマシミュレータを、流体的輸送モデリングだけでなく運動論的輸送モデリングに基づいた開発の重要性が指摘された。また、炉心プラズマシミュレータの開発はITER運転開始までに行い、ITER運転シナリオ開発と実験結果との比較による妥当性検証の重要性が指摘された。第4回理論シミュレーションWG会合(2017年10月23日)では、「高エネルギー粒子とMHD(NIFS 藤堂)」、「MHD・ディスラプション研究(QST 相羽)」、「ダイバータ関連コード開発について(QST 星野)」の報告が行われ、それぞれの研究開発課題と開発計画について議論されるとともに、コード開発体制の構築について意見交換が行われた。

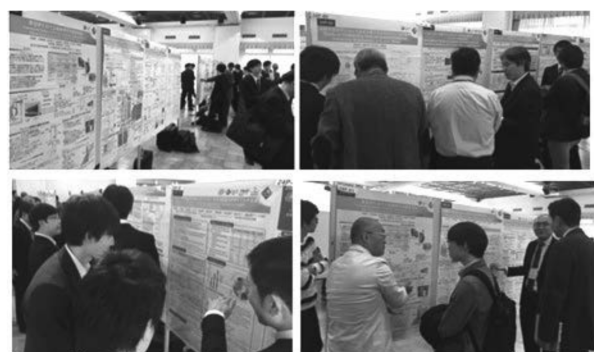
第3回ダイバータ物理検討WG会合(2017年8月28日)、第4回ダイバータ物理検討WG会合(2017年10月16日)を開催し、「直線型装置におけるモデリング研究の現状と計画(名大 大野)」、「筑波大プラズマ研究センターにおける研究の現状と計画(筑波大 江角)」、「閉じ込め装置ダイバータ実験及びシミュレーションからの線



第4回理論シミュレーションWG会合(左)と第4回ダイバータ物理検討WG会合(右)の様子。



特別チーム共同研究会の参加者。



Plasma Conference 2017でのポスター発表の様子。

形装置実験及びモデリングへの期待・提案(QST 仲野)」、「シミュレーションから線形装置実験及びモデリングへの期待・提案(QST 星野)」等の報告が行われ、非接触プラズマのモデリングや制御手法について、主要物理課題、開発内容とモデリング手法について整理した。

3. 特別チーム共同研究会

特別チームの炉設計に係わる共同研究についての研究会を量子科学技術研究開発機構 六ヶ所核融合研究所で2017年10月12-13日に開催した。参加者は約20名で、特別チームが実施中の炉設計検討の状況と共同研究の計画と進捗について情報を共有し、炉設計活動を効果的に推進することを目的とした。ダイバータ物理関連、トリチウム安全関連、先進ブランケット、等について研究代表者から報告があり、今後の進め方などについて活発な意見交換を行った。

4. Plasma Conference 2017での成果発表

2017年11月21-24日に姫路市で開催されたPlasma Conference 2017において、4件の口頭発表と12件のポスター発表による特別チームの成果報告を行った。ポスター発表は最終セッションであったが、多くの研究者と活発な議論を行うことができた。

(原型炉設計合同特別チーム)