

平成30年度成果報告：核融合工学研究プロジェクト

室賀 健夫

核融合工学研究プロジェクトでは、将来のヘリカル型核融合炉を想定した概念設計と各機器の開発に必要な要素工学研究を国内外の共同研究・連携研究と併せて進めています。以下に平成30年度の主な成果を紹介します。

ヘリカル型核融合炉の概念設計では、小型化によりコスト低減と早期発電実証を図るFFHR-c1の検討が進展しました。らせん型ヘリカルコイルの巻き方を現在の大型ヘリカル装置（LHD）と少しだけ変えることで、超伝導コイルと電磁力支持構造物の設計に大きく影響することなく、プラズマの安定性とエネルギー閉じ込めを向上できる可能性が示されました。また、ブランケットの保守交換手法について3次元モデルを用いた検討が進展しました（図1）。



図1 ヘリカル型核融合炉FFHR-c1のブランケット交換検討の例（カートリッジ型）。

炉内機器用の低放射化構造材料として開発が進められ、NIFSが世界をリードしているバナジウム合金では、チタンの添加量を減らすことで従来よりも更に短期間で再利用可能な材料を制作することを試みています。フェライト鋼については、限られた試験空間で多数の試料による試験を可能とするため、微小試験片を用いた材料強度評価の研究を進めています。本来長時間かけて進行するクリープ変形が微小試験片では早く進行する場合があることから、微小化における課題が明らかになってきました。

長寿命液体ブランケットの開発研究を行う熱・物質流動ループ試験装置Oroshhi-2では、同装置の3テスラの磁場を利用して、強磁場下での液体金属液膜流の除熱特性評価実験を京都大学との共同研究で行いました。強磁場下を流動する液体金

属液膜流内部の3次元温度分布が世界で初めて測定され、液膜表面に与えられた熱が流れとは垂直な磁場の方向に収束して輸送される現象が観測されました。これは液体金属ダイバータの開発研究としても位置付けられるものです。

高性能な銅合金を目指した開発研究では、機械的合金化法と熱間等方加圧法を組み合わせ、金属組織内部に微細で熱的に安定な化合物を分散させて機械的特性を飛躍的に向上する方法に着目しています。この機械的合金化法をさらに発展させ、銅母相中の化合物（強化粒子）の増加に成功しました。また、酸化物分散強化銅とタングステンとの接合法である「先進的ろう付接合法」の開発が進展し、ステンレス鋼との接合や酸化物分散強化銅同士の接合へと応用する技術開発に成功しました。これを用いて湾曲した冷却流路を有するダイバータ試験体の製造に成功し（図2）、LHDへ実装できる機器製作を進めています。

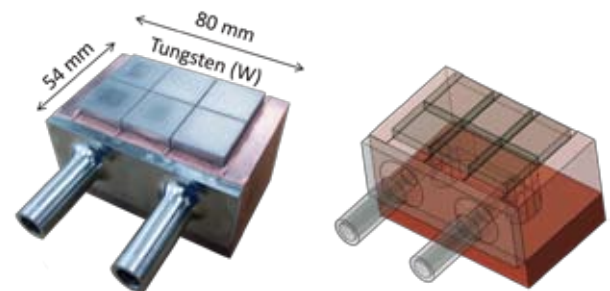


図2 タングステン、銅合金、ステンレスを先進的ろう付接合法で接合したダイバータ試験体の写真（左）とCAD図（右）。

昨年度本格運用を開始したイオンビーム解析装置では、百万ボルトで加速した高エネルギーのヘリウムイオンを材料に照射してその跳ね返り方を調べることで極微量の堆積物質の検出が可能である、「ラザフォード後方散乱法」による表面組成分析を行いました。重水素実験開始前の期間にLHDの真空容器内に設置して軽水素プラズマ実験を経験させたシリコン試料を測定したところ、タングステンを使った機器から離れた場所でも極微量のタングステンが検出されました。その堆積メカニズムの解明を進めています。

多価イオン源CoBITではタングステン多価イオンを生成して、LHDのプラズマ実験で観測される光の成分を調べています。今回、世界で初めて「電

「気八重極子遷移」と呼ばれる遷移（原子の中の電子のエネルギーの変化）によると考えられる光の観測に成功しました。これは通常起きる遷移の100億分の1程度の確率でしか起こらない現象で、その発現機構の解明に成功しました。

超伝導マグネットの研究では、コイル形状の導体の性能試験が可能な大口径高磁場導体試験装置

が稼働を開始し、これを用いて、米国マサチューセッツ工科大学との国際共同研究である、積層撚線型高温超伝導導体TSTCの試験を行いました（図3）。今後、同試験装置は、国際プラットフォームとして世界の大型導体開発に貢献していきます。

（核融合工学研究プロジェクト 研究総主幹/
核融合システム研究系 教授）

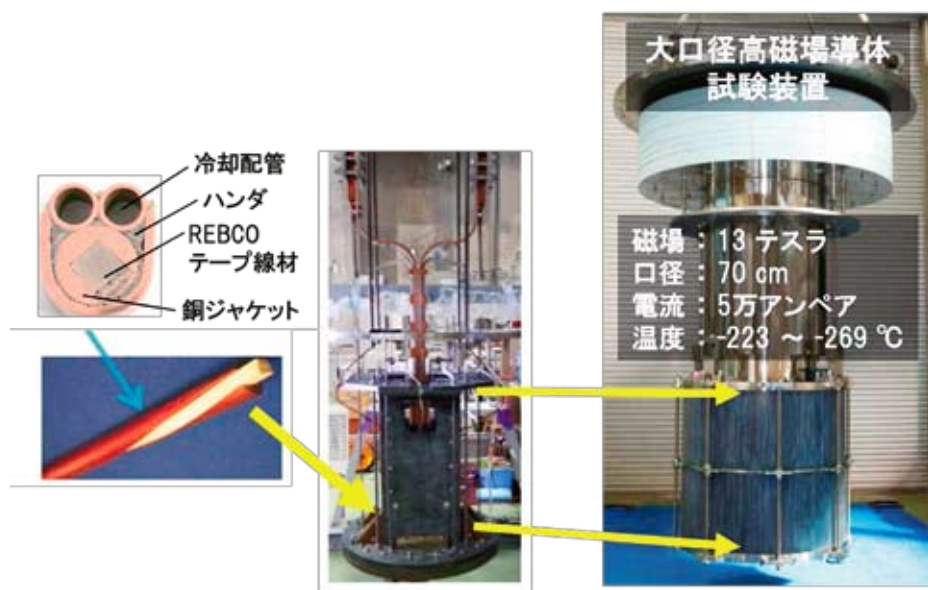


図3 TSTC導体の断面図と写真（左）、コイル形状TSTC導体を収めた試験部の写真（中央）および大口径高磁場導体試験装置の写真（右）。

特集

Fusion フェスタ in Tokyo 2019

高畑 一也、土屋 隼人

将来の核融合発電の必要性、核融合研究における学術研究の重要性、研究所及び総合研究大学院大学（総研大）の研究・教育活動を、広く社会・国民に知っていただくために、ゴールデンウィーク中の5月3日（金・祝）に、日本科学未来館（東京都江東区青海）において「Fusion フェスタ in Tokyo 2019 -核融合！未来を創るエネルギー-」を開催しました。平成22年から毎年開催している本イベントも今回で10回目を迎えました。当日は晴天に恵まれて、家族連れを中心に1,800名の参加をいただきました。

本イベントは、楽しみながら科学や核融合を身近に感じていただくために、小中学生から大学生までの若い世代にも興味を持っていただけるよう

「新時代のエネルギー、核融合を知ろう！」をテーマにした講演会、科学体験教室、科学工作教室、各種展示から構成されています。講演会では、まず、竹入康彦核融合科学研究所所長による特別講演「新発見続々!!研究最前線-世界が注目するヘリカル型核融合研究-」がありました。プラズマボールの実演やヘリカちゃんを交えた会場参加型のクイズを交えつつ、核融合の原理から1億2,000万度達成などの研究所の最新成果、そして核融合発電実現に向けた見通しを、大勢の来場者にお伝えすることができました。続いて、LHDの真空容器内部と会場をインターネット中継で繋いだ新企画「ここが1億2000万度の現場だ！-プラズマ容器からライブ中継-」（写真1）は、真空