



インフォメーション

■会議報告

SOFE2025会議報告

小田靖久（摂南大学）、後藤拓也（Helical Fusion）、
戸端佑太、野澤貴史（QST）

2025年6月23日から26日の4日間にわたって、第31回米国電気電子学会IEEE核融合工学シンポジウム(SOFE2025)が米国・マサチューセッツ州ボストン近郊のマサチューセッツ工科大学(MIT)キャンパスにて開催された。この会議はIEEEの核融合プラズマ科学部会・核融合技術常任委員会が主催する、核融合に関する工学、物理学、材料科学の全ての分野が対象の隔年開催の国際会議で、今回はMITのプラズマ核融合科学センター(PSFC)がホストとなり開催された。

また、今回はMIT発の核融合スタートアップ企業Commonwealth Fusion Systems(CFS)社が全面的にバックアップしていることもあるほか、数多くのスタートアップ企業の参加があったほか、会議冒頭には、MIT経営大学院のA. Lo教授によるディープテックスタートアップ企業への投資の内容を含んだ技術経済性分析の講演が設定された。この講演は、核融合開発のようなディープテック企業が直面する不確実性とリスクの関係性についてShape ratioのような経済学的指標を用いて解説するものであったが、経済学初心者にもわかりやすいよう会場で模擬オーケションを実施するなど、米国流のアクティブな大学講義をそのまま持ち込んだような印象的な講演であった。

基調講演では、米国エネルギー省のJ. Allain氏より米国における核融合炉開発の加速に向けた取り組みが紹介された。パブリックとプライベートの連携を軸に、これまでのマイルストンベースの支援プログラム、プライベート施設研究プログラム、FIRE(Fusion Innovation Research Engine)プログラムに加え、新たにFusion BRIDGE(Bridging Regional Investments to Develop & Grow a U.S. fusion Engine)構想が示された。本構想は、技術成熟度レベル4-7を対象に、①小・中・大規模施設のネットワーク構築による核融合技術のリスク回避の加速、②地方/州レベル、民間、および国際的なパートナーを招集し、技術移転のコストシェア、③アメリカの核融合サプライチェーン(核融合技術のギャップを埋めるために、製造とデジタルエンジニアリングを重視する)といった目標が掲げられた。

FIREプログラムのうち、アイダホ国立研究所が主導するブランケット開発の説明では、5つのタスクを設定し、ブランケットのニュークリア試験を進める方針が示された。具体的には、①アイダホ国立研究所ATR(Advanced Test Reactor)照射下での熱対流増殖ループ実験(米国の低放射化フェライト鋼CNA(Castable Nanostructured

Alloys)とリチウム鉛を想定)、②固体増殖材のオークリッジ国立研究所HFIR(High-Flux Isotope Reactor)照射、③高温超電導磁石のマサチューセッツ工科大学炉(MITR)照射(照射下で14Tまで計測)、④トリチウム回収技術の適用性検討(溶融塩や液体リチウムからのトリチウム回収など)、⑤ATRでのニュークリアブランケットコンポーネント試験の設計である。

ITER機構の鎌田副機構長による基調講演で、ITERの最新のステータスについての発表があった。本体設備の組み立て作業において、最適化を進めることにより、本格的に建設を加速していること、および、電源設備、冷却水システム、またクライオ冷凍機システムといった補器プラントの動作が開始していることなど、運転に向けた準備が順調に進んでいる。これらの成果を反映した新しいペースラインに基づいたスケジュールが紹介され、ITERの運転に向けた展望が示された。

ダイバータに関する研究として、ドイツのMax Planck Instituteの登壇者が、タンゲステン繊維強化タンゲステン複合材料を用いたモノブロックを作成し、熱負荷試験を行なった結果を報告していた。その結果20 MW/m²の熱負荷で表面温度を1900°Cに抑えられ、従来よりも500°C近く低い結果が報告されていた。

プラズマ対抗機器として液体リチウム金属により除熱するシステムの開発に向けて、イリノイ大学がトカマクエナジーとUrbana-Champaign(UIUC)において製造した、Actively Pumped Open-Surface Lithium Loop(APOLLO)装置を用いた液体リチウム金属の流動制御に関する実験結果が報告された。本検討において積層造形により作成されたタンタル製メッシュをプール内に用いることができ、リチウム金属の濡れ性が高まり流動する様子が報告されていた。

中性粒子加熱技術に関しては、ITERのNBTF(Neutral Beam Test Facility)の開発に向けて、SPIDERの出力増強に向けた取り組みなどの複数の発表がなされていた。高周波加熱に関しては、欧州のDTTやEU-DEMOといった将来の実験装置に向けた開発の取り組みの発表が多く見られたが、既存装置の電子サイクロトロン加熱システムの入射装置や、RF源であるジャイロトロンの開発の進展状況なども散見されたほか、WESTにおけるイオンサイクロトロン加熱アンテナ開発や、DIII-Dにおける高磁場側からの低域混成波による加熱システムに対する取り組みなどの発表もあり、幅広い分野がカバーされていた。

民間企業Oxford Sigmaより、設計システムコードの作成現状について報告された。具体的には、American Society of Mechanical Engineers & Pressure Vessel Section III Division 4のworking groupの“general requirement”が核融合炉構成機器の決定論的なcomponent codeに変更されたことが報告された。また、ITERの超伝導コイルの知見に関して日本機械学会(JSME)とのコラボレーションが報告された。日本のBridgeプログラムにおける標準化検討が紹介された。今後の活動に関する問題提起として、安全境界として真空容

器を含めるかどうか、design by analysisの具体的な方針や照射損傷の整理方法が挙げられていた。

最終日に行われた核融合産業協会（FIA）のA. Holland CEOからの基調講演において、核融合産業調査結果に関する報告があった。具体的には、世界全体の核融合産業（14カ国45社）の資本金は8億ドルに達し、その中で8割から9割にかけてアメリカ26社が占めていることが報告されていた。世界中の核融合産業への経済支援の例の一部として、日本のムーンショットプログラムが紹介された。2024年には4億3400万ドルがサプライチェーンに費やされ、2025年には更に25%増加することが予想されているとの報告があった。ただし、今後の産業展望に関しては、核融合システム開発の複雑性によりスケーリングができず、産業の持続性に関する不透明感が依然として強いことが課題として指摘されていた。持続的な開発に向けては、スケーリングを可能とするWorkforceの構築（スキル人材育成）の重要性が説かれていた。また企業のリスク負担を減らすため、財団や政府と経済的リスクを共有できる投資体制（経済的支援や支援比率の調整など）の重要性が説かれていた。

全体として、次期計画やサプライチェーンに関するセッションも持たれるなど、個別の物理・実験よりも装置や機器の設計・製造・建設を見据えた発表が多くを占めたのも特徴的であった。メイン会場となったKresge講堂にはスタートアップを含む企業のブースも設けられ、会議参加者とのコミュニケーションも活発に行われていた。またスタートアップ企業に限らず、英国、欧州、中国などの公的機関の計画に関する発表も多く行われた。スタートアップ企業はそのほとんどが独自の技術を前提に2030年代の発電実証を目指しており、発電実証装置へのステップとなる実験装置を直近で建設する計画も多く示された。英国からは現状の技術や生産能力を考慮して球状トカマク装

置STEPの早期実現を目指す方針が示された。欧州からはITERの成果を受けて原型炉設計を確定させ2045年以降の原型炉建設開始を目指しつつ、並行して体積中性子源も建設する方針が示された。中国からは小型DT燃焼炉BESTと実証炉CFEDRによる完全に独自のシナリオが示された。このようにそれぞれに設計思想やマイルストーン、スケジュールは大きく異なるものの、発電実証を目指した計画やそのための研究開発の最新の情報が示されていた。

会議最終日の午後にはCFS社が建設を進める小型高磁場超伝導トカマク装置SPARCのサイトツアーが組まれた。マグネット工場とSPARC建屋群を見学でき、広大なマグネット工場ではSPARCのトロイダルコイル用のパンケーキコイルが次々と製作されている場が紹介されていた。またSPARCの本体建屋ではクライオスタッフベースが既に設置され、隣接する建物内にも電源、加熱機器、極低温機器などの整備が進んでおり、目標とする2026年中の運転開始に向け着々と準備が進んでいる状況が伺えた。

連日30度を超える異例の暑さの中の開催で、コーヒーブレーク会場として、主会場前に大きなテント（図1）が準備されたが、強力な扇風機で暑さ対策が施されていたのは印象的であった。3日目の夜のGala Dinnerは、ボストン科学博物館を貸切での開催であった（図2）。博物館の展示室内の実物大の恐竜模型や様々な物理実験体験施設のわきに食事用テーブルが配置されたきわめて印象的な会場で、各国の研究者との議論に花が咲いた。

クロージングでは、参加者数の発表やスポンサー・ホストの関係者等への感謝が述べられた後、次回会合がジェネラル・アトミックス社をホストとして2027年6月20日から25日にかけて米国・カリフォルニア州サンディエゴのTown & Country Resortで開催されることが発表され、会議が締めくくられた。（原稿受付：2025年10月30日）



図1 主会場のKresge 講堂とコーヒーブレーク会場のテント。



図2 GALA dinner会場の様子。