

1. COMET 超伝導磁石システム

J-PARC では共通基盤施設低温センター所属のメンバーと合同で低温セクションを構成し、超伝導磁石を始め、J-PARC で稼働する低温装置の開発・建設・運転を担っている。現在、J-PARC ハドロン南実験棟で計画されている COMET 実験向け超伝導磁石システムの建設を進めている。ミュオンを生成する捕獲部の超伝導磁石（パイオン捕獲ソレノイド）は、2024年に超伝導磁石としての組立を完了し、ハドロン南実験棟に設置された。既設のミュオン輸送ソレノイドとの真空接続も完了し、冷凍機、電源への接続に向けての準備を行っている。また、ミュオンビーム最下流に設置される検出器ソレノイドも 2024年に工場での励磁試験を終え、実験室内で検出器ソレノイドを移動させるためのリニアガイドの敷設など、設置準備を進めている。



図1 超伝導磁石システムの建設状況。左：ハドロン南実験棟に設置されたパイオン捕獲ソレノイドとミュオン輸送ソレノイド、右：つくばキャンパスに納品された検出器ソレノイド。

2. 超低温機器開発の状況

現在、我々は量子素子及びその関連技術に必要となる超低温環境を提供する装置開発に取り組んでいる。その一環で、Helium-4を冷媒とする循環型1K冷凍機の開発を進めている。本冷凍機は、複数の熱交換器、低温精製器、熱スイッチ、循環ポンプなどから構成されており、各コンポーネントの大部分は既に製作を完了している。現在は、図2（左、中央）に示すように全体のアセンブリ工程を実施している段階である。本冷凍機が完成次第、試運転を行い、Cryo-CMOSデバイスの伝導冷却試験等を実施する予定である。

加えて、Helium-3を用いることなく超流動Helium-4の特異な性質を利用してサブケルビン温度領域の到達を目指す新たな冷凍機的设计も並行して進行中である。さらに、図2（右）にはCryo-CMOSの伝導冷却設計に関するシミュレーション結果の一例を示す。シミュレーションにより最適なヒートシンク形状を特定し、これに基づいて製作を行った。今後は、実際にCryo-CMOSデバイスを実装した冷却試験を実施し、シミュレーションおよび冷却設計の妥当性を検証する予定である。

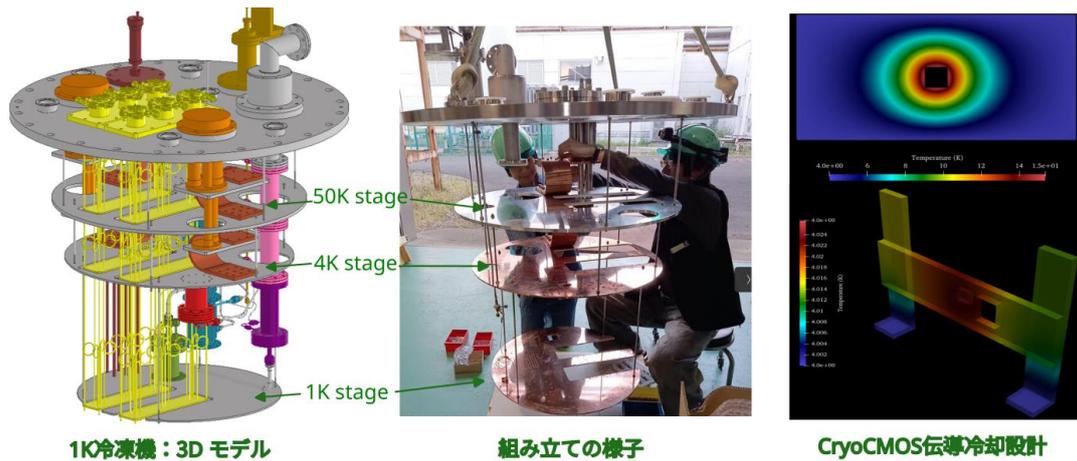


図 2 開発中の循環型 1 K 冷凍機 (左, 中央) と CryoCMOS 伝導冷却設計 (右)

3. アルミ安定化超伝導線のアルミ被覆工程のシミュレーション

BelleII や ATLAS 等検出器用の大型超伝導ソレノイドや COMET 捕獲ソレノイドには、粒子透過性に優れたアルミ安定化超伝導線が採用されている。図 3 にこれまでの実績と将来計画の線材断面を整理する。一方、経済性の観点で製造実績のあるメーカの撤退が相次ぎ、国内はもとより、世界的に入手できない状況となっている。この危機的な状況に対処するため CERN を中心にアルミ安定化超伝導線の製造体制の再構築を目指して活動を進め、現在同時押出機 (コンフォーム) を保有するメーカと契約しアルミを被覆する試作を進め、研究所側も深く関与したノウハウの取得を目指している。我々は、日本で製造してきたアルミ安定化超伝導線の製造経験の提供やアルミ被覆工程のシミュレーション結果を提供して、協力している(図 4)。

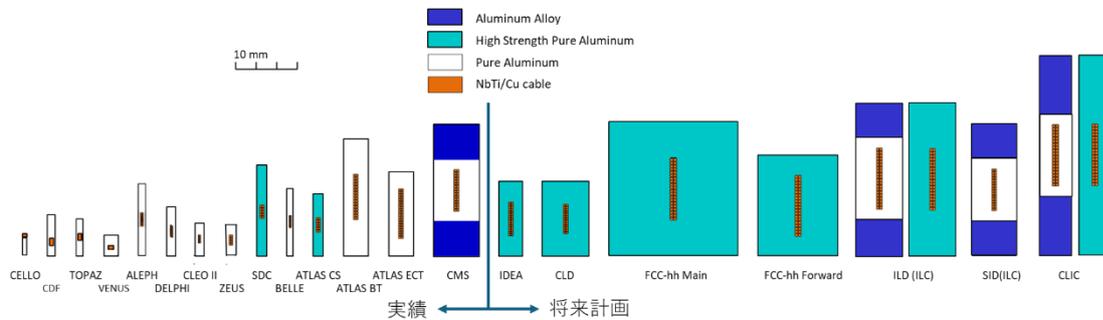


図 3 線材断面で整理したアルミ安定化超伝導線の実績及び将来計画

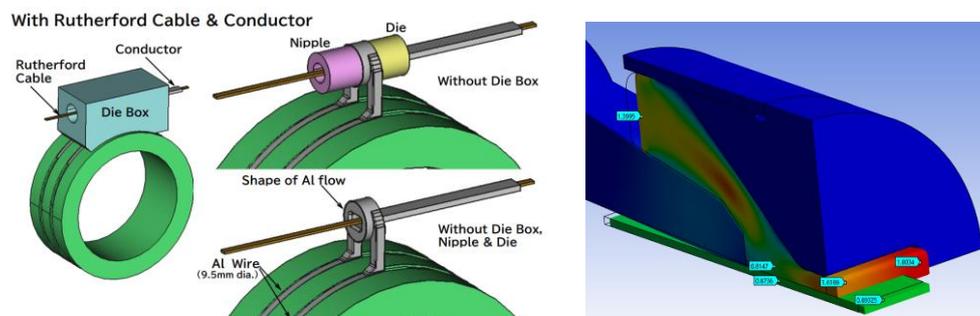


図 4 アルミ同時押出装置の構成 (左) 及びアルミ同時押出部の応力解析結果 (右)