

■冷凍部会だより

2026年度第1回冷凍部会例会は、4月17日（金）に川崎重工工業株式会社のCO-CREATION PARK KAWARUBAにおいて開催された。例年第1回の例会では低温工学に関する基礎講座を行っており、今回は「超電導応用機器の現状と実用化への期待」というテーマで、元東京大学の太田博之先生（現物質・材料研究機構招聘研究員）にご講演頂いた。本例会は現地とオンラインとのハイブリッド開催であり、現地19名、オンライン11名の参加があった。プログラムは以下の通りである。

1. 開会挨拶 冷凍部会長
2. 基礎講座（前半）「直流超電導ケーブルの可能性と冷却特性解析」
3. 基礎講座（後半）「超電導回転機開発の課題」
4. 閉会挨拶 冷凍部会庶務幹事

前半では大容量化、コンパクト化、高効率、低損失化等、超電導ケーブルの特徴が示され、これらの実証試験としての国内や海外におけるプロジェクトが紹介された。EUのプロジェクトであるSCARLET（Superconducting CAbles foR sustainable Energy Transition）は、2022年9月に開始された4年半のプロジェクトであり、最後の半年間は液体水素冷却 MgB₂ ケーブルの長期試験を行う意欲的な計画である。洋上風力発電システムでは、発電所から陸上に送電するケーブルのコストが総コストの大部分を占めることから、このプロジェクトによってHTSケーブルがシステムコストを低減することが期待されているとのこと。電気絶縁、液体水素冷却システム、ケーブルアクセサリ、安全、試験法の標準化等の課題があるとのことであった。

国内では、九州大学が中心となって開発を進めている電動航空機用超電導ケーブル、鉄道総研の直流鉄道き電システム用超電導ケーブル等が紹介された。東大太田研では鉄道用超電導ケーブルにおける冷媒温度分布の解析に取り組んできており、いくつかの研究結果が紹介された。また、超電導ケーブル適用時の短絡事故解析の結果も紹介された。

後半では、まずSuper-GMの超電導タービン発電機を例として超電導回転機の基本構造が解説された。Super-GMは1988年度～1999年度に実施されたプロジェクトで、200MW級超電導発電機を目指した70MW級モデル機の研究開発が行われた。この発電機では界磁巻線にNbTi超電導線が用いられ、液体ヘリウム冷却された。太田研では超電導回転機に関する数値解析も行われてきており、風力発電システム解析においては電気回路システム解析、電気機器の有限要素解析、超電導線材交流損失の有限要素解析が連成されたマルチスケールシステム解析が行われた。

電動航空機用回転機の研究開発として、超電導技術を導入した全電動ファン推進航空機の基本構成が紹介され、重

量低減、交流損失低減、回転子損失低減、冷却方法等の課題が示された。重量低減の観点から、超電導部分を冷凍機冷却することは現状では現実的ではなく、液体水素（20K）、天然ガス（～110K）、液体窒素（～70K）による冷却が検討されている。また、旅客機に求められる電力として、従来はAC115V、DC28Vであったものが、最近の機体ではAC235V、DC270Vで負荷も1MW級になっていることから、今後の直流システムは20MWの場合±270V/37kA、±1000V/10kAと見積もられることが示された。

超電導機器のための基盤技術として的高温超電導線材には、低コストかつ高性能であることが必要と述べられた。線材の価格は、開発段階であれば許容できる程度に低下してきているものの、実用機にはさらなるコストダウンが必要である。また、将来的にはレアアースや貴金属を使用しない低コスト線材や液体窒素冷却で高磁場応用が可能な線材開発にも期待される。導体・コイル化技術には、電磁力に対する機械強度や支持構造に加えて、非円筒型コイルでの高性能化、クエンチ保護技術の確立等が求められる。さらに回転機技術・冷却技術には、機械・構造設計および冷却・熱設計技術の一層の向上が必要であり、液体窒素冷却が可能となるような線材性能の向上や機器設計に期待すると述べられた。

ご多忙の中、講演を引き受けて下さった太田先生、会場およびオンライン環境を手配して下さいました新郷様（川崎車両）、活発な質疑応答にご協力下さった参加者の皆様に厚く御礼を申し上げます。



第1回例会講演会の様子

（物質・材料研究機構 西島）