

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

掲載内容 (サマリー) :

○年頭挨拶	理事長	森 詳介
○年頭所感	経済産業省産業技術環境局長	片瀬 裕文
○2014 年を迎えて	超電導工学研究所長	塩原 融

特集 : 第 26 回国際超電導シンポジウム (ISS2013)

ー分野別トピックスー

- Physics and Chemistry (incl. Vortex Physics)
- Wires, Tapes and Characterization
- Films and Junctions/Electronic Devices
- Large Scale System Applications

- ISS 出展社の製品紹介コーナー

- 超電導関連 2014 年 1 月 - 2 月の催し物案内
- 新聞ヘッドライン (11/20-12/19)
- 「世界の動き」
- 「再生可能エネルギーと超電導」
- 超電導国際標準化に関する第 11 回パネル討論会報告
- 「International Workshop on Novel Superconductors and Super Materials 2013 (NS²2013)」報告
- 隔月連載記事 高温超伝導電力機器の冷却技術 (その 1)
- 読者の広場(Q&A)「リニア新幹線への電力供給はどのようにするのでしょうか? 浮いているのですから電池でも積んでいるのでしょうか?」

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

〈発行者〉

公益財団法人 国際超電導産業技術研究センター 超電導 Web21 編集局
213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3 丁目 2 番 1 号 KSP A-9
Tel 044-850-1612 Fax 044-850-1613

超電導 Web21 トップページ : <http://www.istec.or.jp/web21/web21.html>



この「超電導 Web21」は、競輪の補助金を受けて作成したものです。

<http://ringring-keirin.jp>



超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

年 頭 挨 拶

公益財団法人 国際超電導産業技術研究センター

理事長 森 詳 介



年頭にあたり、謹んで新年のご挨拶を申し上げます。

昨年は、第 2 次安倍内閣のリーダーシップのもと、アベノミクス第 1、第 2 の矢である「大胆な金融政策」と「機動的な財政政策」等により、景気回復の兆しが見え始めた 1 年でした。その一方で、新たな規制基準の下での原子力プラントの再稼動が実現せず、全国的に電力の需給が厳しい状況が続き、化石燃料の輸入増大により、貿易収支も赤字に転じております。

そうした中、我が国経済・社会が持続的な成長を実現するためには、エネルギー供給の安定と、より効率的なエネルギーの供給・利用を可能とする革新技術の開発が重要であると考えております。中でも超電導は、電気抵抗ゼロ等の省エネ・省資源特性を有し、超電導電力機器の応用等を通じて環境負荷低減に向けての重要な役割を担うことが期待されています。また、今後、超電導は、コンパクトで強力なマグネットによる磁場の応用、あるいは超高感度磁場センサー（高温 SQUID）など量子効果を活用した超省エネ・高感度の電子デバイスとしての役割も期待されます。

当公益財団は、1988 年に我が国における産学官共同の超電導研究所として設立されて以来、数多くの成果を挙げてまいりました。特に昨年は、2 月末に「イットリウム系超電導電力機器」プロジェクトを完了して、目標を上回る成果を挙げ、高い評価を賜ると共に、次の大型プロジェクトとして、MRI 等の医療用機器への応用に向けた「高温超電導コイル基盤技術開発」が始まりました。また、当公益財団が開発した高温 SQUID を用いた金属資源探査用 SQUITEMⅢ号機が実用化され、これを石油資源探査に広げるプロジェクトも始まりました。

こうした研究成果に加えて、当公益財団は、超電導技術の実用化に対する社会のご期待に、より一層的確にお応えするべく、昨年 7 月より、本拠を神奈川サイエンスパーク (KSP) に移転し、組織をスリム化するなど、活動の一層の効率化に取り組んでおります。

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

本年におきましては、高温超電導コイル基盤技術開発、特に 3G 線材開発に鋭意取り組むと共に、資源探査のみならず非破壊検査や人体・バイオを含めた多用な SQUID 開発を通じて、高温超電導線材・高温 SQUID の実用化に向けて全力を尽くして参る所存です。

皆様におかれましては、本年も引き続きご支援、ご協力を賜りますよう、宜しくお願い申し上げます。新しい年が、皆様にとりまして幸多き一年になるよう祈念いたしまして、年頭のご挨拶とさせていただきます。

[超電導 Web2.1 トップページ](#)

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

年 頭 所 感

経済産業省 産業技術環境局長
片瀬 裕文



平成 26 年の新春を迎え、謹んでお慶びを申し上げます。本年が皆様にとって幸多く、実り豊かな一年となることを心よりお祈り申し上げます。

安倍内閣が発足して 1 年が経ち、アベノミクスの「三本の矢」により、日本経済は「マイナス」から「プラス」へと転換しました。今後、第三の矢である「民間投資を喚起する成長戦略」を力強く実行していくことが重要であり、昨年 12 月に閣議決定した「好循環実現のための経済対策」も含め、経済産業省として全力で取り組んでいるところです。

日本は、少子高齢化、資源・エネルギー問題など、真っ先に取り組まざるを得ない「課題先進国」の立場に置かれています。これは世界に先駆けて課題を解決することができれば、新たな成長分野で一躍世界のトップに躍り出るチャンスを眼前にしているということでもあります。

昨年は、アベノミクスの第三の矢として、6 月に「日本再興戦略」を閣議決定しました。中長期的に経済成長を続けていくためには、これまでに無い製品やサービス、システムを作り上げることで全く新しい市場を創造する必要があります。研究開発競争が従前とは比べものにならないほど激化している今日、我が国がグローバルに、技術で勝ってビジネスでも勝つべく、イノベーション戦略を抜本的に強化する政策を実行しているところです。

日本のイノベーション環境をより良いものとするため、昨年秋の税制改正において、研究開発税制の活用促進など企業の研究開発投資環境を整備するために、増加型上乘せ措置の拡充などを決定しました。皆様に本税制を御活用いただくことで、民間研究開発投資が今後 3 年以内に対 GDP 比で世界第一位に復活することを期待しています。

また、国が主体的に技術に投資していくことも鍵となります。10 年程度先の課題を見定めて、国家的・社会的に重要な課題を解決するべく、府省連携して、技術開発から実用化までを進めるプログラムに取り組みます。経済産業省としても、次世代 3D プリンターの開発、インフラ長寿命化のための研究開発、高電圧用の次世代パワーエレクトロニクスの研究などを課題解決型の発想で進めてまいります。超電導技術については、MRI（核磁気共鳴画像装置）や医療用加速器に関する課題解決を図るべく、超電導コイルを開発する研究を昨年から開始しています。

さらに、研究開発の成果を社会に実装するためには、研究開発型ベンチャー企業や中小企業が新規事業に挑戦しイノベーションのシーズをビジネスにまで育てることができる環境整備が重要と考

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

えます。本年、経済産業省では、中小・ベンチャー企業が有する技術を国内外の技術や市場と結びつけることにより実用化を図る支援制度を創設し、研究開発型ベンチャーの創出や技術の事業化のための環境を充実してまいります。

加えて、企業が自社技術を標準化することができれば、自社製品のスペックを変更することなく、そのまま市場投入することが可能となります。また、顧客や市場からの信頼を獲得することができ、新技術・新製品を速やかに市場開拓につなげることも可能となります。このように、我が国企業の競争優位に直結するという観点で標準化・認証は極めて重要です。

そのために、戦略的に重要な分野に対して、標準原案の作成から国際対応、認証に係る手法・設備の構築までをフルパッケージで支援してまいります。

以上、震災からの復旧・復興、そして日本のさらなる経済発展に向け、経済産業省が積極的に取り組んでいく施策の一端を申し上げました。産業技術環境局は、技術・標準・環境という各分野の課題に対応する政策資源を一体的・集中的に投入し、日本の発展に寄与していきたいと考えております。そして、更なる経済発展を遂げた国として 2020 年の東京オリンピックを迎えられるよう、あらゆる政策を確実に実現してまいります。

本年も皆様の一層の御理解、御支援を賜りますようお願い申し上げます。

[超電導 Web2.1 トップページ](#)

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

2014 年を迎えて

超電導工学研究所
所長 塩原 融



謹んで新年の御挨拶を申し上げます。

一昨年末の第2次安倍内閣発足後、昨年7月の参院選で、「ねじれ国会」が解消され、経済政策「アベノミクス」への期待感も高まってきました。このアベノミクスは、「三本の矢」と表現した大胆な金融政策、機動的な財政政策、民間投資を喚起する成長戦略の3つを基本方針としており、増収増益を見込み、売上高、利益とも過去最高となる企業も出て来るなど、「アベノミクス」の効果が徐々に業績に表れつつあり、2014年が財政再建・景気回復の年となることを期待しています。

経済産業省・資源エネルギー庁及び独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が策定した「省エネルギー技術戦略2011」の中で、「世界をリードしている日本の超電導技術をコア技術として、省エネルギーシステムに仕上げるなどの戦略的アプローチが望まれる」と記述されています。このように我が国の超電導技術は省エネルギー革新技术の切り札として期待されています。

平成20年度から、5ヶ年計画でNEDO殿の「イットリウム系超電導電力機器技術開発」プロジェクトの中で、超電導工学研究所は、イットリウム系超電導線材を用いた超電導電力機器（SMES、ケーブル、変圧器）の実用化を目指した研究開発を、国際標準化事業とともに精力的に進め、昨年2月28日に成功裡にプロジェクトは終了し、非常に高い評価を頂きました。

公益財団法人国際超電導産業技術研究センター（ISTEC）は諸般の情勢を鑑み、事務所を昨年7月1日から神奈川県川崎市高津区のかながわサイエンスパーク（KSP）に移転しました。この移転に伴い、ISTEC内の超電導工学研究所（SRL）の線材・パワー応用研究部も、主としてKSPに移転し、物性・デバイス研究部は神奈川県横浜市港北区の日吉研究所に順次移転し、9月末には移転完了しました。

アベノミクスの三本目の矢としての成長戦略の個別政策として、「健康長寿社会」から創造される成長産業が示されています。経済産業省においても医療機器産業政策の一環として診断用MRI及び重粒子線癌治療用装置について、小型化・高度化に関わる研究開発を行う「高温超電導コイル基盤技術開発プロジェクト」が昨年末から新規プロジェクトとして開始されました。超電導工学研究所の線材・パワー応用研究部は、昨年2月末に終了したイットリウム系超電導電力機器開発の成果を活用しつつ、この新規プロジェクトの共通基盤技術開発を担当して研究開発を進めています。

物性・デバイス研究部は薄膜電子デバイス分野への高温超電導応用に関して、イットリウム系を中心とした高温超電導材料を用いたデバイスの設計、プロセス技術、システムの開発を行っています。世界に誇る高度積層構造作製プロセスを用い、高感度磁気センサーの開発に成功し、現在はセンサーを利用した検査システムや金属資源探査装置などの研究開発を進めています。

今年も引き続き、これまでの四半世紀に亘る成果を踏まえて、超電導工学研究所が世界の超電導研究開発の中核となり、高温超電導第3世代線材、薄膜電子デバイス、及び電力・産業・医療用機器等エネルギー・マグネット応用を含めた超電導機器応用の分野で、早期実用化を目指し産学官の協力の下、精力的に研究開発を進め成果を上げていく所存です。

本年度もこれまで同様、会員企業各位はじめ、皆様方の倍旧のご指導・ご支援、ご協力を賜りますよう、宜しく願い申し上げます。

[超電導 Web2.1 トップページ](#)

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

特集：第 26 回国際超電導シンポジウム (ISS2013)

「Physics and Chemistry (incl. Vortex Physics)」

東京大学大学院
総合文化研究科 広域科学専攻関連基礎科学系
教授 前田京剛



セッション風景

物理・化学セッションでは、ここ数年テーマを決めて、それに **focus** した招待講演者の人選とプログラム作りを行ってきた。実質 1 日半～2 日の間に、一年間の超伝導研究の物理・科学分野の最先端での問題を有益に議論しようという為の工夫である。今年は、(1)新超伝導物質 (2)理論研究の現状 (3)鉄カルコゲナイド系 (4)スペクトロスコーピー実験 (特に STM) に焦点が当てられた。初日の基調講演では、北岡 (阪大) が銅酸化物・鉄系超伝導体などの臨界温度 T_c の大小に注目して、半強磁性ゆらぎ、フェルミ面のネスティング、構造パラメーターとの関係を総括的に論じた。(1)の新物質に関しては、わが国の高いアクティビティーが顕著で、この関係の招待講演者は国際会議であるにもかかわらず、5 人全員が日本人であった。内容は、工藤 (岡山大) による $(\text{Ca,La})\text{Fe}_2\text{As}_2$ ($T_c = 45$ K)、矢島 (東大物性研) による $\text{BaTi}_2\text{Bi}_2\text{O}$ ($T_c = 4.6$ K)、水口 (首都大東京) による BiS_2 ベース超伝導体 ($T_c = 10.6$ K)、竹下 (産総研) による $\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_8$ ($T_c^{\text{zero}} = 153$ K)、畑田 (東北大; 投稿) によるアルカリ金属をインターカレートした鉄カルコゲナイド超伝導体 ($T_c = 45$ K)、いわゆる T' 銅酸化物超伝導体では初のホールドープ超伝導体—高松 (東北大) などがあった。(2)の理論研究に関しては、今回も、やはり多様な立場から持論が展開され、なにか統一的な理解が得られたという感じはなかった—Casula (CNRS)、Capone (CNR-IOM)、Ku (Brookhaven)。(3)鉄カルコゲナイド系は、122 構造、インターカレーション系、単層膜などで、次々と高い T_c が報告されており、高 T_c 物質として最も柔軟性に富む鉄系超伝導体とし、最近非常に注目されている。実際、前回の ISS では、Xue (清華大) が単層膜の研究についての現状を紹介していたが、本年も上述のインターカレーションの研究や、高品質エピタキシャル薄膜化での歪みの導入による T_c の上昇—鍋島 (東大; 投稿) などに注目が集まった。(4)のスペクトロスコーピーでは、西田 (東工大→豊田理研)、Suderow (Autonoma 大) らが、非常にレベルの高いデータを次々に示し、世界の STM 研究のレベルの高さを印象付けた。特に、二人とも磁束量子の運動の観察に取り組んでいることが特に印象的だった。

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

この他に中性子小角散乱実験の Eskildsen (Notre Dame 大)、Rodichev (パリ・ナノ科学研) や加藤(大阪府大)によるナノサイズ超伝導体の磁場下の相図や磁束量子渦糸の理論講演などがあった。

[超電導 Web2.1 トップページ](#)

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

特集：第 26 回国際超電導シンポジウム (ISS2013)

「Wires, Tapes and Characterization」

(公財) 国際超電導産業技術研究センター
超電導工学研究所 線材・パワー応用研究部
部長 和泉輝郎、部長補佐 吉積正晃

本セッションでは、口頭発表で 29 件、ポスター発表が約 40 件行われた。本稿ではこれらの発表と、プレナリー講演で行われた関連の発表 1 件の中から、幾つかのトピックスを紹介したい。

初日に行われたプレナリー講演では、ヒューストン大学の Selvamanickam 教授から米国の Y 系線材開発とこれに関連した機器開発の紹介があった。Y 系線材開発としては、STI 社が 100 m 線材とともに 1m-450A の線材作製レベルに達したことで、1 km の装置の準備を進めているとのことであった。ヒューストン大学では、MOCVD 線材の磁場中特性の向上に力を注いでおり、最新データとして、25 %Zr を添加した試料で高い磁場特性 (2172A/12mm@30K,3T) を確認した報告がなされた。ARPA-E プロジェクトの目標である 4 倍の向上に対し、既に 6.4 倍の向上に成功したことになる。特に、ドーパ量を増やした時に ab 面にも導入されていることが観察されている。機器開発では、16 T のマグネットデモで 15.7 T を確認した他に、SMES (ARPA-E)、スマートグリッド (SFCL 入)、SMES 用ケーブル、ヘリウムガス冷却ケーブル、BSCCO を使った 1.5 T MRI の紹介があった。

線材部門では、2 日目の最初の講演で、Miyatake 博士 (JASTEC) が、NMR の開発の説明とともに HTS 化に必要な要素として、PC モードを実現する超電導接続と磁化の調整であり、その他の磁場特性、強度、n 値等では十分にメリットがあるとのことであった。

Obradors 教授は、欧州における活動の紹介を行った。欧州では、BRUKER の 200m-250A が最も大きな IcxL 値であり、日米の 5 年以上前の状況である。現在は、多くの基板、成膜方法を検討しているが、いずれ選択しなければいけないとのこと。低損失線材で短尺ながら 120 分割したとの報告が唯一新しい結果かとの認識である。

Oh 博士 (KERI) は韓国の状況を説明した。今後の材料開発プロジェクトは以下の 2 つ：

2013-2017 DC-Reactor、線材開発 1kA/cm 5M\$

2013-2018 KERI 内材料開発 APC SmBCO 5M\$

前者の PJ では SuNAM の Moon 氏が PJ リーダーで開発を行うとのことであった。また最近のトピックスとして、韓国大学の超電導接続の結果の紹介があった。これに関しては、最終日にも担当者からのオーラル発表があった。SuperPower 社の線材の銀をエッチングし、マイクロホールを開けて Face-to-Face で重ね、低圧力内で短時間の熱処理を行う。この処理の後には、メルトの存在を示す 211 相 + Ba-Cu-O 相がみられる。その後、酸素中で長時間熱処理することで 85 A の初期特性が全く落ちずに接続ができたとの報告である。メルトを作って接続する際にはインコングルーエント系であるがために最終ランジェントの処理が必要であるが、ここでどのように克服しているかは、ミクロ組織を開示していないことから不明であった。低電界側の E-J 特性とともに、組織の開示が待たれるところである。

フジクラの飯島博士は、同社における最近の線材製造状況についての紹介を行った。特筆すべきは、比較的均一な 1 km 長線材の作製に成功している点である。Tapestar の評価で均一性は 20 % 程度であった。

近年、実応用に向けて、磁場中特性の向上が図られてきているが、今回報告されたものを中心に、

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

線材作製をリードしている日米の中核メーカー・機関による磁場中特性データを表に纏めた。短尺での特性も高い上、長尺線材でのデータは日本からしか紹介が無く、日本の技術が優れていることが分かる。

表 日米の中核線材メーカー・研究機関による Y 系線材の磁場中特性比較

		ISTEC		U. Houston SuperPower	amsc	Fujikura
		EuBCO+BHO by PLD	YGdBCO+GZO by MOD	GdBCO+BZO by MOCVD	Y(Dy)BCO? by TFA-MOD	GdBCO by PLD
短尺	20K 3T(B//c)					~2404 A/cm
	30K 3T(B//c)			1153 A/cm (1384 A/12mm) 2413 A/cm* (2895 A/12mm)	~720 A/cm	
	30K 3T(Min.)	~2730 A/cm		~833 A/cm (~1000 A/12mm) ~1743 A/cm*	~720 A/cm	
	77K 3T(Min.)	141 A/cm	70 A/cm			95 A/cm
長尺	77K 3T(Min.)	>100 A/cm (94m)	50 A/cm (124m)			~40A/cm (1km)

全般的な印象として、M-PACC プロジェクトを経て、日本の技術レベルが高いことが確認された。

[超電導 Web2.1 トップページ](#)

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

特集：第 26 回国際超電導シンポジウム (ISS2013)

「Films and Junctions/Electronic Devices」

独立行政法人 産業技術総合研究所
ナノエレクトロニクス研究部門
上級主任研究員 日高睦夫

Films, junctions and Electronics Devices (FD) セッションの発表数は、オーラルとポスターを合わせて 59 件であった。このうち、薄膜・接合が 22 件、SQUID が 15 件、デジタルが 12 件、検出器が 6 件、量子ビットが 1 件、マイクロ波が 3 件であった。

薄膜・接合は鉄系薄膜作製法がメインであった。東京農工大の内藤教授から、SmFeAs(O,F) 薄膜に F をドーピングするための 2 種類の方法が示された。一つは、SmFeAsO 膜の上に SmF₃ オーバーレイヤーを成膜し、F を拡散させる 2 ステップ法であり、 $T_c^{\text{end}} = 56.4 \text{ K}$ が得られた。もう一つは、FeF₂ から F を成膜中に供給する 1 ステップ法であり、 $T_c^{\text{end}} = 54.0 \text{ K}$ が報告された。IFW Dresden の Holzapfel 教授から、ヘテロ構造を用いた成膜により、高品質 Fe 系 Ba-112 および 11 薄膜が得られることが報告された。

SQUID 関連では各種応用が発表された。UC Berkeley の Clark 教授が、SQUID を検出器として用い地磁気並みの 130 μT で駆動できる超低磁場 MRI の開発動向を報告した。この MRI は成分ごとに分別して表示することが可能である。例として人間の脳の MRI 像において、脊髄液と血液が別々に表示できることが示された。九州大学の円福教授は、JST の S-イノベ SQUID プロジェクトの紹介を行った。このプロジェクトの特徴の一つは、共用 SQUID モジュールを開発して、各研究機関がそれぞれの応用に利用するスキームを作り上げたことにある。豊橋技大の田中教授は、高温超伝導 SQUID を用いて Li イオン電池中に含まれる金属異物検出技術を開発している。現状技術の限界である直径 100 μm より小さな直径 35 μm までの異物が検出可能であることが示された。

デジタル応用は省電力化と検出器出力多重化がトピックスであった。来年初めから開始される米国の超伝導スーパーコンピュータプロジェクトを取り仕切る S. Holmes 氏から、京コンピュータの 100 倍の計算能力を持つ 1 Exa スパコンでは CMOS 技術は消費電力的に行き詰まり、本質的に低消費電力な超伝導技術がその壁を乗り越える可能性を持っていることが述べられた。NICT の山下氏は、超伝導ストリップフォトン検出器 (SSPD) 出力を SFQ 回路で多重化して室温に取り出す実験について報告した。4 個の SSPD 出力が SFQ 回路でマージされ出力線は 1 本になる。この方法を発展させることで多ピクセル検出器からの出力線が劇的に減少できる可能性が示された。横国大の吉川教授が発表した断熱型量子磁束パラメトロン (A-QFP) は、新しいタイプの超伝導デジタル回路であり、そのスイッチングエネルギーが 10 ZJ ($1 \times 10^{-20} \text{ J}$) であることが実験で確認された。この値は論理素子として世界最小であり、従来の単一磁束量子 (SFQ) 回路と比べても 3 桁小さい。

検出器は多ピクセル化がトレンドである。産総研の浮辺氏が 100 ピクセルの超伝導トンネル接合 (STJ) 検出器を用いた材料分析装置と質量分析装置を紹介した。これらの装置により、SiC 中の軽元素である N 検出や同じ質量電荷比を持つ信号から質量を分離観測した成果が得られた。また、100 ピクセルとすることで測定時間が大幅に短縮された。日大の山本教授から、透過確率 50 % のビームスプリッタを用いた Surface Plasmon Polariton (SPP) 透過実験が報告された。この実験に必須の SPP 数を正確にカウントできる唯一の検出器として、産総研で開発された超伝導遷移端検出器 (TES) が用いられている。

東大の中村教授は、超伝導量子コンピュータの最近の進捗を紹介した。超伝導量子ビットの大きな課題の一つは、量子状態を維持できるコヒーレンス時間が短いことである。この量子状態を壊す

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

要因が調べられ、一つ一つ対策が取られた結果、この 10 年間でコヒーレンス時間は当初の数 10 n 秒から数 10 μ 秒へ 6 桁改善した。マイクロ波やフォトニクスをインターフェイスに用いて超伝導量子ビットとスピンなどの他の種類の量子ビットをハイブリッド化する構想が進んでいる。

マイクロ波では、CSIRO の Du 氏が高温超伝導ステップエッジ接合を用いたマイクロ波とテラヘルツ応用について紹介した。マイクロ波応用では、ジョセフソンミキサを用いた 8~10 GHz で動作するダウンコンバータを 1 チップに集積し、20~80 K の広い温度範囲で動作が確認された。テラヘルツ応用では、テラヘルツイメージング装置が開発され、600 GHz のイメージングにおいて可視光では見えない隠された物が明瞭に観察できることが示された。

[超電導 Web2.1 トップページ](#)

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

特集：第 26 回国際超電導シンポジウム (ISS2013)

「Large Scale System Applications」

(公財) 国際超電導産業技術研究センター
超電導工学研究所
特別研究員 山田 穰

応用分野では、31 件のオーラル発表と 108 件のポスター発表があった。全体的には、Y 系コイルを中心に、ケーブル、限流器など電力応用の検討が多かった。ケーブルでは古河の中国での通電試験結果やフジクラとして初のケーブル試験結果があった (SA-1:STATUS OF 275 kV REBCO HTS CABLE DEVELOPMENT IN THE NEDO PROJECT, S. Mukoyama, 古河、SA-3:DEVELOPMENT OF 66kV-5kA CLASS HTS POWER CABLE WITH IBAD/PLD REBCO TAPES, M. Daibo, フジクラ)

かわったところでは、ISTEC の岡崎が、再生可能エネルギー応用として、風力熱発電を提案した。これは、従来の風のエネルギーをそのまま電気にするのではなく、風力の回転を誘導熱としこれを溜めて、その後、蒸気タービンなどによる発熱に回すという発想である。超電導による高磁界中で風力の回転力により磁性体を回転させて誘導電流で熱を発生させ蓄熱する。風力では、風の吹いているときしか発電できず、発電量の変動がある。導入量が増えてくると、これに対応する発電量の平準化を図らなくてはならない。その際、蓄熱したエネルギーを火力発電などに使い、風力発電量の平準化を行う。岡崎の試算によれば、本方式は従来の蓄電池方式などと比べると安く、将来、有望である (SA-7:SUPERCONDUCTING HEAT GENERATOR FOR WIND HEAT POWER, T. Okazaki, ISTEC)

今回、特に、高温超電導による MRI や NMR の検討が多かった。GE の三根らは、 MgB_2 の MRI 試験の結果を報告した。3 T で 10 インチボアのコイルを作製した。当初試作コイルでは、n 値も 3-4 と小さく使えなかった。これを改良して (I_c 均一性など)、n 値を 20-26 程度に向上させた。線材は 0.7x3.1 mm 断面で 0.2 mm 厚の安定化銅がついている。これで MRI に使える大きさの 30 cm 径のコイルを試作した。温度 14 K で約 2 T (通電電流 300 A) を発生でき、大きな電圧は発生せず、励磁に成功した。今回は、永久電流モードの試験ではないが、コイル電圧はほぼはんだ付け接続の抵抗 ($0.03 \mu\Omega$) が生じたのみであった。並行して、超電導接続も検討しており、 $10^{-11} \Omega$ の低抵抗が最近では得られている (詳細は発表できないとのこと) (SA-10:DEVELOPMENT OF a 3 T-10-inch BORE MgB_2 MAGNET AT GE, S. Mine, GE Global Research)

理研の柳沢は、NMR の高温超電導化について自身の最近の研究を交えてその見通しを紹介した。NMR はこれまで金属系超電導線の NbTi, Nb_3Sn を使って最高 1 GHz (23.5 T) のものが作られているが、高温超電導の REBCO、Bi2212、Bi2223 線は低温の 4.2 K で 20-40 T の高磁界でも高い臨界電流密度を示し、さらに高磁界の 2-3 GHz の NMR も可能となる。また、同じ磁場ではマグネットが大幅に小型化し、小さな使いやすい NMR も可能である。彼らは実際に 500 MHz (11.74 T) の NMR を低温超電導線と REBCO 線を使って作製し、課題を検討した。通常、NMR では空間均一度で $10^{-9}/5mm$ (線材幅で) の精度、時間的安定度で $10^{-10}/h$ が必要であり (SA-11:TOWARDS NEXT-GENERATION COMPACT HIGH FIELD NMR; THE WORLD'S FIRST LTS/REBCO NMR MAGNET OPERATED AT 400 MHz (9.4 T), Y. Yanagisawa, RIKEN)、実際の応用にはまだ検討すべきテーマが多い。この点では、METI の高温超電導による医療機器応用検討の我が国初のプロジェクトが始まり、大きな期待が寄せられている。

京大の浦山氏は、これまで行ってきた 3 T-MRI (Bi 線によるコイル) の結果を報告した。超電導

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

接続はできないので、はんだ付けによる接続と高精度電源を合わせて使用した。磁場の均一度、安定度を MRI に必要な高精度なレベルにし、実際に脳の画像を取っていた。重要なのは、本発表で報告のあったコイル焼損である。本システムが冷凍機冷却であるが、3 回目の消磁の過程でマグネットが焼損した。実際にクライオを開けて確認したが、端部のコイルのターン間が焼損していた。現在も原因究明中であるが、高温超電導の多くが冷凍機冷却になるので、その解明が待たれる。今後の HTS の応用に関して重要な情報となる。SA-12:A CRYOGEN-FREE 3 T MRI SYSTEM FOR HUMAN BRAIN RESEARCH USING Bi-2223 HIGH-TEMPERATURE SUPERCONDUCTING TAPES, S. Urayama, Kyoto University)

また、全体的には韓国勢の発表が活発であった。例えば、Changwon 大学からは、風力発電機応用やリアクターの検討 (SA-14:SUPERCONDUCTING POWER APPLICATION PROJECTS IN KOREA ESPECIALLY CONSIDERING THE RENEWABLE POWER ENERGY SOURCE, M. Park, Changwon 大) や最近出てきた非絶縁コイルの検討 (SA-21:MECHANICAL AND ELECTRIC CHARACTERISTICS OF VACUUM IMPREGNATED NO-INSULATION HTS COIL, S. Kim Changwon 大) などが発表された。

線材のセッションで、MRI、NMR 応用に接続に関する有望な発表 (接続抵抗 10^{-17} ohm, 通電電流 26 A) があったが、今回のコイル関係の結果と合わせて、ここ数年 YBCO コイルの産業応用に大きな進展が期待できると思われた。

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

製品ガイド

製品名： 鉄系形状記憶合金リング補強超電導バルク体

連絡先： 淡路マテリア株式会社

担当者名： 関 宏範

メールアドレス： hiro.seki@awaji-materia.co.jp

電話番号： 03-6421-2031

概要

低温で電気抵抗ゼロを示す超電導材料は、大電流を送電ロス無しで送る線材などへの実用化が期待されています。

またセラミックス系の超電導材料は円盤等の塊（バルク体）にして強い磁場を近づけると、その磁場を捕捉して自身が強力な磁石になります。また超電導バルク体は、磁性を持った物質を非接触で空中に安定して浮上保持する能力を持つため、これを利用して電力貯蔵用フライホイール装置や医薬品製造用非接触攪拌機などへの活用することが検討されています。

ところが超電導バルク体は脆く壊れやすい上、価格が高いという問題があります。当社は 20 年ほど前から鉄系形状記憶合金（SMA）の開発にも取り組んできましたが、この SMA をリング状にして補強することで壊れにくい超電導バルク体を実現する技術を開発しました。またこれと同時に、入手しやすい安価な原料と汎用設備を用いて超電導バルク体を製造する技術を確立しました。

さらに、超電導バルク体は水分と反応して劣化する欠点をもちますが、「特殊な樹脂でコーティングする」方法を開発して、長時間の使用でも劣化しにくい超電導バルク体を提供する体制も整えました(図 1 右)。

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

超電導バルク体標準仕様

- (1) 種類 銅酸化物系 (YBaCuO)
- (2) サイズ(いずれも円盤形状)
 - ① SMAリング補強超電導バルク体
直径: $\phi 41$ mm (バルク本体は $\phi 37$)
高さ: 14.3 mm
 - ② 樹脂コート SMA リング補強超電導バルク体
直径: $\phi 41$ mm (バルク本体は $\phi 37$)
高さ: 14.7 mm

【捕捉磁場性能例】

表 外部磁場中でバルク体を冷却したときの捕捉磁場一例。

外部磁場	冷却温度	捕捉磁場
1T	-196℃	0.9T (図2)
5T	-231℃	4.6T



図 1. SMA リングで補強されたバルク体 (左: 樹脂コート無し、右: 樹脂コート有り)。

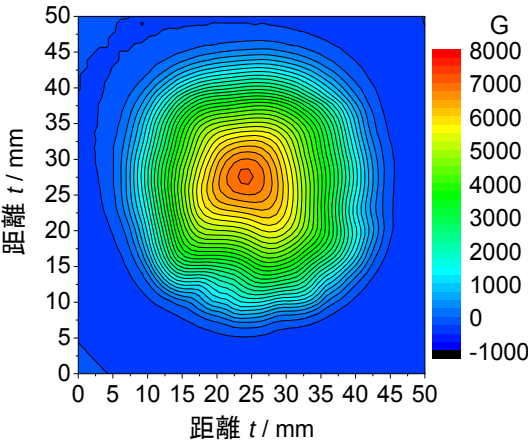


図 2. 捕捉磁場の一例。液体窒素冷却 (-196℃)、外部磁場 1 テスラ。測定間距離: 2mm.

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

超電導関連 ‘14/1 月－2 月の催し物案内

1/15

「高温超電導 NMR/MRI システム開発の最先端」特集
理化学研究所・横浜キャンパス・交流棟
http://www.csj.or.jp/application/2013/3th_0115.pdf

1/22-24

Recent Developments in High Temperature Superconductivity: Symposium S12 at Electronic Materials and Applications 2014
Orland, Florida, USA
<http://ceramics.org/meetings/electronic-materials-and-applications-2014>

1/23,24

超伝導エレクトロニクス (SCE) 研究専門委員会
機械振興会館
<http://www.ieice.org/es/sce/jpn/>

1/30,31

第 8 回極低温技術スクール
物質・材料研究機構 (NIMS) 桜地区
http://www.csj.or.jp/seminar/2013/8th_school_0130.pdf

1/30,31

超電導機器研究会
成蹊大学
<https://workshop.iee.or.jp/sbtk/cgi-bin/sbtk-showprogram.cgi?workshopid=SBW000029E1>

1/31

第 4 回 “簡易小型クライオスタットを作る”
東京大学伊藤国際学術研究センター
http://www.csj.or.jp/communication/2013/cryo_4th_0131.pdf

2/3

2013 年度第 3 回関西支部講演会
大阪市立大学文化交流センター
http://www.csj.or.jp/kansai/2013/3rd_0203.pdf

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

新聞ヘッドライン (11/20-12/19)

- ISTEC/「超電導シンポジウム」開幕/20 カ国、500 人が参加／古河電工住友電工ケーブルへの応用発表 11/19 鉄鋼新聞
- 次世代超電導ケーブル／古河電工、中国での試験完了／限界値データなど収集 11/19 鉄鋼新聞
- リニア向け冷却装置、エア・ウォーターが開発、ヘリウム使用量 100 分の 1 に 11/23 日本経済新聞
- リニア新幹線なぜ動く? (おうちで理科) 11/23 日本経済新聞
- ITER 第 13 回理事会 提案 2 件を承認 11/25 電気新聞
- バナジウム・リン・窒素化合物、4.2K で超電導状態に一東大が発見 12/03 日刊工業新聞
- 新構造の超電導物質、地球最深部の固体まねる、東大が開発。 12/04 日経産業新聞
- 未踏科学技術協会・超伝導科学技術研究会、26 日にワークショップ開催 12/19 日刊工業新聞
- リニア同時開業訴える 関経連、東京でシンポ 12/19 大阪読売新聞

(編集局)

[超電導 Web2.1 トップページ](#)

世界の動き (2013 年 10 月)

公益財団法人国際超電導産業技術研究センター
超電導工学研究所
特別研究員 山田 穰



★ 今月のニュース発信地

▶ 線材

フジクラ YBCO 線材年産 1000-2000km へ。東芝から東北大強磁場磁石用線材 20km を受注

フジクラは第 2 世代イットリウム系高温超電導線材の生産能力を大幅に向上させる。2017 年度の生産能力を、現在の年産能力 (100-200 km/年) の約 10 倍にすると報じた。主力の佐倉事業所 (千葉県佐倉市) に 10 数億円を投じてスパッタリング装置やレーザー蒸着装置を数台設備増強する。

また、フジクラは、東芝から合計約 20km の第 2 世代イットリウム系高温超電導線材を受注したことも発表した。東北大が進める強磁場超電導磁石システム「25 T 無冷媒超電導磁石システム」で使われる東芝製の超電導コイル用として使われる。線材は 5mm 幅で 250A の大電流を流せる。実用される機器に同線材が採用されるのは業界で初である。

Source: 日刊工業電子版掲載日 2013 年 10 月 22 日
<http://www.nikkan.co.jp/news/nkx0820131022bjam.html>

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

フジクラ HP http://www.fujikura.co.jp/newsrelease/2038278_2220.html

▶基礎

2013 年ノーベル物理学賞に超電導が寄与

Royal Swedish Academy of Sciences and CERN (2013 年 10 月 8 日)

スウェーデン王立科学アカデミーは、2013 年度ノーベル物理学賞を、ブリュッセル自由大学（ベルギー、ブリュッセル）の François Englert 氏とエディンバラ大学（イギリス、エディンバラ）の Peter W. Higgs 氏に授与すると発表した。受賞理由は、素粒子質量の起源の理解に貢献した理論的発見とともに、CERN の大型ハドロン衝突型加速器を用いた最近の ATLAS 及び CMS 実験で、予言された素粒子の発見によってその理解が裏付けられたことである。Englert 氏（Robert Brout 氏と共同研究）と Higgs 氏は、素粒子が質量を得る方法論を 1964 年にそれぞれ個別に提案している。彼らの理論はまとめて Brout-Englert-Higgs (BEH)メカニズムとして知られており、このメカニズムは現在、素粒子物理学の標準理論の本質的部分を形成している。昨年 2012 年 7 月の CERN 研究所でのいわゆるヒッグス粒子の発見により、彼らの理論はついに裏付けられた。ヒッグス粒子の発見は、ATLAS そして CMS プロジェクト間の共同研究の結果であり、世界中およそ 3000 人の研究者がこの発見に携わった。CERN 局長 Rolf Heuer 氏は、「昨年の CERN でのヒッグス粒子の発見は、BEH メカニズムを実証し、何十年もの間、世界中で研究に携わった多くの研究者の知的努力の集大成ともいえる。」と述べた。

Source: “The Nobel Prize In Physics 2013: François Englert, Peter Higgs”

Royal Swedish Academy of Sciences press release (October 8, 2013)

URL: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2013/press.html

Contact: Perina Stjernlöf, Press Officer, perina.stjernlof@kva.se

Source: “CERN congratulates Englert and Higgs on Nobel in physics”

CERN press release (October 8, 2013)

URL: <http://home.web.cern.ch/about/updates/2013/10/CERN-congratulates-Englert-and-Higgs-on-Nobel-in-physics>

Contact: Press.Office@cern.ch

*編集部注：CERN の ATLAS などの粒子加速器の超電導線材、コイルには日本企業の高度な技術が使われている。



コンピューターデザインによる初の

超電導体

Binghamton University (2013 年 10 月 8 日)

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

ビンガムトン大学の物理学助教授 Aleksey Kolmogorov 氏と彼の国際共同研究者たちは、コンピューターによる超電導体の設計に初めて成功したと報告した。Kolmogorov 氏は、最初 2010 年にコンピューターにより超電導体を提案し、その後、その予測をテストするため、欧州の実験研究者たちと共同研究を重ねてきた。研究の結果得られた新しい四ホウ化鉄化合物は、共通した 2 つの元素で構成され、全く新しい結晶構造を持ち、鉄を含む物質として予想外のタイプの超電導を示す。これは、当初コンピューター計算により予言されたとおりである。

この超電導体は、自動化されたコンピューター技術により作成されたが、Kolmogorov 氏が未知の安定な結晶構造を超電導か否か同定するために開発したものである。

驚くべきことに、その後の研究で同種の鉄-ホウ素系の中に 2 つの有望な化合物があることが明らかとなった。さらなる計算で、その化合物の 1 つが 15 K から 20 K の異常な高温で超電導性を示すことも示唆された。バイロイト大学（ドイツ）の研究者たちが、予測される結晶構造の四ホウ化鉄を微量生成したばかりであるが、その詳しい測定結果では、この物質は予想通りの超電導性を示したばかりでなく、非常に高い硬度を持つことも判明した。Kolmogorov 氏は、「この超硬度な超電導体の発見は、一見良く研究された系も再度見直すことで、新しい性質の化合物が存在する可能性があることを証明している。」と述べた。この研究成果は、Physical Review Letters に掲載されている。

Source: "Binghamton physicist contributes to creation of first computer-designed superconductor"

Binghamton University press release (October 8, 2013)

URL: <http://discovere.binghamton.edu/news/superconductor-3-5435.html>

Contact: Ryan Yarosh, ryarosh@binghamton.edu

▶加速器



Oxford 社、CERN と HiLumi 加速器用 Nb₃Sn 磁石を開発

Oxford Instruments (2013 年 10 月 25 日)

大型ハドロン衝突型加速器 (LHC) を高輝度な次世代型にアップグレードする HiLumi 加速器磁石の試作及び事業化に向けて、Oxford Instruments 社は、CERN と共同でその開発に取り組むこととなった。このアップグレードにより、陽子衝突率が顕著に上昇し、LHC の研究能力も向上する。HiLumi 加速器磁石は、Nb₃Sn 超電導技術を用いて構築され、11 T から 13 T といった高磁場を持つ。同社にあるコンサルタント事業グループの代表を務める Steve Chappell 博士は、「我々は、CERN と協力して HiLumi の開発に取り組めることを実に光栄に思っている。我々のビジネスの核はパートナーシップと革新の精神である。今回はその精神に乗っ取り、お互いに学び合い、共に超電導磁石技術を推進していくことができる貴重な機会と言える。」と述べた。

Source: "Oxford Instruments collaborates with CERN on magnet development"

Oxford Instruments press release (October 25, 2013)

URL:

<http://www.oxford-instruments.com/news/2013/october/oxford-instruments-collaborates-with-cern-on-magne>

Contact: <http://www.oxford-instruments.com/contact-us?src=tn, on-line enquiry>

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

▶経営・決算



ヘリウム抽出の新プロジェクト

Air Products (2013 年 10 月 28 日)

Air Products 社は、アメリカのコロラド州にある Kinder Morgan CO₂ Company 社が手掛ける二酸化炭素 (CO₂) の地下天然ガス資源からヘリウムを抽出する新たなプロジェクトを発表した。Kinder Morgan 社の施設でのヘリウム生産は、2015 年春に開始する予定である。最新の技術が取り入れられた処理サイクルを用いることにより、ヘリウムの回収が可能な CO₂ ガス流から、純粋なヘリウムが抽出される。その後、精製されたヘリウムは現地で液化され、Air Products 社の顧客へ引き渡しされる。Air Products 社のヘリウムソーシング事業部長である Walter Nelson 氏は、「これは革新的なプロジェクトであり、我々としては当社独自の技術を活用し、CO₂ からヘリウム抽出を目的とした将来有望なプロジェクトに立ち上げていくチャンスであると受け止めている。世界的なヘリウム不足にある現在、ヘリウムの新しい資源を発見する上で重要な一歩である。」と述べた。稼働が始まれば、この施設は、主に CO₂ から成るガス流から抽出されるヘリウムを産出できる世界で唯一の場所となる。この施設では、年間約 2 億 3 千万立方フィートのヘリウムを生産できると予想され、減少しているヘリウム供給予備量の 15 % 以上を置き換えることができる。

Source: "Air Products 'Thinks Outside-the-Box' in Obtaining New Helium Source: Facility to Use Proprietary Technology to Extract Helium from Carbon Dioxide"

Air Products press release (October 28, 2013)

URL:

<http://www.airproducts.com/company/news-center/2013/10/1028-air-products-thinks-outside-the-box-in-obtaining-new-helium-source.aspx>

Contact: Art George, georgeaf@airproducts.com

“世界の動き” その他 (各社新聞発表以外のソースから)

・共用強磁場施設 東北大、物材機構

東北大、物材機構(NIMS)などから成るグループは、強磁場コラボラトリを計画している。日本における強磁場施設の試験的開発、それを用いた最先端の研究を目指したもので、最大磁場 50 T 級のハイブリッドマグネットおよび 25 T の無冷媒冷凍機冷却マグネットなどの開発を行う。欧州では、グルノーブル、ナイメーヘン、ドレスデン、トゥールーズが国境を越えた強磁場施設運営と共同研究活動を行い、世界最高の強磁場設備フロリダ強磁場施設 (NHMFL) を有するアメリカと対抗できる強磁場施設により高度な科学的成果を欧州にもたらしつつある。また、中国でも欧米に匹敵する強磁場施設が、武漢 (パルス) および合肥 (定常) の 2 拠点で建設・運用されるなど、世界的に強磁場研究拠点の増強が進んでいる。

他方、日本では、定常強磁場施設の老朽化が進み、世界水準に大きく後れを取っている。このため、国内において強磁場施設を有する物質・材料研究機構、東北大学金属材料研究所、東京大学物性研

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

究所ならびに大阪大学極限量子科学研究センターの四機関は、日本学術会議の提言に基づき、強磁場科学の研究者コミュニティでの議論も参考にして、オールジャパン体制で運営する「強磁場コラボラトリー」の計画を進めている。定常磁場に関しては、NIMS と東北大金研が協力して、ハイブリッドマグネット、水冷銅マグネット、30 T 超伝導マグネット、25 T の無冷媒超伝導マグネットを開発・設置を計画し、共同して効率的な運営を目指している。

その一環として、このたび、2012 年補正予算により東北大に 25 T の無冷媒超伝導マグネットを設置することが決まり、先述のフジクラの記事のようにマグネット製造が始まっている。低温工学・超電導学会での発表によれば、このコイルは大型の YBCO 線材を 20 km 近く使うもので、パンケーキの数は 68 個にもなる。YBCO コイルとしては世界最大規模である。今度の技術的進捗が注目される。

Source:

- 1) SuperCom, 超電導コミュニケーションズ vol.22 No.3 (2013).P1, 2.
- 2) 低温工学・超電導学会予稿集 2013 年春季、秋季大会

[超電導 Web2.1 トップページ](#)

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

再生可能エネルギーと超電導

公益財団法人国際超電導産業技術研究センター
超電導工学研究所
特別研究員 山田 穰

日本に限らず、世界的に再生可能エネルギー応用の開発検討が増えている。超電導の分野でも、こうした分野に応用しようという動きが増えてきた。また、民間各社においても、それぞれ新たな市場開拓ということで積極的に取り組んでいる。

ここでは、超電導の応用が可能な分野に関して、再生可能エネルギーの技術、市場、政策など関連情報を掲載していく。

国内洋上風力の現状

再生可能エネルギーの内、風力の分野で超電導を使った R&D が欧州、米国で行われている。例えば、欧州の Suprapower プロジェクト¹⁾は一例である。超電導により軽くて小型の発電機を作り、将来の 10MW 以上の大型風力発電を可能にする。日本でもこうした検討は学会レベルで活発に議論されている。

ここでは、超電導化の検討にも参考になるとと思われるので、国内における大型洋上風力の計画を簡単にまとめた²⁻⁵⁾。

設置場所容量	方式	現状	Pj 主体	*補足
銚子沖	2.4MW 着床式重力式	2013.3 発電開始	NEDO	
北九州沖	2MW 着床式ジャケット式	2013.6 開始	NEDO	
長崎杵島沖	2MW 浮体式スパー型	2013.11 開始	環境省	
福島沖	7MW 機 x2 台 浮体式、	2013.1 装置完成、2014 発電試験	METI	
	*油圧式ダイレクトドライブ、ロータ径 176m			
同	2MW 機浮体式	2013 年末稼働	METI	
	*油圧式ダイレクトドライブ、ロータ径 66m、重量 2000 トン、浮体式変電所 (25MVA)も設置、沖合 18km を揺れに強いライザーケーブルでつなぐ			
茨城神栖市沿岸	5MW 永久磁石同期方式	2014 稼働、2017 販売	日立	
下関沖	3-4MW 機 x 15-20 台	環境評価段階 2015.4 工事 2017 全体稼働		
	前田建設工業	*総容量 60MW		
茨城鹿島港沖	5MWx50 台	茨城県が事業者選定 (ウィンドパワーエナジー社、丸紅)		
		*総容量 250MW (世界最大は英ウオルニー島沖 367MW 18 万所帯分)		

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

洋上風力の動きは、このように活発で、上記以外にも、東芝、日立造船、JFE、住友電工ほか 7 社が地域振興型アクアウィンド事業化研究会を組んで、共同プロジェクトを開始した。10 年後数百 MW 容量の運転を目指す。

Source:

1)

<http://www.tecnalia.com/en/energy-and-environment/news/tecnalia-revolutionize-offshore-wind-turbines-smaller.htm>

2) 三菱重工技法 vol.50 No.3 (2013), p49-55 発電

<http://www.mhi.co.jp/technology/review/pdf/503/503049.pdf>

3) http://www.nedo.go.jp/fuusha/itv_ito.html

4) <http://www.mhi.co.jp/csr/csrreport/specialfeature/specialfeature02.html>

5) <http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/> 関連ページ

買い取り制度 (FIT) 後の導入現状

超電導技術を再生可能エネルギーに適用するうえでは、現在の導入状況を把握することは重要である。

2013 年 11 月に、資源エネルギー庁から、平成 25 年 7 月末時点の再生可能エネルギー発電設備の導入状況が発表になった。太陽光発電設備の導入が順調に継続し、固定価格買取制度導入後の再生可能エネルギー発電設備の導入量は、累計で 408.6 万 kW (うち太陽光発電設備が約 9 割) になった。詳細は下表のとおり (下記資源エネルギー庁 HP 資料から)。

再生可能エネルギー発電設備	固定価格買取制度導入前	固定価格買取制度導入後	
	平成 24 年 6 月末までの累積導入量	平成 24 年度 (7 月～3 月末)	平成 25 年度 (4 月～7 月末)
太陽光(住宅)	約 470 万kW	96.9 万kW	55.2 万kW
太陽光(非住宅)	約 90 万kW	70.4 万kW	169.1 万kW
風力	約 260 万kW	6.3 万kW	0.3 万kW
中小水力	約 960 万kW	0.2 万kW	0.1 万kW
バイオマス	約 230 万kW	3.0 万kW※	7.1 万kW
地熱	約 50 万kW	0.1 万kW	0 万kW
合計	約 2,060 万kW	176.9 万kW	231.7 万kW

特に非住宅用太陽光の導入の伸びが著しい。超電導技術の適用に関して言えば、風力では大型発電機の軽量化がすでに欧米の国プロで検討されているが、太陽光へも SMES のエネルギー貯蔵技術、超電導ケーブル技術、限流器などが使われるとさらに超電導技術の広がりが増す。今後、これらの適用性も検討すべきであろう。

Source : <http://www.meti.go.jp/press/2013/11/20131118003/20131118003-1.pdf>

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

標準化活動 1 月のトピックス

ー超電導国際標準化に関する第 11 回パネル討論会報告

(Report on 11th Panel Discussion on International Standardization Related to Superconducting Wires, Cables, Electric Power Devices and Superconducting Electronics)

日本大学大学院
総合科学研究科 環境科学専攻
教授 新富孝和

「超電導国際標準化に関する第 11 回パネル討論会」が平成 25 年 11 月 19 日午後 7 時から 8 時 50 分に掛けて ISS2013 開催中のタワーホール船堀で開催された。イタリア、ドイツ、ロシア、中国、韓国と日本から総計 32 名が参加し、超電導機器の標準化活動について報告と討論を行った。

IEC/TC90 (超電導) 国内技術委員会委員長である九州工大松下照男名誉教授による会の趣旨、これ迄の討論会の経過紹介があり、参加各国の標準化活動の報告が行われた。パネル討論会は、2005 年 10 月に開催された ISS2005 (つくば市) での第 1 回会議から、応用超電導会議 (ASC)、磁石技術会議 (MT) など国際会議開催期間中を活用して開かれてきている。

イタリア RSE (Ricerca sul Sistema Energetico) Luciano Martini 氏から、欧州の高温超電導 (HTS) 電力機器の試験法標準化ガイドライン策定に関する活動状況の紹介があった。特に、HTS 電力ケーブルならびに超電導限流器 (SFCL) の通電、耐圧、短絡試験法など CIGRE (国際大電力システム会議) とのリエゾン関係を取りつつ活動をしていることが紹介された。

中国電工研究所 Yanwei Ma 氏からは、中国での超電導機器標準化活動状況の紹介があった。組織としては超電導関連研究機関、大学、企業が関連しているが、予算や人材の点で苦労している。しかしながら、超電導機器標準化に対する政府の関心が高まりつつあり、来年度以降改善されてくるものと考えている。具体的には、HTS 導体の臨界電流、交流損失、クエンチ、歪み測定などの標準化に関して活動している。

韓国 Changwon 国立大学 Minwon Park 教授から韓国の標準化活動についての紹介があった。特に、HTS 電力機器 (電力ケーブル、直流リアクター、SFCL、SMES、HTS 導体) の試験法の標準化活動が紹介されたが、これらの機器に加えて今後風力発電機、誘導加熱コイルなどの開発が進むと考えられるので、そのための標準化が必要になってくるであろうとの説明があった。

我が国からは、応用科学研究所長村光造特別研究員より規格化を進めている実用超電導線のガイドラインと試験方法の状況報告、産総研大久保雅隆氏より医療、工学、検査等広範囲で応用が拡大しつつある超電導センサー/検出器の標準化活動の現状紹介、住友電工増田孝人氏より CIGRE WG B1.31 とリエゾン関係のもと HTS 電力ケーブル試験法の標準化活動、物質・材料研究機構西島元氏よりイットリウム系超電導線の標準化活動ならびにラウンドロビンテスト (RRT) の準備状況、松下照男名誉教授より国際リニアコライダーに密接に関係するニオブの残留抵抗比測定法標準化活動の紹介があった。

これらの紹介と討論の中で、今後 SFCL の実用化が必要となり、今後開発が活発になってくると予想されるので、これを標準化のテーブルにのせる必要があるだろうとのことであった。

松下照男名誉教授のまとめで散会となった。

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612



超電導線、電力ケーブル、電力機器、エレクトロニクスの国際標準化に関する第 11 回パネル討論会会場風景

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

「International Workshop on Novel Superconductors and Super Materials 2013 (NS²2013)」報告

(公財) 国際超電導産業技術研究センター
超電導工学研究所
副所長 田辺圭一

本会議は、FIRST プログラムのプロジェクトの一つである「新超電導及び関連機能物質の探索と産業用超電導線材の応用」(通称: Super + α プロジェクト) の中心研究者である細野秀雄教授が所属し、プロジェクトの支援機関である東京工業大学が主催する国際ワークショップである。2011 年 3 月に続く 2 回目となる今回は、11 月 21 日、22 日の 2 日間、品川の The Grand Hall で開催され、国内外から約 200 名の研究者、学生が参加した。

初日の午前中の鉄系超電導体の電子構造に関するセッションでは、高 T_c の起源の有力な候補と考えられているスピン揺らぎに関連した実験及び理論の講演があった。東工大・細野グループは、高圧合成法を用い SmFeAsO などの 1111 系材料の酸素サイトを従来のフッ素ではなく水素 (H^-) で置換することにより、電子のオーバードープ状態が実現できることを以前から報告していたが、約 50 %置換の領域で新たな反強磁性相が出現することが中性子回折等で最近明らかになった。阪大の黒木らは、低ドープ側でのスピン揺らぎがフェルミ面のネスティングによるのに対し、高ドープ側のスピン揺らぎは FeAs 四面体構造に起因した特異な電子のホッピング運動によるものとするモデルを提唱し、SmFeAs(O,H) と LaFeAs(O,H) の T_c の電子ドープ量依存性(超電導ドーム)の形状の違い等をうまく説明していた。また、Late News のセッションでは、日大の高橋が、 T_c が極小となる 20 %水素置換の LaFeAs(O,H) に 6 GPa の圧力を印加することで T_c が 52 K まで上昇したと報告した。

午後の超電導線材、薄膜のセッションでは、まず筆者が鉄系薄膜線材の実現をねらいとした Super + α プロジェクトにおける ISTEC の取り組みを紹介した。線材応用には、 T_c は 25-38 K と 1111 系に比べ低い、銅酸化物と同等の高い上部臨界磁場 (60-100 T) と銅酸化物に比べ小さな異方性 (1.5-2) をもつ BaFe₂As₂ 等の 122 系材料が適していると考えられている。ISTEC では T_c が約 30 K で化学的に安定なリン (P) 置換の Ba122 (BaFe₂(As,P)₂) を選択し、PLD 法により高品質エピタキシャル薄膜を作製すると共に、人工ピンとして BaZrO₃ ナノ粒子を導入することにより磁場中 J_c を大幅に向上できたこと等を報告した。一方、NIMS の熊倉は、PIT 法による鉄系超電導線材開発の取り組みについて紹介した。NIMS や米国 NHMFL、中国科学院グループが取り組んでいる PIT 線材の最近の J_c 向上は著しく、NIMS グループは、一軸プレスの手法を利用することにより (Ba,K)Fe₂As₂ PIT 線材の 4.2 K、10 T 磁場中での J_c が 7.3×10^4 A/cm² と実用レベルにもう一步まで達したことを報告した。これに対し、中国科学院の Ma は、方法は明らかにしなかったが、PIT 線材の J_c が最近 4.2 K、10 T で 10^5 A/cm² まで向上したことを報告した。NHMFL の Larbalestier は、高磁場マグネットへの応用という観点から鉄系超電導材料を見た場合、上部臨界磁場が高くナノスケールのピン導入が可能という点で MgB₂ より有利で、銅酸化物より低コストの線材ができる可能性があるが、粒界特性についてもう少し注意深く調べる必要があると述べた。ドイツ IFW-Dresden (現在は KIT) の Holzapfel は、基板による歪みを利用することで、元素置換によるキャリアドープをしていない Ba122 薄膜が 10 K 程度の T_c (オンセットは 35 K) を示したことや、薄膜線材作製に向けた試みを報告した。同じグループの Kurth は、名大グループが MBE 法で作製した高品質 P 置換 Ba122 薄膜の高磁場中電気特性について報告した。P 置換 Ba122 薄膜は陽イオン組成を最適化

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

することにより 4.2 K、自己磁場中では 10^7 A/cm² の高い J_c を示すことが報告されており、適切なピン導入により磁場中の J_c もさらに向上する余地がある。初日の夜には 90 件のポスター発表が行われた。

2 日目は、まず細野教授が、「化学者は転んでもただでは起きない」という副題を付けた基調講演を行い、透明酸化物半導体から C12A7 エレクトライド、そして鉄系超電導体発見に至る材料開発の歴史と Super + α プロジェクトにおける新超電導物質探索やエレクトライドを利用したアンモニア合成などの主要成果を紹介した。続いて、プロジェクトの物質探索グループの各サブリーダーである NIMS の室町、広島大の山中、京都大の影山、岡山大の野原がそれぞれのグループの主要成果を紹介した。例えば、岡山大では、以前より 122 系では最も高い 40 K 以上の T_c の報告があったが真偽がはっきりしていなかった La 等希土類元素置換の $\text{CaFe}_2\text{As}_2(\text{Ca122})$ に、リン (P) をわずかにドーピングすることにより、48 K の T_c をもつバルク超電導体となることを報告した。東大の岩佐は、イオン液体を利用した FET 構造によるキャリア注入により種々の物質の超電導化に成功しており、例えば半導体である MoS_2 は界面の 2 層程度の部分が超電導化し約 10 K の T_c と高い上部臨界磁場を示すことを報告した。北京大学の Wang は、以前 SrTiO_3 単結晶基板上に形成した FeSe 単一層が走査トンネリング分光 (STS) で 20 meV という大きな超電導ギャップを示し、77 K 以上の T_c をもつ可能性があることを報告していたが、角度分解光電子分光 (ARPES) による超電導ギャップの評価で、ギャップ消失温度が 65 K であることを最近見出している。また、 KTaO_3 単結晶基板上に Nb ドープ SrTiO_3 バッファ層を介して形成した FeAs 単一層がバルクより長い a 軸長をもち、70 K で超電導ギャップが消失したことを報告した。このような界面で生じる超電導については、応用は難しいが、超電導発現機構を探るという観点で興味深い。その他、 FeSe 系物質への金属、アンモニア、有機物等のインターカレーションによる 45 K の T_c 出現や鉄系以外の新超電導物質に関する講演も 2 日目にあった。また、Princeton 大の Cava、台湾国立東華大の M. K. Wu など新物質探索では著名な招待講演者による講演も行われた。

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

【隔月連載記事】

高温超伝導電力機器の冷却技術（その 1）

大陽日酸株式会社

開発・エンジニアリング本部

つくば研究所長 吉田 茂

はじめに

1913 年カマリン・オンネスの超電導現象の発見以来、多くの研究者による努力により NMR や MRI 等の機器が実用化されてきた。しかし、1986 年に IBM チューリッヒ研究所の Bednorz と Müller により高温超電導体が発見されるまでは、機器冷却の冷媒といえば 4.2 K の液体ヘリウムのみであった。高温超電導体の発見により、77 K の液体窒素による超電導体の冷却が可能となり、液体窒素という冷媒の扱い易さと安価さにより、高温超電導機器の研究が盛んとなってきた。現在では、高温超電導体の線材化技術が進み、実用に供する線材が生産されてきており、高温超電導電力機器への応用が脚光を浴びている。特に、日本、韓国、中国、米国及び欧州各国を中心に送電ケーブル、限流器、モータ等の開発研究が進められている。

1.1 液体窒素冷媒の特長

冷媒に液体窒素を用いることは、エネルギー的には大幅な省力化となり、超電導技術の一つの目的である省エネルギーへの貢献度が大きい。液体窒素の蒸発潜熱は 198 J/g と液体ヘリウムの蒸発潜熱 (21 J/g) のほぼ 10 倍であり、液体ヘリウムと比較して保管や取扱いが容易である。理想的なカルノーサイクルを持つ液化装置を使用して、単位重量の液体窒素を生成するのに必要なエネルギーは 768.1 kJ/kg であり、ヘリウム液化の約 1/9 のエネルギーで済む。その上、窒素ガスは豊富な資源であるので、液体窒素は単位重量あたりの価格が液体ヘリウムのほぼ 200 分の 1 である。このように、安価で取扱いが容易な液体窒素は寒剤として優れている。また、冷凍機を利用してこの温度を安定に保つためには、動作温度である 77 K に侵入する熱を吸収して常温 (300 K) に放出する必要がある。この場合、理想的なカルノーサイクルを持つ冷凍機の冷凍効率 (動作係数) は 0.345 であり、動作温度が 4.2 K の場合 (冷凍効率 0.0142) に比べ、実に 24 倍の効率を持つ。

ところで、高温超電導機器の冷却では飽和状態の液体窒素 (大気圧下で 77 K) が用いられることもあるが、近年では圧力下で 77 K 以下にサブクールされた液体窒素 (サブクール液体窒素) を冷媒として利用する方向にある。例えば、大気圧状態で飽和液体窒素の温度を下げていくと沸騰が治まり、やがて泡が雲散霧消する。このような大気圧サブクール液体窒素の温度域は 63 K から 77 K である。サブクール液体窒素による冷却システムは、高温超電導電力機器の冷却に対して次のような長所を有する。

- 1) 77 K 運転に比して 65 K 運転では数倍の許容電流値となるため、電力機器を小型化することができる。
- 2) 大気圧以上の圧力による冷却方法を採用しているため、空気が混入せず、着氷や冷媒流路閉塞等による超電導機器への悪影響が無い。
- 3) 電力機器の耐電圧特性を大きく劣化させ、スパークの原因となる気泡が液体窒素中で発生せず、また、電力機器から奪った熱を自身の温度上昇で賄うため、ガスの発生がない。もし、過度な発熱により気泡が発生しても、サブクール液体窒素中では直ちに気泡が消滅する。

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

このような特性を持つサブクール液体窒素は、高電圧で使用する大規模な電力機器に対して、優れた冷媒であると言える。

1.2 高温超電導電力機器の冷却方法

ここまで、液体窒素の冷媒としての優位性を述べてきたが、液体窒素を使わず冷凍機による伝導冷却という方法もある。4 Kレベルの小型冷凍機が開発された結果、液体ヘリウムを用いずとも金属系超電導体を冷却できるようになった。一方、高温超電導体の冷却を考えると、小型冷凍機を液体窒素温度レベルで運転すれば、冷凍効率が向上することとなる。図1-1に浸漬冷却法の模式図を、図1-2に冷凍機伝導冷却法の模式図をそれぞれに示す。浸漬冷却法は冷媒である液体窒素を断熱容器（クライオスタット）内に保持し、被冷却体（図中の超電導コイル）をその液体窒素中に浸す冷却方法である。被冷却体が液体窒素中に浸されるので、冷却温度は液体窒素と被冷却体表面との熱伝達係数に依存する。超電導ケーブルの冷却にはサブクール液体窒素を循環して冷却するので、大きな括りではこの方法の一つと言える。一方、冷凍機伝導冷却法は冷凍機の冷端部（コールドヘッド）から固体の熱伝導を利用して冷却を行う方式である。冷凍機コールドヘッドと被冷却体との位置関係により、被冷却体内部に温度勾配が形成されるため、冷却温度の均一性からみると浸漬冷却法より不利な面がある。さらに、熱伝導経路に固体どうしの接触面が存在し、この接触面の熱伝導抵抗により温度勾配を助長させてしまう。しかし、被冷却体を収納する容器は単純な真空容器でよく、浸漬冷却法に比べクライオスタットのような断熱容器を必要としないので、装置の小型化は可能である。

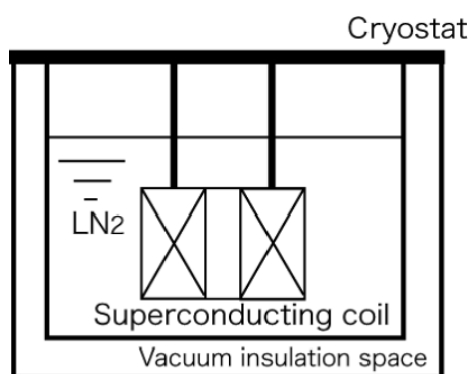


図1-1 液体窒素浸漬冷却

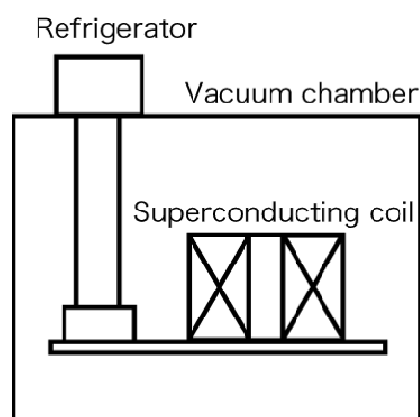


図1-2 冷凍機伝導冷却

浸漬冷却法の最低冷却温度は液体窒素の凝固点温度63 Kが限度であるが、冷凍機伝導冷却法は冷凍機の性能により冷却温度をさらに下げることが出来る。したがって、冷却温度と高温超電導体の臨界温度との差である温度マージンが大きく採れる。しかし、極低温においては固体の熱容量は小さく、液体窒素の熱容量および蒸発潜熱が大きいので、液体窒素を保持している浸漬冷却法では、冷却温度が高温超電導体の臨界温度まで上昇するために必要なエネルギーであるエンタルピーマージンが大きなものとなる。そこで温度安定性の面からは、液体窒素を用いた浸漬冷却が有利と言える。換言すれば、もし、何らかの理由により冷凍機が停止した場合、冷凍機の伝導冷却では直ちに機器温度の上昇が始まり、高温超電導体の臨界温度を越えてしまう恐れがあるが、液体窒素を用いた浸漬冷却では、機器温度の上昇速度は遅いうえに、少なくとも液体窒素が保持されているかぎり77 Kの運転温度は確保される。

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

1.3 冷凍機開発の必要性

さて、ここまでは液体冷媒の有無で冷却方式を俯瞰してきたが、液体冷媒を利用する浸漬冷却方式においても冷凍機による冷媒の冷却保持(クローズドサイクル)と液体窒素の減圧による低温生成(オープンサイクル)がある。冷凍機を用いたクローズドサイクルでは冷媒である液体窒素は消費しないが、オープンサイクルでは液体窒素が常に消費され、補充が必要である。これらの方式の違いと特長については後述するとして、ここではクローズドサイクルに用いられる冷凍機について考察した。

図1-3に超電導電力機器が要求する冷凍機の運転温度と冷凍能力および既存の冷凍機能力を示す。図から解るように、超電導電力機器には65 K前後にて2 kW～10 kWの冷凍能力が必要と考えられているが、この領域において市販の冷凍機が空白状態となっている。理由は、これまでこの領域の性能を持つ冷凍機の要求が無かったからである。従来の高温超電導電力機器の研究開発では、大気圧飽和液体窒素、若しくは減圧法により温度降下された液体窒素、小型冷凍機を複数台連結した冷凍装置等を用いていた。一方、20 K以下ではヘリウムを動作ガスにしたタービン式冷凍機が実用化しているが、高温超電導電力機器の冷却に用いるには運転温度と冷凍能力ともにオーバースペックであり、運転コスト及び設備投資が過大なものになってしまう。換言すれば、高温超電導電力機器に適した冷凍機がこの時点では存在していなかったということを意味している。

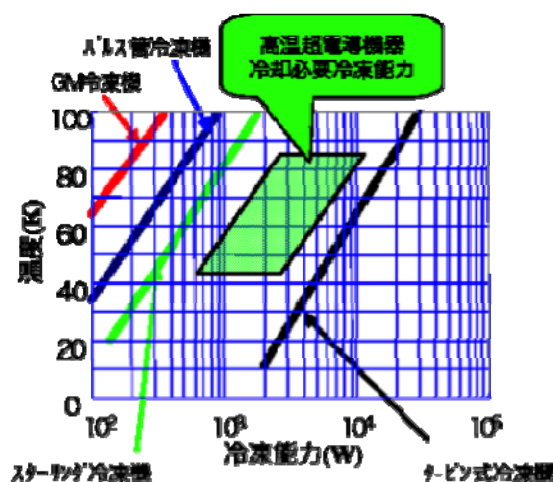


図1-3 冷凍機の冷凍能力

この空白を埋める為には、スターリング冷凍機やパルスチューブ冷凍機のような蓄冷式小型冷凍機のスケールアップとタービン式冷凍機の小型化の2つの方向がある。一時、パルス管冷凍機の大容量化が熱心に研究されていたが液体窒素温度で1 kWを超える大容量冷凍機の実用化には至っていない。現在小型冷凍機では、スターリング冷凍機の1kW@77Kが最大である。オランダのスターリング社では多気筒化にして4 kWまでの製品を販売している。一方、タービン式冷凍機においては、圧縮機もターボ機器を用いたターボブレイトン冷凍機が長期間のメンテナンスフリーを見込めることもあり、冷凍能力2～20kW@70K程度の小型なターボブレイトン冷凍機が活発に研究開発されている。しかし、市場が形成されていない超電導電力機器市場においては、冷凍機の開発を含めて国による支援が非常に重要であり、技術進歩には国家プロジェクトの構築が欠かせない状況にある。このような状況において、2007年開始のNEDOによる国家プロジェクト「超電導応用基盤技術開発第Ⅱ期」、その後の「イットリウム系超電導電力機器技術開発」では、冷却システム開発のためにターボブレイトン冷凍機に照準を当てた研究開

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

発が実施された。このプロジェクトにより、世界で始めて高温超電導電力機器冷却を目的としたターボブレイトン冷凍機が市販されるまでになった。また、同じ NEDO による「高温超電導ケーブル実証プロジェクト」では現在 5 kW 級ターボブレイトン冷凍機の開発が進行中である。尚、ブレイトン冷凍機の詳細については後述する。

1.4 海外の状況

海外での状況は国内とほぼ同じ状況であると言える。限流器の冷却は液体窒素浸漬冷却が主流であり、飽和液体窒素の充填または再凝縮小型冷凍機を装着した冷却システムである。超電導変圧器は飽和液体窒素又はサブクール液体窒素による冷却であり、サブクール液体窒素の生成には GM 冷凍機やブレイトン冷凍機の報告がある。超電導ケーブルの冷却にはサブクール液体窒素の循環冷却方式であり、サブクール液体窒素生成には液体窒素の減圧によるオープンサイクルと冷凍機による液体窒素冷却が報告されている。冷凍機方式では、これまでスターリング冷凍機を数台並べた（複数気筒型を含め）システムの実績が多い。モータなどの回転機においては、多くの機器が運転温度を 25 K～30 K に設定しているため、液体ネオンの再凝縮や低温ヘリウムガスの循環冷却などの事例がある。何れにしても、実験室レベルからフィールド試験規模の適用であり、商用機器として満足できる冷凍機（冷却システム）となっていない。このような海外状況を鑑みると、冷凍機を含めた高温超電導電力機器システムにおいて、日本が世界に先んじる大きな機会と言えよう。則ち、高温超電導電力機器に適合した冷凍機・冷却システムの開発はいつすべきなのか？ “今でしょ！”

[超電導 Web2.1 トップページ](#)

超電導 Web2.1

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

読者の広場

Q&A

Q:「リニア新幹線への電力供給はどのようにするのでしょうか？浮いているのですから電池でも積んでいるのでしょうか？」

A: 車両への給電につきましては、下記のリンクに説明が掲載されています。

http://www.mlit.go.jp/report/press/tetsudo07_hh_000035.html

抜粋しますと、

『超電導磁気浮上式鉄道の技術については、平成 21 年 7 月 28 日に開催された第 18 回実用技術評価委員会において「超高速大量輸送システムとして運用面も含めた実用化の技術の確立の見通しが得られており、営業線に必要となる技術が網羅的、体系的に整備され、今後詳細な営業線仕様及び技術基準等の策定を具体的に進めることが可能となったと判断できる。」との総合技術評価がなされました。また、引き続き技術開発に取り組む項目の一つとして、誘導集電による車上電源が挙げられました。

今般、この誘導集電方式について一定の技術開発の成果が得られたことから、本日、同委員会で審議を行い、「誘導集電については、車上電源として実用化に必要な技術が確立している」との技術評価がなされましたのでお知らせします。(別添資料、参考資料)』

とのことですが。

この誘導給電については例えば

<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%9D%9E%E6%8E%A5%E8%A7%A6%E9%9B%BB%E5%8A%9B%E4%BC%9D%E9%80%81>

にも記事が有りますが、コードレス電話、電気ハブラシなどで用いられている技術と同じ物の様です。

回答者：公益財団法人 国際超電導産業技術研究センター 超電導 Web21 編集局

[超電導 Web21 トップページ](#)