

掲載内容 (サマリー):

トピックス

第10回 IEC/TC90 (超電導) 国際会議、京都にて開催

特集: 超電導技術動向報告会 2006

超電導技術動向報告会 2006 より

超電導の実用期に入った 2006 年

超電導基盤技術の動向

超電導デバイス技術開発の最近の進展

Y系長尺線材開発の進捗及び応用機器要素基盤研究開発の取り組み

Bi系及びY系線材を使用した超電導変圧器の取り組み

高温超電導磁石の山梨リニア実験線走行

超電導関連 7-8月の催し物案内

新聞ヘッドライン (5/20-6/19)

超電導速報 世界の動き (2006年5月)

低温工学協会「特別討論会 - 関西低温の新展開 - 」報告

CIMTEC 2006 に出席して

隔月連載記事 - 室温超電導の夢 (その2)

読者の広場(Q&A) - 超電導電力貯蔵システムを工場などに適用した場合、どのような効果が期待できるのでしょうか?

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

発行者

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

〒105-0004 東京都港区新橋 5-34-3 栄進開発ビル 6F

Tel (03) 3431-4002 Fax(03) 3431-4044

超電導 Web21 トップページ: <http://www.istec.or.jp/Web21/index-J.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://keirin.jp>



トピックス：第 10 回 IEC/TC90 (超電導) 国際会議、京都にて開催

IEC/TC90(国際電気標準会議 第 90 専門委員会 超電導)の第 10 回国際会議が、2006 年 6 月 6 日から 6 月 8 日まで京都大学百周年時計台記念館にて開催され、米国 1 名、ドイツ 4 名、中国 8 名、韓国 5 名及び日本 29 名の総勢 47 名の参加のもとで、2 件の新規業務項目が承認されるなど成功裏に終了した。

IEC/TC90 国際会議は 1 年半から 2 年ごとにアジア、ヨーロッパ及び米国の輪番で開催されている。第 1 回は 1990 年東京にて開催し、この度第 10 回を京都にて開催することになった。

会議は、アドホックグループ会議(6月6日から6月7日)、ワーキンググループ会議(6月6日から6月7日)、本会議(6月8日)及び懇親会(6月7日)から構成されており、IEC の会議開催マニュアルに則して実施された。

6月8日に開催された本会議においては、Loren F. Goodrich 議長の開会宣言に続き、経済産業省産業技術環境局標準企画室長横田 真氏から IEC/TC90 京都会議への歓迎の言葉と IEC/TC90 活動への期待のメッセージがあった。その後、議長任期を 2006 年 4 月 1 日から 2009 年 3 月 31 日まで延長することが確認され、各グループからの報告と審議内容の確認がなされた。最後に、次回第 11 回国際会議の開催場所の審議がなされ、2 年間隔を目途とした輪番開催の方向で後日調整することになった。



経済産業省横田真室長挨拶



Dr. Loren F. Goodrich 議長挨拶

今回の会議では、主につぎの各項について審議がなされた。

(1) Ad hoc Group 1 (電流リード)

Rapporteur である長村光造氏からアルゴンヌ会議以降の活動と今後の進め方についての報告がなされた。超電導機器に適用されるあらゆる種類の電力供給用電流リードを適用範囲とし、関連用語の定義及び主要な特性試験項目を網羅した通則 (General Requirement) 規格化に発展すべきとの合意がなされ、新規業務項目提案 (NWIP) と同時に新規 WG 設置提案への正規手続に移行することが、4 カ国 (ドイツ、中国、韓国、日本) 合意のもとに承認された。Ad hoc Group 1 は、正式な WG ができるまで存続させることになった。

(2) Ad hoc Group 2 (uncertainty)

Rapporteur である L.F.Goodrich 氏からアルゴンヌ会議以降の活動と今後の進め方についての報告がなされた。IEC の他の TC における用語 “uncertainty” の使用実績は約 40% に達しており、TC90 としても適用すべき時機にあることの認識が参加 5 カ国によってなされた。しかし、TC90 における “uncertainty” の適用にはつぎの配慮が必要との確認もなされた。現在メンテナンス中の WG5 (Nb-Ti 線の室温引張試験方法、CDV 段階) 及び FDIS 以前の段階(WG4)から試行する。用いる関連用語は GUM(Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement)を引用する。雛形を Rapporteur である L.F.Goodrich 氏が提示する。生産者や製造機関が発行する仕様書 (Specification) での表記方法には過渡期の混乱を回避するよう十分な配慮 (Accuracy との整合性を備考記載するなど) をすることなどを各 Convener に指示された。なお、用いる関連用語や注意事項の雛形が完成した時点(2-3 ヶ月後)で Ad hoc Group 2 は解散することになった。

(3) 現行 IEC 規格のメンテナンス及び今後のメンテナンス

WG1 (超電導関連用語) に関して、メンテナンス開始提案がなされ、承認された。また、新しい Convener に松下照男氏が推薦され、承認された。

WG2 (Nb-Ti 線の I_c 試験方法) 、WG7 (Nb₃Sn 線の I_c 試験方法) 、WG8 (表面抵抗試験方法) 及び WG11 (T_c 試験方法) は、いずれも FDIS 段階にあり、規定の日程に従い IS 段階 (Ed.2) へ進展させることが承認された。WG3 (Bi 線の I_c 試験方法) は FDIS 投票の結果が認められ、IS へ移行する。WG4 (Nb-Ti 線の RRR 試験方法) は、8 月に FDIS 段階へ移行するので、“uncertainty” を盛り込む事になった。なお、WG2、WG3、WG7、WG8 及び WG11 の規格は、すでに FDIS の edited 段階にあり、“uncertainty” を盛り込む時機を逸していることから、これらは Ed.3 以降に対応することが確認された。

WG4 (Nb₃Sn 線の RRR 試験方法) に関して、メンテナンス開始提案がなされ、承認された。

WG5 (Nb-Ti 線の室温引張試験方法) は、“uncertainty” を考慮した CDV 案として、回付する事が確認された。

WG9 (Nb-Ti 線の交流損失試験方法) は、DC 段階のコメント確認が終了し、2 件の規格とも MCR 発行段階への移行が承認された。



全体会議の状況

(4) 各国及び団体活動報告

中国からは、近年標準化強化政策が採られ、超電導は Yang Qiaysheng(CAS)が議長を務める SAC/TC265 として位置づけられている。超電導関連では、Jc、交流損失、表面抵抗、浮上力、RRR、Tc 及び用語の 7 部門で標準化活動が推進されているとの報告がなされた。

ドイツからは、超電導関連の標準化は、GNC/K184“Supraleiter”に位置づけられており、議長は Helmut Krauth 氏が、副議長は Manfred Thoener 氏がそれぞれ努めている。ドイツは、11 個の IEC/WG に対応してメンテナンス等標準化活動の報告がなされた。

日本からは、標準化活動の概要について紹介があり、さらに新規測定方法の標準化、既存国際規格のメンテナンス活動に加え、超電導発電機用導体、SMES 用導体及び超電導電流リードなど超電導電力機器に係わる製品規格化活動の経過報告とマイクロ波やジョセフソン接合素子に係わる超電導エレクトロニクス分野での標準化活動の経過報告がなされた。

韓国からは、1995 年に KNC が設置され、11 個の IEC/WG に専門家を派遣して対応している。国家プロジェクト (KSTAR、ITER 及び電力応用 NFP) 並びに今後の標準化 (磁化法 Tc、表面抵抗、電流リード、不可逆磁界) に関する報告がなされた。また、S.Y.Lee 教授から極薄膜の表面抵抗試験方法の原案が提示され、全会一致で正規の NWIP 手続きへの移行が承認された。

VAMAS

VAMAS からは、4 つの WG による試験方法を主体とする基本規格化の活動経過報告がなされた。また、Nb₃Sn 線の室温引張試験方法の規格化に関して、RRT の成果を反映した原案が提示された。

(5) 標準化戦略改訂

2004 年度版超電導標準化戦略書 SMB/2935/R に対し、各国へ見直し提案要請がなされた。

各 WG における専門家の登録は各国が IEC/Web で登録することになっているので、出席各国で最新情報にすること、また欠席している P-member 国には佐藤国際幹事から最新情報にすることが要請された。

(6) 新規業務項目

電流リードの定義と特性試験項目に関する通則 (General Requirement) 規格化に関して、新規業務項目提案 (NWIP) と同時に新規 WG 設置提案への正規手続きに移行することが承認された。

WG8 (表面抵抗試験方法) における極薄膜の表面抵抗試験方法の規格化に関して、正規の NWIP 手続きへの移行が承認された。



懇親会の一コマ

(ISTEC 標準部長 田中靖三)

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導技術動向報告会 2006「超電導技術動向報告会 2006 より」

ISTEC は 2006 年 5 月 29 日（月）東京・都市センターホテルで超電導技術動向報告会「超電導応用技術の新展開:競走の時代 - 転機を迎えた超電導開発」を開催した。産・学・官、報道、一般参加者を含め約 250 名の参加があり、産業化を目指す超電導技術開発の成果と課題、動向が報告され、熱心な討議が行われた。

安永裕幸・経済産業省産業技術環境局研究開発課長、田中愁佳夫・新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)新電力技術開発部長の祝辞があり、研究開発成果は実用化が近いとの実感ができる状況になり、超電導技術を 21 世紀のキーテクノロジーと位置づけ技術戦略マップで中長期的な方向付けを行った。今後は新技術から新しいビジネスが生まれることを期待しているとの激励を頂いた。

田中昭二・超電導工学研究所長は「超電導の実用期に入った2006年」と題した基調講演の中で、高温超電導発見から 20 周年にあたり、その間超電導技術はさまざまな技術的困難を克服し大きな成果に結びつけてきた。さらに実用的な機器開発も進展し、省エネルギーや省資源のみならず環境や医療などへの新たな領域への応用が見通せる状況になり、2010~2020 年に向けての将来像が着実に動き出したとの見方を示した。



基調講演の田中昭二・超電導工学研究所長

中尾公一・SRL 材料物性研究部部長代理は、長尺線材の非接触での測定方法の開発について報告し、測定結果を線材開発へフィードバックすることにより開発のスピードアップに貢献していることを報告した。

平林 泉・SRL バルク研究開発室長は、宇宙実験で得られたサンプル解析から新素材(Gd210)の発見、これを応用した新合成法による大型高性能バルクの製造、さらに最近の技術開発による捕捉磁場特性の飛躍的向上と樹脂含浸等による機械強度の向上により、様々な産業分野への応用事例を紹介した。

理化学研究所 仲村高志氏は、「超電導バルクの NMR 応用」と題して、バルク超電導体を用いた NMR 装置の開発について報告された。高温超電導バルクの高磁界により装置の小型化が実現でき多方面での応用が期待できることを紹介された。

田辺圭一・SRL デバイス研究開発部長は、低消費電力型超電導ネットワークデバイス開発プロジェクトの成果報告で、低温デバイス開発の LSI プロセス開発では Nb9 層アドバンスプロセスを用いた SFQ8 ビットシフトレジスタでの 120GHz クロック動作確認、回路設計基盤技術開発では論理合成の設計自動化ツールの完成など、また高温デバイスでは SFQ 回路新レイアウト(SBL 法)の開発による高速動作の実証など最近の成果と今後の課題を報告した。

NEC エレクトロニクス 二川 清氏は、「走査レーザ SQUID 顕微鏡の LSI 検査・故障解析への応用」と題して、256DRAM ウェハ全体からの良・不良チップ識別(検査)の成功、チップ全体からの断線箇所絞り込み(故障解析)など新走査レーザ SQUID 顕微鏡の有用性について紹介した。

塩原融・SRL 線材研究開発部長は、応用基盤プロジェクト目標である高臨界電流密度および長尺化プロセス技術開発の最新の達成状況と、新たに線材の出口を目指した機器応用の先導研究開発へ

の取り組みなどについて報告した。

九州電力 林 秀美氏は、“Bi系及びY系線材を使用した変圧器開発の取り組み”と題して、これまで実施したBi系線材での変圧器開発の技術を基に、Y系線材の磁場中での臨界電流大、低交流損失化、低コストの可能性を活かしたより実用化へ向けた変圧器の要素技術開発などを紹介した。

JR 東海 五十嵐基仁氏は、“高温超電導磁石の山梨リニア実験線走行”と題して、これまで低温超電導磁石で確立してきた超電導リニア実用化の基礎技術を基に、高温超電導磁石の応用により冷媒不要の伝導冷却が可能となることで構造簡素化と信頼性向上が期待され、今回の走行試験の結果から高温超電導磁石の適用可能性を確認できたとの報告をした。

中部電力 長屋重夫氏は、NEDO SMES プロジェクト第 期の開発内容と、これまでの開発から得られた成果を基に、SMES システム技術の経済性と性能の両立を検証するための実系統連係試験へ向けての進捗と今後の課題について報告した。

まとめ講演として、塚本修巳・横浜国立大学教授は、“社会活動に貢献する超電導技術 - 超電導技術戦略マップ - ”と題した基調講演で、超電導技術の最近の成果は十分実用化を目指せる段階まで来ており、経済産業省とNEDOでの超電導技術戦略マップ策定に参加して、導入シナリオと技術マップおよび技術ロードマップにより中長期の方向を明確化できた。今後は関連する全員が超電導の明日は来るべしとの確信を持つことが何よりも重要と強調した。

超電導各分野での研究開発における着実な成果を基に、実用化へ向けての第一歩を踏み出した中で、超電導技術戦略マップで示された方向を目指して、産学官挙げてのさらなる実用化へ向けた取り組みの意義と重要性を再認識できた報告会となった。



講演風景

(ISTEC 調査・企画部長 佐伯正治)

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導技術動向報告会 2006 「超電導の実用期に入った 2006 年」

超電導工学研究所
所長 田中昭二

1. はじめに

超電導技術について 2005 年における最大の成果は、経済産業省において、「超電導技術戦略ロードマップ」が策定された事であろう。これによって我国における超電導技術の位置付けが明確に示された事になる。高温超電導発見以来 20 年を経過しており、感慨深いものがある。

2005 年度において、超電導応用に関する基盤技術も洗練されつつあり、又、実用期に近い機器の先導研究も開始された。以下ではそれらについて紹介する事にする。

2. これまでの成果

(1) バルク関連

- a) 2002 年から 2003 年にかけて実施された大型超電導バルク製作の為の宇宙実験において発見された新合成法を用いて、地上で直径 15 cm の大型バルクの製作に成功し、これが 70 K において 5 T の強磁界を捕捉する事が実証された。
- b) 超電導バルクを利用した超小型 NMR 装置の可能性が提案されているが、極めて興味があり、実現が期待されている。

(2) 線材関連

- a) PLD 法によって $212 \text{ m} \times 245 \text{ A} = 52,087 \text{ Am}$ の YBCO 線材が製作された。これは世界最高値である。
- b) Gd 系 (短尺) で 40 A 3 T、77 K が達成された。
- c) MOD 法で $40 \text{ m} \times 155 \text{ A}$ が製作された。
- d) MOCVD 法で $197 \text{ m} \times 92 \text{ A}$ が製作された。
- e) IBAD-GZO 中間層で 500 m 長のものが試作された。
- f) Hall 素子や磁気光学素子を用いた線材評価システムが稼動した。

(3) デバイス関連

a) 低温素子

高集積化、多層化技術が完成し、CAD、配線ツールを開発し、現在 4×4 の超高速スイッチを試作中。

更に、実装技術として重要な、広帯域低温サブシステムを構築、又、磁気光学系による SFQ パルス直接観測のテストがなされている。

b) 高温素子

高速分周器の要素となる T-フリップ・フロップ回路を試作し、370 GHz の性能を確認した。又、40 GHz の高速サンプラーを試作した。又、従来の 5 倍の感度を示す高感度スクイドを試作中である。

(4) 機器関連

- a) 500 m 長の電力ケーブルの試作及び冷凍実験が行われた。
- b) 船舶用超電導モーター (12.5 kW) が IHI 社により行われ、近々 400 kW 級が試作される。
- c) 磁気浮上列車用マグネットシステムが試作され、実機に搭載され、550 km/h が確認された。
- d) 超電導磁気分離システムが製紙工場を試作され、2000 t/日の性能が得られた。

(5) 先導的機器開発

平成 18 年度より、実用に適した次世代線材の開発を進めると同時に、実用機器の先導的開発も

行われている。機器名は

- a)次世代超電導ケーブル
- b)超電導変圧器
- c)超電導モーター
- d)超電導限流器
- e)高性能冷凍機

3. 今後の課題

この様に、超電導技術の開発は多岐に渡るが、今後も実用化を促進し、一刻も速く超電導産業を確立する必要がある。

(注) 本講演内容に係る記事は、同報告会の予稿集をそのまま転載したものである。

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導技術動向報告会 2006 「超電導基盤技術の動向」

本報告では、「長尺線材のための非接触評価法の開発」(SRL 中尾)、「大型バルク材料開発と新しい機器開発」(SRL 平林)及び「超電導バルクのNMR 応用」(理研 仲村)の3件について報告する。

Y系線材の開発も順調に進んでおり、既に幅1cmのテープ状線材で200m超、臨界電流値も200A超ができるようになった。開発(または製造)された長尺線材の性能を損なうことなしに全長に亘って性能評価することが大変重要になってきている。「長尺線材のための非接触評価法の開発」では、数100mの線材をリールに巻き取る過程で線材を破壊することなしに特性評価する方法についての報告であった。評価法として、直接通電法、ホール素子法、磁気光学(MO)法について、SRLで開発した評価装置での測定結果に関するものである。ここでいう評価とは、臨界電流値の測定や線材の内部の構造欠陥等に関するもので、各評価法には夫々長所・欠点がある。の直接通電法は、測定速度は速いが空間分解能が劣る。の磁気光学法は測定速度は遅いが空間分解能に優位性がある。はとの間である。従って目的に応じて評価法を選択することが重要となると同時に夫々の方法を補完的に用いることができる。とりわけ注目されるのが、世界で初めて長尺線材を磁気光学法により評価したことである。これはファラデー効果を利用したもので、MO(磁気光学)膜として磁性ガーネット薄膜を用いている。MO膜もSRLで開発した製法を用いて作製している。この評価方法を用い、超電導線材内部に侵入した外部磁場を鮮明に観測することができ、構造欠陥の有無に関する知見を得ることができる。

さらに、コスト低減を図る目的で、Y系線材の基板材料としてNi等の磁性材料を用いることも試みられているが、MO法での評価の結果、テープ端部を除けば外部に強い磁場を発生しないという貴重な結果も得られている。

宇宙での酸化物高温超電導バルク体の製造実験(USERS宇宙実験)の成果を受けて、既に地上で直径約14cm級のバルク体を作製できるようになった。「大型バルク材料開発と新しい機器開発」はこの成果の内容と大型バルク体を用いた機器応用に関する報告である。14cm級バルク体は、温度70Kにおいて5Tまでの捕捉磁場(プロジェクト目標)を実証。直径46cmのバルク体と比較して、

浮上力密度は2倍、浮上力は20倍、総磁束量は10倍と著しく優れた性能を示すことが分かった。この成果を機器開発に生かし、産業化への道を探るため、平成17年度は「高温超電導バルク応用検討委員会」を設置し、検討をおこなった。字数の制約で詳細は紹介できないが、新しい出口(応用)として検討されたものとして、風力用低速高トルク発電機、簡易型NMR、高輝度X線放射光源用アンジュレータ、医用応用では手術における磁気誘導、磁気誘導型内視鏡等がある。

これらの応用を可能とするための課題として、冷却技術、着磁技術、低コスト化、安全性等があり、今後課題解決に向けての技術開発がキーとなるとの報告であった。

上記応用の一つである「超電導バルクのNMR 応用」に特化して、理化学研究所先端技術開発支援センターの仲村氏より開発の現状について報告があった。

NMRから得られる情報は、結合情報などが得られる分子構造、原子間距離、分子運動や拡散等のダイナミクスである。NMRの感度は磁場が高ければ高いほど良くなる。また、ノーベル賞化学者Wuthrich博士が考案したTROSYという手法を用いた場合、磁場が約26テスラ(共鳴周波数1.1GHz)で測定感度が最適化されると言われており、NMRの世界では磁場が高いことが要求される。

NMR磁石に要求されるものとして、磁場安定性(経過時間に対して、0.02ppm/hour)、磁場均一性(空間に対して、0.5ppm/mm)があるため、超電導の永久電流特性を用いることが最適となる。

現在、製品の高分解 NMR 用磁場発生には超電導線材を巻回したコイル状マグネットを用いているが、本報告はこれを超電導バルク体で代替し、質の高い一様磁場を発生させようとの試みである。既にバルクの中心部に孔を開けた小型バルクマグネットで3テスラを発生し、要求される試料空間における ppm オーダの均一度の高い磁場発生を確認している。先述したようにバルク応用では着磁方法の課題はあるものの、低磁場（普及型 NMR）応用では、コンパクト、安価などの特徴があり、今後の進展が楽しみな技術開発の一つである。

（SRL/ISTEC 特別研究員 堀上 徹）

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導技術動向報告会 2006 「超電導デバイス技術開発の最近の進展」

NEDOの「低消費電力型超電導ネットワークデバイス開発」プロジェクトでは、将来のバックボーンネットワーク用の大容量ルータやサーバへの応用をねらいとしたNb系低温超電導SFQデバイスの開発、次世代無線基地局用の広帯域AD変換器や超高速計測機器への応用をねらいとした酸化物系高温超電導SFQデバイスの開発がISTEC-SRLを中心に進められている。この1年間に、前者では、1チップ当たり10万接合レベルの回路作製を可能とする次世代Nbプロセスを用い、要素回路の120GHz（従来比2倍の高速）動作が実証されると共に、プロセスの信頼性検証のための8万接合規模のメモリ（RAM）の試作が開始された。また、大規模SFQ回路用の自動設計ツールが完成し、SFQを熟知していなくても40万接合級の回路を設計できる環境が整った。さらに、チップ間で100Gbpsを超える高速のSFQパルス信号伝送が可能なマルチチップモジュール（MCM）技術や、冷凍機冷却したMCMに室温から10Gbpsの高速信号の入出力が可能な実装技術が確立された。プロジェクト最終年度の今年度は、これらの技術を統合し、室温から電気あるいは光で入力した高速パルス信号や画像信号を最高40GHz動作の4x4SFQスイッチチップで処理するデモンストレーションが予定されている。高温超電導SFQデバイスに関しては、回路内の接合の臨界電流密度のばらつきを低減する新しい回路レイアウト法が開発され、要素回路の40Kにおける210GHz動作や、AD変換器の主要要素回路の動作が実証された。また、超電導サンプリング回路に100GHzの高速光信号を導入できる非磁性のモジュールがアドバンテスト研究所により開発され、今年度に予定されているAD変換回路の高速動作や小型冷凍機実装したサンプリング回路による100GHz信号波形計測の実証への準備が着実に進展している。

NECエレクトロニクスの中川氏は、走査レーザー-SQUID顕微鏡を用いたLSI検査・故障解析装置の開発を進めている。LSIに断線や短絡箇所があると、レーザー光で誘起される電流の経路が遮断されたり新たな経路が生成されたりする。この変化を電流励起磁束の変化としてSQUIDで検出する方法であり、レーザービーム径によって基本的に決まる高い空間分解能が得られる。空気中に置いた300mm径のウェハの検査ができるように改良された試作装置において、裏面からのレーザー照射によっても0.5 μ m程度の空間分解能が実証されている。レーザー光は100kHz程度の周波数で変調されており、ロックインアンプの強度と位相の両方の出力を画像化する処理方法が採用されている。これまでに、256MDRAMの良・不良チップの識別検査や90nm世代ロジックLSIの断線箇所の絞り込みなどの故障解析に適用できることが実証されており、実用化に向けたさらなる進展が期待される。

（SRL/ISTEC デバイス研究開発部長 田辺圭一）

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導技術動向報告会 2006

「Y系長尺線材開発の進捗及び応用機器要素基盤研究開発の取り組み」

本稿では、低コスト、磁場中高特性、高強度、低交流損失等の多くのメリットが期待されているY系超電導線材の現状として、超電導応用基盤技術開発（第 期）プロジェクトの進捗と今後の方針をまとめる。

<長尺線材プロセス>

高性能長尺線材として取り組んでいる IBAD-PLD 線材では、フジクラ、SRL 名古屋で共に 200m を超える長さの線材の作製に成功し、特に SRL 名古屋では $212.6\text{m} \times 245\text{A} = 52087\text{Am}$ の世界最高の線材を得ており、中間目標である $200\text{m} \times 200\text{A}$ を達成している。また、このグループで更に求められている磁場中特性の改善に関しても、Y を Gd に置き換える事で J_c -B 特性が改善できる事を見出し、この材料を用いて 32m の線材作製に取り組み、 $I_{c \text{ end-to-end}}$ で 205A を確認し、端部の切り出しテープで、 $I_c > 20\text{A}$ (@77K, 3T) を得ている。

一方、低コスト化が見込めるプロセスの開発グループでは、まず、IBAD 基板上に TFA-MOD 法で超電導層を形成するプロセスで、クラック抑制や組成適正化等により、短尺ながら 525A/cm の高い I_c を実現している。このプロセスにおける長尺化は、リール式とバッチ式で取り組み、各々 $25\text{m} \times 100\text{A}$ 、 $40\text{m} \times 155\text{A}$ の線材を得ている。また、同様に IBAD 基板上に MOCVD 法で超電導層を形成するプロセスでは、高速合成による長尺化を得意とし、 $203\text{m} \times 93\text{A}$ の線材を得ている。加えて、配向基板上で成膜温度範囲が広く高速成膜が望める Ho 系材料を用いたプロセスでは、end-to-end の評価には至っていないものの、200m 長の線材を作製し、部分評価ながら 200A レベルの結果を得ている。

<今後の計画>

500m 線材開発に対しては、プロジェクト当初から選定されている IBAD-PLD 法に加えて、低コスト長尺線材として IBAD-(TFA)MOD 法を選択し開発を進める。前者では、大型の設備導入をフジクラでほぼ終えており、540m ($\Delta\phi = 18.5^\circ$) の長尺 IBAD 基板の作製に成功している。一方、後者では、平成 17 年度に大型塗布仮焼装置を昭和電線電纜に導入し、平成 18 年に残りの装置を導入し、目標達成を目指す事になる。

更に、ユーザーサイドからのより安価な線材への要求に応えるべく、安価な基板及び中間層を用いた極低コスト線材開発を進める事としている。

<機器へ向けた動き>

上記に見られる複数の機関による長尺線材開発の成果を受けて、機器へ向けた動きも始まっている。まずは、多くの機器の基礎となるシンプルな形状（ソレノイド他）のコイル作製に成功すると共に、15kW の固定界磁モータの試作に成功し、回転確認にまで至っている。更に、交流損失低減技術に関しても、YAG レーザーにより安定化層と超電導層を切断し、線材として実際に損失の低減を確認している。

これらの成果を受けて平成 18 年からは機器の要素技術開発が始まっている。対象としては、効率・経済メリットや波及効果等を考慮して 1)ケーブル、2)変圧器、3)限流器、4)モータ、5)冷却技術のテーマを選定し、残りの 2 年間に於いて、各種機器の要素技術を抽出すると共に Y 系線材の適用性を評価・フィードバックし、後の本格的な機器開発へ続けていく予定である。

(SRL/ISTEC 線材研究開発部 和泉輝郎)

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導技術動向報告会 2006

「Bi 系及び Y 系線材を使用した超電導変圧器の取り組み」

九州電力株式会社
総合研究所 電力貯蔵技術グループ
林 秀美

超電導変圧器は不燃性、低損失及び小型・軽量などの特長を有していることから、都心部を主体とした変電所やビル等の変電設備及び鉄道用等としての実用化が期待されている。そのため、当社と九州大学等のグループでは、平成 12 年に Bi 系線材による 1MVA 級単相超電導変圧器の国内初の系統連系試験を行なうなどの研究に積極的に取り組んできた。その後、Super-ACE では、66kV 級絶縁技術や 2MVA 級単相機器等の技術が開発されてきた。しかし、Bi 系線材では高磁界中での臨界電流が小さく、交流損失低減が困難かつ線材が高価であるなどの課題があった。

一方、最近の Y 系 (YBaCuO) 線材技術の進歩が著しく、特に、SRL (超電導工学研究所) では世界のトップ級の技術を有している。Y 系線材は高磁界中での臨界電流が大きく、線材のスリット加工による低交流損失化及び将来的に低コスト化が図れると考えられている。また、冷却装置も高効率で経済的なものが見通せるようになってきた。これらの技術を変圧器に適用すると、巻線のみ冷却して GFRP の保冷容器に収納する高効率な常温鉄心変圧器 (図 1) さらに、超電導線を増して鉄損を低減することにより Y 系線材に加え鉄心も冷却して SUS の保冷容器に収納する低温鉄心変圧器 (図 2) が実現できると考えられる。前者は地下式や屋内式変電所に有利であり、後者は屋外式変電所にも有利に適用できると考えられる。

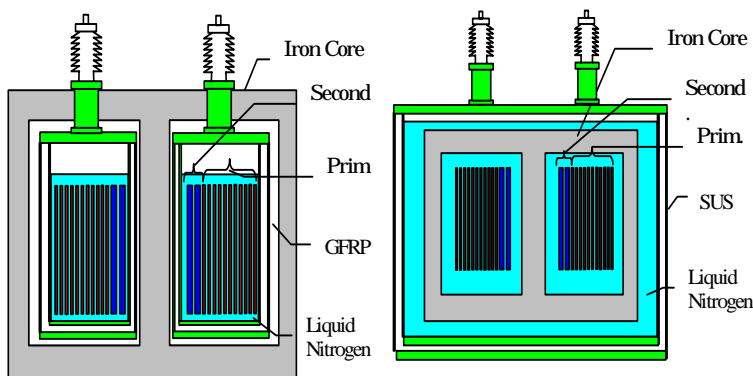


図 1 常温鉄心変圧器 (地下式・屋内式に有利)

図 2 低温鉄心変圧器 (屋外式に有利)

これらに基づき、66kV/20MVA 級 Y 系変圧器の概念設計を行なった (図 3)。設計条件は、Y 系線材 5mm 幅、交流損失は無加工線材の 1/20 に低減、単価は約 1 円/Am、66K の過冷却液体窒素冷却で COP は 0.1、及び変圧器の負荷率は 50%とした。その結果を図 4 に示す。Y 系変圧器は油入変圧器に対し重量は約 1/2、設置面積は約 2/3、効率は 0.4~0.5% 向上することが得られた。また、常温鉄心変圧器の初期コストは屋外油入方式より高価だが低損失なため総

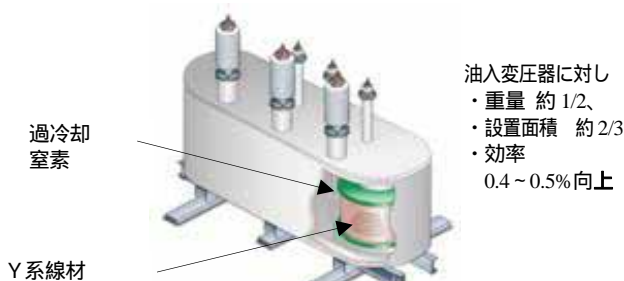


図 3 Y 系変圧器の概念図

油入変圧器に対し
・重量 約 1/2、
・設置面積 約 2/3
・効率 0.4~0.5% 向上

合コスト(ライフサイクル)は 18 年程度で逆転すること、低温鉄心変圧器の初期コストが屋外油入変圧器相当ならば、総合コストでも有利なことが得られた。

国内の配電用変圧器は、66kV/77kV 級変電所数は約 4,300 箇所(電力統計情報;電事連)で、各変電所に約 2 台設置して寿命 40 年と仮定すると約 220 台/年が更新となり、変電所増分容量の伸び率 0.5% (供給計画の概要;中電協)では約 40 台/年が新設となる需要がある。また、効率向上による CO₂ 削減効果もある。

今後は、Bi 系線材変圧器の要素技術及び Y 系線材技術に基づき、18 年度から、スリット加工線材による低損失化のコイル化技術、Y 系線材形状による 66kV 級の JEC 相当の高電圧化技術、配電用変圧器相当の 1kA 級コイル試作による大電流化技術、COP0.1 を目指した高効率冷却装置、などの変圧器の実用化に向けた要素技術開発及び変圧器システムの設計検討に取り組む予定である。

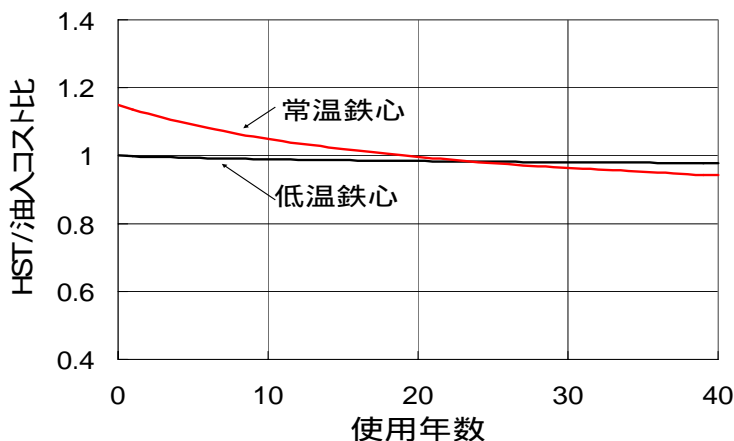


図 4 油入変圧器に対する Y 系変圧器の総合コスト比率 (負荷率 50%)

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導技術動向報告会 2006 「高温超電導磁石の山梨リニア実験線走行」

東海旅客鉄道株式会社
総合技術本部 リニア開発本部
主幹
五十嵐 基仁

高温超電導による超電導リニア用磁石の開発は、将来に向けた超電導磁石の製作コスト低減、運用コストの低減、信頼性の向上を目的として取り組んでいる。

高温超電導磁石の特長として、まず最初に挙げられるのは従来の Nb-Ti(LHe 浸漬冷却)と比較して運転温度域が高く設定できることである。このことは、寒剤による浸漬冷却とせずに伝導冷却とすることができ、複雑な配管構成を廃止できるとともに液溜の省略を可能として超電導磁石の製作コスト低減が期待できる。また浸漬冷却から伝導冷却とすることは、運用時の輻射シールド系での LN₂ やコイル系での LHe の取り扱いの必要がなくなり、運用時点を想定した場合の費用の低減に寄与することが期待される。さらに、運転温度域を高く設定することは、極低温領域における物質の比熱が飛躍的に上昇する特性を活用する結果となり、擾乱による超電導体の温度変動が少なく超電導磁石としての性能安定性、最終的には信頼性を向上させることとなると考えられる。このような考えから冒頭の3項目を目的に高温超電導磁石の開発に取り組んでいる。

この取り組みの中で、1999年より Bi2223 銀シース線材を用いた超電導リニア用高温超電導磁石の開発に着手し、2005年11月22日に初号機の走行試験に成功した。

走行試験に際しては、事前に定置試験を実施し、永久電流モードによる電流減衰や電磁気的な加振の影響など多角的観点から性能確認がなされた上での走行試験となった。

走行は11月22日から12月9日の期間で行われ、うち、走行試験日数13日間で延べ4,111kmを走行した。試験中は各部の温度や振動の状況を逐次計測確認をしつつ速度向上を進めた結果、試験初日で501.1km/hを達成するとともに、走行試験期間には設計最高速度を超える553.9km/hを記録した。実走行においても電流減衰率や温度、振動のデータは安定した値を示した。

また、高温超電導磁石を運用するにあたっては、高温超電導磁石を製作することのみならず、励消磁時の制御、走行時の制御、異常時の制御等が現行の超電導磁石に劣らないレベルのシステムとして成立していることが安全かつ安定なシステムとしての条件となるが、今回の走行では、これらの運用システムを含めて高温超電導磁石の超電導リニアへの適用可能性を確認できたことになる。

高温超電導磁石の主な仕様
(写真ほぼ中央が高温超電導磁石)

外形寸法：5400mm×790mm
起磁力：750kA/コイル
コイル数：4コイル
冷却方式：伝導冷却
運転方式：永久電流モード



図 高温超電導磁石を搭載した車両の初出庫

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導関連 7-8月の催し物案内

7/2-5

MEM06

場所：Durham, England

問合せ：D. P. Hampshire

Tel:+44-(0)191-334-3626(or 4-3745)

Fax:+44(0)191-334-5823

E-mail: physics.office@durham.ac.uk

7/3-5

CCA 2006

場所：Ludwigsburg, Germany

主催：the European Network SCENET

問合せ：<http://www.cca2006.com>

Herbert C. Freyhardt

Tel: +49-551-39-5000

E-mail: hfreha@gwdg.de

7/9-14

M2S-HTSC-VIII: 8th International Conference on Materials and Mechanism of Superconductivity and High Temperature Superconductors

場所：Dresden, Germany

問合せ：<http://www.m2s-dresden.de/main.asp>

7/17-21

CryoPrague2006: 21st International Cryogenic Engineering Conference (ICEC21) and International Cryogenic Materials Conference (ICMC2006) and 9th Cryogenics 2006

場所：Praha, Czech Republic

問合せ：<http://www.icaris.info/CryoPrague2006/>

8/2-3

第2回材料研究会 / 東北・北海道支部合同研究会
場所：岩手大学図書館 2F (多目的学習室)

主催：低温工学協会 材料研究会 / 東北・北海道支部

協賛：日本学術振興会超伝導エレクトロニクス

第146委員会「マイクロ波～光」分科会

問合せ：E-mail: fujishiro@iwate-u.ac.jp

岩手大学工学部材料物性工学科 藤代 博之

Tel/Fax: 019-621-6363

8/16-19

Yamada Conference LX on International Conference on Research in High Magnetic Fields (RHMF 2006)

場所：仙台市

主催：HFLSM/Tohoku University, and the High Magnetic Field Forum of Japan

問合せ：E-mail: rhmf@imr.tohoku.ac.jp

Tel: 022-215-2147

Fax: 022-215-2149

8/20-25

International Conference on Magnetism (ICM 2006)

場所：京都

主催：SCJ、PSJ、MCJ、JSAP、JIM

問合せ：E-mail: icm2006@imr.tohoku.ac.jp

8/21-25

15th International Conference on Biomagnetism (Biomag 2006)

場所：Vancouver Convention & Exhibition Center, Vancouver, British Columbia, Canada

問合せ：E-mail: congress@venuewest.com

<http://www.venuewest.com/2006/biomag/>

8/27-9/1

2006 Applied Superconductivity Conference (ASC2006)

場所：Washington State Convention and Trade Center in Seattle, Washington, U.S.A.

問合せ：<http://www.ascinc.org/>



(編集局)

[超電導 Web21 トップページ](#)

新聞ヘッドライン (5/20-6/19)

MRIで血流解析 アールテック 血管疾病治療に活用 5/23 日経産業新聞
ITER計画 協定案が仮合意 07年建設開始へ 5/26 電気新聞
誘導加速シンクロトロン開発へ 高エネ機構が原理実証 5/26 日刊工業新聞
ITERで講演会 原子力学会などが来月 5/26 日刊工業新聞
超電導ケーブル 住友電工、韓国に販売 6月にも送電実験 5/27 日本経済新聞
脳で動かす情報機器 プレイン・マシン・インターフェース 遠隔操作も楽々 ロボなど自在に
人体・IT融合へ 5/28 日本経済新聞
ISTEC 実用域の9件を紹介 超電導技術報告会開く 5/30 電気新聞
リットリウム系超電導線材利用 高効率変圧器開発へ 九州電力 電力損失を8割減 6/6 電
気新聞
ISTEC、フジクラなど 超電導線材利用モーター 出力15キロワットを達成 6/9 電気新聞、
日刊工業新聞、日経産業新聞、日本経済新聞
超伝導科学技術賞 特別賞に安岡氏(原子力機構客員研究員) 未踏科学技術協会 6/9 日刊工
業新聞
MRIデータ 色調整容易に ソニーがプリンター 6/9 日経産業新聞
新生原子力機構 那珂核融合研究所 豊富な研究実績 世界を常にリード ITER計画でも重責
を担う 6/11 電気新聞
SFQ回路と室温環境橋渡し 超電導工学研 入出力ユニット開発 6/14 日刊工業新聞、日経産
業新聞
単一磁束量子回路 演算速度、半導体の100倍 次世代ネットの核技術 6/15 日刊工業新聞



[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導速報 世界の動き (2006年5月)

組織

IV SUPRA (2006年5月31日)

欧州の超電導システム用材料及び部品メーカー8社が、ハノーバーメッセで会合を開き、「超電導産業連盟」(IV SUPRA)を設立した。その目的は超電導技術及びその(技術)革新のポテンシャルを広く一般に知らしめるとともに、ドイツ政府に働きかけを行うことにある。これにより、主としてエネルギー分野における超電導技術の応用及び商業化を効率的に進めるための適切なフレームワークが作り出せればと考えている。Nexans SuperConductors社のCEO兼副社長 Joachim Bockは次のように述べた。「超電導分野では、それがエネルギー技術に与えるインパクトを政治・経済分野の関係者に広く知らしめるための活動が必要である。超電導技術は発電、配電、電力消費における効率を大きく向上させるものであり、我々はその部品技術開発プロジェクトを推進するための財政援助を必要としている。」創立メンバーは以下の通りである。

Adelwitz Technologiezentrum GmbH (ATZ), Adelwitz
Bruker BioSpin GmbH, Karlsruhe
ERT Refrigeration Technology GmbH, Hamburg
European High Temperature Superconductors GmbH & Co. KG, Hanau
Evico GmbH, Dresden
Nexans SuperConductors GmbH, Hürth
Theva Dünnschichttechnik GmbH, Ismaning
Trithor GmbH, Rheinbach

連盟の初代会長は、ThevaのWerner Prusseitが就任する。「超電導産業連盟」のウェブサイトは<http://www.ivsupra.de>。

出典:

“Superconductivity deserves more attention as an efficiency increasing cross cutting technology”

IV SUPRA press release (May 31, 2006)

<http://www.ivsupra.de/>

電力

American Superconductor Corporation (2006年5月1日)

American Superconductor Corporation (AMSC)は、第1世代HTS線材から次世代線材への移行を完了した。これは予定よりも早い移行である。第1世代線材の生産は中断され、今後、第1世代線材はAMSC社の在庫から供給される。この結果、AMSC社は今年度、ランニング・コストを約20%しつつ、HTS線材売り上げ目標を達成できるものと考えている。AMSC社最高責任者Greg Yurekは次のように述べた。「我々の第1世代線材は市場に需要の種をまいたという意味で大きな価値をもつ。これらには、電力ケーブル、グリッド安定用SuperVAR、船舶推進モーター、発電機、各種用途のマグネット(MAGLEV、水浄化)など幅広い領域の超電導製品が含まれる。次世代線材は電気的性能に優れ、製造コストが低いものと考えており、商業的な量の生産が可能になれば、顧客は次世代線材を採用するものと確信している。」同社の次世代線材は、第1世代線材を容易に置き換えることができるものと見られる。

出典:

“American Superconductor Completes Transition of Wire Manufacturing From First Generation to

Second Generation High Temperature Superconductor Wire”

American Superconductor Corporation press release (May 1, 2006)

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=849769&highlight

Oak Ridge National Laboratory (2006年5月3日)

Oak Ridge National Laboratory (ORNL)は、米国アカデミーに依頼されて作成した「Rising Above the Gathering Storm」報告の目標に沿った総合的戦略の中に超電導技術を盛り込んだ。この報告は、政策立案者が今後の繁栄を継続していくために取り上げるべき科学技術 10 分野を明確にすることを目的として、2 人の上院議員からの要請を受けて纏められたもの。その勧告の中の 1 つは、クリーンで、利用可能かつ信頼性の高いエネルギーに対応すべきとしている。ORNL は報告書の中で、基礎及び応用研究の統合こそがその目的を達成するための鍵であるとして、超電導ケーブル実証試験の他、同研究所の開発した高磁場下でも高い電流密度を維持できる超電導線材（モーター、発電機、送電技術の実用性を一層高めることができる）等超電導分野のいくつかの成果に言及している。

出典:

“ORNL poised to help nation reach goals outlined in study”

Oak Ridge National Laboratory press release (May 3, 2006)

http://www.ornl.gov/info/press_releases/get_press_release.cfm?ReleaseNumber=mr20060503-00

American Superconductor Corporation and GE Energy (2006年5月10日)

American Superconductor Corporation (AMSC) と GE Energy は、Detroit 市の地域電力会社である Detroit Public Lighting Department (PLD) から D-VAR® システムの発注を受けた。PLD 社は D-VAR システムを電力グリッドの電力支援システムとして使用する予定。AMSC 社はシステムを 2006 年 6 月に出荷し、今夏後半には稼働させる予定。Detroit 市長 Kwame, Kilpatrick は、「D-VAR システムにより年間エネルギーコストを 1,000 万ドル削減するつもりである。」と語った。D-VAR により、以前電力安定を確保するため稼働していたいくつかの地域の発電機が不要となる。PLD 社は省エネを図り 6 ヶ月で D-VAR への投資を回収するとしている。

出典:

“American Superconductor and GE Energy Receive Order for Two D-VAR(R) Systems from City of Detroit Public Lighting Department”

American Superconductor Corporation press release (May 10, 2006)

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=854637&highlight

American Superconductor Corporation (2006年5月11日)

American Superconductor Corporation (AMSC)は 2006 年 3 月 31 日に終了する第 4 四半期の収支を発表した。前年同期 1,290 万ドルに対し、当期収入は 1,420 万ドルであった。純損失は、前年同期の 820 万ドルに対し、当期は 1,100 万ドルであった。この結果、第 4 四半期末の時点で現金、現金等価物、短期投資を合わせて 6,570 万ドルを保有し、長期負債はない。同社は、第 4 四半期中に新規受注、新規契約により 350 万ドルを受け取った。また、期末の受注残及び契約の仕掛は 2,380 万ドルである。

2006 年度通期の収入は、前年度の 5,830 万ドルに対し 5,090 万ドル。2006 年度通期の損失は、前年度の 1,970 万ドルに対し 3,090 万ドル。2006 年度の損失には、第 1 世代から次世代線材への移行による評価損が含まれる。

出典:

“American Superconductor Reports Fourth Quarter and Fiscal 2006 Financial Results”

American Superconductor Corporation press release (May 11, 2006)

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=855331&highlight

Intermagnetics General Corporation (2006年5月24日)

SuperPower, Inc は、次世代 HTS 線材で性能世界記録を達成した。322m 長で 219 A/cm 幅、即ち 70,520Am である。この新記録は以前の 52,087Am をはるかに凌ぐ。また、SuperPower 社は短尺線材で 557 A/cm 幅の記録をも達成し、もう 1 つの世界記録を作った。親会社の Intermagnetics 社最高責任者 Glenn H. Epstein は次のように述べた。「SuperPower 社チームの優れた成果は商業的に入手可能な次世代線材の利点を明確に示すものである。これにより、極めて高い性能を実証したばかりではなく、我々の競争相手よりもわずか半分の薄さの超電導体により 8 倍高い生産速度を実証した。この高い生産速度を達成したことを踏まえ、今後数ヶ月でパイロット生産設備の本質的なアップグレードを進めていく予定である。」

出典:

“Intermagnetics’ Superpower Subsidiary Sets New World Records For Second-Generation High-Temperature Superconducting Wire”

Intermagnetics General Corporation press release (May 24, 2006)

<http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=88261&p=irol-newsArticle&ID=860295&highlight>

University of Albany (2006年5月30日)

University of Albany ナノスケール科学工学部は、世界で最初の 50 kW 極低温パワー・インバータの実証に成功した。冷凍機冷却エレクトロニクスは、超電導モーター・発電機によって推進される将来の軍用艦向け電力システムには非常に有用である。極低温パワー・インバータの実証には、メタルヒートシンク及び他の冷却部品を液体窒素バスに置き換えるという革新的な方法を採用した。これは、超電導技術への適合性に優れている。Defense Advance Research Projects Agency (“DARPA”)により資金援助を受けている 2 年間のプロジェクトの最初の 1 年をこの実証の成功で締めくくることができた。

出典:

“Team led by UAlbany NanoCollege pioneers new technology to power all-electric US Navy ships”

University of Albany press release (May 30, 2006)

http://cnse.albany.edu/News/index.cfm?InstanceID=138&step=show_detail&NewsID=189

センサー

European Space Agency (2006年5月19日)

European Space Agency (ESA)は、73P/Schwassmann-Wachmann 3 彗星の内部を調べるため超電導カメラ SCAM を用いた。SCAM は Tenerife (カナリア諸島) の ESA 光学地球局に設置されている超高速フォトン計測カメラであり、超電導トンネルディテクターを内蔵している。これにより、彗星が分解する際の破片の高速な変化を高感度で調べることができる。SCAM による極めて正確なデータを利用して、ESA の科学者は彗星の破片のちりやガスの状態の変化を追いかけている。SCAM の高い時間分解能のため、約 1 分間のタイムスケールでの彗星内部で生じた破壊や変化を追跡することが可能である。高速カメラ自身はフォトン計測モードではミリ秒の時間スケールで動作する。近接した 2 つの破片の間のガスやちりの相互作用についても観察することが可能であった。約 40 の彗星を見ることができる。その大部分は、変則的で非常に寿命が短い。

出典:

“ESA's new camera follows disintegration of a comet”

European Space Agency press release (May 19, 2006)

http://www.esa.int/esaCP/SEMN1C9ATME_index_0.html

エレクトロニクス

HYPRES, Inc. (2006年5月8日)

HYPRES, Inc.は、Argon ST, Inc.と Teaming Agreement を締結した。目的は、Argon ST が受託した Ship's Signal Exploitation Equipment (SSEE) Increment F 契約の一部として超高性能デジタル RF 受信機を開発することである。総額 280 万ドルの 30 ヶ月契約の最初の仕事は、米国海軍向けに高性能センサーシステムを開発し、支給することである。この契約には、有償のオプションとして 2009 年を初年とする 5 年間に、開発された追加のシステムを政府が購入することが含まれている。Teaming Agreement 契約の下、HYPRES 社は多重入力チャンネル受信システムを開発し、その性能実証を行う。HYPRES 社が得た契約は複数年、数百万ドルということになる。HYPRES 社最高責任者 Richard Hitt は次のように述べた。「Argon 社との共同作業は当社にとって興味深くかつ大きなチャンスである。我々は、超高速超電導デジタル RF 技術が性能の向上、コスト低減、低消費電力を実現し、将来の軍事用 SIGINT 及び通信システムが直面するであろうネックとなる問題を解決していくつもりである。」

出典:

"HYPRES' Digital-RF Receiver Could Serve As Risk Mitigation Option For Argon ST's Recent Ship's Signal Exploitation Equipment Increment F Contract"

HYPRES, Inc. press release (May 8, 2006)

http://www.hypres.com/pages/new/bnew_files/argon.pdf

HYPRES, Inc. (2006年5月15日)

HYPRES, Inc は、Small Business In Research (SBIR)フェーズ 2 契約を米国陸軍と締結し、デジタル RF スイッチマトリクスを開発することとなった。この装置は、デジタル化された RF 信号を直接プログラマブル・デジタル・プロセッサに転送、ルーティングするためのものである。総額 729,959 ドル、2 年間契約の下で、HYPRES 社は Nb ベースの超電導 IC 技術を用いた各種の非同時マルチレート、マルチキャスト・スイッチ・マトリクスを設計、製作、試験する。HYPRES 社最高責任者 Richard Hitt は次のように述べた。「超電導デジタル RF サブシステムは、JTRS, TSAT, WIN-T のようなプログラムが統合ネットワークとして最大の性能が出せる最適のものである。我々は以前の仕事の中ですでにこのスイッチング技術のポテンシャルを実証している。この技術を我々の最新のプロトタイプ・システムに組み込めることは大変すばらしいことである。」

出典:

"HYPRES Awarded \$730 Thousand By U.S. Army To Develop Ultra-Fast Switch Matrices"

HYPRES, Inc. press release (May 15, 2006)

http://www.hypres.com/pages/new/bnew_files/pr_swmrix5_15_06.pdf

加速器

Oak Ridge National Laboratory (2006年5月1日)

Oak Ridge National Laboratory は、DOE の中性子源(Spallation Neutron Source)施設において最初中性子を発生したと発表した。SNS で実施される研究は材料研究の新たな時代の基礎をなすものと期待されている。SNS は、研究者達の超電導金属等材料構造の理解をより一層深め、無数の新たな技術革新へと導く可能性を秘めている。SNS 線形加速器は、室温部分及び超電導部分からなっている。

出典:

"First neutrons produced by DOE's Spallation Neutron Source"

Oak Ridge National Laboratory press release (May 1, 2006)

http://www.ornl.gov/info/press_releases/get_press_release.cfm?ReleaseNumber=mr20060501-00

基礎

Duke University (2006年5月8日)

Duke University Pratt School of Engineering ではデータ・マイニング手法を用いて超電導体になることが期待される金属サンドウィッチ構造を理論的に導き出した。新しい化合物 LiB は、B 層の間に Li が組み込まれている 2 元合金である。(非常に高温かつ高圧が必要とされるプロセスにより) 合成を行うことにより、この材料は超電導体として振る舞い、かつ、同種の超電導体よりも高い臨界温度(39K 以上)となることが期待される。この理論的発見は、他の新しい超電導体探索に資する新たな研究の方向付けを与えるものである。この研究は、Physical Review B, Rapid Communications (2006年5月5日)電子ジャーナル版で報告された。

出典:

“New 'metal sandwich' may break superconductor record, theory suggests”

Duke University press release (May 8, 2006)

<http://www.pratt.duke.edu/news/releases/index.php?story=270>

University of California – Riverside (2006年5月16日)

フランス及びドイツの研究者達は、現在 University of California – Riverside 教授の Chandra Varma が提案した高温超電導を説明する理論の重要な予測を(実験的に)確認した。この結果は室温超電導体を創生するのに有益であると考えられ、超電導をめぐる国際的な議論に決着をつける可能性を持っている。Varma の最初の理論は、1989年に提案され、高温超電導体及び関連する現象はある種の材料中で起こり、これは、温度の低下とともに材料中の量子論的ゆらぎが、減少するのではなく増加することによるとしている。後に Varma は、1996年に提案した第2の理論の中で、電流ループが生成している銅化合物の中で新たな状態を生み出していることと超電導が関連していることに着目して、このゆらぎの性質を説明した。Varma は、最初の理論で言及されている量子論的ゆらぎは銅酸化物中の電流ループに対応していると結論付けている。偏極中性子回折による実験で、フランス・ドイツチームは Varma が予測した電流ループを直接観察した。Varma は、「フランス・ドイツチームによるさらなる実験が、銅酸化物で起きている基礎物理の科学分野におけるコンセンサスをもたらす助けとなる。」と語った。この実験結果は Physical Review Letters 5月19日号に掲載される。

出典:

“French-German Group Verifies High-Temperature Superconductivity Theory Proposed by UCR Physicist

University of California – Riverside press release (May 16, 2006)

<http://www.newsroom.ucr.edu/cgi-bin/display.cgi?id=1337>

(ISTEC 国際部長 津田井昭彦)

[超電導 Web21 トップページ](#)

低温工学協会「特別討論会 - 関西低温の新展開 - 」報告

低温工学協会（会長 山藤馨）は、2006年5月16日に大阪大学コンベンションセンターにて開催中の2006年度春季低温工学・超電導学会の特別セッションとして、特別討論会「関西低温の新展開」を開催した。同討論会では、5名のパネリストを迎え総勢約100名の参加者のもとで、身近なテーマの実行こそが新展開の鍵であることが熱く語られた。

この討論会は、超電導関連機関や関連事業のますますの発展と低温工学協会の活性化や会員数増大を期待して企画されたもので、今回を第1回として合計4回が計画されている。

第1回討論会は、つぎのプログラムによって実施された。

趣旨説明 西村 新 副委員長

関西支部の状況 畑 徹 関西支部長

パネル討論：

MS エンジニアリング 仁木 丈文 氏（磁気分離）

クライオバック 福居 滋夫 氏（低温配管など）

岩谷瓦斯 岩下 博信 氏（水素関連）

島津製作所 長谷川 忠 氏（材料試験装置）

日経 BP 社 田島 進 氏（電子・機械局主任編集委員元日経超電導編集長）

討論会 進行役 田中 靖三 委員

まとめ 山藤 馨 低温工学協会 会長

この討論会において、つぎの意見交換がなされた。

超電導に先行して、低温がまず関西から始まった（畑支部長）。最近、産学連携を機軸とした磁気分離関連のジョイントベンチャーが設立できたことはひとつの突破口である（仁木氏、西嶋氏）。しかし、低温事業それ自体は小さく、他の分野で稼ぎ、生活密着型事業を創造するも規制緩和を待つところが大きい（福居氏）。また、水素社会のためのH₂ステーションを手掛けているが、まだガソリンスタンドの3倍のコスト高に喘いでいる（岩下氏）。さらに、国際的標準化が進展する環境づくりの必要性を感じ（長谷川氏）ており、学会の現状打破のためにはこの種の新規セッションの企画の必要性も理解できる（佐藤氏）。一方、超電導プロジェクトとその成果を技術的、政治的並びに経済的立場から客観的に見ることも必要である（田島氏）。いずれにしろ、低温工学・超電導学会に対する Needs と向き合い、この停滞を変革によって乗り越えることが不可欠で、この種の討論会での新規提案を歓迎する（山藤会長）。

今後の展開として、討論会で得られた情報やアイデアを積極的に低温工学・超電導学会や低温工学協会の活動に反映させることになった。また、第2回特別討論会は、「既存技術の見直しと更なる技術の高度化」をテーマとして、2006年11月21日熊本大学での開催が予定された。

（編集局）

[超電導 Web21 トップページ](#)

CIMTEC 2006 に出席して

CIMTEC 2006 (International Conference on Modern Materials and Technologies) が「11th International Ceramics Congress」と「4th Forum on New Materials」の合同として、2006年6月4日(日)から9日(金)にかけてイタリア シシリャー島 アチレアーレにて開催された。セラミックスの幅広い分野を中心に約1,300名が参加し、19のセッションに分かれ、800件を越す論文の発表があり、活発な議論がなされた。参加者の多い国は日本が約220名とトップで、続いてドイツ、イギリスの順であった。

超電導は「Science and Engineering of Novel Superconductors」として、後者(4th Forum on New Materials)の一環としてシンポジウムが構成され、超電導材料物性、デバイス、線材等の幅広い分野で、45件の口頭発表があり、日本からの発表者は9名であった。なお米国からの発表は3件のみにとどまり、欧州からの発表が圧倒的に多かった。

初日のオープニングセッションでは、基調講演として、ケンブリッジ大学 Dr. M. E. Welland による「Nanomaterials & Nanotechnology: Prospects and Pitfalls」およびカリフォルニア大学 Dr. C. Montemagno による「Molecular Engineering Biomimetic Materials and Systems」があり、その後、セッション毎の発表が始まった。

MgB₂は生成温度が600 から1000 までの広い範囲にわたること、熱処理時間が10分から30分の短時間であること、および超電導特性が不純物に敏感でないことから、欧州等ではとくに線材への応用研究が盛んであり、発表件数は15件に上った。SiC、非晶質カーボン、ダイヤモンド、グラファイトなど様々な形態の炭素の導入効果が調べられていた(Wollongong 大学)。

IBAD-PLD、MOCVD 等、様々な成膜法で YBCO テープが形成され、I_{cxL} 値として 52kAm が得られた。また YBCO に代えて GdBCO を用いることによって、I_c の異方性を低減できることが示された(SRL)。

超電導の主なシステム応用は変圧器、回転機等であるが、超電導で変圧器を構成することによって、冷凍機も含めた重量を半分に低減できる。ただし変圧器を Bi2223 で構成する場合、容量 3.5MVA に対して交流損失が 6.2kW に上る(Railway Technical Research Institute)。また、船舶用、発電機用等の MW 級回転機の例が紹介されていた(Siemens)。

SQUID を用いた低磁場 NMR に関する報告があった(UCB)。通常の NMR は大きな磁場を使ってなされるが、UCB のグループでは、信号のピックアップに SQUID を用いることで 10000 分の 1 以下に低磁場化することが可能となり、コスト、スペースなどを削減できるとした。事例として、人体のがんのある細胞とない細胞を比べ、異なった像として得られることを示していた。非常に興味深い技術であるが、課題としては、磁場の低い環境で測定するために外部ノイズの影響を受けやすいことである。医学者が共同研究者に加わっており、今後の実用化が期待される。

SFQ 回路の研究開発としては、高速処理パケットスイッチに関する最近の進捗(SRL)、SFQ 回路技術に関するレビュー(名古屋大)、高温超電導 SFQ についての現状(SRL)が紹介された。日本が進んでいる分野のひとつであり、要素技術に関心が集まったようで、講演後の質疑応答が活発であった。

ポスターセッションでは、全部で約 250 件の発表があり、そのうち超電導関連は約 20 件であった。

次回の開催予定については、未定である。



会議場入口



オープニングセッション



発表後のディスカッションの様子



ポスターセッション

(ISTEC 総務部 久保 義昭)

[超電導 Web21 トップページ](#)

【隔月連載記事】

室温超電導の夢 (その2)

東京大学 新領域創成科学研究科
産学官連携研究員
立木 昌

先回ではフェルミ面近くの2つの電子間に格子振動を媒介にした引力相互作用が働くことにより超電導状態が実現するというBCS理論の拡張では、 T_c の上限は約30Kであることをお話しした。そこへ30Kをはるかに超える銅酸化物超電導体が発見されたのである。より高い T_c をもとめる物質探索と、この高温超電導の発現機構を探索するためのフィーバーが世の中におこった。室温超電導体の探索の指針のための室温超電導発現機構を探るため、銅酸化物超電導の発現機構研究の歴史を振り返って見ることは意味があることと考えられる。

銅酸化物高温超電導体の CuO_2 層に少量のホールを導入した場合を考えてみよう。ホールは銅イオンの d_{xy} -波動関数と酸素イオンの p -波動関数の混成した軌道に入り、イオン間を飛び移り積分で動き回っている。そして2つのホールが同一軌道に、入ったときは非常に強いクーロン斥力が働く。このようなモデルはハバードモデルと呼ばれているが、この一次元モデルの正確な根はC. N. Yangによって与えられている。我々はこの根を用いて、一次元モデルでホール間にはたらく力を計算したが、残念ながら引力はえられなかった。C. N. Yangの根にはホール粒子とスピン粒子をあらゆる波数が存在する。現在ではこれらの粒子をそれぞれ、スピノン、ホロン呼んでいる。福山らは、オンサイトのクーロンエネルギーが飛び移り積分より大きいとき、ハバードモデルより導かれる飛び移り積分と反強磁性相互作用からなる2次元系モデル(t - J モデル)のハミルトニアンをスピノン、ホロンで書き換え、平均場近似で温度-ホール濃度相図や色々な物理量の研究を勢力的におこない興味ある結果を得た。この理論は電子系にくらべスピノン、ホロンという自由度が2倍になった系の大きな位相空間に広げて議論したものである。Yangの1次元系のときはスピノン、ホロン位相空間と電子位相空間(physical space)とは一致している。しかし、2次元系を平均場近似で取り扱った場合、スピノン、ホロン系空間でといた解が電子位相空間(physical space)の中に入っているかどうかの危惧はある。

中性子の非弾性散乱により $La_{2-x}Sr_xCuO_3$ や $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ におけるスピン揺らぎの測定が遠藤ら多くの研究者によりなされている。それらによると逆格子空間の a^* - b^* 面の $(\pi/\alpha, \pi/\alpha)$ の周りに強い磁気散乱ピークが観測された。このスピン揺らぎを媒介にした超電導は d 波超電導であることが予想される。 d 波超電導はNMRの実験から朝山等によりずっと以前から示唆されていたことと符合する。守谷ら、山田らはホールの多い側からスピン揺らぎによる超電導機構と物理量の研究を勢力的におこない定量的にも実験と合う結果を得ている。ただこの理論をホールの少ない側に延長すると実験結果とあわないという破綻をおこす。

以上述べてきたように、スピンに関連した機構が、銅酸化物超電導の機構の主流であった。ところが最近、中性子散乱や高輝度角度分解光電子分光の実験で $La_{2-x}Sr_xCuO_3$ や $YBaCu_2O_3$ の縦光学フォノンの振動数が逆格子空間のある領域で異常なソフトニングを起こし、 T_c が最大になるホールドーピング量でこのソフトニングは最大に達することが観測された。実験の一例として江上等によって測定された $YBaCu_2O_3$ の中性子散乱の実験結果を図1に示す。赤点線と青線はそれぞれ酸素イオンの不足した絶縁体状態の縦、横光学フォノンの分散を示す。酸素を超電導の最適まで入れたときの縦、横光学フォノンの分散をそれぞれ黒、白四角で示している。横光学フォノンはホールドーピングによって、ほとんど変化しないが、縦光学フォノンは赤線、点線で示すようにゾーンバウンダリー近

くで強いソフトニングが起きている。このような様相は通常の電子-格子相互作用の摂動では説明することはできない。電子と縦光学フォノン相互作用が異常に強く、分散が異常をおこしている逆格子空間の領域でオーバースクリーニングの現象で動的誘電率が負になっていけば、実験結果を説明できることがわかった。この負の動的誘電率モデルを使って銅酸化物超電導の超電導秩序パラメータを計算すると d 波対称的なものになり、 T_c は約 100K になることもわかった。したがって動的誘電率が負になるような物質を探索していけば、室温超電導を発見することが出来るのも夢ではないと思われる。そこで、この機構のことを少し詳しく述べてみたいと思う。

負の誘電率というのは何であろうか。Gauss 単位系を使い、議論を簡単にするために物理量が波数に依存する静的な場合を考えてみよう。charge susceptibility を次の式で定義する。

$$4\pi P(\mathbf{q}) = \chi(\mathbf{q}, 0) D(\mathbf{q}) \quad (1)$$

ここに $P(\mathbf{q})$ は電荷分極、 $\chi(\mathbf{q}, 0)$ は charge susceptibility、 $D(\mathbf{q})$ は外部電場である。

電磁気の式

$$D(\mathbf{q}) = E(\mathbf{q}) + 4\pi P(\mathbf{q}) = \varepsilon(\mathbf{q}, 0) E(\mathbf{q}) \quad (2)$$

のなかの $E(\mathbf{q})$ は全電場である。(1)式と(2)式を使って

$$1/\varepsilon(\mathbf{q}, 0) = 1 - \chi(\mathbf{q}, 0) \quad (3)$$

を得る。charge susceptibility は必ず正であることが、Kramers-Kroenig relation から証明できるので、(3)式より

$$1/\varepsilon(\mathbf{q}, 0) \leq 1 \quad (4)$$

という不等式(4)式を得る。(4)式の解には、 $\varepsilon(\mathbf{q}, 0) \geq 1$ と $\varepsilon(\mathbf{q}, 0) < 0$ がある。前者は通常物質の場合に対応し、後者は銅酸化物高温超電導体のように電子間や、電子と結晶格子、スピンとが強い相関を持つ系やナノ粒子の系において実現する。まず誘電率が上記のような挙動を示すとき図1で示したような、ホールを入れたときの縦光学分散の異常な振る舞いを説明することができるであろうか。イオンと伝導電子を含めた縦波電荷密度

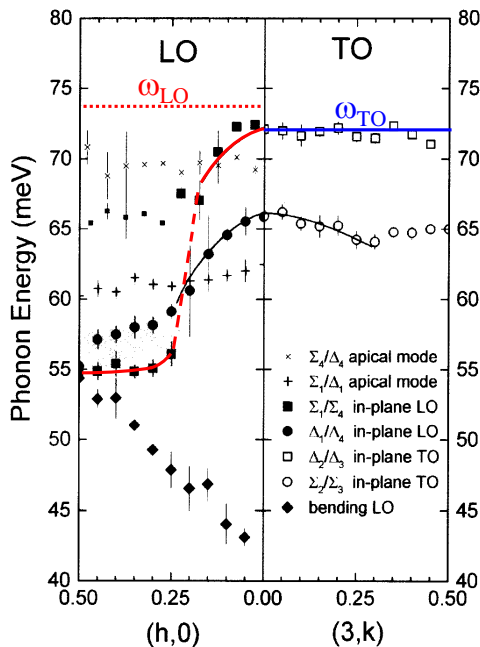


図1 江上等による中性子散乱測定によるYBCOのフォノン分散

$$\rho(\mathbf{q}, \omega) = -\frac{1}{\pi} \text{Im} \frac{1}{\varepsilon(\mathbf{q}, \omega)} \quad (5)$$

で表される。ここに $\varepsilon(\mathbf{q}, \omega)$ は次の式で与えられる。

$$\varepsilon(\mathbf{q}, \omega) = \varepsilon_{\text{ion}}(\mathbf{q}, \omega) + \varepsilon_{\text{el}}(\mathbf{q}, \omega) - 1, \quad (6)$$

$$\varepsilon_{\text{ion}}(\mathbf{q}, \omega) = \frac{\omega_{\text{LO}}^2(\mathbf{q}) - \omega^2}{\omega_{\text{TO}}^2(\mathbf{q}) - \omega^2}, \quad (7)$$

$$\varepsilon_{\text{el}}(\mathbf{q}, \omega) = \varepsilon_1(\mathbf{q}, \omega) + i\varepsilon_2(\mathbf{q}, \omega). \quad (8)$$

式(6)において右辺に-1がついているのは、 ω が無限大になるときすべての誘電率が1になるのを保障するためである。 $\varepsilon_{\text{el}}(\mathbf{q}, \omega)$ は実部と虚部に分けている。 $\omega_{\text{Lo}}^2(q)$ と $\omega_{\text{To}}^2(q)$ は、それぞれ絶縁相における縦、横光学フォノンの振動数である。式(6)、(7)、(8)を式(5)に代入し、 $\rho(\mathbf{q}, \omega)$ が最大になる振動式数 ω^{*2} を q の関数として求めると、式(9)のようになる。

$$\omega^{*2}(\mathbf{q}) = \omega_{\text{TO}}^2(\mathbf{q}) + \frac{[\omega_{\text{LO}}^2(\mathbf{q}) - \omega_{\text{TO}}^2(\mathbf{q})]}{\varepsilon_1[\mathbf{q}, \omega^{*2}(\mathbf{q})]} \quad (9)$$

この式は中性子やx線の非弾性散乱によって観測される縦光学フォノンの分散を表す。式(9)の右辺の二項目の分子は正の量であるから、分散が異常をおこす領域で分母の誘電率の実部が負で絶対値が小さいと第1図で示されたような縦光学フォノンの振動数の大きなソフトニングを説明することができる。次回では負の動的誘電率領域があると銅酸化物高温超電導体の超電導の秩序パラメーターはd波的であり、超電導転移温度も約100Kになり得ることをお話する。またこの機構でより高い転移温度をもつ超電導体を探索するときの指針についての私見をお話したい。

[超電導 Web21 トップページ](#)

読者の広場

Q&A

Q：超電導電力貯蔵システムを工場などに適用した場合、どのような効果が期待できるのでしょうか？

A：超電導電力貯蔵システム（以下 **SMES**, Superconducting Magnetic Energy Storage）とは、超電導コイルに電流を流すことによって磁気エネルギーとして電力を蓄えられることを利用したもので、必要に応じて電力を吸収・放出するシステムです。燃料電池やフライホイールなどの他の電力貯蔵方式と比較して、SMES には次のような長所があります。

- ・高速、大出力動作が可能
- ・エネルギー貯蔵効率が高い
- ・経年的な劣化が少ない

上記の特徴を活かして電力用、産業用など様々な用途が考えられています。工場など需要家側への代表的な適用方法として、(1) 負荷変動補償、(2) 瞬時電圧低下対策の2つが想定されています。

まず(1)の負荷変動補償について。一般的に、工場などの電力消費は常に一定ではなく、一定周期で山（電力消費大）と谷（電力消費小）の間を変動する傾向があります。SMES を用いて、数秒～数分程度の電力消費の山・谷を吸収しようとするのが負荷変動補償です。工場などの電気設備（変圧器、調相機器、開閉器など）は、電力消費の山に合わせて設計されますので、SMES を用いることで電気設備の容量を軽減でき、工場などの建設費や運転保守費を下げるといった効果が期待できます。

次に(2)の瞬時電圧低下対策について。瞬時電圧低下とは、送電線への落雷などにより 0.1～2 秒程度の電圧低下が発生することをいいます。瞬時電圧低下により電磁開閉器の開放やコンピュータ・インバータ機器の停止といった事象を引き起こし、特に半導体製造などの工場においては、ライン停止に至り莫大な損失を及ぼすおそれがあります。SMES を用いて、瞬時電圧低下が発生したときに速やかに電力を放出し、電圧回復を行うのが瞬時電圧低下対策です。これにより、ライン停止やそれに伴う機会逸失といったリスクを回避できるという効果が期待できます。SMES は高速・大出力という特徴があり、従来の UPS などでは難しかった工場全体を 1 台の SMES でカバーすることも可能です。

負荷変動補償については、新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託事業「超電導電力ネットワーク制御技術開発」の一環として、平成 19 年度に金属圧延工場負荷を対象とした系統連系試験が予定されており、それに向けた開発が現在進められています。瞬時電圧低下対策については、中部電力が開発した瞬時電圧低下対策用 SMES のフィールド検証が国内の最新鋭液晶パネル工場にて現在行われています。

回答者：ISTEC 調査・企画部 山田順弘

[超電導 Web21 トップページ](#)