

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

掲載内容 (サマリー) :

トピックス :

- 年頭挨拶
- 2016年を迎えて
- 年頭所感

特集 : 第28回国際超電導シンポジウム(ISS2015) / ISS-IEA Joint セッション報告

一分野別トピックスー

- Physics and Chemistry/Vortex Physics
- Films and Junctions/Electronic Devices
- Wires, Tapes and Characterization
- Large Scale System Applications
- ISS-IEA Joint セッション

○超電導関連 2016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」

○研究室紹介 岡山大学大学院自然科学研究科産業創成工学専攻 金研究室

○読者の広場 「室温で一瞬だけ超電導になる物質があると聞きました。一瞬とは何秒? どうやって? 測定方法は? またどういう面で何に役立つのでしょうか?」

*編集部より

2月は諸般の事情から休止します。3月は配信する予定です。暫くご不便をおかけしますが宜しくお願いします。

[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、公益財団法人 JKA の補助金を受けて作成した
ものです。 <http://ringring-keirin.jp>



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

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。

私ども ISTEK は、1988 年の設立以来、我が国における産学官共同の超電導研究所として数多くの研究開発に取り組み、昨年も、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の開発や、人体・バイオセンシング、金属資源探査用 SQUITEM3 の改良、石油資源開発への応用や社会インフラの非破壊検査といった高温 SQUID に関するプロジェクトの推進、国際超電導シンポジウムの開催など、着実に成果を挙げてまいりました。

こうした当財団の先進的な研究開発は、我が国の超電導技術の進歩に大いに貢献するものであり、今後とも中長期的に継続していくことが不可欠でございます。

また、当財団が主催する国際超電導シンポジウム等の諸活動につきましても、我が国の技術力を世界に発信するとともに、若手研究者等の人材育成を図る場として、大変意義のある取組みであると考えております。

しかしながら、昨今の我が国の経済や超電導に関する環境が大きく変化し、当財団の事業運営は厳しさを増しております。そのため、2013 年には、本拠地を神奈川サイエンスパークに移転し組織をスリム化するとともに、以降も徹底した業務効率化と大幅な経費削減に最大限努力してまいりましたが、事業運営の改善には依然課題が山積しております。

こうした課題を解決するため、当財団は現在、今後の在り方について関係各方面の方々と鋭意検討を進めており、できるだけ速やかに、検討結果と具体的方針を皆さまにお知らせしたいと考えているところでございます。

皆さまにおかれましては、当財団ならびに超電導分野に対しまして、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、皆さま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 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

2016 年を迎えて

超電導工学研究所
所長 田辺 圭一



年頭にあたり、謹んで新年のご挨拶を申し上げます。

本年は銅酸化物高温超電導材料が発見されて 30 年という節目の年になります。その後の「高温超電導フィーバー」の最中、1988 年 1 月に当公益財団が、そして同年 10 月に当研究所が設立され 28 年になろうとしています。この間、当研究所は、超電導材料・技術に関する国内唯一の産官学の集中研究所として、また世界の超電導技術開発の中核の一つとして、高温超電導材料から薄膜・バルク・線材作製プロセス、電力応用や電子デバイス応用までの幅広い領域でさまざまな成果をあげてきました。

江東区東雲から川崎市高津区のかながわサイエンスパーク(KSP)及び横浜市港北区の日吉研究所に移転し、線材・パワー応用研究部と物性・デバイス研究部の 2 部体制となって 3 年目となる昨年も、国や独立行政法人、国立研究開発法人から受託したプロジェクトの中で着実に成果をあげました。

線材・パワー応用研究部は、診断用 MRI 等への応用を目指した、イットリウム系線材のコイル化基盤技術の確立を目的とする、経済産業省の「高温超電導コイル基盤技術開発プロジェクト」における共通基盤技術開発の中で、人工ピン入り長尺線材の磁場中臨界電流性能やスクライブ加工したマルチフィラメント線材の臨界電流の均一性などで、プロジェクトの中間目標をほぼ達成する成果を得ました。また、企業や大学受託のプロジェクトの支援のための配向中間層付金属基板作製や線材の加工・評価などの委託業務、宇宙航空研究機構など共同研究先への加工線材の提供も積極的に行いました。

イットリウム系高温超電導薄膜を用いた SQUID (高温 SQUID) 磁気センサーとその応用開発を主に進めている物性・デバイス研究部では、石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)から受託した金属資源用の改良型電磁探査装置実用機の開発を進め、最終的な性能実証試験を 1 月に実施する予定です。石油層の革新的なモニタリング技術開発をねらいとした JOGMEC プロジェクトでは、坑井中の水深約 300 m において耐圧力容器に搭載した SQUID 磁力計の動作と電磁信号受信に成功し、極限環境での SQUID 応用技術への見通しが得られつつあります。内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の「インフラ維持管理・更新・マネジメント」課題の中で、科学技術振興機構(JST)から受託した高感度磁気センサーを利用したインフラ非破壊検査技術開発においては、アスファルト下の鋼床板亀裂等の検出をねらいとした SQUID 非破壊検査装置の開発を進めています。

当財団の今後の在り方については、関係各方面の方々と相談しつつ検討を進めており、それに伴い研究所も大きく変わることが予想されますが、線材・パワー応用と高温 SQUID を中心としたエレクトロニクス応用の実用化・産業化を目指した研究開発は今後も継続して進めていく所存ですので、これまで同様、皆様方の一層のご指導・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 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

年 頭 所 感

産業技術環境局長 井上 宏 司



平成 28 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。

昨年は、TPP の大筋合意や MRJ の初飛行、地球温暖化問題を議論する COP21 での「パリ協定」の採択など、希望あふれる未来を見据え、大きな一歩を踏み出した年でした。また、アベノミクスにより、企業収益は過去最高、有効求人倍率は 23 年ぶりの高水準、賃上げ率は過去 17 年間で最高となり、経済の好循環が着実にうまれてきています。そしてこの好循環を日本全国に拡大すべく、経済産業省も全力で取り組んでいるところです。

一方で日本は未だなお、少子高齢化、資源・エネルギー問題など、多くの課題に直面しています。これら社会的課題を世界に先駆けて解決し、新たな成長分野で大きな市場を獲得するためには、革新的な技術を核とした「イノベーション」が必要です。

昨年 6 月に閣議決定された「日本再興戦略」改訂 2015 においては、日本を「世界で最もイノベーションに適した国」とすべく、我が国のイノベーションシステム全体の改革の方針が位置づけられました。今年はその踏まえ、様々な施策を実行してまいります。

まず、政府全体の公的研究機関に先行し、産業技術総合研究所（産総研）及び新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)において革新的な技術シーズを事業化へと繋げる「橋渡し」の機能強化を、引き続き積極的に進めていきます。

また、企業が大学や研究機関、他の企業の技術力を活用して研究開発に取り組み、さらに技術・人材を流動化させる「オープンイノベーション」も重要です。経済産業省は、オープンイノベーションを促進するための研究開発税制や予算措置に加え、大学等と産総研が近接・連携する新たな組織「オープンイノベーションアリーナ」の形成や、大学や公的研究機関、企業等の研究者が複数機関に雇用されつつ、研究をすることができる「クロスアポイントメント制度」を推進してまいります。

さらに、昨年 12 月からは産業構造審議会の下に研究開発・イノベーション小委員会を立ち上げ、民間企業におけるオープンイノベーションの更なる促進に向け、課題と対応策について議論を開始しました。本年 4 月には、議論の成果を取りまとめ、発表する予定です。

このようなイノベーションを生み出す環境整備の取り組みに加えて、国が主体的に研究開発に投資していくことも重要です。本年 3 月に閣議決定予定である第 5 期科学技術基本計画においては、政府の研究開発投資目標が定められました。経済産業省としても、技術の最新動向等について、

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

NEDO に設置した技術戦略研究センターを中心に調査分析を行い、出口を見据えた技術戦略を策定すると共に、我が国産業構造革新の基盤技術である IoT、人工知能、ロボット等の分野や、共通基盤となる先進的な分野について、効率的かつ効果的な研究開発投資を重点的に進めてまいります。

以上、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 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

特集：ISS2015 セッション報告

「Physics and Chemistry/Vortex Physics 分野」

東京大学 工学系研究科
准教授
為ヶ井 強

この分野全体では、Oral、Poster 併せて約 100 件の発表があった。初日の Special Plenary セッションでは、Uchida が硫化水素、単層 FeSe、銅酸化物高温超伝導体における最近の高温超伝導の話題について紹介した。硫化水素における高温超伝導に関しては、Plenary 講演として Eremets が高圧下での実験の詳細を、Oral セッションで Akashi と Sano が関連する理論を報告した。

2 日目には各種高温超伝導体バルク体の評価・作製法が紹介された。銅酸化物高温超伝導体バルク体に関しては、作製法の最近の発展を Yao が、作製法の各論を Pinmangkorn、Diko らが、コーテッド・コンダクターを用いたバルクマグネットを Tamegai が報告した。また、Miryala、Kim は MgB₂ バルク体の特性および作製法を報告した。Uwatoko は Mn を主成分とする初めての超伝導体 MnP について高圧下の相図を含めて解説した。BiCh₂ 系超伝導体に関しては、構造と超伝導の関係を Mizuguchi が、超伝導対称性を Kase が議論した。鉄系超伝導体のうち FeSe 関係では、Yamashita は電解法による作製を、Imai はバルク結晶では作製が困難な組成域を含む Fe(Te,Se)系の薄膜作製の詳細を、Nabeshima は FeSe/FeTe 薄膜の輸送特性を、Sawada は Fe(Te,Se)薄膜の磁気輸送を報告した。Koike はアルカリ金属と有機物を FeSe にインターカレートし、高い T_c の試料を得ることに成功した。鉄系超伝導体の他の話題としては、遷移金属置換した BaFe₂As₂ の光学特性を Kobayashi が、熱電能の異方性を Fujii が、大型の CaFeAsF 単結晶の成長を Mu が報告した。一方、Yamamoto は有機 FET に光照射することにより超伝導/絶縁体のスイッチングに成功した。Miyawaki は擬 1 次元 p 波超伝導における時間反転対称性の破れを、Ishiguri は半導体の超伝導化の可能性を報告した。銅酸化物関係では、Pr_{1.85}Ce_{0.15}CuO₄ の超伝導特性の頂点酸素量依存性を Ikeda が、オーバードープ Bi2201 における強磁性ゆらぎの可能性を Kurashima が、Bi2201 固有接合の第 2 スwitching 特性について Nomura がそれぞれ報告した。β-PdBi₂ におけるトポロジーにより保護された表面状態の光電子分光実験の詳細を Ishizaka が報告した。

3 日目の Vortex Physics 分野では、Reichhardt が Skyrmion のダイナミクスを vortex のそれと対比しながら解説した。Ichioka は磁束格子の構造因子の横成分について、Fukui は超伝導とカイラル磁性が共存する系の磁性について議論した。Sun は FeSe 単結晶における磁束ダイナミクスと照射効果を報告した。Wimbush は RBCO 線材における J_c の面内磁場依存性を報告した。低温超伝導体を対象とした STM による詳細な実験についても、Pb の島構造について Roditchev が、In 薄膜に関して Yonezawa が報告した。さらに、様々な形状の MoGe 薄膜における渦糸配置を Kokubo と Huy が報告した。また、熱効果を含めた磁束系の電磁シミュレーションを Kato が報告した。

最後に、招待講演者である Roditchev がクロージングセッションで素晴らしいサマリートークを披露したことを付記しておく。

[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

特集：ISS2015 セッション報告

「Films & Junctions/Electronic Devices 分野」

(公団) 国際超電導産業技術研究センター
超電導工学研究所
所長 田辺圭一

FD (Films, Junctions, and Electronic Devices)分野の本シンポジウムにおける発表件数は、口頭講演 18 件、ポスター発表 21 件の合計 39 件であった。口頭講演セッションとしては、それぞれ薄膜・接合、SQUID 応用、検出器、信号処理に焦点を当てた 4 セッションがあったが、その中の主なトピックスを紹介する。

薄膜・接合セッションでは、鉄系超電導薄膜に関する発表が 2 件あった。Iida (名大, KIT, Germany) は PLD 法で作製した Co 置換 Ba122 薄膜の超電導特性に及ぼす歪みの効果について報告した。MgO 基板上に作製したエピタキシャル膜には引っ張り応力が働き、超電導ドームがアンダードープ側にシフトするのに対し、CaF₂ 基板上の膜には圧縮応力が働き、超電導ドームはオーバードープ側にシフトし、より高い T_c が得られる。Sakoda (東京農工大) は、接合作製をねらいとした MBE 法による F ドープ Sm1111 薄膜の作製について報告した。F 源として FeF₂ を用いることにより、SmF₃ オーバーレイヤーを用いた 2 段階法に比べわずかに低いが、55 K 程度と高いゼロ抵抗 T_c が得られている。Elarabi (京大) は、Bi2212 単結晶メサ形状を工夫することにより、固有ジョセフソン接合からの楕円偏光 THz 放射を初めて観測したことを報告した。Sugimoto (トヨタ中研) は、Si 基板上に形成したスパイラル構造の溝に超電導薄膜を埋め込み、これを積層、接続することにより作製したコンパクト SMES の可能性について報告した。高温超電導膜を用いることによりリチウムイオン電池より高いエネルギー密度を得ることが計算上は可能であるが、NbN 低温超電導膜を用いた試作でも溝内の膜成長に問題がある。

SQUID 応用セッションでは、Stolz (IPHT-Jena, Germany) が招待講演で、低温 SQUID を用いた航空機搭載資源探査用のフルテンソルグラジオメータの開発について報告した。センサ部は 5 つの平面型グラジオメータとバランス補正のための 3 つのマグネトメータから構成され、従来の航空機搭載地磁気計測システムに比べ、より高い空間分解能、より優れた地形描写能力、残留磁気と誘導磁気の区別可能などのメリットがある。Tsukada (岡山大) は、昨年秋にスタートした JST-SIP プロジェクトにおける MR センサや SQUID など高感度磁気センサを用いた社会インフラ用非破壊検査装置開発の概要を紹介した。低周波における高感度性能を利用することにより、部材深部や裏面の欠陥検出が期待できる。また、Kawagoe (豊橋技科大) は、高温超電導 SQUID を利用した食品検査用の超低磁場 MRI 装置の開発について報告した。RF-SQUID 周りの構成や小型磁気シールドボックスの改良によりシステムノイズを低減し、複数の水封入セルの 2 次元イメージを得ていた。一方、Adachi (ISTEC) は、薄膜積層型高温超電導 SQUID に用いているランプエッジ接合中のバリア層の TEM 観察結果について報告した。接合界面では、超電導相に比べ希土類元素が過剰で Cu が欠損した厚さ約 1.5 nm の構造の乱れた領域が均一に分布し、これがバリアとして働いているようである。

検出器のセッションでは、You (SIMIT, CAS, China) が量子情報通信用途等で期待されている超電導ナノワイヤ単一光子検出器(SNSPD)の中国での開発の進展について紹介した。You らのグループでは、NbN ナノワイヤ下に誘電体ミラーを作り込むことで、光通信用の波長 1550 nm だけではなく、可視光や近赤外光領域の波長に対しても 80 % 程度の高い量子検出効率を実現している。SNSPD

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

については、すでに小さな市場があり、彼らの作ったものも含め 5 社のベンチャー企業ができているとのことであった。Mitsuda (JAXA) は、天体観測や材料分析用の X 線領域の転移端センサ(TES) の開発について報告した。電子顕微鏡搭載の材料分析用 TES については、計数率の向上すなわち計測時間の短縮のため 64 ピクセルのセンサアレイが開発されており、走査型 TEM に来年搭載される予定である。天体観測用途では、より多くのピクセル数が必要であり、そのため周波数領域の多重化技術を開発している。日本の衛星では 2020 年以降のミッションで採用されるとのことである。その他、Kim (KRISS, Korea) は、韓国における TES を使った地下深くでの暗黒物質やニュートリノ観測計画について、Yamamori (AIST) はマイクロ波カイネティックインダクタンス検出器 (MKID) アレイのためのエピタキシャル NbN 薄膜を用いた共振器の開発について、Noda (RIKEN) は、TES 特性のシミュレーションについて報告した。

信号処理セッションでは、Oliver (MIT Lincoln Lab., USA) が量子コンピュータや高性能”古典”コンピュータ用の超電導デバイスの開発について報告した。量子コンピュータには量子ビットゲートを用いるものと量子アニーリングという 2 つのアプローチがあるが、それぞれ得意な課題は異なる。後者については、基調講演で Lanting (D-Wave, Canada) が最近のプロトタイプ機開発という大きな進展について報告した。一方、量子ビットの最大の課題の一つであったコヒーレンス維持時間は、構成材料やゲート構造の改良により、数 10-100 マイクロ秒と、この 15 年間で 5 桁も改善し、有意義なプログラムを実行できる一歩手前まで来ている。また、MIT では、Nb 8 層からなる平坦化集積回路プロセスを構築しており、最大 7 万個の接合を含む SFQ 回路の動作実証に貢献している。また、量子ビットチップと入出力用の SFQ 回路チップをフリップチップ接続した 3 次元集積技術の開発も開始している。Miyajima (大阪府立大) は、Nb 薄膜細線と B 中性子変換層を用いたカイネティックインダクタンス検出器アレイと SFQ 読み出し回路を組み合わせた中性子イメージングシステムの開発について報告した。検出器については、J-PARK の施設を利用した中性子パルス計測実験で、シミュレーションと一致する結果を得ている。その他、Yamazaki (RIKEN) は、マイクロ波と光のコヒーレント変換をねらいとしたナノ構造の新しい変換素子の開発について、Sato (名大) はビットシリアル型の SFQ マイクロプロセッサ用の高速シフトレジスタメモリの開発において、設計の改善により占有面積の縮小や低消費電力化に成功したことを報告した。

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

特集：ISS2015 セッション報告

「Wire, Tape & Characterization 分野」

(公団) 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 兼 線材・パワー応用研究部長 和泉輝郎

本セッションでは、口頭発表 32 件（うち基調講演を含めた招待講演 17 件）及びポスター発表 27 件があった。

特別基調講演では、SuNAM の Moon 氏より韓国における RE 系超電導線材開発の歴史と最近の動向が紹介された。DAPAS Project において、Bi 系線材開発を中止し、IBAD-RCE・DR プロセスに集約し、SuNAM を創設して飛躍的に線材レベルが向上した。現在では、SuNAM において、600 km/月 (100 A/4 mm 幅@77 K, s.f.) の生産能力を備えている。RCE・DR 法の特長は高速成膜(100 nm/s)で、最近では、これを活かして低コストプロセスに力を入れているところである。

欧州の動きとしては、KIT の Holzapfel 氏から EUROTAPPE の動向が紹介された。このプロジェクトは欧州内の 21 機関が参画し、2012 年から 2017 年までの線材開発プロジェクトで 500 m-100€/kAm-400 A@77 K,s.f.-1000 A@5 K,15 T を目標としている。今年度は、残りの期間での長尺プロセスを絞り込むことになっていた。結果的には、①ABAD-PLD (BRUKER) orCSD(OXLUTIA)と②RABITS-MOD(D-nano)の2種類(?)に絞り込んだとのことであった。

日米の動向としては、フジクラの飯島氏より IBAD-PLD 線材の安定製造技術開発と人工ピン導入に関して報告があった。製造レベルでの安定化が進み、500 m 級の線材で I_c の標準偏差で 2 % レベルの均一性を実現している。一方、人工ピン導入技術では、50 m 線材に BZO (5 %) を導入し、1700 A/cm^w@30 K, 2 T を得るとともに、短尺ながら BHO の導入を開始して 543 A/cm^w@20 K,15 T を得ている。一方、SuperPower の福島氏は、MOCVD 法による販売線材に対する人工ピン導入技術の動向を紹介した。“Enhanced AP Wire”という手法で、7.5 % の Zr を添加した 500 m 線材で I_{cmin} として 500 A@30 K,2 T の特性を得ている。

磁場中特性向上におけるチャレンジングな技術開発に関して多くの報告があった。ISTEC からは、PLD 法による EuBCO 超電導相に BHO 人工ピンを導入した厚膜線材で、 I_{cmin} で 141 A/cm^w@77 K,3 T (411 A/cm^w@65 K,3 T) の高いレベルの磁場中特性が報告された。一方、Houston 大の Selvamanickam 教授からは、MOCVD 法における Heavy Doping の結果として、25 % の添加で高特性(20 MA/cm²@30 K,3 T)を得ている。また、MOD 法における人工ピン導入法として、BZO 粒子を微細分散することが可能な新しい方法が ISTEC から報告された。一回塗布厚を薄く制御することにより気相法と同等の磁場中 J_c 特性を実現することに成功したとのことである。また、同じく MOD 膜に対して、amsc (Malozemoff 氏) と Brookhaven 国研 (Li 氏) から、粒子線照射による新しい形の人工ピン導入とその連続プロセスの開発状況が報告された。Au 粒子の照射により連続プロセスにおいても静止法と同等の特性向上を確認した。

更に、接合技術としては、韓国の Andong 国立大学から、超音波半田接合技術により ~50 nΩ の低抵抗が報告された。一方、ISTEC からは、Ag ナノ粒子による接合技術において、空气中 150 °C-1 h の接合で 6 nΩ の超低抵抗性実現したと報告された。

[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

特集：ISS2015 セッション報告

「Large Scale System Applications 分野」

東京電力株式会社 経営技術戦略研究所
技術開発部超電導技術グループ
三村智男

Large Scale System Applications のセッションでは、20 数件程度のプレゼンがあり、私と KEPCO の Dr Hwang 氏が座長を務めた SA-1~4 は主に AC Power Cable を題材とした発表が行われた。まず、最初のプレゼンでは Dr Hwang 氏から最近の韓国超電導プロジェクトの総括的な説明がなされた。韓国では既に終了した DAPAS プロジェクトにおいて 22 kV のケーブルでロングタームの確認を含めた超電導ケーブルの諸性能確認が行われていたが、その後、154 kV ケーブルの開発ならびに DC ケーブル（於：チェジュ島）等精力的な開発がなされている印象である。また、154 kV ケーブルの開発については、LS Cable の Lee 氏より詳細な紹介がなされた。154 kV 600 MVA 100 m というスペックは世界でも最高レベルである。また CIGRE のテクニカルレポートに則した諸試験(Type Test)において良好な結果が得られた旨報告があった。Yonsei Univ. Bang 氏からは超電導ケーブルの電気常数を用いたモデル解析手法についての報告がなされた。こうした観点からの解析が実系統導入にあたっては、安定度や事故時解析等の観点から非常に重要である。最後に、日本の超電導ケーブルプロジェクトの近況について TEPCO 三村より報告。平成 24 年度に終了した ISTEAC-MPACC プロジェクトならびに高温超電導ケーブル実証プロジェクトの後を受けて進行中の国家プロジェクトの概要が紹介された。プロジェクトの主目的は 2 点。すなわち、系統事故時の安全性を確認すること、ならびに前のプロジェクトで課題であった効率向上を施した冷却システムの検証である。現在それぞれについての途中である旨ならびにプロジェクト終了後の実系統導入までのシナリオについて報告された。

今回のセッションでは欧米の発表内容が含まれていなかったがドイツではエッセンのプロジェクトがあり、中国でも研究が進められている。今後も各国の状況をウオッチしつつ日本の研究の加速化が求められるところである。

[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

特集：IEA-ISS Joint Session 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
特別研究員 山田 穰

ISS 二日目の 11 月 17 日に蓬萊の間で IEA-ISS Joint Special Session Superconducting Applications and Future Energy Perspective が開催された (写真 1)。IEA (国際エネルギー機関) の高温超電導委員会(HTS-IA)が若手研究者奨励の意味で開催しているセッションである。昨年は、35 歳以下の若手研究者の将来エネルギーの意見発表であったが、今年は、若手に限らず超電導と将来エネルギーに関する発表を行った。発表者は下記表の 8 人である。若手賞応募者は、表中最後の 3 人で日本、中国、英国から応募があった。



写真 1 会場風景

表 発表者と講演タイトル

No.	Presentors	Affiliation	Title
1	Luciano Martini	RSE, Italy. Chairman of IEA-HTS-IA	Introductory talk (European energy perspective) (tentative)
2	Y. Yamada/ L. Martini	ISTEC, Japan	IEA-HTS-IA HTS Road Map Results for Power Applications
3	T. Okazaki	ISTEC, Japan	Wind-powered thermal energy system with superconductor
4	N. Chikumoto	Chubu Univ., Japan	DC HTS cable in Ishikari and future energy (tentative)
5	Y. Ogasawara	NEDO, Japan	The Important Future Research and Development Direction for Promoting the Commercialization of High Temperature Superconductivity
6	Y. F. Wu (YG)	NINMR, China	My research work and Prospect of Future Energy
7	D. Kumagai (YG)	Tokyo Univ., Japan	Innovative superconducting technology for next generation railway systems
8	M. Ainslie (YG)	Cambridge Univ., England	Practical, high field magnetization of bulk superconductor for engineering applications

会議では、最初に IEA-HTS-IA の議長である Martini 氏から挨拶、IEA 高温超電導委員会(IEA-HTS-IA)、本セッションの意義の説明があった。

山田は、IEA 高温超電導委員会で行った電力応用に関する高温超電導の実用化に関するアンケート結果を紹介し、特に、線材の低コスト化が重要で、Y 系に関しては線材各社および機器応用側とも 2030 年に 10 US\$/kAm の目標を持っていることが分かった。また、機器では、限流器とケーブルが最も有望で、2025-2030 年の商用化目標を持っていることもわかった。

岡崎氏は、風車で得たエネルギーを熱の形で貯める新しい風力熱発電技術を紹介した。風車で回転させる発電機を超電導の発熱機 (コイルで発生した磁場で電磁誘導させ発熱) に変えて使う。超電導で風力熱発電の高効率化に有望である。

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

中部大の筑本氏は、現在、北海道の石狩で行っている高超電導直流送電について発表した。太陽光発電所とデータセンターの間を Bi2223 線のケーブルで結び、高効率な配電を目指している。今年の夏、この 500 m ケーブル (容量 5 kA, 50 MVA) の大電流送電に成功し、ケーブルの低損失 (~1.5W/m) も実証した。

NEDO 技術戦略研究センターの小笠原氏は、最近実施した NEDO の超電導に関する技術調査を発表した。特に、超電導線材から現在は機器応用とその実証デモの重要性を示した。今後の NEDO の高温超電導開発に関しては、機器応用で鉄道用、電力用ケーブルや NMR、MRI の医療産業応用が重点項目である旨発表した (写真 2)。



写真 2 発表風景

以降の 3 氏は、若手賞応募者である。西北有色研究院の Wu 氏は、研究所が行っている MgB_2 、Bi2212 線と自身の行っている Li 電池材料の内容を紹介し、東大の Kumagai 氏は電車の高温超電導ケーブルが都市の省エネと電車運転の効率化にどう寄与するか、また、ケンブリッジ大の Ainslie 氏はバルクの研究がモータや発電機に生かされる様子を紹介し、各氏とも人類の将来エネルギーへの有効利用について発表した。

また、会議後は、発表者と関係者で若手激励の意味で懇親会を行った (写真 3,4)。IEA 本委員会の日本代表である NEDO から楠瀬氏、木下氏に、また低温工学超電導学会から前回および現国際交流員長である京大 雨宮教授、九大 木須教授にも参加頂き、若手研究者を励まして頂いた。



写真 3 若手賞受賞者と賞状。右から IEA-OA の渡辺 (ISTEC)、Wu、Kumagai、Ainslie、議長の Mariti 氏と。



写真 4 受賞者と。前列右から雨宮、Ainslie、小笠原、Martini、Wu、筑本、Kumagai 氏。後列右から、岡崎、木須、木下、渡辺、楠瀬氏と山田。

[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

超電導関連 '16/1 月-3 月の催し物案内

1/6

核融合原型炉に向けた課題と展望

東京・日本化学会 化学会館

<http://www.sntt.or.jp/~fsst/20160106.html>

1/24-26

「室温超伝導体を目指す物質調査」

山形県蔵王センタープラザ

http://csj.or.jp/communication/2015/SIS_0124.pdf

1/29

発電用電子・磁気材料の現状と今後の展望

中央大学駿河台記念館

http://www.magnetics.jp/event/research/topical_206/

2/1

関西支部第4回講演会「新年情報交換の集い」

大阪市立大学文化交流センター大セミナー室

http://csj.or.jp/kansai/2015/4th_0201.pdf

3/1-4

Japanese-German Workshop on Renewable Energies

お台場・TIME24 ビル、未来館

<http://www.asl.kuee.kyoto-u.ac.jp/JGworkshop/index.html>

3/7-11

ICEC26-ICMC2016

New Delhi, India

<http://icec26-icmc2016.org/>

3/28-4/1

2016 MRS Spring Meeting & Exhibit

Phoenix, Arizona

<http://www.mrs.org/spring2016/>

[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

新聞ヘッドライン (11/20-12/19)

- 大阪府立大、MgB₂ 薄膜を低温成膜 科学新聞 10/23
- リニア中央新幹線に使われる鉄鋼材料(3) 低磁性鋼で磁気抗力を低減 鉄鋼新聞 12/02
- 理研と産総研、高温超電導実現へ道筋 高圧力下で高い臨界温度、物質設計で新指針 電気新聞 12/07
- 東大など、超強磁場の超電導に道 安定的な開発に期待、指針にも 電気新聞 12/08
- リニア中央新幹線に使われる鉄鋼材料(4) 鋼材使用 200 万トン、年間国内需要 3%押上げ 鉄鋼新聞 12/08
- 次世代風力発電 熱 超電導 新発想で課題克服 日本経済新聞 電子版セクション 12/17

(編集局)

[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

世界の動き

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

連絡先 (現在、April 1, 2015 以降): yutakayamadahts@gmail.com



★News sources and related areas in this issue

▶電力応用

大型資金投入 米国超電導電力網

AMSC社 (2015年11月3日)

AMSC社は、電力関連プロジェクトにおいて370万ドル相当の契約資金を、米国国土安全保障省(DHS)の科学技術総局(S&T)より承認された(これで契約総額は520万ドルになった)。プロジェクトは一部、DHS S&Tの委託を受けて実施され、米国の電力グリッドを確保し、悪天候やテロ、その他大惨事に対して優れた回復力を発揮させることを目的とする。同社のResilient Electric Gridシステムは、どのような理由でグリッドが故障しても速やかに回復できる機能を備える。現在、同社とComEd社の間で、シカゴのダウンタウンにこのシステムを常設する計画が進められている。今回の資金によって、同社はシステムを構成するコンポーネントを購入し組み立て、最適なシステム性能に向けて本格的にエンジニアリング作業に着手する予定である。今回の契約対象プロジェクトは、2017年5月に終了予定である。

Source: "AMSC Resilient Electric Grid System Program Moves Forward With New Funding Authorization" (3 Nov, 2015) Press Releases

<http://ir.amsc.com/releases.cfm>

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

Contact: Brion D. Tanous, brion.tanous@amsc.com

▶マグレブ

米国版リニアに大型助成と日本の協力

Federal Railroad Administration (2015年11月6日)

米国連邦鉄道管理局 (FRA) は、ワシントンD.C.とメリーランド州ボルチモアを接続する磁気浮上式リニアモーターカー (マグレブ) の開発計画に関して、メリーランド州に建設工事費及び計画費として**2780万ドルの助成金を承認**した。具体的には、建設に先立つプランニング、エンジニアリング解析、そして固定軌道インフラをはじめその他費用が含まれる。

日本のリニアモーターカーは、時速300マイルを超える高速を達成しただけでなく、時速400マイルに近い速度でも実証試験が行われている。FRAは、将来の交通手段を想定して、技術面でのリニアモーターカーの可能性だけでなく、高い安全性を満たすリニアモーターカーの実用性について今後評価を進めていく。

詳細については、FRAのウェブページ、<https://www.fra.dot.gov/eLib/Details/L16260>にある2015 Notice of Funding Availabilityを参照。

Source: "FRA Awards \$27.8 Million to the State of Maryland for Baltimore-DC Magnetic Levitation Railroad" (6 Nov, 2015) Press Releases

https://www.fra.dot.gov/eLib/details/L17207#p1_z10_gD_IPR

Contact: frapa@dot.gov

▶線材

2 G線材販売

Superconductor Technologies社 (2015年11月10日)

Superconductor Technologies社 (STI) は、2015年9月26日締め第3四半期の業績を報告。STI社の社長兼最高経営責任者であるJeff Quiram氏は、Conductus®線材の出荷台数は増加し、2016年以降に見込まれる予想受注は、既存の製造能力を大幅に上回ると述べた。同社は、今後も超電導限流器 (SFCL) 用線材、マグネット、そして送電ケーブルの供給を重点的に取り組む。

ロビンソン研究所との提携のおかげで、同社は、**新たなマグネット顧客2ヶ所に向けて線材出荷** (1ヶ所はこの第3四半期中に、もう1ヶ所は10月予定)。さらに、**TING株式会社**と販売契約を交わすことで市場拡大を狙う中、インド市場へのConductus線材供給も開始。2013年以来、TING社は、インド市場の顧客数件並びにアプリケーション分野に2G HTS線材を販売している。

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

Source: "Reports 2015 Third Quarter Results" (10 Nov, 2015) News

<http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=70847&p=irol-newsArticle&ID=211085>

Contact: Investor Relations Contact, Cathy Mattison invest@suptech.com

▶基礎

FeSe膜で40 Kの T_c

東北大学 (2015年11月4日)

東北大学金属材料研究所の研究者たちは、超電導物質であるFeSe膜を単原子層0.6 nmまで極薄膜化するエッチング法を確立した。この手法を用いて、**転移温度 (T_c) 40 K**の高温超電導が、単原子層0.6 nmという厚さの薄膜状態で実現することが観測された。さらに、これまで厚さ10 nmのフィルムにおいて高温遷移は1、2単層に制限されていたが、静電気効果と組み合わせることで20単層に誘導できることを証明。このエッチング法により、極薄二次元フィルムに出現する新奇物性の探求に広く展開されることが期待される。本研究結果は、2015年11月2日、Nature Physicsオンライン速報版に掲載された。

Source: "Electrochemical etching down to one-monolayer towards high- T_c superconductivity" (4 Nov, 2015) News

<http://www.tohoku.ac.jp/en/news/research/news20151104.html>

Contact: Junichi Shiogai, junichi.shiogai@imr.tohoku.ac.jp

高臨界磁場MoS₂

Radboud University (2015年11月12日)

ラドバウド大学とオランダ基礎科学財団が、ナイメーヘンにある高磁場マグネット研究所 (HFML) で行われた共同実験で、二硫化モリブデンを用いて作製したトランジスタが、低温で超電導になるだけでなく、**37テスラ**の高磁場まで超電導状態が継続されることを発見した。

従来の超電導体では、磁場にさらされると電子対が容易に破壊される。一方、二硫化モリブデンの場合、電子対形成は、HFMLで測定された**37.5テスラ**よりもはるかに高い**100テスラ**付近に達する内部磁場と本質的に関連し、いわゆるパウリ常磁性限界と呼ばれる物理学の法則に反するような動きをする。本研究結果は、11月12日発行の*Science*に掲載されている。

Source: "Superconductor survives ultra high magnetic field" (12 Nov, 2015) News

<http://www.ru.nl/english/news-agenda/vm/physics/2015/superconductor-magnet/>

Contact: Uli Zeitler, u.zeitler@science.ru.nl

[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

研究室紹介

「岡山大学大学院自然科学研究科産業創成工学専攻 金研究室」

**Okayama University, Graduate School of Natural Science and Technology,
Department of Electrical and Communication Engineering, Kim Laboratory**

1. 研究室の概要

構成：金錫範教授（筆者）、学生 22 名（M2: 9 名、M1: 4 名、B4: 9 名（内 8 名進学））

岡山大学の超電導応用研究室は、故村瀬先生が 2001 年に東北大学から岡山大学に赴任してから始まっており、初期の頃には Nb₃Al 線材の安定性問題や Bi 系高温超電導線材の交流損失などの研究が行われました。その後、2003 年にソウル大学から筆者赴任後は超電導アクチュエータなど超電導応用機器の開発も行われるようになりました。村瀬先生の定年退職と学科再編などを経て、現在は金教授と 20 名を越える学生たちが次世代高温超電導線材で構成される超電導回転機や NMR/MRI 用マグネットの開発を行うと同時に、高温超電導バルク体を用いる NMR Relaxometry 装置や非接触回転機器など主に超電導応用機器開発に関する研究を幅広く行っています。

2. 主な研究装置

テープ状の次世代高温超電導線材を回転機などへ応用する際には、使用線材の臨界電流密度の磁場強度と角度および温度依存性について正確に把握する必要があります。また、高温超電導バルク体による NMR Relaxometry 装置などでは、バルク体に磁場を捕捉させるための超電導マグネットが必要となります。当研究室では、室温ボアの内径が 100 mm で最大 10 T の磁場印加が可能な超電導マグネットを現有しており、試料ステージ温度を 4 K まで調節できる L 字型伝導冷却装置を製作し、図のように 90 度傾けた超電導マグネットに様々な形状の試料を取り付けた試料ステージ部を挿入して、次世代高温超電導線材の臨界特性や小型試験コイルのクエンチ試験、そして高温超電導バルク体の着磁実験などを行っております。そして、3 次元超電導アクチュエータの駆動用電源や、3 次元磁場分布を自動で測定するための高性能 x-y-z ステージなど、研究に必要なソフトとハード装置を学生たちが自作することでエンジニアとして必要な知識と経験などを培っております。



図 10 T 級超電導マグネットと 4 K 級 L 字型伝導冷却試験装置

3. 最近の主な研究内容

当初は MDDS 用として研究を始めた 3 次元超電導アクチュエータは、途中から空間的に隔てた環境における遠隔操作が可能な運搬用のアクチュエータとして研究開発を行っています。開発する超電導アクチュエータは、移動子である高温超電導バルク体と固定子である平面配列された電磁石＋永久磁石群で構成されており、固定子から 3 次元的な磁場分布を発生させ、特定の磁場分布が捕捉されている移動子を鉛直方向・水平方向へ移動及び回転を可能としています。現在は、床走行に加え、壁走行と床走行から壁走行への動作特性について検討しています。核磁気共鳴(Nuclear Magnetic Resonance : NMR)分光法はタンパク質の機能・構造解析に有効なツールとして注目され、

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

装置の性能向上が進められており、装置の高磁場化が進められる一方で装置の大型化、高コスト化により、個人が手軽に使用できる装置とは言えないのが現状です。そこで、NMR 装置の小型化、低コスト化を目的として、液体窒素運転の NMR Relaxometry 装置の開発を目指した研究を行なっています。開発する NMR Relaxometry 装置の磁場強度は 1.5 T (64 MHz) であり、磁場の空間均一度は 150 ppm/cm³ です。この NMR Relaxometry 装置用のマグネットとして 2 種類のマグネットを開発中です。一つ目は、リング形状の高温超電導バルク体を積層したマグネットであり、液体窒素温度で 1.5 T の磁場強度は容易に得られるものの、150 ppm/cm³ の磁場均一度を実現させるために様々な工夫を行い、数値解析では目標値を達成しており、実証実験の段階にきています。二つ目は、新しく開発された超電導接合技術を用いた次世代高温超電導線材による永久電流モードの NMR Relaxometry 用マグネットであり、超電導接合部の超電導特性評価とマグネットの最適設計および試験コイルによる検討などを行っています。その他、風力発電機や大型船舶用の超電導回転機に使用される高温超電導マグネットの過渡安定性向上と、小型化のための新しい概念のマグネットや製菓用の Mixer として用いるための非接触型回転機を開発しており、最近では MDDS や Magnetic Targeting System に適用するための磁場の ON/OFF スwitchングと、磁場増幅が可能な装置の開発を行っています。

4. 連絡先

〒700-8530 岡山県岡山市北区津島中 3-1-1

岡山大学大学院自然科学研究科産業創成工学専攻 金 錫範

Tel & Fax: 086-251-8116 & 086-251-8110

Email: kim@ec.okayama-u.ac.jp

<http://www.power-academy.jp/learn/laboratory/detail.php?pcode=59>

[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

読者の広場

Q&A

Q. 「室温で一瞬だけ超電導になる物質があると聞きました。一瞬とは何秒？ どうやって？ 測定方法は？ またどういう面で何に役立つのでしょうか？」

A. 超高压下で $T_c = 200$ K の超電導の兆候を示す硫化水素がマスコミにも取り上げられていますが、高温超電導研究の専門家の中で話題になっている常温超電導があります。物質は、高温超電導体の代表ともいえる Y 系銅酸化物 $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ (YBCO) です。この物質の通常の条件下での T_c の最高値は 90 K 程度で、いくら圧力をかけても T_c が著しく上昇することはありません。しかし、2014 年にドイツのマックス・プランク研究所がこの物質の単結晶試料に光を照射したとき、僅か数ピコ秒 (1 ピコ秒は 10^{-12} 秒すなわち 1 兆分の 1 秒) の間ですが、300 K 以上の高温で銅酸化物高温超電導体特有の超電導応答を示すことを発見しました。実験に使用した YBCO の試料の酸素量は 6.35 で、照射前の T_c は 35 K に過ぎません。

照射する光はパルス幅 0.3 ピコ秒の強力な超短パルスレーザー光です。レーザー光を CuO_2 面に垂直方向に (結晶の c 軸方向に) 偏光させ、光の周波数を 20 テラヘルツ (THz) にしたときにだけ超電導応答を示します。20 THz という周波数は、 CuO_2 面の上または下にある頂点酸素の固有振動数に相当します。照射パルスの幅は 0.3 ピコ秒ですから、照射光が途切れてもその 10 倍以上の長時間、超電導応答が持続していることとなります。ピコ秒というのは我々の日常感覚ではとても短い時間ですが、固体中の電子にとっては、かなり長い時間です。例えば、典型的な金属中の自由電子は 1 ピコ秒の間に数千原子間隔も移動できるのです。

このような短時間ではゼロ抵抗もマイスナー効果も観測することは困難です。ところが、銅酸化物高温超電導体が CuO_2 面が c 軸方向に積層した構造になっていることから、独特な超電導応答を示します。この構造のため、超電導は 2 次元性が強く、 CuO_2 面内にクーパー対が形成されたとしても、すべての面のクーパー対の位相が揃わないと真の超伝導状態は実現しません。面間の位相が揃うとクーパー対はジョセフソン効果により面間を移動できるようになります。このとき、クーパー対の運動に伴うジョセフソン・プラズマと呼ばれる 1 THz 程度の周波数のプラズマ振動が発生します。それを照射光とは別の光で観測することができたのです。

正常状態の電子は面間を動きにくく、通常の金属のように光を強く反射できません。超伝導状態になりジョセフソン・プラズマが発生すると、プラズマ振動数以下の周波数の光は完全反射されるようになります。何故、20 THz のパルスレーザー光照射が超電導状態を常温にまで安定化するのか様々な機構が考えられていますが、今のところ決定的な説明はありません。

常温で観測されるとはいえ、このような「瞬間超電導」応答は、通常の超電導応用の対象とはなりません。しかし、正常状態から超電導状態への転移を超短パルス光で駆動できること、微細加工等の特別な処理を施さなくても単結晶試料がそのまま使えることから、超高速の光スイッチなどへの応用が検討されています。

回答者：東京大学 名誉教授 内田 慎一 様

[超電導 Web21 トップページ](#)