

掲載内容（サマリー）：

特集：第 22 回国際超電導シンポジウム（ISS2009）

- 第 22 回国際超電導シンポジウム（ISS2009）開催
- ISS2009 トピックス：物理・化学分野
- ISS2009 トピックス：バルク/特性分野
- ISS2009 トピックス：線材・テープ材・特性評価分野
- ISS2009 トピックス：薄膜・接合・エレクトロニクスデバイス分野
- ISS2009 トピックス：大型システム応用分野
- ISS2009 トピックス：故末永氏追悼記念講演

- 超電導関連 12-1 月の催し物案内
- 新聞ヘッドライン（10/17-11/16）
- 超電導速報—世界の動き（2009 年 10 月）
- IEC/TC90 超電導委員会、つくば市にて第 3 回超電導エレクトロニクス関連パネル討論会開催
- IEC/TC90・VAMAS/TWA16、つくば市 NIMS にて定例会合開催
- 2009 年度低温工学関西支部第 3 回講演会・見学会
—超伝導を利用した最新分析技術と応用～NMR/MRI—報告
- 「MT21」会議報告
- 隔月連載記事—超電導と MRI / NMR（その 6—市場）
- 読者の広場(Q&A)—「有機超電導体ピセンとはどのような物質か教えてください」

[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

〒135-0062 東京都江東区東雲 1-10-13

Tel (03) 3536-7283 Fax(03) 3536-7318

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://ringring-keirin.jp>



特集：第 22 回国際超電導シンポジウム (ISS2009)

「第 22 回国際超電導シンポジウム (ISS2009) 開催」

財団法人国際超電導産業技術研究センター
普及啓発部
部長 佐伯正治

(財) 国際超電導産業技術研究センター (ISTEC) は、平成 21 年 11 月 2 日 (月) ～4 日 (水) の 3 日間、つくば国際会議場にて国際超電導シンポジウム (ISS2009) を開催した。ISS は国内外の超電導に関する研究や技術開発の成果発表と国際交流を通して、超電導産業技術の開発と実用化の促進、一般社会への普及・啓蒙を図ることを目的に毎年開催しており、今年で第 22 回目を迎えた。今回は、海外参加 150 名を含め総参加者 611 名、参加国 21 ヶ国となり非常に盛会となった。発表は招待講演者 72 名を含め、口頭講演 133 件、ポスター講演 315 件の合計 448 件となった。講演の論文は論文誌エルゼビア・フィジカ C 特別号として出版される予定。また、7 企業・団体による超電導関連材料と製品、技術の展示会も同時開催された。

第 1 日目は田中昭二 ISTEC/超電導工学研究所名誉所長の開会挨拶、直嶋正行経済産業大臣 (代読 関東経済産業局長 高原一郎氏) の来賓祝辞に続き、松下照男氏 (九州工業大学)、Hans Rogalla 氏 (トウエンテ大学) の両プログラム委員長の司会で、2 件の特別基調講演と 6 件の基調講演が行われた。特別基調講演では、細野秀雄氏 (東京工業大学) が「鉄系超電導体の最新動向」、また、Ken Marken 氏 (ロス・アラモス国立研究所) が「米国における高温超電導体応用の現状」と題して講演された。基調講演では、岩佐義宏氏 (東北大学) が「電場による超電導性発現」、Pavel Diko 氏 (スロバキア科学アカデミー) が「YBCO バルク超電導体の微細構造設計」、和泉輝郎氏 (ISTEC 超電導工学研究所) が「日本における電力応用のための超電導研究開発」、Michell Espy 氏 (ロス・アラモス国立研究所) が「極低磁場共鳴の応用」、Pascal Tixador 氏 (フランス国立科学研究センター) が「欧州における超電導電力機器の開発状況」、藤原昇氏 (ISTEC 超電導工学研究所) が「日本における YBCO 電力機器の開発状況」の講演をされた。また、夕方からバンケットが開催され、参加者の活発な交流の場が提供された。



開会式

第 2 日目、3 日目は、物理・化学/磁束物理、バルク/特性評価、線材・テープ/特性評価、薄膜・デバイス/システム応用及び大型システム応用の 5 分野に別れての口頭発表と、2 回のポスターセッションが開催され、熱心な報告と討議がなされた。

また第 2 日目には、日米共同研究などに貢献された故末永正樹先生 (ブルックヘブン国立研究所) を追悼する特別セッションが開催された。物理・化学分野では、超電導の新材料や超電導機構の解明などの最新トピックスが議論された。バルク分野では、大型化や臨界電流向上を目指した製法研究や実用化へ向けた評価技術などの最新トピックス、最新成果の報告と議論がなされた。線材・テープ分野では、日米欧における Y 系高温超電導線材・テープに関する最先端技術開発の成果、テー

ブ線材の電流密度、交流損失などの特性評価方法、さらに電力機器分野での応用などが報告され活発な議論が行われた。薄膜・デバイス分野ではY系高温超電導の SQUID、フィルター開発のトピックス、そして、Nb 系低温超電導の AD コンバータ、ルーター、SFQ プロセッサなど高集積デバイス、超高速低消費電力サーバー開発に向けた開発成果が報告された。

さらに大型システム応用分野では、超電導コイル・マグネットやモーター、発電機などの産業応用、ケーブル、SMES、変圧器、限流器など電力システム応用の実証試験を含む開発の進捗が報告された。

第 3 日目午後のクロージングでは、大熊哲氏（東京工業大学）が物理・化学・磁束物理分野を、K. Iida 氏（ライプニッツ研究所・ドレスデン個体材料研究所）がバルク分野を、M.P. Paranthaman 氏（オークリッジ国立研究所）が線材・テープ分野を、S. Benz 氏（米国標準技術局）が薄膜・デバイス分野を、P. Tixador 氏（グルノーブル工科大学）と、T. Coombs 氏（ケンブリッジ大学）が大型システム応用分野での各発表をそれぞれ総括された。最後に ISS2009 運営委員長の清川寛 ISTEK 専務理事から閉会スピーチがあり、2010 年 11 月 1 日（月）～11 月 3 日（水）の 3 日間、つくば市で開催予定の ISS2010 での再会を願って成功裏に閉幕した。



オーラルセッション



ポスターセッション

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：第 22 回国際超電導シンポジウム (ISS2009)

「ISS2009 トピックス：物理・化学分野」

東京工業大学
極低温物性研究センター
准教授 大熊 哲

物理・化学分野と磁束物理分野で招待・口頭発表された講演を中心にご紹介する。基調講演を含めると物理・化学分野で約 60 件、磁束物理分野では約 30 件の発表が行われた。物質別に見ると鉄系超電導関連が物理・化学分野で約 5 割を占め、この研究分野の活発さが伺えた。ただし、このようなホットなトピックスだけではなく、従来から研究が進められている銅酸化物超電導体や低 T_c 超電導体についても、質の高い多くの発表が行われた。

特別基調講演では細野氏（東工大）が、現在知られている 5 種類の鉄系超電導体の構造と物性の関係、薄膜作製の現状、そして水によって誘起される超電導の話題について、自身の最新データを含めてレビュー報告を行った。岩佐氏（東北大）は化学ドーピングとはまったく異なる視点に立つ、電場誘起超電導について報告した。これは絶縁体（チタン酸ストロンチウム）と電解質とからなる電荷 2 重層に電場を印加し、多数のキャリアを界面に誘起することにより、電界効果だけによって超電導を発現し制御するというユニークな研究である。

物理・化学分野： 鉄系超電導に関して、X. Chen 氏（Univ. Science and Tech.）は Sm-1111 と Ba-122 系における超電導とスピン密度波の共存の証拠を、 μ SR や ARPES の実験結果をもとに示した。C. H. Lee 氏（AIST）は結晶構造と超電導特性の関係、およびフォノンダイナミクスの実験結果を報告した。荻野氏（東大）は同グループが今年見出したペロブスカイト型ブロック層を有する超電導体研究のデザインルールと、バナジウムをブロック層に含むことにより $T_c=37$ K を実現した最新の成果を紹介した。さらに町田氏（原研）は、この系がもつ高い 2 次元性に由来するフェルミ面間のネスティング条件が、高 T_c 化に有利に働くことを理論的に示した。M. Shirage 氏（AIST）は 122 および 1111 系において、鉄原子の質量と共に T_c が増加する“逆アイソトープ効果”を報告したが、この結果は X. Chen らの報告とは異なり、鉄系超電導体の複雑さを印象づけた。黒木氏（電通大）は 5 バンドモデルに基づくスピンゆらぎ媒介超電導理論研究の現状と実験との比較、結晶構造と超電導特性との関係等について詳細な報告を行った。薄膜作製については、川口氏（名大）が $T_c=40$ K を超える 1111 系のエピタキシャル薄膜成膜に成功したことが大きなニュースであった。

一方、鉄系超電導以外では、松田氏（京大）が重い電子系 URu_2Si_2 においてカイラル d 波対称性を熱伝導率測定により同定し、さらに 1 K 以下の極低温域でも磁束格子の熱的融解が起こるという興味深い現象を示した。今井氏（東大）は LSCO 薄膜の擬ギャップ域でのテラヘルツ複素伝導度測定により、超電導オンセット温度が、これまでネルンスト効果で報告されている温度よりはるかに低いという注目すべき結果を示した。

磁束物理分野： L. Civale 氏（Los Alamos Lab.）は超電導応用上重要なピン止め特性を向上させるための一般的方法について、熱ゆらぎによる磁束クリープの観点から論じた。O. Auslaender 氏（Stanford Univ.）による、磁気力顕微鏡を用いた単一磁束の観測と制御の報告は印象的であった。

YBCO のオーバードープ領域試料では磁束線を引き摺ると磁束線は引き伸ばされるのに対し、アンダードープ領域では磁束線が分断され、パンケーキ磁束を反映した磁束状態が実現されることを観察した。仲島氏（東大）は鉄系超電導体 BaFe_2As_2 に重イオン照射することによって柱状欠陥を初めて導入し、ピン止め特性が向上することを示した。

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：第 22 回国際超電導シンポジウム (ISS2009)

「ISS2009 トピックス：バルク/特性分野」

IFW Dresden

Institute for Metallic Materials

飯田和昌

バルク分野の講演内訳は 123 系の講演が 32 件、 MgB_2 の講演が 5 件、 RE_2CuO_4 が 1 件、鉄ニクタイド系が 3 件であった。この内、プレナリーを含め口頭発表の全てが 123 系の材料で占められていた。さらに Y および RE 別の内訳で講演件数を見ると Y 系が 13 件、Dy 系が 3 件、Gd 系が 9 件、Sm 系が 3 件となっていた。

123 系の講演を研究内容別に見ると、プロセス、評価、応用と 3 つに大きく分けられ、プロセスに関しては研究目的別に 2 つに細分化できる。以下、簡単に概要を述べる。

まず、プレナリーでは P. Diko 氏 (Slovakia Science Academy) が詳細な組織観察から高特性を得るための指針を示した。酸素アニール時に発生するマクロあるいはミクロクラックを抑制する温度プロファイルと高压酸素アニールを併用し、大幅な特性向上を Y 系で達成することに成功した。

バルク体の高特性化に関する研究は K. Iida (IFW-Dresden) らが Gd-211 粉末のボールミル粉碎を行った結果を報告した。ボールミル粉碎時に混入する ZrO_2 不純物が材料組織に大きく影響を及ぼし、超電導特性を部分的に劣化させることを報告した。さらに ZrO_2 不純物量を極力減らすことにより高特性なバルク体が得られることを示し、大気中で作製した直径 32 mm の Gd 系バルク超電導体の捕捉磁界が液体窒素温度で 1.5 T 以上になることを報告した。M. Izumi 氏 (Tokyo University of marine science) らは柔磁性 Fe-B 粉末を添加することで幅広い磁界領域で pinning 特性が向上することを報告した。

バルク超電導体は高価な材料であり、いかに安く作製することが出来るかが今後の応用研究を加速させる上で重要な鍵となりうる。

R.P. Sawh 氏 (University of Huston) らは従来から使われている Pt 添加物をナノサイズの CeO_2 に換えることで超電導特性を向上させつつ、材料単価を安くすることが可能であると報告した。しかし、ミクロンサイズの CeO_2 ではなく、ナノサイズなのかの質問に対して明確な回答は得られなかった。M. Miryala 氏 (RTRI) らは高特性が得られている Gd 系で材料単価を安くする試みを行った。具体的には 1. バッチプロセスを適用、

2. 作製雰囲気低酸素雰囲気から大気、
3. Pt 添加量を 0.5wt. % から 0.1wt. % に減らし、Pt 添加量を減らした分 CeO_2 を 1wt. % 添加、
4. 出来合いの Gd-123 および Gd-211 粉末を自作することを試みた。

その結果、超電導特性は高特性を維持しつつ大幅なコスト削減に成功した。試料の大きさは直径が 50 mm まで作製可能とのことである。またバッチプロセス成功の鍵は種結晶に Nd-123/MgO 薄膜を用いたことにあると報告した。RE-123/MgO 薄膜をバルク体作製時に種結晶として用いる詳細な研究は X. Yao 氏 (Shanghai Jiao Tong University) らによっても報告があった。彼らは RE-123/MgO 薄膜の高温安定性を Superheating 効果によって説明した。これらの研究は将来、バルク超電導体をユーザーに安く安定に供給するのに役立つものと思われる。

パルス磁界印加時におけるバルク体の発熱現象の詳細な研究結果は H. Fujishiro 氏 (Iwate University) らが行い、バルク体の発熱は断熱的であり温度分布は厚さ方向に対して同じであったと

報告した。パルス着磁無しにバルク超電導体応用は不可能であるので今後、さらなる発展が期待される。

バルク体の応用研究はバルクセッションだけではなく、SAセッションでも行われた。T.Abe氏(JAXA)はGd系バルク体を磁界発生元として大気圏再突入用カプセルに利用することを提唱した。大気圏再突入用カプセルには、摩擦による発熱を抑えることと減速能力を高めることの2つの問題を同時に解決する必要がある。磁界とカプセル周囲に存在する弱くイオン化された流速の相互作用によりこれらの問題を解決できるそうである。またT.Kiyoshi氏(NIMS)らはGd系バルク体を用Magnetic flux concentratorの試作を行い、その特性について報告した。その他、T.Oka氏(Niigata University)らは水浄化装置に強力に着時されたバルク体を利用した試みを発表した。

最後に、バルク超電導体の材料開発はほぼ達成されつつあり、実際、直径15cmもの大型バルク体が(株)新日本製鉄から製造販売されている。超電導応用は主に線材を利用したものばかりにとにかく目を奪われがちであるが、バルク超電導体にしか出来ない応用もある。今後、応用研究が進展し、2010年のISSで多くの研究成果が発表されることを期待したい。

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：第 22 回国際超電導シンポジウム (ISS2009)

「ISS2009 トピックス：線材・テープ材・特性評価分野」

財団法人国際超電導産業技術研究センター

超電導工学研究所線材研究開発部

部長 和泉輝郎

線材分野では、8 つの口頭発表と 1 つのポスター発表で構成された。口頭発表では、米国ブルックヘブン国立研究所の Dr. Suenaga の追悼セッションでの 7 つの発表、及び基調講演 1 件を含めて合計 19 件の報告が行われた。一方、ポスターでは 90 件の報告が行われ、内訳は依然として YBCO 系が 67 件と突出しており、 MgB_2 14 件、BSCCO 系が 9 件であった。以下には主な内容をまとめる。

YBCO 系線材開発においては、筆者が基調講演 (PL-3) で日本における最近の開発動向をまとめた。ここでは、最近クローズアップされてきた二酸化炭素排出削減への期待を一つの背景として進められている、線材開発の現状と今後の計画を報告した。日本においては IBAD 中間層を用いた線材を中心に開発が進められてきたが、IBAD 層として $\text{Gd}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ を用いた構造では、既にフジクラ、昭和電線が ISTEK との共同開発において、500 m 長で 300 A/cm 幅を超える線材を作製している。その後、低コスト、高速製造が可能な IBAD-MgO を用いた開発に移行している。最近の成果としては、フジクラが 1000 m/h の超高速で高配向を有した 1 km 長中間層の形成に成功している。この一部を用いて、PLD 法で超電導層を形成した 250 m 長線材では、一部に低特性部があるものの I_c 平均値として 640 A の高い I_c 値を得ている。関連発表としては、飯島氏 (WT-14) は上記の IBAD 法の開発とともに Hot-wall 型の PLD 法の開発結果を報告している。同法は熱平衡に近い状況での成膜状況を作り出すことで、高速で高い結晶性が得られる特徴をもつ。この特徴を生かし、1000 A を有する線材を実現するとともにタンデムレーザーシステムの適用による高速化を図り、また、IBAD-MgO 対応の低コスト化技術として、金属基板に対する MOD 法における平坦化技術が紹介された。材料としては、気相法成膜で IBAD の下地層として効果、実績のある Gd-Zr-O を用い、 $R_a < 2$ nm の平坦化に成功するとともに、この上に IBAD-MgO 等の中間層及び超電導層を形成し、従来と同等の高い J_c 値 ($\sim 2.5 \text{ MA/cm}^2$) を確認している。詳細は高橋氏 (WT-17) より報告された。更に、最新のピン導入技術としては、TFA-MOD 法で BZO ナノ粒子の分散に成功し、磁界中の特性向上に成功している。特徴としては、厚み方向も含めて均一に分散された BZO 粒子により、磁界角度依存性で等方的な振る舞いを確認している。この件では、成長機構の詳細を吉積氏 (WT-10) が報告し、ロスアラモス国立研究所との共同研究で評価した超高磁界下での不可逆磁界の向上については三浦氏 (VP-3) が報告している。

一方、海外からの報告では AMSC 社の A. Otto 氏 (WT-9) が、同社で開発している配向金属基板上での TFA-MOD 線材に関する報告を行い、最近になって 500 m 長 250 A/cm 幅の線材作製に成功している。また、オークリッジ国立研究所の M. Paranthaman 氏 (WT-18) からは、全 MOD 系の線材開発の進展について報告があった。MOD 法による Ce-Zr-O/LTG 中間層の導入による低コスト化や、ピン導入を目的とした LMO-MgO の複合材料の開発結果を報告している。ここでは、結晶格子マッチングの良い LMO の中に、整合性の悪い MgO を分散させることで上層の超電導層に微細に欠陥を導入するアイデアである。現在は、配向膜形成までを確認しており特性が期待される場所である。欧州では、Bruker の A. Usoskin 氏 (WT-15) が、ABAD-PLD 線材の一連の大型装置の

導入について説明を行い、今後はこれを立ち上げ 2 km 線材の作製を開発していくとのことであった。また、スペインの CSIC の X. Obradors 氏 (WT-11) は、TFA-MOD 法における基礎検討で、低圧力下での成膜高速化の結果を説明した。また、ピン力とピン材料周辺の応力との関係を整理した。

その他の報告として、プロセスに関しては、鹿児島大の土井氏が (WT-12) Cu 配向金属基板を用いた線材開発において、SUS との貼り合わせで 700 MPa の引っ張り強度を実現し、270 nm の薄膜ではあるが 4.5 MA/cm^2 の J_c を得ている。住友電工の Y. Shingai 氏 (WT-13) は配向金属基板線材での幅広プロセスの報告を、名古屋大の吉田氏 (WT-19) は、c 軸配向の強いピンの存在を紹介した。評価に関するものとしては、京都大の菅野氏 (WT-23) と NIST の D. Laan 氏 (WT-24) が、機械的強度に関わる発表で、応力による特性変化に関して磁界の影響によるユニークな現象を報告した。また、様々な線材に関する AC ロスの評価に関して F. Gömöry 氏 (WT-26) から報告があった。

MgB₂ 線材に関しては、Columbus Superconductors の G. Grasso 氏 (WT-1) が、C ドーピング、react & wind 方式で $J_e = 180 \text{ A/mm}^2$ (20 K, 1.2 T) を得ており、150 km の線材を開放型の MRI マグネットに提供したとのことであった。また、物材機構の戸叶氏 (WT-2) からは、緻密化やマルチフィラメント条件の適正化で $J_c \sim 10^5 \text{ A/cm}^2$ (4.2 K, 10 T) を得、初めて Nb-Ti の特性と同等となったと報告した。

BSCCO 線材では、住友電工の長部氏 (WT-6) が DI-BSCCO 線材の最近の状況を報告し、短尺特性で 236 A (548 A/cm) の世界最高値を実現し、長尺では、 $I_c \times L$ 値で 368 kAm を実現したことを報告した。また、豊橋技大の中村氏 (WT-8) は BSCCO 線材におけるバリア材とツイストによる低ロス化の検討の報告をおこない、幾何学的関係で J_c が低下してしまうことを指摘した。

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：第 22 回国際超電導シンポジウム (ISS2009)

「ISS2009 トピックス：薄膜・接合・エレクトロニクスデバイス分野」

財団法人国際超電導産業技術研究センター
超電導工学研究所低温デバイス開発室
室長 日高睦夫

Films, Junctions and Electronic Devices セッションでは、18 件の口頭発表と 46 件のポスター発表が行われた。例年と比べて件数が若干少なめだったのは、ISTEC ニオブプロセスの産総研への移転にともない昨年 11 月から約半年間デバイス試作が停止したため、国内の低温デジタル回路の発表が少なかったことが主な原因として考えられる。一方、発表内容の質は例年より高めであったとの感想を持った。その中からいくつかの発表を抜粋して報告する。

カナダにある量子ビット関連のベンチャー企業 D-WAVE 社は多くの資金を集めており、現在人員は 55 人である。128 量子ビットを集積したシステムを最終目標とし、現在は 8 量子ビットシステムを開発中とのことであった。この 8 量子ビットのために 1,500 ジョセフソン接合 (JJ) を用いて 64 個の DA コンバータを最小線幅 0.25 μm のニオブプロセスを用いて作製している。平坦化された SiO_2 層間絶縁膜を用い、ニオブは 4 層である。ただし、量子ビット動作についての報告はなかった。

アメリカのニオブデバイス専門のベンチャー企業である HYPRES 社は、40 人弱の人員で AD コンバータを中核としたシステムを開発している。今回の発表は、現在開発中の天体観測、通信応用をターゲットにした相関器 (Correlator) に関してであった。HYPRES は Hybrid Technology and Hybrid Temperature (HT)² を標榜しており、超電導マルチチップモジュールにおいて AD 変換したデータの相関を取り並列化して低速出力した後、室温半導体 FPGA を用いて処理し、半導体 DSP に送るシステムを開発している。室温半導体と組み合わせることで、超電導システムの実用化時期を早めようとしている。

NIST では、NbSi をトンネルバリアに用いた JJ の開発を行っている。Nb と Si の割合を変えることで I_c と R_n を独立に制御できることが特徴である。ジョセフソン電圧標準やデジタル回路などの目的に最適な JJ を作製することができる。Northrop Grumman 社で設計した SFQ シフトレジスタをこの JJ を使って作製し、良好な測定結果が得られたとの報告があった。国立天文台からは、将来のサブミリ波検出に用いるニオブ JJ のサブギャップリークに関する報告があった。0.5 K 程度の極低温においては、現在の主流である AlOx バリアよりも AlN バリアの方が格段にリークが少ないこと、複素数ギャップを用いたモデルでサブギャップリークの一部はよく説明できること、Al 膜中に不純物 (Fe や Cr) が含まれておりサブギャップリークを劣化していること、サブギャップリークを大幅に改善するにはニオブ膜質を改善する必要があることが述べられた。

CNR (伊) は SSPD (Superconductive Single-Photon Detector) を並列に配置し、カスケードスイッチにより切り替える手法を用いて効率の向上を行った。産総研は、STJ (Superconductive Tunnel Junction) 検出器をタンパク質の TOF (Time of Flight) 分析に適用し、既存検出器では測定できない重い分子の検出に成功した。また、この方法は価数もわかるため、質量の等しい異なる分子を分別できる。

東工大、IFW (独)、名大、農工大から鉄系超電導体薄膜化の発表があった。その中で最高の臨界温度は、名大の 41 K であった。ただし、成膜速度は 15 nm/h と非常に遅い。これが鉄系薄膜の本質的な困難であるのかどうか今後の研究が待たれる。

金沢工大から低温 SQUID を用いた医療システムの紹介があった。SQUID 脳磁計は世界で 130 システムが使用されており、他では得られない貴重な情報が得られている。また、MRI と組み合わせることによってさらに有益な結果が得られている。子供用に特化した脳磁計システムでは、子供の言語習得時の反応時間が大人と異なるなどの結果が得られている。また、脊椎測定システムでは、MRI だけからではダメージ部分が特定できない場合でも正しい診断ができ、危険な針を刺す検査が不要になる。豊橋技科大からは高温 SQUID をリチウム電池の異物検査に適用する試みが報告された。直径 50 μm 以下の異物は電池にとっては大問題であるが、X 線では検出できない。そこで SQUID と試料を 1.3 mm に近接した装置を開発し、50 μm の異物検出に成功した。

ISTEC はリアルタイムオシロスコープ用高速 AD コンバータの開発とプロセス向上によるサンプリングスピード増加の可能性について述べた。産総研は ISTEC が開発した超電導回路への高速光入力技術を用いて、パルス駆動型交流電圧標準デバイスの高出力化に成功した。

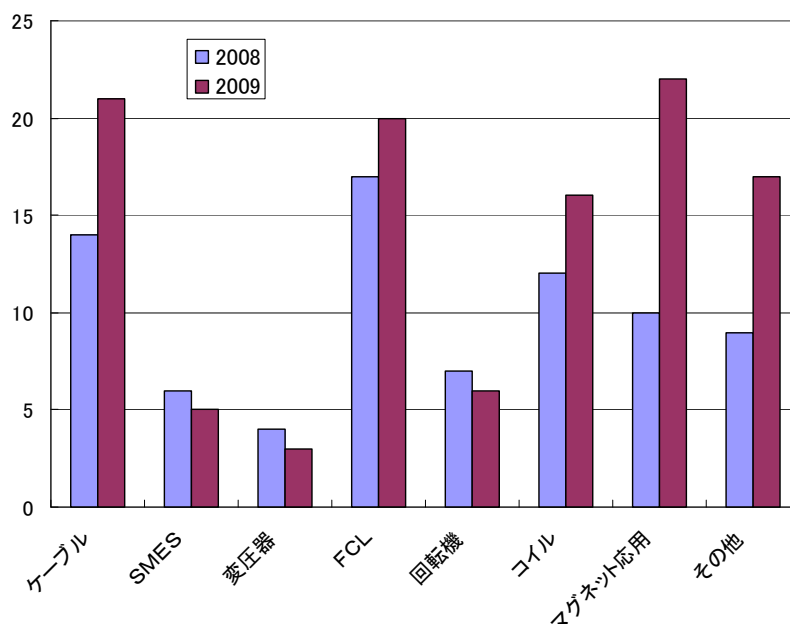
[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：第 22 回国際超電導シンポジウム（ISS2009）

「ISS2009 トピックス：大型システム応用分野」

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 電力機器研究開発部
部長 藤原 昇

大型システム応用分野では、オーラル 28 件、ポスター講演 82 件、合計 110 件の発表があった。これは、昨年の 81 件を大幅に上回る件数であった。Y 系線材の長さや臨界電流などの性能が向上し、機器への応用が可能となってきたことが要因の一つと考えられる。技術分野別の内訳は、マグネット応用 22 件、ケーブル 21 件、FCL（限流器）20 件、コイル作製 16 件、回転機 6 件、SMES 5 件、変圧器 3 件、その他 17 件であった（プレナリーを除く）。個別の技術分野ごとにトピックスを報告する。



SA の技術分野別発表件数

日本の「Y 系超電導電力機器技術開発」プロジェクトについては、初日のプレナリーにおいて「DEVELOPMENT OF YBCO POWER DEVICES IN JAPAN」と題し、計画概要および SMES、ケーブル、変圧器の開発状況について報告があった。2010 年度のプロジェクト中間目標達成に向けて各機器の開発を実施中である（PL-6）。

ケーブルについては、米国の「Tres Amigas」計画が注目を集めた。東部・西部・テキサス地方に分散的に配置している北米の電力システムを DC ケーブルで連系することを目的として、ニューメキシコ州において 5 GW の送電実証試験を行う（PL-2,SA-20）。欧州からは、アムステルダムにおける 50 kV, 6 km のケーブル実証に向けたケーブル冷却などの研究成果などの報告があった。超電導発見 100 年にあたる 2011 年に試験を開始する（PL-5）。韓国からは KEPCO ケーブルプロジェクトについて既報からより具体的な計画の紹介があった。22.9 kV 三心一括 500 m ケーブルを 2011 年ま

でに変電所へ導入して試験を行う (SAP-1)。

FCL については、上記 KEPCO ケーブルプロジェクトに合わせて、22.9 kV、3 kA および 630 A の限流器を開発し、同じ変電所において実証試験を行う (SA-6)。また欧州では、国間連系やスマートグリッドへの対応といった観点から FCL が注目されており、「ECCCFLOW」プロジェクトがスタートしている。本プロジェクトは Nexans を中心として 5 社の電力会社を含む 15 社の共同プロジェクトで行う政府に頼らないことが特徴である (PL-5)。

回転機については、大型風力発電への超電導技術の適用という形で初日のプレナリーにおいて米国、欧州から報告があった。5 MW 以上の大容量風力発電機になると、従来型の同期発電機ではナセルの重量が大きくなる。超電導発電機を用いることによって小型化することが可能としている (PL-1, PL-5)。また東京大学より 10.3 MW 級同期発電機について、電磁界解析によるデザインスタディを行った結果の報告があった (SA-21)。

Y 系線材を用いたコイル設計・試作に関する報告が活発であった。SuperPower 社は自らの線材を用いてコイルを試作し、4.2 K、19.9 T のバックアップ磁界を加え中心磁界 27.4 T を達成した (SA-1)。この他、Y 系線材を用いてマグネットを小型化・強磁界化できるとのスタディ報告が続いた (SA-12 他)。

マグネット応用としては、強磁界を用いた水浄化のスラリ分離システムについての研究が多かった。大阪大学から COD (化学的酸素要求量) 500 ppm の排水が 100 ppm 以下になったこと (SA-24)、新潟大学から実際のごみ焼却所から発生した排水の浄化に関することの報告があった (SA-25)。

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：第 22 回国際超電導シンポジウム (ISS2009)

「ISS2009 トピックス：故末永氏追悼記念講演」

低温工学協会
副会長
堀上 徹

今回の ISS では、今年 2 月に 71 歳で突如ご逝去された末永雅紀博士を追悼する特別セッションが設けられた。故人は 1969 年にカルフォルニア大学バークレー校で博士の学位を取得後直ちに米国ブルックヘブン国立研究所 (BNL) に奉職し、生涯 BNL で超電導材料の研究を行い、世界的な業績を残された方として、そのお人柄とともによく知られている。

夕刻 6 時からのポスターセッションとの並行開催にも関わらず、50 数名が故人を偲びながら熱心に聴講した。

講演会では、末永博士と知己の深い 7 人の方が講演された。

司会は BNL で故人の同僚であった D.O.Welch 氏と、超電導材料研究で長年にわたり多くの指導を得た SRL の山田穰氏が務めた。

司会者が故人の略歴を紹介した後、今回特別に招待された故人のご長男（米国の大学を卒業後横浜市に在住）が簡単な挨拶をした。内容は、「シンポジウムの貴重なスケジュールの中に父のセッションが含まれていて非常に感謝している」ことや、「皆さんのお陰で父は長年努力し続けることができた」というような感謝の言葉を述べられた。

最初の講演者の東海大学太刀川教授は、故人が BNL に勤務した直後からの個人的な関わりや研究面での懐かしい思い出話の紹介があった。また、1973 年から 1999 年までの間に、日本から BNL に派遣された 17 名近くの研究者をご指導されたという紹介や、太刀川先生とご一緒の若き日の故人の貴重な写真も披露した。その後、「High Performance New Nb₃Sn Wires With Sn-based Alloys」と題して Nb₃Sn の主にジェリーロール法での製造プロセスと特性について発表した。

Welch 氏は「Mas Suenaga and the Science of Superconducting Materials」という表題で講演した。1974 年頃、BNL が開発を進めていた Nb₃Sn を用いた送電ケーブルの開発に対する故人の貢献や、その後の超電導材料の特性に与える諸因子の材料科学面からの理解についての故人の大きな寄与についても触れた。1980 年には主編集者として「Filamentary A15 Superconductors」という専門書を発行したことや、2005 年から始まった交流損失に関する日米の共同研究では米国の代表者として活躍されたこと等、初期から最近に至るまでの多くの業績について紹介した。

住友電工の佐藤謙一氏は「BSCCO Research Collaboration with Dr. Mas Suenaga」と題して、もっとも尊敬する研究者の一人である故人に対する感謝の言葉から始まり、故人がこれまでに発表した多くの論文、即ち BSCCO に関する粒界問題、vortex の固体から液体への相転移、ピンニング、結晶の微細構造や粒界と輸送電流との関係、AC ロス、あるいは重イオン照射効果などから分かるよ



D.Larbalestier 氏の講演—故人が昨年 ASC から受賞した盾を持っているところ (ISTEC 帆引氏撮影)

うに、材料の本質を視る優れた洞察力による先駆的研究業績が、超電導材料開発の進展に大きく寄与し、かつ応用の限界をも示唆していることに対して感謝の意を込めて紹介した。

フロリダ州立大学国立高磁界研究所の D.Larbalestier 氏は「Some Reflection on the impact of Masaki Suenaga on the Science and application of Nb₃Sn」という題で講演した。1973 年にラザフォード研究所で Sir Martin Wilson から故人の論文である「Superconducting Properties of Multifilamentary Nb₃Sn Made by a New Process」(Applied Physics Letters 1972)を紹介されたのが歴史的な出会いで、以来多くのことを学びつつ、36 年にわたる家族ぐるみの長い付き合いであることが紹介された。また生涯にわたって良きライバルであり、自身の成長にも大きな助けになったと感謝の念を述べられた。最後に故人の長年にわたる業績の結果として昨年 ASC で表彰されたことも紹介された。

次に現在ロスアラモス国立研究所に在籍している K.Marken が「Dr. Suenaga's work in YBCO and Coated Conductors」との表題で、定量的観点から故人の業績について興味深い報告をした。まず、Y 系材料だけに限っても故人が投稿し、掲載された論文のアブストラクトが 28 mm の厚さになるほどの多きにわたっていること、世界中で 41 機関、130 人以上と共同研究を実施したこと、及び対象とした研究テーマが・ Materials synthesis ・ Detailed microstructural studies ・ Conductor processing ・ Measurements of transport and magnetic properties ・ Flux pinning and creep ・ AC losses ・ Substrate effects on properties 等、故人の幅広い活躍ぶりが報告された。

AC ロスに関する日米共同研究で故人と極めて関係が深かった九州大学の岩熊氏は、「AC Loss Properties of YBCO Superconducting Tape with A Magnetic Substrate」という表題で共同研究の成果を報告したが、研究内容のみならず、共同研究にまつわる様々な出来事を多くの写真を用いて紹介した。故人の実家が下関市ということもあり、故人が福岡滞在中は高齢のご両親が居られる実家に度々顔を見せたという親孝行の一面も披露された。

最後の報告は SRL の吉積氏が務めた。氏が 2001 年から 2006 年まで MIT に滞在した折に、2003 年から始まった DOE プロジェクトにおいてで故人との数年にわたって行った共同研究の内容について、「Development of conversion process in ex-situ BaF₂ process」というタイトルで報告した。故人が BaF₂ プロセスにおける YBCO 成長メカニズムの解明やユニークな製造プロセスの提案等この分野でも大きな寄与があったことが報告された。

多くの報告者が一様に故人の優しいお人柄に触れていたことも特筆に価する。



最後にお礼の挨拶をされるご長男
一末永 憲氏 (ISTEC 帆引氏撮影)

最後に司会者に促されて、ご長男が次のような感謝の言葉を述べた。

「魅力的なポスターセッションに行かず、父のセッションにわざわざ参加して頂いて、再度感謝いたします。もしわがままを一つ聞いて頂けるのであれば、亡くなった父がきっと願っているであろうこと、即ち、皆さんが国際的な研究をより強めて、より超電導体の技術を進めて頂ければ幸いです。」

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導関連 '09/12 月 - '10/1 月の催し物案内

12/3

最先端医療で活躍する超伝導技術とその未来展開

場所：早稲田大学 西早稲田キャンパス（理工キャンパス）55N 号館 1 階大会議室、新宿区大久保

<http://www.sci.waseda.ac.jp/campus/index.html>

主催：社団法人 未踏科学技術協会 超伝導科学技術研究会

共催：応用物理学会／超電導分科会

問合せ：社団法人 未踏科学技術協会 超伝導科学技術研究会

担当：大貫留美子、Tel: 03-3503-4681 Fax: 03-3597-0535 E-mail: fsst@sntt.or.jp

12/6-8

応用超電導・低温工学アジア会議 2009 (ACASC2009)

場所：くにびきメッセー島根県立産業交流会館一、松江市

主催：低温工学協会 (Cryogenics Association of Japan)

共催：The Korea Institute of Applied Superconductivity and Cryogenics

China National Center for the Research and Development of Superconductivity

Institute of Electrical Engineering, Chinese Academy of Science

Inter-University Accelerator Center, India

問合せ：国際交流委員会 宮城大輔 (岡山大学)、E-mail: miyagi@elec.okayama-u.ac.jp

12/11

第 8 回低温工学・超電導若手合同講演会

場所：大阪市立大学文化交流センター 大セミナー室、大阪市北区梅田

主催：低温工学協会、関西支部

問合せ：大阪府立産業技術総合研究所情報電子部 笥 芳治

Tel: 0725-51-2671、Fax: 0725-51-2639、E-mail: kakehi@tri.pref.osaka.jp

12/22

第 3 回材料研究会「鉄系超伝導物質の最近情報－鉄系高温超電導に進化できるか－」

場所：九州工業大学、北九州市 URL: <http://www.kyutech.ac.jp/top/index.asp>

主催：低温工学協会、材料研究会／九州・西日本支部

問合せ：鹿児島大学大学院理工学研究科 土井俊哉

Tel: 099-285-8389、Fax: 099-256-1356、E-mail: doi@eee.kagoshima-u.ac.jp

(編集局)



[超電導 Web21 トップページ](#)

新聞ヘッドライン (10/17-11/16)

- 経産省 概算要求 太陽光など厚く 地域整備見送り 温暖化対策伸び原子力減 排出量取引もゼロベースで 10/19 電気新聞
- 文科省 エネ特会は横ばい 10 年度概算要求 高速炉など増額 10/19 電気新聞
- マイクロ波利用で「宇宙太陽光発電」 伝達効率が次のステップ 神戸大学教授 賀谷信幸氏 10/19 電気新聞
- シーメンス 太陽熱発電を強化 イスラエル企業買収 10/19 電気新聞
- エネルギーのものさし ハイブリッド車の省エネ性 「回生ブレーキ」でエネルギー再生 10/20 電気新聞
- 鉄系超伝導体解明へ一歩 フルギャップの可能性 阪大グループ 10/23 科学新聞
- エネルギーのものさし エンタルピーとエクセルギー エネルギーフローの中のムダ解明 10/27 電気新聞
- 先端研究助成内定者 30 人 計画総額 3700 億円 補正減額で大幅超過 修正難航も 10/28 日経産業新聞
- 再生エネルギー全量買い取り 経産省が PT 設立 11 月上旬にも初会合 10/28 電気新聞
- 新エネルギーとは 風力など 10 種類、導入促す政策 10/28 電気新聞
- ISTEC 500 の研究成果集結 超電導で国際シンポ 10/29 電気新聞
- 磁石で瞬時に 500 倍硬く 山形大が新素材 車の振動防止 応用の可能性 10/29 日経産業新聞
- エコシティー 新潟県 次世代送電網の産学官研究会 10/29 日経産業新聞
- 最先端研究プログラム 中心研究者の専従解除へ 10/30 科学新聞
- 超電導でシンポ 国際超電導産業技術研究センター(ISTEC) 10/30 日刊工業新聞
- 高磁場で超電導維持 イットリウム系線材で ISTEC が確認 11/3 日刊工業新聞
- 超電導線材 高磁場で通電可能に ISTEC 廉価 MRI に期待 11/4 日経産業新聞、電気新聞、化学工業日報
- 総合科学技術会議改組で 第 4 期基本計画見直しへ 11/6 科学新聞
- UHV 日本の試験電圧値盛る IEC、最終規格案を可決 11/6 電気新聞
- 産学官連携が減速 概算要求 見直しで事業数削減 地域の活性化に影響も 747 事業のうち 59 件廃止へ 11/6 科学新聞
- 高い磁場でも電気抵抗 0 に 超電導の線材開発 11/10 毎日新聞
- 期待の太陽光発電 次なる課題は「電気の品質」 11/10 Fuji Sankei Business i
- 鳩山政権の科学技術政策 温暖化対策関連に重点 予算は減額 基礎研究にしわ寄せも 11/10 読売新聞
- エネルギーのものさし エンタルピーとエクセルギー 「環境温度」を考慮して価値割り出す 11/10 電気新聞
- 低炭素社会へ総合戦略 研究開発・シナリオ研究連携 文科省 JST にセンター創設 11/11 日刊工業新聞
- オバマ大統領来日 アジア舞台に思惑交錯 経済政策推進の好機 温暖化対策 「ポスト京都」、議論進むか 11/11 日刊工業新聞
- 世界から最新技術集う CIGRE 情報通信分野 福岡会議 九州では初の開催 多彩な顔ぶれ 300 人 電気事業にどう生かすか 11/11 電気新聞
- スマートグリッド事業化補助事業 総額 34 億ドル 100 件を採択 電力会社を中心に選出 11/11 電気新聞

- 技術を拓く 低炭素社会 住友電工 超電導電力ケーブル 送配電ロス解消へ 実用化の準備着々 年間 400 万トンの CO₂ 削減可能に 11/11 電気新聞
- 経産省 次世代エネ、横断的検討 10 年度モデル地域で実証 11/11 電気新聞
- 温暖化対策で日米連携 次世代送電網を共同研究 首脳会談合意へ 11/12 日本経済新聞
- 最強加速器、鳥に負けた？ 欧州 LHC パン落とされ冷却装置ショート 11/12 朝日新聞（夕）
- 最先端研究プロの 500 億円 若手・女性研究者対象に 新規公募へ 11/13 科学新聞
- 概算要求 科技振興費 109 億円減 科技関係の総額明らかに 11/13 科学新聞
- 新送電網キーテクの輪 電力業界 太陽光・重電と連携 1300 万キロワットまで OK 需給調整で省エネ効果 11/13 Fuji Sankei Business i
- 温暖化対策 各国の思惑 EU、域内の技術革新狙う 11/13 日経産業新聞
- 住友電工 Bi 系超電導線材 臨界電流 236 A を達成 数年後に長尺線で実現も 11/13 電気新聞
- スマートグリッド 標準化へ指針議論 IEC 18 日から第 2 回会合 11/16 電気新聞

(編集局)



[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導速報—世界の動き (2009 年 10 月)

財団法人国際超電導産業技術研究センター
国際部

部長 津田井昭彦

電力

American Superconductor Corporation (2009 年 10 月 13 日)

American Superconductor Corporation (AMSC) は、同社の超電導線材と直交変換装置を組み込んだ送電レベルの直流超電導ケーブルが「Tres Amigas Project」に選ばれたと発表した。このプロジェクトは米国初の再生可能エネルギー市場拠点を作り出すもので、現有の 3 つの米国電力網を結合することになる。このプロジェクトにより再生可能エネルギーの利用を更に加速するばかりでなく、米国電力網の信頼性向上をも図ることができる。現在、それぞれの電力網内部の送電は交流送電線を使って行われている。しかしながら、いずれか 2 つの電力網間の送電には特殊な電力変換のための変電所が必要である。1 つの電力網の交流電力は変電施設で直流に変換され、隣接の電力網に入る前に交流に再度変換されて同期が取られる。2 つの電力網をつなぐ比較的小規模な直流リンクはすでに存在するが、3 つの全てが単一のシステムで結合されていない。

「Tres Amigas」再生可能エネルギー拠点は数マイルの 3 角結合された電力結合設備であり、3 つの電力網の間の数ギガワット級電力送電、バランシングを行うことが可能な「Superconductor Electricity Pipeline」から構成されている。直流超電導ケーブルで互いに複数の直交変換装置に繋がれており、それぞれの電力網からの送電ラインはこの直交変換装置を通して電力を「Tres Amigas SuperStation」に送り込む。「Tres Amigas」拠点は商用送電システムとしてサービスを提供する予定であり、その使用料をユーザーに課金する。Tres Amigas, LLC はこの拠点のための用地を借り上げるとともに、現在、連邦電力規制委員会にこの送電ラインは同委員会の規制対象とはならないとの確認を求める手続きを進めているところである。

このプロジェクトの承認が得られれば、AMSC 社はプロジェクトに必要な送電計画に係るサービス、超電導線材及び超電導ケーブルシステムを提供する予定。AMSC 社は他の超電導ケーブルやシステム部品メーカーとパートナーを組み AMSC 社仕様の超電導ケーブルの製作を行うことを考えている。AMSC 社は 175 万ドル相当の現金及び同社株式を拠出して、Tres Amigas, LLC の株式を取得している。また、Tres Amigas, LLC の取締役会メンバー 4 ポストの内の 1 ポストは AMSC 社が確保している。

出典:

“Superconductor Electricity Pipelines to be Adopted for America’s First Renewable Energy Market Hub”

American Superconductor Corporation press release (October 13, 2009)

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=1341168&highlight

American Superconductor Corporation (2009 年 10 月 20 日)

American Superconductor Corporation (AMSC) は、オーストラリアで建設中の 2 つの風力発電所に使用される D-VAR®グリッド結合ソリューション 2 基の発注を受けた。発注元はインド Suzlon Energy Limited の子会社 Suzlon Energy Australia Pty. Ltd., 及び Consolidated Power Projects

Australia Pty Ltd. 発注を受けたシステムはそれぞれ 132-MW 風力発電所及び 111-MW 風力発電所向け。2 基の D-VAR システムは地域グリッドへの接続仕様を満たすものであり、6 ヶ月後に出荷予定。最近オーストラリアが 2020 年までに電力需要の 20 %を再生可能エネルギーに置き換えるとした目標を打ち出したことから、AMSC 社は同国が D-VAR ソリューションの大きな市場となると考えている。

出典:

“AMSC Signs Additional Power Grid Contracts in Australia”

American Superconductor Corporation press release (October 20, 2009)

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=1343855&highlight

CVD Equipment Corporation (2009 年 10 月 21 日)

CVD Equipment Corporation は、Royal Philips Electronics N.V.子会社の SuperPower, Inc.から同社 Y 系線材生産向けに 2 台目の Reel-to-Reel MOCVD 成膜装置の発注を受けたと発表した。カスタマイズされたこの成膜システムには Reel-to-Reel の線材処理システムと精度の高い MOCVD 成膜チャンバーが組み込まれている。SuperPower 社製造部長 John Dackow は次のように述べた。「膨大なレビューの結果、創造性豊かな全体システム設計に対する考え方をもち、我々のチャレンジングな仕様に対応する所要の MOCVD プロセスとシステムノウハウを提供し得ることから、CVD 社を我が社 MOCVD1 号システムメーカーとして選定した。2004 年に 1 号機が出荷され、我々の選択が間違っていないことが証明された。従って、2 号機も CVD 社にお願いすることには何の疑問もないことである。」

出典:

“SuperPower takes delivery of a second Reel-to-Reel MOCVD system from CVD Equipment Corporation”

CVD Equipment Corporation press release (October 21, 2009)

<http://www.cvdequipment.com/investors/pressreleases/2009/1021/>

Zenergy Power plc (2009 年 10 月 26 日)

Zenergy Power plc とその製造販売パートナーである Bültmann GmbH は省エネ高生産性超電導誘導ヒーターを新たにもう 1 台受注した。銅合金ビレットを大量加熱する主要金属製品メーカーが、Zenergy 社の Magnetic Billet Heater を購入することになり、この発注元が超電導技術が従来の誘導加熱技術よりも商業的に望ましいと考える第 4 番目の金属メーカーとなった。Zenergy 社の第 1 号超電導誘導ヒーターの顧客となった Weseralu GmbH の運転データにより、高効率超電導ヒーターは加熱時の消費電力を 50 %削減し、同時に生産性を 25 %改善することが実証されている。

出典:

“Induction Heater Order”

Zenergy Power plc press release (October 26, 2009)

http://www.zenergypower.com/images/press_releases/2009/2009-10-26-Induction-Heater-Order.pdf

American Superconductor Corporation (2009 年 10 月 29 日)

American Superconductor Corporation (AMSC) は 2009 年 9 月 30 日に終了する第 2 四半期の収支を発表した。当期収入は 7,470 万ドルであり、前年同期の 4,040 万ドルに対し 85 % 増。当期粗利益率は、前年同期の 26.5 % から 38.9 % に増加した。一般会計原則による純利益は、前年同期の 410 万ドルの赤字に対し、当期は 430 万ドルの黒字。一般会計原則に拠らない (non-GAAP) 算定では AMSC 社の利益は前年同期の 140 万ドルに対し、当期は 870 万ドルとなる。2009 年 9 月 30

日時点で、現金、現金等価物、市場流通証券、拘束性現金合わせて 1 億 4,110 万ドル、受注残は 5 億 8,700 万ドルである。AMSC 社創立者で同社 CEO の Greg Yurek は次のように述べた。「我々のチームは全ての前線で良好な成績を挙げており、第 2 四半期は収支目標を上回る成果が得られた。Sinovel Wind Co., Ltd. との 3 MW 風力発電機向けコア電気部品供給契約に加え、第 2 四半期にはオーストラリア、中国、英国、米国の他のいくつかの風力発電事業者や電力事業者から電気システムについて 1 億ドルを超える受注があった。このことは今年度後半の力強い成長を約束するものであり、このため、2009 年度通しての収入、利益の予想を上方修正したところである。」AMSC 社は通年の収入見通しを、2 億 6,000 万～2 億 7,000 万ドルから 3 億～3 億 1,000 万ドルに増額修正した。出典:

“AMSC Reports Second Quarter Fiscal Year 2009 Financial Results”

American Superconductor Corporation press release (October 29, 2009)

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=1348198&highlight

マグネット

National High Magnetic Field Laboratory (2009 年 10 月 13 日)

National High Magnetic Field Laboratory の Applied Superconductivity Center が、BSCCO-2212 超電導材料の理解を深めその改善に資する目的で米国エネルギー省から 120 万ドルの資金提供を受けた。BSCCO-2212 は多くの研究用途向けに、非常に強力なマグネットへの応用が期待されている材料である。BSCCO-2212 は、フレキシブルな丸型線材の製造が可能で、超電導マグネット巻き線を簡単化できるという意味で高温超電導材料の中ではユニークな材料である。今回の研究の目標は、BSCCO-2212 の性能限界を探り、現在 Nb 合金で製造されているマグネットよりもずっと強力な研究用超電導マグネットを製造することである。今回の資金は、高磁界超電導マグネット共同開発に対し与えられる 2 年間で 400 万ドルの資金の一部である。この共同研究に参加している他の研究機関には、Brookhaven National Laboratory, Fermilab, Lawrence Berkeley National Laboratory, the National Institute of Standards and Technology, and Texas A&M University がある。

出典:

“Magnet Lab Receives Funds to Investigate Promising Superconductor”

National High Magnetic Field Laboratory press release (October 13, 2009)

<http://www.fsu.com/News/Magnet-Lab-Receives-Funds-to-Investigate-Promising-Superconductor>

センサー

Forschungszentrum Jülich (2009 年 10 月 19 日)

ドイツ Forschungszentrum Jülich では空港のセキュリティー検査に使うことができる液体爆発物検査装置のプロトタイプを開発した。この装置を使えば、液体爆発物や爆発物になる可能性のある液体成分が 1 秒以下で検知でき、既存の手法に比べずっと速く、ずっと信頼性高い検査を行うことができる。この装置は電磁放射を使って物質解析を行う特殊なタイプの分光装置を利用している。従来の分光装置は狭い領域の周波数の電磁波しか検知できず、従って、無害な液体と危険である可能性のある液体とを信頼性高く識別できない。「Hilbert 分光器」として知られる Forschungszentrum Jülich が開発したこの装置は、ジョセフソン接合を用い、わずか 200 ミリ秒で幅広い範囲の周波数域の測定ができる。従って、詳細な分子測定結果を得て危険な液体に関する参照データと比較を直

ちに行うことができる。研究グループは、プロトタイプ機の試験に成功し、現在、その小型化と最適化に注力しているところである。今日までの研究成果は科学雑誌 *Superconductor Science and Technology* に報告された。

出典:

“New Detector for Dangerous Liquid”

Translated from a press release (in German) from the Forschungszentrum Jülich (October 19, 2009)

<http://www.fz-juelich.de/portal/index.php?cmd=show&mid=734&index=163>

医療

Manhattan Scientifics (2009 年 10 月 20 日)

Manhattan Scientifics 社は、Edward R. Flynn 及び Senior Scientific, LLC との間の拘束性のない覚書に署名し、ナノ医療品に関してその特許を含む知的所有権に付随する製造・マーケティングの権利及び販売権を取得した。本件は、SQUID ベースのセンサーと癌細胞に集中する磁気ナノパーティクルを使った癌や他の疾病を生体磁気を利用して検出する技術に関するものである。この新しい生体磁気イメージング技術により、小さな癌細胞群を検知して画像化でき、放射線や強磁界を使うことなく初期段階での癌検知能力を飛躍的に改善することができる。このイメージング手法は、乳癌、子宮癌、白血病、前立腺癌、皮膚癌やその他の形態の癌の検知に有効である。Flynn と Manhattan Scientifics 社の最終契約書は、60 日以内に締結される予定。

出典:

“Manhattan Scientifics Signs LOI To Acquire Rights To Early Cancer Detection System Developed By Dr. Edward R. Flynn”

Manhattan Scientifics press release (October 20, 2009)

<http://www.mhtx.com/releases/press-release-76.htm>

Manhattan Scientifics (2009 年 10 月 27 日)

Manhattan Scientifics 社と Senior Scientific, LLC は Senior Scientific 社のナノ医療品である癌検知技術の商品化に関する協力をスタートさせた。両社は共同して、米国特許庁に出願し、商品化に向けた下地作りに着手した。Senior Scientific 社社長で本技術の発明者である Edward Flynn は次のように述べた。「Senior Scientific 社は New Mexico Technology Park にある大学に全設備及びスタッフを置く予定である。我々は、NIH の研究資金を得ており、早期癌検知のためのこの新しい技術を今後とも追求し、進歩させていく考えである。Manhattan Scientifics 社は自社資金を使って、両社の利益のためこの技術の商品化を進める。」

出典:

“Manhattan Scientifics And Senior Scientific Collaborate To Enhance Early Cancer Detection System:Provisional Patent Filed”

Manhattan Scientifics press release (October 27, 2009)

<http://www.mhtx.com/releases/press-release-77.htm>

エレクトロニクス

HYPRES, Inc. (2009 年 10 月 20 日)

Hypres Inc の 5 件の特許が米国特許庁に認められた。これら特許はデジタル及び（アナログ・

デジタル) 混合超電導信号回路及びその応用に関するものである。Hypres 社は現在この技術を使って、無線通信、信号処理、先端コンピューティング、気象機器、生体医学イメージなどの応用向け世界最高速集積回路の生産を行っている。実際、一連の Digital-RF™プロトデバイスは既に各種軍事、民生用途向けに製造されている。Nb 回路の超電導特性のおかげで、集積回路を実用では 40 GHz、実験室レベルでは 100 GHz のクロック速度で動作させることができるようになっている。Hypres 社 CEO の Richard Hitt は次のように述べた。「近年、Hypres 社は価値の高い提案能力の強化や新しい応用を基にした新たな市場へのサービス提供を目指し積極的に知的財産を増やす戦略を取っている。今回許可された特許はデジタル超電導ソリューションの開発第 1 人者としての当社の地位を固めるものであり、パートナーとの間ではライセンスに関する当社の力を拡大させる。」今日までに、Hypres 社はデジタル超電導回路、システム、アーキテクチャー、製造技術に関連した 20 以上の米国特許を取得しており、約 40 の出願特許や色々な開発段階での他の 20 の発明を保有している。

出典:

“Hypres Receives Five Patents Related to Advancements in Digital and Mixed Signal Superconductor Circuits and Applications”

Hypres Inc. press release (October 20, 2009)

<http://www.hypres.com/>

核融合

Oxford Instruments (2009 年 10 月 2 日)

Oxford Instruments は、International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) 向けに約 500 万英ポンド相当、9 トンの超電導線材の供給を追加で行う事業者に選定された。ITER は代替エネルギー源として核融合の開発を行う国際研究開発プロジェクトである。Oak Ridge National Laboratory と UT Battelle は、米国 ITER プロジェクトオフィスを代表し、今回の発注に承認を与えた。最初の出荷は 2010 年 4 月に始まる年度に行われ、その後 2 年間に亘って出荷が行われる。Oxford Instruments の子会社である米国 Oxford Superconducting Technology が実際の線材供給を行う。今回の発注は、今年の 7 月に欧州調達機関が ITER 向けに発注した 58 トン、3,000 万英ポンド相当の超電導線材に追加して行われたもの。

出典:

“Oxford Instruments wins second ITER contract”

Oxford Instruments press release (October 2, 2009)

<http://www.oxinst.com/news/Pages/news.aspx>

Luvata (2009 年 10 月 5 日)

Luvata 社は高品質超電導材料に関し米国エネルギー省から 2,600 万ドルの発注を受けた。これは ITER に使われる材料。今回の発注は、ITER を完成するために必要なものの内、超電導線材、銅線材の米国割り当て分の 86 %に相当する。ITER に使われる超電導体の技術要求事項は極めて厳格であり、カスタマイズされた合金混合物や厳しい製造仕様が求められる。線材は今後 2 年間で出荷予定。Luvata 社は、韓国の核融合実験炉 KSTAR への超電導体の供給、さらには、医療診断システム、高エネルギー物理プロジェクト、関連応用向けの超電導線材の供給実績を持っている。

出典:

“Luvata cements position as leading global superconductor specialist with third nuclear fusion win”

Luvata press release (October 5, 2009)

<http://www.luvata.com/en/News-Room/Press-Releases/Luvata-cements-position-as-leading-global-superconductor-specialist-with-third-nuclear-fusion-win--a-26-million-contract-from-US-Dept-of-Energy/?backurl=/en/News-Room/Press-Releases/>

基礎

University of Texas at Dallas (2009 年 10 月 9 日)

University of Texas at Dallas, Clemson University 及び Yale University の研究グループは共同して、液体窒素温度又はそれ以上の温度で超電導体になるナノチューブから作られる超電導線材の開発を進めている。この研究グループは、ホウ素、窒素、硫黄などの原子を包摂するカーボンナノチューブや他のナノチューブを使った新しい超電導線材の開発のための 5 年間のプロジェクトに、300 万ドルの資金を Air Force Office of Scientific Research から受領した。このプロジェクトでは、この線材を商業的に適用可能な速度で製造することに伴う課題にも取り組む。University of Texas at Dallas の自然科学・数学部門長 Myron Salamon は次のように述べた。「より軽量な材料で超電導特性を上げることには常に意味がある。超軽量ナノチューブから製造される線材は原子の振動が容易であり、これは超電導性能向上の助けとなる。元素添加カーボンナノチューブのようなカーボンベースの材料は、よい超電導体になる可能性がある証拠がある。」

出典:

“Race for New Superconductors Shrinks to Nanoscale”

University of Texas at Dallas press release (October 9, 2009)

<http://www.utdallas.edu/news/2009/10/09-001.php>

Brookhaven National Laboratory (2009 年 10 月 29 日)

米国エネルギー省 Brookhaven National Laboratory の研究グループは精密技術を使って、銅酸化物超電導体がどの結晶レイヤーにより生じているのかを明確にするためレイヤー毎に超電導薄膜を合成した。最初に、薄膜がいかにして超電導体となりその性質を維持するのかを見極めることから始めた。外部電界によって制御するデバイスにおいてはより薄い材料ほどより大きなポテンシャルを持つ。いかに薄い超電導体が超電導性を持ち、それを維持するかを調べるため、研究グループは超電導性を抑制する Zn を数レイヤー中に少量含んだ一連の高温超電導銅酸化物を系統的に合成した。このような方法を用いて、Zn が薄膜の超電導性を抑制しているレイヤーを同定、これがその薄膜中の超電導性にとって重要な役割を果たしていることを明確にした。研究グループは、特定の単一レイヤーのみに Zn がドーピングされている場合超電導性が著しく抑制されるが、それ以外のケースでは Zn ドーピングが影響を与えないことを見出した。この問題のレイヤーは金属・絶縁体界面から遠く離れた第 2 銅・酸素レイヤーである。このレイヤーに Zn が存在する場合、超電導転移温度は 18K ~ 32K 低下し、この特別なレイヤーが比較的高温な超電導転移温度の原因となっていることを明確に示唆している。この技術は、非常に高効率なエレクトロニクス・デバイス向けチューナブル超電導超薄膜加工にも使うことができる可能性を持っている。研究グループの研究結果は、Scienc2009 年 10 月 30 日号に掲載された。

出典:

“Pinning Down Superconductivity to a Single Layer”

Brookhaven National Laboratory press release (October 29, 2009)

http://www.bnl.gov/bnlweb/pubaf/pr/PR_display.asp?prID=1020

標準化情報 12 月のトピックス

—IEC/TC90 超電導委員会、つくば市にて第 3 回超電導エレクトロニクス関連パネル 討論会開催—

IEC/TC90 超電導委員会（(財) 国際超電導産業技術研究センター、ISTEC）は、2009 年 11 月 4 日、つくば市つくば国際会議場“EPOCHAL TSUKUBA”会議室#201A にて、超電導エレクトロニクス関連の標準化の一環として、第 3 回超電導エレクトロニクス関連のパネル討論会を開催し、4 ヶ国 11 名の参加のもとで成功裏に終了した。

会議は、大久保雅隆氏（産業技術総合研究所、AIST）の司会のもとで行われた。

会議では、大久保氏によるこれまでの超電導エレクトロニクス関連パネル討論会のレビューと田中靖三氏（IEC/TC90 幹事国事務局、IEC/TC90 超電導委員会、国内幹事）による今後の超電導エレクトロニクス分野における国際標準化テーマとして「超電導センサ」の提案がなされた。更に、次の 5 名のパネリストから超電導エレクトロニクス分野における超電導センサの技術情報と標準化すべき項目の提案がなされた。

1. Opening:

- 1) M. Ohkubo, AIST, Review past panel discussions
- 2) Yasuzo. Tanaka, ISTEC, International standardization scheme of superconducting sensors

2. Panelist: 10-minute presentation using PPT, and 5-minute free discussion

- 1) Saburo. Tanaka, TUT, SQUID magnetometer
- 2) K. Mitsuda, JAXA, Microcalorimeter for photon detection
- 3) Z. Wang, NICT, Superconducting single photon detector using niobium compound
- 4) R. Cristiano, CNR-ICIB, Superconducting nano-wire detector of photon and molecules
- 5) M. Ohkubo, AIST, Superconducting molecule detectors

3. Free discussion

4. Closing: M. Ohkubo

第 3 回パネル討論会において、これまで 2 回のパネル討論会における成果並びに昨今の超電導センサ関連の技術動向を踏まえ、超電導エレクトロニクス関連の国際標準化に関して、次の理解が得られた。

1) SQUID から THz ヘテロダイン検出器、さらには粒子検出器に亘る広範囲な超電導能動素子分野の横断的な技術情報の交換を深化することができた。

2) いずれの分野においても、超電導の果たす役割は大きく、超電導を適用した超電導センサ或いは超電導検出器を新たな国際規格の対象として推進することが妥当である。

3) 超電導センサ規格のイメージとして、現行 IEC 規格の半導体センサ通則に沿った適用範囲、引用規格、関連用語・定義、分類、一般要求事項などの規格構成が妥当である。

4) 今後、かかる討論や関連調査を通じて、超電導センサ関連用語・定義や分類等に関する国際合意醸成に向けた継続的な標準化活動の必要性が認識された。



第 3 回超電導エレクトロニクス関連パネル討論会の様子

(編集局)

[超電導 Web21 トップページ](#)

標準化情報 12 月のトピックス

—IEC/TC90・VAMAS/TWA16、つくば市 NIMS にて定例合同会議開催—

IEC/TC90 と VAMAS/TWA16 は、2009 年 11 月 5 日つくば市（独）物質・材料研究機構（NIMS）千現地区本館第 2 会議室において定例合同会議を開催した。5 ヶ国から 16 名が参加し、活発な議論がなされた。



IEC/TC90-VAMAS/TWA16 定例合同会議の様子

会議は、VAMAS/TWA16 議長国の北口 仁氏（NIMS）によって次のように進行された。

- 1) Opening and Brief report on TWA16 activities by H. Kitaguchi (NIMS)
- 2) IEC/TC90 activities by Y. Tanaka (ISTEC)
- 3) Introduction of IEC/TC90 activities on Current Leads by Prof. T. Mito (NIFS)
- 4) Activities in Germany by W. Goldacker (FK) and M. Thoener (EAS)
- 5) Activities in USA by H. Weijers (NHMFL)
- 6) Activities in China by G. Zhang (IEE/CAS)
- 7) Activities on AC loss of YBCO coated conductors by E. Collings (OSU)
- 8) Activities on Surface resistance by S. Y. Lee (Konkuk Univ) and S. Kosaka (AIST)
- 9) Activities on NDE of I_c by H/ Yamasaki (AIST)
- 10) Activities on Irreversibility field measurements by T/ Matsushita (KIT)
- 11) Topics on Flux pinning by J. Sosnowski (IEL)
- 12) Activities on Mechanical properties by K. Osamura (RIAS)

今回の IEC/TC90 と VAMAS/TWA16 との合同会議において、次のトピックスを列挙することができる。

- 1) 現在審議中規格である電流リードとその試験方法、表面インピーダンス試験方法、表面抵抗の電力依存性の試験方法及び臨界電流密度の非破壊試験方法の紹介と進捗報告がなされた。
- 2) VAMAS における pre-standardization の成果として、Bi 系線材の室温引張試験方法が IEC 新規業務項目として提案された。
- 3) VAMAS における pre-standardization への"uncertainty (不確かさ)"の取り込みが実施されはじめた。
- 4) 前回の懸案であった Coated Conductor、MgB₂ 等新規線材を適用した各種試験結果が報告されはじめた。
- 5) 今後、曲げ特性、交流損失、不可逆磁界、ピンニング効果等並びにこれらの不確かさに係わる体系的なデータ蓄積及びラウンドロビン試験 (RRT) が継続的に実施され、pre-standardization の構築が期待された。

(編集局)

[超電導 Web21 トップページ](#)

「2009 年度低温工学関西支部第 3 回講演会・見学会ー超伝導を利用した最新分析技術と応用〜NMR/MRIー」報告

京都大学大学院
エネルギー科学研究科
教授 白井康之

2009 年 10 月 30 日（金）午後、京都大学本部キャンパス百周年時計台記念館会議室にて、低温工学関西支部第 3 回講演会・見学会が開催された。近年、低温・超電導技術の進展と計測・処理技術の進歩が相まって、様々な方面で **NMR/MRI の新しい応用**の世界が切り開かれつつある。今回は、関連各方面でご活躍中の日本電子（株）の水野敬氏、京都大学低温物質科学研究センター・理学研究科の佐々木豊氏、京都大学医学研究科高次脳機能総合研究センターの福山秀直氏をお招きしてご講演をいただき、関係の最新研究施設の見学を実施した。

はじめに、水野敬氏より「**固体 NMR における検出系低温化プローブの開発**」と題してご講演をいただいた。固体 NMR は主に粉末微細結晶試料が測定対象であり、この場合磁化のランダム配向を反映したスペクトルとなるため、静磁場角 **54.74 度 (magic-angle)** を軸として試料を **8~60 kHz** で回転させ内部相互作用の配向依存性を平均化する手法 (**MAS(Magic-Angle Spinning)**) によって、高分解能スペクトルを得る。近年スピニングが 1 より大きな多核元素の NMR に対応するべく高感度化をめざし、低温工学を利用した研究 (**Cryogenic NMR**) が進められている。その中で、同氏は京大理学研究科の竹腰教授らとの共同研究として、**クライオコイル MAS プローブの開発**を進めている。低温化によってプローブの電気的性能を向上させることで **S/N 比**をあげ測定時間を短縮した開発機では、固体 ^1H MAS-NMR において **4 倍の感度向上**を確認している。

続いて「**超低温度 MRI による量子物性の探究**」というタイトルで、佐々木豊氏にご講演をいただいた。超低温度 MRI の応用として、**液体 3He-4He 混合液の相分離状態の可視化**に成功している。温度がおおよそ **800 mK** 以下の超低温度の世界では、量子力学的効果により同位体である **3He** と **4He** が相分離を起こす。またより低い温度の μK 領域における**反強磁性固体ヘリウム 3 の磁区構造の可視化**について紹介された。実に **550 μK** という絶対零度近傍での美しい **3D-MRI 画像**は、まさに”**Coollest Images in the world!!**”である。

最後は、「**最新 MRI の医用応用**」というテーマで福山秀直氏にご講演をいただいた。脳機能の解明には、分子生物学的研究とともに、脳の高度な認知機能のメカニズムの理解が重要であり、同氏は **3 T**の研究・実験用の MRI と MEG を中心に研究を推進している。強磁界化によって **S/N 比**が改善し高分解能が得られるため、機能検査への応用として種々の手法が開発されている。動脈瘤の **MRA (MR angiography : 血管造影像)**、**3 T, 7 T**の **SWI (Susceptibility weighted image : 磁化率強調画像)**、造影剤を使用せず血管内の水の磁化状態を利用して脳血流を画像化する **ASL (Arterial Spin Labeling) 法**、神経繊維束を抽出する拡散強調画像を用いたトラクトグラフィーの説明があった。続いて、細胞レベルでの空間分解能で生体組織を撮像する **MRI 顕微鏡**が紹介された。**14.1 T**の静磁界横置き超電導磁石を用いて、MRI プローブ、傾斜磁界制御、RF パルス制御の開発が進められている。最後に生理学的神経活動に起因する水拡散を利用した **Diffusion fMRI**が説明された。

講演の後、ご紹介のあった高次脳機能センターの **3T-MRI 装置**、**MEG 装置**および開発中の **MRI 顕微鏡**、さらに低温物質科学研究センターの **ULT-MRI 装置**および周辺装置の見学をさせていただいた。お忙しい中、ご講演頂きました水野様、佐々木先生、福山先生をはじめご協力いただいた関係各位にこころから感謝申し上げます。

「MT21」 会議報告

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

マグネットおよび超電導応用に関する世界最大の会議、MT (Magnet Technology) 21 が、中国の合肥 (Hefei) 市で開催された。合肥は、上海から 4-5 時間で (図 1)、田舎町かと思ったら大間違いで、人口は 425 万人の日本の大阪よりも大きい大都市であった。国家の科学技術の開発拠点となっており、核融合の施設、高磁界施設および 30 もの大学や研究所もある。町は、重点開発地域になっており、盛んに、投資が行われ、ホテルや幾つもの高層マンションが林立あるいは建設中であり、国家の勢いを感じさせた。

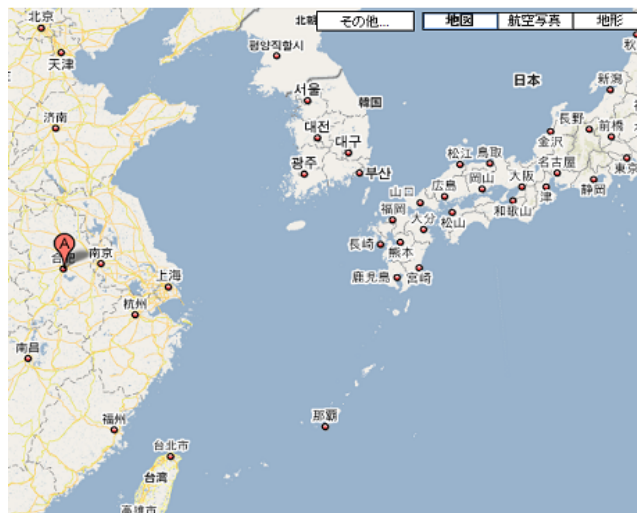


図 1 合肥 (Hefei) 市の場所 (A 点)

会議は、合肥市の郊外の市庁舎で行われ (図 2)、参加人数は約 650 人 (そのうち、中国 350 人) で、発表は Oral が 200 件、Poster が 500 件で、主に図 3 のメインホールを使って行われた。後援は、中国電気工学研究所 (Institute of Electrical Engineering, Chinese Academy of Science) と中国プラズマ研究所 (Institute of Plasma Physics) であった。



図 2 会議の開催された市庁舎ホール
(手前の建物)



図 3 会議の主会場の様子

会議は、毎日、朝の Plenary Talk とその後の午前の Oral セッション、午後のポスターセッション、オールラウンドセッションからなり、朝の 8 時から夕方 6 時まで開催された。発表内容は、マグネット応

用を主体にしており、高磁界マグネット、加速器用マグネット、核融合用マグネット、電力応用（トランス、ケーブル、SMES）、NMR、MRI マグネット、磁気浮上列車および線材など多岐にわたる。代表的なセッション名を次に示すが、範囲の広さがわかるかと思う。SC Magnet s for HEP（High Energy Physics）、ITER Magnets、High Field Magnets、Magnet for NMR and MRI、Magnet Design and Analysis、Magnet Testing & Design for New Applications、MgB₂ & Bi2212 Wires、Permanent Magnets、Undulators、Wigglers、Light sources、YBCO conductors、Quench and Cryogenic Flow、Motors and Generator、Characterization and Other Conductors、Room Temperature Magnets など、非常に広範囲な内容である。以下、小生が聴講できた内容から主なものを記す。

Next Generation MRI, Hitoshi Wada : 最新の MRI、NMR の開発動向が紹介された。特に、11T の MRI で非常に高解像で高速の撮影ができるので、YBCO 超電導線を使えば、革新的な MRI ができる。気になる接続も、高安定電源を使えば（driven-mode）、超電導接続なしで、撮影できるとのこと。今後の YBCO の応用先として有望である。

Status of new superconductors for Magnet Applications, Bruce P. Strauss :

DOE の Strauss は、超電導の材料とマグネットの両方共研究の経験があるということで、歴史上の重要な応用上の発見、発明を紹介しながら、今後の展望を述べた。Nb₃Sn ができたのは 1961 年（ベル研）、また、このころ BNL で Summer Study Report ができ、多芯線、ツイストなど多くの実用線の基本アイデアが出てきた。MRI は 1982 年に始まった。また、R&D 中の線に対して、ITER や Nb₃Sn 線など種々の例を引いて、新しい線材への実用化のための要求事項を示した。

Hybrid Magnet Facilities

Location	Total Field (T)	Current Field (T)	Power (MW)	Stored Energy (MJ)	Bore (mm)	Notes
Tallahassee, Florida	45	11.7	80	110	82	
Tsukuba, Japan	37	18	18	63	32	
Sendai, Japan	31	12	7	19	32	
Nijmegen, The Netherlands	27.5	6	7	2	32	Cryogen-free
Grenoble, France	30	10.5	10	10	32	2009
Grenoble, France	42	12	20	76	34	
Hefei, China	40	11	20	32		
Hefei, China	48	14	20			
Berlin, Germany	25	14	4	52	50	Neutron Scattering

Black = existing magnets, Red = Under Construction

図 4 世界の高磁界マグネット施設の現状と計画:45T 級が日本を除く各国で計画されている。

Progress in High field magnets, Mark D. Bird :

米国のフロリダ高磁場施設のマグネット開発を中心に世界の高磁場マグネット研究の現状と今後について発表した。特に、これまでの 30T 級マグネットから、次世代の 45T 級へのグレードアップが盛んである。唯一、高磁場 45 T 級マグネットを持つフロリダ高磁場研究センター以外に、欧州のグルノーブル（仏）、ナイメーゲン（蘭）、それに中国のここ合肥で計画されている（図 4）。経済不況にもかかわらず、基礎科学に役立つこうした分野への世界の積極的な動きを知らされて、改めて参考になった。さらに、米国では 60T コイルも計画しており、そのために、ラザフォードや CICC のような YBCO 導体を研究している（図 5）。

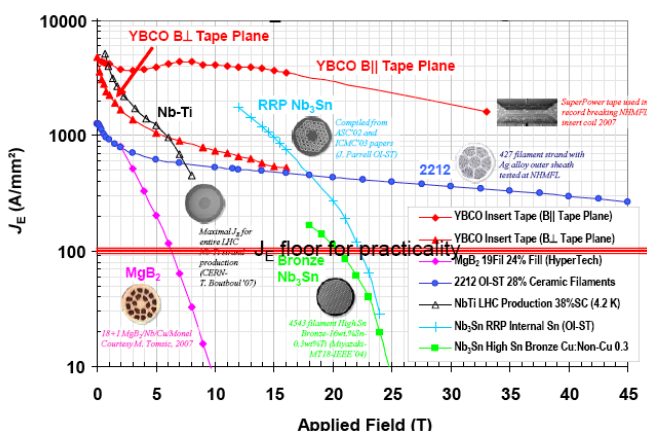


図 5 各線材の臨界電流の磁界依存性：高磁界特性に優れる YBCO などを高磁界発生に使用するという動きが活発化している。

Superconductivity at the edge of the 100 years, Yuh Shiohara, Greg Yurek, Zhongxian Zhao:

超電導発見から 100 年ということで、上記 3 名により、それぞれ研究、事業、物質開発に関して、歴史、現状、今後について発表があった。塩原は、超電導材料の開発の歴史、日本のこれまでの超電導に関する寄与、現在のプロジェクトの現状さらには、超電導が地球温暖化へ及ぼす貢献などについて講演した。Yurek は、AMSC 社の現状を紹介したが、特に、現政府のグリーンニューデール政策の影響が大きいようである。図 6 は、ニューメキシコで始めるエネルギーパイプライン (Electricity Pipeline) 構想 (Tres Amigas 計画) である。民間資本により、米国東海岸、西海岸および中部のテキサスの発電 (太陽光、風力の新エネ発電を含む) を、ニューメキシコに作る超電導ケーブルで結合し、お互いに電力を調整する (図 6)。これまでこうした大型プロジェクトは国家によるものがほとんどであるが、こうした民間資本による計画が出てきたところに米国資本の強さを感じる

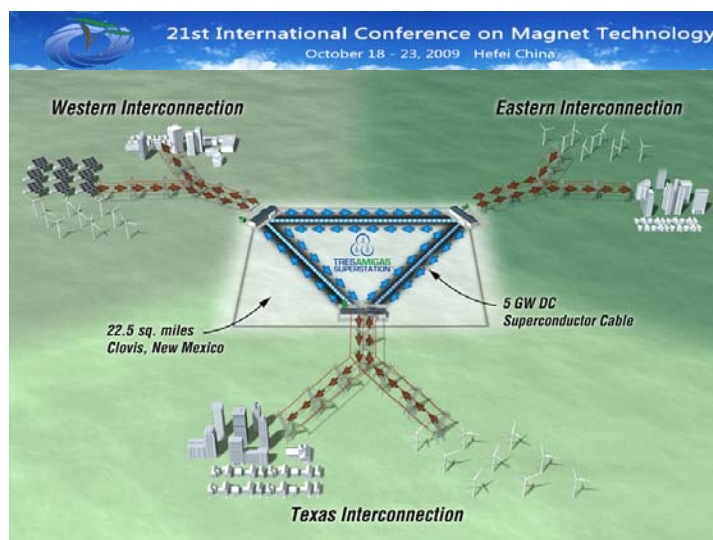


図 6 米国の東部、西部および南部の電力を超電導直流送電ケーブルにより連結し、相互に融通しあう (AMSC 社)。

中日の水曜日 21 日の夜にはホテルにて、特別セッション “HTS Magnet: ready for applications or not ?” が行われた。これは、YBCO が顕著であるが、高温超電導線材の長さや臨界電流 I_c が使用可能なレベルになってきたため、企画されたものと思われる。チェアマンは、東北大の渡辺、MIT の岩佐先生で、いずれもマグネット開発の実績のある方である。小生と東北大淡路先生、日米欧韓の大学、企業のメンバー 11 人が線材、NMR、高磁界マグネット、MRI などの開発に関して、開発現状とこれからの課題について発表、討議した。夜遅くにも関わらず、100 人位も集まり、関心の高さを示し、今後の進展を予感させた。質疑応答の中で、高磁界マグネット開発者から、「我々は、温度はいらない、磁界が欲しいだけである」との意見が出されたが、産業として線材、マグネット双方を育てる必要があり、より広範な市場が見込まれる方向に持って行かなくては長続きしないであろう。

全体の印象であるが、特に合肥に高磁界マグネットセンターの施設があることもあり、今回の会議では、トランス、ケーブルなどの電力関係以外に、高磁界マグネットに関する発表が多かった。また、会議最終日には合肥市郊外のプラズマ研究所の見学会が開催されたが、世界初全超電導マグネットからなる核融合トカマク炉 (図 7) が紹介され、改めて中国の科学技術への積極的な取り組みを印象付けられた。



図 7 世界初全超電導マグネットからなる核融合トカマク炉

【隔月連載記事】

超電導と MRI / NMR（その 6－市場）

（社団法人）低温工学協会
副会長 堀上 徹

6.1 はじめに

今回が連載の最終回となる。冒頭お断りしたように、筆者は超電導技術との付き合いは長い、MRI や NMR に関しては専門家ではない。したがって、本連載も超電導技術に偏った記載が多くなったことをお詫し頂きたい。とはいえ今まで述べてきたように、超電導なしでは多くの MRI や NMR が成立しないことも確かである。

今回は超電導製品及び MRI や NMR の市場規模について紹介する。

6.2 超電導の世界市場規模

そもそも超電導関連機器の市場規模がどの程度のものであるかを示しておこう。

超電導関連市場の規模は大きくないので関連情報は少ないが、CONNECTUS^{*1} という欧州の超電導関連企業で構成されている団体が定期的に発表している資料が参考になるので紹介しておきたい。

（図 6.1）

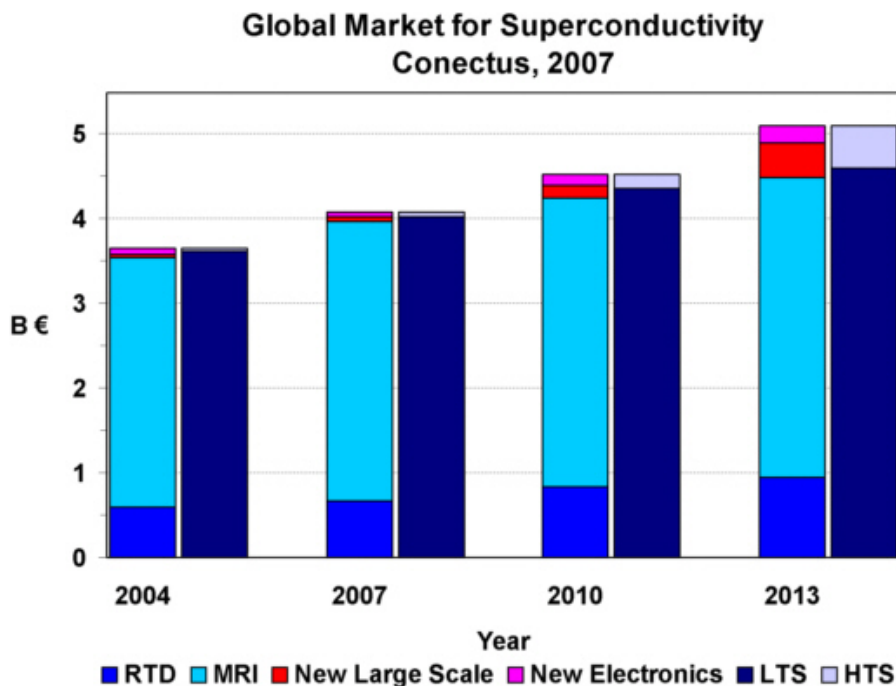


図 6.1 2004 年から 3 年毎の世界の超電導市場（実績と予測）
（CONNECTUS の HP <http://www.conectus.org> より引用）

^{*1}: CONNECTUS （CONSORTIUM OF EUROPEAN COMPANIES DETERMINED TO USE SUPERCONDUCTIVITY の略）超電導の実用化を念願する有志が、EC 内における諸国間の連帯を図る目的で、1993 年に組織した団体（ISTEC の HP より一部抜粋）。現在 17 社が加入している。

この調査は 3 年に一度行われているようで、図 6.1 では 2004 年と 2007 年が実績、それ以降は予測である。実績がどのようにして調べられたかは不明であるが、多分加入企業が夫々の業界の個別調査結果から得たものであろうと推測している。予測調査の方は、CONNECTUS に参加している企業を対象にデルファイ法によって得られたものであると以前 CONNECTUS の代表を務めていた人から聞いたことがある。各年に 2 本の縦棒グラフがあるが左側は対象製品別、右側は各超電導製品に使用されている低温超電導材料（金属系）と高温超電導材料（酸化物系）の比率が示されている。市場規模は右肩上がり、2007 年の約 4B（ビリオン）ユーロ（5,300 億円、1 ユーロ 130 円換算）に対して、2010 年には 4.5B ユーロ（5,870 億円）、2013 年には 5.1B ユーロ（6,600 億円）と予想している。

その内訳を数値で示したのが表 6.1 である。これも上記 HP より引用した。

因みに、先月号で紹介したわが国の「技術戦略マップ」では、超電導の国内市場は 2013 年で約 1,000 億円、2020 年で 2,250 億円程度と予測している。

表 6.1 超電導のビジネス分野毎の世界市場内訳

Global Market for Superconductivity (in M€) Conectus, 2007				
Business Field	Year 2004	Year 2007	Year 2010	Year 2013
Research & Technological Development (RTD)	600	660	835	955
Magnetic Resonance Imaging (MRI)	2950	3300	3410	3525
TOTAL of RTD & MRI	3550	3960	4245	4480
New Large Scale Applications	35	65	150	410
New Electronics Applications	65	60	125	210
TOTAL of Emerging New Businesses	100	125	275	620
TOTAL MARKET	3650	4085	4520	5100
Market Shares for Low-Tc Superconductors	3610	4025	4350	4600
Market Shares for High-Tc Superconductors	40	60	170	500

この表で、RTD とは研究・技術開発分野の市場で、大学や研究機関（含む軍用）が主な対象である。（核融合炉開発や加速器開発等も含まれると思われる）。

もともと超電導は大学や研究機関での利用から発展してきたものである。この表から分かるように、2007 年では MRI の全市場に占める割合は 80 % 超となっている。更に、この 2 分野（RTD と MRI）だけで 3,960M ユーロ（5,140 億円）となり、これは超電導市場規模全体の約 97 % を占める。

表中、新規事業の総計（TOTAL of Emerging New Businesses）に含まれる TOTAL of Emerging New Businesses とは RTD や MRI のように従来から超電導が利用され、既に成熟した産業分野ではなく、エネルギー（例えば電力機器等）、情報・通信、産業及び交通分野への超電導応用のことを指している。この分野は既に競合製品が多くあるので、性能／コストの比較競争になる。

一方、高温超電導材料と低温超電導材料との利用比率は 2004、2007、2010、2013 年に対して夫々 1.1 %、1.5 %、3.9 %、10.9 % と上昇し、高温超電導の比率が急速に伸びていくと予測していることは注目に値する。前に述べたように高温超電導材料が容易に使用可能になると、それを用いた応用製品が爆発的に拡大することを期待している。

6.3 MRI/NMR の市場規模

6.3.1 国内

MRI の国内納入台数を磁界強度別、年度別に示したのが図 6.2 である。

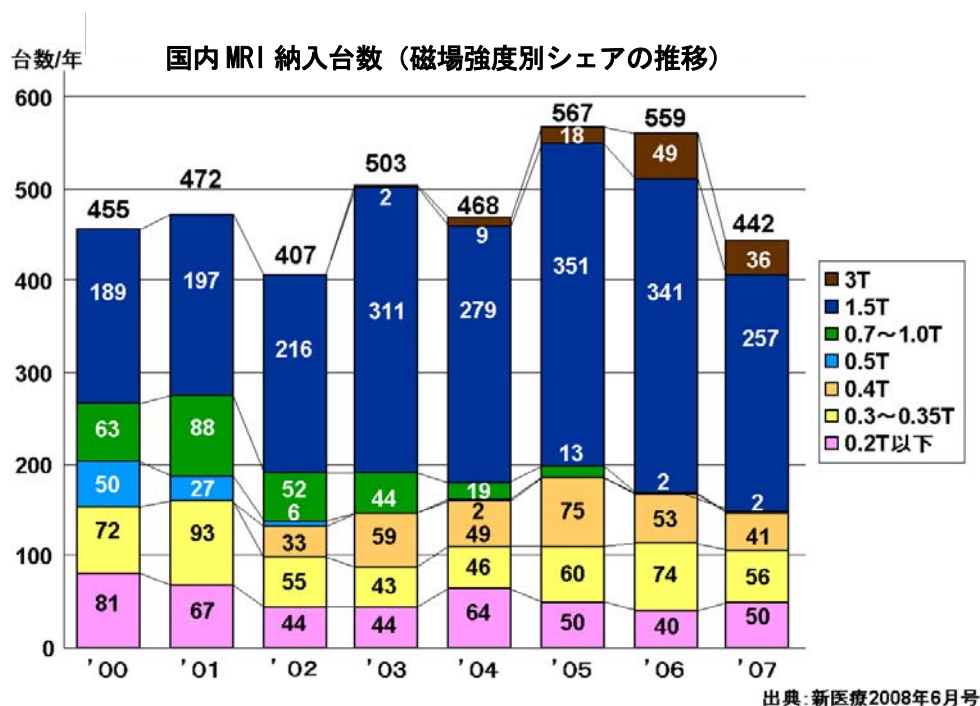


図 6.2 磁界強度別の MRI の国内納入台数
(出典 新医療 2008 年 6 月号)

図から分かるように国内では 1.5 T 機が主流で、2003 年以降では全体の約 60 % を占めている。以前にも書いたように実際の販売価格は当事者でないと正確には分からないし、必ずしも安定した販売価格ではないので、ここでは、やや乱暴ではあるが各磁界強度機種を平均して 1 億円/1 機とすると、国内での市場は年間大体 400 億円から 600 億の範囲ということになる。MRI の世界市場の 10 % 強（2007 年、金額ベース）が国内の市場規模ということになる。

NMR に関して最近の国内市場規模に関する公表されたデータがなかなか見当たらないが、2002 年では年間約 120 億円規模であった^{*2}。

^{*2}：「高温超電導市場調査」報告書（高温超電導市場開拓委員会）平成 17 年 3 月（財）国際超電導産業技術研究センター発行

6.3.2 世界

MRI の世界市場は 6.2 で述べた通りである。NMR の世界市場規模に関しては残念ながら信頼できる最近のデータを得ることができなかった。

6.4 超電導材料の適用先

各種の超電導材料（「本連載-その 3」で記載）がどの機器にどの程度用いられているかをグラフにしたのが図 6.3 である。ここでは超電導材料の線材形状での適用に限っている。

少々古くて恐縮だが、これは 2004 年度（2003 年 10 月～2004 年 9 月）のデータである。米国応

用超電導学会（ASC）で発表されたものである。専門家によれば材料重量にして年間 3,000 トン程度の材料が用いられているとのことである。

このうち材料の種類別では、NbTi が 97.3 %、Nb₃Sn が 1.5 % を占めているということになっている。

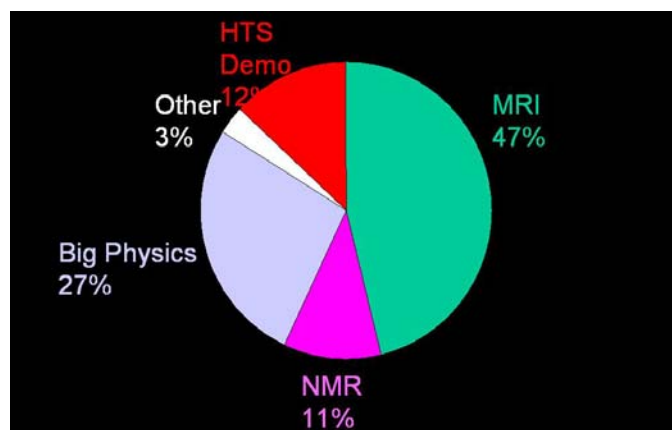


図 6.3 超電導材料の機器への適用比率
(出典：ASC2004 2MW05 K. Marken)

材料の適用先としては MRI がほぼ半分で、NMR が 11 %、Big Physics が 27 %で、これは加速器や核融合炉等のことで、先述の CONECTUS が表現した RTD や Large Scale Application に相当するものである。先の大型応用では機器の台数は少ないが 1 機あたりに使用する材料が多いのでこのような結果になるのであろう。

6.5 連載を終わるに当たって

本連載は第 1 回目の「構造と原理」から始め、「超電導とのかかわり」、「磁界の均一性と強度」、「高磁界化」、「技術戦略マップ」と世界の動向」そして今回の「市場」を書くことにより MRI/NMR と超電導の接点を一通り解説したつもりである。

現時点で超電導が唯一大きな市場を形成しているのは残念ながらこの分野だけであるが、既に核融合実験炉（ITER）の建設計画が実行に移されていることや 2025 年には超電導リニアが商業運転される見込みであること、更には米国の超電導送電ケーブル計画など大型プロジェクトの実施が現実味を帯びてきていることなどから今後大きな市場が開けることが期待できる。また、高温超電導材料の実用化も近づきつつあるということが、大型プロジェクトのみならず超電導産業という大輪の花の咲く時期がそう遠からず来ることを期待させる。

経済産業省や文部科学省なども超電導の技術開発には強い関心と支援及び大いなる期待を示している。超電導機器を使用すれば省エネルギー効果が大きいことも知られている。

一刻も早い超電導市場の拡大を期待しつつ本連載を終了する。

調査が十分行き届かなかった点が多々あったことをお詫びするとともに、最後までお付き合いいただきましことに御礼申し上げます。ありがとうございました。

[超電導 Web21 トップページ](#)

読者の広場

Q&A

Q : 「有機超電導体ピセンとはどのような物質か教えてください」

A : ピセンは、ベンゼンリング 5 個が W 型につながった分子です。その分子構造を図 1 に示します。この分子は、芳香族分子として有名なペンタセンと同数のベンゼンリングを有しています。光学ギャップはペンタセンが 1.8 eV であるのに対して、3.3 eV と大きく HOMO レベルも -5.5 eV とペンタセンの -5.1 eV より深い位置にあるので、化学的に極めて安定です。この物質は、有機トランジスタの活性層として極めて高い特性を示すことを、昨年我々は見いだしました。移動度は $5 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ と有機薄膜トランジスタとしてはきわめて高い値を示します。このトランジスタは、ホールが伝導を担う p チャネルトランジスタ特性を示します。

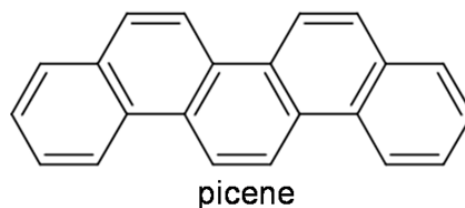


図 1 ピセンの分子構造

一方、ピセン結晶にアルカリ金属原子をドーピングすると超電導特性を示すことがわかりました。カリウムとルビジウムをドーピングしたときに超電導特性が観測されます。超電導転移温度は 7 K と 20 K であり、これらのアルカリ金属を仕込み値で 3 個程度ドーピングしたときに超電導転移が現れます。また、超電導相は空気中では極めて不安定で、高真空下もしくはアルゴン雰囲気下でのみ維持されます。アルカリ金属原子がドーピングされたときに超電導転移が観測されるので、ピセン分子の π 性のバンドを電子がフィリングしていることが期待されます。ピセン結晶は Herringbone 型構造をとり、ペンタセンと同様に、二次元的な面 (ab 面) が c 軸方向に積層した構造をとっていますが、アルカリ金属原子は ab 面の面間ではなく面内にドーピングされているようです。ab 面内への金属のドーピングによる結晶構造の Herringbone 型構造からの変形も理論的に予想されています。詳細な研究は現在進行中です。

最近、我々はピセンの n チャネルトランジスタ特性を得ることに成功しました。2 V 程度の低電圧で明瞭な n チャネルトランジスタ特性が得られているので、近い将来トランジスタ構造を使って高濃度の電子をピセンに注入することができるかもしれません。もし高濃度の電子が注入できれば、化学的な電子注入に代わる電界効果によるピセンの電子状態制御—超電導転移に向けた研究を展開できるかもしれません。

回答者： 岡山大学大学院自然科学研究科 教授 久保園芳博 様

[超電導 Web21 トップページ](#)