

掲載内容 (サマリー):

トピックス

住友電工他、米国オルバニーにおいて高温超電導(HTS)ケーブルの実用線路送電実験開始

超電導関連 9-10月の催し物案内

新聞ヘッドライン (7/20-8/18)

超電導速報 世界の動き (2006年7月)

低温工学協会「第2回材料研究会」報告

国際会議 (HTSHFF) 報告

International Workshop for Coated Conductors for Applications (CCA2006)報告

M2S-HTSC VIII 報告

隔月連載記事 - 室温超電導の夢 (その3)

読者の広場(Q&A) - 超電導関連のベンチャー企業について、最近の実例があればお教えください。

[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

〒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：

住友電工他、米国オルバニーにおいて高温超電導(HTS)ケーブルの実用線路送電実験開始

住友電気工業株式会社
電力・エネルギー研究所長
佐藤謙一

米国エネルギー省(DOE)、ニューヨーク州エネルギー開発局(NYSERDA)からのファンドを受けて進められている、住友電工他が参画する米国の高温超電導ケーブルプロジェクト(オルバニープロジェクト)において、2006年7月20日、高温超電導ケーブルによる送電を開始した。この高温超電導ケーブルは、350mのビスマス系高温超電導ケーブルで、世界初の長尺実用地下送電路(内径：150mm直径の管路布設)に布設されたもの。今後、約半年間にわたり超電導ケーブルシステムの実証実験が進められる。このプロジェクトには、

SuperPower社、BOC社、National Grid社

が住友電工とともに参画している。現地では、8月2日、住友電工の松本社長も出席し、ニューヨーク州のパターキ州知事等の来賓を招き、約200名の出席を得て、盛大に竣工式が開催された。送電開始後、1ヶ月以上がたち、安定して運転が続けられており、超電導ケーブルは無人運転に移っている。



図1 高温超電導ケーブル布設力所

このオルバニープロジェクトは、ニューヨーク州における電力網の要の地である、州都オルバニー市で実施する超電導ケーブルシステムの実証試験プロジェクトである。米国 National Grid 社のリバーサイドとメナズの変電所間約3kmの途中に、350mの超電導ケーブル線路を建設し、実用送電路に超電導ケーブルを接続し、実証試験をするもの。住友電工が製作した高温超電導ケーブルは、三心一括型超電導ケーブルであり、冷却時の収縮や室温と液体窒素温度の間の熱サイクルに耐えられる構造を持ち、またコンパクトさを実現している。超電導ケーブルは、神戸港から船積みで米国へ輸送され、従来のケーブルと同様の工法で布設工事された。超電導特性や断熱管の特性は、輸送や布設後も変化なく、安定した特性が確認されている。350mのケーブルは、320mと30mに分割され、その間には世界初のケーブル中間ジョイントが採用され、今後のケーブル実製品化への布石も打たれている。両端の気中端末部、ケーブル中間ジョイント部ともに、コンパクトな三心一括型が採用されている。住友電工は、2004年3月から加圧焼成法により、ビスマス系高温超電導線の量産プロセスをスタートしており、今回の超電導ケーブルにも、加圧焼成法で製造された、機械的特性、電気的特性の優れたビスマス系高温超電導線を70km使用している。

米国では、2005年8月に制定されたエネルギー法において、高温超電導ケーブルの採用による送電網の近代化が国家的な課題として位置づけられ、2030年には全米に強固な超電導ケーブル送電網を構築する計画(Grid2030)が検討されている。その一環として、現在DOEが資金提供する超電導ケーブルプロジェクトが、オハイオ州コロンバス、NY州ロングアイランドでも進められており、その中でオルバニープロジェクトは最初に建設が終了し、実用送電路での実証運転を開始したものであり、今後の高温超電導ケーブルの実製品化へ大きな一歩を進めたものと考えられる。



図2 三心一括型高温超電導ケーブル



図3 三心一括型ケーブル中間ジョイント部

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導関連 9-10月の催し物案内

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/>

9/5-7

第11回超伝導・低温若手セミナー「超電導工
レクトロニクス応用、線材・材料、大型応用」

場所：洞爺湖 翠湖荘（北海道）

主催：低温工学協会 東北・北海道支部

問合せ：北海道工業大学 榎本昌則

Tel:011-688-2315、Fax:022-263-9371

e-mail:tsuchi@hit.ac.jp

9/7

超電導体・薄膜・バルクと応用機器

場所：工学院大学 東京

主催：電気学会 B 部門、超電導応用電力機器研
究会、連合研究会

問合せ：電気学会 <http://www.iee.or.jp/>

9/13-15

Maglev'2006-The 19th International
Conference on Magnetically Levitated Systems
and Linear Drives

場所：Dresden, Germany

問合せ：<http://www.maglev2006.de/>

9/27-29

第22回低温工学基礎技術講習会

場所：神戸大学海事科学科(講義 9/27)、大阪市
立大理学部(講義 9/28)、大阪市立大学文化交
流センター(実習 9/29)

主催：低温工学協会関西支部

問合せ：(講義)京都大学エネルギー科学研究科
白井康之、Tel/Fax:075-753-3328

e-mail:shirai@energy.kyoto-u.ac.jp

(実習)大阪市立大学理学研究科 畑徹、
Tel/Fax:06-6605-2524

e-mail:hata@sci.osaka-cu.ac.jp

9/27-29

金属系超電導材料の現状と可能性

(2006年度九州・西日本支部 若手セミナー)

場所：徳島大学 工学部 工業会館、徳島市

主催：低温工学協会 九州・西日本支部

問合せ：徳島大学 工学部 井上 廉

Tel:088-656-7462

e-mail:inouek@ee.tokushima-u.ac.jp

10/30-11/1

第19回国際超電導シンポジウム(ISS2006)

場所：名古屋国際会議場、名古屋市熱田区

主催：(財)国際超電導産業技術研究センター
(ISTEC)

問合せ：ISS2006 事務局

Tel:03-3431-4002、e-mail:iss@istec.or.jp

<http://www.istec.or.jp/ISS/>

10/31

第3回パネルディスカッション

場所：名古屋国際会議場、名古屋市熱田区

主催：(財)国際超電導産業技術研究センター
(ISTEC)//IEC/TC90

問合せ：IEC/TC90 事務局、田中靖三、檜山由
紀子

Tel:03-3459-9872、Fax:03-3459-9873

e-mail:tc90tanaka@istec.or.jp

(編集局)

[超電導 Web21 トップページ](#)

新聞ヘッドライン (7/20-8/18)

核融合発電 枯れることを知らぬエネルギー プラズマ閉じこめがカギ 30年後に1号機実用化 強力な磁場を利用/超電導状態が見えた 7/20 日刊工業新聞
大陽日酸 ヘリウム事業買収 英グループから 100億円で 7/20 日本経済新聞
ITER向け 高周波発生装置 原子力聞くが1000秒の連続運転に成功 7/21 日刊工業新聞、日本経済新聞、日経産業新聞、電気新聞
原子力機構 ITER用プラズマ加熱装置 1000秒連続運転を達成、7/24 電気新聞
質量の解明 高まる期待 大型加速器 来秋に稼働 小型ブラックホール生成 7/24 日本経済新聞
フジクラ 超電導線材利用マグネット 1テスラの磁場発生に成功 7/25 電気新聞
病院で爆発 MRI業者に無罪 福島地裁支部判決「手引きに警告なく」 7/25 日本経済新聞(夕)
“世界の最先端” 核融合発電 中国科学院プラズマ物理研 来月中旬に放電実験 7/26 フジサンケイビジネスアイ
低温プラズマで研究所 名大 材料・プロセス技術開発 7/26 日刊工業新聞
ITER研究開発 きょうから 日欧専門家会合 7/26 日刊工業新聞
抗がん剤と代謝物 可視化 高磁場MRIで成功 放医研 7/27 日刊工業新聞
核磁気共鳴で偽物判別 アイ・ディ・ソリューション バーコード開発 食品界向け 7/28 日刊工業新聞
次世代新幹線の新技术 新幹線どこまで速くなる? 騒音や乗り心地 営業運転に課題 7/30 日本経済新聞
住友電工 高温超電導ケーブル実証実験 米の実用送電路で開始 8/1 電気新聞、日刊工業新聞、フジサンケイビジネスアイ、日経産業新聞
独創技術で脚光 超低温小型クーラー 局部冷却用「ボルテックスクーラー」 虹技 8/2 日刊工業新聞
高温超電導 これが原理!? 日米チーム 少数論文支える証拠確認「元素の振動が作用」 8/3 日経産業新聞
「JT-60」を遠隔操作 原子力機構 核融合実験を実施 8/9 日経産業新聞
イットリウム超電導ケーブル 世界最小の交流損失達成 古河電工 8/11 日刊工業新聞、日経産業新聞、電気新聞
アンデスで星を追う 巨大アンテナ群、山頂に 8/11 朝日新聞(夕)
入院患者と家族の不安 和らげたい アートの力で闘病手助け 8/12 朝日新聞
素粒子実験、なるか新理論 リベンジをかけ 現象発見に挑戦 標準理論の突破目指す 8/13 日本経済新聞
フジクラ イットリウム系超電導線材 長尺化 臨界電流密度向上 研究開発に拍車 5年後に量産技術確立へ 8/14 電気新聞
シャープ 亀山第2工場 液晶部品生産を開始 8/14 日刊工業新聞
超高速ルーター ISTE C 実用化へ道開く 超電導回路を搭載 ユニット動作実験に成功 8/15 電気新聞
がん 切らずに治す 粒子線治療施設 NPO法人計画 8/16 読売新聞
カルシウム、超電導状態に マイナス248度で実現 阪大、単一元素で最高温 8/18 日経産業新聞
独 DESYでゼウス実験 陽子構造に迫る成果 8/18 日経産業新聞

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導速報 - 世界の動き (2006年7月)

電力

American Superconductor Corporation (2006年7月12日)

American Superconductor Corporation 社 (AMSC)は、米国国防総省海軍研究所と次世代 HTS 線材開発を目的とした契約の延長分として 130 万ドルを受け取った。次世代線材開発を目的とした本契約は、過去 10 ヶ月で 6 回の契約延長が行われており、これにより AMSC 社は総額で 810 万ドルを受け取ることになる。この次世代線材は、船舶用の電動機及び発電機、軍用艦向け消磁ケーブルシステム、非殺傷兵器、配電システムに用いられる。同社最高責任者 Greg Yurek は次のように述べた。「国防総省の政策決定責任者は HTS 線材の革命的効果をよく知っている。我々が Northrop Grumman と一緒に進めている現在の 36.5MW 電動機の開発がよい例である。我々の超電導線材を組み込むことにより、銅ベースと同様の馬力を持ちながら、サイズは半分、重量は 1/3、燃料効率に圧倒的に高い推進電動機を建造することができる。HTS 線材は、他の軍事用途でも、さらには電力・産業用途の幅広い領域でも同様な利点を持つ。」

出典:

“American Superconductor Receives \$1.3 Million Contract for 2G HTS Wire from the U.S. Department Of Defense”

American Superconductor Corporation press release (July 12, 2006)

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=881164&highlight

Oak Ridge National Laboratory (2006年7月19日)

Oak Ridge National Laboratory (ORNL)が開発した高温超電導線材技術がナノテクノロジー賞を受賞した。対象となったのは“HTS Wires Enabled via 3D Self-assembly of Insulating Nanodots”と称される技術であるが、設計技術者向けのデジタル・マガジンである Nanotech Briefs から Nano 50 Award という賞を受けたものである。この技術により、高磁場下でも大きな超電導電流を維持できる。これは超電導体中に非電導性材料の配列したナノドット・コラムを作り出すことにより実現したものである。このナノドットは、磁場により生成されたポーテックスをピン留めする。ピン留めしなければ、ポーテックスがエネルギー状態を乱し、超電導状態に不利な状況を作り出すことになる。この技術は、電動機、発電機、軍用機用システム等幅広い磁場応用用途に応用できる。この研究は、DOE の Office of Electricity Delivery and Energy Reliability の資金援助を受けた。

出典:

“ORNL scientists noted for nanotech”

Oak Ridge National Laboratory press release (July 19, 2006)

http://www.ornl.gov/info/press_releases/get_press_release.cfm?ReleaseNumber=mr20060719-00

Intermagnetics General Corporation (2006年7月24日)

Intermagnetics General Corporation が以前発表した Koninklijke Philips Electronics, N.V の子会社である Philips Holding USA Inc.による買収に関し、1976年 Hart-Scott Rodino Antitrust Improvements Act により要求されている待機期間が終了した。今後この買収が成立するためには、買収契約上の各種条件を満たし、欧州規制当局の承認及び株主の承認を得る必要がある。この買収手続きは、2006年第4四半期には終了する見込み。

出典:

“Acquisition of Intermagnetics by Philips Clears U.S. Antitrust Regulatory Review Waiting Period”
Intermagnetics General Corporation press release (July 24, 2006)
http://www.igc.com/News%20_%20Events.aspx?NewsID=29

American Superconductor Corporation (2006年7月25日)

American Superconductor Corporation 社(AMSC)は、低コスト工業プロセスを用いて(300ft, 91.4m)の次世代線材で初めて商用レベルの電流を実現したと発表した。これにより、この技術を使ってマーケット参入ができる。AMSC 社最高責任者 Greg Yurek は次のように述べた。「これは電力分野での大きなブレイクスルーである。これが、コマーシャルグレードで、大量に、低コストで、拡大可能な工業プロセスで製造された初めての次世代線材である。この成果が将来の世界の電力グリッドに大きなインパクトを与えるものと考えている。次世代線材の日々の特性改善、継続した生産コストの低減により、次世代線材のコスト・パフォーマンスは 2010 年までに銅と同等になるものと期待している。」AMSC 社は伸びていく需要に応じるよう次世代線材の生産能力を上げていく計画である。現在、同社は長さ 90m、幅 4mm、電流 140A の能力を持つ商用次世代線材を製造している。

出典:

“American Superconductor Announces Major Breakthrough in Electricity with Its 2G Wire”
American Superconductor Corporation press release (July 25, 2006)
http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=885868&highlight

BOC 及び SuperPower (2006年7月25日)

2006年7月20日、世界で最初の電力グリッド中の超電導ケーブルがニューヨーク州、オルバニーで稼動した。350m の HTS ケーブルは現在、34,500 V、800A の電流容量で稼動している。SuperPower 社が住友電工や BOC と共同で開発したケーブルは現在 BSCCO 系 HTS 線材を用いているが、第 2 フェーズのデモンストレーションではその一部を YBCO 系の HTS 線材を組み込んだケーブルに置き換える予定。次世代 HTS 材料は、第 1 世代線材に比べよりコスト・パフォーマンスに優れ、商業的に有利である。このデモンストレーションでは 70,000 以上の家庭に電力を送る予定。HTS ケーブルの状態は、ペンシルバニア州ベツレヘムの BOC のセンターから監視される。

出典

“Superconducting system provides three to five times more power capacity”
BOC press release (July 25, 2006)
http://www.boc.com/news/2006/July/barticle_1255_25jul06.asp

“UNIQUE HIGH-TEMPERATURE SUPERCONDUCTING CABLE PROJECT IS ON-LINE IN ALBANY, NEW YORK”

SuperPower News Update (July 25, 2006)
http://www.igc.com/SuperPower/News%20_%20Events.aspx?NewsID=16

SuperPower (2006年7月25日)

SuperPower 社及び他の 2 社(住友電工及び BOC)は、電力サージからグリッドを保護する超電導限流器の開発を継続することで合意した。開発は、SuperPower 社の以前の設計をベースとして、概念確証プロトタイプを製作、試験する。この新たなプロトタイプは送電系クラスの電圧に対応するよう設計され、SuperPower 社の次世代線材を用いて製造される。この 3 相プロトタイプ限流器は、プロジェクトの最終フェーズで拡張フィールド試験の一環として American Electric Power の変

電所に設置される予定。昨年、限流器プログラムはプロトタイプに使われた第1世代線材の信頼性不足やその他の問題で延期を余儀なくされた。SuperPower社はこの障害を克服し、現在その再開を強く望んでいる。同社最高責任者のPhilip J. Pellegrinoは以下のように述べた。「我々は、次世代線材を使ってSuperPower社や他の高電圧実験施設で試験を実施してきた。その結果、我々の材料は従来の概念確認プロトタイプで使われた鋳造材料よりも、信頼性、反応時間、負荷下での回復、エネルギーの吸収といった重要なパラメーターの面で優れていることが示された。我々は、政府及び各社から追加資金を受けた。また、パートナーからは現物給付もあった。現在、国立研究所と研究協定も結んでいる。」

出典:

“SUPERPOWER AND PARTNERS RESUME DEVELOPMENT OF INNOVATIVE SUPERCONDUCTING ‘POWER VALVE’ TO PROTECT UTILITY GRIDS”

SuperPower News Update (July 25, 2006)

http://www.igc.com/SuperPower/News%20_%20Events.aspx?NewsID=15

SuperPower (2006年7月25日)

SuperPower社は、2006年DOEのPeer Reviewで長尺次世代線材のルーチンプロセスのスケールアップに係る最近の進捗状況を報告した。同社は、高スループット・プロセスを用いた線材で1メートル長さ程度の範囲で電流密度470 A/cmを達成したほか、200m長の範囲で電流均一度5%強(他の200-meter長線材では3%強)を達成した。また、270m、4mm幅線材で臨界電流100A(Jeとしては26,000 A/cm²)を達成、線材の大幅な性能向上を果たした。SuperPower社最高責任者Philip J. Pellegrinoは次のように述べた。「過去数ヶ月のプロセス改良により性能が格段に向上した。このため、Albanyケーブル・プロジェクト第2フェーズ向けの良好な性能を持った次世代HTS線材の在庫が12,000mに達している。これら線材は長さ、臨界電流の点で所定のスペックを大幅に上回っている。」他の分野でも、SuperPower社は次世代線材を用いて作成した高磁場コイルが77 Kで1.1 Tesla、64 Kで2.4 Teslaを達成したと報告した。同社は、また、短尺でのJeを自己磁場で100,000 A/cm²、75 K、1 Tの磁場下で21,000 A/cm²と、1年前に比べて90%改善した。

出典:

“SUPERPOWER CONTINUES TO SET THE PACE OF GLOBAL LEADERSHIP IN SECOND GENERATION HIGH-TEMPERATURE SUPERCONDUCTING WIRE PERFORMANCE, LATEST ACCOMPLISHMENTS REPORTED AT DOE PEER REVIEW”

SuperPower News Update (July 25, 2006)

http://www.igc.com/SuperPower/News%20_%20Events.aspx?NewsID=31

エレクトロニクス

HYPRES Inc. (2006年7月20日)

HYPRES Inc.は、80万ドル相当のSmall Business Innovation Research (SBIR) フェーズ2契約を国防総省と締結し、小型冷凍機及び2 MHz - 2 GHz帯域の直接復調全デジタル受信機の開発支援を行うこととなった。これらの機器は、同社が進めている無線通信用オール・デジタル・トランシーバー(ADT)1号機の開発の要となるものである。ADTは、アンテナで受信した複数のRF信号をデジタル化でき、また、RF周波数の送信信号については混合、プリディストートすることができる、いわゆる広帯域直接デジタル化が可能な装置である。この装置は、国防総省の多く

のプログラムにおいて桁違いの性能改善とコスト削減を可能とする。

出典:

“HYPRES receives \$800K to further develop cryopackage and superconductor analog-to-digital converter for defense communications”

HYPRES press release (July 20, 2006)

http://www.hypres.com/pages/new/bnew_files/pr_72106_CC_ADRplusups_Final.pdf

National Institute of Standards and Technology (2006年7月20日)

National Institute of Standards and Technology (NIST)は、10年間を費やして直接交流電圧を測定するための超精密装置を完成させた。この装置は、NISTが過去に開発した直流電圧標準に使われているのと同じジョセフソン接合技術をベースとしている。接合の配列(1チップの上に13000以上)が、正確に測定された単位電圧の交流パルスを生成する。また、それは可聴周波数以上の周波数帯域に及ぶ。各種用途に応じ、異なる電圧で任意の波形を生成することも可能である。この技術を応用すれば、交流測定のために新しい方法が実現でき、従来に比べ1000倍も正確な測定が可能になる。NISTとNorthrop-Grummanの研究者は、このデバイスのコンセプトを1990年代半ばに提案していた。現在の装置は、最大出力が100mVであるが、研究者は最終的には1V出力にまで高めたいとしている。

出典:

“Road to AC voltage standard leads to important junction”

National Institute of Standards and Technology press release (July 20, 2006)

http://www.nist.gov/public_affairs/techbeat/tb2006_0720.htm#road

通信

ISCO International, Inc. (2006年7月27日)

ISCO International, Inc.は、第2四半期の収支を発表した。当期の収入は、前年同期の250万ドルに対し、340万ドル。また、第2四半期中には顧客から500万ドルを超える発注があり、第3四半期に入った時点での受注残は180万ドルであった。前年同時点での受注残はほぼ0。純損失は、前年同期80万ドルに対し、当期は120万ドルであった。製品に係るグロス利益率はほぼ40%であった。

出典:

“ISCO INTERNATIONAL REPORTS FINANCIAL RESULTS FOR THE SECOND QUARTER 2006 AND UPCOMING INVESTOR CALL”

ISCO International, Inc. press release (July 27, 2006)

<http://www.iscointl.com/news.htm>

基礎

National Institute of Standards and Technology (2006年7月6日)

National Institute of Standards and Technology (NIST)のCenter for Neutron Research (NCNR)は、University of Tennessee 及び Oak Ridge National Laboratory と共同研究を行い、磁氣的なゆらぎが

高温超電導体中の超電導電流の起源となる電子対生成の鍵であることを強く支持する証拠を見出したと報告した。中性子プローブにより、研究チームは注意深く準備された電子ドープ PLCCO 試料において磁氣的共鳴現象を観察した。より重要なことは、共鳴エネルギーが高温超電導体に共通の、従来から確立された関係によく従っていることである。これは、磁性と超電導の基本的な関連を示唆している。この結果は、電気の貯蔵、配電、高速通信用超電導デジタルルーター、高効率発電機・モーターへの高温超電導の活用をさらに促進するのに寄与するものと期待される。この結果は、2006年7月6日の Nature に掲載された。

出典:

“Researchers peg magnetism as key driver of high-temperature superconductivity”

National Institute of Standards and Technology press release (July 6, 2006)

http://www.nist.gov/public_affairs/releases/magnetism_key.html

(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「第2回材料研究会」報告

岩手大学
工学部
教授 藤代博之

低温工学協会「第2回材料研究会」は、東北・北海道支部研究会との合同開催で、2006年8月2日(水)3日(木)岩手大学図書館多目的学習室で開催された。例年、「第2回材料研究会」は、東北の夏祭りの時期に開催する恒例の行事となっており、今年は盛岡さんさ祭りにあわせて開催された。今回のテーマは「先進超伝導・低温材料技術の最近の進展」であり、9件の講演を内容的に見ると、「超電導線材及び周辺材料の特性」、「超電導薄膜」、「バルク材応用と電磁場解析」と分類することが出来る。参加者は約30名であった。

岩手大の片桐氏は Nb₃Sn 多芯線材、Bi2223 シース線材、Y 系 coated 線材、MgB₂ 線材とこれまで研究してきた数多くの超電導線材の機械的性質を横断的にまとめて報告した。東北大の小黑氏は Nb₃Sn 線材の事前曲げ歪効果が超電導特性を向上させることを明らかにし、React&Wind 法テストコイルの特性について報告した。九工大の木内氏は Bi2223 多芯線材、Y-coated 線材及び、MgB₂ に注目し、磁束クリープ・フローモデル及びその解析結果から得られた成果を報告した。東北大の進藤氏は金属材料や FRP 等を対象に極低温・強磁場力学特性の基礎的事項を取り上げ、現在までの研究状況を展望した。

物材研の高野氏は高濃度にホウ素をドーピングしたダイヤモンドの超電導性の歴史と背景を解説し、10K を上回る超電導転移温度を達成したことを報告した。岩手大の道上氏はスパッタ法による高品質・高性能な酸化物超電導薄膜を作製する方法、大面積化、高 J_c 化の現状を報告した。

新潟大の岡氏はバルク磁石の現状をまとめ、特にスパッタ装置や NMR への適用の現状を報告した。東北大の津田氏は実用化が期待されているバルク材の応用例を取り上げ、バルク材料の実用化への課題を提言した。北工大の槌本氏はバルク超電導体のパルス着磁における電磁現象を巨視的な数値解析で評価した結果をまとめて報告した。

対象とする材料も超電導線材からバルク、薄膜、さらには構造材料まで、評価に関しても力学的性質から超電導特性までと幅広く、2日間の研究会で超電導・低温材料技術の最近の進展の全般について早足で理解することが出来たと思う。1日目終了後の懇親会とお目当ての「さんさ踊り」見学も盛会であった。

[超電導 Web21 トップページ](#)

国際会議 (HTSHFF) 報告

山形大学
工学部 電気情報工学科
教授 大嶋重利

2006年6月25日 - 28日、イギリス、カーディフ市で第9回 High Temperature Superconductors in High Frequency Fields (HTSHFF-2006)のシンポジウムが開催された。このHTSHFFは2年に1回開かれる、**超電導の高周波関連の基礎と応用に関するシンポジウム**で、参加人数は60名不足であるが、超電導の高周波に関する研究の動向を知るのに最も適した会議である。今回は、カーディフ大のA. Porch教授とBirmingham大のM. Lancaster教授がホストとなって開かれた。

会議の第一のトピックスは、超電導 Nonlinear 効果であった。MIT, Lincoln 研究所のD. Oates氏のイントロトークに始まり、ドイツのIlmenau大のM. Hein教授、イギリス Cambridge大のA. Velichecko教授、ドイツのCarlsluerへ研究所のJ. Halbritter氏らにより、最近の実験結果から理論まで、最新の情報が報告された。**高電力の超電導フィルタを実用化するには、Nonlinear 効果の原因をクリアしなければならない。** Nonlinear 効果を小さくする本質的な問題は未だクリアされていないが、実験的には、基板効果 (MgO 基板の超電導は、LAO 基板の超電導よりも大きい)、結晶粒効果 (結晶粒のミスオリエンテーションが小さいほど Nonlinear 効果が小さい) などの実験結果が詳細に報告され、少しずつ明らかにされつつあることが判った。また、低温超電導体と高温超電導体の比較により、d波超電導特有の効果についても検討されているが、未だ明確な答えは無い。

第2のトピックスは、超電導フィルタについてであった。最初にSTIのHammondによる、「STIの最近の現状」が報告された。現在、5500基以上のフィルタシステムが稼働していること、コスト削減に努力しここ10年で約5分の1になったこと等が報告された。コスト低減の主なポイントはフィルタ作製のコストダウン (TI系からYBCO系にシフト、新しいチューニング法の開発による歩留まりの向上、また、近いうちにMgO基板からサファイア基板に変換し、更にコストダウンを図るなど)、冷凍機のコストダウン、作製プロセスの効率化によるコストダウンである。また、今後の開発では、送信用フィルタの開発が重要であるとも報告した。次に、中国の精華大学のB. Cao教授が、北京で展開しているHTSフィルタシステムのフィールド試験結果について報告した。現在5基の基地局のすべてを超電導フィルタに変換し、良好なフィールド試験が続いているという報告であった。彼らの強みは、まず2~3ヶ月、精華大学内にある基地局に超電導フィルタシステムをテスト稼働させ、そこで問題が無ければ、実際の基地局に移設してフィールド試験を実施できることである。

3番目はカナダのWaterloo大のR. Mansour教授による、MEMS技術を利用した、極小フィルタの試作についてであった。300分の1~500分の1波長のフィルタをMEMS技術により試作したと報告した。まだ3段フィルタの試作段階であるが、バンドパスフィルタの特性も見ることができ、今後の技術革新が期待される。チューニングフィルタに関して、富士通の山中氏やイギリス South Bank大のN. Alford氏、高電力フィルタについては山形大の斉藤氏から報告があった。

最後に、M. Nisenoff 氏の司会により、フリーディスカッションで、「これからどの方向に研究が進むか」という総合討論がおこなわれた。Nisenoff 氏や STI の Hammond 氏は、今後の開発すべきデバイスは、ハイパワー送信用バンドパスフィルタ、1m 秒以下で周波数シフトが可能なチューニングフィルタであると力説した。しかし、ブッパータール大の Piel 教授は、ヨーロッパでのフィルタ応用に関する悲観論を述べ、今後の開発は中国やインドが牽引となるであろうとの持論を述べた。また、Hammond は、「薄膜や冷凍機のコストを下げる」という次元でのコストダウンを議論するのではなく、「人件費等を考慮した総合的なコストダウンを検討することが重要である」という発言をしていた。これは、実際システムを販売している企業からの発言として、傾聴に値する発言であった。

次回の HTSHFF は STI の Hammond 氏がホストとなり、2008 年米国のサンタバーバラで開催することが決まった。

[超電導 Web21 トップページ](#)

International Workshop for Coated Conductors for Applications (CCA2006)報告

CCA2006 は 2006 年 7 月 2 日 - 5 日にかけて、ドイツの Ludwigsburg にて開催された。今回は 7 月末の peer review の影響のため米国からの発表件数が減った (3 件) こともあり、全体の発表件数が 40 件 (全て口頭発表) と少なかったものの、その分各講演について十分な議論が出来、有意義な会議であった。以下、各セッションの主な発表について概要を記す。

Overview of CC Developments: 和泉 (SRL-ISTEC)、Peterson (LANL)、Obradors (ICMAB)、Oh (KERI) より、日、米、欧、韓それぞれの現状について紹介があった。いずれも、長尺化・量産化のための体制が整いつつあるという印象を受けた。中でも韓国は、今まで他に比べて長尺化の点で後進の感があったが、最近、EDDC 法 (Evaporation using Drum in Dual Chambers) のための大型設備を導入し、全工程 13.5 時間で 100m 製造可能を見込んでいるということで今後の進展が期待される。

Substrate and Buffer development: 基板については弱磁性化及び粒界特性の向上の観点から Ni-Ag、Ni-Cu、Cu など各種基板についての開発状況について、ドイツの各グループより報告があった。これらの系においては、テープの長手方向に細長い結晶粒が得られる事から、高い J_c 値が得られる可能性が指摘されたが、今までのところそれを実証する結果には至っていない。また、中間層については、Engel (evico, Dresden) らが $\text{CaTiO}_3/\text{SrTiO}_3$ (CSD 法) (Ni5%W 基板) において、比較的よい表面組織が得られていることを報告した。 ($\Delta\text{FWHM}=0.7^\circ$)。また、Nast (FZ-Karlsruhe) は NiW 上に MOCVD-MgO バッファ層の成膜を行い、減圧 H_2S 処理を行うと MgO の成長機構が変化し、“Cube-on-cube” growth となることを示した。

Vacuum Deposition: Usoskin (EHTS) は 100m 対応システムの install が終了し、現状で buffer 層の deposition は 106m を終了、超電導層をつけたもので 40m、235A/cm が得られていることを報告した。また 50mm 幅 \times 1m 長 \times 0.5 μm のテープにおいて、 I_c の均一性が 2% 以下に抑えられていることを示した。Zanella (Edison) は TCE 法による低温成長 (700 以下) 法で supersonic nozzle により in-situ oxidation を行い、成膜後アニールにより酸素導入をした場合と同様の効果が得られることを示した。筑本 (SRL) は PLD-GdBCO 膜で、Ba 欠乏組成を用いることにより J_c 特性が向上することを示した。

Nonvacuum Deposition: 和泉 (SRL) は TFA-MOD 法で Ba 欠乏組成を出発原料に用いることにより J_c の改善がみられ、692A が得られたことを報告した。Puig (ICMAB) は TFA-MOD 法で 10mol% BZO 添加により J_c が向上し、TEM 観察の結果、PLD 法と異なり導入された BZO が spherical であり等方的なピンとして作用していることを示した。鬼頭 (SRL) は 123 組成に Sm、Cu を添加することにより、 J_c の向上がはかれることを示した。特に Sm 添加した場合には磁場依存性が低減される。これは相対的に Ba が欠乏となり、粒界が改善された結果と考えられる。高橋 (SWCC) は NiW 基板の表面処理及び微細組織制御により I_c が約 60A \rightarrow 92A に向上したことを報告した。Kotzyba (FZ-Karlsruhe) は Ni-W 上に all-solution deposition で成膜し

た YBCO/CeO₂/La₂Zr₂O₇ において、現在 2.88MA/cm²(@250nm 厚)が得られており、現在 RTR システム構築中であることをのべた。

MOD CC : Holzappel(IFW)は Hf-doped (4%)YBCO(MOD)において J_c 向上がみられ、Hirr-10T @77K が得られることを示した。Caroff (LMGP) は基板として新しいシステム Constantan((Cu₅₅Ni₄₅Mn) (非磁性、機械強度 175MPa) を用い、MOD-LZO/CVD-CeO₂ buffer を介して MOCVD 法で YBCO を成膜した結果について報告した。

Long-length and Technical CC : Goyal(ORNL)は Ni-W/MOD-LZO/MOD-CeO₂/MOD-YBCO において Ni-W 層と LZO の間に薄い Y₂O₃ を入れると J_c が 2 倍近く向上すること (3.1MA/cm²)、また、RE₂O₃ を導入すると従来のプロセスでは積層欠陥が減少し、J_c (B//a)が減少するが、プロセス最適化により積層欠陥の減少を抑えながら RE₂O₃ を導入することに成功し、J_c (B//c)の増大がはかれたことを報告した。

Pinning and J_c increase: 高橋 (SRL) は BZO (5mol% ZrO₂) を導入した PLD-Gd123 厚膜において、厚さとともに I_c は上昇し最大で I_c=333A (3T では 42.3A) (2.28 μm)が得られたことを示した。木須(九州大)は走査レーザー顕微鏡による局所 J_c 特性評価の結果について報告した。また配向性の向上によっては高磁場 J_c の改善ははかれないが、ピンの導入 (2vol%YSZ) によって高磁場 J_c が大きく改善されることを示した。Glowacki (Cambridge) は AC ロス低減に関連して、slit を入れた場合に、magnetic buffer がある場合には、magnetic inter-filamentary decoupling がおきる可能性を計算結果から示した。また、slit 形状について、切れ目を途切れさせても効果がかからないことを示した。Barnes (American Naval Laboratory) は Y を Tb,Pr,Ce,Nd,La を微量置換 (<1%) によって、ピンを導入した効果について報告し、0.1%Nd ドープが最も効果的であることを示した。また、BaSnO₃ 添加により大きく J_c が向上することを報告した。向田(九州大)は 0-3D-APC の導入法について、様々な試みを紹介した。塚本(横国大)は交流測定評価結果について報告し、垂直磁場印加では磁性基板による影響が小さく、むしろ HTS からの磁化損失が大きいことを示した。また striation が磁化損失の削減に有効であることを示した。一方、平行磁場中では、超電導の磁化損失が小さくなるため、磁性基板からの損失が相対的に大きくなることを指摘した。

Application : 雨宮 (横国大) は交流損失特性について 1 層の CC の傾斜磁場中、あるいは細線化加工した試料の数値計算と測定を行い両者がよく一致することを示した。また、ケーブル応用を念頭において、フィラメント幅、フィラメント間のギャップ等を変化させて数値計算を行い、CC の場合、面に垂直な磁場成分が交流特性に大きく影響を及ぼすことを見いだした。最後に日本のケーブル・限流器 (FCL) 開発の概要の紹介を行った。Tixador (CNRS-Grenoble) は FCL の開発において、短尺試料及び 0.2、2m 試料を用いたクエンチ特性評価を行った。クエンチによる線材の破壊課程について、まず金属が破壊され、超電導層が破壊されることを示した。Nemetschek(THEVA)は FCL について、超電導体の hot-spot 問題に言及し、“ active quench propagation ” の提案を行った。具体的には超電導体が所々で基板に微小な面積で接する構造を仮定し、数値計算により ms オーダーで温度伝播がおこることを示した。また、THEVA 社作製のテープを用いて限流特性について評価し、I_c が長手方向に±50%変動しても影響がほとんどないこと、また高いパワー密度(E=2.7V/cm,P=100kW/m)が確認されたことを示した。岩熊(九州

大)は日本の変圧器とモーターの開発の概要及び進捗状況について紹介した。また、交流損失特性評価を行いレーザーあるいは化学エッチングによって scribing を行った結果交流損失の低減がはかれることを示した。

来年(CCA2007)は濟州島において、2007年11月8日-10日の期間で開催予定(主催者: Dr.K.S.Ryu(CAST))。



(SRL/ISTEC 材料物性研究部 筑本知子)

[超電導 Web21 トップページ](#)

M2S-HTSC VIII報告

第8回「超電導材料、超電導機構および高温超電導体に関する国際会議(International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity and High Temperature Superconductors, M2S-HTSC)」が2006年7月9-14日の5日間、ドイツのDresdenで開催された。Dresdenはエルベ川の上流にある都市でザクセン州の州都である。第2次大戦中の空襲によって壊滅的に破壊されたバロック様式の建造物は、近年の大改修によりその多くが復元されている。本会議は高温超電導を含む超電導材料ならびに物理・化学といった基礎分野を中心とした会議であるが、近年では応用に近い分野もフォローしている。もともとは1971年から継続的に開催された「dおよび電子系超電導に関する国際会議」で、高温超電導発見後1988年のInterlakenでの会議からは現在の名称に衣替えし、3年ごとに開催されている。参加者数は臨界温度の上昇とともに増加し、Hg系高温超電導体($T_c = 135\text{K}$)が発見された直後1994年のGrenobleでの会議は1500名の参加者でにぎわった。今回の参加者数は約870名であった。最盛期に比べて少なくなったとは言え、今なお超電導の会議としては最大級の規模と言える。国別の参加者数としては地元ドイツが20%、日本20%、次いで米国10%となっており、この分野における日本の貢献度の高さが現れている。

まず会議の初日には大会委員長のJ. Fink(Dresden)の司会で各賞の受賞式が行われた。(Bardeen賞:A. Andreev(Moscow)、真木(Los Angeles)、Scalapino(Santa Barbara)、Mattias賞:F. Steglich(Dresden)、Kamerling Onnes賞:内田、高木(東大)、N.P. Ong(Princeton)、Kurti賞:A. Wallraff(Zürich))会期中は毎朝、受賞記念講演が一件ずつ行われ、その後にパラレルおよびポスターセッションが行われた。二日目の夜には、A. Müller、A. Abrikosov、P.W. Andersonのノーベル賞受賞者3氏を迎えて、高温超電導発見から20年目の特別セッションも組まれた。

銅酸化物系の高温超電導体では以前から CuO_2 面にドーブされるホール量にともなって物性が変化することが知られていた。本会議ではそれぞれのドープレベルにおける物理が詳細に議論された。アンダードーブ側での擬ギャップ、電荷分布の不均一や同位体効果、さらにはオーバードープ側での物性変化がクロスオーバーなのか、それとも量子特異点を境にした相転移なのか等が議論された。また電荷供給層間に CuO_2 面が3枚以上存在する“多層 CuO_2 系”物質も盛んに議論されていた。電荷供給層に近い CuO_2 面は高い T_c の超電導を担っており、内側の酸素4配位 CuO_2 面は、ホールが十分にドーブされていないため反強磁性的な磁気秩序が残っているらしい。内田はKamerling Onnes賞受賞記念講演の中で、多層系において内側の CuO_2 面を十分にドーブすることによって、また一層系や二層系においても CuO_2 面にある結晶化学的な歪みを取り除くことができれば銅酸化物系においてさらに高い T_c が実現できるのではないかという見解を述べた。

他の物質系としては MgB_2 、Heavy Fermion系、有機超電導体も一大勢力となっていた。バリエーションとしてはCo酸化物、Ru酸化物、ポロカーバイド、パイロクロア、炭素系(C_{60} 、ナノチューブ)等があった。ホットな話題としてはBドーブダイヤモンドや単体Ca($T_c = 25.6\text{K}@161\text{GPa}$)もあった。物性測定では、ARPESがレーザー光源を使うようになったり、STMが本当に原子レベルの解像度でSTSができるようになったり、実験技術が先鋭化している様子が伺えた。

線材応用に関する発表のほとんどは123系高温超電導体のCoated Conductor関係であった。有効かつ磁場特性の異方性を無くすようなピン止め中心の導入方法が検討されていた。また、Bi2223線材においても、高い T_c と長尺化し易いといったメリットを活かす印象的な発表があった。デバイス関連としてはジョセフソン接合が関わった基礎的な研究がほとんどで、Intrinsic接合、SQUID、Qubitに関する発表があった。高温超電導体特有のIntrinsic接合やd波対称性を積極的に利用したデバイスの実現が今後楽しみなところである。

全体として今回の会議は、高温超電導に関してこれまでの20年を総括し、コンセンサスの得られている部分とさらに研究が必要な部分の再認識がなされたような会議という印象を持った。近年の材料合成技術ならびに評価技術の進歩により発表されるデータの信頼度が格段に増していることも感じられた。反面、驚くべき特異現象の発見や胸躍るUSO報告などが出にくくなってしまったのは少々残念なような気もした。研究者間にはインパクトの大きな研究成果を渴望する空気が感じられた。クロージングの最後に、秋光（青学大）は3年後に東京で次回の会議を開催する旨を連絡し、「（次回は）室温超電導体について話し合しましょう」と会議を締めくくった。



会議オープニングの様子



会議場からドレスデン市内中央を望む風景

(SRL/ISTEC 安達成司、坂井直道、掛下照久)

[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3)

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

今回は最近の中性子散乱や高輝度角度分光電子分光の観測により、 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{Cu}_2\text{O}_3$ や YBaCu_2O_3 の縦光学フォノンの振動数が、逆格子空間のゾーンバウンダリーの近くで異常なソフトニングを起こしている実験結果は、この領域で動的誘電率 $\epsilon(\mathbf{q}, \omega)$ の実数部が負になっていることで説明出来ることをお話しした。誘電率が負なる原因は何であろうか。この領域では縦光学フォノンに付随したイオンの変位により、イオン間の transfer integral が瞬間的には大きくなり電子が動き易くなる。この動き易くなった電子が絶縁体状態のイオン電荷の縦誘電率に寄与する部分をオーバースクリーンする結果と考えられる。このような現象が起こったとき銅酸化物に高温超電導が起こり得ることを説明し、室温超電導の夢のお話へと続けてみたい。

結晶中で波数 k と k' をもつ 2 つの電子に働く遮蔽された有効クーロン相互作用は $V(\mathbf{q})/\epsilon(\mathbf{q}, \omega)$ と書かれる。ここに \mathbf{q} は $\mathbf{q}=\mathbf{k}-\mathbf{k}'$ を ω は 2 つの電子の角振動数の差をあらわす。 $V(\mathbf{q})$ はクーロン相互作用の波数 \mathbf{q} のフーリエ成分である。先に述べたように原子あたり 1 つ以上の電子を持つ金属、合金ではデバイス遮蔽常数が非常に短くクーロン相互作用はほとんど遮蔽されてしまうので、この有効クーロン相互作用は小さくなってしまい、フェルミ面の近くの 2 つの電子間に働く BCS 型の格子振動を媒介にした引力相互作用が優位をしめる。一方、銅酸化物超電導の T_c が最高になるのは、 CuO_2 層の銅イオンあたり 10% - 15% のホールをドーブしたときである。このときの、平均距離にある 2 つのホールに働く裸のクーロンポテンシャルは 1eV - 2eV と強い斥力ポテンシャルである。先に述べたように $\epsilon(\mathbf{q}, \omega)$ の実数部が負の領域では、遮蔽された有効クーロン相互作用 $V(\mathbf{q})/\epsilon(\mathbf{q}, \omega)$ はかなり強い引力相互作用に変わり超電導形成に重要な相互作用になるであろう。この相互作用が引力になる領域は実験結果によると、かなり狭いが次に示すように、この相互作用で、銅酸化物高温超電導体の T_c の値や超電導秩序パラメータの対称性をかなりよく再現することが出来る。図 1 は波数 k と k' の電子の間にはたらくこの有効相互作用を示したファイマン ダイアグラムである。

図 1 の相互作用によって誘起される超電導を Eliashberg の積分方程式を用いて求めた。誘電率には縦光学フォノンの振動数の実験値から求めたものを、フェルミ面とバンド構造には角度分解光電子分光から求めた実験値を用いた。どちらも最適にホールをドーブした YBCO の試料から得られたものを用いた。これらの実験値を用い T_c の値と、 T_c における無限小のギャップ パラメータを

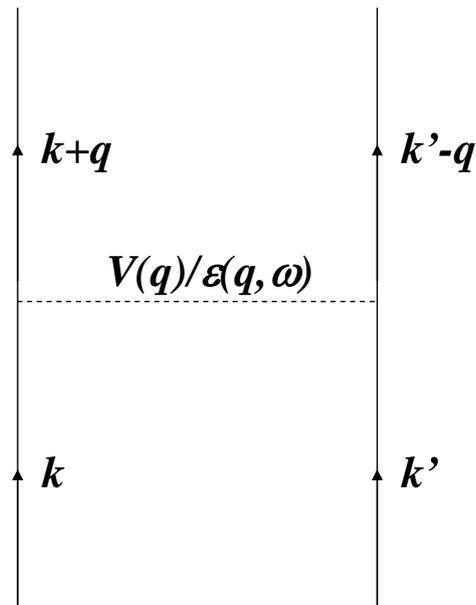


図 1 2 つの電子間に働く有効相互作用
 k と k' は 2 つの電子の波数、 \mathbf{q} と ω はそれぞれ 2 つの電子の波数と角振動数の差をあらわす。

求めるために Eliashberg 方程式を線形化した方程式を数値的に解いた超電導パラメーターの計算結果を図 2 に示す。

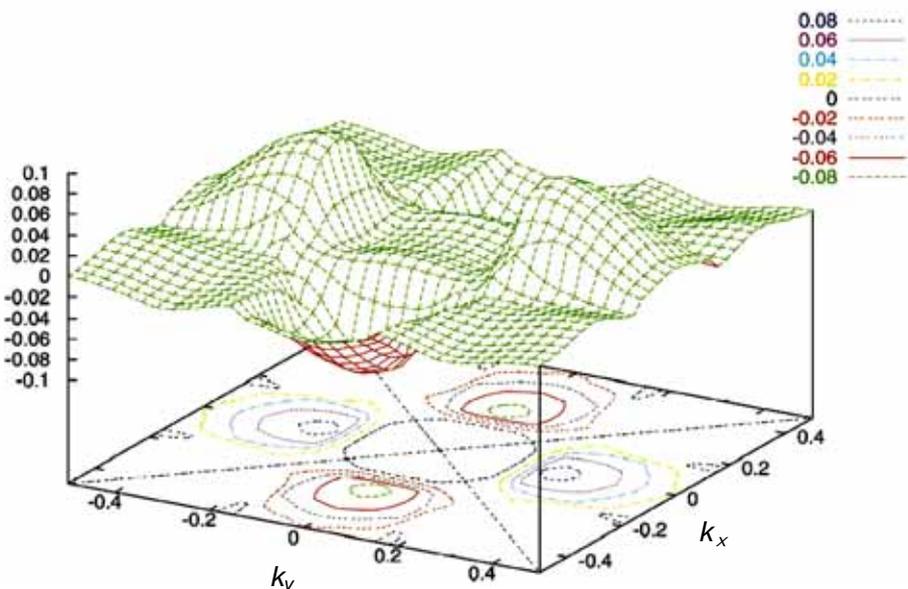


図 2 波数空間における高温超電導ギャップ パラメーターの典型的計算例

図 2 で見られるように超電導ギャップ パラメーターは $d_{k_x^2-k_y^2}$ 対称をもち実験結果と一致している。計算された T_c の値は 180K となり実験値の 90K より、かなり高い。この T_c の値が実験値より高すぎるのは、 T_c はパラメーターに敏感な量なので、少しのパラメーターの違いによる計算誤差のせい、あるいは計算は平均場近似で行われたので超電導揺らぎの効果が入ると T_c は下がるかもしれない。

以上述べてきた銅酸化物の超電導機構は電子あるいはホール間に相互作用が働き、伝導キャリア対が超電導を形成することにより超電導が出現するという点では BCS 理論の範疇に属する。しかし、今までに述べてきた幾つかの対をつくる機構は BCS 理論のものとは異なる機構である。このほかにも多くの対機構が提案されている。

ここで、Schrieffer 氏からお聞きした BCS 理論における電子対の話の一つさせていただこう。十数年前、仙台で Schrieffer 夫妻と夕食を共にする機会に恵まれ、Schrieffer 氏がイリノイ大学の大学院生で Bardeen 先生の指導のもとで BCS 理論を構築していた時代のお話を聞くことも出来た。BCS 理論が出る前のある時期に、電子間につよい引力がはたらいて電子対ができ、これがボーズ粒子となり、低温でボーズ凝縮したものが超電導状態であるという説があった。いまでも解説書のなかにはこのような説明をしているものを時々見かける。Bardeen 先生は、BCS 対はボゾンではなく、BCS 超電導状態はボーズ凝縮状態でないことをいつも強調されていたそうである。BCS 対のオペレーター B_k の交換関係を計算してみると確かに、ボーズ粒子ものでもフェルミ粒子ものでもない、これらの中間のものになっている。

そして BCS 超電導の基底状態の式は

$$\Phi_{\theta} = \prod_k (u_k + e^{i\theta} v_k B_k^{\dagger}) \Phi_v$$

と書けるということを Bardeen 先生のところへもって行いったところ超電導の機構はこれで解けたと非常にお喜びになったということであった。ここに、 θ は位相、 u_k 、 v_k はパラメーターである。

酸化物高温超電導や、切望されている室温超電導の電子対の機構は BCS 理論のものとはまったく違ったものであろう。またこれらの超電導の機構は BCS 理論の範疇にはいない、まったく異なった新しいものかもしれない。新しい発想と経験を生かした実験と理論の連携した研究が望まれる。

[超電導 Web21 トップページ](#)

読者の広場

Q&A

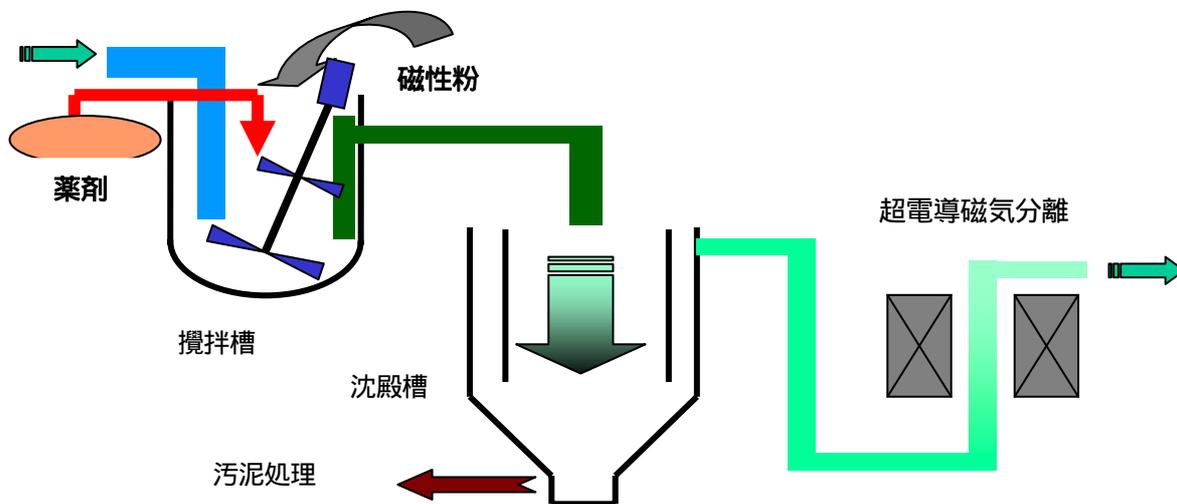
Q：超電導関連のベンチャー企業について、最近の実例があれば教えてください。

A：磁気分離の専門会社として平成 17 年 8 月にスタートした株式会社 MS (Magnetic Separation) エンジニアリング (<http://www.ms-engineering.co.jp/>) というベンチャーがあります。平成 13 年から NEDO の基盤技術研究促進事業「超伝導磁気分離を利用した製紙工場からの廃水処理システム」を大阪大学、大阪府立大学とで 4 年間行い、その成果をもとに事業化を始めています。

大阪の南、柏原市の再生紙工場で 2000 トン/日の実機プラントを立ち上げ、1 号機として平成 18 年 9 月ごろには納入予定です。この装置は、今まで下水に放流していた 1 日 2000 トンの工場廃水の懸濁物質を除去し、再度工場内で使うリサイクル水を作るものです。原理は、廃水中の懸濁物質に磁性粉をからめ、凝集剤によって磁性フロックを作り、超電導磁石の強い磁力で水中から分離し、廃水の清浄化を行います。

この装置の特徴は従来の凝集沈澱、ろ過などの装置と比べ 1/10 以上と小型化ができ、都市型の狭い工場内にも設置が可能です。溶溶性の物質を取り除く技術についても、磁性活性炭、磁性粘土などを使って磁氣的に処理をする技術を開発中です。

磁気分離システム図



回答者：大阪大学
大学院工学研究科 原子力工学専攻
教授 西嶋茂宏

[超電導 Web21 トップページ](#)