

掲載内容 (サマリー):

特集: 超電導バルク技術

超電導バルク磁石材料および応用技術の現状
100kWh 級フライホイール電力貯蔵システム用超電導軸受の開発
液体窒素冷却バルク超電導体を回転界磁極とする超電導モータ
マグネトロンスパッタ装置への応用
超電導関連製品ガイド - 超電導バルク及び応用製品 -

超電導関連 5-6 月の催し物案内
新聞ヘッドライン (3/19-4/19)
超電導速報 - 世界の動き (2005 年 3 月)
特許情報
日米超電導ケーブルワークショップ報告
平成 17 年電気学会全国大会シンポジウムから - 進展目覚しいダイヤモンド電子・電気機能材料 -
超電導エネルギー貯蔵研究会「The New Generation of Superconductor Equipment for the Electric Power Grid by Dr. A.P.Malozemoff」より
2005 MRS Spring Meeting 報告
隔月連載記事 - 超電導市場のこれまでとこれから (その 3)
読者の広場(Q&A) - 超電導技術動向報告会とはどのような会議ですか?

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

発行者
財団法人 国際超電導産業技術研究センター 超電導 Web21 編集局
〒105-0004 東京都港区新橋 5-34-3 栄進開発ビル 6F
Tel (03) 3431-4002 Fax(03) 3431-4044
超電導 Web21 トップページ: <http://www.istec.or.jp/Web21/index-J.html>



この「超電導 Web21」は、競輪の補助金を受けて作成したものです。

特集：超電導バルク技術

「超電導バルク磁石材料および応用技術の現状」

芝浦工業大学
工学部 材料工学科
教授 村上雅人*

超電導磁石として機能するバルク材料は RE-Ba-Cu-O (RE: 希土類元素) 系であり、磁石として機能する原理は、誘導電流による磁場捕捉である。この誘導電流は、超電導体外部で磁場が変化することによって誘導され、その大きさは臨界電流となる。

捕捉磁場の大きさは、臨界電流とともに電流ループの大きさにも比例する。よって、超電導バルク磁石の高性能化には、組織制御による臨界電流の向上と、試料の大型化が必要となる。

臨界電流の向上に関しては、組織制御によってピン止めセンターの導入が行われている。まず、Y-Ba-Cu-O 系では $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ (Y123) 超電導相の中に非超電導相である Y_2BaCuO_5 (Y211) 相を微細に分散させることで臨界電流の向上が図られる。さらに RE-Ba 固溶を有する Nd, Sm, Eu, Gd 系では、RE123 マトリックスの化学組成ゆらぎをうまく制御することで高い臨界電流が得られている。また、RE サイトを複数の元素で混合することにより、ナノオーダーでの組成ゆらぎが規則的に生じ、液体窒素温度でも 20万 A/cm^2 を越える臨界電流密度が得られるようになっている。

試料の大型化に関しては、単なるサイズの大型化ではなく、大傾角粒界やクラックなどの弱結合のない組織を実現する必要がある。このため、種結晶熔融法を用いて試料全体にわたって c 軸配向した結晶を成長させる手法が採用されている。

しかし、実際に強磁場を捕捉させる過程で、高特性の配向結晶が得られただけでは不十分であることが明らかとなった。それは、強磁場を捕捉すると、材料に大きな電磁力が働き、磁石が破壊するからである。また、酸化物超電導体は熱伝導率が小さいため、いったん超電導体内部で熱が発生すると、磁石としての安定性が低下しクエンチそして破壊に至るといった問題も生じる。

これら機械特性も含めた低温安定性を向上するために、いくつかの手法が開発されている。機械特性向上には、試料への Ag 添加、樹脂含浸、金属リングによる冷やしばめなどが有効であることが明らかとなっている。また、低温安定性の向上には、試料に人工孔を設け、熱伝導性に優れた Al などを挿入したうえで、低融点合金 (Bi-Pb-Sn-Cd) を含浸する手法が有効である。合金含浸処理を施した直径 2.5cm の Y-Ba-Cu-O では 29K で 17T の捕捉磁場が達成されている。

このように、バルク超電導磁石の性能は飛躍的に向上しており、従来の永久磁石では発生できない強磁場を発生できることから、応用開発も活発化している。バルク超電導体の応用には、大別すると浮上応用、磁石応用、導体応用があるが、ここでは磁石応用の現状と課題について簡単に紹介する。

現在、永久磁石は動力機器や電子部品など広範囲に利用されている。しかし、永久磁石には元素のスピンに由来する本質的な磁場の上限が存在する。超電導磁石では、臨界電流を大きくできれば捕捉磁場はいくらでも大きくできるので、10T 以上の磁場発生も可能となる。このため、永久磁石を利用している電動機器などに利用すれば、そのコンパクト化とともに出力を大きくすることも可能となる。また、超電導コイルと異なり、ごく限られた面積で強磁場を発生できるうえ、磁気勾配も大きくなるので、磁気分離など、この特徴を活かした応用も考案されている。

ただし、コイルと異なり磁石化するために電流を流すという方法がとれないため、超電導マグネットの中で磁場中冷却するか、パルス磁場を瞬間的に加えて励磁するかの方法しかない。超電導マグネットが使える用途では問題はないが、パルス励磁の場合には発熱の問題があり、実際の性能よりもかなり低い捕捉磁場しか得られない。よって、パルス励磁により、いかに高い磁場を捕捉させるかが、磁石応用の大きな課題となっている。

* なお、村上雅人教授は、(財)国際超電導産業技術研究センター/超電導工学研究所の特別研究員でもある。

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導バルク技術

「100kWh 級フライホイール電力貯蔵システム用超電導軸受の開発」

フライホイール電力貯蔵システム(FESS)の実用化には、高荷重の高速回転体を非接触かつ低損失で支持できる高温超電導バルク磁石を用いた超電導軸受(SMB)技術の確立が必要である。そこで NEDO「フライホイール電力貯蔵用超電導軸受技術研究開発」の下、大容量化に適したラジアル型 SMB の製作に関する技術的見通しを得るため、100kWh 級 FESS 用 SMB モデルを開発し、その性能評価を行った。

SMB 固定子モデルは、厚さ 1mm の円筒形クライオスタットの内壁に図 1 のように配列したバルク 24 個を接着固定して作製したが、実際の 100kWh 軸受は、このモデルを軸方向に 7~9 段程度積み重ねて構成される。各バルクには、機械的特性改善、耐久性向上等を目的にエポキシ樹脂の真空含浸処理を施した。一方 SMB 回転子は、永久磁石及びヨークを径方向にテーパ形状とすることで、高磁場化を図った(図 2)。これによりピーク磁場強度を従来構造に対し約 20%向上させることに成功した。なお、固定子と回転子の間隙は 1.8mm(エアギャップ 0.8mm)である。

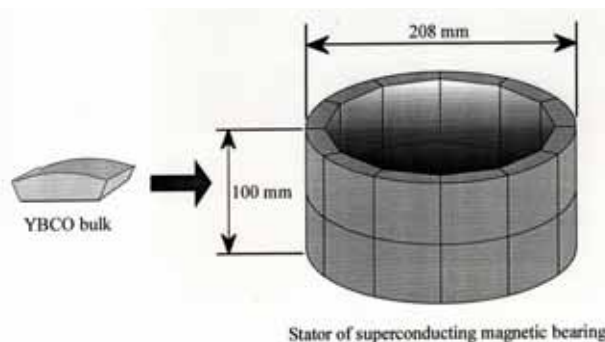


図 1 100kWh 級 SMB 固定子内のバルク配列

SMB の性能評価の結果、77K にて目標の 10N/cm² を上回る 11N/cm²(17N/cm²@67K)の載荷力密度を得た。また実用化に不可欠な軸降下抑制対策として、予荷重法、過冷却法の効果を検証すると共に、新たに温度変化法を提案し、その有効性を確認した。



図 2 テーパー形状 φ300mm 磁気回路

以上、100kWh 級 FESS 用ラジアル型 SMB 製作の技術見通しを得た。

(SRL/ISTEC 企画本部 兼 材料物性研究部 バルク研究開発室 市原卓巳)

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導バルク技術

「液体窒素冷却バルク超電導体を回転界磁極とする超電導モータ」

東京海洋大学
海洋工学部
教授 和泉 充

バルク超電導体を磁石として機器に実装するメリットとして、励磁のための電流リードの接続が不要であり、また磁界維持のためのエネルギーも不要であることが指摘できる。他方、線材コイルを使用する場合、励磁のための電流リードが必要である。また、量産されている高温超電導線材磁石では、磁界維持のために、給電する必要がある。北野精機（株）、東京海洋大学、福井大学のグループは、Gd系バルク磁石8個が界磁極として回転子上に配置され出力軸と一体に回るブラシレス回転界磁型同期モータを製作した。外径500mm、長さ300mmの寸法で15kW、720rpmの設計仕様である。バルク磁石8個が円周上に配置された回転子を挟んで両側に6個ずつ合わせて12個の鉄心レス渦巻き型電機子コイルが固定されている。バルク磁石は、このスプリット型配置にある渦巻き型コイルにパルス電流を印加してパルス磁界による着磁を行う。回転子と電機子を出力軸方向に交互に配置して多層構造で容量を増加することができる。このとき電機子への配線だけ考慮すればよい点は永久磁石モータと同様であり、冗長性に優れている。

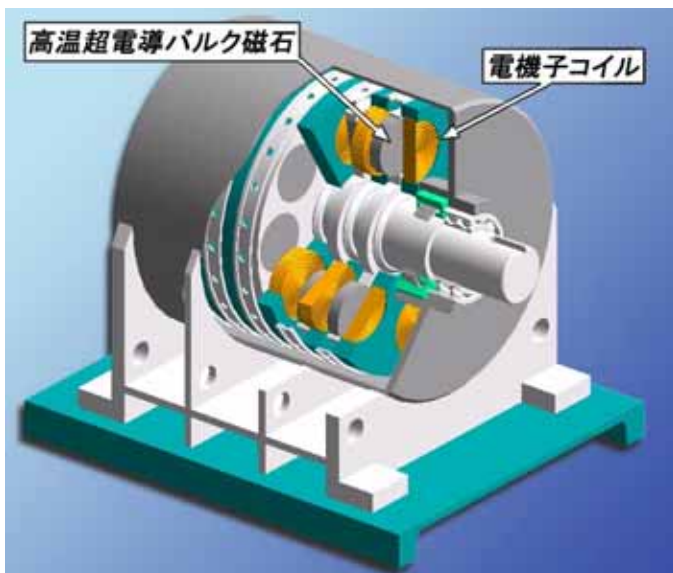


図1 回転界磁多層型高トルク超電導モータの概念図

回転子内部のバルク磁石実装部には、冷媒（現在は液体窒素）をロータ内部で循環させて、Gd系バルクの物性に対応した効率のよい冷却ができる。この目的のためにロータに冷媒を送り込み循環させるための口・タリ・ジョイントが開発された。この冷媒循環冷却機構の考え方そのものは、米国AMSC社やドイツのSIEMENS社の発表した高温超電導モータのそれと本質的な差はない。回転子は周囲から断熱され、バルク体表面と固定電機子の間（エアギャップ）は高真空に断熱されており、バルクを冷媒で浸漬する構造でないことも特徴である。これまでに3kW、720rpmでの検証を発表したが、その後、実装されたバルク界磁の捕捉総磁束の増量による高トルク化が進み、(1)パルス着磁波形の最適制御と短時間でモータを始動できるパルス着磁、(2)良質バルクを貼りあわせて表裏両面の磁束の最大化とピン止め中心の分布の均一化をねらった複合バルク磁石の実装などが試みられた。パルス着磁の際には、瞬間的な反発力が捻りモーメントとして回転子や出力軸に加わる。現在では、この影響を回避する着磁機構を開発した結果、複数回の着磁も問題なく可能となっている。

過去半年間で、モータ内部での実装捕捉磁束は60%以上増加しており、バルク体への金属含浸処理による捕捉磁束の大幅な向上も検証されている。また第2相のナノ分散化による捕捉磁束向上も試みられている。今後、高トルク化はさらに進むと期待できる。外部から冷媒を供給しない閉サイクル冷却と磁場捕捉性能の更なる向上によって永久磁石界磁や鉄心巻き線界磁を大幅に凌ぐエアギャップフィールドを達成できるかどうか小型、軽量、高トルクモータとしての実用化の鍵となる。バルク超電導モータの大容量化のためには大口径のバルク磁石が有効である。この観点から、ISTECによる直径140mmのバルク磁石の開発は、大きな励みとなっている。バルク超電導モータの周辺・要素技術は低速多極機としてのエネルギー・輸送分野ばかりでなく、ひろく医療分野や海洋環境の保全分野への応用なども検討されている。

本研究の一部は日本財団の援助を受けて(財)シップアンドオーシャン財団が行う技術開発基金の補助を受けて行われており、別記3機関の他に富士電機システムズ、日立金属、かもめプロペラ、新日本製鐵先端技術研究所、芝浦工業大学、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(ISTEC-SRL)が協力している。



図2 プロペラ回転検証実験中のバルク超電導モータ

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導バルク技術 「マグネトロンスパッタ装置への応用」

豊田理化学研究所
水谷 宇一郎

REBa₂Cu₃O_{7-d} (RE=Sm、Gd など)いわゆる RE123 系超電導材料は、211 相などのピン止め点の導入により強磁場中でも高い臨界電流密度 J_c が得られ、着磁後においてもバルク全体に超電導電流が環流し続けるので強い擬似永久磁石として利用出来る。例えば、直径 60mm のバルク超電導体であればその表面に 5Tesla を越える磁場を発生できる。さらに、RE123 系超電導材料は温度を下げると J_c が増大するので、液体窒素による 77K までの冷却に留まるよりも超電導バルクをコンパクトな冷凍機に組みこんで 20-30K まで冷やし冷凍機と一体化した磁場源とすることで、その実用化への道を大幅に拡大出来る。我々のグループでは、これまで自作してきた直径 60 mm の Sm 系バルクと市販の直径 60mm の Gd 系バルクを採用して実験してきた。これらを空冷式冷凍機に搭載し 8.5 T の静磁場中で 27 K まで冷却後着磁することで、バルク表面より 3 mm 上の室温空間に 6.0~6.5 T の磁場を得ている。

このように着磁した超電導バルク磁石は、車載電源を持ったハイブリッド車を使い冷凍機を運転したままどこへでも運搬できる。図は我々が開発した超電導バルク磁石搭載のマグネトロンスパッタ装置を示す。超電導バルク磁石の採用により、ターゲット上の水平磁場成分の大きさが、通常のマグネトロンスパッタ装置で得られる 0.05T の 20 倍以上の 1.2T を得ている。そのため、従来より 1 桁ないし 2 桁低い 0.1~0.01Pa のアルゴン圧下で放電が維持できる。成膜時の圧力を下げると、スパッタ粒子の平均自由行程が従来の 10cm 以下から 50cm を越すまで大きく伸び、スパッタ粒子の直進性が向上するため、ターゲット - 基板間の距離を数 10cm 以上に広げても成膜が可能になる。この低圧・長距離成膜によって、高アスペクト比の微細孔内部への成膜や、プラズマダメージの少ない成膜が可能となる。



図1 強磁場マグネトロンスパッタ装置

今年度より3年計画で独立行政法人「科学技術振興機構研究成果活用プラザ東海」のプロジェクトとして、極端紫外線(EUV)を使った次世代半導体露光装置に用いられる光学多層膜を成膜する装置の開発を目指す研究を、名大、(株)ニコン、(株)イムラ材料開発研究所と共同で開始した。EUV用多層膜ミラーでは、膜厚 2.5 nm の Mo と同 4.5 nm の Si を交互に 50 層程積層するが、その界面に 1 nm 以上の拡散層ができてしまうために反射率が理論値より低い値になっている。露光装置では 10 枚以上のミラーを介して Si ウェーハ上に回路を焼き付けるため、例えば 1 枚あたりの反射率を 3%向上すれば、全体で透過率は 70%も向上することになる。拡散層の低減は、露光時間の大幅な短縮を可能とする。超電導バルク磁石を使ったマグネトロンスパッタ装置を使うことで、プラズマダメージを大幅に減らし、界面拡散層の少ない高反射率の光学多層膜を実現することを目標にその研究を開始している。

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導関連製品ガイド - 超電導バルク及び応用製品 - (社名五十音順表示)

バルク体

新日本製鐵株式会社

超電導バルク材料、溶融体(単ドメイン結晶体)

Tel: 0439-80-2714、Fax: 0439-80-2746、e-mail: hirano@re.nsc.co.jp (平野芳生)

同和鋳業株式会社 電子材料事業部 超電導材料グループ

酸化物合成粉、溶融体、ターゲット、Bi2223 厚膜

Tel: 03-3201-1086、Fax: 03-3201-1036、e-mail: murakamn@dowa.co.jp (村上法史)

バルク応用製品

アイシン精機株式会社

超電導攪拌装置、バルク超電導磁石を用いた磁場発生装置

Tel: 0566-24-8865、Fax: 0566-24-8859、e-mail: okubo@ee.aisin.co.jp (営業担当: 大久保勇治)

Tel: 0566-24-9382、Fax: 0566-24-9370、e-mail: toka@ai-i.aisin.co.jp (技術担当: 岡徹雄(イムラ材研))

新日本製鐵株式会社

超電導電流リード

Tel: 0439-80-2714、Fax: 0439-80-2746、e-mail: hirano@re.nsc.co.jp (平野芳生)

同和鋳業株式会社 FTP 事業部 超電導材料グループ

磁気シールド、電流リード

Tel: 03-3201-1086、Fax: 03-3201-1036、e-mail: murakamn@dowa.co.jp (村上法史)

(編集局 田中靖三)

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導関連 5-6月の催し物案内

5/16-20

PAC05 : 2005 Particle Accelerator Conference

場所: Knoxville, Tennessee, USA

問合せ: <http://www.sns.gov/pac05/>

5/18

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構受託事業

「フライホイール電力貯蔵用超電導軸受技術研究開発」成果報告会

場所: 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 大会議室

主催: 財団法人 国際超電導産業技術研究センター

問合せ: 超電導工学研究所 企画本部 市原

TEL: 03-3536-5703、FAX: 03-3536-5717、

e-mail: ichihara@istec.or.jp

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

5/30

超電導技術動向報告会 - 実用期を迎えた超電導技術

場所: 都市センターホテル3F コスモスホールI (東京都)

主催: 財団法人 国際超電導産業技術研究センター

問合せ: <http://www.istec.or.jp/event>

5/31-6/2

春季低温工学・超電導学会

場所: 東京大学 山上会館及び大講堂 (安田講堂) (東京都文京区)

主催: 低温工学協会

問合せ: <http://csj.or.jp/jcryo/conference2.html>

6/3

低温構造材料の最近の話題

場所: 東京大学 山上会館 地階会議室 (東京都文京区)

主催: 低温工学協会 材料研究会

問合せ: E-mail: kojichiekoshibata@yahoo.co.jp

(柴田浩司) TEL/FAX: 042-576-4762

6/24

応用物理学会超伝導分科会第31回研究会「将来の超
高周波、高速化、高精度を担う超伝導応用技術」

場所: 超電導工学研究所 (東京都江東区)

主催: 応用物理学会超伝導分科会

問合せ: 富士通研 山中一典 TEL: 044-754-2641

E-mail: yamanaka.kaz-02@jp.fujitsu.com

第7回(2005年度)サー・マーティン・ウッド賞受賞候補者推薦要項

1. 趣旨 凝縮系科学に係わる若手研究者に対して研究のインセンティブ、モチベーションを与えます。

2. 対象分野 広い意味の凝縮系科学 (例: 固体物理学、固体化学、材料科学、表面物理)

3. 候補者 日本における研究機関で、凝縮系科学における優れた業績をあげた40歳以下(2005年4月1日現在)の若手研究者。国籍は問わない。

4. 賞の内容 受賞は毎年1件ないし2件とし、受賞者には賞状、賞金50万円と英国のいくつかの大学への講演旅行の機会が与えられます。

5. 推薦依頼先 関係専門分野の有識者、関連諸学会

6. 推薦件数 各推薦者(研究室)、推薦団体からそれぞれ一件とします。

7. 推薦方法 所定の推薦用紙に必要事項をご記入の上、締切期日までに到着するよう右記事務局にお送り下さい。自薦も受け付けます。自薦、他薦共に、候補者の業績内容を最も良く理解していると考えられ、

当方より問い合わせ照会のできる2名の方(推薦者以外の方)の氏名、所属、肩書き、連絡先を記入して下さい。

8. 締切期日 2005年8月1日(月)

9. 選考 ミレニアム・サイエンス・フォーラム実行委員会にて審査、選考します。

10. 決定 2005年9月の予定です。

11. 賞の贈呈 2005年11月に駐日英国大使館(東京)で行う予定です。

12. 推薦書提出先及び連絡先

〒135-0047 東京都江東区富岡 2-11-6

オックスフォード・インストゥルメンツ株式会社内
ミレニアム・サイエンス・フォーラム事務局


TEL: 03-5245-3261 FAX: 03-5245-4472

E-mail: msf@oxinst.co.jp

<http://www.msforum.jp/>

[超電導 Web21 トップページ](#)

新聞ヘッドライン (3/19-4/19)

超電導起こす電子のエネルギー 直接観察に成功 3/19 毎日新聞
半導体に磁石の性質 日立など観察に成功 3/23 朝日新聞
重粒子照射に新効果 原研は確認 3/23 朝日新聞
SFQ 理論合成ツール開発 超電導工学研 超電導 LSI 設計自動化 すそ野広げ実用化に弾み 3/23 日刊工業新聞
熱核融合実験炉交渉 6月末決着 EUが要請 3/24 朝日新聞
開口径大きくしたMRI 3/25 日経産業新聞
産総研 超電導検出器実用化にめど 極低温環境に対応 3/25 日刊工業新聞
「日本は方針明確に」仏政府筋 熱核融合実験炉計画で 3/25 日本経済新聞
アインシュタイン理論から90年 ブラックホール 陽子衝突で一瞬誕生か 07年に実験開始 3/26 朝日新聞
主要家電5品目 原材料表示義務付け 各国に呼びかけ 3/27 朝日新聞
小泉首相 対中武器輸出に反対 仏大統領「EUの政治的決定」 3/28 毎日新聞、読売新聞、日本経済新聞
熱核融合炉、来月に日欧協議 日仏首脳合意 3/28 日本経済新聞、日刊工業新聞
56年ぶり新マーク 規格国際化で制度変更 3/29 フジサンケイビジネスアイ 
液体窒素冷却超電導モーター 磁束と温度の「壁」クリア 小型・軽量化を実現 3/29 電気新聞
ITER 誘致 日仏、協議を継続へ 両国首脳、会談で一致 3/29 電気新聞
ITER 誘致 協議の継続を確認 仏担当相、文科相と会談 3/30 電気新聞
テラヘルツ波を連続放射 RIST 機構や条件を解明 3/31 日刊工業新聞
高温超電導ケーブル 送電試験に成功 電中研など、実用化メド 4/1 日経産業新聞
時速581キロ世界最速リニア 4/1 読売新聞(夕)
高温超電導ケーブル 実用化へ技術を確立 古河電工など フィールド試験完了 4/4 電気新聞
近畿大と理研 高圧核磁気共鳴法 NMR で実現 動くたんぱく質の立体構造を動画化 4/4 日刊工業新聞
「環境型」マイクログリッド 万博会場に最新技術が結集 4/6 電気新聞
電気を回転エネルギーに 超電導の「円盤」で蓄電 経産省、試作機開発へ 4/6 日経産業新聞
核融合研究開発 韓国基礎研と協力 原研 4/8 日刊工業新聞
六ヶ所村に「放射光施設」 ITERと同時誘致視野 4/8 電気新聞
15年後、リニア商業運転 科学者2700人未来予測 4/9 朝日新聞(夕)
質量分析装置 小型・低価格を追求 アプライドバイオが2種 4/11 日刊工業新聞
ITER 誘致交渉 大詰め 日欧担当相 あす会談 結果次第で分裂も 4/11 日本経済新聞
核融合の研究で 原研が協力協定 韓国研究所と 4/11 日経産業新聞
MRI 患者動いても鮮明な画像 GE 横河メディカルが発売 4/11 日経産業新聞
日欧 ITER 誘致交渉 きょう担当相会談 4/12 電気新聞、日本経済新聞(夕)
NEDOが公募 超電導フライホイール開発 4/12 電気新聞
完全超電導モーター 容積1/10で軽量 石播など CO2排出を削減 4/13 日本経済新聞
ITER 7月までに決着へ 建設地問題で日欧合意 4/13 日刊工業新聞、日経産業新聞、電気新聞
小型超電導モーター 石播など エネルギー損失軽減 4/15 日経産業新聞、電気新聞、フジサンケイビジネスアイ
愛知万博でリニアを体験!! 超電導リニア館 4/15 フジサンケイビジネスアイ
愛知万博のリニア館へ来場訴え 少年の未来との出会い印象的に 4/16 日本経済新聞
ITER 決着 期限「6月末」 EU競争力理事会 4/19 朝日新聞(夕)

[超電導 Web21 トップページ](#)

【ビジネストレンド】超電導速報 世界の動き (2005年3月)

一般

Battelle (2005年3月9日)

ブッシュ大統領は Battelle を訪問し、Battelle 及び Battelle が運営又は共同運営に関与している DOE 傘下の 5 つの国立研究所が開発を進めている色々なエネルギー応用関連技術を視察した。視察の際、電力網信頼性に関するプレゼンテーションが行われたが、これは既存の送電線の能力を上回る負荷に対応できるような HTS ケーブルの能力に焦点を当てたもの。エンドユーザーに影響を与えることなく、電力網の管理者が生じた問題を検知し負荷を減らすことを可能とするモニター・制御技術もこのプレゼンテーションのハイライトであった。Battelle の本分野における大部分の研究は Pacific Northwest 国立研究所及び Oak Ridge 国立研究所において行われている。

(出典)

“PRESIDENT GEORGE W. BUSH VIEWS ENERGY INNOVATIONS DURING VISIT TO BATTELLE”

Battelle press release (March 9, 2005)

<http://www.battelle.org/news/05/03-09-05VIPVisit.stm>

電力

Trithor (2005年3月9日)

Trithor は、Oswald Elektromotoren GmbH が Trithor 製の 40 セットの HTS パンケーキコイルを受け取ったと発表した。これは、製品名 LIMODRAW™. という管引き装置に組み込まれる。LIMODRAW 技術により、非接触で引いたり、押ししたりでき、また、変形率を増加させることができる。線速度が速くなることから、生産性も向上する。Oswald Elektromotoren は、半製品製造装置の製作では世界のトップである Bültmann GmbH 向けに管引き装置の開発を行っている。Oswald Elektromotoren GmbH 専務 Bernhard Oswald は次のように述べた。「直線電磁駆動技術のリーダーにとって、Trithor の高品質なコイル製品を Bültmann の金属成型装置用の駆動デバイスに取り入れることは、非常にワクワクする出来事である。駆動装置のステータに交流磁界を生成するために HTS を使用したのは、これが初めてである。」この開発プログラムは EU との 2 年契約の下で資金を得て行われた。

(出典)

“Trithor’s Products Applied to Industrial Metal Forming Technology”

Trithor press release (March 9, 2005)

http://www.trithor.de/pdf/2005-03TrithorLimodraw_ENG.pdf

American Superconductor Corporation (2005年3月10日)

American Superconductor Corporation (AMSC)は、最近の公募に関連してオーバーアロットメントオプション(当初の売出し株数を上回る株を追加的に売出す)を行使し、追加の一般株式 60 万株の販売を完了した。引受人の割引及び手数料を差し引いたこのオーバーアロットメントオプションからの純収入は 590 万ドルに上り、AMSC は(最終的に)およそ 4,550 万ドルを受け取ることになる。この収入は、次世代 HTS 線材製造設備のスケールアップを含め、主として投資及び一般事

務費として使用する予定。

(出典)

“American Superconductor Announces Exercise of Over-Allotment Option for Public Offering”

American Superconductor Corporation press release (March 10, 2005)

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=683945&highlight

American Superconductor Corporation, Quantum Design 及び HTS-110 Ltd. (2005年3月16日)

American Superconductor Corporation (AMSC)、Quantum Design 及び HTS-110 Ltd.は、材料の基本物性を測定する新製品を販売すると発表した。この装置は Quantum Design 社の製品である Physical Property Measurement Systems® (PPMS)の新しいメンバーであり、これにより、先端的な材料の熱的、磁氣的及び電気的特性の自動測定が可能になる。PPMS NitroLab という名称の新しい装置は、AMSC の HTS 線材を使い HTS-110 Ltd.によって製作された 1-Tesla の HTS マグネットを装備しているのが特徴である。その利用範囲を広げ、銅線や LTS 線を使用した類似システムに比べて運転コストを低下させるため、装置は液体窒素で冷却される。Quantum Design 社は、今後 9 ヶ月以内にこの製品の 1 号が世に出るものと期待している。

(出典)

“Quantum Design Introduces New High Temperature Superconductor-Based Product for Physical Property Measurements”

American Superconductor Corporation press release (March 16, 2005)

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=686044&highlight

Intermagnetics General Corporation (2005年3月16日)

Intermagnetics General Corporation は、2005年2月27日に終了する第3四半期の収支を発表した。(子会社売却益、子会社買収及び統合に伴う費用は除き)純収入は、55%増の800万ドルであった。ベ - スを統一して算定した前年同期の純収入は520万ドル。(子会社の売却、買収等を含む)第3四半期の全ての純収入は、2,470万ドル。製品販売は、前年同期の4,310万ドルに対し、当期は7,510万ドルであった。IGC社最高責任者 Glenn H. Epstein は次のように述べた。「我々のバランスシートは本質的に改善された。このためキャッシュ・フローの状態も良好となり、Polycold の売却益とも相まって既存の1億3千万ドルの借り換え部分の全てを返済することができた。現在長期債務として残っているのは2,100万ドルだけである。2004年の Invivo と MRI Devices の買収に関連した費用は1億1200万ドルであったが、1年と少しでその80%以上の負債を返すことができた。我々の利払い費用は、現在、大きく減少しており、我々は将来の成長に向けた体質強化のための戦略的イニシアティブを追求していける非常にいい位置にいる。」

IGCの子会社である SuperPower Inc.の第3四半期の収入は、前年同期150万ドルに対し、360万ドルであった。IGCは SuperPower の開発に対する投資額を前年同期170万ドルから、当期130万ドルに減少させた。これは、第3者からの収入が増えたためである。また、SuperPowerは2006年度まで活動資金が約束されている現行開発プログラム向けに新たな注文を受けている。さらに、SuperPowerは2006年の次世代線材商業生産開始の準備として、複数の第3者に次世代線材の提供を始めたところである。

(出典)

“Intermagnetics Reports Strong Q3 Net Income”

Intermagnetics General Corporation press release (March 16, 2005)

<http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=88261&p=irol-newsArticle&ID=686495&highlight>

通信

Superconductor Technologies Inc. (2005年3月10日)

Superconductor Technologies Inc. (STI)は、2004年12月31日に終了する第3四半期の収支を発表した。総収入は、前年同期の1,640万ドルに対し76%減の390万ドルであった。純製品売り上げは、前年同期1,290万ドルに対し、当期は77%減少の300万ドルであった。政府契約やその他契約による収入は前年同期340万ドルに対し、当期は95万ドルに減少した。当期損失は、リストラ費用など190万ドル、在庫評価損420万ドルを含め1,130万ドル。STI最高責任者 M. Peter Thomas は次のように述べた。「以前にも発表したように、第4四半期の収入が予想より悪かったのは、大きな政府契約及び製品注文のいくつかが遅れたためである。しかしながら、これらの契約や注文は2005年には実現することになる。一方で、12月に我々はフォローオン注文の契約を大手顧客の1社と締結し、これにより2005年に725万ドルの売り上げが期待できる。さらに、2004年末時点で直ちに出荷可能な受注残が73万ドル(2003年末時点では25万ドル)であった。

2004年のSTI社の総収入は2,300万ドル、2003年の4,940万ドルに比べて53%の減少であった。2004年の製品販売は、前年の3,860万ドルから56%減少して、1,680万ドルであった。2004年の政府契約及びその他契約は、前年の1,080万ドルに対し、620万ドルであった。

(出典)

“Superconductor Technologies Inc. Announces Fourth Quarter and Year-End 2004 Results”

Superconductor Technologies Inc. press release (March 10, 2005)

<http://phx.corporate-ir.net/staging/phoenix.zhtml?c=70847&p=irol-newsArticle&ID=684158&highlight>

加速器

Italian Institute of Nuclear Physics (2005年3月1日)

イタリア核物理機構は、4Teslaの磁界が発生可能な世界最大の超電導ソレノイドを完成したと発表した。Large Hadron Collider (LHC) が完成すれば、このソレノイドはCERNで計画されているCompact Muon Solenoid (CMS)実験に供されることになっている。ソレノイド自身は、それぞれ直径6m、長さ2.5m、重量50トンの5台の大型モジュールから構成されている。CMS実験の主目的は、これまで観測されなかったヒッグス・ボゾンの確認である。CMSマグネットは大きな国際協力の賜物であり、これには、イタリア核物理機構、フランス原子力庁、スイスのチューリッヒ工科大学その他、イタリア、フランス、スイス、ドイツ、ロシアその他の国の企業が参加した。CMSソレノイドの製作には10年という歳月と、8,000万ユーロの投資が必要であった。CMSソレノイドは、2006年夏にLHCに取り付けられる予定。

(出典)

“Consigned to CERN the last component of CMS magnet”

Italian Institute of Nuclear Physics (March 1, 2005)

<http://www.infn.it/indexen.php>

CERN (2005年3月7日)

CERNは、初めての1232超電導ダイポール・マグネットがLarge Hadron Collider (LHC)の加速トンネルの中に下ろされたと発表した。15m、35トンのダイポールマグネットの運び込みにより、LHC組み立てが開始された。超電導ダイポール・マグネットはLHCの最も込み入った部品であり、光速近くまで加速されるプロトンの軌道を曲げるための極めて強い磁界を発生させる。加速された

プロトンが衝突する時、14TeV ものエネルギーが放出される。これは、周囲 27 km の円形トンネルを持つ LEP が作り出すことのできるエネルギーよりも 70 倍も大きい。また、この最初のダイポール・マグネットの運び込みは半数のダイポール・マグネットの出荷の完了という他のマイルストーンとも一致している。残りの 616 マグネットは、2006 年秋に CERN に到着の予定である。ドイツの Babcock Noell Nuclear、フランスの Alstom、イタリアの Ansaldo の 3 箇所のマグネット製造拠点は、現在 1 週間に 9~10 台のペースでマグネットを生産している。LHC は 2007 年に運転開始の見込み。

(出典)

“LHC magnets: The great descent”

CERN press release (March 7, 2005)

<http://info.web.cern.ch/Press/PressReleases/Releases2005/PR02.05E1er-aimant.html>

(ISTEC 国際部長 津田井昭彦)

[超電導 Web21 トップページ](#)

特許情報

平成 16 年度第 4 四半期の公開特許

平成 17 年 1 月～3 月に公開された ISTEK 出願の特許をお知らせします。詳しい内容は特許庁のホームページ内の特許電子図書館等の特許データベースをご利用下さい。

1) 特開 2005-39244 「電子デバイスとその多層配線の形成方法」：

本発明は超電導電子デバイスの多層配線の製造方法に関するもので、特に超電導集積回路デバイスに適用すると効果が大きい。下層配線層の配線パターンの段差を残したまま絶縁層を介して上層の配線層を形成する通常の方法では、層数の増加とともに断線や短絡が多発し配線歩留まりを著しく劣化させる。本発明では、下層配線層の配線パターンを配線層と同程度の厚さの埋込み膜で被覆し、配線の逆パターンマスクで配線上の埋込み膜を選択的に除去し、すなわち配線パターンの凹部を埋込み膜で埋め込んだ後、絶縁層を形成することで平坦化が可能となる。この方法は、パターン寸法、パターン密度に依存しない、プロセスマージンの大きい多層配線の形成方法で、信頼度の高いデバイス作製プロセスが実現できる。

2) 特開 2005-50846 「高温超電導装置」：

高速動作の単一磁束量子回路 (SFQ 回路) のジョセフソン接合ループの設計では、ループのインダクタンス L と接合の臨界電流 I_c の積が 1 磁束量子 Φ_0 に等しく、且つ、接合の I_c と常電導抵抗 R_n の積を可能な限り大きく設計することが求められる。後者の条件では高い I_c で幅の狭い接合が好ましいが、 L の増大を招き前者の条件を満たさなくなる。本発明は、ランプエッジ接合を構成する一方の電極を、接合の幅を規定する第 1 の電極層と、第 1 の電極層よりも広い幅の第 2 の電極層の 2 層構造で構成するとともに、第 1 の電極層と第 2 の電極層とが一部において接触し、その他の部分は絶縁層を介して配置された構造とすることで、狭い幅の接合でかつインダクタンスの小さい電極を実現するものである。

3) 特開 2005-79749 「超電導回路および超電導 SFQ 論理回路」：

本発明は、超電導集積回路におけるラッチ型インターフェイス回路に関するもので、DC バイアス電流の SFQ バッファ・ゲートと複数のジョセフソン接合と抵抗を直並列接続して SFQ パルスを増幅する AC バイアス電流の高電圧ジョセフソン・ゲートとを、SFQ パルスを貯めるのに十分な大きさのインダクタンスを介して接続し、そのインダクタンス、SFQ バッファ・ゲートおよびジョセフソン接合を含む超電導ループを形成したことを特徴とする。この方式では、AC バイアス電流を必要とするのは高電圧ジョセフソン・ゲートに限定され、グラウンド・リップルが小さくなる。また、SFQ パルスが AC バイアス電流の立ち上がりよりも早く SFQ バッファ・ゲートに到達しても、超電導ループに SFQ パルスが保持されるため、タイミング・マージンが大きくなる。

(SRL/ISTEC 開発研究部長 中里克雄)

[超電導 Web21 トップページ](#)

日米超電導ケーブルワークショップ報告

住友電気工業株式会社
超電導開発室
室長 佐藤謙一

平成 17 年 3 月 16 日に化学会館において、(社)未踏科学技術協会超伝導科学技術研究会、(独)物質・材料研究機構の共催で、日米超電導ケーブルワークショップが開催された。日米両国において、高温超電導線材を用いた送電ケーブルが敷設、試験されて、貴重な成果が得られつつあり、両国のプロジェクトの開発担当者から直接現状をお伺いし、今後の発展の指針をうることを目的としている。

超伝導科学技術研究会・太刀川会長の挨拶後、電力中央研究所/材料科学研究所・秋田副所長、横浜国立大学・塚本教授の座長により、Super Power 社・Philip J. Pellegrino 氏の「HTS cable opportunity in USA and activity of Super Power」、AMSC 社・Michael McCarthy 氏の「Grid Applications for HTS Cables」、Ultera 社・David Lindsay の「HTS Cable Development and Commercialization in USA and EU by Ultera」、Super-GM・木村昭夫氏の「Test Results of the 500 m HTS Power Cable in the Super-ACE Project」、住友電工・佐藤の「HTS cable and related activity at Sumitomo Electric」、古河電工・目黒信一郎氏の「Development of HTS Power Cable at Furukawa」、総合討論として、「Discussion: Future of HTS Superconducting Cable」が行われ、最後に、未踏科学技術協会・木村茂行理事長が Closing Remarks で締めくくった。

Pellegrino 氏は、現在進行中の変電所間を結ぶ線路に 350m の高温超電導ケーブルを布設して、実線路でデモする Albany プロジェクトの目的は、プレコマーシャルなテストで、電力会社が課題としている、高温超電導ケーブルの布設、メンテナンス、信頼性、現グリッドとの適応性を確かめることと述べ、プロジェクトが予定どおりに進行していることを紹介した。また、米国における政策上の課題として、信頼できるグリッドの必要性、投資、規制や送電線建設投資のインセンティブ、市場への浸透性を提起した。

McCarthy 氏は、高温超電導ケーブルが低インピーダンス特性を持っていることから、電圧を上げずに容量増加でき、送電可能距離は倍近く伸びることを明らかにし、経済的効果(低電圧・長距離、制御性の良さ、現送電線の寿命アップ、運用のソフトのコスト低下)、政策/環境の改善効果(送電線の建設問題の早い解決、EMI フリー、グリッド増強でボトルネック解消、電力市場の競争強化)を示した。600m の高温超電導ケーブルを送電線レベルの電圧 138kV の実線路でデモする LIPA プロジェクトの計画を紹介するとともに、更にデモプロジェクトを起こし、信頼性やシステム統合性の検証の必要性に言及した。

Lindsay 氏は、3 相同軸構造という新しい構造で、200m の高温超電導ケーブルを変電所内の実線路でデモする、Ohio プロジェクトの計画と、要素技術の進捗状況を述べるとともに、高温超電導ケーブルの特徴が、低電圧でハイパワー、電力ネットワークの簡素化、長距離送電可能、分散電源なども統合出来る、とのメリットであることを示した。

これらの三つのエネルギー省の高温超電導ケーブルは、いずれも実線路で系統につないでデモするもので、デモ試験期間が終了したのちも、そのまま実使用される可能性がある、とのことで電力網の近代化を国家的課題としている米国の意気込みの強いことが判る。

日本側の発表は、詳細は省略するが、交流超電導基盤技術開発で実施された 500m/単相ケーブルの評価結果、送電線張り替えで増容量出来る高温超電導ケーブルは省エネも可能なツールであること、線材の開発だけでは応用は進まないこと、今後は信頼性検証など実証試験が必要なこと、その際、限流器などとも組み合わせた試験も有効、等が指摘された。

最後の討論では、冷凍機などを含めた新技術に対する訓練が必要なこと、如何にケーブル市場にこの有望な新技術を浸透させてゆくかが議論された。特に冷却に関しては、電力会社としてはあまり経験のない分野であり、冷却・冷凍システムの運用に経験とノウハウのある会社から、ケーブルを低温に維持するという機能を買う 'Buy cold' というモデルが良いとの指摘があった。

今回の米国側の発表者は皆技術マネジメントのバックグラウンドを持った人たちであり、純技術的な話だけでなく、いかに超電導ケーブルを市場に浸透させるかという観点での議論があり、従来のこの種のワークショップと趣が異なり、市場を意識した議論も行われた。さらに、超電導ケーブルの市場性に関しては今後日米で情報交換を行っていく必要があり、何らかの形でこのようなワークショップをまた開催する機会を希望するということになった。

このようなまとまった形で日米の高温超電導ケーブルの現状と日本における今後の展開が議論され有意義なワークショップとなった。

[超電導 Web21 トップページ](#)

平成 17 年電気学会全国大会シンポジウムから

- 進展目覚しいダイヤモンド電子・電気機能材料 -

電気学会は、平成 17 年 3 月 17 日から 3 月 19 日に徳島大学常三島キャンパスにおいて平成 17 年電気学会全国大会を開催した。この大会において、超電導関連の 3 つのシンポジウムが企画された。すなわち、ダイヤモンド超電導体を取り上げた「進展目覚しいダイヤモンド電子・電気機能材料」、「超電導ケーブル開発の最新動向」及び「超電導磁気浮上式鉄道の現状 - 5 ヶ年計画を終えて -」である。ここでは、「進展目覚しいダイヤモンド電子・電気機能材料」について述べる。

川原田洋氏は、電子デバイス応用の立場からダイヤモンドの機械的、光学的、電気・電子的諸特性を紹介した。ダイヤモンドは機械的硬度が最も高い物質で、熱伝導率が銅の 8 倍 (30W/cmK) に達する物もある。光学的には、可視領域では透明で宝石の王様であるが、この透明性は不純物の濃度によって透明、青色、黄色、黒色へと変化する。電気・電子的には、高純度ダイヤモンドの絶縁破壊電界強度が 10MV/cm と半導体に比較して格段に高い。また、ホウ素をドーピングして p 型伝導、リン、硫黄、窒素をドーピングして n 型伝導を示す半導体になり、ホウ素を数%ドーピングしたものでは超電導性を示す。また、ダイヤモンド中のキャリア (電子又は正孔) の移動度が性能指数として SiC の 3 倍程度と高速 (電子の室温移動度 4,500cm²/Vs、正孔の室温移動度 3,800cm²/Vs) である。さらに、高純度ダイヤモンドの表面近傍だけ p 型伝導を示す水素終端が自然に形成される。これらの諸特性を活かせば、超電導体、紫外線発光ダイオード、500 まで耐える高温 MOSFET (金属 - 絶縁体半導体電界効果トランジスタ)、低電圧電子放出素子、ダイヤモンド MESFET (金属 - 半導体電界効果トランジスタ) などのマイクロ波帯パワーデバイス、水素終端 p 型表面伝導の応用としてダイヤモンド電解質溶液ゲート FET 型バイオセンサ、電荷検出型 DNA チップなどへの展開が期待できるとのことであった。

高野義彦氏は、ダイヤモンド超電導体の開発状況を報告した。2004 年 Ekimov らロシアグループは 10 万気圧、2,500-2,800 の高圧合成によってホウ素を数%ドーピングしたダイヤモンドの超電導性を確認した。同年川原田、高野ら早稲田大・物質材料研究グループはメタンガスとトリメチルボロンガスを用いて単結晶シリコン基板にプラズマ CVD 法によってホウ素を 5%ドーピングした黒色の多結晶ダイヤモンドを約 900 で形成し、Tconset = 8.7K、Tc = 5K を確認した。単結晶ダイヤモンド(111)基板を用いたホモエピタキシャルダイヤモンドでは Tconset = 11.4K、Tc = 7.4K が確認できるが、単結晶(100)ダイヤモンド基板では、Tconset = 6.3K、Tc = 3.2K に留まるとのことであった。

河村亜紀嬢は、ダイヤモンドの作成技術と紫外線発光ダイオード (UVLED) について報告した。同位体である ¹³C (天然では 1.03%) を精製除去した ¹²C のみの高純度メタンガスを原料とした高温高圧合成法 (温度差法: 1,500、5.4GPa、T = 20-50) によって世界最高の熱伝導率 (30W/cmK) を有する高品質ダイヤモンドが合成できたとのこと。また、高純度 ¹²C メタンガスの熱分解による炭素粉とホウ素粉を用いた高温高圧合成による p 型ダイヤモンドに(100)単結晶ダイヤモンドにイオウをドナーとする n 型ダイヤモンドを接合した pn 接合型紫外線発光 (自由励起子再結合発光) ダイオード (UVLED : 10mA 駆動、出力 17μW) を開発したとのことであった。

今井貴浩氏は、電子放出素子について報告した。直径 30mm 以上の大型単結晶成長用マイクロ波プラズマ CVD 装置を開発した。この装置を用いて、ホスフィンをドーピングガスとした単結晶(111)上のエピタキシャル成長によって n 型ダイヤモンドを合成し、ナノ加工を施して Tips 間隔 10 μ m 以下の Tips の低電圧大電流電子源を形成した。カソードアノード間隔 100 μ m で従来の p 型電子源 (1,500V) の半分以下の 450V を確認したとのことであった。

嘉数誠氏は、ダイヤモンド・マイクロ波帯デバイスの現状と展望を報告した。ダイヤモンド中のキャリアの高速性と水素終端 p 型伝導に着目し、高品質ダイヤモンドを用いて AI をゲート電極としたダイヤモンド MESFET を作製し、最大発振周波数 81GHz を達成し、初めてミリ波帯の電力増幅に成功した。このダイヤモンド MESFET の結果で、マイクロ波帯ハイパワーデバイス研究の第一歩が踏み出せたとのことであった。

(編集局)

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導エネルギー貯蔵研究会「The New Generation of Superconductor Equipment for the Electric Power Grid by Dr. A.P.Malozemoff」より

American Superconductor Corp.(AMSC)の Executive Vice-president 及び Chief Technical Officer である Dr. Alexis.P.Malozemoff が IEEE CSC distinguished Lecturer として来日し、平成 17 年 3 月 23 日、超電導エネルギー貯蔵研究会の主催で (株)三菱総合研究所において講演が行われた。

講演内容は大きく分けて、(1) 電力輸送設備の課題及び超電導技術からの解決策、(2) HTS (High Temperature Superconductor) 線材の開発状況、(3) HTS 超電導機器の開発状況についてであった。

(1) 電力輸送設備の課題及び超電導技術からの解決策に関しては、米国における電力需要の伸びに対して、都市部では架空送電線の新設が困難であり、また、設置スペースなどの問題で従来型電力ケーブルの布設も困難なことなど電力輸送設備での対応に様々な制約があること、その結果として予想される過負荷、無効電力 (Reactive Power: VAR) 不足、電力系統の擾乱に対する安定性などの課題が出され、その解決策として、HTS 電力ケーブル、HTS 同期調相機 (Synchronous Condenser) などが挙げられた。

(2) HTS 線材の開発状況に関しては、従来ケーブルに比べサイズの縮小化、軽量化が図れる HTS ケーブルの特徴と、Bi 系 HTS 線が全世界で 2 Mm/年以上の生産能力があり量・コストとも初期商用化の段階に達していること、次世代テープ線材の開発状況や次世代 HTS 線材の低コスト化技術 (Wide-Strip Manufacturing Process) などの紹介があった。また、AMSC の YBCO 線材に関して、1000m/月製造が 2005 年末の目標ということ、コストは 2008 年の段階で 70 ~ 100\$/kAm になるのではないかとの見通しが示された。

(3) HTS 超電導機器の開発状況に関しては、HTS ケーブルの開発状況とともに、送電線過負荷の解決策として HTS シールド導体により外部漏洩磁界が従来型の 1/6 程度と小さい VLI (Very Low Impedance) HTS ケーブルと移相器 (Phase Angle Regulator) の組み合わせによる電力グリッド内潮流制御についての紹介があった。HTS 回転機の商用化に向けた取り組みとしては、CAPS の 5MW 船舶用モーター、TVA 系統で検証中の ±8Mvar の HTS 同期コンデンサの紹介があった。HTS 同期調相機では 30MVA 級で、大きさが従来の 1/5 に小型化されること、信頼性確保のため G-M 冷凍機 3 台構成としているとのことである。また、HTS 電動機は 10MVA 以上の規模であれば初期コストにおいても従来モーターに対して価格が同程度以下になるのではないかとの見解であった。

(ISTEC 調査・企画部 寺園完一)

[超電導 Web21 トップページ](#)

2005 MRS Spring Meeting 報告

2005年3月28日(月)~4月1日(金)に、米国カリフォルニア州サンフランシスコで、2005 MRS Spring Meeting が開催され、超電導関連の講演は SYMPOSIUM C (SESSION C1~C10)として29日(火)~1日(金)に行われた。全107件の発表の内、オーラルは68件(invited paper 28件)、ポスターは39件であった。以下に主として Coated Conductor について興味深かったものをいくつか記す。

初日の SESSION で、日米の Coated Conductor の現状が報告された。線材の性能を示す $I_c \times L$ の現在の BEST3 は以下の通りである。

ISTEC-SRL 名古屋センター(日) 159A × 100m IBAD-PLD

フジクラ(日) 126A × 105m IBAD-PLD

SuperPower, Inc. (米) 105A × 95m IBAD-MOCVD

また、日米共に、人工ピン、RE系置換($Y_{1-x}RE_x$)Ba₂Cu₃O₇等によるピンニング力の向上についての研究が熱心に行われていた。

基板や酸化物中間層についての SESSION では、米国 Los Alamos National Lab. (LANL)が IBAD-MgO の特性について、室温での成膜が最も高配向に適しているといった報告を行っていた。また、JFCC の加藤らは、a 軸配向粒の成長の抑制と I_c の上昇に対して、多層成膜が有効であることを TEM 観察の結果から証明していた。

中間層や RE 系超電導体のエピタキシャル成長についての SESSION では、LANL が IBAD-MgO 上のキャップ層である SrTiO₃ の厚さについて、面内配向度と I_c との関係から 80nm が最適であると報告していた。また、YBCO の間に CeO₂ を挟む multi-layer 構造によって、1400A/cm の I_c が得られることを報告し、さらに、Y123 ターゲットの1部を Eu123 に変えて成膜することで、Ultra-fine Multilayer 構造と称する厚さ 10nm 以下の周期的な積層構造を作製し、ピン止めに効果的な構造や欠陥が得られたことから I_c が上昇したと報告していた。SRL-ISTEC 名古屋センターの高橋らは、Gd123 の優れた磁場特性や、各種の人工ピンを導入した線材の磁場特性の向上を報告していた。その他にも Y211 や BaZrO₃(BZO)等の人工ピン導入による磁場特性の改善が多数報告されていた。

線材の評価技術、RE系超電導体のピンニング効果に関する SESSION では、九大の木須らが LTSLM 法を用いた局所的な電流輸送特性の研究を報告していた。京大の松本らはナノアイランド状の Y₂O₃ を入れたところ、ドメイン状の欠陥が出来ており、これがピンとして機能し、磁場特性が向上したと報告していた。米国 Oak Ridge National Lab. は YBCO に BZO を添加したターゲットで成膜した線材の磁場特性を報告していた。BZO を 1~2vol% 添加した線材の磁場特性が最も優れていた。

全体的にピンニングに関する磁場特性向上を目指した研究報告が多く、質疑応答も熱心に行われており、線材の長さの次は磁場中の J_c を上げることが重要である印象を受けた。

(SRL-ISTEC 名古屋高温超電導線材開発センター 衣斐 顕)

[超電導 Web21 トップページ](#)

【隔月連載記事】

超電導市場のこれまでとこれから（その3）

SRL/ISTEC

特別研究員 堀上 徹

その3：超電導と環境負荷軽減

1. はじめに

最近、日経エレクトロニクス誌（2005年2月28日号）の解説に、「20年の時を経て高温超電導体が現実に」という表題で8頁もの記事が掲載された。記事の内容は、「これまで超電導の応用は、低温 Nb 系超電導体（NbTi など）を使った MRI、NMR、加速器などの一部に限られてきた。これは他に使える材料がないためにコストや寸法を度外視してもこれらの超電導体を使うしかなかった分野に限定されてきた。しかし、Bi 系線材の量産体制がほぼ確立した今、超電導体を使った製品が、銅線を使った従来の常電導に基づく製品に置き換わろうとしている」というものである。コストや寸法を度外視しているとは思わないが、この記事はまさしく「超電導市場のこれから」を象徴する記事である。

とは言うものの、超電導を使った製品は何が「売り」なのか、「置き換えるためには何をしなければならぬのか」等を明確にしなければ、高温超電導体が使えるようになったからといって従来製品が超電導を使った製品に自動的に置き換わるものでもない。「使えること」と「使われること」とは別なのである。

そこで、今号では超電導の「売り」の一つである「超電導による CO₂ 削減効果」という点に的を絞って、従来機器が超電導にとって代わった場合の環境負荷軽減について紹介する。

2. 超電導製品の分類

さて、「超電導による CO₂ 削減効果」に入る前に、超電導はどのような製品に適用できるのかということ整理しておく必要がある。超電導が電気抵抗ゼロであるが故に超電導線材で巻かれたコイルは永久電流モードで使用できると同時に強い磁場を発生できる。この卓越した性質を利用することによって MRI や NMR が出現したということは前号で述べた。これは、上記日経エレクトロニクスが言うところの超電導を使うしかなかった分野に限定されてきたということの証左である。

このように超電導ならではの実現し得ない製品が数多くあれば、競合製品も少なく、市場を形成するのはそう難しくない。しかし、現実にはそのような製品はそう多くはない。従って、既存製品を超電導に置き換えることを考えないと市場は大きく拓けない。高温超電導体の出現によって、銅線を使った従来の常電導に基づく製品を、高温超電導体を使った製品に置き換えようとするもので今考えられるものを表1に記載した。

表1には、その他すでに低温超電導体を使った製品を高温超電導化するものや超電導による新規システムを含めて三つのカテゴリーに分類した。（但し、表1には超電導デバイス関連製品は除いた）

ここでは、表中の製品が超電導に置き換わった場合の環境負荷軽減について次章で述べる。

表 1 超電導製品の分類

<p>(1)既存機器の超電導化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 鉄道用変圧器 ・ 船舶用電動機 ・ 電力用ケーブル ・ 電力用変圧器 ・ 発電機 ・ 産業用電動機 ・ 風力発電用発電機 ・ 磁気分離装置 ・ 製鐵プロセス 	<p>(3)超電導による新規システム</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 限流器 ・ 核融合炉 ・ 医療用重イオン加速器 ・ 超電導エネルギー貯蔵装置 (SMES) ・ リニア鉄道用超電導マグネット
<p>(2)低温超電導機器の高温超電導化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ MRI ・ NMR・質量分析計 ・ 粒子加速器用マグネット ・ 研究用マグネット ・ 単結晶引き上げ用マグネット 	

3. 超電導機器の環境負荷軽減への貢献 (社会ニーズからの考察)

周知の通り、「気候変動に関する国際連合枠組み条約」の中での第3回締約国会議(COP3)が平成9年12月に京都で提起された。2008年から2012年の間に、わが国はCO₂等の有害物質の排出量を1990年を基準年として6%削減するという内容を含む議定書が採択され、今年2月に発効した。所謂京都議定書である。

日本における1990年のCO₂排出量は約12億37百万トンである。従って京都議定書に則れば、この6%、即ちCO₂を7400万トン削減しなければならないことになる。もっとも2002年時点では1990年時点よりもCO₂排出量が約7.6%増えているため、現時点よりも13.6%程度を削減しなければならない勘定になる。(以上、毎日新聞 平成17年4月11日)

さて、これから数年以内にこれをどのような施策で実現するかは難しい問題であり、また2012年以降も引き続き削減努力が必要で、関係各所で真剣に検討されているところではあるが、超電導の普及が進めばかなり改善されると期待される。

表1に示した超電導を用いた機器及び情報通信関連機器である超電導ルーターやサーバーが普及した場合、どの程度の省エネとCO₂排出量削減が図れるかについては、今までに幾つかの調査がなされている(注1)。超電導によるCO₂削減効果の調査結果例をグラフにすると図1のようになる。当然のことながら、導入の時期や導入量等省エネ量の計算には、前提や仮定が多く入っているが、大体の目安にはなる。調査結果は13.6%削減に対して1~2%の大きさになるとしている。

注1:「超電導応用の省エネルギー効果」平成10年度調査報告書(財)国際超電導産業技術研究センター
「超電導応用技術の省エネルギーに関する調査」平成12年度調査報告書 同上
「超電導応用基盤技術開発 総合調査」超電導技術開発実用化状況の調査
平成14年度 NEDO、(株)テクノバ

超電導によるCO₂削減効果

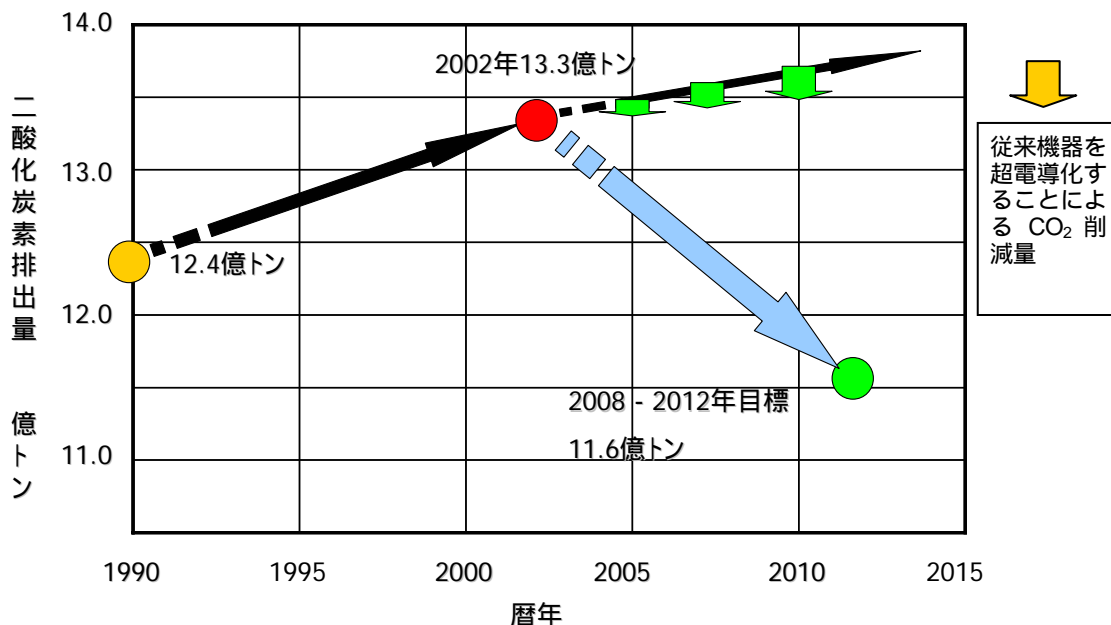


図1 従来機器を超電導化することによるCO₂削減効果

このように環境負荷軽減という視点と同時に、市場参入に関しても、前号において説明した「モノになる条件」の中の「社会ニーズからの考察」の要求に合致するものである。そこでは、(1)環境的配慮 (2)政治・政策的配慮 (3)国際的配慮等の考察が必要であると書いたが、まさしくこの線に沿った内容となる。

一例として産業用モーターについての省エネ量を先の報告書から引用すると、以下のようになる。

現状の産業用モーターの効率は凡そ95%程度であるが、超電導モーターでは冷凍機損失を含めても96~98%程度が期待できるとしている。現状、容量1MW以上のモーター1台あたり年間約10GWhの電力を消費していると、超電導化により3%の効率向上が図られたとすると、1台あたり年間300MWh程度の省エネが達成されると、上記報告書は述べている。容量1MW以上のモーター(誘導機)は年間500~600台出荷されている(機械統計年報)ので、もしも超電導同期機に代えることができれば年間150~180GWhの省エネが図られることになる。ここでは大変乱暴な仮定・前提をしているが省エネ量に対して大体のイメージは掴める。

4.(その3)を終えるにあたって

今回は超電導製品が高機能・高性能であるにとどまらず、環境負荷軽減に関しても大いに貢献している可能性があるということ、以前の調査結果を基に紹介した。

次号以降、本稿の表1の製品分類に沿って、「超電導市場のこれから」を考えてみたい。

詳細は次号以降に委ねるが、最近、石川島播磨重工業株式会社を中心となって民間7社と1大学が共同で、Bi系高温超電導線材を用いた船舶用超電導電動機のプロト機を開発し、船外のポッドに収納して実際に運転したとの新聞発表があった。

筆者も見学させてもらったが、実に超電導の特徴を活かした設計となっており、大いに感心した。「船舶の推進システム向けに、液体窒素で冷却できる超電導モーターを作りたい」という一念で、超電導技術者和其他の様々な分野の技術者が協力して開発したものである。液体窒素で冷却できる超電導モーターは世界初である。出力はまだ 12.5kW と小さいものの、500kW 級のモーターは受注可能であるとして、すでに受注活動を始めている。このような機運が盛り上がり、一般産業用モーターまで展開できれば「超電導市場のこれから」も明るいし、環境問題の解決にも貢献できることになる。

[超電導 Web21 トップページ](#)

読者の広場

Q&A

Q：超電導技術動向報告会とはどのような会議ですか？

A：超電導技術動向報告会は、超電導技術開発のより一層の進展を目的として、財団法人 国際超電導産業技術研究センター（ISTEC）が主催し、1999年から毎年開催しています。

同報告会では、ISTEC 超電導工学研究所を始め、国内関係企業や大学等の様々な研究機関から、研究成果、最近のトピックス、今後の展望等が報告され、活発な討議が行われています。また、超電導全般を見渡した各種の話題があり、報告内容が専門的でなく概要が分かりやすいため、超電導技術の研究開発の担当者だけでなく、企業の企画・管理部門、応用や販売部門、マスメディアなど広く一般の人々が毎年200名以上参加しており、超電導技術の普及・交流にも大きく貢献しています。

7回目を迎える今年は、5月30日(月)に東京都千代田区の都市センターホテルで開催することになっています。話題は多岐に亘り、線材、バルク、薄膜に関する応用研究を始め、SQUID、超電導モータ、SMES等の応用機器開発、さらには海外の超電導技術開発状況など、「実用期を迎えた超電導技術」というテーマにふさわしい全12件の講演が予定されています。なお、参加費は無料で、ホームページ（<http://www.istec.or.jp/event/>）から参加登録できます。

過去の報告会

	開催日	会場	テーマ	参加人数
第1回	1999/4/16	九段会館	超電導に関する物理、科学、理論、物性評価、超電導物質材料合成のプロセス、応用分野他の研究成果報告	207名
第2回	2000/4/12	砂防会館	超電導に関する物理、科学、理論、物性評価、超電導物質材料合成のプロセス、応用分野他の研究成果報告	220名
第3回	2001/6/5	都市センターホテル	21世紀のキーテクノロジー - 急浮上する超電導技術	216名
第4回	2002/5/15	都市センターホテル	省エネルギー・環境・産業応用 - 動き出した超電導技術	229名
第5回	2003/6/3	都市センターホテル	急加速した超電導技術	243名
第6回	2004/5/20	都市センターホテル	黎明期を迎えた超電導産業	246名

回答者：ISTEC 調査企画部 清水延彦

[超電導 Web21 トップページ](#)