

掲載内容 (サマリー):

超電導速報 世界の動き (2008年3月)

超電導関連 5-6月の催し物案内

新聞ヘッドライン (3/20-4/18)

特許情報

電気学会、基礎・材料・共通フォーラム「先進超電導線材の進展と今後の課題」報告

「低温工学協会・超伝導応用研究会 2007年度第4回シンポジウム」報告

隔月連載記事 - 粒子加速器と超電導 (その3)

読者の広場(Q&A) - 超電導・低温産業分野において、

RoHS 指令による影響はあるのでしょうか？

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

発行者

財団法人 国際超電導産業技術研究センター 超電導 Web21 編集局

〒105-0004 東京都港区新橋 5-34-3 栄進開発ビル 6F

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

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



この「超電導 Web21」は、競輪の補助金を受けて作成したものです。

<http://ringring-keirin.jp>



超電導速報 世界の動き (2008年3月)

電力

American Superconductor Corporation (2008年3月4日)

American Superconductor Corporation (AMSC)は、海事会社(造船会社)から同社特許のパワーモジュールから構成される電力システムの初めての発注を受けた。このシステムは30 MW 強の電力を管理するために使用されるもので、3 艘の大型ヨットと河川用クルーザー(欧州で建造)に搭載される。この注文はAMSC社のパワーモジュールをベースとした電力システムの初めての船舶搭載であり、電力効率の極大化を図りつつ、電力及び電圧を制御するものである。この電力システムは2009年に納入予定。

また、AMSC社は最近カナダの海事エンジニアリング会社からもパワーモジュール変換装置及びパワーモジュール開発キットの注文を受けている。このエンジニアリング会社は、AMSC社の開発キットを使って、パワーモジュール変換装置とタグボート用バッテリーとのインターフェースを開発する。これにより、エネルギー効率を改善して、より環境に優しいシステムを作り上げる。

AMSC社のパワーモジュール変換機技術は、これまで風力発電、水力発電機、エネルギー貯蔵システム、燃料電池、電力会社向け電圧制御システム、軍用パルスパワーシステムを初めとして、全世界において多くのシステムに使われてきている。AMSC社電力システム事業部担当副社長兼総支配人 Chuck Stankiewicz は次のように述べた。「今回使っている数百キロワットの電力変換機向けのプリント回路ボードの設計は、当社特許であり、独自の技術である。今回の設計により、電力変換機にマイクロチップを組み込むことができ、多くのエンドユーザーの需要を満たすようシステムのプログラム化を実現した。」

出典:

“AMSC Receives First PowerModule-Based Electrical System Orders for Commercial Marine Applications”

American Superconductor Corporation press release (March 4, 2008)

<http://www.amsc.com/newsroom/pr.html?id=278>

American Superconductor Corporation (2008年3月19日)

American Superconductor Corporation (AMSC)は、カナダ及び中国の会社から風力発電タービンの主要コンポーネント及び電気システムの注文を受けた。これら顧客は、現在AMSC社子会社のWindtec社が設計した風力発電機を採用し、又はその製造能力を上げようとしているところである。中国のDongfang Steam Turbine Worksは、同社が2009年早期に製造、試験を計画している4基の2.5-MW 風力発電システム向け電力システムフルセットの最初の発注を行った。また、カナダのAAER, Inc.は、追加で製造する20基の1.5-MW 風力発電機用主要電力コンポーネントを発注した。さらに、中国のCSR Zhuzhou Electric Locomotive Research Institute Co., Ltd. (CSR-ZELRI)は、AMSC Windtec社からライセンスを受けた1.65-MW 風力発電システムに使う要電力コンポーネントを20セット発注した。CSR-ZELRI社は、2008年半ばにこの風力発電システムの出荷を開始し、2009年中に100基のシステムの製造を計画している。

これらの発注の結果、AMSC社のトータルの風力発電への寄与は6.6 GWに上る。AMSC社設立者で最高責任者のGreg Yurekは次のように述べた。「実際のところ、風力発電機向け主要電力コンポーネントの販売は我々のビジネスの非常に大きな部分を占める。2007年に契約した顧客は、風力発電システムの製造需要を満たすため主要電力コンポーネントの発注を追加しており、近い将来に

予想される新規ライセンスや開発パートナーも含め、我々は風力発電ビジネスが更に成長し、各分野へ浸透していくものと期待している。」2007年度（2008年3月31日締め）のAMSC社収入の約65%は、世界の風力発電市場からの寄与によるものである。

出典:

“AMSC Receives New Orders for Wind Turbine Electrical Components from Canada and China”
American Superconductor Corporation press release (March 19, 2008)

<http://www.amsc.com/newsroom/documents/AAER-ZELRI%20108%20-%20Final.doc.pdf>

Zenergy Power plc (2008年3月6日)

Zenergy Power plcは、低コスト次世代HTS材料及び線材商用製造プロセスに関する重要特許の許可を受けた。この特許は次世代線材のバッファ層製造時に使われるプロセス及び層構造を規定したものである。この特許は先に許可を受けた線材の超電導層のプロセス及び構造に関わる主要特許に続くものである。これら特許はZenergy社のオールケミカル量産技術の主要部分を構成するものである。次世代線材製造に使われる材料は、第1世代の線材製造に使われるものより安価であり、Zenergy社はこの主要特許が許可を受けたことは同社の長期的な競争力のために非常に重要であると考えている。

出典:

“Core Patent for Low Cost 2G HTS Wire Production”

Zenergy Power plc press release (March 6, 2008)

<http://www.trithor.com/pdf/press-en/2008-03-06-Core-Patent-2G.pdf>

Zenergy Power plc (2008年3月11日)

Zenergy Power plcは世界最初の販売からわずか6ヶ月で、2台目のフルスケールHTS誘導ヒーターの注文を受けた。この2台目でも、Zenergy社が特許を持つこのHTS技術が採用され、さらにアップグレードされている。この誘導ヒーターは銅及び銅合金ビレットの大量加熱に使われる。この新しい誘導ヒーターは非常に過酷な現行の工業的な条件の下でも問題なく稼動する。この誘導ヒーターの設計は、世界的金属会社の肝いりで実施された実用化プロジェクトの中で行われ、完成した。その結果、Zenergy社は世界的金属会社2社から2件の注文を受け、世界初のHTS誘導ヒーターの完成以来10ヶ月で大企業2社が持つ大市場に打って出ることができたものである。Zenergy社は、新しい誘導ヒーターの継続した非常に早い採用は、同社のHTS技術がもたらす商業的、経済的、環境的な利益がきちんと認められたものと理解している。顧客からの最初の反応は、Zenergy社のHTS誘導ヒーターにより加熱時間の短縮、温度分布の改善、生産性の向上が実現され、従来の装置と比べて非常に優れているというものである。

出典:

“Commercial Order for Full Scale HTS Induction Heater for Copper Processing”

Zenergy Power plc press release (March 11, 2008)

<http://www.trithor.com/pdf/press-en/2008-03-11-Copper-IH-Sale.pdf>

マグネット

Columbus Superconductors, S.p.A. (2008年3月18日)

イタリアのColumbus Superconductors, S.p.A.は、 MgB_2 超電導ダイポールマグネットの試験に成功したと発表した。このマグネットは、イタリアのIstituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)

が後援している“Marimbo”プロジェクトの一部として、設計、製造、試験されたものであり、このプロジェクトには ASG Superconductors 社が参加している。Columbus Superconductor 社は、マグネット製造に必要なキロメートルレベルの MgB_2 ワイヤーを供給した。このマグネットは INFN により設計され、イタリアの ASG Superconductors 社が巻き線を行った。マグネットは冷媒を使わずに目標の 2 T を成功裏に達成した。このマグネットは、10 K で、臨界電流約 263 A、2.35 T の磁場を発生した。詳細な情報は以下を参照されたい。

<http://www.ge.infn.it/~musenich/marimbo.html>

出典:

“Columbus Superconductors S.p.A. reports successful test of a prototype superconducting dipole magnet using long MgB_2 superconductors by INFN-Genoa”

Columbus Superconductors S.p.A. press release (March 18, 2008)

<http://www.columbussuperconductors.com/press/Press%20release%2003-2008.pdf>

クライオジェニクス

Eden Energy Ltd. (2008年3月19日)

オーストラリアの Eden Energy Ltd. は、その完全子会社である米国の Hythane Company LLC 社が液体水素容器に関わる米国特許を取得したと発表した。その主たる用途は (大型のリチウム電池を使うことなく) SMES を採用することでエネルギー貯蔵を最適化し、水素自動車の実用性を高めることにある。水素を燃やすエンジンのみならず、従来のハイブリッドもしくは電気自動車への応用も可能なこの SMES システムは、ブレーキにより生じるエネルギーを再利用するために使われることになろう。燃料貯蔵とバッテリーの機能を単一のユニットに合体することにより、燃料貯蔵のスペースを節約し、代替燃料自動車の使用範囲、効率を広げることができる。詳細は www.edenenergy.com.au 又は <http://www.hythane.com> を参照されたい。

出典:

“Eden Energy Advances Practicality of Hydrogen Cars”

Eden Energy Ltd. press release (March 19, 2008)

http://www.edenenergy.com.au/pdfs/ASX_Announcement%2020080318%20SMES%20Patent.pdf

核融合

Max Planck Institute of Plasma Physics (2008年3月13日)

ドイツ Max Planck Institute of Plasma Physics (IPP) における核融合装置 Wendelstein 7-X 組み立ての最初のマイルストーンはオンスケジュールであった。大型実験用の最初の 2 基のハーフモジュールが完成し、装置の内部コアの 2/10 の準備が完了して、現在組み立てが進行している。Wendelstein 7-X の部品の内産業界から調達を行うものについてはほぼ完成しているが、装置の組み立てにはさらに 6 年が必要である。Wendelstein 7-X が完成すれば、ステラレーター型としては世界最大の核融合装置となる。このステラレーターの中心部には 50 台の各々高さ約 3.5 m の超電導マグネットが据え付けられる。マグネットは安定な磁場を生成し、核融合装置の中のプラズマを熱的に断熱した状態で保持することができる。3 月に完成したマグネットコイルの製造は、ドイツ Babcock Noell GmbH 及びイタリア ASG Superconductors S.p.A. を筆頭とするドイツ・イタリアコンソーシアムによって行われた。磁場を変化させるために使う 20 基の扁平超電導コイルは、英国

Tesla 社で製造され、すでに出荷を完了している。

出典:

“Wendelstein 7-X reaches first milestone”

Max-Planck-Institute of Plasma Physics press release (March 13, 2008)

http://www.eurekaalert.org/pub_releases/2008-03/haog-w7r031308.php

基礎

Brookhaven National Laboratory (2008年3月13日)

Brookhaven National Laboratory の研究者は、ルイジアナ州ニューオーリンズで3月10～14日に開催された American Physical Society 年会で2つの発表を行った。1つは擬ギャップに関するものであり、他は高温超電導体における2次元超電導状態のゆらぎに関するものである。

擬ギャップの理解は高温超電導の理解に不可欠であり、高容量、高効率電力線のような実用超電導体の設計を可能にするかもしれない。同研究所の物理研究者 Hongbo Yang は、温度変化、ドーピング量の違いによって擬ギャップがどのように変化するかを発表した。結論として、常伝導状態にあるアンダードープ系は超電導状態のフェーズダイアグラムの中の状態とも異なった振る舞いを見せ、擬ギャップと超電導ギャップは異なる起源であると見られる。

第2の発表は、電荷ストライプを持つ2次元超電導状態のゆらぎの発見に関するものである。この発見は電気伝導と磁気的特性の結晶軸依存性の研究の中になされた。2次元平面においては、3次元状態よりもずっと高い温度でも超電導体として振舞う。物理研究者 Qiang Li は、「この結果はストライプと超電導との関係に多くの知見をもたらすものであり、高温超電導のメカニズム解明のヒントを含むものかもしれない。」としている。

出典:

“News From the March 2008 American Physical Society Meeting”

Brookhaven National Laboratory press release (March 13, 2008)

http://www.bnl.gov/bnlweb/pubaf/pr/PR_display.asp?prID=08-20

University of Saskatchewan (2008年3月14日)

カナダ University of Saskatchewan とドイツ Max Plank Institute は、新たな種類の超電導体を見出し、高圧分子水素化合物として知られる水素化合物が超電導であることを明らかにした。University of Saskatchewan の Canada Research Chair、John Tse は次のように述べた。「この分野での我々の研究は超電導体の臨界温度を改善し、より効率の高い新しい超電導を体より高温で使うことができるようにすることを目指している。」研究者達は以前から非常に高密度な固体状態の水素は超電導を示すのではないかと考えていた。しかし、純水素を使った試みはことごとく失敗した。今回の研究では、水素リッチな化合物を高圧合成し、純水素を使う場合よりもずっと低い圧力で超電導実現に必要な(水素)密度を実現することに成功した。この成果は超電導の基礎を理解する上で大きなインパクトが期待できる。研究結果は、Science 3月14日号に掲載された。

出典:

“U of S Researcher with International Team Discovers New Family of Superconductors”

University of Saskatchewan press release (March 14, 2008)

http://announcements.usask.ca/news/archive/2008/03/u_of_s_research_35.html

(ISTEC 国際部長 津田井昭彦)

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導関連 5-6 月の催し物案内

5/4-8

INTERMAG2008/03/20

場所：Madrid, Spain

問合せ：<http://www.intermagconference.com/intermag2008/index.htm>

5/12

低温工学協会 関西支部 2008 年度 第 1 回講演会・見学会

場所：神戸大学 六甲台キャンパス 神戸大学百年記念館：神大会館 会議室 A（講演）神戸市
神戸大学分子フォトサイエンス研究センター及びヘリウム液化設備（見学）神戸市

主催：低温工学協会 関西支部

問合せ：武田 実 神戸大学大学院 海洋科学研究科マリンエンジニアリング講座 超伝導科学研究
室、Tel/Fax: 078-431-6329、E-mail:takeda@maritime.kobe-u.ac.jp

5/19

超電導技術動向報告会

場所：都市センターホテル、東京都

主催：(財)国際超電導産業技術研究センター

問合せ：<http://www.istec.or.jp>

5/21

第 20 回電磁力関連のダイナミックシンポジウム (SEAD20)

場所：ベップ国際コンベンションセンター ビーコンプラザ(B-CONPLAZA)、大分大学、大分県

主催：日本 AEM 学会

問合せ：第 20 回「電磁力関連のダイナミック」シンポジウム事務局 戸高 孝、槌田雄二、大
分大学工学部 電気電子工学科

E-mail:sead20@cc.oita-u.ac.jp <http://www.mag.eee.oita-u.ac.jp/sead20/>

5/28

産業応用フォーラム「回転機の電磁回解析における高速・高精度化のための先端技術」

場所：電気学会、東京都

主催：電気学会産業応用部門 回転技術委員会

問合せ：山田 隆（日本総研） E-mail: yamada.takashi@jri-sol.co.jp、Fax: 03-5859-6035

5/29-30

第 25 回希土類討論会

場所：タワーホール船堀 東京都 江戸川区

問合せ：日本希土類学会事務局

Tel:06-6879-7352、Fax:06-6879-7354 E-mail:kidorui@chem.eng.soaka-u.ac.jp

<http://kidorui.chem.eng.osaka-u.ac.jp/>

6/9-12

ICC 15: International Cryocooler Conference

場所：Long Beach, CA, USA

問合せ：<http://www.cryocooler.org/>

6/30

「超伝導の将来ビジョン - 30 年後まで語る - 」

場所：東京大学 本郷キャンパス 山上会館大会議室、東京都

共催：応用物理学会超伝導分科会、(社)低温工学協会材料研究会、未踏科学技術協会超伝導科学技術研究会

問合せ：東京大学 大学院工学系研究科 応用化学専攻 下山淳一

Tel: 03-5841-7705、Fax: 03-5802-2908、E-mail: shimo@sogo.t.u-tokyo.ac.jp

(編集局)



[超電導 Web21 トップページ](#)

新聞ヘッドライン (3/20-4/18)

超電導技術 4 新たなステージへ 産学共同で成果 系統連系試験経て限流器投入へ 特性フルに活用し事故抑制 ニクロムを利用 3/24 電気新聞

新エネルギーの現状と課題 太陽光発電 - 高効率化着々と 多様なメニュー提示が普及のカギ 3/24 日刊工業新聞

JR 東海、地質調査の着手 直線リニア 長野に波及 駅誘致へ思惑見え隠れ 3/24 日本経済新聞

超電導技術 5 新たなステージへ 25%の燃費改善 商用化狙う船舶用モーター 高い技術力市場開拓を後押し 独自の構想設計 3/25 電気新聞

系統セミナー 頭痛の種「ループフロー」 取引拡大で連系線増強も 2/25 電気新聞

超電導技術 6 新たなステージへ 08年度から始動 イットリウム系、新プロジェクト 次のステップへ 20年市場投入への試金石 3/26 電気新聞

ISTEC 高温超電導磁気センサー開発 磁場中、安定的に動作 3/27 電気新聞、日経産業新聞
新警察病院 中野に完成 来月開院 災害拠点態勢を充実 一般市民も広く利用可 3/28 毎日新聞

リニア 技術大国の誤算 事業費膨張 / 実験線で事故 国内断念、輸出の望み 3/31 日経産業新聞

素粒子と宇宙“ナゾ”に迫る 東大・高エネ機構など参加 今夏、欧州で始まる LHC 実験 ヒッグス粒子見つける 超対称性理論も視野 3/31 日刊工業新聞

理研の最前線 放射光を使い 物質機能を可視化 電子の振る舞い解明 4/1 日刊工業新聞

金属触媒の新技术 STM 使い、分子切断 理研 4/1 日経産業新聞

系統セミナー 自由化で送電設備建設が停滞 投資回収不安と責任の分散で 4/1 電気新聞
「放射線治療器」会社 指針作成医が役員兼業 名古屋市大教授 装置 1 台 5 億円 4/2 読売新聞

家庭用コージェネ スターリングエンジン搭載 商用化 機運高まる 温暖化背景に開発加速 4/3 電気新聞

未知の素粒子 発見に期待 ロジャー・キャシュモア氏 4/6 日本経済新聞

新エネルギーの現状と課題 風力発電 - “追い風” 受け導入急増 電力系統への影響抑える技術を 4/7 日刊工業新聞

系統セミナー 「インバランス」制度の見直し 新規参入者の負担を軽減へ 4/8 電気新聞

新エネルギー 地域の挑戦 4 地下に眠る膨大な資源 地中熱の活用を提案 4/8 フジサンケイビジネスアイ

同期発電機間を繋ぐ 送電線の役割評価を 飯島明彦氏 4/9 電気新聞

信越化学 次世代メモリー向け 大型磁気回路を開発 4/10 日刊工業新聞

三菱電機 ポキポキモータ 巻いてから円筒形に 磁束力高まり効率向上 4/10 日刊工業新聞

重粒子線治療広がる 放医研 含患者3819人に適用 4/10 フジサンケイビジネスアイ

日米欧の電機業界 化学物質の情報開示基準統一 EU規制に対応 来年初めにも運用 4/11 日本経済新聞(夕)

電中研など 高温超電導 解明へ前進 米誌「サイエンス」に掲載 4/15 電気新聞

系統セミナー 分散型電源が及ぼす影響 周波数変動への対応必要に 4/15 電気新聞

NMR感度 1万倍に オックスフォード・インストゥルメンツ 日本で商用機発売 4/18 日刊工業新聞

「リニアで沿線発展」幻に？ JRのトンネル構想 長野反発 「ドル箱」路線のバイパス役 買収
防衛策取りやめに イ・アクセス 4/18 朝日新聞
(編集局)



[超電導 Web21 トップページ](#)

特許情報

平成 19 年度第 3,4 四半期の公開特許

平成 19 年 10 月～平成 20 年 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データベースをご利用下さい。

1) 特開 2007-257872 「YBCO 系高温超電導体成膜用複合基材および YBCO 系高温超電導体膜の作製方法」:

本発明は成膜条件の変化に依存せずに、配向性に優れる YBCO 系高温超電導体膜を成膜することが出来る複合基材を提供すると共に、結晶方位の揃った c 軸配向膜を再現性よく作製する方法を提供するものである。

本発明者は、YBCO 系高温超電導体の c 軸配向膜を物理的手法により作製する研究を鋭意行っている過程で、結晶方位が揃い、かつ、その表面に Zr または Zr 酸化物が存在する複合基材を用いると、c 軸配向再現性が飛躍的に向上することを見出した。その理由は本特許ではつぎのように推測している。

YBCO 系高温超電導体と Zr または Zr 酸化物が接した状態で温度が上昇すると、超電導体の融点よりも低い温度で分解反応が起こり、CuO、 $Y_2Cu_2O_5$ 、 $BaZrO_3$ 等が生成することが知られている。この反応は単純な固体反応のみで完結するのではなく中間生成物として Ba-Cu-O 系の液相を生じて進行する。

一般に液相を介した物質移動は非常に早く進行する。超電導膜の成長初期にこれを積極的に利用することにより、次々に堆積する粒子の移動（マイグレーション）を助け、c 軸配向粒子の横方向の成長を促進する。

その結果、c 軸配向粒子が基材表面上に成長し、基材表面上の若干の欠陥があってもマイグレーション促進効果により、きわめて高度に成長した超電導膜を形成することができる。

2) 特開 2008-50190 「テープ状 RE 系 (123) 超電導体の製造方法」:

本発明は、MOD 法による RE 系 (123) 超電導体製造に際し、厚膜化に伴う J_c の低下や予想外の低 J_c 値がクラック発生だけでなく結晶粒界の電気的結合性の低下に起因することの知見に基づきなされたもので、RE, Ba および Cu のモル比を RE : Ba : Cu = 1 : X : 3 とし、 $X < 2$ とした原料溶液を用いることにより、 $J_c = 3.20 \text{ MA/cm}^2$ 、 $I_c = 525 \text{ A/cm}$ ($X = 1.5$) の性能を持つ厚膜のテープ状超電導体を得られるものである。

RE 系 (123) 超電導体を構成する金属原子のうち、とくに Ba は仮焼プロセスの条件によっては仮焼中に均一に分散せずに偏析を生じ易く、この偏析を生じた領域では Ba が局所的に過剰となるため、RE 系 (123) 超電導体以外に $BaCeO_3$ のような Ba 不純物が形成される。この Ba 不純物は多くの場合結晶粒界に析出し、その結果、結晶粒界に誘電体である不純物が介在することになり、結晶粒間での電気特性を損なわせるうえ、クラックの発生を誘発する誘因のひとつとなり、結果として J_c や I_c が低下する原因になっていると考えられる。本発明ではこのような考えに基づき、RE 系 (123) 超電導体を構成する金属元素のうち、特に Ba のモル比のみをその標準モル比より小さくしたことにより、Ba の偏析を抑制することで、通電特性の向上を図った。

(SRL/ISTEC 開発研究部長代理 永野一郎)

[超電導 Web21 トップページ](#)

電気学会、基礎・材料・共通フォーラム「先進超電導線材の進展と今後の課題」報告

(社)電気学会 A 部門(基礎・材料・共通)金属・セラミックス技術委員会(委員長 田中靖三 国際超電導産業技術研究センター)は、フォーラム「先進超電導線材の進展と今後の課題」を、平成 20 年 3 月 14 日(財)電力中央研究所(大手町 第 1 会議室)において開催し、30 名の関係者の参加もとで成功裏に終了した。

このフォーラムは、平成 16 年度から平成 19 年度の 3 年間、同技術委員会のもとに設置された「先進超電導線材の製造技術と特性に関する調査専門委員会(委員長 熊倉浩明 物質・材料研究機構)の成果を中心とした電気学会技術報告会と位置づけられている。特に、進展目覚ましいビスマス系(Bi-2223)線材、希土類系(Y-123、Gd-123 など)線材、MgB₂線材、Nb₃Al 線材の特徴的な性質の進展状況並びに特性に見合った特性評価方法について詳しい講演がなされた。また、これらの先進超電導線材は、すでに実用化されている Nb-Ti 合金超電導線、Nb₃Sn 化合物超電導線などニオブ系超電導線材に続く実用材料としては幾つかのブレイクスルーはあるものの、多くの応用分野の担い手として大いに期待されることが述べられた。



フォーラム会場 熊倉氏の Opening 講演

このフォーラムは、熊倉浩明委員長の Opening にはじまり、次の 6 件の講演の後、熊倉委員長による Closing がなされた。

- ・「Bi 系線材」綾井直樹(住友電気工業株式会社)
- ・「RE123 線材」吉積正晃((財)国際超電導産業技術研究センター/超電導工学研究所)
- ・「MgB₂線材」山田 豊(東海大)
- ・「A15 型化合物線材」竹内孝夫(独)物質・材料研究機構)
- ・「特性評価」木須隆暢(九州大学大学院)
- ・「応用動向」田中靖三((財)国際超電導産業技術研究センター)

なお、同フォーラム当日に使用されたテキストは、以下により入手できる。

テキスト名：電気学会技術報告第 1110 号「先進超電導線材の製造技術と特性」

申込先：社団法人 電気学会 出版販売課

Tel: 03-3221-7275、Fax: 03-3221-3704、E-mail: pub@iee.or.jp、pub2@iee.or.jp

〒102-0076 東京都千代田区五番町 6-2 HOMAT HORIZON ビル 8F

(編集局)

[超電導 Web21 トップページ](#)

「低温工学協会・超伝導応用研究会 2007 年度第 4 回シンポジウム」報告

高エネルギー加速器研究機構
大強度陽子加速器推進部 超伝導・低温工学センター
荻津 透

低温工学協会の超伝導応用研究会では毎年 4～5 回、超伝導技術の応用に関する情報交換を目的としてシンポジウムを行ってきている。去る 2008 年 3 月 14 日（金）「大強度陽子加速器施設 J-PARC における超伝導応用」をテーマに茨城県東海村の原子力科学研究所 JRR-1 大会議室において、2007 年度の第 4 回超伝導応用研究会シンポジウムが開催された。当日は 33 名の参加者総があり、J-PARC 加速器とそのビームを利用した研究施設について、講演と見学が行われた。

J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex) は、世界最高クラスの大強度陽子ビームを生成する加速器と、そのビームを利用する実験施設からなる最先端科学の研究施設で、日本原子力研究開発機構 (JAEA) と高エネルギー加速器研究機構 (KEK) が共同で建設、運営を行っている。施設は茨城県東海村の JAEA 原子力科学研究所の敷地内にある。01 年度より建設が開始され、08 年度には第 1 期工事が完成しビームが供給される予定である。

プログラムは、まず小野通隆超伝導応用研究会委員長の開会挨拶に続き、JAEA 大内伸夫氏、KEK の西山樟生氏、荻津、青木香苗氏、吉村浩司氏、佐藤皓氏から J-PARC で利用される予定の超伝導機器について講演が行われた。大内氏と佐藤氏は、加速器で 2 期計画以降に必要となる超伝導加速空洞や負荷変動保証のための超伝導エネルギー貯蔵システムについて報告された。また西山氏および吉村氏は、ミュオンを生成もしくは輸送するための超伝導ソレノイドについて、現在建設中の物と将来計画についてそれぞれ講演を行った。青木氏は KEK から移設予定の物理実験用の超伝導磁石、また荻津はニュートリノ実験のための陽子ビームライン用超伝導磁石システムについて、それぞれその建設状況の報告をした。



写真 1

見学会では、まず物質生命科学実験施設の実験ホールで中性子ビームライン（写真 1）およびミュオンビームラインを見学し、特にミュオンビームラインでは設置された超伝導ソレノイドを

見た。また放射化機器取扱室で中性子ターゲット（写真 2）及び極低温超臨界水素を用いた中性子モデレーターの見学をした。ニュートリノ実験施設では 1 次ビームライントンネルで既に設置が始まった超伝導磁石システム（写真 3）と、ニュートリノを生成するターゲットステーションの見学を行った。加速器開発棟では超伝導加速空洞の開発を行うための施設を見学した。



写真 2



写真 3

本施設は現在日本国内においては最大級の加速器施設であるとともに、超電導・極低温施設においても国内最大級の物が幾つも使用されている。本シンポジウムで 30 名を超える参加者があったこともあり、超電導の大型応用に関するシンポジウムとして、大変有意義なものになった。

[超電導 Web21 トップページ](#)

【隔月連載記事】

粒子加速器と超電導 (その3)

日本大学
大学院総合科学研究科
教授 新富孝和

4. シンクロトロン用超電導磁石の特徴と製作技術

高エネルギー加速器では安定にビームを加速するために最先端の高度技術が結集される。したがって、超電導磁石技術においても最先端のものが要求される。ここでは、技術的なことを中心に特徴を述べる。

高エネルギー加速器用超電導磁石の特徴は

- 1) 磁場均一度の誤差が 10^{-4} より小さいこと
- 2) 高磁場であること
- 3) コイルの平均電流密度が 500 A/mm^2 程度と高いこと
- 4) 定格運転電流が臨界電流の 85 %程度であること
- 5) 定格通電までトレーニングクエンチがないこと
- 6) 量産できるように作りやすい形状、構造であること

などである。

4.1 磁場精度と工作精度

シンクロトロンは、原理的に加速粒子を曲げて一定軌道上に保持する二極電磁石（偏曲電磁石）と粒子が軌道上から外れない（発散しない）ように収束させる四極電磁石（収束電磁石）の組合せになる。粒子が同じ軌道上を何万回と周回するために、磁場のわずかな誤差によるローレンツ力が粒子を安定軌道上から発散させる。これは、ブランコを揺るときにわずかな力であっても、振幅がましていくのに似ている。このために、加速器として成り立つためには、磁場均一度（二極電磁石では磁場の一様性、四極電磁石では磁場勾配 (dB/dx) の一様性) が最も厳しく要求される。そのための誤差の目安が 10^{-4} 以下である。超電導磁石のコイル内径（アパーチャ）で、中心からだいたい 60 %ほどの空間が粒子の通るところであるので、その空間の磁場誤差が要求を満たすように設計、製作する。

これらの均一磁場を作り出す方法は幾つか考えられる（図 4-1）。現在採用されている

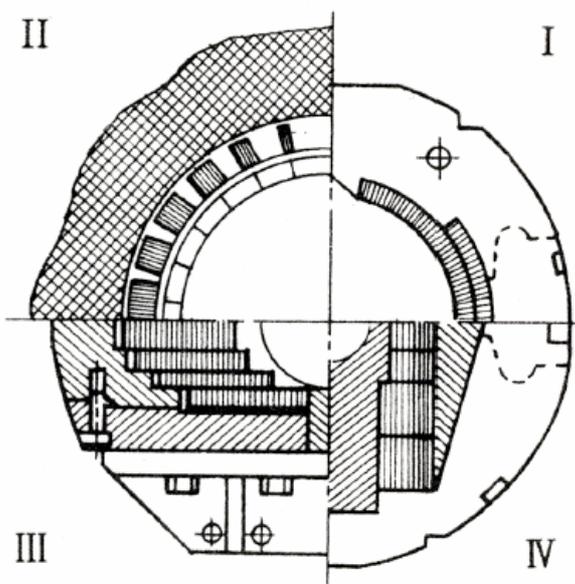


図 4-1 超電導双極磁石のコイル配置例。
I および II が COS ⊙配置

方法は、COS θ 配置と呼ばれているものである。図 4-2 の左に示す楕円交差型の電流分布を仮定すると、空間内に作られる磁場は、二極電磁石 (COS θ 配置) に対しては均一磁場、四極電磁石 (COS 2θ 配置) に対しては均一磁場勾配になり、理想的な磁場分布が得られる。実際には加工上そのような配置の巻線は不可能なので、COS θ 分布を近似した右図のような配置にする。この方法は仕様導体量、製作のしやすさからメリットがある。

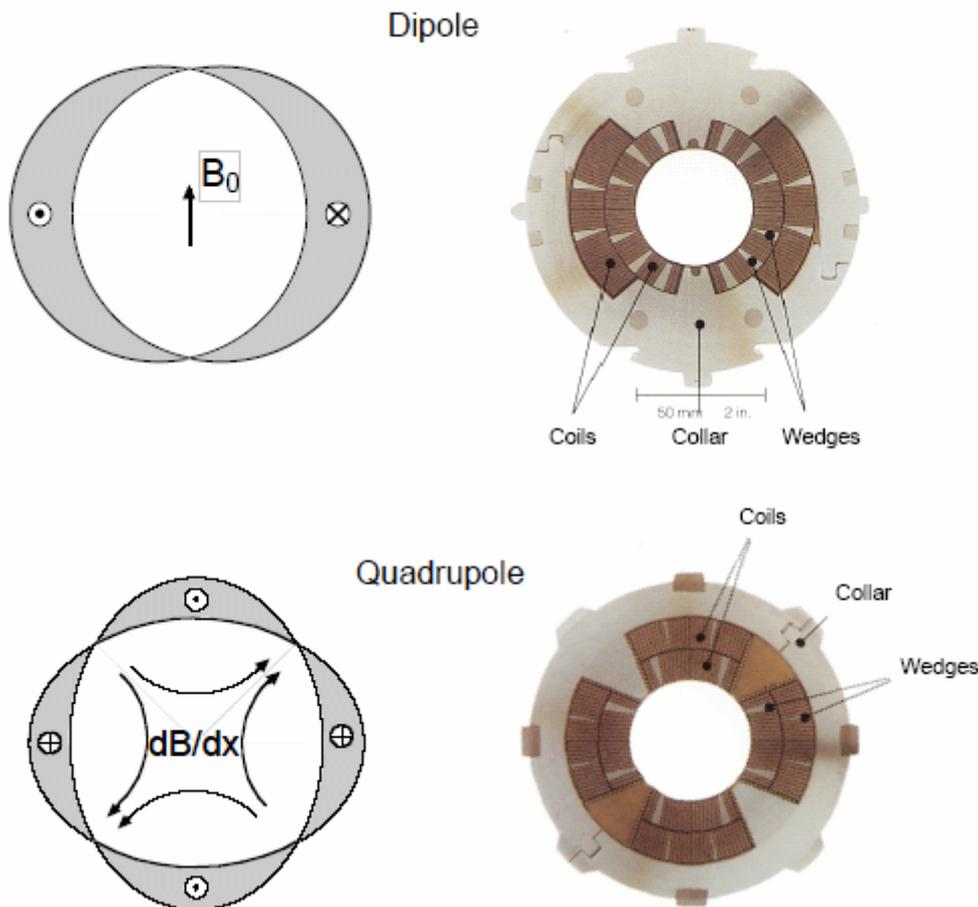


図 4-2 加速器用超伝導コイル配置。理想的には COS θ 配置 (左図) がよいが、製作上近似した配置 (右図、SSC の例) になる。

このような高精度の磁場均一度は、寸法精度の高い素線とそれを用いた高品質のラザフォード・ケーブルの開発や高度のコイル製作技術によって得られた。コイル巻き線から最終仕上がりに対しても、 $\pm 20 \mu\text{m}$ 以下を目安に加工される。Tevatron の時に開発された板厚数 mm のステンレス鋼を、打ち抜き加工で作るカラーと呼ばれるコイル支持構造材を用いる技術によって、この誤差内に抑えることが可能になった。特に、ケーブルの仕上り誤差が強く影響するので、ケーブル厚みの誤差が数 μm に入るように製造管理される。

LHC では、二極電磁石だけで 1 千台の磁石を製作 (3 メーカーに発注し、各メーカーが 400 台余りの磁石を製作) したので習熟効果が現れ、製作最終段階では最初の 1/3 程度の製作時間に短縮された。

4.2 導体の開発

加速器が要求する磁場を発生するためには、導体性能がものをいう。加速器用超電導コイルは、図 3-2 (3 月号) に示すように、コンパクトである。Nb₃Sn のような導体を用いた高磁場を発生できるコイルの開発研究も活発に行われているが、現在のところ実用に供されている加速器用超電導磁石の導体材料としては唯一 Nb-Ti である。

Nb-Ti の臨界電流特性の進歩を見ると図 4-3 に示すように、コンスタントに進歩しているのではなく、プロジェクトが進められるときに、それが要求する性能に従ってステップ状に改良されていることが分かる。すなわち、プロジェクトの要求が進歩の原動力になっている。

導体形状としては、数 kA ~ 10 kA 程度の電流を流すこと、できるだけコイルの平均電流密度を高くしたいこと、電磁力を押さえ込みやすい構造であることなどから、素線数 30 ~ 40 本のラザフォード・ケーブルが用いられる。素線としては、フィラメント径が 5 μm 程度 (細ければ細いほどよいが、線加工技術が難しくなり、高価になる) 銅比が 2 以下である。素線の寸法誤差では、約 1 mm の素線径に対して 2 ~ 3 μm、ケーブルの寸法精度は約 1.5 mm 厚みにたいして 6 μm 程度の誤差内に納めることが要求される。できるだけ断面形状をコンパクトにし、高い磁場を発生できるよう、コイルの平均電流密度が大体 500 A/mm² である。また、変動磁場でケーブル素線間に流れる誘導電流によって、磁場精度が悪くなったり、安定性に影響したりするので、素線間接触抵抗を最適な値に制御することも行われている。

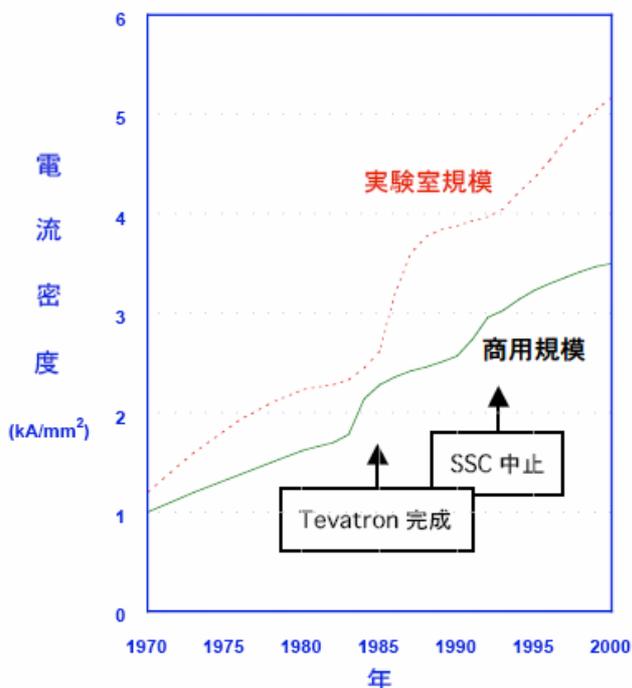


図 4-3 Nb-Ti 線の臨界電流特性進歩の歴史。1983 年頃の進歩は Tevatron 計画、1990 年頃の進歩は SSC 計画が進められたときである。

出典

図 4-1 : 超伝導・低温工学ハンドブック、822 頁、(社)低温工学協会編、オーム社、1993

図 4-2 : SSC パンフレット “To the Heart of Matter – The Superconducting Super Collider”

読者の広場

Q&A

Q: 「超電導・低温産業分野において、RoHS 指令による影響はあるのでしょうか？」

A: 経済産業省のホームページ(2006/01/06)の海外法令紹介によりますと、欧州連合加盟国に適用される法令「電気電子機器に含まれる特定物質の使用制限に関する指令 2002/95/EC(施行予定2003年02月13日): Restriction of the use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electric Equipment」が添付資料として掲載されています。一般的には、これを略してRoHS(ローズ)指令又はRoHS基準と呼んでいます。

この法令の目的は、次の8種類の電気電子機器に含まれる有害物質を対象としてその使用制限を加盟国内に統合し、人の健康の保護及び廃棄される電気電子機器について健全な処分と環境の再生ができるようにすることです。

1. 大型家庭用電気製品
2. 小型家庭用電気製品
3. IT及び遠隔通信機器
4. 民生用機器
5. 照明装置
6. 電動工具(据え付け型の大型産業用工具を除く)
7. 玩具、レジャー及びスポーツ機器
8. 自動販売機類を含む電球及び家庭用照明器具

ただし、これらのうち、1. 医療用デバイス(すべての移植製品及び感染した製品を除く)、2. 監視及び制御機器、3. 2006年7月1日より前に上市(市場に出す意味)された電気電子機器の補修用スペアパーツ及び4. 2006年7月1日より前に上市された電気電子機器の再利用は、適用から除外されます。

また、この法令のポイントは、2006年7月1日以降に上市されるこれらの製品に含まれる次の6種類の特定化学物質に規定値が明示されたことです。すなわち、鉛、水銀、六価クロム、ポリ臭化ビフェニール(PBB)又はポリ臭化ジフェニールエーテル(PBDE)は0.1 wt%(1000 ppm)以下、カドミウムは0.01 wt%(100 ppm)以下でなければなりません。

さて、ここで超電導・低温産業分野について考えてみます。

上述のように、RoHS指令の対象は電子・電気機器です。従って、計測器やコントローラーなどが対象になっており、超電導機器や冷凍機などは対象にはなりません。すなわち、超電導・低温産業分野については、RoHS指令による影響がないように思えます。

しかしながら、GM冷凍機などの蓄冷器には鉛が使用されており、これを心配する向きがあります。この場合、電子・電気機器ではないので、狭義には規制を受けないと解釈できますが、拡大解釈をすると規制されることが考えられます。このような拡大解釈を想定して、無鉛の蓄冷材の開発を進めている企業もあります。さらには、グリーン購買が浸透しており、この方面の事情からも鉛を使わない方向となっています。業界全体としても、無鉛化の方向に向けて技術開発を進めています。現状では、まだ直接的に規制を受けていませんので、現行のビジネスには影響は出ていないと考えられます。

回答者: 大陽日酸株式会社 開発・エンジニアリング本部副本部長 上岡泰晴様

[超電導 Web21 トップページ](#)