

掲載内容（サマリー）：

○年頭挨拶	理事長	勝俣 恒久
○2011年を迎えて	超電導工学研究所長	塩原 融
○2011年のご挨拶	前 経済産業省産業技術環境局審議官	西本 淳哉

トピックス：

- 「エコプロダクツ 2010」に出展
- 超電導関連 2010年 1-2月の催し物案内
- 新聞ヘッドライン（11/19-12/16）
- 超電導速報—世界の動き（2010年 11月）
- 「第3回国際セラミックス会議（ICC3）」報告
- 超伝導科学技術研究会ワークショップ「省エネ・低炭素社会を目指す取り組みと超伝導」報告
- 「2010年度秋季低温工学・超電導学会」報告
- 隔月連載記事—イットリウム系超電導線材の開発の道のり（その1）
- 読者の広場(Q&A)—Y系超電導体の結晶粒を磁場で高配向させる技術が開発されたと聞きましたが、その方法について教えてください。

[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/web21.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>



年 頭 挨拶

財団法人 国際超電導産業技術研究センター
理事長 勝俣 恒久



あけましておめでとうございます。

昨年を振り返りますと、国連の気候変動枠組み条約に関する COP16 の開催等を通じ、地球温暖化防止への取り組みが、各国共通の喫緊の課題として再認識された 1 年でした。一方、我が国においては、温室効果ガス削減目標達成のための最重要政策課題であると同時に、新成長戦略の柱として「グリーン・イノベーションの推進」が位置づけられ、その主要施策の一つとして超電導技術が取り上げられております。超電導技術の開発においては、早期実用化への期待が高まった 1 年でした。

また、本年は、1911 年に超電導現象が発見されて以来ちょうど 100 年という節目の年であり、様々な記念行事の開催等を通じ、超電導技術が脚光を浴びる年でもあります。

こうした中で、当財団は、1988 年の設立以来、我が国における超電導に関する中核的機関として、着実に研究開発を進め、多くの成果をあげてまいりました。特に最近では、「イットリウム系超電導電力機器技術開発」や「次世代ネットワークデバイス技術開発」などのプロジェクトを通じ、超電導機器などの実用化に向けた開発に取り組み、成果を上げてきているところであります。今年度におきましても、プロジェクト参画企業・団体をはじめ産・学・官の緊密な連携をとりつつ、超電導技術の開発をさらに加速してまいりたいと考えております。

また、超電導技術は、地球温暖化防止のみならず、エネルギー、エレクトロニクス、輸送、医療、環境改善など幅広い分野において技術革新をもたらすと同時に、私たちの生活を豊かにするものであります。当財団としましては、こうした期待に応えるべく積極的に技術開発に取り組んでまいり所存であります。

最後になりますが、皆様方のご繁栄を心からお祈り申し上げるとともに、本年も一層のご支援、ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

[超電導 Web21 トップページ](#)

2011年を迎えて

超電導工学研究所
所長 塩原 融



新年明けましておめでとうございます。

リーマンショック以降の世界的な金融危機に端を発した未曾有の不況が今なお継続し、経済・雇用対策、社会保障、地球環境問題が浮き彫りになった状況で 2011 年を迎えることになりました。特に、地球環境・エネルギー問題がクローズアップされています。国連気候変動枠組み条約の第 15 回締約国会議 (COP15) で纏められた「コペンハーゲン合意」に基づき、日本は、温室効果ガス排出量を削減するための中期目標 (2020 年までに 1990 年比 25% 削減) を、2010 年 1 月 31 日、条約事務局に提出しました。昨年 12 月上旬にメキシコ・カンクンで開かれた第 16 回締約国会議 (COP16) での「カンクン合意」では、地球温暖化を食い止める新たな枠組みづくりは先送りされましたが、国際社会に協調の芽が復活し、次の枠組みづくりに向けた礎は築かれたと報道されています。

超電導技術は、電気抵抗ゼロが生み出す新エネルギー社会の中で、電力機器、医療機器、産業応用等、多様な分野での効果が期待され、21 世紀のエネルギー施策、CO₂削減等への貢献が望まれる国家的にも極めて重要な技術であり、今後の環境・エネルギー革新、電力系統安定化に対する期待が高まってきています。また、太陽光、風力発電等の自然エネルギーの導入を図り、超電導送電ケーブル、変圧器、限流器等の開発とともに CO₂削減を目指した計画が、世界中で積極的に進められており、超電導材料及び応用・実用化に対して熾烈な開発競争が繰り広げられています。我が国においても、「エネルギーイノベーションプログラム基本計画」が経済産業省において制定され、主要推進項目「エネルギー供給側の効率向上」の中で、発電・送電分野における CO₂の大幅削減に貢献する具体的な技術として、「超電導高効率送電技術」が挙げられています。

また、21 世紀のハイテク材料の切り札である希土類元素 (レアアース) の使用量削減も喫緊の研究開発課題としてクローズアップされています。レアアース原材料の大きな用途である永久磁石を超電導電磁石で代替することにより大幅にレアアース使用量を削減することも期待されています。

2011 年はオランダのカメリン・オンネス卿が、水銀で超電導現象を 1911 年に発見してから 100 周年を迎える年にあたります。また、電力機器開発に対して高温超電導技術の適用が本格始動に入る重要な年と考えています。超電導工学研究所といたしましても、このように基礎研究を含めて大きく期待される環境の下、「超電導線材開発」、「電力機器技術開発」、「高温デバイス開発」、「低温デバイス開発」、「材料物性・評価」の分野で精力的に研究開発を進めてまいります。

今後も、これまでの二十余年の成果を踏まえて、超電導工学研究所が研究開発の中核となり、我が国の成長戦略先端分野に位置づけられる「高温超電導材料・技術の本格的な実用化」を目指した研究開発に積極的に取り組み、二酸化炭素 (CO₂) 排出削減等を含めた 21 世紀を形成する新しいエネルギー社会構築を目指して、わが国の産業界の発展はもとより、世界に貢献したいと願っています。

本年度もこれまで同様、会員企業各位はじめ、皆様方の倍旧の御指導・御支援、御協力を賜りますよう、宜しく申し上げます。

[超電導 Web21 トップページ](#)

2011 年のご挨拶

前 経済産業省産業技術環境局審議官
(産業技術・環境担当)
西本 淳哉



平成 23 年の新春を迎え、謹んでお喜び申し上げます。

2011 年は世界の超電導関係者にとって節目の年です。1911 年にオランダのオンネス博士が超電導現象を発見してから 100 年、1986 年にベドノルツ博士とミュラー博士が高温超電導を発見してから 25 年が経ちます。その間、超電導は送電ロスのない電力輸送を実現する夢の技術として多くの国々で研究開発が行われてきました。

近年、エネルギーをめぐる情勢は大きく変化しており、地球温暖化問題とも相まって大きな課題となっています。こうした情勢を踏まえ、昨年 (2010 年) 6 月、エネルギー政策の基本である「エネルギーの安定供給の確保 (energy security)」、「環境への適合 (environment)」、「経済効率性 (economic efficiency)」の同時実現を目指すべく、「エネルギー基本計画」が閣議決定されました。

経済産業省はこの 3E を実現するため、中長期的に推進すべき革新的なエネルギー技術を選定し、解決すべき技術開発と国家資源の投入の道筋を明示した技術ロードマップを策定する予定です。経済産業省はこのロードマップの中で超電導高効率送電を重要技術の 1 つとして位置づけ、技術開発を推進していく所存です。

経済産業省が推進し、財団法人国際超電導産業技術研究センター (ISTEC) が主導的な立場で取り組んでいる「イットリウム系超電導電力機器技術開発」プロジェクトは昨年中間評価を終え、着実な成果を挙げていると高い評価を得ています。本プロジェクトにおいて、世界最高の超電導性能を持つ超電導線材や世界で初めて限流機能を持つ変圧器の開発に成功するなど、超電導技術の大きな進展を示しております。今後の更なる技術開発に大いに期待いたします。

経済産業省といたしましても、引き続き超電導の実用化に向けた取組を推進して参りたいと思えます。本年も研究開発政策に対するより一層の御支援、御理解を賜りますよう、お願い申し上げますと共に、皆様方の益々の御発展を祈念いたしまして、新年の挨拶とさせていただきます。

[超電導 Web21 トップページ](#)

トピックス：「エコプロダクツ 2010」に出展

財団法人国際超電導産業技術研究センター
普及啓発部
主任 岡 実奈子

日本経済新聞社主催による“エコプロダクツ 2010”が東京都江東区有明の東京ビッグサイトにて平成 22 年 12 月 9 日～11 日に開催された。(財)国際超電導産業技術研究センター (ISTEC) は、昨年までは“超電導 EXPO”“超電導パビリオン”として関係企業と共に出展してきたが、今年は「産業用超電導線材・機器技術研究組合 (ISTERA)」と共同で出展した。

ISTEC/ISTERA ブースにおいては、パネルによる説明、超電導を応用した未来社会の模型の展示、さらに、超電導磁気浮上の体験コーナーを設けて超電導の技術を紹介した。

パネルでは、ISTEC の概要と最新の研究開発の成果を紹介するとともに、超電導の基本的な性質：「電気抵抗ゼロ」、「磁束の量子化」、「強い磁場の発生」、「磁場の高感度検出と磁場の遮蔽」などを説明した。また、ISTERA は「ISTERA の概要」、「希少金属代替材料開発プロジェクト」について紹介した。

超電導応用を紹介するコーナーでは、超電導ケーブル (三芯、単芯)、SMES、超電導ポッドモータ船、風力発電、超電導素子の医療機器応用などを模型とともに、それぞれに関係する動画も映写した。

また、超電導磁気浮上コーナーでは、液体窒素で冷やした超電導体の上に、ネオジウム磁石を敷きつめた直径 60 cm、重さ約 75 kg の円盤を浮上し、その上に希望者が乗って浮上感を体験した。このデモンストレーションはブースの外にまで人が集まる大盛況であった。



超電導の磁気浮上実験 (動画)

人々のエコへの関心の高さは「エコプロダクツ 2010」の来場者数にはっきりと現れている。さかのぼってみると、2007 年：164,903 人、2008 年：173,917 人、2009 年：182,510 人、今年は 183,140 人と年々増加している。

ISTEC のブースには、ビジネスマン、課外授業の学生、子供連れの家族、さらに海外からと来場者は様々であった。

ブースでは、「超電導がなぜエコに関係するの?」「超電導がなぜ身近な生活に役立つの?」などの質問を受けて、超電導に対する高い関心を実感した。また、子供たちが、何度も磁気浮上装置を覗いては「どうして円盤が浮いているの?」、「なぜ冷やさないといけないの?」などの真剣な質問をし、研究員が子供たちに易しい言葉で説明をする場面もあった。

今回も「来場者アンケート」を実施し約 1000 件の回答が得られた。回答からは、一般の方の理解が深まっていること、さらに超電導技術への関心が高まっていることが感じられた。



ISTEC/ISTERA ブース

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導関連 ‘11/1 月－2 月の催し物案内

1/11-1/12

第 49 回セラミックス基礎科学討論会

場所：岡山コンベンションセンタ

主催：日本セラミックス協会基礎科学部会

問合せ：<http://www.ceramic.or.jp/>

1/17

Innovative Smart Grid Technologies (ISGT 2011)

場所：Anaheim, CA, USA

問合せ：<http://www.isgt2011.com/site/>

1/19-20

JST SORST シンポジウム(5)「IT/BT ならびに省エネの支え役「磁性材料」の将来像」

場所：コクヨホール（東京・品川）

主催：(独) 科学技術振興機構 (JST)

問合せ：<http://www.jst.go.jp/kisoken/sorst/sympo/sorst-sympo5.pdf>

1/20-21

超電導応用電力機器研究会「超電導応用ならびに材料関連技術」

場所：住友電気工業株式会社 大阪製作所 研究講堂

主催：電気学会

問合せ：<https://workshop.iee.or.jp/sbtk/cgi-bin/sbtk-showprogram.cgi?workshopid=SBW00000C62>

1/21

第 5 回冷凍部会例会／第 4 回超電導応用研究会シンポジウム「超電導 MRI 技術の進展」

場所：三菱電機系統変電システム製作所赤穂工場「潮風館」

主催：低温工学協会

問合せ：http://www.csj.or.jp/reitob/2011/5th_0121.pdf

1/22-28

Aspen Center for Physics Winter Conference 2011

場所：Aspen, CO, USA

問合せ：<http://home.physics.ucla.edu/calendar/conferences/cmssc-2011/index.htm>

1/24

超伝導エレクトロニクス研究会 (SCE)

場所：機械振興会館地下 3 階 1 号室（東京都港区）

主催：電子情報通信学会

問合せ：<http://www.ieice.org/es/sce/jpn/>

1/28

第4回関西支部講演会「テラヘルツ科学を支える低温技術」

場所：大阪大学中之島センター

主催：低温工学協会

問合せ：http://www.csj.or.jp/kansai/2011/4th_0128.pdf

(編集局)



[超電導 Web21 トップページ](#)

新聞ヘッドライン (11/19-12/16)

- NEDO のレアメタル代替研究 セリウム5割削減など実証 日刊工業新聞 11/19
- SOFC用 電解質材を2種類開発 物材機構 BZY焼結性を向上 日刊工業新聞 11/19
- 鉄道総研、超電導応用に力 送電線や核磁気共鳴 材料から応用まで 日経産業新聞 11/19
- 仁科記念賞決定 大自由度カオス理論 東大・金子教授 超伝導体新物質発見 京大・前野教授 科学新聞 11/19
- Mo-99/Tc-99mの加速器による製造技術 -放医研の研究グループ確立- 科学新聞 11/19
- レアアース改善の兆し 経産省調査 中国で船積みも確認 朝日新聞 11/19
- レアアース開発 「グリーンランドを支援」 欧州委員会 中国依存脱却狙う 日本経済新聞 夕刊 11/19
- 中国産レアアース輸入停滞 企業半数「改善の兆し」 経産省調査 日本経済新聞 夕刊 11/19
- レアアース開発投資 カナダ、日本に期待 日本経済新聞 11/20
- 日本・モンゴル レアアース共同開発加速 首脳会談 EPA交渉、来春から 日本経済新聞 11/20
- 「次世代送電網、規格統一を」 チュミエネルギー長官 会見 国際標準、主導狙う 通信や制御関連 外資にも参画促す 輸出拡大戦略、背景に中国インフラ市場にらむ 日本経済新聞 11/20
- 中国レアアース 商社が輸出申請再開 双日・住商 正常化なお不透明 日本経済新聞 11/20
- 「レアアースの空母となる」 中国・内モンゴル拠点 地下水を汚染 「密輸」が横行 朝日新聞 11/20
- レアアース リスク再熟慮 日本企業 「脱中国」「代替品開発」急ぐ 読売新聞 11/20
- モンゴル資源に熱視線 日本とレアアース共同開発 中国最大のライバル 読売新聞 11/21
- 有機超電導物質 産業への応用に光明 日本経済新聞 11/22
- 超電導物質で微小磁力検出 スウェーデンのチャルマース工科大学 日経産業新聞 11/22
- リニア一部先行開業 相模原甲府間 リニア中央新幹線ルート 読売新聞 11/24
- レアアース 双日、豪から調達 年9000トン規模 年間需要の3割 日本経済新聞 11/24
- 東芝、レアアース利用新技術 モーター材に中国産使わず 米国産などで代替へ 日本経済新聞 11/24
- レアアース 中国が通関許可 日本向け 週内にも輸出再開へ レアアース輸入2件の出港確認 日本経済新聞 夕刊 11/24
- 直線ルートを正式に答申へ リニア小委員会 朝日新聞 11/25
- IEA「世界エネルギー展望」 安全保障と温暖化対策課題 日本エネルギー経済研究所理事 小山 堅 Fuji Sankei Business i. 11/25
- 双日、豪からレアアース調達 10年契約で合意 年間9000トン 需要の3割 日経産業新聞 11/25
- フィリップス日本法人 MRI、計1000台に 約25年 北海道で3テスラ型納入 日経産業新聞 11/25
- レアアース代替技術開発支援 日経産業新聞 11/25
- レアアース調達 分散化へ一歩 豪から確保「脱中国」目指す 日本向け積載船 中国出港を確認 大畠経産相 毎日新聞 11/25
- 設備投資の回収「25～30年間で」 JR東海会長 日本経済新聞 11/25

- 当面は「中国頼み」続く 対日輸出の許可相次ぐ 日本経済新聞 11/25
- レアアース調達先 拡大 大手商社 住商 インドネシアで調査 三菱商事 米の開発会社と交渉 日本経済新聞 11/25
- ロシア、有料で体験乗車 JR 東海 13~14 年度に実施 日本経済新聞 11/25
- 住友電工 昭和電線 超電導線を量産 送電ロス低減 米などに先行 日本経済新聞 11/25
- 超電導線 2社が量産 エコカーなど需要増 生産コスト 過去7年で半減 日本経済新聞 11/25
- 物質分析 テロで苦境 「ヘリウム3」9.11後、米国で需要増 薬の開発にも応用 軍縮路線供給減る 朝日新聞 11/26
- レアアース安定調達 モンゴル企業と協力へ 東芝 読売新聞 11/27
- 細いビーム がん狙い撃ち 重粒子線新照射法、コスト低減 日本経済新聞 11/28
- 超電導ナノ構造を用いた先端計測技術 原子レベルで不純物解析 半導体材料研究に活躍 抗体医薬品に期待 高い元素選択性 産業総合研究所 大久保雅隆 日刊工業新聞 11/29
- 次世代送電網の機器に力 古河電工のパワー&システム研究所 過大電流を制御する限流器に使う超電導素子の開発装置 日経産業新聞 11/29
- 再生可能エネ比率 独、80%実現へ技術総動員 2050年目標、現在は16% 地熱や洋上風力を開拓 送電網に課題 日本経済新聞 11/29
- 造船復活 エコに針路 三菱重・長崎造船所 コスト削減、技術継承不可欠 燃費35%向上に成功 国内造船各社の主なエコシップ 三菱重工 IHI Kawasaki 三井造船 読売新聞 11/29
- 鉄系高温超電導体 鉄原子の役割解明 高輝度光センターなど 日刊工業新聞 11/30
- 10月のレアアース輸入 中国から4割減 朝日新聞 11/30
- 丸紅、米南部で送配電事業 電力分野への投資加速 まずテキサス州 現地企業と合弁 4年で400億円規模 米送配電網 「市場、20年で25兆円」 自然エネ促進 老朽化設備も更新 日本経済新聞 11/30
- 中国レアアース 日本向け出港 双日の積み荷 日本経済新聞 11/30
- 電中研 最新研究成果を紹介 材料分析解析技術 横浜でシンポジウム 電気新聞 11/30
- 電子材「グラフェン」に対抗馬 実用化へ課題解決急ぐ 東工大が作製したビスマス・セレン化合物の単結晶 日経産業新聞 12/03
- メタ軌道転移の揺らぎから 超伝導発現の可能性提案 服部・東大助教授 科学新聞 12/03
- レアアース取引「ほぼ通常扱い」 経済産業相 朝日新聞 12/04
- ITER、コスト増の逆風 無限エネ確保、必須の課題 文部科学審議官 森口 泰孝氏 日経産業新聞 12/06
- レアアース備えは万全? 外務省、走る企業後押し 各国に積極外交を展開 調達ソース拡大進むも・・・ 中国一極集中脱却へ課題残る 商社、成果は13年以降に 日刊工業新聞 12/06
- 量子渦と反量子渦 回転・相対停止を観測 2次元系での超流動体発生 情報学研が実証 新しい物性発見に期待 日刊工業新聞 12/06
- 環境ベンチャー 韓国 ポスコ、日本で買収 ゼネシス 排熱発電など強化 日本経済新聞 12/06
- レアアース 米社に出資へ 住友商事 来春にも年2000トン弱輸入 モリコープ 三菱商事も契約 日本経済新聞 12/07
- レアアース輸入 来年度は不透明 自動車部品工業会長 朝日新聞 12/07
- 曲がる無線デバイス 酸化半導体 整流回路開発 日立、電波で電力送信 日刊工業新聞 12/07
- テラヘルツ波で信号 コンピュータ計算に利用 CPU速度600倍も 東大 日経産業新聞 12/08

- 米モリユープ CEO レアアース供給「半分は日本向け」 今年、1500 トンを 10 社以上に 日本経済新聞 12/08
- COP16 閣僚級会合 「京都」延長論 勢い増す 欧州も容認へ 日本、厳しい立場 日本経済新聞 12/08
- 環境税導入なら 電気代 34 円上昇 経産省試算 日本経済新聞 12/08
- レアアース 豊田通商、印で生産 信越化学など 年 3000~4000 トンめざす 日本経済新聞 12/09
- レアアース工場 インドに建設 豊田通商が来年着手 大手商社各社の中国以外からのレアアース調達の動き 豊田通商 双日 住友商事 三菱商事 読売新聞 12/09
- 温暖化対策「米の態度重要」 ワシントン前 IPCC 議長に聞く CO2 の削減「83 兆円余計に」国際エネルギー機関 朝日新聞 夕刊 12/09
- 高温ガス炉で水素社会を実現 小川益郎センター長の目標 ヘリウム使い、温室ガス無縁 読売新聞 夕刊 12/09
- 東芝、四日市で設備停止 中部電送電トラブル コスモ石油も 日本経済新聞 夕刊 12/09
- レアアース生産、中国集中進む 日本経済新聞 夕刊 12/09
- 電圧低下 中電に損害賠償請求も 読売新聞 12/10
- 「京都」延長 産業界反対 COP16 9 団体が緊急提言 読売新聞 12/10
- スピントロニクスに新たな展望 テラヘルツ波パルス磁場でスピンを超高速制御 -東大物性研グループ成功- 科学新聞 12/10
- 電圧低下 0.07 秒 大混乱 中部電力管内 各地で操業停止、東芝 100 億円減収か 朝日新聞 12/10
- エコプロダクツ 2010 開幕 最新の環境技術一堂に 電機・電線メーカー出展 11 日まで 電気新聞 12/10
- レアメタルに再利用制度 政府、リチウムなど 13 種類 小型家電からも回収 日経産業新聞 12/11
- 東芝工場 操業再開 電圧低下で一時停止 四日市 電線のショート 電圧低下原因か 中電・変電所 毎日新聞 12/11
- 東芝工場、ほぼ復旧 中部電力電圧低下 究明は長期化か 朝日新聞 12/11
- 東芝、四日市工場が復旧 中部電トラブル 損倍請求の可能性 日経産業新聞 12/11
- ポスト京都へ新体制 米中にも温暖化対策 合意 法的拘束力は示せず 「空白」回避へ正念場 朝日新聞 12/12
- GE、日本で医療 IT 来年参入 画像データ管理 普及に弾み 日本経済新聞 12/12
- NEDO 割当量単位 ポーランドから購入 400 万トンの契約を締結 電気新聞 12/13
- 洋上風力の電源線受注 ABB ベルギーから 105 億円で 電気新聞 12/13
- 三菱重工 洋上風力 英社技術で高性能化へ 油圧ドライブ方式を適用 電気新聞 12/13
- レアアース 住商合意 米社に資金 来年 2 月から調達 朝日新聞 12/14
- アジア標準で性能評価 家電・太陽電池 経産省が着手 日刊工業新聞 12/14
- 車載電線 自動車分野の成長加速 日刊工業新聞 12/14
- 室温でも強磁・誘電性 マルチフェロイック材 開発 東大など フェライト磁石に元素添加 日刊工業新聞 12/14
- 中部原子力懇談会 加速器の研究紹介 理研矢野氏が講演会 電気新聞 12/14
- GE と高速鉄道合弁 中国南社 42 億円折半出資 米で車両受注狙う 日経産業新聞 12/14
- レアアース輸出 関税引き上げへ 朝日新聞 12/15
- 誘電性・磁石の特徴両立 理研などの新材料開発 日経産業新聞 12/15

- 中国・レアアース関税上げ GDP2011年9%増へ 中国 読売新聞 12/15
- 韓国 済州島沖に洋上風力 同国最大、10万キロワット規模 電気新聞 12/15
- リニア時代へ発進 JR東海 政治介入避け自力建設 中間駅 負担巡り溝 関西3空港に打撃 朝日新聞 12/16
- 高温超電導で永久磁石 芝浦工大教授 村上雅人氏 医療など実用化を重視 日経産業新聞 12/16
- リニア「大阪開通で機能発揮」 延伸前倒し、手段乏しく 読売新聞 12/16
- TMEIC 瞬停補償装置を発売 電力変換効率99.7%に 電気新聞 12/16
- 本格普及へ 快走EV 2010年の軌跡 メーカーの本気度顕著に 関連業界も動き活発化 電気新聞 12/16
- 来年のレアアース輸出 中国、日系2社に許可 日本経済新聞 12/16
- レアアース「日欧と調達連携」 米エネ省、中国に懸念 日本経済新聞 12/16
- レアアース 「日本に輸出を検討」 豪開発アラフラ CEO 来年に再協議 日本経済新聞 12/16

(編集局)



[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導速報—世界の動き (11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 (2010年11月2日)

American Superconductor Corporation (AMSC) は、2010年9月30日に終了する2010年度第2四半期の収支を発表した。当期収入総額は、前年同期の7,470万ドルに対し36%増の1億150万ドルであった。粗利益率は、前年同期38.9%に対し当期40.7%。利益は、前年同期430万ドルに対し当期1,000万ドル。なお、一般会計原則に依らない従来計算法によれば、利益は前年同期870万ドルに対し当期は1,460万ドルとなる。AMSC社創業者でCEOのGreg Yurekは次のように述べた。「15期連続で収入増を継続することができた。本年度第2四半期は粗利益率、利益額両面で記録となる結果が得られた。また、最近数週間の間、2010年度以降かなり先までの力強い利益増加の継続が見込めるいくつかの成果を挙げるすることができた。我が社は、先端風力発電機メーカーBlade Dynamics Ltd.に投資を行い、再生可能エネルギー、電力グリッドの分野での地位を強化したところである。また、新製品のSolarTie(TM)グリッド接続ソリューションを市場投入した。最も重要な点は、これまで例を見ないAmperium(TM) HTS線材の大型受注により、この第2四半期が来るべき未来への大きな転換点となったことである。」2010年9月30日現在、AMSC社の現金、現金等価物、市場流通債権、制約預金合わせて1億3,120万ドルであり、受注残は9億5,600万ドルに上る。同社は、2010年通年についての現時点での見通しとして、収入総額4億3,000万ドル~4億4,000万ドル、利益4,400万ドル~4,650万ドル(一般会計原則依らない利益は6,050万ドル~6,300万ドル)を見込んでいる。

出典

“AMSC Reports Second Quarter Fiscal Year 2010 Financial Results”

American Superconductor Corporation press release (November 2, 2010)

<http://www.amsc.com/pdf/Q210%20Press%20Release%20-%20Final.pdf>

American Superconductor Corporation (2010年11月11日)

American Superconductor Corporation (AMSC) は、1株当たり36.5ドルで一般株式460万株を公募すると発表した。同社は株式引き受け者に対し、一般株式69万株までの追加購入が可能な30日オプションを認めている。AMSC社は、株式引き受けに係る値引き、手数料及び公募費用見積もり額を差し引き、今回の公募により1億5,510万ドル、株式引き受け者が追加オプション全てを行使した場合は1億7,80万ドルの収入が得られるものと見積もっている。今回の公募は2010年11月16日に締め切られる。

出典

“American Superconductor Announces Pricing of Common Stock Offering”

American Superconductor Corporation press release (November 11, 2010)

<http://www.amsc.com/pdf/AMSC%20Pricing%20Press%20Release%201110.pdf>

American Superconductor Corporation (2010年11月23日)

American Superconductor Corporation (AMSC) は、韓国 LS Cable 社及びフランス Nexans 社を Tres Amigas SuperStation の超電導ケーブル製造を担当する副契約者として選定した。直流超電導ケーブル送電拠点第1号となる Tres Amigas SuperStation は、米国ニューメキシコ州に設置が予定されており、これにより米国3大電力送電グリッドを繋ぐことが計画されている。LS Cable 社及び Nexans 社両社は、AMSC 社の Amperium(TM) 線材を使って超電導ケーブルを製造する。Tres Amigas の創立者で CEO の Phil Harris は次のように述べた。「我々は、AMSC 社により、世界最大かつ最も尊敬を集めている電力ケーブルメーカーとして認められている LS Cable 社及び Nexans 社が国家的事業である本プロジェクトに参加すべく選ばれたことをうれしく思っている。」この送電拠点が完成すれば、3大電力送電グリッド間で数百万キロワットの電力が行き交い、再生可能エネルギーのより速やかな市場への浸透や米国電力網の信頼性向上に大いに資することが期待される。

出典

“American Superconductor Selects Cable Subcontractors for Tres Amigas SuperStation”

American Superconductor Corporation press release (November 23, 2010)

[http://www.amsc.com/pdf/Tres%20Amigas%20Cable%20Subs%20\(23Nov2010\)%20-%20Final.pdf](http://www.amsc.com/pdf/Tres%20Amigas%20Cable%20Subs%20(23Nov2010)%20-%20Final.pdf)

通信

Superconductor Technologies Inc. (2010年11月10日)

Superconductor Technologies Inc. (STI) は、2010年10月2日に終了する2010年度第3四半期の収支を発表した。収入総額は、前年同期430万ドルに対し当期200万ドルであった。また、商品販売総額は、前年同期300万ドルに対し当期180万ドル。政府契約及びその他契約に係る収入は、前年同期130万ドルに対し当期14万4,000ドル。損失は、前年同期180万ドルに対し当期340万ドル。STI 社社長兼 CEO、Jeff Quiram は次のように述べた。「我が社の大口顧客が既存の通信ネットワーク向けの高性能ソリューションに対する投資を抑制している状況に変化はない。一方、米国政府向け SURF 2 開発プログラムは成功裏に終了し、その技術リソースを Y 系線材開発に振り向けたところである。将来に向けての重要なポイントは、我が社の蓄積された HTS 技術を使い、既存の又は将来の送電や発電分野向けの Y 系線材世界市場において相当程度のシェアを得て株主に利益を還元していくということである。」2010年10月2日時点で、STI 社は現金及び現金等価物を含め、運転資本940万ドルを保有している。第3四半期に、STI 社は引き受け付き株式公募により520万ドルを得た。また、第3四半期終了直後に、株式公募に付随する追加株式購入オプションの行使により、追加で83万ドルの資金収入があった。第3四半期末の受注残は10万6,000ドルであった。(前年同期の受注残は9万5,000ドル。)

出典

“Superconductor Technologies Inc. Reports Third Quarter 2010 Results”

Superconductor Technologies Inc. (November 10, 2010)(November 10, 2010)

<http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=70847&p=irol-newsArticle&ID=1494459&highlight>

加速器

CERN (2010年11月4日)

CERN は、LHC の最初の運転を成功裏に完了し、7 TeV での最初の年の陽子物理研究の全ての目

標を達成したと発表した。これまでに達成した研究成果に関し、CERN 長 Rolf Heuer は次のように述べた。「今回の結果は、我々が最初の年の目標として設定したものが、厳しくはあるが、現実的なものであったことを示している。このような良好な結果が得られ感謝に堪えない。これは、装置設計のすばらしさや今回の成功に導いた関係者の努力の賜物と言える。これにより、2011年の目標達成にもはずみがついた。今年残された期間で、LHC は新しいフェーズに入り、最初の鉛イオン加速、衝突実験を行う。2011年の主要研究目標は、広範な物理研究分野の進歩を図るべく、十分なデータ（1 inverse femtobarn : 素粒子衝突事象の単位）を蓄積することである。LHC では、12月6日まで鉛イオンの加速実験を行い、その後、メンテナンスのため装置を停止する予定である。加速器の運転は2月に再開され、2011年を通して運転を継続する。

出典

“The LHC enters a new phase”

CERN press release (November 4, 2010)

<http://press.web.cern.ch/press/PressReleases/Releases2010/PR20.10E.html>

CERN (2010年11月8日)

CERN は、僅か4日間の実験で陽子から鉛イオンへの移行を完了したと発表した。最初の衝突実験は11月7日に行われ、11月8日には安定した運転状態の維持に成功した。CERN 長、Rolf Heuer は次のように述べた。「鉛イオンへの移行の速さは、LHC の技術が成熟したものであることを示している。僅か数カ月のルーチン運転を経て、LHC はまるでぜんまい仕掛けの時計のように予定通り稼働している。」陽子から鉛イオンへ切り替えるためには、線源から衝突に至るまでの運転パラメータの再調整が必要であった。周回する鉛イオンのエネルギーレベル（1 ビーム当たり 287 TeV）は、陽子の場合よりずっと高く、衝突する対向粒子を揃え、計画通りのデータ取得のための安定したビーム生成を確保するためには周期の注意深い調整が必要となる。現在、鉛イオン衝突に必要な ALICE, ATLAS 及び CMS を使った3つの実験を開始できる状況にある。

出典

“CERN completes transition to lead-ion running at the LHC”

CERN press release (November 8, 2010)

<http://press.web.cern.ch/press/PressReleases/Releases2010/PR21.10E.html>

基礎

Princeton University (2010年11月2日)

Princeton University の研究グループは、一部が超電導体であり一部が金属という特性を持つトポロジカル超電導体という新しい結晶を発見した。極低温で、結晶内部は通常の超電導体の機能を持ち、外部は金属状態を維持する。今回の発見は、計算時にエラーが生じた場合それを検知して、それを除去する能力を持つエネルギー効率の高い量子計算機など次世代エレクトロニクス開発に重要な意味を持つ。論文の著者である L. Andrew Wray は次のように述べた。「今回見出された非常に奇妙な超電導体は、マヨラナ・フェルミオンの生成と操作という点で最も理想的な母体であり、さらには、誤り除去を行いながら計算できる量子計算機にも使うことができる可能性がある。マヨラナ・フェルミオンが超電導体上に存在するため、省エネというだけでなく、現在のシリコン半導体で問題となる過熱の問題がない低消費電力デバイス中でマヨラナ・フェルミオンを操作することができるだろう。」この研究結果は、「Nature Physics」に掲載された。

出典

“Unique duality: Princeton-led team discovers ‘exotic’ superconductor with metallic surface”
Princeton University press release (November 2, 2010)

<http://www.princeton.edu/main/news/archive/S28/87/21S83/index.xml>

University of Minnesota (2010年11月10日)

University of Minnesota の研究グループは、ドイツ、フランス及び中国の研究者と共同で、銅酸化物中の酸素原子が関与する新しいタイプの磁気波動を発見したと発表した。研究グループは、銅酸化物に強力な中性子ビームを照射し、結晶と衝突した中性子がどのように散乱されるかを測定した結果、酸素原子が関与する新たな磁気波動の存在を確認することに成功したものである。今回得られた知見は、本質的には基礎的なものであるが、将来的には超電導線材やその電力グリッドでの応用の面での改善に大いに寄与する可能性もある。研究結果は、既に「Nature」に掲載されており、「Science」のハイライトとしても報告された。研究論文の筆頭オーサーは、同大学理工学部天文学科 Martin Greven 准教授。

出典

“University of Minnesota leads team in discovery of novel type of magnetic wave”

University of Minnesota press release (November 10, 2010)

http://www1.umn.edu/news/news-releases/2010/UR_CONTENT_272043.html

[超電導 Web21 トップページ](#)

「第3回国際セラミックス会議 (ICC3)」報告

独立行政法人物質・材料研究機構
超伝導材料センター
センター長 熊倉浩明

表記の国際会議 (3rd International Congress on Ceramics (ICC3)) が、去る 11 月 14~18 日、大阪国際会議場 (Grand Cube Osaka) で開催された。この会議は数多くのシンポジウムから構成され、その一つ (Symposium9D) が Advanced Superconducting Materials に充てられた。このシンポジウムの講演発表数は全部で 28 件で、こじんまりしたシンポジウムではあったが、それだけに自由な雰囲気で行われ、有意義な会議であった。以下に筆者が特に興味を持った発表について簡単に報告したい。

中国、Institute of Electrical Engineering の Y.M a 氏は、鉄系超伝導線材について講演した。PIT 法で $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$ 、 $\text{SmFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$ ならびに $\text{Sr}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ (122) 線材を作製している。銀シースを用いることにより超伝導体とシース材との反応を避けることができ、シース材表面に電極を設けて輸送超伝導電流を流すことができるようになったと述べた。また銀粉末を混合粉末に添加することにより、4.2 K、ゼロ磁界で 1000 A/cm^2 以上の、鉄系線材としては高い J_c を得ている。銀粉末を添加することで 122 結晶粒の結合性を改善でき、高い J_c が得られるようになるとしているが、磁界が少しかかると J_c は急激に低下し、結晶粒の弱結合が依然として存在していると考えられる。

超電導工学研の塩原氏は、日本におけるコーテッドコンダクタの研究開発状況について講演した。国プロによる研究開発により、最近では 600 A/cm (77 K、自己磁界) の I_c を有する 170 m の $\text{GdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ テープ線材が、IBAD 法による MgO 中間層の上に PLD 法を適用することで得られていると述べた。 I_c のバラツキは $\pm 1.35 \%$ とかなり小さい。また、PLD 法ならびに MOD 法によるテープに人工ピンの導入も試みており、磁界中で高い I_c 値を得ることに成功している。PLD 法の場合はターゲットに BZO を添加することにより、微細な柱状 BZO が基板に垂直に導入され、また MOD 法ではナフテン酸を塗布溶液に添加することにより、ナノサイズの BZO 粒子を分散させることができるとしている。さらに、送電ケーブルや SMES などの応用についても言及した。

ドイツ、Karlsruhe Institute of Technology の Goldacker 氏はコーテッドコンダクタを用いたケーブルについて講演した。コーテッドコンダクタでケーブルを作製するためには容量の点からコンダクタを集積する必要があり、また交流損失を低減させる必要がある。現在のレーザースクライビングは交流損失を低減させる有効な方法であるが、コンダクタの転位 (transposition) は依然として必要であるとし、コーテッドコンダクタを用いたケーブル構成法として新しい方法 (Roebel bar) を提案し、試作したケーブルの電流容量や交流損失について報告した。さらにラザフォードケーブルやケーブル・イン・コンジットのアイデアについても紹介した。

住友電工の鍵山氏は、高圧熱処理した Bi-2223 線材 (DI-BSCCO) について講演した。Bi-2223 線材の I_c 特性は年代とともに向上してきたが、特に高圧熱処理が発明されてからの I_c の改善は大きく、最近ではフィラメントの微細組織の改善が進んで 200 A (77 K、自己磁界) で 1000 m 長の線材も得られるようになってきていると述べた。さらに 10 m 程度の線材では 230 A の線材も得られており、これは 1 cm 幅当たりの $I_c = 540 \text{ A}$ に相当する。また、ホール素子を用いた局所的な J_c 分布についても述べ、線材の中央部分の J_c が、端部の J_c よりも 2 倍程度高く、更なる臨界電流特性

の改善が可能であるとしている。さらにステンレスや銅合金で補強した高強度線材の応力-歪み特性についても報告した。

オーストラリア、Wollongong 大の J.H. Kim 氏は、PIT 法による MgB_2 線材について講演した。PIT 法による MgB_2 線材では一般的に J_c が低く、 J_c を向上させるために非常に数多くの不純物添加が試みられているが、Kim 氏は malic acid (リンゴ酸) 添加が非常に効果的であるとし、4.2 K、10 T で $30,000 A/cm^2$ 、20 K、5 T では $10,000 A/cm^2$ と PIT 法 MgB_2 線材としては最高レベルの J_c が得られると述べた。組織観察の結果、 MgB_2 層における空隙率が無添加に比べて約 10 % 減少していると述べた。リンゴ酸を添加したボロン粉末の組織観察の結果、カーボンが B 粉末の表面に存在していると、これが原料粉末混合中の B 粉末の凝縮を防いで MgB_2 の充填率が上がるとしている。

[超電導 Web21 トップページ](#)

超伝導科学技術研究会ワークショップ

「省エネ・低炭素社会を目指す取り組みと超伝導」報告

東京大学大学院
工学系研究科 応用化学専攻
准教授 下山淳一

表題の研究会が12月15日(水)に埼玉大学ステーションカレッジ(東京駅北口サピアタワー4階)にて開催された。なお、このイベントは、未踏科学技術協会超伝導科学技術研究会と応用物理学会超伝導分科会の共催行事であり、企画、および講師の選定は主に後者によって行われた。

本研究会の趣旨は、近未来の構築が急がれている省エネ・低炭素社会に対して超伝導技術がどのように貢献できるかを議論することであり、前半には、一般的な省エネ・低炭素技術とその将来展開について超伝導技術との関わりが薄い講師陣より講演いただき、後半は超伝導材料・機器開発をリードしている講師陣から超伝導応用の現状と展望を紹介いただいた。

電力中央研究所の小林広武氏からは太陽光大量発電の時代に対応する次世代グリッド(TIPS: Triple I Power Systems、Triple IはIntelligent, Interactive, Integratedの意)開発を中心とした講演が行われ、太陽光発電が大量に導入された場合に想定される電力系統の不安定化や、逆潮現象、昼間の余剰電力への対応が説明された。3軒に1軒が太陽光発電を始めるとこれらの問題が顕著になるとのことで、電力の安定化と有効活用を目指した需給一体型運用制御方式の構想が紹介されたが、蓄電方式やその技術の進展が重要な課題となると思われた。

鉄道総合技術研究所の奥井明伸氏は鉄道インフラにおける省エネ・低炭素に向けた取り組みとして、直流電化区間での起電線の電圧降下対策、回生電力の有効活用、交流電化区間(2組の単相交流方式)での系統効率の向上についての将来展望を語った。直流区間に対しては、まだ数箇所しか活用されていない蓄電設備の今後の普及とその制御技術が鍵を握っているようである。

東芝の小林英樹氏は低炭素社会に向けたエコテクノロジーに関する講演を行い、まず世界規模のエネルギー需要、CO₂排出削減効果の予測や気候変動への適応の重要性が述べられた。これらへの施策として、炭素の固定技術、太陽光発電、スマートグリッドシステムと新型2次電池の負荷平準化応用が紹介された。

国際超電導産業技術研究センターの和泉輝郎氏からは電力応用に向けた超伝導材料開発の現状が説明された。特に最近の高温超伝導線材の性能、生産性の向上が顕著で、日本の技術が世界トップであることや機器応用を意識した開発に着手していることが紹介され、高温超伝導機器応用が開始できる時期に至っていることが訴えられた。

九州大学の岩熊成卓氏は変電システムにおける高温超伝導応用の可能性と効果について講演を行い、変圧器開発とその試験実績や、最近、岩熊氏らが発見した新しい交流損失低減の可能性について紹介された。

最後に次世代電力系統における超伝導送電システムについて古河電工の向山晋一氏から講演が行われた。超伝導ケーブル導入の効果、開発および実用動向、交流応用での損失低減の試み、さらに信頼性確認のための各種試験実績などが紹介された。

興味深かったことは、前半3件の講演ではほとんど超伝導応用について触れられなかったことであり、超伝導技術は信頼性やコストパフォーマンスの点で本格的な導入は考えにくいとのこと、超伝導材料・機器の開発サイドの意気込みとはかなり大きな温度差を実感した。逆に言えば、このような顔合わせでの研究会が行われること自体、新しい試みであり、互いのやや遠い意識を近づけて

いく良いきっかけになったと思われた。また、先進国、新興国の諸外国と比べて国策の方向性がはっきりしない我が国において、世界をリードする超伝導技術のレベルの維持だけでなく、いかに早く使ってその効果をアピールするチャンスを獲得していくか、今後の研究会活動の進め方について考えさせられるイベントでもあった。

なお、未踏科学技術協会超伝導科学技術研究会では2011年4月12日にタワーホール船堀(東京、江戸川区)にて行うシンポジウムにおいて、省エネ・低炭素社会への超伝導応用の未来像について、関連省庁やJSTの協力を得て、別の角度から議論する時間を設ける予定です。

[超電導 Web21 トップページ](#)

「2010 年度秋季低温工学・超電導学会」報告

第 83 回低温工学・超電導学会が、2010 年 12 月 1 日（水）～3 日（金）、かごしま県民交流センターにて開催された。今回の学会では、材料・超電導線分野（ MgB_2 、鉄系超伝導体、Y 系超電導線材、Bi 系超電導線材、 Nb_3Al 線材など）、産業・電力機器応用分野（電力ケーブル、回転機、電力貯蔵など）、冷凍機分野、基礎物性分野、加速器・核融合分野などの研究成果が報告された。以下では、材料、Y 系超電導線材、及び電力機器に関連する発表について報告する。

材料関係 ISTECS/SRL 材料物性バルク研究部 町 敬人

筑波大の森らは、結晶構造を T_c の高い $Tl2223$ に近づけるという発想で、 $Bi2223$ 多結晶体の高 T_c 化を目指した Sr と Ca の置換効果について報告した。置換の組成式は、 $Bi_{1.84}Pb_{0.34}Sr_{1.91-x}M_xCa_{2.03}Cu_{3.06}O_y$ ($0 \leq x \leq 0.06$, $M=Ca, Ba$) であった。その結果、Ca では約 0.5 K 高い 108.18 K、Ba では約 1 K 高い 108.87 K まで T_c が上昇した。豊橋技科大の牧原および稲田らは、 $Bi2223$ の 19 芯マルチフィラメント線材のフィラメント間抵抗を高めるために単芯ロッドに $SrZrO_3$ バリア層を被覆した線材を作製し、評価を行った結果を報告した。長さは約 1 m で、フィラメントをツイストしたものとそうでないものがあった。ツイスト加工時には中間熱処理を複数回導入し、焼成は中間圧延を挟みつつ行っていた。非ツイスト線の J_c は $2.2 \times 10^4 A/cm^2$ であったが、ツイスト長 5 mm で $1.7 \times 10^4 A/cm^2$ 、3.6mm で $1.4 \times 10^4 A/cm^2$ と低下した。ツイスト長 4 mm の垂直磁界損失特性は、30 Hz～105 Hz で損失が周波数とともに増大した。中心到達磁場 B_p は結合ありの線材と比較して 1/3 以下に低減し、それは 105 Hz 以下でほぼ一定であった。つまりヒステリシス損失は低減されているものの、損失増大には依然として結合損失が寄与していると考えられる。

東大の下山らは、22438 相、225411 相、226412 相といったブロック層の厚い鉄系超電導体の臨界電流特性を評価した結果、本質的にピン止め力が弱く、ブロック層の厚さの増大とともに臨界電流密度が低下したと報告した。これらの結晶の厚さは $Bi2212$ よりも薄く 1 μm 以下であり、薄くなったことでボルテックスが横に広がらざるをえず、そのため臨界電流特性を劣化させているかもしれないと考えていた。東大の山本らは、 T_c の高い $ZrCuSiAs$ 型 (1111 系) の $SmFeAs(O,F)$ 鉄オキシニクタイト多結晶体の粒内よりも 2～3 桁低い粒間の臨界電流特性向上の試みについて報告した。As-prepared、sintered および HIP 熱処理をした試料の比較である。HIP とは言っても、金属封管後に HIP 処理をしているので、どちらかというホットプレス処理であるという印象を持った。HIP 試料では不純物が減少し、緻密化したが J_c の増大はそれほど大きくなかった。これは、 T_c が 50 K から 37 K まで低下したためであり、 J_c はドーピング量に依存していると結論した。ISTEC の筑本らはフラックス法で育成した $Ba(Fe_{1-x}Co_x)_2As_2$ ($Fe122$) 単結晶の臨界電流特性について報告した。 $Fe122$ の M-H カーブに観測される Fish tale について注目した結果である。規格化したピン止め力 F_p はどの温度でも一致し、1 つのピン止めメカニズムによると考えられるが、ボルテックスの相変化があるにも関わらずスケーリング ($F_p/F_{p,max} = Abp(1-b)q$) 可能なことは解釈が困難である。Co 量が増加してもスケーリングは可能であり、p は増加し q は低下した。どの Co 量でも Fish tale となり、また Heavily over doped では J_c が低下した。

物材機構の尾崎らは、 $FeTe_{0.5}Se_{0.5}$ ($T_c \sim 14$ K) について Fe シースを用いた in-situ PIT に取り組んだ結果、単芯および多芯 (7 芯) の両方とも作製可能であったと報告した。熱処理後の単芯試料の断面を観察すると、中央部は空洞となり、FeSe と FeTe が 2 つに分離してしまった。熱処理温度とともに T_c が変化し、200 °C 付近で最大となった。興味深いことは、加熱せずに圧延しただけで $T_c \sim$

3.2 Kの超電導体となったことである。現在のところ4.2 Kでの J_c はin-situよりもex-situの方が高いという結果となった。

富山大の村上らは、Cu-Ga化合物を経由した V_3Ga 線材の組織観察について報告した。19芯の線材断面のSEM観察より、母相とCu-Gaコア以外にV:Ga=3:1の反応相が生成し、その面積はGa濃度が高いCu-Ga化合物を用いた方が多くなることを見出した。佐世保高専の寺崎らは、これまで液体ヘリウム中でのアーク放電によりカーボンナノチューブ作製に成功している。その生成過程を明らかにするために今回は分子動力学によるシミュレーションを行い、カーボンクラスタが0.1 msまでに多く生成され、2 msでは大きなクラスタに生成するという結果を得ていた。

Y系超電導線材 ISTECSRL 線材研究開発部 中岡晃一

鹿児島大の土井らは、NiめっきCu配向金属基板を用いたYBCO線材作製において、 $CeO_2/Y_2O_3/CeO_2$ 構造の中間層について報告した。酸素拡散係数の小さな Y_2O_3 を用いて金属配向基板への酸素拡散を低減することにより、YBCO層を1 μm に厚膜化した場合でも比較的良好な超電導特性($J_c = 2.1 \text{ MA/cm}^2$)が得られることを示した。住友電工の本田らは、クラッド配向金属基板上へのRFスパッタおよびElectron Beam法による中間層の成膜について報告した。成膜条件を最適化することにより課題となっていたクラック発生の抑制に成功し、短尺試料で約500 A/cmの特性が得られた。今後は、更なる高 I_c 化と長尺化を目指すとのことであった。名古屋大の小野らは、インプルームNd:YAG-PLD法によるYBCO作製において、ターゲットを鉛直方向に対して傾け、プルームに歳差運動させることにより、線材の幅方向における膜厚の均一性向上を図っていた。昭和電線ケーブルシステムの木村らは、ISTEC-SRLで開発されたTFA-MOD法における $BaZrO_3$ ナノ粒子分散技術を、昭和電線のバッチシステムに適用していた。人工ピン材料としてZrO-ナフテン酸を添加したTFA-MOD原料溶液から、ドラム式バッチ焼成炉により $BaZrO_3$ 導入YGdBCO膜を作製し、磁場中 I_c 特性の角度依存性を人工ピン非導入のYBCO膜と比較したところ、全印可角度範囲で I_c 特性が向上したことを報告した。

電力機器 ISTECSRL 電力機器研究開発部 丸山 修

電力機器については、京都大学の中村武恒による論文賞受賞記念講演「高温超電導誘導/同期機の発電特性に関する基礎研究」に代表されるように、コイルの電力機器応用(回転機、SMES、変圧器等)に関する発表が多数見られた。電力機器に関する発表件数は、口頭発表24件、ポスター発表19件の合計43件の発表が行われた。各電力機器の発表件数内訳は、回転機6件、SMES10件、変圧器7件、ケーブル18件、その他2件であった。口頭発表およびポスター発表された内容については以下の通りである。

回転機に関しては、上記受賞講演の他、九州大学より希少金属代替材料開発プロジェクトにおける500 kW級超電導同期モータの設計検討、東京海洋大学より風力発電における同期発電機用のHTSコイルの設計検討、九工大よりフライホイール電力貯蔵装置の構造解析、鉄道総研より鉄道用フライホイール蓄電装置の模擬試験装置の開発について報告された。

SMESに関しては、中部電力・早稲田大学よりY系超電導電力機器研究開発プロジェクト(M-PACC)における系統安定化用SMESの開発状況のほか、東北大学より風力発電と連系したSMES容量の最適化検討、明治大学よりSMESへの直列補償型サイリスタの適用に関する検討、海外からは韓国機械研究院により、SMES用冷却システムの熱構造解析について紹介された。

変圧器については、九州電力・九州大学よりM-PACCにおける66/6.9 kV限流機能付き変圧器の開発状況のほか、京都大学より変圧器型超電導限流器の模擬システムにおける復帰特性について報告さ

れた。

また、東北大学・山口大学より交流系統間における直流連系用リアクトル用 YBCO トロイダルコイルの特性について報告された。

コイル応用以外の電力機器開発としては電力ケーブルに関して報告されており、高温超電導ケーブル実証プロジェクトにおける冷却システム試験状況を前川製作所より、過渡熱安定性解析について産総研により報告された。また、住友電工・古河電工・京都大学・早稲田大学より M-PACC における 66 kV-5 kA、275 kV-3 kA ケーブル開発状況、中部大学より 200 m 級直流超電導ケーブル実験装置 (CASER-2) の進捗状況、鉄道総研より鉄道き電線用直流超電導ケーブルの線材特性評価について紹介されていた。海外からは韓国 KEPRI による I-cheon 変電所内での 22.9 kV、50 MVA、500 m 級超電導ケーブル実系統設置計画の進捗状況について紹介された。



ポスターセッション風景

[超電導 Web21 トップページ](#)

【隔月連載記事】

イットリウム系超電導線材の開発の道のり (その1)

～ 黎明期の暗中模索 1987年-1990年 ～

株式会社フジクラ
超電導プロジェクト室
グループ長 飯島康裕

銅酸化物高温超電導体が発見されて間もなく四半世紀、長い開発期間を経た Y 系超電導線材も漸く市販線材として世に出るようになった。実用線材として広範に使用頂くには未だ時間を要するものの、線材単体の性能としては Bi 系を凌駕するものが完成しつつあり、長さ、使い勝手、信頼性、コストといった面においてもいずれは競争力ある商品として育っていくものと確信している。この 20 年間に成された仕事は膨大であり、その全てを拙稿にて網羅するのは不可能であるが、黎明期から現在に至るまで一貫してこの線材の開発に従事した古株として、ある程度全体を俯瞰出来ることは確かであるので、本稿の執筆をお引き受けさせていただいた。この線材が何故かくも長期間の開発期間を要しているのか、なるだけ開発現場から見た実像が伝わるように記述したいと思う。

1986 年から 1987 年にかけて、東大田中研の Bednorz 論文の追試、次いで Paul Chu 博士が液体窒素温度を超える超電導体を見つけたというニュースは国内外の産業界に大きな衝撃を与え、取り分け線材メーカーにとっては企業の生死を分けかねない焦眉の緊急課題をもたらした。一時期は 70 年代の光ファイバーの開発開始時と同じような状況となり、毎週の実験結果を報告する会議にまで役員が出席して議論が関わされる状況が続いた。やがて室温への情熱は徐々に落ち着いて行き、誰が最初にこの新物質で実用的な J_c がとれる線材を作るのかという問題に関心が移っていくが、まだ Bi 系材料が発見される以前であり、線材開発の対象として先ず焦点が当てられたのが Y 系であった。

脆いセラミックスであるから先ずは線材の構造を保つ金属マトリックスが必須である。当時唯一 Y 系材料との相互熱拡散が問題を起こさないことが確認できた金属は銀であったため、銀パイプに Y 系超電導体の焼結体粉を封入し伸線と熱処理を繰り返す方法 (Oxide-Powder-In-Tube (OPIT) 法) が開発され、比較的簡単に高い T_c を持つ線材サンプルが作成されていた。しかしながら J_c についてはいずれも極めて低く実用には程遠かった。単結晶試料においてはかなり大きな J_c が得られていること、線材試料には結晶粒界の弱結合に起因する特徴的な振る舞いが見られること等から、多結晶粒界が障害となっていることは明らかであったが、これはコヒーレンス長が極めて短いために生じる本質的な問題であって、そう簡単には解決出来ない課題であった。

銅酸化物系の線材化にあたって結晶配向制御が重要となる可能性は早い段階から指摘されていた。即ち、全ての系において 2 次元的な強い異方的超電導状態が銅酸素平面内に限定されて発現していることから、少なくとも a-b 平面が線材全体にわたって平行に並んだ構造でなければ超電導状態が連続し得ない、a-b 平面が不連続となっている隣接結晶粒の界面は弱結合となり易いであろうことが推察された。OPIT 法は後に Bi 系超電導体において適用され大きな成功を納めるが、これは機械的応力で Bi 系結晶が強く c 軸配向成長する条件が見出されたことによるところが大きい。Y 系の結晶は成長速度の異方性が Bi 系よりも小さく、残念ながらそのような条件が見出されることはなかった。

一方、結晶粒界のない単結晶試料、とくに単結晶基板上にエピタキシャル成長した Y 系薄膜においては、 10^6 A/cm^2 以上の比較的高い J_c 値が早くから報告され、磁界中においても良好な特性が報告されるようになる。線材メーカーにおいても材料基礎研究として気相プロセスが研究されていた

が、バルクによる線材化が困難となるにつれ、いやおうなく線材化を担うプロセスとして検討されるようになる。所謂コーテッドコンダクターの開発の始まりである。過去に CVD によって Nb₃Sn テープが作成されたこともあり、必ずしも非現実的ではないようにも思えたが、以下のように次々と壁にぶつかることになる。

最初にぶつかった壁は、高品質な超電導薄膜自体がなかなか再現よく作成できなかったことである。元素によって蒸気圧やスパッタ能率が異なるため、3 元酸化物の組成をきちんと合わせて成膜するのが大変難しく、 T_c 、 J_c ともに大きくバラついてしまう。薄膜作成については線材メーカーよりも半導体技術に長じた大手電機や国立研究所等のほうが得意であり、当時盛んであった LSI 向け誘電体薄膜の研究者の方等が超電導の分野に出張って高品質な膜を作成され学会で有益なデータを提供されていた。これらの薄膜作成の仕事の多くは本来超電導エレクトロニクスを目指して行われたものであったが、この過程で従来の真空技術では困難な、高酸素雰囲気稼働するいくつかの Y 系薄膜作製に向けたプロセスが開発され、今日の Y 系線材技術の礎となっている。

次にぶつかった壁は、膜成長に高温を要するため、フレキシブルなテープ基板として安心して使える材料がほとんどなかったことである。極初期の薄膜作成法は、SrTiO₃ 等の単結晶基板上にスパッタリング等により常温で Y 系材料組成のアモルファス膜を作成した後、酸素気流中で高温焼成し、固相エピタキシーによって単結晶ライクな薄膜を作成するというものであった。この焼成温度は 900 °C 前後と高温で、線材プロセスを考慮する上で大きな障害となった。テープ線材の基板として各種の金属板を購入したものの、いずれもこの温度では超電導体と簡単に反応を起こして使い物にならない。僅かに可能性があるものとして、アルミナ等を薄肉成型した多結晶のセラミックステープと、ジェットエンジンのタービンブレードに使われる耐熱合金に熱拡散反応を防止する酸化物中間層を介する方法が候補に残った。この時、耐熱性、耐酸化性に加え熱膨張係数が超電導体のそれに近い合金として選択されたのが、今日も使われているハステロイ C276 である。これらの基板上においても、充分高い T_c が得られるようになったのはプロセス温度が 700 °C 前後に下げられるようになってからである。この温度低減には 2 つのアプローチがあった。即ち、①膜成長中に基板を加熱して気相から結晶成長させる方法、及び②アモルファス膜の熱処理の際にフッ化物の加水分解反応等によっていくらか低温で固相成長させる方法、である。その後 ①は今日の reel-to-reel の PLD 法、MO-CVD 法等に発展し、②は TFA-MOD 法に発展する。これら薄膜プロセス開発の詳細については別途記述することとしたい。

そして、次にぶつかった壁が結晶配向制御であった。700 °C 前後の温度で気相結晶成長が再現よく可能になってくると、上記の耐熱中間層が充分機能し、配向性のないハステロイ板上においても強く c 軸が垂直配向した Y 系超電導体薄膜を比較的簡単に成膜することが可能となった。OPIT 法では実現しなかった構造が気相成長によって Y 系でも合成できたわけで、日本の線材メーカー以外にも金材技研の福富氏やニューヨーク州立大の Shaw 教授など、この構造で線材化に期待をかけるグループが当時いくつか活動していた¹⁾。この時期の“Y 系線材”サンプルはどうか 2-3A 程度の I_c がとれるようにはなっていた。しかしながら単結晶基板上の薄膜に比べると 2 桁以上も低い特性に留まっており、依然として実用にはほど遠かった。

そしてこの原因について明確な説明を与える論文が Physical Review 誌に掲載される²⁾。即ちバイクリスタル基板を用いて人為的に作製された c 軸配向 Y 系膜中の [001] チルト粒界において、僅か数度の傾角において J_c が大きく低下しジョセフソン・ジャンクションになるという結果である。これは線材においても事実上単結晶のように全長にわたって全ての結晶軸を揃える必要があることを意味していた。果たしてそのような構造でフレキシブルな線材を構成し得るのか？良質薄膜の作製だけでも大変な苦勞を経た状況で出現したこの高いハードルは、関係者の気を遠くさせるものがあった。既に後から発見された Bi 系材料においては前述の OPIT 法がうまく機能しており、線材特性と長さの向上が報告され始めている。Bi 系は磁束ピン特性においては確かに Y 系より劣るけれど

も、少なくとも線材にはなる。ピン特性の改善であれば金属系に倣って既存技術の延長で工夫の余地は充分あると思われ、高温超電導線開発の中心は Bi 系に移っていった。

こうして 1990 年を過ぎる頃には Y 系は薄膜エレクトロニクス応用か、引き上げ法単結晶によるバルク応用向けだという認識が一般に広がり、線材開発の研究を継続する展望は見えにくくなっていった。しかしながら、線材開発の現場においては、Y 系薄膜の高特性を簡単に諦め切れず、むしろ何等かの方法でこれまでにない全く新しい構造の線材を創り出せるチャンスなのではないかと模索を続けた人々も少なからずいた。今回はこの状況を最初に打開する結果を出した IBAD 法発見の経緯について記述致す。

参考文献：

- 1) D.T.Shaw, MRS Bulletin, XVII 8, 33(1992)
- 2) D. Dimos, P. Chaudhari, and J. Mannhart: Phys. Rev. B 41, 4038 (1990)

[超電導 Web21 トップページ](#)

読者の広場

Q&A

Q:「Y系超電導体の結晶粒を磁場で高配向させる技術が開発されたと聞きましたが、その方法について教えてください。」

A: 高知工科大学 堀井研究室では、「回転変調磁場」を使った希土類系高温超電導体の三軸結晶配向技術の開発を進めています。この磁場配向法は、通常高配向結晶を達成させるために用いられるエピタキシャル成長とは全く異質なものであり、①磁場の印加方法、②物質の磁気異方性の両面の上に成り立つ新しい配向法です。

まず、磁場印加方法について説明します。三軸結晶配向には上記の「回転変調磁場」を用いますが、これは静磁場による磁化容易軸配向と回転磁場による磁化困難軸配向を同時に達成できる磁場です。「回転変調磁場」は、磁化困難軸を整列するための回転磁場における一部の角度領域に低速回転もしくは静止の効果を取り入れることで実現できます。この回転変調磁場内に置かれた結晶粒は、原理的には、回転効果によって磁場回転面に垂直方向に磁化困難軸が、静止（低速回転）効果によって静止角度領域に磁化容易軸が向くこととなります。現実的問題として、堀井研所有の 10 テスラ級伝導冷却式超電導磁石の重量は 300 kg にも及び磁石を回転させることができないため、水平磁場中における試料の回転制御で回転変調磁場を生み出しています。

一方、この三軸磁場配向を実現するためには、磁場印加方法だけでなく物質的条件も課されます。高温超電導体に適用する場合、①三つの結晶軸方向の磁化率に差があること（三軸磁気異方性を有すること）、②その磁化率差が配向させる磁場で配向できる程度に大きいこと、が最低条件です。三軸磁気異方性を結晶磁気異方性で生み出すには、斜方晶性などの構造的に低対称性をもつ物質を利用することになり、Y系高温超電導体も候補物質の一つです。

一例として、図 1 に、代表的 Y 系超電導体である $YBa_2Cu_3O_{7-y}$ ではなく（理由は後で述べます）、類縁超電導物質である $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-y}$ 粉末を 10 テスラの回転変調磁場中・エポキシ樹脂中・室温で配向させた配向体の面内配向面を測定面とした極図形を示しました。Y247 では、斜方晶性を反映した 2 回対称性を示し、また回折スポットも非常にシャープで面内配向度を表す半値幅として 2 度未満を実現しました。これはエポキシ樹脂中での原理証明レベルの結果ですが、磁場配向法も高配向性を実現できる高いポテンシャルをもつ三軸結晶配向法であると言えます。

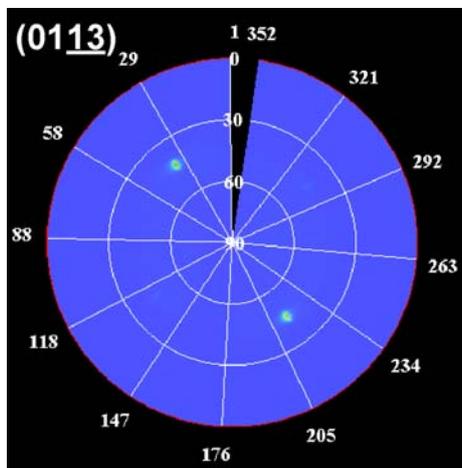


図 1 三軸磁場配向した Y247 粉末配向体の(0113)面の極図形

今後、①コロイドプロセスを利用した三軸配向セラミックス化、②双晶構造を形成する Y123 系では、斜方晶といえども結晶粒レベルでの面内磁気異方性が消失し磁場配向に不利であること、③配向軸制御・配向磁場低減に向けた磁化軸・磁気異方性決定の物質科学の構築、など解決すべき課題は山積です。しかし、磁場配向法は、遠隔力を利用したテンプレート不要のプロセスであり、また室温プロセスであることなど、エピタキシー技術にない利点がありますので、高製造速度・製造コスト低減に貢献できる高温超電導材料の製造技術となるかもしれません。

回答者：公立大学法人高知工科大学環境理工学群 准教授 堀井 滋 様

[超電導 Web21 トップページ](#)