

## 掲載内容（サマリー）：

- |             |                 |       |
|-------------|-----------------|-------|
| ○年頭挨拶       | 理事長             | 荒木 浩  |
| ○2010 年を迎えて | 超電導工学研究所長       | 塩原 融  |
| ○2010 年のご挨拶 | 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 2009」にて“超電導パビリオン”を出展
- 超電導関連 2010 年 1-2 月の催し物案内
- 新聞ヘッドライン（11/17-12/18）
- 超電導速報—世界の動き（2009 年 11 月）
- 特許情報 特開 2009-164010「Re 系酸化物超電導線材及びその製造方法」
- 「最先端医療で活躍する超伝導技術とその未来展開」報告
- 「CCA2009 (International Workshop on Coated Conductors for Application)」報告
- 「ACASC 2009 (Asian Conference 2009 on Applied Superconductivity and Cryogenics)」報告
- 隔月連載記事—もっとやさしい「超電導」のおはなし（その 1）
- 読者の広場(Q&A)—交流超電導ケーブルを導入すると、従来の電力ケーブルに比較して、総合的な電力損失がどの程度減らせるのでしょうか？

[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

〒135-0062 東京都江東区東雲 1-10-13

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

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



この「超電導 Web21」は、競輪の補助金を受けて作成したものです。

<http://ringring-keirin.jp>



## 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 荒木 浩



あけましておめでとうございます。

昨年は、日米の政権交代に伴い、地球温暖化防止への取り組みが、新政権の重点課題として打ち出され、特に我が国においては、CO<sub>2</sub>削減目標達成のための最重要政策課題として「グリーンイノベーションの推進」が位置づけられ、その主要施策に超電導技術が取り上げられました。また、世界のトップを目指す先端的研究の推進をねらいに公募された「最先端研究開発支援プログラム」において、30件の研究課題の一つに超電導技術開発のテーマが採択されるなど、超電導技術が脚光を浴び、早期開発、実用化への期待が高まった1年でした。

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。現状では、「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、超電導機器などの開発に取り組み、その実用化に向けた成果を着実に上げつつあ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・団体各社と緊密な連携をとりつつ、研究を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](#)

## 2010 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。

一昨年度下期の未曾有の不況が、今なお継続し、円高・デフレ等の経済対策、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 2010 年を迎えることになりました。しかし、振り返ると、昨年 9 月からの鳩山新内閣のもとにおいて、「国連気候変動サミットにおける鳩山総理演説」で掲げられた「すべての主要国による意欲的な削減目標の合意を前提として、温室効果ガスを 2020 年までに 1990 年比で 25 %削減する」という目標が打ち出されました。研究開発中の「超伝導」を含めた革新的技術のさらなる加速、既存エネルギー効率の高い技術の世界的普及の促進により、科学的・技術的知見で日本が世界をリードすることが極めて重要であると表明されています。さらに、地球温暖化防止に向けた緩和策と適応策の両面からの研究開発の加速化・新技術創出のため、これらの施策を最重要政策課題と位置付け、産業・社会活動の効率化、新産業創造や国民生活の向上に資する「グリーンイノベーション」を推進し、我が国のみならず世界規模での環境と経済が両立した低炭素社会の構築に努める方針が発表されています。

高温超電導材料は、電気抵抗零が生む新エネルギー社会の中で、超電導技術は電力機器、医療機器、産業応用等、多様な波及効果が期待され、21 世紀のエネルギー施策、CO<sub>2</sub>削減等への貢献が期待出来る国家的にも極めて重要な技術であります。

一昨年 6 月から開始されました「リットリウム系超電導電力機器技術開発」プロジェクトも上記最重要政策課題対策プロジェクトに位置付けられ、超電導電力貯蔵システム (SMES)・超電導電力ケーブル・超電導変圧器の研究開発、更なる性能・歩留り向上と低コスト化を目指した Y 系超電導線材の開発とともに、今後の超電導技術の環境・エネルギー革新、電力系統安定化への貢献への期待が高まっています。

また、米国においても、SMART GRID、グリーンニューデール政策のもと、積極的に超電導送電ケーブル、限流器の開発等が進められつつあります。太陽光、風力発電等再生可能エネルギーの積極的導入を図り、CO<sub>2</sub>削減に貢献することを計画しているなど、世界中で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。

(財)国際超電導技術研究センター、超電導工学研究所といたしましても、一昨年度の組織改変以降、センター及び研究所の主たる活動を東雲の本所に集結し、「超電導線材開発」、「材料物性・評価」、「電力機器技術開発」、「高温デバイス開発」、「低温デバイス開発」の分野で効率的に研究開発を進めています。2010 年は超電導技術が、その実用化の本格始動の入る重要な年と考えています。このような進展も過去二十余年に亘る営々とした研究者の努力の賜物であり、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、お願い申し上げます。

[超電導 Web21 トップページ](#)

## 2010 年のご挨拶

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 22 年の新春を迎え、謹んでお慶び申し上げます。

現在の日本経済は最悪期を脱しつつありますが、依然厳しい状況にあります。こうした現状認識の下、政府は当面の取り組みとしての確実な景気回復だけでなく、中長期的な観点から成長戦略の推進を図っているところです。

経済産業省では、政府の主な経済対策の柱の 1 つである「環境」に対する具体的な施策としてグリーンイノベーションの推進に取り組んでおり、低炭素社会の実現に不可欠な革新的な環境・エネルギー技術開発を推進しています。

財団法人 国際超電導産業技術研究センター (ISTEC) が取り組んでいる「超電導技術」は、温室効果ガスの排出削減に大きく貢献する技術です。また、地球温暖化問題への活用のみならず、医療、輸送、情報通信等、幅広い産業分野に応用され、画期的な製品やサービスの提供を実現するものと期待されています。さらに最近では鉄系新規超電導物質が日本で発見され、その可能性に大いに期待が集まっています。

昨年一年間を振り返っても、我が国を含めた世界各国における精力的な研究開発により、超電導線材の性能の大幅向上、超電導機器の要素技術開発など、実用化に向けた成果が次々と生み出され、大きな進歩が見られました。「超電導技術」は、まさに低炭素社会の実現に不可欠なテクノロジーとして、その実用化が強く求められています。

そうした中、現在経済産業省では、イットリウム系超電導線材を用いた、コンパクトで電力ロスを飛躍的に低減した電力機器の技術開発や、ビスマス系超電導材料を用いた変電所内への高温超電導ケーブル導入の実証試験等、革新的な高効率送電技術を確立するための研究開発等を進めています。また、経済産業省では超電導のような国家的に重要な産業技術を俯瞰するため技術戦略マップを策定していますので、皆様が行う研究開発の目標の設定等に際してご活用頂ければ幸いです。

今後も超電導技術の実用化に向けた取り組みを積極的に推進してまいりたいと考えていますので、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ともに、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 2009」にて“超電導パビリオン”を出展

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

平成 21 年 12 月 10 日～12 日の 3 日間、東京都江東区有明の東京ビッグサイトで、日本経済新聞社主催の“エコプロダクツ 2009”が開催された。今年は一昨年から開催している“超電導 EXPO”に代わるかたちで“超電導パビリオン”としての出展となり、超電導技術の情報交流、普及・啓発活動が行われた。

“超電導パビリオン”においては、超電導の研究開発を推進している 5 つの企業・団体が出展した。

昭和電線からは、Y 系超電導線、電流リードを展示。

住友電気工業からは、電気自動車に搭載した超電導モータをはじめ、三相の超電導ケーブルの実物のカットモデル、ビスマス系線材を展示。

フジクラからは 500 m の Y 系超電導線、Y 系超電導線を用いたマグネットなどを展示。

古河電気工業は、金属系超電導線材、Y 系超電導ケーブルのカットモデル、薄膜限流素子、などを展示。(以上五十音順)

そして ISTEK からは“超電導が拓く豊かな未来社会”と題したジオラマ、SMES、変圧器に使用する 5 mm 幅 5 分割にした超電導線材の模型、及び超電導素子を展示した。



超電導パビリオン (動画)

昨年までは各社がそれぞれ独立した展示を行っていたが、今年の“超電導パビリオン”は共同展示をすることにより“超電導ブース”として一体化し、来場者はそれぞれの企業を比較することができ、また説明者側も企業を超えて具体的な説明をすることができた。

一社ずつの出展より、さらに広いスペースを確保できたことから展示品も見やすくなり、十分なデモスペースも確保することができた。それにより、大掛かりなデモの実施が可能になったこともあり、ブースの中は常時来場者の見学でにぎわった。

1 時間ごとに行われた「デモステージ」においては、毎回、通路に大勢の人たちがはみ出すほどの大盛況であった。ユーモアたっぷりに、「超電導の歴史」、「超電導とは?」「超電導の応用」などという基本的な概念をわかりやすく説明し、実際にデモキットを使って、超電導磁石には人間が持ち上がるほどの力があることを来場者に見せた。

エコ、環境への関心の高さは来場者数にはっきり現れており、今年の全体の来場者数は **182,510 人** (2007 年 : 164,903 人、2008 年 173,917 人) と年々増加している。

また、「超電導 EXPO」から「超電導パビリオン」として、今年で **3 回目**のエコプロダクツ展への出展であるが、今回は、**1000 人**を対象に「来場者アンケート」を実施し、その配布した枚数から推察すると、「超電導パビリオン」ブースへの来場者はその **2、3 倍**はあったように感じる。ブースの中は説明員の対応が間に合わないほどであり、特にビジネスマンの来場が目立った。また、数人のグループ単位での課外授業の小、中学生や、ベビーカーを押したファミリーなど、様々な年代層が来場していた。

その多くが「超電導技術のこと」、「超電導技術の応用について」など、かなり具体的な質問をし、熱心に説明を聞いている様子から、超電導技術への関心が高まっていることが見てとれた。

このような展示会に継続して出展する意義や必要性をあらためて感じるとともに、今回の超電導技術の情報交流、普及・啓発活動という目的は果せたと感じた。

[超電導 Web21 トップページ](#)

**超電導関連 2010 年 1 月 - 2 月の催し物案内**

**1/18-20**

11<sup>th</sup> Joint MMM-Intermag Conference

場所：Washington, DC, USA

問合せ：Conference Manager Widerkehr and Associates 2010 jintconf\_at\_woderkehr.com

<http://www.magnetism.org/index.html>

**1/20**

表面科学研究会 2010 「環境とエネルギーのためのナノテクノロジー：新しい創成技術と機能」

場所：神戸大学瀧川記念格闘交流会館（神戸市）

主催：表面科学会関西支部、表面技術協会関西支部

共催：神戸大学研究基板センター

問合せ：大阪古津大学産学連携機構 先端科学イノベーションセンター 椎木 弘

Tel & Fax: 072-254-9875 E-mail: shii@riast.osakafu-u.ac.jp

**1/25-26**

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：名古屋大学 IB 電子情報館北棟 10 階 101 講義室

主催：電気学会 電力・エネルギー部門（B 部門）技術委員会

問合せ：〒102-0076 東京都千代田区五番町 6-2 HOMAT HORIZON ビル 8 階

社団法人 電気学会 事業サービス課

Tel: 03-3221-7313 Fax: 03-3221-3704

（編集局）



[超電導 Web21 トップページ](#)

## 新聞ヘッドライン (11/17-12/18)

- テクノロジートーク 25%どうすれば削減できるのだ！ 新技術による文明へ 11/17 電気新聞
- エネルギーのものさし エンタルピーとエクセルギー 「絶対評価」と「相対評価」による違い 11/17 電気新聞
- EV 国際標準化 日独が主導権争い 充電電圧などめぐり 11/17 電気新聞
- 中国 新エネ大国へ野望 地方主導、GE など米企業とタイアップ 最大級の太陽光発電 11/18 Fuji Sankei Business i
- 地球環境 原子力の実力 低炭素社会実現で脚光 科学的理解広める必要性 11/18 日刊工業新聞
- 技術経営論からみた電気自動車「設計ルール共有」に備えを 標準化への戦略持て 技術革新の誘発力重要に 11/18 日本経済新聞
- 事業仕分け 切り捨ての懸念 再生可能エネルギー拡大不可欠 住宅用太陽光発電補助金 減額なら打ち切りも 11/19 日刊工業新聞
- エコ・アクション・ポイント「家電用」と連携探る CO<sub>2</sub>減カギは家庭 11/19 日刊工業新聞
- 品質・性能向上で用途拡大 DLC 製膜技術と工業的応用 絶縁体・半導体の中間に位置 11/19 日刊工業新聞
- 電力系統の送電ロス 減る仕組みの理解を 11/19 電気新聞
- 事業仕分け 切り捨ての懸念 科学技術関連「科学技術立国」へ暗雲 GX ロケット 次世代スパコン 高速増殖炉 11/20 日刊工業新聞
- 再生軟骨のコラーゲン繊維 強磁場で配向制御 慶大 11/20 日刊工業新聞
- 新エネ、普及へ前進 太陽光発電：国の日所金復活追い風 スマートグリッド：需要家似合わせきめ細かく供給、燃料電池：家庭利用の切り札に 11/20 日経産業新聞
- 生まれ変わる「質量の基準」「キログラム原器」交代秒読み 2 代替法にメド 定義見直しへ 11/22 日本経済新聞
- 電圧加え超電導化 転移温度 40 倍に上昇 東北大 新材料を探索 11/23 日刊工業新聞
- 超電導物質を効率探索 東北大、イオン液体利用 11/24 日経産業新聞
- エネルギーのものさし エンタルピーとエクセルギー 「仕事に変換できる有効分」を算出 11/24 電気新聞
- おいしい 美しい・・・ 消費者の脳、MRI で分析 バイオビュー、食品企業などに 11/25 日本経済新聞
- 送变电・配電の新潮流 潜在需要 1000 兆円 巨大市場争奪戦 UHV に熱視線 大容量電力を効率良く送電 日本企業、グローバル展開の好機 11/26 日刊工業新聞
- 計画の期日決定要請 ITER 機構が理事会 11/26 電気新聞
- J-PARC T2K 実験が本格化 ニュートリノビーム 初検出に成功 11/26 電気新聞
- レーザー核融合 長期的な展望を議論 IFE フォーラム 都内でシンポ開催 11/26 電気新聞
- 電源立地交付金「見直し」事業仕分け 印刷局は資産売却も 11/27 日本経済新聞(夕)
- 日本の目標 突出 温室ガス削減 米・中 水準低く 11/27 読売新聞
- 強い磁場で安定化する超伝導 ーウラン化合物の高純度単結晶使ってー仏・原子力庁の青木氏ら明らかに 11/27 科学新聞
- ITER 関連 要求通り 33 億円 地層処分は見送り 11/27 電気新聞
- ウェーブ スマートグリッド考 関根 泰次 11/27 電気新聞
- スイスの世界最大加速器再開 素粒子、2 月から観測 新たな粒子発見に期待 11/30 日本経済新聞

- 超電導モーター 電気自動車向け開発加速 アイシン・京大 消費電力 3 割削減 住友電工
- バス向け高出力に 電気自動車 モーター、性能の要に 蓄電池と両輪 効率向上に注力 11/30 日本経済新聞
- エネルギーのものさし 熱を仕事に変換する仕組み 「理論サイクル」の利用が必要 12/1 電気新聞
- あやうい温室効果ガスの排出権取引 国内取引なら意味も 12/1 電気新聞
- 科学費による最近の研究成果「妬み」と「他人の不幸は蜜に味」の脳内過程を明らかに 12/4 科学新聞
- 超伝導材料開発に新たな道 超伝導転移温度を 40 倍上昇 岩佐・東北大教授ら成功 12/4 科学新聞
- 「有限の運動量持つ」FFLO 超伝導証明 新潟大の柳瀬准教授ら成果 12/4 科学新聞
- 東芝メディカル MRI の最上位機種投入 磁場最大 3 テスラ、造影剤不要 まず米、国内は来年 12/4 日経産業新聞
- がん放射線治療装置 ベルギーの病院に納入 三菱重工、欧米向けを強化 12/7 日経産業新聞
- 再生エネ投資 2000 億ドル COP15 開幕 企業。ファンドの競争激化 12/8 Fuji Sankei Business i
- エネルギーのものさし 熱を仕事に変換する仕組み 排熱にも残っている有効エネルギー 12/8 電気新聞
- フォーレン レビュー BRICs 大規模運用者が直面する課題 長距離送電計画着々と 12/9 電気新聞
- 温暖化対策の論点 新制度の皮算用 全量買い取り、価格カギ 12/11 日経産業新聞
- データセンタの省エネ推進へ 高電圧直流給電システム 最大 18 % 電力削減検証 NTT グループが実証実験完了 12/11 科学新聞
- 核融合炉用マイクロ波発生装置 世界最高出力を達成 ITER にも適用可能 原子力機構 12/11 科学新聞
- エコプロダクツ 09 開幕 環境、成長戦略の主役に 12/11 電気新聞
- 攻防 電線業界 次世代送電競合 逆境下でも強気の投資 周辺機器も供給 モーターで拡大 親会社と歩調 12/15 日刊工業新聞
- エネルギーのものさし 熱を仕事に変換する仕組み 最大仕事の値導くカルノーサイクル 12/15 電気新聞
- 素材技術 高温超電導体 ビスマス系均一の品質、最長 2000 メートル イットリウム系高温の磁場でも壊れず 12/15 日経産業新聞
- フォーレン レビュー 大規模運用者が直面する課題 新エネ拡大に対応進む 12/16 電気新聞
- 東京都の「改正環境確保条例」 再生可能エネに追い風 利用料超す排出枠供与 電力選択に新尺度 12/16 日経産業新聞
- 温暖化対策の論点 新制度の皮算用 排出量取引、公平性カギ 12/18 日経産業新聞

(編集局)

超電導 Web21 トップページ





## 超電導速報—世界の動き（2009 年 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

#### Nexans（2009 年 11 月 6 日）

Nexans は、電力プラントに設置された世界初の超電導限流器（SFCL）の作動に成功した。Vattenfall Europe Generation AG 向けのパイロット・プロジェクトの一部として、超電導限流器がドイツ・ボクスベルク褐炭プラントに設置された。この限流器は石炭ミルと破碎装置に電力を供給するプラント内設置の中容量電源を短絡事故から保護する。Vattenfall 社は、超電導限流器技術が従業者及びプラントの安全性に大いに寄与するものと期待しており、Nexans と協力して超電導限流器運用の経験を積みたいと考えている。Nexans Superconductors 社 CEO、Joachim Bock は次のように述べた。「今回のものは Nexans が供給する超電導限流器の第 2 号機であり、技術的観点から非常にチャレンジングな環境である電力プラントで使われる初めてのケースである。公的資金の援助を得ずに、このシステムを製作、運転を行うという世界で前例のない今回のケースは我々にとって格別に重要なものである。」

出典:

“Nexans commissions in Germany the world's first superconducting fault current limiter to protect a power plant's internal power supply”

Nexans press release (November 6, 2009)

[http://www.nexans.com/eservice/Corporate-en/navigatepub\\_142506\\_-23240/Nexans\\_commissions\\_in\\_Germany\\_the\\_world\\_s\\_first\\_su.html](http://www.nexans.com/eservice/Corporate-en/navigatepub_142506_-23240/Nexans_commissions_in_Germany_the_world_s_first_su.html)

#### Bruker Energy & Supercon Technologies（2009 年 11 月 16 日）

Bruker Energy & Supercon Technologies (BEST) 及び AREVA 社配送電事業部は、単相 13-MVA シールド型誘導超電導限流器モジュールの設計、製作、試験に成功した。今回の設計は、Bruker Energy & Supercon Technologies の保有する Y 系超電導体に関する知的資産を基にしている。AREVA 社配送電事業部技術センター（英国）で実施された試験により、この超電導限流器モジュールが、5 ms で本来ピーク値 68.5 kA である事故電流を 9 kA に抑える能力があり、回路遮断装置が作動するまでの 5 サイクルの間に事故電流を 1/10 に低減すること及び事故電流遮断後の高速な回復力があることを確認した。Bruker Energy & Supercon Technologies 社 CEO、社長 Burkhard Prause は次のように述べた。「今回の良好な試験結果により、我が社のシールド型誘導超電導限流器の可能性が実証され、将来の商品化への道筋がつけられた。この超電導限流器は、信頼性と耐久性についての要求が最も厳しい電力事業者の期待にも応えられるものであり、同時に外部からの制御やトリガーなしに急速な応答、回復が可能な真のスマートグリッド装置と言える。」

出典:

“AREVA T&D and Bruker Energy & Supercon Technologies (BEST) Announce Successful First Test Results for a 13 MVA Shielded, Inductive Superconducting Fault Current Limiter (SFCL)”

Bruker Energy & Supercon Technologies press release (November 16, 2009)

<http://www.bruker-est.com/ifcl.html>

#### American Superconductor Corporation (2009 年 11 月 17 日)

American Superconductor Corporation (AMSC) は、CSR Zhuzhou Electric Locomotive Research Institute Co., Ltd. (中国 CSR-ZELRI) から 1,000 万ドルの風力発電機用コア電気部品の追加発注を受けた。この部品は CSR-ZELRI 社の 1.65-MW 風力発電機に使われるもので、風力発電機的设计自身は AMSC 社完全子会社の AMSC Windtec 社による。今回の注文は、今日までに AMSC 社が CSR-ZELRI 社から受けた最大のもので、CSR-ZELRI 社からの本コア電気部品の総発注額は 2,000 万ドル以上に上る。

出典:

“AMSC Receives \$10 Million Order for Wind Turbine Core Electrical Components from China's CSR-ZELRI”

American Superconductor Corporation press release (November 17, 2009)

[http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle\\_Print&ID=1356210&highlight](http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=1356210&highlight)

#### American Superconductor Corporation (2009 年 11 月 18 日)

American Superconductor Corporation (AMSC) は、韓国 Hyundai Heavy Industries Co., Ltd. (HHI) から電力制御システム 30 基の追加発注を受けた。この制御システムは 現在韓国で製造が行われている HHI 社の 1.65-MW 風力発電機に使用される。また、同社から 2-MW 風力発電機原型機向けの電力制御システムも受注した。これら電力制御システムは 2010 年 5 月末までに出荷予定である。1.65-MW 及び 2-MW 風力発電機的设计は AMSC 社完全子会社である AMSC Windtec 社からライセンスされている。HHI 社は、1.65-MW 風力発電機の量産を 2009 年 10 月に開始しており、2-MW 風力発電機については 2010 年に生産開始を計画している。HHI Electro Electric Systems 担当上級副社長 Young N. Kim は次のように述べた。「我が社の風力発電への投資は新しい成長エンジンを作り出した。過去 1 年間、我が社は AMSC Windtec 社から高い品質を持つ風力発電機设计のライセンスを受け、第 1 号プロトタイプを生産を行ったところであり、韓国及び米国において最初の風力発電機の注文を確保したところである。我々の目前には大きな成長機会が広がっており、我が社の成長戦略を支援するため風力発電機の容量向上に努めているところである。」

出典:

“AMSC Receives Second Wind Turbine Electrical Control Systems Order from Hyundai Heavy Industries”

American Superconductor Corporation press release (November 18, 2009)

[http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle\\_Print&ID=1356719&highlight](http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=1356719&highlight)

#### American Superconductor Corporation (2009 年 11 月 19 日)

American Superconductor Corporation (AMSC) は、2009 年度の収支見込を再度確認するとともに、2010 年度の当初見通しを発表した。AMSC 社は、2009 年度の収入は 3 億～3 億 1,000 万ドル、60 % 成長と見込んでいる。同社の 2008 年度の収入は約 1 億 8,300 万ドル。同社は 2009 年度通年の一般会計原則による利益を 1,100～1,300 万ドルと見込んでいる。なお、従来計算方式では利益は 2,700～2,900 万ドルとなる。2010 年度の収入は 4 億ドル以上、一般会計原則による利益を 3,600 万ドル（従来計算方式では 5,400 万ドル）と予測している。同社創業者で CEO の Greg Yurek は次のように述べた。「最近の施策の結果としての収入の増加、経営効率の改善及び製造コストの低減により、2010 年度は大幅な利益の増加を見込んでいる。」

出典:

“AMSC Announces Initial Fiscal Year 2010 Revenue and Earnings Forecast”

American Superconductor Corporation press release (November 19, 2009)

[http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle\\_Print&ID=1357289&highlight](http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=1357289&highlight)

## 通信

### Superconductor Technologies Inc. (2009 年 11 月 5 日)

Superconductor Technologies Inc. (STI) は、2009 年 9 月 26 日に終了する第 3 四半期の収支を発表した。純収入は、前年同期 360 万ドルに対し、当期は 430 万ドル。当期純製品売り上げは、前年同期 270 万ドルに対し、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 854,000 ドルに対し、当期は 130 万ドル。STI 社 CEO、社長 Jeff Quiram は次のように述べた。「期待通り、製品売り上げと政府契約の増加により総収入は増加した。投資は今後の 700 MHz ネットワークの構築に向けられており、2010 年に向け我が社が関与してきたネットワーク強化プロジェクトに元気付けられている。しかしながら、従来の通信ネットワークへの今後の投資は大きなものが見込めず、第 4 四半期の収入増加は期待できない状況である。」 純損失は、前年同期の 320 万ドルに対し、当期は 180 万ドルであった。2009 年 9 月 26 日現在で、STI 社は 1,270 万ドルの現金及び現金等価物を含め 1,510 万ドル運転資本を保有しており、また受注残は 95,000 ドルである（前年同期受注残は 217,000 ドル）。

出典:

“Superconductor Technologies Inc. Reports Third Quarter 2009 Results”

Superconductor Technologies Inc. press release (November 5, 2009)

<http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=70847&p=irol-newsArticle&ID=1351538&highlight>

## 加速器

### CERN (2009 年 11 月 20 日)

Large Hadron Collider (LHC) は、時計方向回りの周回ビームにより運転を再開した。2008 年 9 月の深刻な故障以降、1 年間の修理と設備強化を行って運転再開にこぎつけた。2009 年夏に運転再開に向けた作業に着手し、10 月始め LHC は運転温度である 1.9 K に到達した。その後、粒子が打ち込まれ、周回ビームを生成するに至っている。次の重要なステップは、低エネルギービームによる衝突実験であり、これにより最初の衝突データが得られ、また、重要な機器校正作業も実施できるようになる。

出典:

“The LHC is back”

CERN press release (November 20, 2009)

<http://press.web.cern.ch/press/PressReleases/Releases2009/PR16.09E.html>

### CERN (2009 年 11 月 23 日)

初めて、2 つのビームが Large Hadron Collider (LHC) を同時に周回した。この成果により、複数ビームの同期試験が行えるようになり、陽子—陽子衝突を観察する最初の実験が可能になった。複数のビームが、ATLAS 及び CMS 検知器に対応した第 1 地点及び第 5 地点、ALICE 及び LHCb 検知器に対応した第 2 地点及び第 8 地点を通過した。これらビームは、同期が取られて最初に ATLAS

検知器内で衝突し、引き続き、CMS, ALICE 及び LHCb 検知器内で衝突した。LHC 再開からわずか 3 日で行われたこの実験からビーム制御システムは十分な性能を有しているものと思われる。次のステップは、ビーム強度と加速度を高めることである。

出典:

“Two circulating beams bring first collisions in the LHC”

CERN press release (November 23, 2009)

<http://press.web.cern.ch/press/PressReleases/Releases2009/PR17.09E.html>

#### CERN (2009 年 11 月 30 日)

Large Hadron Collider (LHC) は、陽子ビームのエネルギーを 1.18 TeV にまで加速し、高エネルギー粒子加速の世界記録を樹立した。この記録は、米国 Fermi National Accelerator Laboratory の Tevatron が 2001 年以来保持してきた 9.98 TeV の記録を上回るものである。この成果により、LHC が 2010 年早期に予定している物理実験に向け順調に計画が進行していることがより明確に確認できた。現在、LHC は更にビーム強度を上げて、追加の衝突データを取得するという集中運転フェーズに入ることが予定されている。そして、引き続き校正のためのビーム衝突実験が開始される。衝突エネルギー 7 TeV の最初の物理実験は 2010 年の第 1 四半期に予定されている。

出典:

“LHC sets new world record”

CERN press release (November 30, 2009)

<http://press.web.cern.ch/press/PressReleases/Releases2009/PR18.09E.html>

## 基礎

#### Clemson University (2009 年 11 月 10 日)

Clemson University は、University of Texas at Dallas 及び Yale University とともに、ナノスケール超電導材料研究のため期間 5 年間、300 万ドルの資金を米国空軍科学研究所から受領することとなった。この研究チームはカーボンナノチューブをベースとした超電導材料からなる複合線材の開発を行う予定。このような複合線材は、完成すれば電力ケーブルの銅線材の置き換え等各種用途に使用することができる。Clemson の研究者はホウ素がドーピングされた超電導カーボンナノチューブを製造するためパルスレーザーを使っている。Clemson University 物理学教授 Apparao Rao は次のように述べた。「カーボンナノチューブは各種応用に有用であるばかりでなく、長い間の懸案であった低次元材料を支配する物理の検討にも理想的なものである。この研究における Clemson の役割は、硫黄、窒素、燐等の元素をドーピングしたナノチューブを使って、今日のように極低温に冷却することなく超電導が発現する元素添加されたナノチューブを製造することを目指した実験研究を行うことである。」

出典:

“Clemson carbon nanotube research part of \$3 million award to enhance energy efficiency”

Clemson University press release (November 10, 2009)

[http://www.clemson.edu/media-relations/article.php?article\\_id=2393](http://www.clemson.edu/media-relations/article.php?article_id=2393)

#### University of Houston (2009 年 11 月 18 日)

Texas Center for Superconductivity at the University of Houston (TcSUH) 創立者でその所長ある Paul Ching-Wu Chu 教授が、8 年間の Hong Kong University of Science and Technology 学長職の任

期を全うし、University of Houston にフルタイムの所長として帰任した。また、Chu 教授は、より高温で、望ましくは室温又はそれ以上で超電導を発現し、より電流密度の大きい新規材料に関する現在進行中の研究に対し米国空軍科学研究所から期間 5 年間、総額 280 万ドルの補助を受けることとなった。Chu 教授は次のように述べた。「液体窒素温度での高温超電導をここ Houston で発見して以来 22 年が経過し、高温超電導科学、技術研究開発の全ての領域で大きな進歩が達成された。これまで高温超電導体の合成、評価、機構理解より多くの知見が蓄積されており、より高温で超電導転移を起こし、大きな電流密度を持つ超電導体、そして室温超電導体をも視野に入れた探索研究を行うべき時期に来ている。」

出典:

“Superconductivity leader receives \$2.8M grant from US Air Force Office”

University of Houston press release (November 18, 2009)

<http://www.tcsuh.uh.edu/news/show/21>

[超電導 Web21 トップページ](#)



## 特許情報

財団法人国際超電導産業技術研究センター  
超電導工学研究所企画部  
部長代理 定方伸行

### ◆平成 21 年度第 2 四半期の公開特許

平成 21 年 7 月から平成 21 年 10 月に公開された ISTEK 出願の特許をお知らせいたします。詳しい内容は特許庁ホームページ内の特許電子図書館（IPDL）をご利用ください。

### 特開 2009-164010 「Re 系酸化物超電導線材及びその製造方法」:

超電導応用機器に使用する超電導線材は、あらゆる磁界印加角度に対して優れた通電特性を有することが必要である。本発明は、厚膜で粒界特性及び結晶性に優れた超電導体内に均一で微細な磁束ピンニング点を導入することにより、高磁界における磁界印加角度依存性に優れた Re 系酸化物超電導線材及びその製造方法を提供することを目的としている。複合基板の中間層上に、Ba 濃度を低減した Re 系超電導体を構成する金属元素を含む有機金属錯体溶液と Ba と親和性の大きい Zr、Ce、Sn、Ti を含む有機金属錯体溶液を塗布焼成し、人工的に磁束ピンニング点である Zr 含有酸化物粒を微細分散させることで臨界電流密度 ( $J_c$ ) の磁界印加角度依存性を著しく向上するとともに高磁界で高い  $J_c$  を有する超電導線を得ることができる。

この Re 系酸化物超電導線材は、基板上に中間層を介して形成した  $\text{ReBa}_y\text{Cu}_3\text{O}_z$  系超電導体 (Re は Y、Nd、Sm、Gd 又は Eu) で、Ba のモル比を  $y < 2$  の範囲内とし、かつ超電導体中に Zr を含む 50 nm 以下の酸化物粒子を磁束ピンニング点として分散させたものである。また、Re を  $\text{Re}=\text{A}_{1-x}\text{B}_x$  の組成とし、A 及び B はそれぞれ Y、Nd、Sm、Gd 又は Eu のうち 1 種以上の異なる元素からなり、Ba のモル比を  $y < 2$  の範囲内とし、また超電導体中に Zr を含む 50 nm 以下の酸化物粒子を磁束ピンニング点として分散させたものである。または Re が  $\text{Re}=\text{Y}_{1-x}\text{Sm}_x$  の組成を有し、Ba のモル比を  $y < 2$  の範囲内とするとともに、前記超電導体中に Sm を含む酸化物粒子及び Zr を含む 50 nm 以下の酸化物粒子を磁束ピンニング点として分散させたことを特徴とする Re 系酸化物超電導線材である。

この Re 系酸化物超電導線材及びその製造方法では Ba のモル比を  $1.3 < y < 1.8$  の範囲内とすることが好ましい。Ba のモル比をその標準モル比より小さくすることにより、Ba の偏析が抑制され、結晶粒界での Ba ベースの不純物の析出が抑制され、クラックの発生が抑制されるとともに結晶粒間の電氣的結合性が向上して  $J_c$  が向上する。Ba のモル比を低減することにより、磁束ピンニング点である  $\text{Y}_2\text{Cu}_2\text{O}_5$  や CuO が形成され磁界特性が改善される。超電導体中に人工的に導入される磁束ピンニング点として分散する Zr、Ce、Sn 又は Ti を含む酸化物粒子は、50nm 以下とされるが、特に、5~30nm の Zr を含む酸化物粒子であることが好ましい。人工的に導入される磁束ピンニング点を形成するために添加される Zr の添加量は、金属濃度で 0.5~10 モル%であることが好ましく、Zr の添加量が 0.5 モル%未満の場合、酸化物粒子の密度が十分でないため、高磁界で十分なピンニング力が得られず、一方、10 モル%を超えると析出物が粗大化して結晶性を低下させる。特に、金属濃度で 0.5~5 モル%の範囲が好ましい。

本発明によれば、Ba 濃度を低減した Re 系超電導体において、人工的に磁束ピンニング点 ( $\text{BaZrO}_3$  及び  $\text{ZrO}_2$  等の Zr 含有酸化物) を微細分散させることにより、77 K、1 T において

Nb-Ti 合金超電導体に匹敵する  $J_c$  を得ることができるとともに、あらゆる磁界方向に対しても有効に磁束をピンニングすることができるため、 $J_c$ - $B$ - $\theta$  特性を向上させることができ、等方的  $J_c$  特性が得られる。また、非真空中で低コストプロセスである TFA-MOD 法に適した Re 系酸化物超電導線材の高磁界下における  $J_c$  及び磁界印加角度に対する  $J_c$  の異方性が著しく向上するため、超電導マグネット、超電導変圧器、超電導電力貯蔵装置等の超電導機器への応用が可能である。

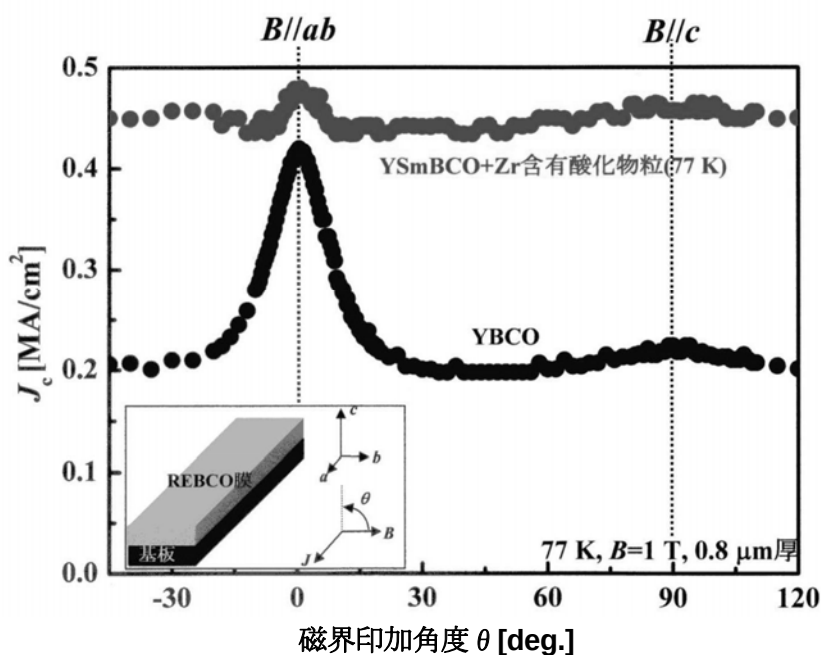


図 本発明の実施例及び比較例により製造された超電導体の磁界印加角度依存性

[超電導 Web21 トップページ](#)

## ワークショップ「最先端医療で活躍する超伝導技術とその未来展開」報告

東京大学大学院工学系研究科  
応用化学専攻 総合研究機構  
准教授 下山淳一

去る 12 月 3 日に未踏科学技術協会超伝導科学技術研究会、応用物理学会超伝導分科会の共催で表題のワークショップが早稲田大学において開催された。超電導技術の医療応用に関する研究会はこれまでも数多く開催されてきたが、ユーザーとしての医者や医療技術専門の研究者を交えてのイベントは新しい試みであり、ちょうど 100 名の参加者のもと、興味深い発表、議論が繰り広げられた。このような異分野交流を通じた互いの発展を模索する機会は、特に超電導材料・機器のレベルが向上している昨今、重要性を増しているのは言うまでもない。以下には主にユーザーサイドからの講演について概要を記した。

まず、広南病院の中里信和先生より「脳磁図の現況と展望」と題し、潜在的に 100 人に 1 人が罹っている癲癇（てんかん）の部位診断における脳磁計測の最先端技術が紹介された。癲癇の診断には MRI や CT など画像診断法は役に立たず、空間分解能が低い脳波の計測に、SQUID による脳磁計測を併用することが最も有効であることが示された。このほか脳磁計測では脳梗塞の予兆となる血管狭窄の異常を知ることでもあるという。超電導技術への要望としては、さらに空間分解能が高められるように、できるだけ頭皮の近くから計測できる機器の開発が挙げられた。続いて筑波大の巨瀬勝美先生から MRI 診断の最新動向が述べられた。MRI の台数にはこの 4 半世紀にわたる増加のあと、昨年より飽和の傾向が現れており、磁界は現在主流の 1.5 T から 3 T 級に向かうとのことである。MRI は X 線 CT よりも空間分解能では劣るが画像コントラストの良さと勝り、それは高磁界化や小さな径の RF コイルアレイを用いることなどでさらに向上できることが示された。また、小型超電導磁石を搭載した MRI 装置への期待についても触れられた。

早稲田大の石山敦士先生からは、重粒子線による癌治療装置の超電導化に向けての展望が述べられ、従来大型体育館並みの巨大な加速器を要していたところに、超電導サイクロトロンを用い劇的な小型化（設計コイル直径 3.2 m）が図れること、現在の高温超電導線材でもこれに適した特性を有していることが示された。施設の小型化によって日本でも 100 台以上普及する可能性があるが、スケールだけでなく価格面、特に超電導線材の低価格化も普及に重要な因子となることが訴えられた。金沢工業大の足立善昭先生からは SQUID を用いた脊椎診断技術紹介され、画像診断だけでは真の障害部位が特定できない問題が、頸部の磁気計測からの電流源解析によって解決できることが示された。また、産総研の大久保雅隆先生からは超電導分子検出器を用いた質量分析法が、従来の  $m/z$  ( $m$  は質量、 $z$  は電荷) の形で計測されていた分析法よりも真の質量  $m$  を知る上で優れ、中性分子の質量分析にも適用できることが述べられ、様々な高精度な病理診断に応用できる技術であることが示された。

このほか、豊橋技科大の田中三郎先生からは低磁界 SQUID-NMR/MRI の現状について、九州大の円福敬二先生からは SQUID を用いた免疫診断技術が、大阪大の西嶋茂宏先生からは磁気力による薬剤搬送や細胞内小胞の磁気分離の可能性が示された。これらについては超電導関係の学会、研究会などで活発に報告、議論されているので、ここでの報告を省かせていただきたい。

[超電導 Web21 トップページ](#)

## 「CCA2009(International Workshop on Coated Conductors for Application)」報告

財団法人国際超電導産業技術研究センター  
常務理事 田島克己

財団法人国際超電導産業技術研究センター  
超電導工学研究所線材研究開発部  
(独)日本学術振興会特別研究員 三浦正志

### 概要

第 10 回 CCA2009 (International Workshop on Coated Conductors for Applications) が 2009 年 11 月 22 日～24 日にスペイン・バルセロナ市の Hotel Catalonia Ramblas で開催された。今回は、2000 年の 5 月にドイツの Göttingen で第 1 回が開催されて以来、10 回目の記念すべき開催となった。参加者は、地元スペインの 40 名をはじめ、米国 20 名、ドイツ 20 名、日本 17 名など、合わせて 120 名であった。また、発表は、オーラル講演 62 件、ポスター講演 38 件の合計 100 件であった。

講演の詳細は後述の通りであるが、主に機器応用、高性能・長尺線材、低コスト線材、磁束ピンニング点の導入、AC ロスの低減等についての報告と意見交換が活発に行われた。

次回の CCA2010 は、九州の福岡市で 10 月 28 日～30 日 (ISS2010 [11 月 1 日～3 日] の直前) に開催 (チェアパーソンは、九州大学の木須教授) の予定である。



CCA2009 記念撮影 (<http://www.icmab.es/cca2009/>より)

### 大会トピックス概要

#### - HTS 応用

Spanish Electric Grid Platform の S.Cascante 氏 (西) は、2025 年までに電力網制御、電力貯蔵、情報管理システムの構築に対する超電導応用の研究開発を行う [FUTURED] プロジェクトについて報告を行った。超電導応用では、ケーブル、変圧器、発電機、SMES や限流器などへの応用を考



えていると報告した。Institut Neel の P. Tixador (仏) は、実際に市販されている AMSC 社や SuperPower 社の Y 系線材を用いて、限流特性を評価した。九大の岩熊氏は、Y 系線材を用いた変圧器やモーターの設計・試作に関する報告を行った。フロリダ州立大学 (米) の D. Larbalestier 氏はすべて超電導線材 (Nb-Ti, Nb<sub>3</sub>Sn と Y 系線材) を用いて、4.2 K 下において 32 T の磁界を発生させることに成功した (運転電流 186 A) と報告した。住友電工の林氏は、東京電力と共同で行っている Bi 系線材を用いた 66kV, 2kA200 MVA ケーブルプロジェクトや m 級 Y 系ケーブルの試作・評価について報告を行った。ISTEC-SRL の藤原氏は、日本における Y 系超電導電力機器開発プロジェクトにおける 66kV/5kA と 275kV/3kA のケーブルの開発状況について報告した。

#### - 高性能長尺線材

ISTEC-SRL の田辺氏は、フジクラ、SRL における PLD 線材開発状況について報告した。フジクラが 1000 m/h の高速で高配向を有した 1 km 長の IBAD 中間層の作製に成功していることや Hot-wall 型 PLD を用いて均一な  $I_c$  特性を示す線材作製に成功していることを報告した。Bruker (独) の A. Usoskin 氏は、ABAD-PLD 線材の大型装置の導入、また今後 2 km 線材作製を開発していく予定であることを報告した。Houston 大学 (米) の V. Selvamanickam 氏は 1065 m 長の MOCVD-Y 系線材で  $I_{c,ETE}=282$  A/cm を確認し、 $I_c \times L=300, 330$  A・m と世界最高値を得ることに成功したと報告した。また、130 m 長の人工磁束ピンニング点導入 YGdBCO+Zr 線材を作製し、0.5 T, 77 K において超電導特性を評価し、130 m 長全域にわたって均一な磁界中  $J_c$  特性を示すことを報告した。KERI (韓) の S.S. Oh 氏は、共蒸着法を用いて 68 m 長の SmBCO 線材で  $I_{c,ETE}=187$  A/cm、 $I_c \times L=12,716$  A・m を示す線材作製に成功したと報告した。住友電工の林氏は、Y 系ケーブル 66 kV-5 kA の概要及びクラッド基板による損失低減、モデル導体における交流損失の実験結果について報告した。ISTEC-SRL の町氏は、レーザースクライビングによる細線化技術の進捗状況及び今後の課題点等に関して報告した。

#### - 低コスト線材

AMSC (米) の M. Rupich 氏は、ケーブル用 Y 系線材としては  $I_c=500$  A/cm-w@77 K, self-field, 発電機用 Y 系線材としては  $I_c>850$  A/cm-w@30-40 K, 1.5 T-2.5 T の特性が必要であることを報告した。TFA-MOD 法を用い double coat により 1.4  $\mu$ m 厚の線材は  $I_c^{s.f.}=660$  A/cm-w、磁界中特性向上を YDyBCO+BZO 線材を作製し、75.5 K, 1 T において高い  $J_{c,min}$  を得るなど目標値に向かい特性が向上していることを報告した。ISTEC-SRL の和泉氏は、昭和電線が 500 m 長 TFA-MOD Y 系線材で 300 A/cm-w を超える線材作製に成功している。また、磁界中向上のために人工磁束ピンニング点を導入することにより YGdBCO+BZO 線材は、 $I_{c,min}=115$  A/cm-w@1 T, 77 K、 $I_{c,min}=35$  A/cm-w@3 T, 77 K と従来の YBCO に比べて 4 倍以上の高い  $I_c$  を示すことを報告した。ICMAB (西) の T. Puig 氏は TFA-MOD 線材作製時の雰囲気の違いにより YBCO の成長が異なることを報告した。ISTEC-SRL の和泉氏は、MOD-GdZrO が IBAD の下地層として平坦化に有効であり、その上に IBAD-MgO 等の中間層及び超電導層を作製し、従来同様の  $J_c=2.5$  MA/cm<sup>2</sup> を得ることに成功したことを報告した。

#### - 磁束ピンニングと臨界電流

LANL (米) の L. Civale 氏は、人工磁束ピンニング点が熱揺らぎによる磁束クリープに及ぼす影響について報告を行った。PLD 法を用いて作製した YBCO 薄膜内部における BaZrO<sub>3</sub>(BZO) の形状の違いによって磁束クリープの振る舞いが異なることや、PLD 薄膜では膜厚が厚い試料ほどクリープの影響が少ないことなどを報告した。また、PLD 法により作製した YBCO+BZO+Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜では、40-60 K、低磁界においてクリープレートの小さい領域が存在することを示した。ORNL (米) の A. Goyal 氏は、Ba<sub>2</sub>RETaO<sub>6</sub> や Ba<sub>2</sub>RENbO<sub>6</sub> などのダブルペロブスカイト構造を有する材料がこれま



での BZO, BaSnO<sub>3</sub>(BSO), BaNbO<sub>3</sub> などとはナノロッドの自己配向に及ぼす影響が異なることを示した。特に、YBCO 薄膜に 4 vol.% の Ba<sub>2</sub>(Y, Gd)TaO<sub>6</sub> を導入した薄膜は、77 K, 1 T だけでなく 65 K, 3 T においても YBCO 薄膜に比べてあらゆる磁界印加角度に対しても  $J_c$  が向上することを報告した。Houston 大学の V. Selvamanickam (米) は、MOCVD 法を用いて作製した人工磁束ピンニング点を導入した YGdBCO+Zr 線材を 480 m 用いて 2688 ターンコイルを作製し、65 K において 2.5 T の磁界発生に成功している。Cambridge 大学 (英) の J. L. MacManus-Driscoll 氏は、次のピンニング点としてこれまでの異相添加のほかに、RE-rich 相などの磁界誘起型ピンニング点の生成やそのメカニズムを理解することが更なる特性の向上の鍵となるのではないかと提案した。筆者のひとり、MOD 法を用いて人工磁束ピンニング点導入 YGdBCO+BZO 線材を作製し、LANL との共同研究により評価した超磁界下での不可逆磁界について報告した。YGdBCO+BZO 線材は、YBCO に比べ  $H||c$ ,  $H||45$  度においても高い不可逆磁界を有することを示した。

## - 更なる高特性化

NIST (米) の D. Laan 氏は、機械的強度に関する発表を行い、応力による特性変化に関して磁界の影響による特異なピークに関して報告した。AMSC (米) の A. Malozemoff 氏は、Y 系ケーブルにおいて 4 種類の積層の組み合わせによって特性が異なること、5 m 長のテストケーブルにおける AC ロス特性などについて報告を行った。京大の雨宮氏は、ケーブルの AC 低減のためには、ギャップを小さくし、曲げた線材や幅の狭い線材を用いることが有効であることを報告した。このほか、Cambridge 大学 (英) の B. Glowacki 氏、KIT (独) の F. Grilli 氏、産総研の馬渡氏などがそれぞれ Y 系線材の AC ロス低減について報告した。このセッションでは、ケーブルだけでなくコイルにおける AC ロスについて議論が行われた。ケーブルに関しては、それぞれの線材の特性の均一化、ギャップ低減、フォーマにより密着するように曲がった線材や幅の狭い線材などが重要であると報告した。一方、コイルに関しては、細線化によるストリップ幅の低減、ツイストなどが重要であると報告した。

## - 新しい超電導線材の姿

AirForce (米) の T. J. Houghan 氏は、航空機への超電導の応用の可能性について報告した。フロリダ州立大学 (米) の D. Larbalestier 氏は、高温超電導である YBCO, Bi2223, Bi2212 線材の粒界特性の違いについて報告し、これらを理解することが更なる応用の可能性を広げると述べた。LANL (米) の L. Civale 氏は、現在計画されている [Tres Amigas] プロジェクトについて述べた。東部・西部・テキサス地方に分散的に配置している北米の電力系統を DC ケーブルで連系することを目的としてニューメキシコ州において 5 GW の送電実験を行う予定である。ORNL (米) の A. Goyal 氏は AC 低減を目的に、SSIFFS (Structural, Single-crystal, Faceted, Fibers) と呼ばれるファイバー上に YBCO を作製し、ファイバー上の線材の機械強度が強く、その  $J_c^{sf}$  は  $2.3 \text{ MA/cm}^2$  と高い特性を示すことを報告した。

## 最後に

CCA は今回で記念すべき 10 回目を迎え、電力機器応用に向けた低コスト化、長尺化、磁界中高特性、高機械的強度、AC ロス低減などの課題に対して各国とも着実に研究開発が進んでいることを感じた。また、応用例として超電導マグネットや超電導ケーブル、超電導変圧器などの試作評価などが盛んに行われ、各国で超電導を用いた CO<sub>2</sub> 削減、スマートグリッドプロジェクトも進んでおり、超電導が世界中で役立つ社会が近づいていることを実感した。

## 「ACASC 2009(Asian Conference 2009 on Applied Superconductivity and Cryogenics)」報告

国際超電導産業技術研究センター  
超電導工学研究所電力機器研究開発部  
主管研究員 山田雄一



ACASC2009 参加者 (Chairperson of the ACASC2009 Local Organizing Committee のご厚意により転載)

第 5 回応用超電導・低温工学アジア会議(ACASC2009)が、松江市のくにびきメッセにて 2009 年 12 月 6-8 日に開催された。本会議は日本・韓国・中国が 2003 年の 12 月に中国・北京において第 1 回目の会議を開催して以来、宮崎、釜山、西安と各国をまわり、日本では 2 回目となり、前回からインドが正式に加盟している。

参加者は全部で 107 名（日本 55 名、韓国 32 名、中国 14 名、インド 5 名、トルコ 1 名）で、ホスト国の日本からの参加者が過半数を占めた。発表件数は 88 件（招待講演 10 件、口頭発表 19 件、ポスター発表 59 件）で発表内容の内訳では、大規模及び電力応用が 18 件、小規模及び電子応用が 12 件、超電導材料が 26 件、低温工学及び応用が 15 件、冷凍機関連が 16 件であった。前回に比べて超電導材料が減り、冷凍機関連が増加していた。経緯は不明であるが、招待講演を含むキャンセルがあり、ポスターから招待講演や口頭発表に変更となる報告もあった。近隣の米子空港にはアジア航空がソウルから週 3 便運航しており、韓国からの参加者にも好都合だったようである。

初日の招待講演では 5 件の発表があった。中国科学院の肖教授は中国における超電導電力応用開発状況として中国科学院を中心とした線材、ケーブル、限流器、（限流機能付き）SMES、変圧器、モータ、発電機、HTS 変電所の開発状況と 2011 年からの計画を紹介した。特に 2010 年に火入れを計画している 1.3kV/10kA 直流超電導ケーブルは世界最大の電流であること、また CEPRI が 3kA/110kV/1km ケーブルを北京で 2012 年に実証する計画しているとのこと。韓国 KERI の Dr. Cho から DAPAS プロジェクトにおける 154kV/1GVA 級ケーブル開発計画とソウル近郊の変電所における 22.9kV/50MVA-500m ケーブル及び 22.9 kV の限流器の実証試験の納入式、インド プラズマ研

研究所の Dr. Pradhan から定常状態トカマク炉 (SST-1) の改良状況、高エネルギー加速器研究機構の春山教授から液体 Xenon による冷却技術と長期間運転状況、横浜国立大学の吉川教授から従来の CMOS 技術より消費電力が 1/1000 でエネルギー感度 10000 倍が期待できる SFQ 回路技術による高速浮動小数点プロセッサについての紹介があった。

この会議のプロシーディングは発刊されないが、セレクトされた二十数編の発表論文が Cryogenics 誌に ACASC2009 special issue として掲載されることになっている。

次回の本会議は 2011 年にインドで行われる予定である。

[超電導 Web21 トップページ](#)

## 【隔月連載記事】

### もっとやさしい「超電導」のおはなし (その 1)

財団法人国際超電導産業技術研究センター  
超電導工学研究所材料物性研究部  
特別研究員 中尾公一

#### 1. はじめに

この稿では、できるだけやさしく超電導体や超電導現象について説明することを目標にしています。超電導に関する予備知識は前提としていません。電磁気学や固体物理に関する知識も前提にしない予定です。超電導を専門としていない人でも、新聞記事や雑誌の解説などで超電導に関する情報に触れる機会は多いと思います。マイスナー効果であるとか、量子化磁束、ピン止め、ペアリング、交流損失などの専門用語に触れたとき、よく聞く言葉なので何となくわかるような気がするけれど、改めて考えてみると何のことか理解していない、筆者が想定しているのはそういう方々です。

実は 2003 年に村上雅人氏による「やさしい超電導のお話」という解説が連載されています。しかし、かのフラインマン教授も言っていたように、本当に理解するということは、いく通りもの言い方で説明できる事だそうですから、今回勇気をふるって、少し違った観点から「もっとやさしい超電導のお話」というタイトルで、解説を書かせていただくことにしました。またごく最近話題になっているいくつかのトピックスについても触れたいと思います。

始めですから思い切り楽観的に考えて、筆者の思惑が成功したとすると、この連載におつきあいいただいた読者は、たとえば親戚の小学生に、超電導って何のこと、と聞かれたときに、ごまかさずに相手がそれなりに納得するように説明できるようになるはずです。

#### 2. 超電導とはなにか

念のため超電導現象とは何かを復習しておきます。超電導状態では電気抵抗がゼロになり、エネルギーの損失なしで電流を流せるようになります。電気抵抗がないということが代表的な超電導現象です。但しこの現象はかなり低温でしか起こらず、最高でも摂氏マイナス 100 度以下でなければおこりません。超電導の世界では温度を絶対温度で表現することが多いのですが（絶対温度の零度は摂氏では約マイナス 273 度となります）、超電導現象は絶対温度で言っても 160 度以下の世界のお話です。十分冷却したときに超電導状態になる物質を、超電導物質と呼びますが、実際に超電導状態になる温度は超電導物質ごとに違います。現在までに発見されている超電導物質はいずれも何らかの方法で冷却しなければなりません。もし常温以上で超電導性を示す超電導物質が発見されれば、冷却が不要になり、もっと容易に超電導現象を利用できるわけですから、大変素晴らしいことです。しかしこれはまだ夢の段階にとどまっています。

電気抵抗がゼロであるという性質を完全導体と表現することもあります。超電導現象はもっと奥の深い物です。完全導体であることは超電導体の一つの性質であり、超電導体には他にも面白い性質があるのですが、それについてはおいおいお話することになると思います。

超電導現象についてまず理解していただきたいのは、超電導状態は固体が取りうる一つの「相」であるということです。「相」という字は一つの物事がいろいろと違った見かけをもって現れるときに、その見かけのことをいいます。例えば「人相」や「様相」という言葉の中の「相」がその意味



でしょう。よく例に引かれるのが、水が水蒸気になったり氷になったりする現象です。同じ水でありながら、いわゆる水は液体相、氷は固体相、水蒸気は気体相とよばれます。超電導も超電導物質が取りうる一つの相です。同じ物質が高温では常電導状態（超電導でない普通の状態のことです）になり、低温では超電導状態になるわけです。異なる相の間を（例えば温度変化に従って）移り変わることを相転移とよびます。超電導物質が温度低下に従って常伝導状態から超電導状態に移ることを超電導転移と呼びます。水が水蒸気になったり氷になったりするのも相転移ですが、超電導と比べるのには、いろいろな都合から強磁性転移を取り上げる方がいいのです。強磁性転移とは鉄やニッケルのような物質が高温の常磁性状態（永久磁石にならない普通の状態）から、低温の強磁性状態（永久磁石の状態）に転移する現象です。すべての永久磁石（強磁性体）はそれぞれ特有の転移温度を持っており、それ以上の温度では常磁性状態になります。筆者は子供の頃、「永久磁石の磁力<sup>注1)</sup>はある温度以上で消滅する」と本で読んだ時に思ったものです。磁石の力が高温で弱くなるのは直感的にも分かる気がするが、ある温度以上で消滅するというのは言葉のあやで、本当は磁力がだんだん弱くなって、しまいには測れないぐらいに小さくなるということだろうと。その後、それは相転移というものであり、どこまで小さな値を測れるかというような技術的な問題と無関係だということを理解したときには、新鮮な喜びを覚えたものです。同じように、超電導状態というものも、物質の電気抵抗が冷却とともに次第に減少して、ついには測れないぐらい小さくなった状態、と理解してはいけません。

このように超電導状態も強磁性状態（永久磁石の状態）も、ある種の物質がある特定の温度以下で取りうる一つの相ということでは共通です。強磁性状態が超電導の場合と違うのは、図 1 に示す通り、超電導状態は常温より遥かに低い温度でしか実現されないのに対し、強磁性状態はいくつかの物質においては、常温においても実現しているということです。そのため強磁性状態（永久磁石）は身の回りに存在するため、超電導状態に比べて、身近な存在になっています。

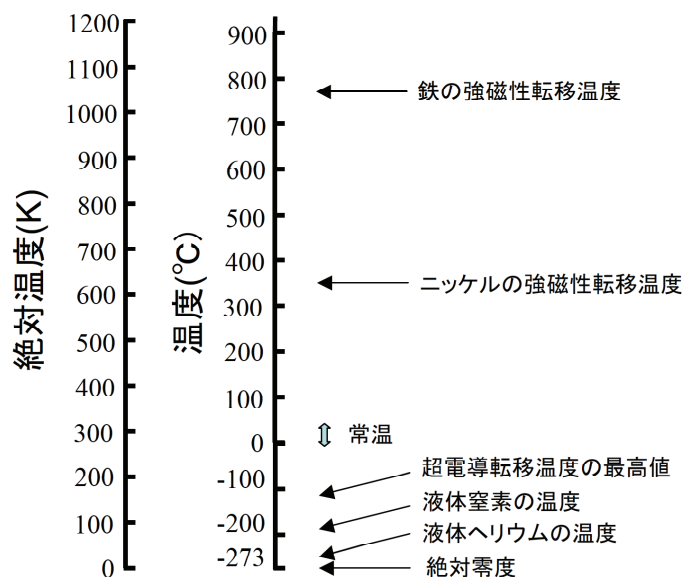


図 1

さて、超電導物質が高温で常電導状態に、低温で超電導状態になるのはどうしてでしょうか。それは超電導状態の方がエネルギーが小さいからです。一般に物質はそのエネルギーが小さいほど安定します。安定するというのはここでは変化しないという意味です。エネルギーが大きいと、余ったエネルギーを何らかの形で放出して、自分はより低いエネルギーの状態に変化する可能性があります。



ます。しかし持っているエネルギーが小さければ、そのような変化が起こる余地がないという理屈です。例えば、棚の上の荷物は落ちるかもしれないが、床に落ちてしまえばそれ以上落ちることはなく安定するというのと同じことです。物質のある状態が安定して実現するということを理論的に主張するためには、その状態が低いエネルギーを持つということを示す必要があります。従って物理屋さんはエネルギーが小さいことを、「エネルギー的に得している」という言い方をすることがあります。例えば「超電導状態は常電導状態に比べて、運動エネルギーは損をしているが、ポテンシャルエネルギーで得をしている」という様な言い方です。これは運動エネルギーは大きい、ポテンシャルエネルギーは小さいという意味です。エネルギーが小さいことを得していると表現するわけですから、ずいぶん「エコ」な人たちですね。

ところで上のパラグラフの説明は片手落ちです。というのはある状態が変化するにはエネルギーを放出する以外に、逆にまわりからエネルギーを受け取ることにより別の状態に変化する可能性もあるからです。従って、エネルギーが小さいからといって必ず安定で変化しないわけではありません。特に周囲の温度が高いときにはそういう可能性が高くなります。そういう環境にあるときには最もエネルギーの低い状態ではなく、むしろ少しエネルギーの高い状態が実現するのです<sup>注2)</sup>。これがつまり低温では超電導状態が、高温では常電導状態が実現する理由です。この辺の事情をより手短かに表現するために、エネルギーに温度の影響を取り入れた自由エネルギー<sup>注3)</sup>という物理量が定義されています。この言葉を使えば、絶対零度でも有限温度<sup>注4)</sup>のときでも単に自由エネルギーのより低い状態が安定に実現すると言えることになって便利です。

**注 1)** 「磁力」という言葉は厳密には定義されていません。せいぜい「人間力」や「老人力」程度の厳密性しかありません。この文脈では「自発磁化」という言葉に置き換えるのが適当かと思われます。「磁力」を磁石同士が引き合う力、と定義することも可能でしょうが、自発磁化から磁石同士が引き合う力を求めるためにはほかにいくつものパラメタの値を特定する必要があります、ほとんど役に立つ定義にはならないと思います。

**注 2)** このあたりの状況をもっと厳密に議論しようとする、エントロピーという概念を導入する必要があります。エントロピーというのは誰もが聞いたことはあるが、ほとんど理解されていないという悪名高い概念なので、ここでは深入りしないことにしたいと思います。

**注 3)** 自由エネルギーの自由という言葉は、全エネルギーのうち（有用な形で）「自由に取り出せる部分」という意味です。この言葉を最初に使った人たちの関心は、上に述べた物理屋さんの立場とは異なり、ある物理系（例えば蒸気機関）からどれだけのエネルギーを有用な形で（熱でなく力学的な形で）取り出せるかということにあったので、取り出せる部分を自由エネルギーと命名したもののようです。

**注 4)** 普通「有限」という言葉は、「無限」の反対の意味で使いますが、ここでは「有限の」という言葉を、無限でもなければゼロでもないという意味で使っています。特にこの文脈ではゼロでないという意味です。今後「有限温度」という言い方が出てくると思いますが、超電導を論ずるときには無限の高温というものは元々関係がありませんから、「有限温度」というのは絶対零度でなく少し高温という意味で使います。しかしたいていの場合常温よりは遥かに低温を想定しています。

[超電導 Web21 トップページ](#)

## 読者の広場

### Q&A

**Q:**「交流超電導ケーブルを導入すると、従来の電力ケーブルに比較して、総合的な電力損失がどの程度減らせるのでしょうか？」

**A:** 超電導ケーブルを導入すると、既存の電力ケーブルに比較して、送電損失を 1/2～1/3 程度に低減することが可能です。



古河電工と電中研が冷却を含めて検証した 500 m 長超電導ケーブルの試験状況

ある種の物質が極低温に冷却して抵抗ゼロになる現象は、超電導現象として広く知られているところです。これはあくまで直流電流を超電導導体に流したときに抵抗がゼロになるのであって、交流電流を流した場合には交流損失と呼ばれる損失が発生します。交流損失とは、ある磁界強度以上になると徐々に超電導体内部に磁界が侵入する物質（第二種超電導体）に交流電流を流したとき、内部に閉じ込められた磁束（磁束のピン止め）が、電流の増減反転によって力を受けて反転移動する際に、ピンの抗力との間でエネルギーを失うことによる損失です。超電導ケーブルの損失は、交流損失だけではなく、ケーブルに交流電圧を加えることにより絶縁体中に発生する誘電損失、導体が発生する磁界の変動により導体自身や周辺金属で生ずる渦電流損失があります。現在、進捗中の「Y 系超電導電力機器技術開発プロジェクト」において、大電流ケーブル（66 kV, 5 kA）の損失は 2.1 W/m-相以下、高電圧ケーブル（275 kV, 3 kA）の損失は 0.8 W/m-相以下をそれぞれの目標として開発を進めています。

一般に、超電導ケーブルは、断熱管内部に液体窒素を循環させて、発生する熱を取り去り、低温を維持しています。断熱管を通してケーブルへ侵入する熱についてはこれまでの研究成果によって 1～2 W/m 程度が得られています。この液体窒素で除去した熱を冷凍機で冷やしながら循環冷却しますが、これら冷凍機の冷凍電力や循環のための電力が必要になります。こうした冷却に必要なエネルギーについては、成績係数<sup>\*)</sup>を 0.1 として開発を進めています。これらの合計が超電導ケーブルの電力損失となります。

一方、現用の銅やアルミを導体に用いた常電導ケーブルの場合、導体の抵抗と電流とによるジュール損失による導体損失、絶縁体内に発生する誘電損失、シースに発生するシース損失等があります。

超電導ケーブルと既存の電力ケーブルの送電損失の比較ですが、厳密には、従来ケーブルの種類、電圧階級、送電容量、回線数の考え方により大幅に変わるところではあります。また、これまで述べてきた超電導ケーブルの開発が目標を達成することが必要になりますが、例えば、現在、超電導ケーブルの導入が適していると考えられている都市内導入の大容量地中送電線の場合、送電損失が 1/3 に低減できると、1 km あたり 50 kW の電力損失を低減できることになります。

\*) 成績係数：ケーブルの冷却効率を示す値であり、ここでは（ケーブル冷却能力）÷（消費エネルギー）とする。

回答者：古河電気工業株式会社 環境・エネルギー研究所 環境技術開発部マネージャー 向山晋一様

[超電導 Web21 トップページ](#)