

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

掲載内容（サマリー）：

トピックス：

- 第 4 回定例評議員会の開催
- 国際超電導シンポジウム（ISS2015）の講演受付開始

特集：超電導技術動向報告会2015

- 韓国における超伝導開発の現状
 - 日本における超電導応用機器研究開発の現状と展望
 - 日本におけるRE系超電導線材開発の現状と今後
 - 東芝における超電導応用機器開発の現状
 - ものづくり三菱電機 超電導製品化への挑戦
 - スイッチ一つ、全自動化されたブレイトン冷凍機（2015 年 6 月号特集記事より）
 - 高性能冷凍機の開発（2015 年 6 月号特集記事より）
 - 古河における高温超電導応用技術開発
 - フジクラにおける RE 系線材の開発
 - 昭和電線における超電導線材と応用製品開発
 - DI-BSCCO 線と応用製品
 - 高感度磁気計測のインフラ応用
 - SQUID を用いた磁気探査技術の動向
 - 超電導国際標準化について
-
- 超電導関連 2015 年 7 月-8 月の催し物案内
 - 新聞ヘッドライン（5/20-6/19）
 - 「世界の動き」
 - 「IEA 国際超電導委員会」会議報告
 - 「低温工学・超電導学会」報告
 - 隔月連載記事 IEA-ISS（その 4）
 - 研究室紹介 青山学院大学 理工学部 物理・数理学科 下山研究室
 - 読者の広場 中国で超電導ケーブルを製造されると聞きました。どんな計画で、どこで使うことをイメージされているのでしょうか？

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

〈発行者〉

公益財団法人 国際超電導産業技術研究センター 超電導 Web21 編集局

213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3 丁目 2 番 1 号 KSP A-9

Tel 044-850-1612 Fax044-850-1613

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>



超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

トピックス：第 4 回定例評議員会の開催

公益財団法人 国際超電導産業技術研究センター
専務理事 清川 寛

公益財団法人 国際超電導産業技術研究センター (ISTEC) は、第 4 月定例評議員会を平成 27 年 6 月 3 日 (水) 10:30～ KSP ホテル 711 号室で開催し、平成 26 年度事業報告、平成 26 年度決算については全員一致で承認されました。また一部の評議員・理事の変更・選任も行われました。

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

トピックス：国際超電導シンポジウム International Superconductivity Symposium (ISS2015) の講演受付開始

公益財団法人・超電導産業技術研究センター
普及啓発・国際部長 岡崎 徹



クリックして
ISS ホームページへ

国際超電導シンポジウム International Superconductivity Symposium (ISS2015) の講演希望受付を 7/1 より 7/31 まで行います。ISS2015 はヨーロッパの EUCAS、アメリカの ASC と並び称される超電導に関する専門的なシンポジウムで、毎年行われて速報性に優れることと、物理分野から応用分野まで幅広く対応している事が特徴で、毎年 4～500 名、世界十数カ国からの参加を得ています。

今年の特別基調講演は躍進する韓国の超電導研究開発・実用化状況を SuNAM 社の Prof. Moon と、新たな動きを見せ始めた新・高温超電導開発の最前線について東京大学名誉教授の内田慎一先生にお話頂きます。

今年度から発表申し込みと同時に参加登録および費用処理もして頂くことになりましたので、よろしくお手続きの方お願いいたします。

アブストラクト受け付け中のキャンセルおよび当方の都合により受け付けられない場合は、手数料も含めて全額返金いたします。



ISS2014 から

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

特集：超電導技術動向報告会 2015

「韓国における超伝導開発の現状」

Changwon National University, Korea

教授 Minwon Park

2001 年、韓国では高温超伝導線材を用いた電力機器の開発が始まりました。いわゆる DAPAS program です。10 年間 100 億円以上の研究開発資金が投資されました。企業からの投資を含めると 150 億円以上になりました。主に高温超伝導電力ケーブル、高温超伝導変圧器、高温超伝導限流機、また高温超伝導回転機を開発モデルとして研究が続きました。そして開発資金の約 1/3 は第二世代高温超伝導線材の開発に投資されました。10 年後、それぞれの結果は異なりますが、高温超伝導電力ケーブルは今まで交流 23 kV と直流 80 kV 系統に開発したケーブルを入れました。また、交流 154 kV 系統にも今年中に、高温超伝導電力ケーブルを入れる予定です。高温超伝導変圧器の場合は交流損失の問題、また効率のはっきりしたメリットが出ないため、研究開発に参加する企業がなかなか見つからず実用化には至りませんでした。高温超伝導限流機の場合は交流 154 kV 系統に入れる目的で研究開発を行っています。2016 年度には実系統での設置が可能になると思われます。高温超伝導回転機はまだ研究が続けられますが、実用化までに解決すべき問題点が少なくないと思われます。

高温超伝導線材は主に株式会社 SUNAM と韓国電気研究院で行われています。今までの実績は優れていて、世界でももっとも安い第二世代高温超伝導線材を世界に供給しています。その結果は DAPAS program から生まれたものであり、国からの資金投資が技術の産業化にいかにか重要かを示しています。2011 年 DAPAS program が終り、産業化した研究成果は高温超伝導電力ケーブルと第二世代高温超伝導線材であり、その他はまだ研究段階です。そもそも研究課題すべてを実用化につなげることは難しいのですが、1/3 の研究結果が産業化に近づいたという事は、かなり良い結果が出たと考えられます。

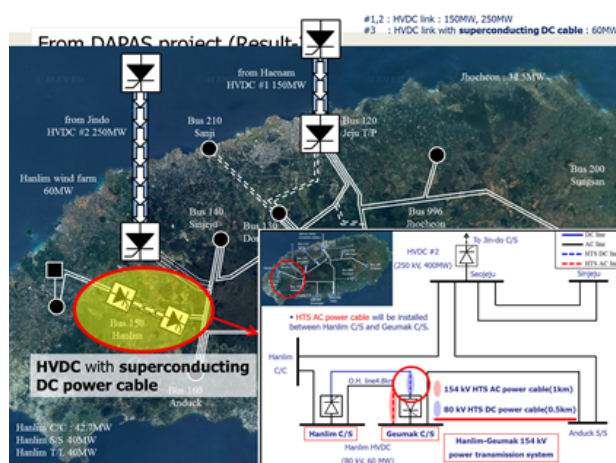
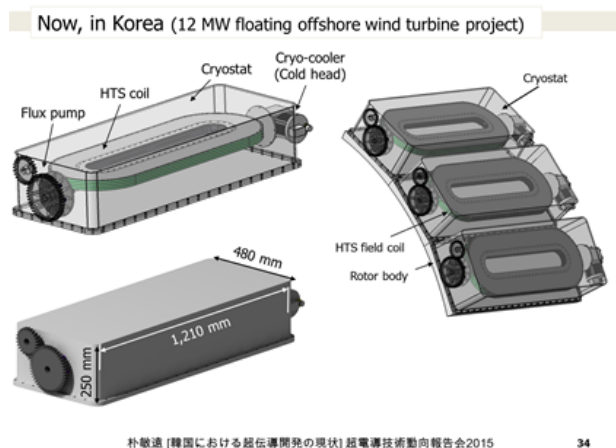


図 1 チェジュ島直流超電導ケーブル PJ



朴敬遠 [韓国における超伝導開発の現状] 超電導技術動向報告会2015

34

図 2 12 MW 風力用 超電導発電機

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

今年 2015 年、継続中のプログラムは交流 154 kV 系統連係高温超伝導電力ケーブル開発、1500 A 級直流 reactor 開発、12 MW 級高温超伝導風力発電機開発、また高温超伝導直流誘導加熱器開発で、線材では第二世代高温超伝導線材の開発と MgB_2 の線材開発開発が新しく始まりました。これには主に韓国電力など超伝導に関する興味が深い組織が、産業化を目指した企画プログラムを組み、開発資金を提供しています。(図 1、図 2)

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

特集：超電導技術動向報告会 2015

「日本における超電導応用機器研究開発の現状と展望」

東京大学大学院

新領域創成科学研究科 教授 大崎博之

超電導応用電力機器技術開発の中心となってきたのは NEDO のプロジェクトであり、これまでタービン発電機、SMES、フライホイール電力貯蔵、電力ケーブル、限流器、変圧器などの開発が行われてきた。高温超電導ケーブル実証プロジェクト（2007 年度～2013 年度）では、66 kV、200 MVA 級超電導ケーブル（長さ約 240 m）が東京電力・旭変電所に敷設され、1 年余りの実系統連系実証試験が行われた。2014 年度からは 3 年間の予定で、次世代送電システムの安全性・信頼性に係る実証研究が進行中である。また、Y 系線材を使った 275 kV 高電圧ケーブルの開発も行われ、長期通電試験が実施された。超電導限流器の開発と実証試験は、海外で精力的に進められてきたが、日本国内での開発状況は対照的である。

JST の ALCA プログラムの中で、液体水素冷却超電導機器と関連技術の研究開発が進められている。また、洋上風力発電用 10 MW 超級超電導風力発電機の開発は、大出力ダイレクトドライブ同期機の課題である低速、高トルク、大形を、超電導技術によって解決しようとするもので、2013、2014 年度には NEDO のプロジェクトとして FS が実施された。

超電導リニアは、2013 年夏から、設備更新・延伸工事が完了した 42.8 km の山梨実験線で営業線仕様車両による走行試験が再開され、2015 年 4 月 21 日に 603 km/h を記録し、世界最高速度を更新した。中央リニア新幹線の東京と名古屋間の営業運転は 2027 年の計画である。JST の S-イノベのプロジェクトとして進行中の、直流き電鉄道システムへの超電導直流ケーブル適用の研究は、き電電圧降下抑制、回生率向上、変電所容量低減等を図ることをねらっている。鉄道総合技術研究所の敷地内の試験線を使用した電車の駆動実験も行われた。

船舶推進用モータとしては、2013 年に川崎重工業が出力 3 MW の中型船舶向けの推進用超電導モータを開発した。電気自動車用の超電導モータの開発も京都大学を中心とする研究グループや住友電工などで進められている。

重粒子線がん治療は近年注目され、治療実績をあげてきている。最近、照射の位置決め時間の短縮や治療計画の向上を目的とする回転ガントリーの開発が行われた。NbTi 超電導磁石によって、回転ガントリーの小型・軽量化を実現して可能となった。経済産業省が 2013 年度からスタートした高温超電導コイル基盤技術開発プロジェクトは、医療用 MRI および医療用粒子線加速器システムに適用可能な高温超電導コイル技術等を開発する内容であるが、2015 年度は日本医療研究開発機構 (AMED) のプロジェクトとなり、1 年で終了予定となっている。

高温超電導技術は、機器応用という点で、わが国において実用化に至ったとはまだ言えない。高温超電導機器の高い基本性能を実証するとともに、システムの信頼性や保守性を検証し、経済性が見通しを示すことが必要である。そのためにも、低コスト高性能線材の安定な供給、コイル化技術やケーブル技術、回転機技術などの基盤技術の確立などが重要である。

[超電導 Web21 トップページ](#)

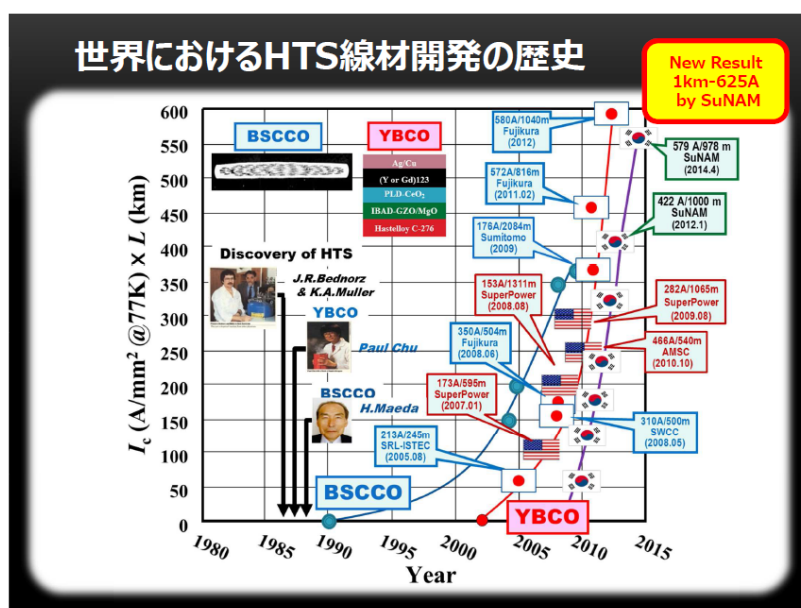
超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

特集：超電導技術動向報告会 2015

「日本における RE 系超電導線材開発の現状と今後」

公益財団法人 国際超電導産業技術研究センター
超電導工学研究所 副所長 和泉輝郎



RE 系超電導線材は、超電導特性や機械的特性等のポテンシャルの高さに対し、パワー応用を始めとする多くの応用への展開が期待されてきた。しかしながら、高特性を引き出すための作製方法は難易度が高く、Bi 系超電導線材に比べて開発が遅れていた。ところが国のプロジェクトにおいて、ISTEC、大学、線材メーカー等の連携によって本格的な開発が行われ、最近では販売が始められたため、これらを用いた機器開発も行われるまでに至っている。本報告では、これまでの日本における RE 系超電導線材の開発の歴史から最新の進捗、更には今後の開発の方向性について概説する。

RE 系超電導線材で高い特性を実現するためには、超電導膜の結晶軸を 3 軸で揃える必要がある。この配向性を実現するために中間層を配向させる技術としてフジクラで開発された IBAD 基板は、高い配向性を示し、現在でも世界の RE 系超電導線材の主流となっている。その後、配向性を促進する CeO_2 の自己配向化現象を ISTEC が発見し、同基板の発展に大きく貢献した。一方、超電導層の形成では、PLD 法、MOD 法、MOCVD 法等、現在でも複数の手法が採用され、それぞれの特長を活かした開発が進められている。

長尺化に関しては、2000 年頃から始まった日米の国家プロジェクトが世界を牽引し、 $I_c \times L$ 値を指標に 10 年間で飛躍的な進展を遂げた。その後、韓国の SuNAM 社が猛追し、現在では主要な線材メーカーは、日米韓が中心となっている。既に単長で 1000 m を越え、 I_c 値としても 500A/cm@77K, s.f. を超える線材も可能となっている。

一方で、機器仕様を満たすためには、磁場中での I_c 特性の向上や交流損失の低減など $I_c \times L$ 値以

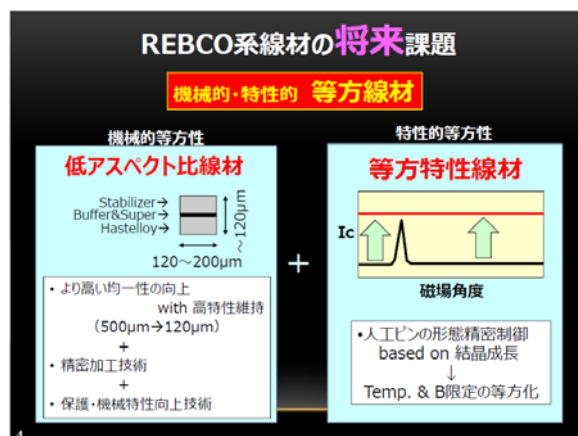
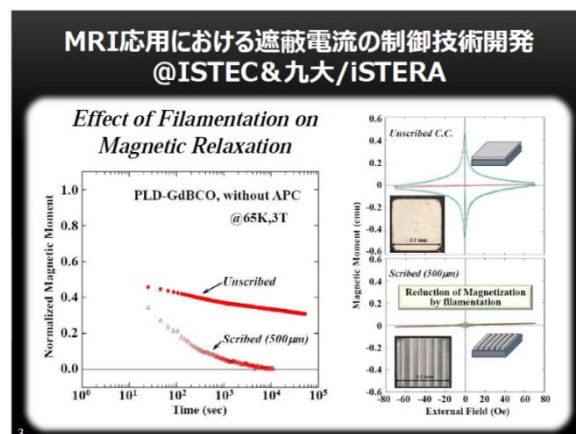
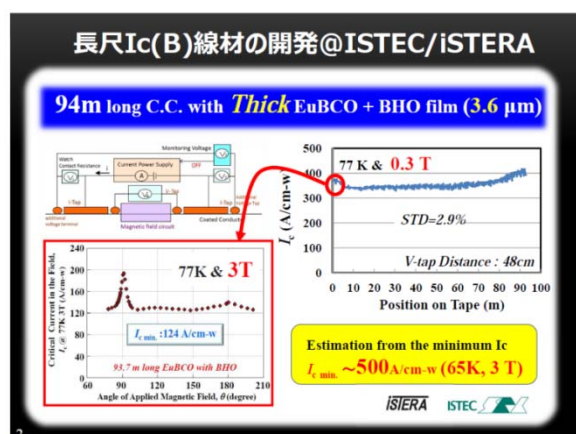
超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

外の機能向上が求められ、ここ数年ではイットリウム系超電導電力機器技術開発 PJ や、現行の高温超電導コイル基盤技術開発 PJ 等において盛んに開発が行われている。磁場中特性向上では、人工ピン止め点として BaHfO_3 が PLD 超電導膜に非常に有効であることが見いだされ、 $\text{EuBCO}+\text{BHO}$ 膜で非常に高い磁場特性（例：569A/cm 幅@65K, 3T B//c）を実現している。交流損失の低減に関しては、スクライビング技術の進展により世界で唯一、100 m(5 mmw) 長尺線材の 10 分割加工に成功し、コイル形状での交流損失も確認している。

これらの成果を受けて、最近では、送電ケーブル、変圧器などの電力応用に加えて MRI や重粒子線加速器、回転機等の機器開発が進められている。線材開発の観点から今後の課題を大別すると、①安定性向上（歩留まり、再現性等で低コスト化に直結する課題）、②性能向上（機器の競争力を確保するための磁場中特性や分割技術などの高性能化の課題）、③根源的課題（形状的、特性的異方性の改善、超電導/超電導接続等の Y 系超電導線材が根本的に抱える課題）となる。特に①、②に関しては先行して並行研究が必要であり、遅滞なく課題③の解決を図ることで飛躍的な応用分野の拡大が期待できると考えられる。

本報告の一部は、経済産業省、新エネルギー・産業技術総合開発機構及び日本医療研究開発機構の委託により実施した事業によって得られたものである。



[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

特集：超電導技術動向報告会 2015

「東芝における超電導応用機器開発の現状」

株式会社東芝 電力・社会システム技術開発センター
電気計装システム開発部超電導・加速器応用技術開発担当
グループ長 田崎賢司

高温超電導線材の特性向上が進む中で、東芝では当初から、伝導冷却方式での高温超電導機器を目指して開発を進めてきた。伝導冷却システムは、停電や故障などの原因で冷凍機が停止した場合に、その後の運転継続が困難などのデメリットはあるものの、装置の小型軽量化が可能、液体冷媒の供給が困難な僻地や新興国への導入が可能、冷却に関するオペレーションが簡便なこと（コンプレッサーのスイッチをオンするだけで冷却が可能）など、メリットは多い。伝導冷却システム実現のためには、超電導特性に劣化を生じさせない高温超電導コイル製造技術、コイルへの通電限界を定量的に予測する熱暴走解析技術が特に重要な技術開発項目であると考えている。東芝ではこれらの技術開発に注力して高温超電導機器開発に取り組んできた。伝導冷却システム実現のためには、コイル内部に確実な熱の流路を確保する必要があるため、樹脂含浸などターン間の隙間を埋める構造を持っていなければならない。我々はこの目的のために、エポキシ樹脂で含浸した高温超電導コイルの開発を行ってきた。ビスマス系コイルの場合には特に問題にならなかったが、イットリウム系コイルでは、臨界電流や n 値特性が大幅に劣化するという問題が発生した。この問題は国内外問わず大きく取り上げられ、各研究開発機関で研究が進められたが、我々も離形材をターン間に挿入するなど、イットリウム系線材に加わる剥離応力を低減する手段の導入で、劣化のないコイル製造技術を確立することが出来た。また、熱暴走解析についても、広い温度範囲で実験結果と解析結果が高い精度で一致する結果が得られ、ビスマス系、イットリウム系コイルいずれも伝導冷却方式の高温超電導機器を設計できる技術を確立した。これらの技術開発の成果をベースに、現在、JST 国プロで重粒子線がん治療装置の主リング加速器用高温超電導マグネットの開発、AMED 国プロで同じく重粒子線がん治療装置の回転ガントリー用高温超電導マグネットの開発および高磁場 MRI 用高温超電導マグネットの開発に取り組んでいる。これら 3 つのプロジェクトでは、それぞれ 2015 年度中にモデルマグネットの試作および評価を完了させる予定である。

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

特集：超電導技術動向報告会 2015

「ものづくり三菱電機 超電導製品化への挑戦」

三菱電機株式会社 技術顧問
山本俊二

1. はじめに

製造メーカーとして製品を世に送り出す場合、製品の種類を問わず、信頼性の確保が最優先の課題である。研究開発の視点で検討を進める場合、機能・性能がクローズアップされる。実用化との観点に立てば、機能・性能が如何なく発揮できる製品であるとともに、高い信頼性が確保されていることが、車の両輪として必要になる。

三菱電機では、10 事業本部が存在し、本稿で主に述べる電力機器・超電導機器のジャンルとは異なる多くの製品が存在する。宇宙衛星、エレベータ・エスカレータ、自動車用電装品、ファクトリーオートメーション機器、大電力半導体、水浄化装置、エアコンなど家電品、通信機器、等である。幅広いジャンルであるが、これら製品に共通しているアプローチが、製品信頼性の確保である。

2. 電力機器と超電導機器

超電導機器は、主に電力機器と同一の環境において進化している。つまり、変圧器、回転機、遮断器、原子力プラント、配電機器などの、高い信頼性を前提とする機器群を設計製造する部門において検討されている。電磁界解析の共通性、磁場応用装置としての共通性など、超電導機器が電力機器製造部門において推進される所以である。

3. ものづくりを支える技術群・技術者

超電導機器の機能・性能を具現化させる技術には、巻線、構造、絶縁、真空、電磁界解析、熱解析、強度解析など、様々な技術がある。性能・機能を実現するための背景となる技術としては、クライオスタット構造を上げることができる。

超電導マグネットが開発され始めた黎明期においては、ヘリウムという分子量の小さな物質を、確実に封じ込めるための技術が十分ではなく、スローリークと呼ばれる真空漏れが発生していた。現状では、このようなことはまず発生しない。長年の技術開発の中で製品信頼性に関する部分が、ごく当たり前に日常の中で確実に達成されている為である。

メーカーの責任として、信頼性を確保するための基礎技術力の醸成が確実に実施され、例えば耐真空構造の溶接とするために、ビートが揃った溶接を仕上げる溶接技術者を社内で養成している。

4. 超電導マグネットの実用化と大量生産

製品機種によっては、超電導マグネットが大量に使われる分野がある。例えば MRI や NMR の分野である。MRI 分野についていえば、現在世界には約 4 万台の MRI 診断装置があり、その大半が超電導マグネットの使用を前提としている。直流電流という、超電導の分野ではシンプルで信頼性の高い使い方ができる分野であり、かつ、磁場が高いほど診断画像が鮮明になるという、超電導の特徴が画像診断の特徴の助長につながる分野でもある。

MRI: Magnetic Resonance Imaging (磁気共鳴イメージング)

5. 超電導独特の課題の克服

超電導機器が一般に扱いにくいと考えられている背景のひとつは、超電導破壊現象、いわゆるクエン

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

チが発生するためである。

実用化を促進するためには、クエンチについて十分な対策をとることが必要である。技術面からいえば、クエンチが発生しない巻線技術などの開発が必要である。一方、クエンチを一方的に不具合と決めつけず、トレーニングクエンチのように、性能達成プロセスとの見方をとることも必要かもしれない。

三菱電機では、超電導分野を含め、更なる信頼性の向上、技術力への挑戦を目指していく。

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

特集：冷凍・冷熱技術

「スイッチ一つ、全自動化されたブレイトン冷凍機」

大陽日酸株式会社

開発・エンジニアリング本部 プロジェクト推進統括部 超電導プロジェクト
上森賢悦

超電導 [Web21-2015 年 6 月号特集記事](#)をご覧ください。

特集：冷凍・冷熱技術

「高性能冷凍機の開発」

株式会社前川製作所

副主任研究員 仲村直子

超電導 [Web21-2015 年 6 月号特集記事](#)をご覧ください。

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

特集：超電導技術動向報告会 2015

「古河における高温超電導応用技術開発」

古河電気工業株式会社

研究開発本部 情報通信・エネルギー研究所 主管研究員 向山晋一

1.1 超電導ケーブル開発

275 kV 高温超電導ケーブル (HTS ケーブル) は、発電所一個分に相当する 1.5 GW で、管路気中ケーブルや架空送電線並みの大容量送電が可能である。古河電工では、275 kV 3kA HTS ケーブルの開発を行い、中国の瀋陽市で 30 m の長期課通電試験を実施した。現在、275 kV 超電導ケーブルの実用化を目指して、安全性・信頼性の検証として、地絡・短絡事故時等の挙動の把握、それに対する安全性対策の検討を東京電力、住友電工、フジクラ、前川製作所と実施している。上記の交流超電導ケーブルの開発に加えて、鉄道用、データセンター用、産業用途を考えた直流超電導ケーブルの開発も行っている。



Fig.1. 275kV HTS ケーブル

1.2 次世代フライホイール用超電導磁気軸受の開発

超電導バルクと超電導コイルの組み合わせで、完全反磁性効果による反発力を利用した磁気軸受の開発を行った。この磁気軸受で 4 トンの CFRP のロータを浮上させることに成功しており、これを組み込んだ 300 kW フライホイールの実証試験の準備を、鉄道総研、クボテック、ミラプロ、山梨県企業局と共同で進めている。

1.3 10 MW 級風力発電用磁石の開発

将来の風力発電は、より大出力化が進むと考えられ、特に洋上風力においては 10 MW 超級の大型風力発電機が想定されている。超電導と鉄心の組み合わせで、洋上風力発電に適したダイレクトドライブ発電機が実現でき、軽量化やメンテナンス性の容易さが可能となる。基礎調査として、産総研、前川製作所と共同で超電導発電機的设计検討を行い、1 極分のレーストラックコイルを製作して、冷却通電試験に成功した。

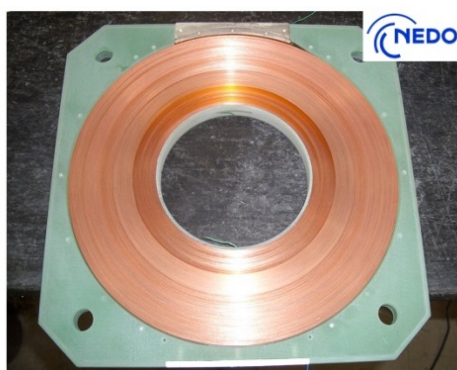


Fig.2 フライホイール用超電導コイル

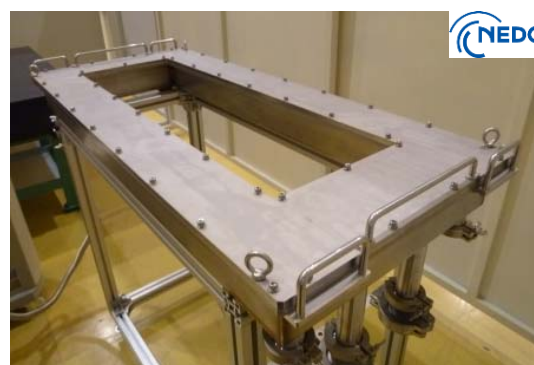


Fig.3. 10 MW 風力発電向けレーストラックコイル

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

2. 古河における超電導線材開発

これら高温超電導機器で用いられる REBCO 線材は、古河電工の子会社のスーパーパワー社で製造したものを用いた。この REBCO 線の特徴は、

1. 高い磁場中特性、
2. 製品品質、均一性
3. 高い機械的特性（引張、剥離）

である。特にピンを人工的に導入することで、低温、高磁場の臨界電流を飛躍的に向上でき、マグネット応用に適した線材とすることができる。現在、人工ピンとしては、 ZrO_2 のドーパ量を 15 % まで上げること成功し、磁場性能向上と安定した性能を実現できている。また、ハステロイ基板の適用と熱処理の最適化で、引張強度、剥離強度に強い REBCO 線材を実現できている。

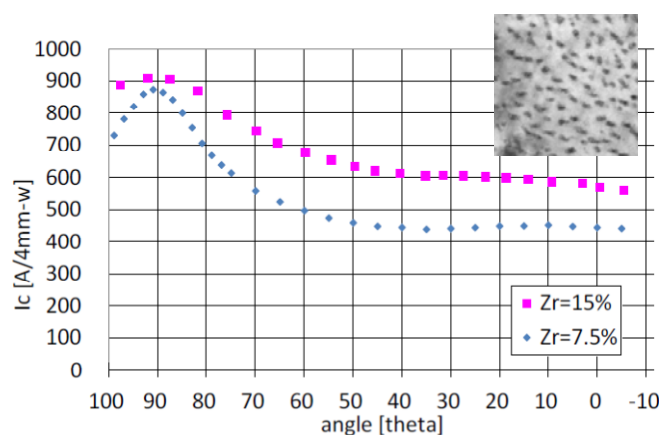


Fig.4 超電導体中のピン断面と I_c 向上のグラフ

本研究の一部は以下のプロジェクトで実施しました。

275 kV 超電導ケーブル：NEDO 委託事業「イットリウム系超電導電力機器技術開発」

(平成 20 年度～平成 24 年度)

安全性・信頼性検証：NEDO 助成事業「次世代送電システムの安全性・信頼性に係る実証研究」

(平成 26 年度～平成 28 年度)

次世代フライホイール：NEDO 助成事業「安全・低コスト大規模蓄電システム技術開発」

(平成 23 年度～平成 27 年度)

10 MW 超級風力発電用超電導磁石：NEDO 委託事業「10MW 超級風車の調査研究」

(平成 25 年度～平成 26 年度)

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

特集：超電導技術動向報告会 2015

「フジクラにおける RE 系線材の開発」

株式会社フジクラ

新規事業推進センター 超電導事業推進室 研究開発部長 飯島康裕

当社は早い時期から RE 系超電導体の高性能に着目し、NEDO プロジェクト内で一貫して気相蒸着法による線材開発を進めてきた。実用的でフレキシブルな配向基板として開発した IBAD 法中間層基板は最終的に 1 km 級の長尺高速プロセスとして完成し、超電導層についても、PLD 法を用いて蒸着領域全体を均熱炉方式で輻射加熱する設備（ホットウォール方式）により 300-500 m 長に於いて全長均一成膜を実現している。現在製造キャパ拡大のためロードロック機構を備えた大型のホットウォール方式製造装置のライン化により、1 km 長単長での製造を実現するべく検討を進めている。

PLD 法は高いエネルギーを持って蒸発する材料を高速で結晶成長させることから、微細な結晶欠陥が万遍なく粒内に分散する傾向があり、これが比較的磁束ピン力が大きくなる理由の一つと考えられる。とくにコイル設計上重要な低温領域における磁場中特性について高温域における測定結果と再現あるスケール則が維持されることから、長手方向の均一性が使用温度磁場領域に於いて充分期待し得るところがメリットとなっている。今後均一性・生産性共に高く保った薄膜の人工ピン線材を実現させることで、RE 系線材の課題であるコストダウンに繋がっていくことを期待しており、基礎的検討を進めている。

一方 RE 系線材は構造的に引き剥がし方向の力に弱く、コイル巻線時に樹脂含浸を行う際には何等かの形で樹脂と線材間で離型機能を持たせることが望ましい。2012 年にフジクラにおいて作製された 20 cm ϕ ボアの 5 T 級マグネットについては、総長 7.2 km の 10 mm 幅線材が用いられたが、機械剛性を保った形で含浸時に工夫を施しこれを実現しており、これまで 2 年間の稼働に於いて劣化等の問題は生じていない。本コイルで用いられた線材を含め、これまで安定化のための銅被覆については製造コストの低い半田による銅箔貼り合せ方式が市販されてきたが、より機械的信頼性高い線材として、銅メッキによる全周コート方式のほか、新たに銅箔で包みこむ構造を構成する銅フォーミング方式を開発しており、間もなく市販を開始する予定である。銅フォーミング構造線については、平角線特有の遮蔽電流低減対策として、生産性・信頼性高くスクライブ構造を導入する検討も進めている。

今後、RE123 線材が実用線として普及していくためには、km 以上の長尺化検討及び一層の価格の低減もさることながら、汎用性高いコイル巻線と長期信頼性確保の検討が不可欠であり、着実な基礎検討を進めて行くべきと考えられる。

超電導 Web21 トップページ

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

特集：超電導技術動向報告会 2015

「昭和電線における超電導線材と応用製品開発」

昭和電線ケーブルシステム株式会社

技術開発センター 超電導線材開発グループ グループ長 小泉 勉

当社は 1970 年以来、超電導線材ならびに応用製品の開発を行ってきた。1988 年の高温超電導体の発見より、高温超電導線材の開発にも着手しこれまでに至っている。現在は、低コスト化が期待される、イットリウム系超電導線材の開発を行っている。

当社のイットリウム系超電導線材は、国家プロジェクトである「超電導応用基盤技術研究開発」に参画し開発を進めており、当プロジェクトにおいて、500 m 級線材の作製に成功した実績を持つ。本線材については、Ni 基金属基板上に酸化物を高配向させた中間層を成膜した中間層付金属基板上に、TFA-MOD（トリフルオロ酢酸塩・有機酸塩塗布熱分解）法を用いてイットリウム系超電導線材を作製する方法を用いている。また、超電導体の結晶化には、当社オリジナルのバッチ式焼成法を用いている。また、上述の線材に加え、磁場中特性の向上を目的とした人工ピン止め点導入型イットリウム系超電導線材についても開発を行っており、本線材は、非超電導相である BaZrO_3 のナノ粒子を超電導層内に微細分散させたものである。これらのイットリウム系超電導線材については、中間層付基板を含め量産化に向け、体制を構築中である。

線材開発に加え、当社は超電導電流リードを超電導応用製品として開発・販売を行っている。当社はこれまでに、ビスマス系超電導バルク体を導体とした超電導電流リードの販売を行っており、1,000 本以上の実績を持つ。しかしながら、導体に焼結バルク体を用いていることから、衝撃に弱く、サイズアップが困難等の問題があった。上述の人工ピン止め点導入型超電導線材を超電導電流リードに応用することにより、安価でコンパクト、機械特性に優れた超電導電流リードの作製が可能となり、さらには、導体に人工ピン止め点導入型超電導線材を用いていることで、磁場環境下においても特性を維持する優れた超電導電流リードの開発に成功した。



図 1 開発した 500 A 級超電導電流リードの外観

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

特集：超電導技術動向報告会 2015

「DI-BSCCO 線と応用製品」

住友電気工業株式会社

超電導製品開発部 応用開発部 部長 加藤武志

ビスマス系高温超電導線材は、工業製品化を実現して以来、様々な応用製品にお使い頂いているが、更に適用範囲を広げるには引張強度の向上が望まれていた。今回、当社が開発した超高強度ビスマス系高温超電導線材 TypeHT-NX は、従来の高強度ビスマス系高温超電導線材と比較して、約 50-60 % の引張強度向上と 400 MPa を実現したことにより、従来の高強度線材では実現できなかった大きな電磁力を経験する 20 テスラを超えるような超高磁場領域や大口径マグネットへの応用が可能となった。従来品と比べて高い電流密度で運転可能なため、コイルの小型化が出来、各種装置類のコンパクト化が可能になるメリットもある。また、従来線材と比べて、許容両曲げ直径は約 30 % 低減を実現し、曲げ径が $\phi 40$ mm までのより小径のコイルが製作可能である。

線材タイプ	Type HT-NX
平均幅	4.5 ± 0.2 mm
平均厚み	0.31 ± 0.03 mm
許容引張張力(RT)	410 N [*]
許容引張強度(77K)	400 MPa [*]
許容引張歪(77K)	0.5 % [*]
許容両曲げ直径(RT)	40 mm [*]

応用製品として冷凍機伝導冷却型超電導マグネットシステムを紹介する。実績例を表にまとめたが、磁場は 10 テスラ、室温ボア径は $\phi 300$ mm の実績がある。これら磁場、室温ボア径は、超電導線材の引張強度にも律速されるが、上記の TypeHT-NX らの補強材を半田でラミネートした 3ply 線材を用いることで更に高強度、大口径のマグネットも製作できる。

マグネット実績例	MS 6T-70	MS 10T-100	MS 5.7T-150	MS 5T-300
磁場強度	± 6 T	± 10 T	± 5.7 T	± 5 T
室温ボア径	$\Phi 70$ mm	$\Phi 100$ mm	$\Phi 150$ mm	$\Phi 300$ mm
磁場励減磁速度	6T/30sec.	10T/10min.	5T/50sec.	5T/180sec.
運転電流	250A	250A	250A	250A
インダクタンス	1H	11H	5H	20H

実績例の中で MS 6T-70 については、特に磁気特性評価装置である、BH カーブトレサ、振動試料型磁力計 (VSM) などにより便利に使っていただけることを狙ったものである。特徴は、質量を 100 kg と従来システム本体の 1/4 まで軽量化、寸法も奥行 0.8 m、幅 0.3 m、高さ 0.3 m と 1/5 まで大幅に小型化し、従来システムで既に実現済の磁場励減磁速度 5T/30 秒から 6T/30 秒へと約 20 % 増加という更なる高速化である。また、コイル温度が許容温度に達しない範囲で、冷凍機を停止し、冷凍機からの振動の無い状態での励減磁や磁場ホールドも可能である。



伝導冷却型マグネット DI-BSCCO-MS 6T-70

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

特集：超電導技術動向報告会 2015

高感度磁気計測のインフラ応用

岡山大学大学院

自然科学研究科 教授 塚田啓二

戦後多くの国で高度成長を遂げ道路、鉄道、橋梁、空港、港湾などの交通施設や、エネルギー施設、化学プラントなど多くのインフラが整備されてきた。しかし、すでに半世紀以上もすぎたものもあり、その老朽化が目立ち始め、安全性の確保が社会的に問題になってきている。その健全性を診断する方法として、非破壊検査がある。非破壊検査には X 線、超音波などの他、渦電流探傷などの磁気計測がある。磁気計測は従来、交流磁場の表皮効果により深いところの情報が得られないため、表面探傷法として分類されてきた。これは、検出器として常伝導のサーチコイルを用いているため、周波数を高くする必要があったことが理由の一つとして挙げられる。最近、エレクトロデバイスの急速な発展により、直流から高感度に計測できる磁気センサが多く開発され、磁気抵抗素子(MR)やフラックスゲート、ホール素子、超伝導量子干渉素子(SQUID)などが実用化されている。しかし、これら磁気センサは実際の非破壊検査にはまだ使われてなく、特に SQUID に関しては、冷却系などの複雑さから非破壊には見向きもされてなかった。しかし、近年多くの磁気センサがデジタル応用からアナログ応用に向き始め、安価に供給でき、また SQUID も高温超伝導体により手軽に用いることができるようになってきた。今回、平成 26 年 10 月より SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) により、高感度な磁気センサとして MR や SQUID を用いて従来計測不可能であった深部の欠陥などを簡易に検査する磁気計測装置の研究開発をスタートした。岡山大学 (塚田研究室) が研究責任となり、HTS-SQUID のデバイスおよびシステムを ISTE (田辺所長)、電磁界シミュレーションによる計測方法の最適化を発電設備技術検査協会 (古川副所長)、超電導計測システムの最適化と逆問題を九州大学 (円福研究室) が担当して進めている。橋梁など鋼鉄製の構造物は非常に多く、荷重負荷による接合部および付近の亀裂や、風雨等により内部にたまった閉所構造体内部の腐食等が問題となっている。特に腐食においては外部から見えないため、非破壊で内部検査ができることが望まれている。また、亀裂においても内部に進展した傷の大きさや深さの情報を検査することが望まれている。このような内部深くの検査には、極低周波の印加磁場を対象物に与え、内部に発生した渦電流などの 2 次磁場の変化を高感度に捉える計測方法が必要となる。検知する方法として、磁気センサで直接計測する方法と、ピックアップコイルを用いて磁気センサに磁束を伝達する方法がある。ここで、ピックアップコイルとして従来の常伝導では非常に多くの巻数が必要とされるが、超電導線材を用いることにより抵抗を大幅に減らすことができ、特に低周波磁束に対して感度を得ることができる。SQUID 単体あるいは超電導ピックアップコイルとの組み合わせにより、橋梁の車が通る舗装面側から下部の桁や床板などに発生した亀裂、いわゆるリフトオフが非常に大きな検査対象に対して新たな非破壊検査が可能となるであろう。まだ研究開発を開始した段階であるが、これら新しい非破壊検査方法の研究開発プロジェクトの概要と期待される新しい検査情報について紹介する。

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

特集：超電導技術動向報告会 2015

「SQUID を用いた磁気探査技術の動向」

(公財) 国際超電導産業技術研究センター
超電導工学研究所 物性・デバイス研究部主管研究員 塚本 晃

1. はじめに

磁気探査とは物理探査法の一つであり、磁力を測定することで地下構造を調べる手法である。地下資源探査、遺跡調査や地雷や不発弾などの危険物探査への応用を目指し、高感度な SQUID を使用した磁気探査システムの開発が進められている。

2. 海外の動向

最近では、ドイツおよびオーストラリアで開発が進められている。ドイツではイエナのグループが最も精力的に開発を行っており、IPHT が研究開発を進め、ベンチャーの Supracon AG 社から磁気探査システムが販売されている¹⁾。地下資源探査用の電磁探査 (TEM) 装置はカナダで十台程度稼働しており、空中磁気探査のシステム (低温超電導 SQUID) では、資源メジャーの Anglo American とダイヤモンド探査等の PJ を進めている。また、車で牽引する地下表層部の磁気探査のシステム (低温超電導 SQUID) では、モンゴルの草原で遺跡の発見に成功している。オーストラリアでは CSIRO が開発し、探査会社にライセンス供与している。地下資源探査用 TEM システムの

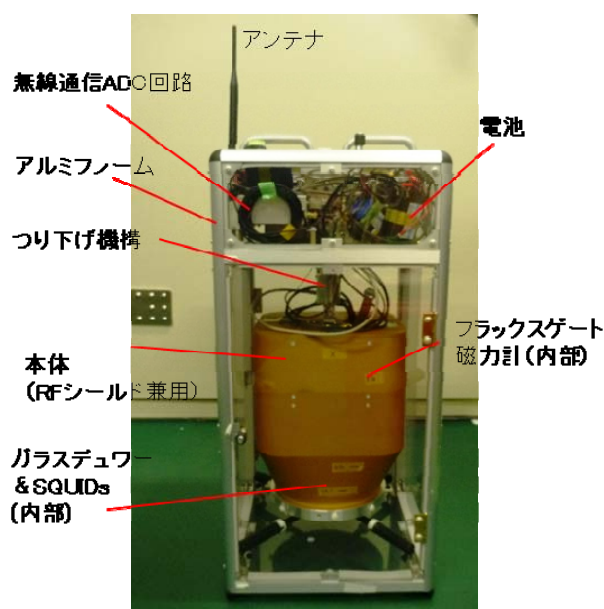


図1 試作した磁場偏差計の写真

他に海中の不発弾探査システムやフルテンソルグラジオメータなどの開発も進めている^{2),3)}。

3. 金属資源探査用磁場偏差計

地中の金属資源は地磁気により磁化されており、その誘導磁場は地磁気に重畳して地表で検出される。JOGMEC からの委託を受け、ISTEC では地磁気の局所的な変化を測定するため磁場偏差計の開発を進めている (図1)。装置は幅 35 cm 高さ 70 cm のケースに納められており、重量は 25 Kg で 2 名で運搬可能である。装置制御とデータ収録は無線を介してノート PC で行う。地磁気中でセンサー軸を一定に保つため、センサー部分はフレームからつり下げられており、重力方向に向くようになっている。センサーは大型の磁束トランス (ベースライン 20 mm) を結合させた薄膜グラジオメータを使用しており、2 つのセンサーで垂直磁場の接線方向の磁場

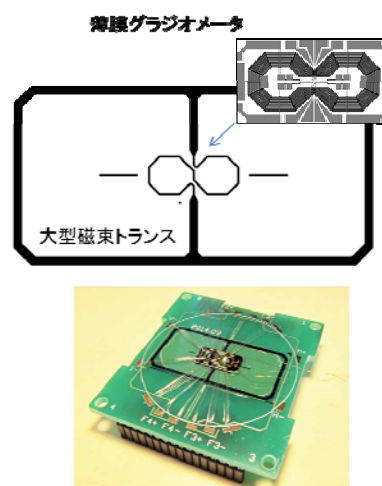


図2 使用したグラジオメータの構造と写真

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

偏差 (dBz/dx と dBz/dy) を同時に測定可能である (図 2)。磁束トランスを結合させることで磁場偏差感度は約一桁改善し、雑音レベルは 8 pT/m/Hz (10 Hz) であった。今年の 2 月に群馬県下仁田町にある中小坂鉄山跡⁴⁾で野外試験を行った。地質図に対応した位置で磁場の変化を検出することができたが、いくつかの課題が明かとなった。

謝辞 本研究の一部は経済産業省より資金を受けた資源探査プログラムの一部として、石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)の委託により実施したものである。

参考文献：

- 1) <http://www.supracon.com/en/geophysical.html>
- 2) <http://www.csiropedia.csiro.au/display/CSIROPedia/LANDTEM>
- 3) S. T. Keenan et al., Supercond. Sci. Technol. 23(2010) 025029.
- 4) <http://www.town.shimonita.lg.jp/kyouiku/m02/m06/01.html>

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

特集：超電導技術動向報告会 2015

「超電導国際標準化について」

住友電気工業株式会社
佐藤謙一・藤上純

1. 国際標準

IEC、ISO などで作成されるデジュール標準や業界団体などで作成されるフォーラム標準などは、最近一括して「コンセンサス標準」と呼ばれ、知的所有権の一部として注目されている。一時期注目を浴びたデファクト標準に比べて、1 社で決められないこと、コンセンサスの獲得に時間がかかること、特許技術を標準におりこむ際の制約などにより必ずしもその効果が認識されてこなかった。

最近の研究により、国際標準のメリットが解明され、主として二つのメリットがあることが明らかにされてきた。グローバルに企業活動を進めてゆく上で、特許による自社技術の権利確保と並んで、国際標準活動は①製品開発初期における国際的な市場拡大と②製品のビジネス拡大期におけるコストダウン獲得に対する有力な手段であるとの認識であり、今後の企業活動に欠かせない技術開発戦略の一つとなっている。国際標準は WTO「貿易の技術的障害に関する協定」で各国標準の基礎として用いられることを義務づけられている。

企業の立場からは、どの部分を標準化し、どの部分を知財も含めたビジネスモデルで非標準化するか、技術開発戦略としてそれぞれの企業での戦略が必要となる。

2. IEC/TC90 における超電導国際標準の活動

1906 年に設立され現在 59 カ国が正会員として加盟し、スイス・ジュネーブに本部を置く IEC (International Electrotechnical Commission、国際電気標準会議) では、1989 年に TC (Technical Committee、専門委員会) の 90 番目の組織として TC90 : Superconductivity を立ち上げた。TC90 では、日本が IEC の TC レベルでは初めて幹事国に就任し、日本を中心にして超電導に関わる世界標準を 22 件発行してきた。IEC 初代会長のケルビン卿の「If you cannot measure it, you cannot improve it」という言葉に表される特性測定方法と用語の定義から活動をスタートさせた。現在までの活動をまとめると、下記ようになる。

- 国際規格は製造者が作っている。日本からの数多くの提案で、IEC 規格を作成・発行した
- 新しい分野での国際標準化には 10 年程度の助走期間が必要
- Pre-standard 活動をしている機関との協力が有効(VAMAS*, CIGRE)
(*先進材料と標準におけるベルサイユサミットの合意)
- 将来の標準化の方向に対する関係者の合意形成の努力が必要
(国際標準化パネルを開催した)

超電導 Web21 トップページ

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

超電導関連 ‘15/7 月－8 月の催し物案内

6/28-7/2

Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference
(CEC-ICMC 2015)

Tucson, USA

<http://www.cec-icmc.org/>

7/6-9

International Superconductive Electronics Conference

Nagoya, Japan

<http://isec2015.org/>

7/22-24

第 21 回結晶工学スクール

大阪大学

<http://annex.jsap.or.jp/kessho/>

7/24

水素低温工学の研究最前線

神戸大学深江キャンパス

http://www.csj.or.jp/kansai/2015/2nd_0724.pdf

7/24-25

日本磁気学会 大型プロジェクトによる磁気・スピン新機能デバイス研究開発の最前線

日本大学駿河台キャンパス

http://www.magnetics.jp/event/research/topical_203/

7/27-31

Superconductivity on the Verge

Leiden Netherlands

<https://www.lorentzcenter.nl/lc/web/2015/692/info.php3?wsid=692&venue=Oort>

8/3-7

低温技術講習会「77K 小型冷凍機を作ろう」

つくば 物質・材料研究機構 桜地区

http://www.csj.or.jp/reitob/2015/summercamp_0803.pdf

8/5-6

医療用超伝導マグネットと超伝導材料

ヒルズサンピア山形

http://www.csj.or.jp/tohoku/2015/joint_0805_1.pdf

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

8/23-28

Materials & Mechanisms of Superconductivity M²S2015

Geneva, Switzerland

<http://www.m2s-2015.ch/>

8/26-28

低温工学基礎技術講習会

大阪市大および神戸大学

http://www.csj.or.jp/kansai/2015/31th_0826_1.pdf

8/27-28

極低温技術スクール「室温磁気冷凍の最先端、伝導冷却マグネット、強磁場、低温流体と計測技術」
明治大学 生田キャンパスおよび筑波大学

http://www.csj.or.jp/seminar/2015/10th_school_0827.pdf

8/31-9/3

Workshop on the two-dimensional chalcogenides: exotic electronic orders, superconductivity and magnetism

IFW Dresden

<https://www.ifw-dresden.de/index.php?id=3282>

10/14-16

International Workshop on Cooling-system for HTS applications

くにびきメッセ、松江

https://www.asi.kuee.kyoto-u.ac.jp/IWC-HTS/invited_speakers.html (Firefoxでご覧ください)

(編集局)

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

新聞ヘッドライン (5/20-6/19)

- 日刊工業新聞 東大 超電導体中におけるスピンホール効果の観測に成功 5/22
- 電気新聞 強い磁場でも超電導再現 原子力機構がウラン化合物で解明 デバイスなどに応用へ 5/29
- 日刊工業新聞 国際超電導産業技術研究センター、8 日に超伝導技術動向報告会 6/01
- 日刊工業新聞 東北大 原子数個からなる超薄膜で高温超電導を引き起こすことに成功 6/02
- 化学工業日報 電子材料 世界各地で実証を推進・超電導 6/02
- 朝日新聞 超伝導研究、「失敗」660 物質も一覧に 6/04
- 日経産業新聞 超電導、極薄の膜、鉄化合物、暑さ原子 3 個、東北大 6/05
- 日本経済新聞 最軽量の海底送電線 住友電工 設置コスト安く 欧州市場で初受注 300 億円 6/08
- 電気新聞 ISTEK が「超電導技術動向報告会」韓国での開発事例などを紹介 6/09
- 日経産業新聞 銅条事業再建 車向けに活路 古河電工 雪害で学習 販売体制見直す 6/10
- 科学新聞 原子レベルの超薄膜で高温超伝導を発現・制御 6/12

(編集局)

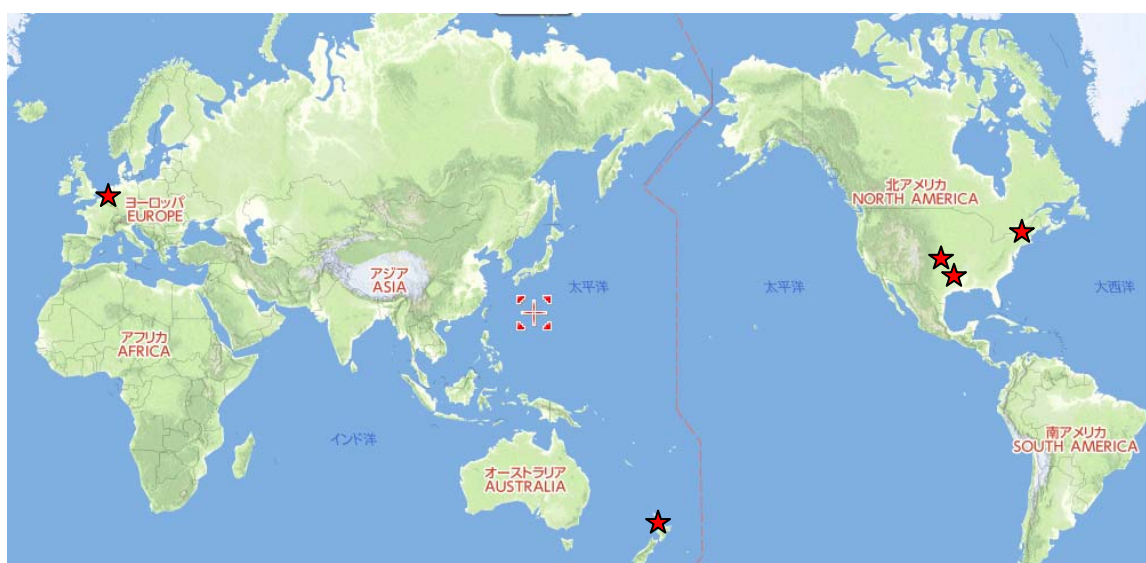
[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

世界の動き

公益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
特別研究員 山田 穰



★News sources and related areas in this issue

▶電力応用

AmpaCityのケーブル冷却システム

Messer Group (2015年4月14日)

産業ガス事業を専門とするMesser社は、RWE社（エネルギー供給会社）の“AmpaCity”プロジェクトで使用される超電導ケーブルを冷却する新しい液体窒素極低温冷凍技術を開発した。この技術は、スターリングエンジンを利用し、従来の冷却システムに比べて多くの利点がある。例えば、大気圧下で窒素を気化させ、 -209°C という温度に到達できるため、ケーブル仕様が容易に達成される。この温度では、冷却された窒素によって、AmpaCity 超電導ケーブルの熱が吸収され、ほぼゼロ損失で電力を輸送できる。しかし窒素は -210°C 以下では凍結してしまうので、これ以上の冷却は不可能である。

現在、“AmpaCity”はノルトライン・ヴェストファーレン州地方自治体とドイツ連邦経済・エネルギー省の取り組みであるKlimaExpo.NRWのプロジェクトの一つとして認定されている。そのパイロットプロジェクトの一部として、2014年4月にエッセンで試用された最長超電導ケーブルの試運転がある。超電導ケーブルでは、同じ断面のケーブルで5倍の電力量を比較的低電圧で輸送することができる。

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

エネルギー損失削減に加え、事業者と地域社会にとっては、コスト並びにスペース両方において節約に繋がることが期待される。

産業界におけるガス利用のスペシャリストMesser社のFriedhelm Herzog博士は、構築の安全性と操作上の信頼性という原則の下、使用した装置には厳しい対策手順を取らなければならなかったと語った。プラントの安全性において、液体窒素供給タンクは換気目的にも使用されるため、ケーブル損傷の場合には、液体窒素が制御されないまま外に漏出するのではなく、ケーブルからうまく流し出すことができる。プラントの安全性を担うこの経路指定システムは、特許を取得している。システムの信頼性のため、全てのポンプと重要な付属品には量的裕度を組み込んでおり、システム作動中にはメンテナンスを行うこともできる。

このプロジェクトは、メディア、政治家、そしてその分野の専門家の膨大な関心を引いている。

Source: "Minus 209 degrees Celsius: New cryogenic technology enables transmission of electricity almost lossless"(14 Apr, 2015)Press Release

http://www.messergroup.com/de/Presse/wpresse/150414_minus-209-grad-celsius_neue-kuehltechnologie-ermoeslicht-nahezu-verlustfreien-stromtransport/index.html

Contact: Diana Buss, Diana.buss@messergroup.com

HTS変圧器

Fabrum Solutions社 (2015年5月22日)

クライストチャーチのハイテクメーカーFabrum Solutions社は、環境に安全で優しく、さらに従来の変圧器に比べてエネルギー損失を低減する電力用HTS変圧器を開発した。

ビクトリア大学などが参加した業界屈指の共同研究では、特に非常に低温である場合、エネルギー損失が従来の変圧器に比べて実際に半分になることが証明された。それゆえ、安全性を掲げる米国企業からは既に関心の声が高まっている。Robinson InstituteでHTS変圧器を研究する科学者リーダーであるMike Staines氏は、「ニュージーランドでは、HTSやその他新技術における競争力が高まっている。」と述べている。

Fabrum Solutions社の専門は、クライオスタットの製造である。同社では、Callaghan Innovation設計の冷凍機を作るため、プロジェクトの事業化に取り組んでおり、7月1日にアリゾナ州ツーソンで開かれる低温工学学会で商業販売が開始される予定である。

Source: "FABRUM IN TRANSFORMERS DEAL"(22 May, 2015)Press Release

<http://www.fabrum-solutions.com/news-posts/fabrum-in-transformers-deal/>

Contact: info@company.com

▶産業応用

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

米海軍と消磁システムで\$8.5 million の契約

AMSC社 (2015年5月19日)

米海軍は、最大850万ドルに相当する契約をAMSC社と交わし、同社が"Ship Protection Systems"と称する独自の先進HTS消磁システムを利用した艦船防御システムを装備する予定である。消磁システムの構成部品は、船舶実装を対象とする他のアプリケーションにも適用可能である。

同社は、電源、船舶推進システム、そして防御装置等、多様なアプリケーションを介して、HTS技術の発展を図っている。同社の社長兼最高経営責任者Daniel P. McGahn氏は、「我々は長年にわたり、米海軍と共にこれらのシステム導入に力を注いできた。それゆえ、米海軍が艦船防御システム装置を購入する運びとなり、とても光栄に思っている。」と述べた。

Source: "AMSC Announces Contract From U.S. Navy for High Temperature Superconductor (HTS) Equipment"(19 May, 2015)Press Release

<http://ir.amsc.com/releases.cfm>

Contact: Kerry Farrell, Kerry.farrell@amsc.com

▶線材

ヒューストン大に超電導製造学科設置案

University of Houston (2015年5月8日)

ヒューストン大学(UH)は、高温超電導体の商業化を促進することを目的とした先進超電導製造研究部門(ASMI)の計画を進めようとしている。Energetics社は、この取り組みに参加する意向である。

米国には、先進製造プロセス研究拠点が5ヶ所あるものの、いずれも超電導技術に関連したものではない。現在の計画では、メインキャンパスの近くに業界主導の大学研究と関連するプロジェクトを収容させる予定であるが、その最終決定はコンソーシアムのメンバーが下すこととなる。

UH機械工学のAnderson Chair ProfessorであるVenkat Selvamanickam医学博士は、米国国立標準技術研究所(NIST)から50万ドルの計画助成金を受け、このプロジェクトでの主任研究員となる。この助成金は、米国で2013年に設立された超電導分野の先端製造に注力するNIST傘下の先端製造技術コンソーシアムが提供する2度目の資金の一部であった。

この助成金によって、産業界主導のコンソーシアムと共同でビジネスプランが開発できるだけでなく、現在の小量生産から完全商業化に至るまで、超電導体の製造を妨げてきた技術的な障壁対策に取り組むことができる。産業界、学界などの専門分野で構成されるコンソーシアムが、今後18ヶ月間以上にわたって新たに結成され、低コスト、大量生産、品質保証、そして信頼性実証試験を妨げる障害への対策を展開させる。

UHのチーフ・エネルギー・オフィサーであり、研究・技術移転担当副学長兼副総長であるRamanan Krishnamoorti氏は、「私は、低コストで高性能な超電導体が拡張性に富んだプロセスで製造されると

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

いう革命を期待している。」と述べた。

Source: "UH Launches Plans for Superconductor Manufacturing Institute"

(8 May, 2015) News Releases

<http://www.uh.edu/news-events/stories/2015/May/0508SuperconductorManufacturing>

Contact: Jeannie Kever, jekever@uh.edu

▶経営・決算

2015 第一4半期決算

Superconductor Technologies Inc (2015年5月12日)

Superconductor Technologies Inc.(STI)は、2015年3月28日に終了した四半期決算を報告した。

第1四半期中、STI社は顧客10件にConductus線材を出荷した（7件は既存顧客、3件は新規顧客、総顧客数34件）。そのうち6件は、線材特性及び性能をテストするステージ1評価の顧客で、4件は商用展開のためにさらに厳密なテストをするステージ2の顧客である。ステージ2顧客への出荷のうち1件は、超電導ケーブル実証プロジェクトを完成させようとしている顧客であった。

同社の2015年度第1四半期の純収益は、2014年度第4四半期の8.2万ドル、また2014年度第1四半期の38.9万ドルに比べ、5.5万ドルとなった。これら全期間の収益は、主にレガシーワイヤレス製品から来るものである。同社の現金及び現金同等物残高は、2015年3月28日時点で530万ドルであった。資本支出は、Conductus線材生産スイートが完了する2015年度にわたり、40万ドル未満になると見込んでいる。

STI社の社長兼最高経営責任者であるJeff Quiram氏は、「当社は、顧客認定プロセスを満たすことを目的とした顧客要求の対応に努めている。顧客からのフィードバックが、当社の今後の事業戦略を明確にし、我々が市場で積極的に超電導デバイスを展開する上で最高のポジションに位置している。」と述べた。Conductus線材生産システムでは、長尺線材の生産に必要な全成膜エリアで線材が生産され、認定テストを行う顧客への出荷に向けて、進捗を続けている。第2四半期では、既存のステージ2の資格を持つ顧客の注文が満たせるよう、生産能力を向上させる計画である。

Source: "Superconductor Technologies Reports 2015 First Quarter Results"(12 May, 2015)

Press Release

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=70847&p=irol-newsArticle_Print&ID=2046866

Contact: Cathy Mattison, invest@suprtech.com

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

IEA 国際超電導委員会 会議報告

公益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
特別研究員 山田 穰



写真 ハイドロケベック社の研究所(IREQ)

さる 5 月 25 日から 28 日、カナダ モントリオール市のハイドロ・ケベック電力公社 (Hydro-Québec) の中央研究所 (Hydro-Québec's research institute, 通称 IREQ) で掲題の委員会が開催された。委員会のメンバー9 か国から約 20 人程度が参加。ホストは、IREQ の Julian Cave 委員である (高温超電導発見当初からの研究者)。

討議内容は、IEA 国際超電導委員会の活動報告と開催国に関連した超電導開発の発表である。

議事内容

1. Hydro-Québec 社、IREQ 概要
2. 関連超電導研究内容紹介
(フロリダ高磁場研 Larbalestier 教授、Ecole Polytechnique Montreal の研究内容)
3. 施設見学 (モントリオール水力発電所)
4. 委員会活動内容 (ロードマップ、超電導関連本出版など国際的な超電導研究の促進活動)

以下、上記内容のトピックスを紹介する。

1. Hydro-Québec 社、IREQ 概要

ハイドロ・ケベック電力公社(Hydro-Québec)は政府による公益事業で 1944 年にケベック州政府により設立され (モントリオールが本社)、ケベック州全体に向けた発電、送電、配電事業を手がけている。図 1 は講演で示された同社の系統図である。ハイドロ・ケベックはカナダ最大規模の発電事業者であると同時に世界最大規模の水力発電事業者でもある。2011 年時点の発電所の総合発電能力は 35,829 メガワット(MW)であった。99 %が水力で、その値段は 7 ¢ /kwh と格段に安い。また、電力需要のピークは冬にあるので、夏には米国に、しかも高い値段で電力を売れるとのこと。日本にとってはうらやましい話である。従業員数は 23,659 人でこのうち技術者が 2,060 人でケベック州の企業で最多とのこと。

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612



図1 ハイドロケベック社の電力網(米国との国境に AC-DC-AC 変換装置があり、電力を輸出している)。直流系統もある。ウィキペディアから引用。

2. 関連超電導研究

研究所(1 ページの写真)は、モンリオール市郊外の広大な敷地の中にあり、発表会もここで行われた。北米で唯一の研究所をもった電力会社であり、年100億円程度が開発に投資されている。500人が従事しており、電力関連の開発を行っている。詳細は、以下を参考されたい。

<http://www.hydroquebec.com/innovation/en/institut-recherche.html>

超電導では、限流器、モータ、線材の研究を高温超電導発見の年あたりから行っていたが、最近は少し下火のようである。しかしながら、今回の案内役の Julian Cave 氏のグループは、モンリオール大学(Ecole Polytechnique Montreal)の超電導研究者とともに、コイル常電導伝搬速度向上線材、線材特性データマップなど有益な検討を行っている。

また、米国から Labalestier 教授(フロリダ高磁場研)の YBCO 高磁場コイルの最近の動向、STI 社(米国)の最近の線材開発動向(IBAD+RCE 法で年産 750 km。すでに 31 社と取引中)の紹介があった。Labalestier 教授は超電導、材料物性で名高い方であるが、最近 YBCO 線材での高磁場コイル作製にも熱心であり、ISTEC で開発した最初の GdBCO 高磁場コイル励磁試験の際にも多に興味を持って頂いた。

また、STI 社は AMSC や Superpower 社から大分遅れて、線材市場に参入したが、あつと言う間に

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

量産装置を立ち上げた。発表では、直径 2-3 m にもおよぶ巨大な真空蒸着チャンバーの写真を見せて、これでバッチ式で一度に数 km の線ができると誇示していた（現在年産 750 km. さらに 1-2 年程度で 10 倍以上にする予定）。

IREQ の多分野の研究紹介では、水力のタービンの羽根の研究があったが、それにより効率改善が進み、確実に大きな利益を同社にもたらしたとのことで、やはりこの種の研究が望まれていると感じた。他方、同研究所の屋外では、スマートグリッドを模した系統試験、解析のためのミニ系統試験設備があり、豊富で安価な電力を十分持つ会社であっても、こうした研究への投資は欠かさないようである。

3. 施設見学

見学では、モントリオール市近郊の小型の水力発電所を案内してもらい、潤沢な水量のセントローレンス川での発電の様子を間近に体験できた。メンテも確立しており、数十年単位で安定して、安価な電力が見込める地の利は非常にありがたいものであると、最近の日本に暮らす身としては感じた次第である。

4. 委員会活動

委員会活動は、委員の活動報告であり原則外部公開されないものであるが、高温超電導ロードマップや最近の開発情報収集については、今回、本委員会でも活発にその内容を議論し、一部外部公開される予定であるのでまとめ次第、別の機会に紹介したい。

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

低温工学・超電導学会報告

公益財団法人 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・パワー応用研究部
部長代理 主管研究員 町 敬人

産総研つくばセンター共用講堂で第 91 回 2015 年度春季低温工学超電導学会が開催された。全講演数は 195 件で、超電導応用に関する講演が約 1/3 を占めていた。会場は 4 つの平行セッションであったため全てを網羅することはできないので、主に超電導線材およびその応用についての報告を行う。

超電導線材に関する基礎的な報告としていくつかピックアップする。京都大学の土井らは、SUS316+配向 Cu<001>+Ni メッキという基板に導電性中間層を成膜することにより、安定化 Ag が不要になるという構造を提案し、作製結果を報告した。中間層として試みたのは導電性のある Nb ドープした SrTiO₃ (PLD 成膜、248 nm エキシマレーザー) であり、この中間層の特徴は 600~800 °C という広い温度範囲で 2 軸配向するため、プロセスウィンドウを広く取れることである。この中間層上に成膜した YBCO で 2.6 MA/cm² (2.9 mm 幅) の J_c が得られていた。九工大の堀出らは B//c 方向のブロードな J_c ピークを説明するために、vortex staircase モデルを提案した。磁場が結晶軸に対して斜めに印加されている場合には、磁束線は面内と面間を交互に階段を登るような経路を取ると考えるのが一般的であるが、それが角度を境として階段から外れてしまう角度があると考えて、それを accommodation angle (θ_{ac}) と定義した。 θ_{ac} で J_c(θ) をフィッティングすることでブロードなピークを再現できると主張していた。東大の元木らは、フッ素フリー MOD-Y123 に Cl を添加することで磁場中 J_c 特性を高める試みを行っていた。Cl ドープによって Ba₂432 酸塩化物が生成して J_c の角度依存性の等方化に効果があると考えていた。また Cl ドープでは Y247 型の積層欠陥の発生もみられた。

超電導線材の特性評価について、いくつかピックアップする。九州大学の東川らは、高磁場中でもテープスターのような高速の J_c 分布測定が可能な装置を開発し、その結果を報告した。ホール素子を用いたシステムは 77 K で 100 m/h 程度の速度で測定ができ、測定磁場範囲は 0.1 T から 2.0 T と、テープスターではセンサーが飽和してしまう領域でも評価を可能とした。同じく九州大学の井上らは、SHPM (磁気顕微鏡) と、断面像を得る事のできる X 線マイクロ CT を組み合わせることで欠陥部分を透視し、欠陥の発生原因を探った結果を報告した。X 線マイクロ CT は試料を回転させながら観察することで断面に再構築できる技術である。SHPM で欠陥が観られた部分を深さ方向に観察していくと、ハステロイ基板にまで到達しており、欠陥の原因がハステロイ基板であり、しかも周期的であることも判明した。名古屋大の宇佐美らは、ゴールダッカー型の機械強度測定装置を用いて、BHO ナノロッドが含まれる GdBCO 線材を測定し、BHO 添加により歪みが圧縮側にシフトし、BHO 添加量と歪みに相関があることから、ナノロッド周辺に大きな引っ張りの残留歪みがあるのではないかと推察していた。上智大の谷貝らは電極を兼ねた端部を可動とすることでエッジワイズとフラットワイズの両方を同時に試験できる装置を開発し、2 つの歪みが混在する場合の機械強度特性について評価した結果を報告した。フラットワイズ歪みを印加した上でエッジワイズ歪みを加えると、予想とは逆に中央部では圧縮歪みが緩和され、逆に中央部から離れた所では圧縮歪みが増大した。通常の固定端による測定では予想通りの振る舞いであったことから、2 つの歪みが複合することの効果ではないかと考えられる。

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

理研の回転ローラーを用いたスプリッティング線材について理研の金らおよび東工大の松田らによって進捗が報告された。Cu メッキされた 4 mm 幅 GdBCO 線材の分割数を 6 芯まで増やし、長さも 6 m まで到達していた。ローラーを押当てる方向は、超電導膜側よりもハステロイ側からの方のダメージが少なく、60 N の応力で I_c は 90 % 維持されるということであった。遮蔽電流への影響については磁化ヒステリシスの低減 (M-H 曲線) を指標にしているということであった。

Bi2223 線材の高強度化について、住友電工の菊地らから報告があった。これまで 250 MPa 程度であった引っ張り強度が Ni 合金を補強材料に用いることで Y 系線材の引っ張り強度 800 MPa に迫る 500 MPa (TYPE HT-NX) 以上にまで高めることに成功したということであった。

東北大の伊藤らは、分割型の超電導マグネットを作製するために着脱可能な機械的接合について報告した。面間に In を挟み接合を試みたもので、ボルト締めめの圧力は 70~130 MPa で、接合抵抗は 90 °C で最小となり、200~240 nΩ とハンダ付けよりも高い抵抗値となっていた。九州大の阿部らは、HTS パンケーキコイルと Cu 製のトロイダルコイルを組み合わせ、Cu コイルで交流を印加することによって遮蔽磁場を下げるというユニークな構造により Cu コイルの電流振幅が一定値を越えれば中心磁場が飽和することを検証した。明治大、上智大、京大、東工大、NIFS による電磁力平衡ヘリカルコイルの開発について、数件の報告があった。目標としているのは 1 MJ クラスの SMES 用超電導コイルで、ヘリカル型はソレノイドとトロイダルコイルの両方の特徴を持ったコイルである。ヘリカル巻線を行う試作機を作製し、線材にどのような歪みが発生するかについて研究を行っていた。上述の上智大の谷貝らの 2 つの歪みの同時印加装置もこの研究の一環として開発されたものである。東北大の津田らは、HTS コイルを使った非接触型の電力伝送システムの基礎検討について報告し、Bi2223 コイルを用いて 13 W までの電力の伝送に成功していた。交流損失のため Cu コイルと比べて低周波の方が効率がよいことが確認された。

医療用 HTS マグネットについて、高温超電導回転ガントリーマグネットについて東芝から、高磁場 MRI について東芝と早稲田大から、共通基盤技術について iSTERA (ISTEC、九大) からそれぞれ連番の講演があり、進捗状況が報告された。

全体を通して、コイル応用に関する研究報告が多く、様々な観点からの研究がそれぞれ実を結ぶのではないかという期待を抱かせるような会議であった。

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

特集 : ISS2014/ISS-IEA Joint セッション報告 (その 4 - 最優秀賞)

「Removal of iron scale with superconducting magnet high gradient magnetic separation from feed-water in thermal power plant, including future energy society and my research work」

大阪大学
柴谷沙織

図 1 は世界の各電源の発電量の見通しである¹⁾。この図からわかるように、世界の発電量は増加する見通しで、2035 年には電源の 66 % が化石燃料になると予想されている。これに伴い、CO₂ 排出量は将来的に大幅に増加すると危惧される。

発電にかかる CO₂ の排出を削減する方法はいくつか考えられる。1 つは再生可能エネルギーの割合を増加させることである。しかし再生可能エネルギーはエネルギー密度が低く、発電コストが高い、発電量が不安定であるといったデメリットも存在するため、再生可能エネルギーの普及には時間を要すると思われる。もう 1 つは原子力発電の割合を増加させることである。原子力発電は発電にかかる直接的な CO₂ 排出がない、エネルギー密度が高い、発電コストが比較的低いといったメリットをもつ。しかしそれには核燃料を使用するというリスクを伴うため、国民の理解を得ることは困難であると考えられる。

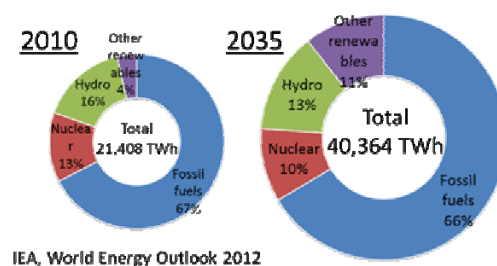


図 1 世界の発電量の見通し

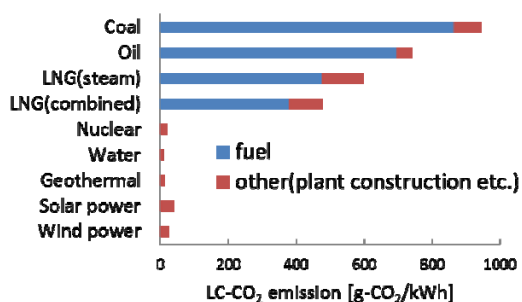


図 2 LC-CO₂ 排出量

そこで、新たな CO₂ 排出削減方法として、私の研究である超電導磁石を利用した火力発電所の効率向上について紹介する。図 2 は各電源の CO₂ 排出量を表している²⁾。火力発電は単位発電量当たりの CO₂ 排出量が最も大きく、これを削減することの効果は大きい。火力発電所の効率を低下させている主な要因のひとつは、給水系の配管に付着したスケールである。スケールは配管腐食生成物等の酸化鉄が主成分であり、熱伝導率は配管の約 10 % である。そのため配管にスケールが付着することで熱交換効率の

低下や圧力損失の増加が起こる。このスケールを 20 μm 除去することで CO₂ 排出量を約 1 % 削減可能であると試算されている³⁾。そこで私はこのスケールを除去することによる火力発電所の効率向上を検討した。

スケールは火力発電所の給水系の配管内において、配管の腐食により溶出した鉄イオンが酸化物や水酸化物として析出することによって発生する。給水系の低温部（復水器～低圧給水加熱器）におけるスケールの主成分は粒径が小さく常磁性のオキシ水酸化鉄であり、高温部（脱気器～ボイラー入口）におけるスケールの主成分は粒径が大きく強磁性のマグネタイトである。また、スケールの生成量は低温部より高温部のほうが大きい。これらの理由から、高温部でのスケール除去が効果

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

的であるといえる。本手法は高温高压条件で利用可能であること、また既存の発電所に適用することが可能であるため短期間で導入でき、導入にかかるコストも小さいことが長所として挙げられる。

図 3 は実験装置の概略図である。火力発電所の高温部を想定した高温高压条件 (200 °C, 20 気圧) で HGMS 実験を行った。分離対象物質として模擬スケール(Fe_3O_4 80 wt%, Fe_2O_3 20 wt%)を用いた。圧力容器 A の模擬スケール懸濁液はポンプによってソレノイド型超電導磁石のボア内に設置された磁気分離フィルターを通り、圧力容器 B に回収される仕組みになっている。磁気分離層を通過した後、圧力容器 B に回収された試料の模擬スケールの濃度を測定し、分離率を算出した。

模擬スケールの分離率は、磁場 2 T において 98 % となった。高温高压条件下において、懸濁液中から模擬スケールを除去することに成功した。この結果、超電導磁石を用いることで高温高压条件下での HGMS によるスケール除去は可能であることが示された。また、火力発電所の効率が HGMS によって向上される可能性が示された。

この技術が実現すると、火力発電所からの CO_2 排出量と発電のための燃料が削減され、火力発電による環境負荷が低減される。上述したように発電によって排出される CO_2 のほとんどが火力発電由来のものであるため、火力発電所からの CO_2 排出量を削減することの効果は大きい。

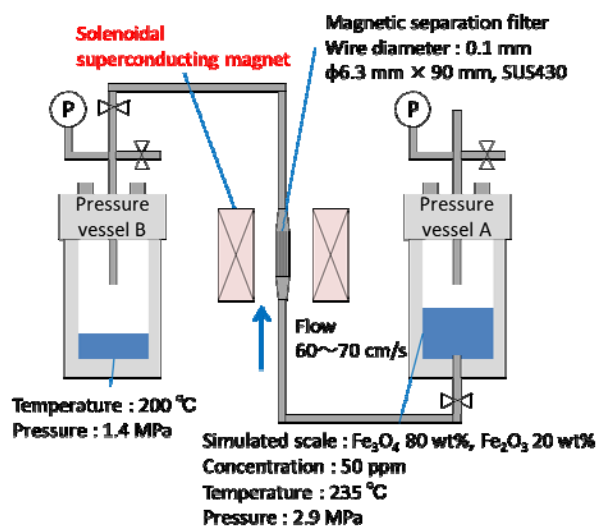


図 3 HGMS 実験装置の概念図

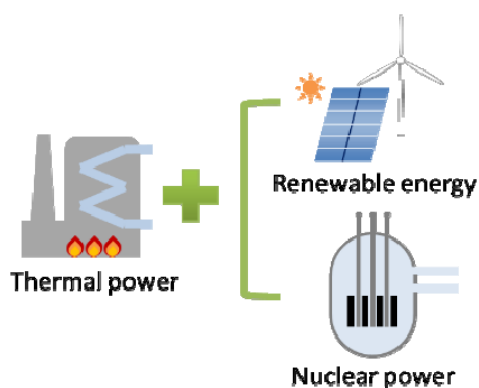


図 4 エネルギー供給の概念図

ここまでは CO_2 排出量に焦点を当ててきたが、将来のエネルギー供給構造を考える際には、安全性、経済性、安定供給、環境負荷低減について考慮する必要がある。そこで私は、火力発電と他の電源を組み合わせる利用することが重要であると考え (図 4)。再生可能エネルギーは、出力の調節機能を果たす火力発電と組み合わせることで、分散型電源として利用できる。また原子力発電と火力発電を組み合わせることで、エネルギーの安定供給につながる。このように、将来のエネルギー供給構造はエネルギーのベストミックスを目指すべきであると考え。火力発電所の効率向上のための超電導磁石を用いた磁気分離法によるスケール除去は、エネルギーのベストミックスの達成のために非常に重要な役割を果たす、将来のエネルギー供給を見据えた研究である。

後日、本研究に関連する施設として国立研究開発法人物質・材料研究機構(National Institute for Materials Science, NIMS)を訪問した。様々な仕様の超電導磁石をはじめ、水冷銅磁石やハイブリッド磁石、NMR などを見学させていただいた。超電導磁石と水冷銅磁石を組み合わせたハイブリッド磁石 (図 5) は、最大磁束密度 37 T という非常に強力な磁場を発生可能で、磁気分離に用いた場合には強磁性体や常磁性体のみならず反磁性体の分離も可能であると考えられる。例えば生体材料

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

あるいは DNA など分離する可能性もあり、医療分野での応用も可能ではないかと思われる。現時点ではアメリカの 45 T が発生可能な静磁場の最大値であるそうだが、それを超える静磁場を発生できる超電導材料を開発しようと試みているというお話を伺った。私自身はこれまで超電導のアプリケーションにのみ携わってきたので、材料研究の話は初めて耳にする内容が多く新鮮だった。また、NIMS の磁界実験棟においてボア径 40 cm のソレノイド型超電導磁石も拝見した。私たちの研究においては、実験ではボア径 10 cm のソレノイド型超電導磁石を使用しているが、実際に火力発電所の給水系の配管で使用することを想定すると、ボア径 40 cm 程度は必要であると考えられる。今回は実際にその規模の超電導磁石を見ることができ、その大きさから予想されるスケール除去装置の規模を体感することができた。



図 5 NIMS のハイブリッド磁石

参考文献：

- 1) IEA, World Energy Outlook 2012
- 2) 電力中央研究所, 日本の発電技術のライフサイクル CO₂ 排出量評価, 2010
- 3) H.Okada (private communication)

謝辞

国立研究開発法人物質・材料研究機構の見学にあたり、ご多忙の中研究所の案内をしてくださった岡田英彦様、廣田憲之様に感謝いたします。

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

研究室紹介

「青山学院大学 理工学部 物理・数理学科 下山研究室」

研究室メンバー

スタッフ：教授 下山淳一

学生：博士課程 3 名、修士課程 5 名、学部 4 年生 4 名

(大学院生は東京大学 大学院 工学系研究科 応用化学専攻所属)

この 4 月に下山（筆者）が東大から異動して空気も景色も建物もベターな相模原に新しくオープンした研究室です。まだ研究室の立ち上げ半ばで、研究活動を加速中、東大の院生も移動中、夏休み明けまでにほぼフル稼働の状態にする予定です。とはいえ、今夜も 10 台以上の電気炉が稼働しているなど比較的速やかに立ち上がっています。これには、同スペースを使われていた秋光純先生のご厚意で遺していただいた装置類、器具類などが大いに役立っています。この場を借りてあらためて感謝申し上げます。

研究室の主な研究課題は筆者が 30 年以上携わってきた機能性酸化物、特に酸化物超伝導体に関するもので、新超伝導体探索や基礎物性評価から新規材料創製、材料特性改善まで、幅広く取り組んでいます。研究の背景には固体化学があり、なかでも欠陥化学に関わる知識や経験を生かして、独自の手法による物質合成、材料作製を進めています。以下は今年度実施している研究題材の一部です。

- RE123 材料の高臨界電流特性化（溶融凝固バルク、焼結体、薄膜）
- Bi2223 材料の高 T_c 化、高 I_c 化（銀シース線材、焼結体）
- MgB₂ 材料へのピンニングセンターの導入（バルク、線材）
- RE247 の超伝導特性の改善と材料化の検討（焼結体）

RE123 薄膜、MgB₂ を除いて、全て金属組成を制御するための適度な高温、酸素分圧下でのポストアニール過程が臨界電流特性の改善に非常に重要なプロセスであることがわかってきています。興味深いのは不定比金属組成制御の効果が超伝導体の結晶内の性質だけでなく粒界特性にも影響することで、銅酸化物超伝導体の奥深さを感じています。相生成条件が狭くマイナーな物質であった RE247 については最近、非常に簡便な合成方法を見出し、本系の超伝導特性を見極め、また改善していく研究が可能になりました。RE123 薄膜はフッ素フリーの MOD 法で作製しており、Cl 添加によるエピ成長促進、ピンニングセンターの導入効果の最適化に取り組んでいます。以上の研究の多くは企業、大学、研究所との共同研究で進めているもので、研究室外の方々との交流が頻繁で、学生には良い経験となっています。このほか、新超伝導体探索や、 T_c の最高記録を狙うような試みも行っています。

写真は、筆者が 18 年にわたって愛用している高温微重量熱天秤装置で、これまで各種相図の作成だけでなく、重量を精密に測りながら合成や高温反応ができることから新超伝導体開発やポストアニール条件の最適化に活躍してきました。



高温微重量熱天秤装置

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

こちらに移設後も順調に動いており、今後もこの装置を使った実験からどんな成果、ヒント、発想が生まれてくるか楽しみです。

さて、超電導コミュニケーションズ (SUPERCOR) の刊行作業が今春一度停止しましたが、7 月早々に再開します。こちらの情報誌も皆様、応援してください。

青山学院大学 理工学部 物理・数理学科 下山研究室
<http://www.agnes.aoyama.ac.jp/phys/faculty/shimoyama.html>

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

読者の広場

Q&A

Q:「中国で超電導ケーブルを製造されると聞きました。どんな計画で、どこで使うことをイメージされているのでしょうか？」

A: 昭和電線ケーブルシステム（以下昭和電線と称する）は 2014 年 5 月 13 日付で「イットリウム系高温超電導ケーブルを開発、中国天津市の実証試験で中国富通集団と基本合意締結」と題して発表しました。この件に関するご質問と判断して回答致します。

昭和電線は 1999 年より独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)における超電導応用基盤技術研究開発に参画、TFA-MOD 法による長尺イットリウム系超電導線材の製造技術を確立しました。超電導 Web21 (2014 年 10 月 1 日号) の記事にもあるように公益財団法人国際超電導産業技術センター(ISTEC)と共同で「ナノ組織制御及び人工欠陥導入次世代線材」を開発し、世界最高磁場中臨界電流達成や世界初電流リードの製品化はご記憶に新しいかと思います。

一連のイットリウム系超電導線材の開発を続ける中、線材応用の一環として昭和電線内部で超電導ケーブルと終端の開発に着手、一定の目処が立ちました。この成果を受けて昭和電線は、中華人民共和国浙江省富陽市に本拠を置く富通集団との間で超電導ケーブルの実証試験を共同で実施する事で基本合意契約を締結しました。実証試験は天津市の郊外、天津空港近傍の工業団地（天津市濱海新区濱海科技园）に建設中の富通集団工場敷地内で実施します。超電導ケーブルは工場敷地内の変電所に引き込まれる 35 kV 送電網に切替所を設け、其処に割り入れる形で長期実証試験を実施します。実証試験を行う超電導ケーブルの最終規模は送電容量 70 MW 級、全長 200 m、第 1 期の工事として 2015 年に 100 m を敷設を行い、試験に入る予定です。昭和電線が製造する超電導線材と終端接続部を使用して実施します。中国国内における超電導ケーブルの実証試験は、ビスマス系超電導線を使った三相交流 35kV/2kA で 33.5 m のケーブルが雲南省昆明市の変電所で中国南方電網により実施された事がありますが、イットリウム系超電導線材を用いた実証線路は今回の試験が初めてとなり、官学含め注目されています。中国では環境に優しい技術として超電導技術への期待が大きく、昭和電線は市場性の高い中国で省エネ性と実用性の基本的知見を得る事により、今後の事業展開の一助とする考えです。

回答者：昭和電線ケーブルシステム株式会社

技術開発センター 超電導線材開発グループ グループ長 小泉 勉 様

[超電導 Web21 トップページ](#)