

# 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：

#### ○ISS 開催速報

○超電導関連 2015 年 12 月 - 1 月の催し物案内

○新聞ヘッドライン (10/20-11/19)

○「世界の動き」

○標準化活動「超電導用語の国際規格の発行」

○標準化活動「REBCO 実用超電導線の室温引張試験方法」

○会議報告：International Workshop on Cooling-system for HTS Applications 2015 (IWC-HTS 2015)

○隔月連載記事 IEA-HTS-IA and ISS Joint Session（その 6）

○研究室紹介 新潟大学大学院自然科学研究科電気情報工学専攻 岡徹雄研究室

○読者の広場 「高温超電導が発見された当時から高温超電導を利用した SQUID の研究が行われてきましたし、応用もされてきましたが、最近、新たに SQUID 応用に動きが出てきているように思います。どうしてなのでしょう？」

[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 Fax 044-850-1613

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、公益財団法人 JKA 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 28 回国際超電導シンポジウム (ISS2015)開催速報

公益財団法人・超電導産業研究センター  
普及啓発国際部長 岡崎 徹

(公財) 国際超電導産業技術研究センター(ISTEC)は、平成 27 年 11 月 16 日(月)～18 日(水)の 3 日間、タワーホール船堀(東京都江戸川区)にて国際超電導シンポジウム(ISS2015)を開催した。ISS は国内外の超電導に関する研究や技術開発の成果発表と国際交流を通して、超電導産業技術の開発と実用化の促進、一般社会への普及・啓蒙を図ることを目的に毎年開催しており、今年で 28 回目を迎えた。今回は、海外参加 105 名を含め総参加者 454 名となり、昨年より 20 名増加した。参加国 15 カ国である。発表は招待講演者 60 名(昨年度 50 名)を含め口頭講演 129 件、ポスター講演 160 件の合計 289 件で合計数は前年度から大きく減少したが、口頭講演数は 9 件増加した。特にポスター発表が減っている。聴講者を含めた参加者数は昨年度より増加したため、来年以降の発表数回復に期待される。

講演の論文は査読を経た後、Physics Procedia 若しくは special issue of Physica C(共に Elsevier)に掲載される予定である。また、5 企業・団体による超電導関連材料と製品、技術の展示会も同時開催された。

特別基調講演は 2 件行われ、最初に SuNAM 社の Dr.Moon が Korea's Superconducting Wire Technology の題名で講演を行い、次にプログラム委員長でもある内田東京大学名誉教授が Road to Higher  $T_c$  Superconductivity を講演した。昼からの基調講演 4 件はマックスプランク研究所の Drozdov 博士より Conventional Superconductivity at 203 K at High Pressures、D-Wave システム社の Lanting 博士より Overview of Quantum Annealing Processors、九州大学の岩熊教授より AC & DC Applications of REBCO Superconducting Tapes、最後に RSE の Martini 博士より HTS Applications in the Power Sector: Present and Future Challenges の講演であった。今年度からは初日に線材・テープ/特性評価とシステム応用及び大型システム応用のポスターセッションを行った。

2 日目、3 日目は、物理・化学/磁束物理、線材・テープ/特性評価、薄膜・デバイス、システム応用及び大型システム応用の 4 分野に別れての口頭発表と、物理・化学/磁束物理と薄膜・デバイスのポスターセッションが開催され、関係する報告と討議がなされた。

昨年から開始された IEA とのジョイントセッションも実施された。若手研究者の育成を目的としており、35 歳以下の研究者が自身の研究テーマと将来のエネルギーシステムに関する期待、自身の関わり方などが報告された。英・中・日からの参加があった。

なお、今年度も昨年度に引き続き韓国の選抜中学生 15 名 3 グループによる特別ポスター発表が指導教官の下で行われた。大人顔負けの英語力で、是非とも発表を聞いてほしい、という熱意が感じられてほほえましかった。

3 日目午後のクロージングでは各分科会で行われた内容を総括して報告され、最後に ISS2015 運営委員長の清川寛 ISTEC 専務理事から閉会スピーチがあり、来年も ISS が同じ時期、東京にて開催されることが述べられた。

# 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



開会挨拶 組織委員長



Moon 博士による講演



オールラセッションでの質問時間



ポスターセッション



韓国中学生



企業展示会風景

# 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-ISS ジョイントセッションの参加者

[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 ‘15/11 月－12 月の催し物案内

### 12/1

2015 年度第 4 回材料研究会

京都大学吉田キャンパス 11 号館 114 号室

[http://csj.or.jp/materials/2015/4th\\_1201.pdf](http://csj.or.jp/materials/2015/4th_1201.pdf)

### 12/2-4

第 92 回 低温工学・超電導学会研究発表会

姫路商工会議所

<http://csj.or.jp/conference/2015a/index.html>

### 12/5

低温工学・超電導学会 第 5 回市民公開講座

バンドー神戸青少年科学館

[http://csj.or.jp/conference/2015a/2015a\\_public\\_lecture.pdf](http://csj.or.jp/conference/2015a/2015a_public_lecture.pdf)

### 12/5

第 18 回スターリングサイクルシンポジウム

東京農工大学 140 周年記念会館

<http://www.jsme.or.jp/event/detail.php?id=3659>

### 12/10

第 6 回冷凍部会例会/エネルギー・環境問題と低温技術

川崎重工業 新東京本社

[http://csj.or.jp/reitob/2015/6th\\_1210.pdf](http://csj.or.jp/reitob/2015/6th_1210.pdf)

### 12/11

低温工学・超伝導若手合同講演会

大阪駅前第 2 ビル 6 階 大セミナー室

[http://csj.or.jp/kansai/2015/13th\\_1211.pdf](http://csj.or.jp/kansai/2015/13th_1211.pdf)

### 1/6

核融合原型炉に向けた課題と展望

東京・日本化学会 化学会館

<http://www.sntt.or.jp/~fsst/20160106.html>

### 1/24-26

「室温超伝導体を目指す物質調査」

山形県蔵王センタープラザ

[http://csj.or.jp/communication/2015/SIS\\_0124.pdf](http://csj.or.jp/communication/2015/SIS_0124.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

---

**1/29**

発電用電子・磁気材料の現状と今後の展望

中央大学駿河台記念館

[http://www.magnetics.jp/event/research/topical\\_206/](http://www.magnetics.jp/event/research/topical_206/)

[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 (10/20-11/19)

- 日経産業新聞 超電導材料の表面、特殊な電子状態に、東大など発見 10/21
- 日本経済新聞 超伝導送電、実証事業へ、経産省・東電など 10/22
- 科学新聞 鉄系高温超伝導の磁石化に成功 10/23
- 日刊工業新聞 鉄系超伝導体、磁石材料へ追うよう進む-「はしご型」で磁気特性、多結晶バルク使用 10/26
- 産経新聞朝刊 実用化近づく「超電導」 損失のない送電実験成功 11/02
- 日刊工業新聞 News ウェーブ 21 東工大 銅酸化物超電導体の電気の流れをレーザー光で「オフ・オン」することに成功 11/03
- 日本経済新聞 電子版セクション 夢の超電導で送電ロス半減 東電、25 年実用化へ 11/03
- 鉄鋼新聞 昭和電線ケーブルシステム 超電導線材 3 倍に増強  
実証プロに対応、実用化加速 11/09
- 日本経済新聞 米、リニア事業化調査へ JR 東海の技術導入を計画 年内にも着手 補助金 34 億円 11/09
- 朝日新聞朝刊 零下 70 度で超伝導 ドライアイスで冷やせる温度 阪大など上限を大幅更新 11/11
- 日経産業新聞 超電導オン・オフ転換 東工大 低消費電力メモリーに道 11/12

(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

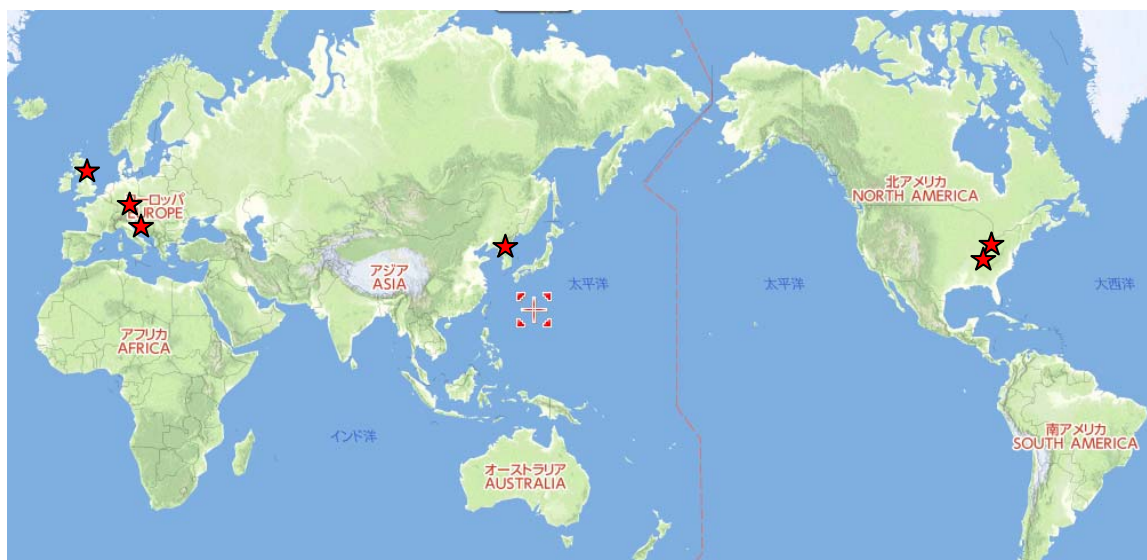
## What's New in the World of Superconductivity

초전도 뉴스 -세계의 동향-

超电导新闻 -世界的动向-

chāo diàn dǎo xīnwén - shìjiè de dòngxiàng-

Yutaka Yamada, Principal Research Fellow  
Superconductivity Research Laboratory, ISTEK



★News sources and related areas in this issue

### ▶基礎

#### CaCu酸化物層界面が50 Kで超電導に

**Oak Ridge National Laboratory (2015年9月30日)**

米国エネルギー省オークリッジ国立研究所は、二つの絶縁性酸化物界面において高温超電導の直接的証拠を示した。

研究結果は、「絶縁性酸化物CaCuO<sub>2</sub>とSrTiO<sub>3</sub>の界面における高温超電導」と題して、Physical Review



# 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

Lettersで公表されている。論文著者の一人であるCantoni氏は、物質内電子構造の酸素を局所的に制御することによって界面超電導が起こると述べた。これは、二次元超電導体の生成につながる可能性がある。

この研究では、走査型透過電子顕微鏡を使用し、2つの絶縁体であるカルシウム銅酸化物とチタン酸ストロンチウムとの界面を調査した。電子エネルギー損失分光法を組み合わせ、高温超電導は、界面付近の非常に限られた領域内で起こるという結果が確認された。研究者たちは、この界面での単セルの厚さのカルシウム銅酸化物層が、50 Kに近い臨界温度で超電導になることを確立した。

Source: "ORNL microscopy finds evidence of high-temperature superconductivity in single layer"  
(30 Sep, 2015) News

<https://www.ornl.gov/news/ornl-microscopy-finds-evidence-high-temperature-superconductivity-single-layer>

Contact: Morgan McCorkle, [mccorkleml@ornl.gov](mailto:mccorkleml@ornl.gov)

## ▶電力応用

### 伊RSE 系統試験限流器をパワーアップ：65 Kで $I_c$ は倍に。

**Superconductor Week vol.29, No.10 (2015年10月30日)**

イタリア電中研RSEは電力会社A2AとBi線の超電導限流器を開発し(9.4 kV/3.4 MVA)、2年の実系統試験をやっていたが、この度、Y系線材の限流器にしてパワーアップする(9 kV/15.6 MVA)。このために、YBCO線を購入し種々の予備試験を行っているが興味深いのは線材の臨界電流 $I_c$ の温度依存性であった。77 Kでの臨界電流 $I_c$ が535.9 Aであったが、65 Kでは1272 Aにもなった(冷凍機を使っているので温度はこれらの範囲で選べる)。他方、 $n$ 値(常電導転位への急峻さ)は31.7、35.5とあまり変わらなかった。機器使用条件での線材特性が重要である。

すでにYBCO線材でSFCL本体は作製され、DC、AC通電試験も実施され、2015年1月には短絡試験が行われた。2016年には系統連結試験が前回と同様の長期にわたって行われる。

Source: "RSE, A2A Upgrade Milan SFCL to 15.6MVA"  
Superconductor Week vol.29, No.10

## ▶線材

### SuNAM GdBCO線材特性向上

**Superconductor Week vol.29, No.10 (2015年10月30日)**

SuNAM社は韓国経産省(MOTIE)から“高効率スマートグリッドデバイス”のプロジェクトを受けている(4年間(2017年5月まで)、政府11億、SuNAM5億円)。この計画では、最終的に800 A/cmの高 $I_c$ を目指す、現在、700 A/cmを達成している(いずれも77 K, 0 T)。

# 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

1 km の長尺も作製可能であるが、150 m規模のものはいつでも発注に応じる (CTO H.Lee氏)。

また、同氏は、「我々のRCE蒸着法はPLDやMOCVD法より10倍蒸着速度が速いので、生産速度も非常に早く毎秒360 mが可能である。」「原料もMODやMOCVDは非常に高いが、本方法は金属が原料なのでこの点でも非常に有利である」と述べている。

Source: "SuNAM Improves GdBCO Wire Manufacturing Process"

Superconductor Week vol.29, No.10

## ▶核融合

### JT-60SAの超電導マグネットを作製

**ENEA (2015年10月1日)**

ENEAおよびASG Superconductors社は、核融合研究のスピードアップを図るため設計されたトカマク核融合実験炉JT-60SA (現在日本的那珂市で建設中) に使用される最初の超電導マグネットを発表した。実験炉の進捗状況を評価するため、ENEA主催Technical Coordination Meetingにはヨーロッパや日本から代表50人が参加した。

ENEAの核融合専門技術は、Frascati研究センターにおいて開発されてきた。技術の研究開発を通じて、これまで核融合エネルギーに依存する戦略的セクターで必要とされる知識を築いてきた。この核融合プログラムは、大規模かつ最も複雑な国際的プロジェクトの一つとされるITER (現在フランスのカダラッシュに建設中) をサポートしている。

ENEAは、超電導マグネットを構成するコイル18個のうち9個と、格納容器、電源システムを提供する。最初の注文額は、ASG Superconductors社で1700万ユーロ以上、Walter Tosto製構造部品で1000万ユーロ、そしてマグネット用電源システムで約1200万ユーロである。

Source: "Entirely Italian the first component of the EU-Japan nuclear fusion reactor"

(1 Oct, 2015) News

<http://www.enea.it/en/news/entirely-italian-the-first-component-of-the-eu-japan-nuclear-fusion-reactor>

Contact: Press Office uffstampa@enea.it

## ▶Medical Application

### コンパクトな超電導による陽子線治療装置

**ProNova (2015年10月17日)**

ProNova Solutions社は、新しい陽子線治療センターに対応できるように設計された治療システム、Compact SC360 One-Room Solutionの開発を発表した。このシステムは、ガントリーを360度回転で

# 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

き、高度画像処理機能を備えている。設置面積は、現在市場で入手可能な他のコンパクトシステムと比べて45 %も縮小できた。

同社は、より軽快で低コスト、そして最先端な陽子線治療システムの開発に向けて、2012年に設立された。陽子線治療を国内および世界中で普及できるよう、入手しやすく経済的な最先端ソリューションを開発することを目指してきた。同社は、独自の超電導技術を駆使し、よりコンパクトで軽量の陽子線治療ガントリーとサイクロトロンを競合他社よりも低コストで構築することに取り組んでいる。

Source: "ProNova introduces one-room, expandable proton therapy solution"

(17 Oct, 2015) Media Room

<http://pronovasolutions.com/media-room/pronova-introduces-one-room-expandable-proton-therapy-solution>

Contact: Bill Hansen bill.hansen@provisionhp.com

## 世界初の商用PET/MRI装置

### MR Solutions (2015年10月14日)

この度初めて前臨床用同時PET/MRIシステムが可能となり、ワークフローの高速化並びに二つの異なる画像を同時撮影できることから、より正確な比較結果に成功した。PET/MRI画像システムは、心血管、神経生物学、癌研究、そして薬剤開発のスピードアップに役立ち、科学者にとっては大きな利点となる。

MR Solutions社は、これまで世界初の3 Tおよび7 T無冷媒超電導システムを商品化した。今回の同時PET/MRIシステムも世界初である。英国ギルドフォードを拠点とする同社は、3 T~7 T前臨床用MRIベンチトップシステムと分光計において、世界最大の開発製造会社である。この画像システムの開発は、3 T、4.7 T、もしくは7 Tの無冷媒MRIマグネット内に挿入できるMRS-PETシステムの商品化に続くものである。同社は、2012年には、超電導マグネットを用いた世界初の前臨床用3 T MRIベンチトップスキャナを開発し、液体ヘリウム冷却の必要性を排除させることに成功している。

Source: "MR Solutions introduce the world's first commercial range of simultaneous PET/MRI preclinical scanners"

(14 Oct, 2015) News

<http://www.mrsolutions.com/news-events/news-item/mr-solutions-introduce-worlds-first-commercial-range-simultaneous-petmri-preclinical-scanners/>

Contact: information@mrsolutions.com

[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

## 標準化活動 12 月のトピックス

### ー超電導用語の国際規格の発行ー

九州工業大学  
名誉教授 松下照男

国際電気標準会議(IEC)の超電導用語の規格 IEC 60050-815 の第二版が 2015 年 11 月に発行された。この規格の作成や維持は IEC の作業グループ 1(WG1)が担当しており、その目的は超電導製品の売買に関係する人々に関連する超電導固有の用語を説明することで、そうした売買を支援するためのものである。とくに、新しくこの分野に参入する人々にとって役立つことが期待される。記述は英語とフランス語の二か国語が用いられている。初版は 2000 年に発行されたもので 15 年ぶりの改定である。その後の超電導技術の進展や、IEC TR 61788-20 (実用超電導線) の規格の整備等により不具合が見つかった部分についての修正等が主な今回の改定の理由である。

規格は「超電導特性」「超電導物質」「電磁現象及び特性」「超電導線及び導体」「製造工程」「超電導マグネット技術」「応用技術」「試験法」の八つの章から構成されており、登録された用語は 327 語である。物理学辞典とは異なるもので、それぞれの用語の定義は簡潔に行われており、必要に応じて付加的な説明が追記されている。誰でも以下のデータベースにアクセスし、815 Superconductivity をクリックすると見ることができるので、ぜひ、各自で試されたい。

<http://www.electropedia.org/>

このように超電導用語は時代の推移に従って変わって行くものであり、第二版が完成したばかりであるが、次の版に向けた検討がすでになされている。現在、IEC の WG14 によって提案されている超電導センサと検出器の規格が委員会案として承認されており、遠くない将来に国際規格となることが期待されている。したがって、その場合に多くの用語を新しく定義する必要があると予想されるからである。このため、通常、国際規格が成立した直後に行われる日本工業規格の制定は、今回は見合わせることになっている。

また、これまでは超電導のパワー応用を主とした構成になっているが、超電導センサと検出器の用語が多く入ることにより、次の第三版では「技術」や「応用」の章を、パワー関係とエレクトロニクス関係のそれぞれの分野に分けた構成にする必要があると考えられており、大きな修正となることが予想される。

[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

## 標準化活動 12 月のトピックス

### —REBCO 実用超電導線の室温引張試験方法—

公益財団法人 応用科学研究所  
特別研究員 長村光造

このたび Superconductivity - Part 25: Mechanical properties measurement - Room Temperature Tensile Test on REBCO Wires (IEC 61788-25 Ed. 1.0)が IEC に NP として登録されたので、その内容の概略を紹介する。

$\text{RE}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  を含む複合超電導体は実用超電導線として開発が進められている。ここで RE は希土類元素である。これらは REBCO coated conductors と呼ばれることが多い。複合体の構成は Hastelloy 等の基板、酸化物バッファ層、超電導層、銀保護層から構成されており、さらに機械—電磁気学的な理由からステンレスあるいは銅テープがラミネートされている。本実用超電導線を製造する過程で複雑な応力を受けること、電磁石として用いられる場合には大きな電磁力を受けることから、これらの外力に対して実用に耐え得るかを判定するため機械的性質を調べることは重要である。

本国際標準は REBCO 超電導複合テープに適用する室温における引張試験方法の詳細を定めたものである。本試験では弾性係数と 0.2 %耐力の決定方法を定めている。本方法を適用する試料は矩形断面のテープであり、その幅は 2.0 mm から 12.0 mm まで、厚さは 0.06 mm から 0.5 mm までと定めている。

試験には定引張速度で制御できる引張試験機を使用し、REBCO 超電導複合テープは非常に薄いので、試料の機械的性質に影響しないような 30 g 以下の軽量な伸び計を用いることが推奨されている。また歪速度は  $10^{-4}$  [1/s]以下で行うことが定められている。実際にはゼロから荷重を増加させ、歪が 0.1 – 0.2 %になったところで一旦荷重を 30 – 40 %除荷し、そこから再び荷重を増加させ試料が破断するまで試験を行い、応力と歪の関係を記録する。記録された応力—歪曲線の初期勾配から弾性係数  $E_0$  を、除荷曲線の勾配から  $E_U$  を求める。さらにこれらの勾配を持つ直線を 0.2 %ずらして応力—歪曲線の交点より 0.2 %耐力  $R_{p0.2,0}$  および  $R_{p0.2,U}$  を決定する。試験が正確に実施できたかどうかを判定するため  $E_0/E_U$  の比が 0.8 – 1.2 の範囲にあれば、その試験は正確であったとする。さらに本試験方法で実施した試験結果の相対標準不確かさの求め方が記載されている。

さて本国際標準の制定にあたり国際的に議論され、今後の課題とされた要点を紹介する。本超電導複合テープは 0.2 %耐力よりも低い歪範囲でも完全には弾性的ではなく、少しずつ塑性変形の影響が現れてくるので、0.02 %耐力を測定項目入れてはという提案があった。しかし検討の結果、相対標準不確かさが大きくなり過ぎ国際標準の対象にするのは困難であり、今後精度の高い新しい試験方法が開発されたときに再考するのがよいと判断された。今回はテープ軸方向の引張試験方法について取扱ったが、テープ面垂直方向の引張試験方法の国際標準化が強く望まれていることも明らかとなった。

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

## 会議報告 : International Workshop on Cooling-system for HTS Applications 2015 (IWC-HTS 2015)

(2015/10/14-10/16, 島根県コンベンションセンター くにびきメッセ 松江市)

コールドテック

代表 上岡泰晴

高温超電導(HTS)応用機器は冷却が必須であり、それは通常の機器に対するハンディとなっている。このハンディを持ってしても世の中の役に立つものとしてHTS応用機器の研究開発が進められている。ところがHTS機器冷却に関する問題をHTS機器開発者と、冷却を専門とする者との間で議論する場が、これまで殆ど無いという状況である。その結果、HTS機器の実用化試験に於いても、冷却システムは実験段階の物であって、そのまま商品化できる物にはなっていない。

この会議は、このような課題を解決するために世界で初めて行われた国際ワークショップである。すなわち、HTS側と冷却側の両者が一堂に会し、両者の研究開発内容と意見を発表し、実用化に向けたHTS機器の冷却を如何に進めるべきか議論したのである。その冷却を考えるためには、HTS からどのようにして発熱が起こるのか。どのような形状の物を冷却するのか。発熱量はどのくらいか。どのように冷却してもらいたいのか。冷却装置の形状はどのような物が良いのか。また、冷却方法はどのような方法があるのか。冷凍機、ポンプ、断熱などはどのように応用すれば良いのか。そして実用化のために必須の安全性、安定性、メンテナンス間隔、コストなども議論の対象となった。

参加者は10カ国から117名であり、欧州（オランダ、ドイツ、スイス、イタリア、スロバキア、フランス）から16、中国7、韓国6、米国3、日本85であった。講演は、Plenary 2、Invited 9、Oral 27、Poster 26の合計64件である。

内容は、HTS応用機器からの発熱・構造と、その冷却/断熱/支持構造そして冷凍機を理想的に繋げ、社会に受け入れられる製品を実現するために、効率、メンテ間隔、安全性、安定性等を考慮しながら議論するものである。講演のカテゴリーは以下のように区分されている。大きく分けて、HTSからの基本的な発熱、HTS応用機器としたときの発熱、冷却構造と熱伝達、冷却システムの4つである。

1. Fundamental Aspects of Heat Load in HTS Applications and Cryogenics
2. HTS Applications in View of Heat Load
3. Cryogenic Structure and Heat Transfer
4. Cryogenic Cooling Systems for HTS Applications

講演者は何れかのカテゴリーを選択して投稿する。Sessionは1つであり、参加者全員が同じ講演を聴き、全ての分野の参加者が同じ場でそれぞれの立場で議論することができた。

Plenary と Invited を中心に海外の講演を紹介する。なお、基本的に、Plenary と Invited の講演資料は、IWC-HTS のホームページに公開されているので、参照されたい。

(<http://www.asl.kuee.kyoto-u.ac.jp/IWC-HTS/program.html>)

Plenary 1 Wolfgang Stautner, GE Global Research

Cooling systems for HTS applications – overview and critical assessment

低温工学と冷却技術及び真空技術は HTS 応用機器の商用化にとっては必須のもので、HTS 機器開発当初より一つの製品として開発を進めていかなければならない。基本的な冷却システムはすでに存



# 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

在するが、HTS 機器商品化のためにはその機器に合ったものを開発しなければならない。講演では、実際に開発された機器の冷却構造を含めて多くの例を紹介した。

## Plenary 2 Mathias Noe, Karlsruhe Institute of Technology

### Fundamental aspects of thermal load in HTS and Cryogenics

大型のHTS応用機器の開発はより興味深いものになってきたが、その冷却は重要であり、主な低温負荷は、ACロス、電流リードそしてクライオスタットの断熱に有る。これらを解決するにはそれぞれの機器に応じた対応が必要である。講演では具体的にそれぞれの機器について説明された。Cable cryostatの断熱性能についても言及があり、Thermal lossは断熱管の太さによって変わり、HTSケーブルが太くなればなるほどHeat lossは増える。限流器の各部のHeat load、開発中発電機のHeat load、トランスの各部のHeat load、そしてCableのHeat loadを纏め、本Workshopが意図した内容に沿った非常に有意義な講演であった。

## Progress of the MgB<sub>2</sub> wire manufacturing through the ex - sit method and of its application

Matteo Tropeano (G.Grassoの代わり) , Columbus Superconductors S. p. A.

工業的規模のMgB<sub>2</sub>線材について講演した。この線材はすでにColumbus Superconductorに於いてmultifilamentでキロメートル規模の長さが製作され、非常に均質な線である。ニッケル合金を使用し、Powder-In-Tube法により丸線、角線ともに製作可能である。4 Kmを超える長さの物でMRIも作られている。今後は10 Km超の線材を製作し、whole-body MRIにも応用する予定である。

## Flexible HTS Power Cable Cryostats with minimal heat load : The State of the Art

Rainer Soika, Nexans Deutschland GmbH

HTS Power cableに使用される真空断熱コルゲート管に関する講演である。直管に対する優位性を述べた後、各方面に使用された実績を述べ、断熱性能については1-1.5 W/mであって、断熱真空保持については真空再排気無しで10年の実績が有る。

## Cooling System for HTS Motors

Jie Yuan, American Superconductor

HTS モーターの冷却に関する講演である。ローターのみをHTSとする物で、一般的に5 MWのモーターで熱負荷は100 W以下(@30-40 K)であって、コールドGHeを循環させて冷却する。小型で回転数の大きなモーターではRemote coolingと称し、ローター軸から低温GHeを供給する。大型で、回転数の小さな10 MWクラスの風力発電機ではOn-Rotor coolingと呼んで圧縮機からの常温GHeをローター軸から導入してローター上に設置したGM冷凍機に供給している。

## Thermal bridge between cryocooler and HTS system

Sangkwon Jeong, KAIST

本Workshopの目的を主題とし、HTS機器の冷却を①冷却対象、②冷凍機、③温度領域、④冷却法の四つに分けて考えている。ここの主題は④冷却法であり、Bridging mechanismである。それにはConduction-cooling、Gas flow cooling、Two-phase fluid/flow coolingの3つがある。ここでは、マグネットのConduction-coolingを例に挙げて冷凍機とマグネットの温度差について考察している。

## Cooling Unit for the AmpaCity Project-one year successful operation

Friedhelm Herzog, Messer Group GmbH,

Mark Stemmler, Nexans Deutschland GmbH

# 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

67 Kのサブクール液体窒素で冷却したHTSケーブルの紹介である。タンク内の液体窒素を150 mbar(abs)に減圧して温度を得、その液体窒素と循環する液体窒素を熱交換させて67 Kのサブクール液体窒素としている。ケーブルは10 kV、40 MVAで長さ1000 mである。冷却能力は4 kW@67Kであるが、通常の運転ではその55 %でまかなえている。2014年3月10日から運転が続けられている。

## Use of Stirling Cryogenerators in HTS systems

Francesco Dioguardi, DH Industries BV

この講演も本Workshopの目的を主題にした講演であって、冷却システムは各種のHTS機器それぞれに対応した物でなければならないとしている。そして、単に冷却だけではなくcooling down、cooling capacity、warming upも考慮すべきである。また、HTS機器によって冷却方法が異なり、例えばHTS cableでは68 Kの液体窒素循環、限流器では68 K液体窒素浸漬冷却または25 Kの液体ネオン、発電機/モーターでは20 Kの低温ヘリウムガス循環を使用する。これらにはStirling冷凍と低温ファンを使用する。

IWC-HTSはHTS機器開発関係者と、冷却関係者が一堂に会する会議であり、今までに無い初めての会議であった。

selected paperについては、Cryogenics誌のSpecial issueとして出版される予定である。また、次回は2017年にヨーロッパでの開催が予定されている。



Photo of attendees



Start of Banquet "Kagamiwari"

[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

## 【隔月連載記事】 IEA-HTS-IA and ISS Joint Session (その 6)

「Plan of the high efficient electric power system with the next generation superconducting cable」

名古屋大学大学院工学研究科  
博士前期課程 杉原和樹

平成 26 年 11 月 25 日～27 日にタワーホール船堀（東京）で開催された ISS2014 において、初めての試みである IEA-HTS-IA and ISS Joint Session が開かれ参加・発表させていただいた。このセッションは Young Generation Award ということで、国内外の 35 歳以下の若手研究者を対象に発表や議論の機会を提供していただけたものだった。26 日の午前 9 時からセッションが開始され、発表は「将来のエネルギー社会と自身の研究」という内容で、発表 8 分、質疑 5 分で行われた。

私自身、国際学会への参加はこの ISS が初めてであり、また英語での発表も初めてのことであったため、参加するにあたって普段以上の練習が必要だと覚悟していた。まず発表内容について、どのような内容で発表するかを研究室のメンバーと議論していただいたが、なかなかまとまらずに難航してしまった。自身の研究内容の発表についてはそれほど苦勞していなかったため、自身の研究をベースにして、どのようなエネルギー社会が提案できるかを議論し、なんとか筋道だった内容にまとめられた。発表練習は、当日直前まで何度も確認、指南をいただいて改良を加えることで、より完成度の高いスライドに仕上げられた。

私の発表は、「Plan of the high efficient electric power system with the next generation superconducting cable」という題目で、再生可能エネルギーをベースとし、超伝導ケーブルによる送電を用いたエネルギーシステムを提案した。概要は、東京-名古屋間で 2027 年開通予定の超伝導リニアモーターカー（中央新幹線）のための電力供給として、郊外で再生可能エネルギーによる集中発電を行い、超伝導ケーブルで直流送電するシステムである。集中発電の例として、私の出身地である愛知県田原市の「たはらソーラー・ウインド発電所（図 1）」を挙げ、複数のエネルギー源を組み合わせ合わせたハイブリッド発電を用いることで、さらなる安定供給を実現できるのではと考えた。また超伝導ケーブルについて、現在、実系統への導入段階まで進歩してきた Bi 系や Y 系といった高温超伝導ケーブルを積極的に導入することにも触れた。私は現在、人工ピンニングセンターとして  $\text{BaHfO}_3$  (BHO)を導入した  $\text{SmBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  (SmBCO) 薄膜における縦磁界効果に関して研究を行っており、この現象を用いた次世代超伝導ケーブル案も発表に含めた。縦磁界効果とは、電流と磁場が平行である状態において観察される様々な電磁現象である<sup>[2]</sup>。中でも我々は、図 2 のように外部印加磁場下の臨界電流密度( $J_c$ )が自己磁場下における  $J_c$  と比較して向上する特異な現象を報告した<sup>[3]</sup>。無添加 SmBCO 薄膜及び BHO を SmBCO 母相内にナノロッドとして導入した薄膜では  $J_c$  の向上は見られなかったが、積層法を用いて BHO を短く切れたナノロッドとして導入した薄膜において  $J_c$  のピークが観察された。このことから、縦磁界効果の発現には短く切れた BHO ナノロッドによる



図 1 たはらソーラー・ウインド発電所(愛知県田原市)<sup>[1]</sup>。風力発電(6 MW)と太陽光発電(50 MW)による国内最大規模のハイブリッド発電所。

# 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

磁束ピンニングが有効であることが新たに提案された。しかし、 $J_c$  向上やピークが現れる外部磁場の決定要因は明らかでない。そのため我々は現在、様々なパラメータを制御して縦磁界効果発現メカニズムの解明を目指している。この効果を利用した超伝導ケーブルも提案されており<sup>[4]</sup>、現象を制御して応用できればより大容量の高温超伝導ケーブル作製が期待できると考えている。

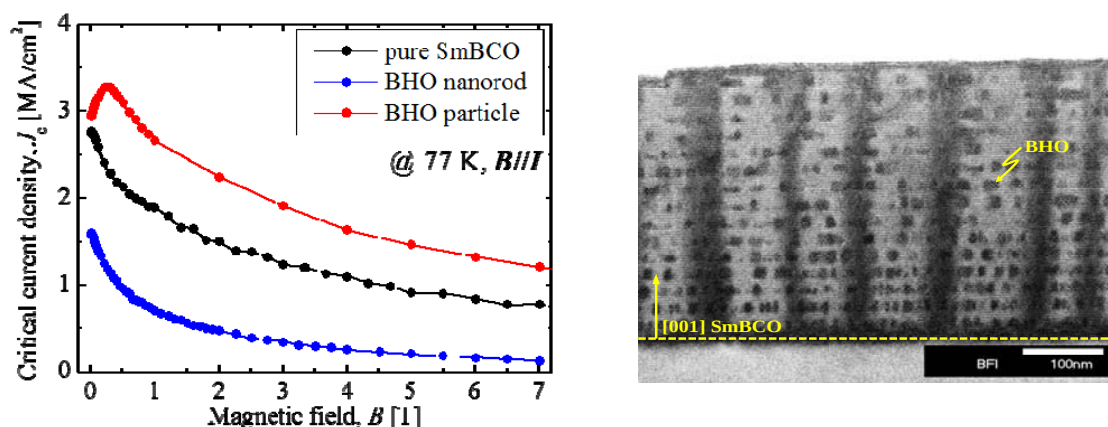


図 2 各 SmBCO 薄膜の縦磁界下における磁場中臨界電流密度(左)と BHO 添加 SmBCO 積層膜の断面 TEM 観察像(左)。積層膜において縦磁界効果による  $J_c$  のピークが観察された<sup>[3]</sup>。

今回のジョイントセッションでは基礎から応用まで様々な研究分野の方が発表され、非常に興味深い内容となっていた。それぞれ異なる将来のエネルギー像を想定されており、広い視野で幅広い分野の専門家と議論を深めていくことの重要性を感じた。セッション後のバンケットも含めて、私のような若手研究者が様々な分野の専門家との議論やご指南いただける機会、また英語での口頭発表をする機会は多くはないため、今回のセッションのような取り組みは非常に意義があり、今後に大いに役立てられるものだった。今後もこのような機会があれば是非参加させていただきたい。

## 謝辞

今回のセッションでの発表機会を与えてくださった、山田穰氏をはじめとする ISTEK 関係者の皆様、セッションに参加された皆様、並びに発表に関して議論、ご指南いただいた先生方、研究室の皆様に感謝致します。

## 参考

- [1] 三井化学 HP [http://jp.mitsui-chem.com/release/2014/2014\\_0930.htm](http://jp.mitsui-chem.com/release/2014/2014_0930.htm)
- [2] T. Matsushita, Jpn. J. Appl. Phys. 51, 010111 (2012). 等
- [3] A. Tsuruta, S. Watanabe, Y. Ichino, and Y. Yoshida, Jpn. J. Appl. Phys. 53, 078003 (2014).
- [4] T. Matsushita, M. Kiuchi, and E. S. Otabe, Supercond. Sci. Technol. 25, 125009 (2012).



# 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

「新潟大学大学院自然科学研究科電気情報工学専攻 岡徹雄研究室」

研究テーマ：高温超伝導バルク磁石の材料と応用研究

大学院生と工学部生から構成される約 12 人の研究室を運営し、日夜高温超伝導バルク磁石の材料に関する研究から強磁場応用までの広い範囲で研究開発を行っています。材料研究では、Y 系 123 系材料をベースにその結晶を独自のアイデアで合成しています。結晶成長の振る舞いがバルク磁石の磁場捕捉性能に密接に関連することから、強磁場を捕捉できる材料の合成を目指しています。強磁場磁石として利用するためには、作製したバルクを励磁する必要があるため、外部から印加した磁場との相互作用に関する研究を行っています。このようにして強力な磁石として利用できる「強磁場発生装置」を開発しています。応用研究ではニッケルめっき廃液からニッケルを取り出して再利用する磁気分離技術、超小型で卓上型の NMR 分析装置のための静磁場磁石の開発、永久磁石を内蔵したモータ回転子の着磁工程の開発など強磁場を利用した新たな産業応用を目指しています。図は本研究室で使用している対向型のバルク磁石装置です。バルク磁石は写真中央の向かい合う磁極内部にあり、磁場中で冷却して励磁し 4 T の磁場を発生できます。このように他にあまり例のない装置や研究テーマを取り上げ、常に独特な研究活動を心がけています。また海外とのやり取りを始め、国際的な活動をめざしています。共同研究を求めていますのでご興味があれば遠慮なくお声掛けください。



図： 対向型バルク磁極装置  
FC 着磁型（上）とパルス着磁型（下）

[http://www.sntt.or.jp/~fsst/14004\\_lab\\_Nigata\\_Oka.pdf](http://www.sntt.or.jp/~fsst/14004_lab_Nigata_Oka.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

## 読者の広場

### Q&A

**Q.**「高温超電導が発見された当時から高温超電導を利用した SQUID の研究が行われてきましたし、応用もされてきましたが、最近、新たに SQUID 応用に動きが出てきているように思います。どうしてなのでしょう？」

**A.** SQUID の開発側の技術革新と、それを利用したいという産業側のニーズがマッチし始めたことが原因だと思います。

開発側での大きな進展は、現場で使えるシステムになってきたことです。実験室ではなくそれを活用したいフィールド、例えば屋外などで使用可能な耐磁場性能を備えた素子の開発と、ユーザーが冷却を苦にすることなく使えて、環境ノイズ下でも安定した動作を実現した実装技術などが挙げられると思います。これらの技術は、物理的に高い性能が期待される SQUID の製造プロセスの進展と、応用するための周辺技術を地道に研究開発してきた結果だと思います。

一方、ユーザー側は、わざわざ冷やしてでも高感度な磁気測定を必要とし始めたということだと思います。例えば免疫検査、地震による地磁気の変化、アスファルトの下の鋼床板の非破壊検査、資源探査などです。これらの共通点は、低温超電導 SQUID ほどの超高感度まで要求しない代わりに、フラックスゲートより高い感度と冷却の手軽さの求められる応用分野です。インフラ検査にしても資源探査にしても、従来技術では満足しないユーザーが、改めて SQUID の可能性に目を向け始めたのだと思います。



回答者：公益財団法人 国際超電導産業技術研究センター 超電導工学研究所  
物性・デバイス研究部 主管研究員 波頭経裕

[超電導 Web21 トップページ](#)