

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 26 回国際超電導シンポジウム (ISS2013) 開催速報
- 第 22 回国際超電導産業サミット (ISIS-22) 速報

- 超電導関連 2013 年 12 月-2014 年 1 月の催し物案内
- 新聞ヘッドライン (10/20-11/19)
- 「ISS2013 SPL・PL 講演」報告
- 「HTS 冷却システムに関する講演および討論会」報告
- 「7th East Asia Symposium on Superconductive electronics (EASSE)」報告
- 隔月連載記事-医療用加速器と超電導 (その 6)
- 読者の広場(Q&A)-「今年は、中国ばかりか日本でも食に関するニュースが多かったですが、特に、加工された食品に使われた食材の産地判定や種類判別は難しいものがあるように思えます。超電導でこうした食品検査が可能でしょうか？」

[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26回国際超電導シンポジウム (ISS2013) 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
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 25 年 11 月 18 日 (月) ~20 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 (ISS2013) 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 26 回目を迎えた。今回は、海外参加 145 名を含め総参加者 512 名と昨年から 5 名増加したものの参加国 13 カ国と 5 ヶ国減少した。ただし海外からの参加者は 20 名増加している。発表は招待講演者 57 名 (昨年度 76 名) を含め口頭講演 118 件、ポスター講演 274 件の合計 392 件で前年度から 19 件減少している。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 (来春及び来夏頃)。また、会場では 11 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。



開会挨拶 組織委員長

特別基調講演 (SPL) は 2 件行われ、最初にプログラム委員長でもある DOE の Bruce Strauss が "R&D for the next generation of superconducting magnets" を、次にカリフォルニア大学の John Clarke が "Ultralow field magnetic resonance imaging" を講演した。(本 Web 後半で紹介)



Dr. ブルースのプレゼンテーション冒頭

基調講演 (PL) は 6 件行われ、北岡良雄 (大阪大学) が "Recent topics on High- T_c superconductivity in cuprates and pnictides" を、和泉輝郎 (ISTEC) が "Achievements in M-PACC project and future prospects on R&D of coated conductors" を、次に Scott Holmes (Booz Allen Hamilton) が "SFQ computing in the USA" を報告した。

休憩を挟み中村泰信 (東京大学) が "Progress on superconducting quantum circuits" を、Venkat Selvamanickam (Univ. of Houston) が "Status of coated conductor and HTS device projects in USA" を、最後に本庄昇一 (東京電力) が "High Temperature superconducting cable demonstration project in Japan" を講演した。(PL も本 Web 後半で紹介)

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、2回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。従来のバルク・特性評価は内容によって上記4分野に振り分けられている。

なお、今年度は特別に韓国の選抜中学生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ISS2013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11月25日(火)~11月27日(木)の3日間、東京・江戸川区 タワーホール船堀で開催予定のISS2014の紹介をもって閉幕した。

ISS2013の詳細な報告は1月号Web21にて別途紹介する予定です。

☆ ISS事業は、JKAの補助を得て行われています。



オーラルセッションでの質問時間



分科会風景



ポスターセッション



韓国中学生のグループ発表



企業展示会風景

[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：第22回国際超電導産業サミット (ISIS-22) 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
部長 岡崎 徹



ホテルから見える富士山

平成 25 年 11 月 21 (木) ～11 月 22 (金)、江戸川区船堀にて行われた ISS2013 の終了後、山梨県河口湖に場所を移して第 22 回国際超電導産業サミット (ISIS-22) が開催された。

サミットは、ISS が研究者等の国際学会に対し、超電導先進国の関連産業界のヘッド等を集めて超電導の実用化・推進等について話し合いを行うもの。ISIS 加盟国の持ち回り開催が義務となっており、今回は 5 年ぶりに日本開催となった。

前回の ISIS-21 (米国開催) から参加国は日本、アメリカ、ヨーロッパ、ニュージーランド、韓国に加えてロシアが参加を表明している。来年のサミットは 11 月前半、モスクワ周辺にて実施することになり、もってロシアも正規メンバーの一員と認められ、メンバー国はこれで 6 カ国となった。

今回 ISIS の国毎の参加者数は、ホストである日本が 15 名で最も多く、次に米国の 8 名、ヨーロッパの 7 名、ニュージーランドが 3 名、ロシアからは 2 名、韓国は 1 名の総計 36 名であった。



ISIS-22 会場の様子

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

今回の会議テーマは **Strategic Approach to Commercialization** とし、現在の各国ナショナルプロジェクトの相互情報交換から始め、産業界の流れを紹介し、将来のプロジェクトについての情報交換という大まかな流れに沿って行った。

会議では冒頭にアメリカの **Alan Lauder** より **ISIS** の歴史が紹介された後、タイムゾーン順にニュージーランドから報告が始まり世界を一周する形で進められた。日本からは線材の開発状況の他、実際応用に重要となる冷凍機の現状報告、そして応用の最前線にある鉄道電力システムシステムへの応用などが紹介された。海外からの大きなトピックスとしては米国の超電導リニア計画およびロシアにて大きなプロジェクトが予測されている事などが注目される。

会議内容詳細は別途超電導 Web21 の 1 月号で報告される予定です

☆ ISIS 事業も JKA の補助を受け行われています。



集合写真

当日は天候にも恵まれたため二日間とも見事な富士山と、若干遅れ気味であった紅葉を堪能することができた。

蛇足ながら、各国の重要人物が集結することも考慮して会場を富士ビューホテルとした。富士山が世界遺産に登録される前に会場を押さえていたことと、参加者の宿泊費が高めではあるが会場費他が安く東京都内での開催と比べて相当に運営費を抑制でき、参加者からも好評であった。

また右の富士山カレーは見た目のインパクトもあり美味しかった。写真には無いがソースは別の容器に盛られて提供される。



富士山カレー

[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 '13/12月一'14/1月の催し物案内

12/3

第2回超電導応用研究会／第3回材料研究会
名古屋大学 ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー
http://www.csj.or.jp/application/2013/3rd_1203.pdf

12/4-6

第88回低温工学・超電導学会研究発表会
ウィンクあいち
<http://www.csj.or.jp/conference/2013a/index.html>

12/7

第88回低温工学・超電導学会 市民公開講座「超電導の世界」
名古屋市科学館イベントホール
http://www.csj.or.jp/conference/2013a/2013a_public_lecture.pdf

12/13

低温工学・超電導学会 関西支部 特別講演会
大阪市立大学文化交流センター大セミナー室
http://www.csj.or.jp/kansai/2013/12th_1213.pdf

12/14

熱音響工学講習会
東京農工大学 小金井キャンパス
http://www.csj.or.jp/application/2013/conference_1214.pdf

12/18

第6回冷凍部会（公開）例会／環境・安全委員会ワーキング開催のご案内
川崎重工業 東京本社
http://www.csj.or.jp/reitob/2013/6th_1218.pdf

1/22-24

Recent Developments in High Temperature Superconductivity: Symposium S12 at Electronic Materials and Applications 2014
Orland, Florida, USA
<http://ceramics.org/meetings/electronic-materials-and-applications-2014>

1/23-24

超伝導エレクトロニクス (SCE) 研究専門委員会
機械振興会館
<http://www.ieice.org/es/sce/jpn/>

[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)

- 古河電工 超電導線材の開発着手 10/21 日経産業新聞
- フジクラ Y系超電導線 初の商用化 東芝から受注 20年度シェア過半へ 10/22 日経産業新聞
- こんな技術があったらいいな 完全な免震装置 超電導で家浮かせる 揺れと逆に建物動かす
10/26 東京新聞 朝刊
- 「IGZO」の液晶材料開発 東工大教授 細野秀雄氏(上) 失敗作転じてパネルに 10/29 日経産業新聞
- 「IGZO」の液晶材料開発 東工大教授 細野秀雄氏(下) 電子操り新たな超電導 10/30 日経産業新聞
- 新型の超電導物質発見、理化学研究所十倉好紀氏 (上) 新物質探索へ指針作り 11/05 日経産業新聞
- 新型の超電導物質発見、理化学研究所十倉好紀氏 (下) 第3のエネ革命目標に 11/06 日経産業新聞
- 「β型パイロクロア酸化物」原子の非調和振動で 超伝導転移温度変化 11/08 科学新聞
- 昭和電線ケーブルシステム 新「超電導リード」開発/磁場中の通電量大幅向上 11/13 鉄鋼新聞
- 新日鉄住金エンジ 超伝導コイル用の導体 若松工場での製作順調 11/14 日刊産業新聞
- 米東部“未来”にリニア? 現地有力者4人が試乗 山梨実験センター 山梨県 11/17 朝日新聞
- 中部経済特集(上) 中部の大動脈動く、リニア、街を変える、名古屋駅、再開発に熱 11/18
日本経済新聞
- 臨界温度、零下228度へ、鉄系超電導材料、岡山大が開発。 11/18 日経産業新聞
- ISTECが超電導国際シンポ開幕 最新の成果を共有 11/19 電気新聞

(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

「ISS2013 SPL・PL 講演」報告

公益財団法人 国際超電導産業技術研究センター
田辺圭一、山田 穰、片山功多

今回の ISS では、特別基調講演が機器応用と MRI 分野から 1 件ずつ、また、基調講演が鉄系超電導体、国内線材開発、SFQ、米国線材開発、国内ケーブルプロジェクト状況の分野から行われた。

特別基調講演 1 米国エネルギー省 B.P. Strauss 氏 “R&D FOR THE NEXT GENERATION OF SUPERCONDUCTING MAGNETS”

DOE の Strauss 氏は、長年にわたる米国国研、DOE での仕事を通して、超電導発見から現在に至る線材、コイル技術の発展を振り返り、今後の HTS への課題を述べた。彼曰く、超電導線の 95 %はマグネット応用に使われているが、その中の重要な技術はすでに 80 年代に終わっており、その後は重要な進展がない。例えば、極細多新線、ツイスト、安定性化などである。米国は、最近、高磁場マグネット応用のレポートを出した（加速器応用と合わせて、世界で 1000 億円市場と見込まれる）が、こうした分野を含めて HTS が市場に出ていくには、まず、導体、線材としての工学的基準 “長さ、均一度、強度、安定性、ロス、絶縁強度” などが、応用側の発注条件をあるレベルで満たして、確立され、定常的な発注ができることが望まれるとの意見であった。



B.P. Strauss 氏 (DOE)

特別基調講演 2 カルフォルニア大 J. Clarke 氏 “ULTRALOW FIELD MAGNETIC RESONANCE IMAGING”

MRI は現在医療用で世界で 3 万台使われており（価格は 2 億円程度）、1.5 T から 3 T 機が主流になりつつあるとのこと。MRI は通常磁場が高いほど感度が良いが、超低磁場 MRI (ULMRI) は、超電導の SQUID を用いた磁気傾度計（グラジオメータ）を用いて、100 μ T レベルで使用する。

今回 SQUID の第一人者である Clarke 教授は、この斬新な超低磁場 MRI 技術開発の現状と展望について講演した。SQUID をセンサとして用い、地磁気レベルの低磁場での核磁気共鳴イメージングを行う超低磁場 MRI は、高磁場 MRI に比べ空間分解能は劣るものの簡易なシステムで済むということに加え、組織の縦磁気緩和時間 (T_1) の違いにより、例えばガン細胞の識別ができるという特長をもつ。講演では、 T_1 の違いを利用した差分操作による脳の各要素のイメージング技術が紹介されると共に、現状での大きな課題である画像取得時間の改善への見通しが示された。また、高磁場の大きな超電導コイルを使わないので、システムの大幅コストダウンにつながる。



J. Clarke 氏 (カルフォルニア大)

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

基調講演 1 阪大 北岡教授

“RECENT TOPICS ON HIGH- T_c SUPERCONDUCTIVITY IN CUPRATES AND Pnictides”

阪大の北岡氏は、銅系および鉄系高温超電導体の微視的電子状態について報告した。銅酸化物超電導体の場合、ホール(電子)密度と超電導-反強磁性(AFM)の相図は t - J モデルにより説明できることが示され、クーパー対の引力起源としてスピン揺らぎが有力候補であることを報告した。鉄系超電導の場合はフェルミ面の形状がキーになっており、フェルミ面の形状変化によってスピン揺らぎが増大して超電導相が発現していると報告した。La1111系においては、このフェルミ面の形状が変化するネスティングの状態を変えることで T_c が 28 K から 50 K に上がることが報告された。



北岡氏 (阪大)

基調講演 2 ISTECSRL 和泉氏

“ACHIEVEMENTS IN M-PACC PROJECT AND FUTURE PROSPECTS ON R&D OF COATED CONDUCTORS”

ISTEC-SRL の和泉氏は、今年 3 月に終了した NEDO プロジェクト“イットリウム系超電導電力機器技術開発”の中の線材開発の成果と今後について講演した。この 5 年で I_c 、長さも向上したが、特に長尺も含めた磁場中特性の向上、線材多芯化とロス低減の実証は、今後の応用域を広げるものとして期待できる。また、今年から始まるプロジェクト“Development of HTS Coiling Technology”(5年間)の紹介もあった。MRI や医療用重粒子線照射用加速器を目指した線材、コイル開発を行うが、特に 600 A (65 K, 3 T), 1000 A (35 K, 10 T) を 200 m 長で狙うことが大きな目標の 1 つである。これにより、今後高度医療用機器開発の要求が大きくなる日本他の国際社会に超電導が寄与することを期待したい。



和泉氏 (ISTEC)

基調講演 3 Booz Allen Hamilton 社 D.S. Holmes 氏

“SFQ COMPUTING IN THE USA”

Booz Allen Hamilton 社の Holmes 氏は、米国における SFQ (単一磁束量子) コンピューティング技術開発の現状を紹介した。新規大規模データセンターの電力消費量の増加は急であり、エクサ(exa= 10^{18})スケールの処理能力をもつコンピュータ実現には消費電力の大幅低減が必須であり、SFQ はその一つの解になる可能性がある。米国では、従来の SFQ ゲートの消費電力をさらに低減する新回路の開発が進んでいる。最近スタートした 3 年間の IARPA プロジェクトでは、最優先課題である SFQ コンピューティング用のメモリ開発を目指している。



D.S. Holmes 氏 (Booz Allen Hamilton 社)

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

基調講演 4 東大 中村教授 “PROGRESS ON SUPERCONDUCTING QUANTUM CIRCUITS”

東大 中村氏は、量子コンピューティングを目指した超伝導量子回路の技術進展について講演した。特に、超伝導量子ビットのデザインの改良、共振器との結合による電磁波モードの制限、材料エンジニアリングにより最大の技術課題であったコヒーレンス時間が当初の 1 ns から 100 μ sec 大幅に延長され、低誤り率のゲート動作が可能になったことが紹介された。



中村氏 (東大)

基調講演 5 Houston 大 V. Selvamanickam 教授 “STATUS OF COATED CONDUCTOR AND HTS DEVICE PROJECTS IN USA”

Houston 大の Selvamanickam 氏は、米国の Y 系線材の最近の成果を報告した。線材開発も従来の AMSC 社、SuperPower 社などで進んでいるが、新たに STI 社も参入している。応用では、フロリダの高磁場研の Y 系高磁場コイル、BNL の HTS4 極マグネット、CORC 丸線導体 (Advanced Conductor Tech. LLC) などが目を引いた。CORC 導体はすでに 4.2 K、19 T で 6000 A を流しており、核融合用に有望である。



V. Selvamanickam (Houston 大)

基調講演 6 東電 本庄氏 “HIGH TEMPERATURE SUPERCONDUCTING CABLE DEMONSTRATION PROJECT IN JAPAN”

東電の本庄氏は、現在も通電試験を行っている横浜旭変電所の Bi 系超電導ケーブルについて講演した。これは、国内で初の系統連携ケーブルであり、現在も冷却、通電とも支障なく動いており、今後の超電導の電力応用にとって、特に信頼性の点で大きな実績データになると思われた。説明によれば、日本のケーブルの多くがすでに築後 20-40 年経っており、新規切替時期に来ている。このチャンスに、場所と土地を新たにとらず、既存のケーブル管路に入れられる超電導化が進めば、相当な効果が得られる。



本庄氏 東電

[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

「HTS 冷却システムに関する講演および討論会」報告

公益社団法人 低温工学・超電導学会
コミュニケーション事業「HTS 冷却システム検討会」
主査 コールドテック代表 上岡泰晴

低温工学・超電導学会では、大学・研究機関と産業界の交流を促進し、新たな技術テーマの発掘を目的とした「コミュニケーション事業」を実施している。その一環として「65K 級冷凍・冷却システムの技術調査 (HTS 冷却システム検討会)」を発足し、HTS 機器の実用化に不可欠な冷凍・冷却システムに関する調査および多くの研究者が交流できる企画の検討が進められている。今回は冷凍部会と HTS 冷却システム検討会の共催企画として、検討会の紹介を行うと共に HTS 回転機および HTS ケーブルの実用化における競争力 (利点や今後の課題) の視点に立った講演、討論会が以下のように開催された。

「2013 年度第 5 回冷凍部会例会および HTS 冷却システム検討会第 1 回交流会」

日時：2013 年 10 月 29 日 (火)

場所：産業技術総合研究所 臨海副都心センター

講演：「HTS 冷却システム検討会活動報告とアンケート結果報告」上岡泰晴 (コールドテック)

「HTS 回転機の競争力と課題」 中村武恒 (京都大学)

「HTS ケーブルの競争力と課題」 淵野修一郎 (産業技術総合研究所)

討論会 司会：和久田 毅 (日立製作所)

1. HTS 冷却システム検討会報告

高温超電導応用機器 (HTS 応用機器) は、実用化まであと一步の所まで来ているが、その冷却システムは実験用の域を出ていない。実証試験と言われる装置に於いても、冷却システムは社会に受け入れられるようなものではなく、冷却実験用の装置である。これでは、HTS 応用機器の実用化が行えるものではなく、超電導の実用化を願っている社会の期待を裏切るものでしかない。そこで、本検討会の目的として、

- 1) 主要な超電導応用機器に対し最適な冷却システムを検討する。
- 2) 超電導機器に対応した冷凍機、ポンプ、クライオスタットを考える。

こととしている。

冷却システムに対する要求を調査するため、HTS 機器開発者約 80 名に対しアンケート調査を行った。回答は 10 件に過ぎないがケーブル、モータ、トランスについてはある程度の要求が出てきた。別途学会などに於いての個別の事情聴取を行い、アンケート結果以外の情報を得たが、冷却についての開発をしている機関は少ない状況である。また、冷却システムの仕様を検討しているかどうかに関わらずメーカーからの回答は企業秘密のため困難であった。全体として、冷却システムの仕様を考えている HTS 機器開発グループ、機関は少なく、検討はしていてもどのような仕様になるか解らないのが現状のようである。アンケート調査結果 (10 件の回答から) を以下に示した。

高温超電導応用機器の冷却装置仕様調査結果

冷却温度：65 K、45 K、25 K 冷凍能力：1 KW～50 KW (電力)、100 W～1 KW (モータ)

冷却形態：サブクール液体窒素 (電力)、伝導冷却、ヘリウムガス

圧力損失：0.02 MPa～1 MPa、消費電力：10 KW～100 KW、システム代表寸法：1 m～3 m

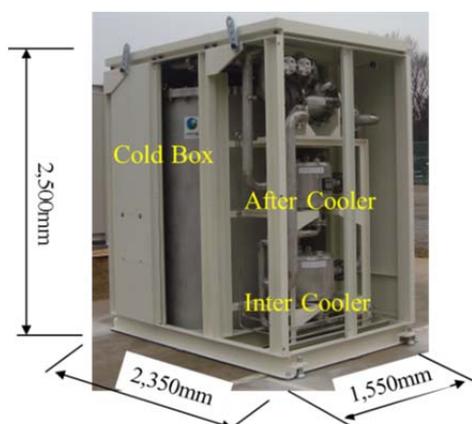
超電導 Web21

(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

メンテナンスインターバル：3～5年

冷却はサブクール液体窒素が多いが、伝導冷却、ヘリウムガス冷却も機器の形態によって採用されるようである。消費電力については比較的大きな容量が許容されていると感じられた。やはり実用化となると、メンテナンスインターバルが重要で3～5年と長期になっている。

冷却の構成主要機器は冷凍機、熱交換器、ポンプとクライオスタット（真空断熱容器）であり、クライオスタットは、それぞれの HTS 機器に対応しなければならないことは容易に解るが、その他の主要機器も最適化して対応したものでなければ、性能、安定性、寿命などの面から実用化には耐えられない。問題はこれら殆どの機器が HTS 機器実用化に対し最適化が検討されていないことである。以下に現状の比較的大型冷凍機、液体窒素ポンプの写真を示した。タービン式冷凍機は HTS 機器用に開発されたものであるが、他はポンプについても、従来からのもので、実用 HTS 冷却システムには耐えられない。



タービン式冷凍機（大陽日酸）



スターリング式冷凍機（Stirling 社）



液体窒素ポンプ（Berbar Nichols）



液体窒素ポンプ(大陽日酸)

討論会では、何よりもまず実証試験プロジェクトに於いてさえ冷却システムは実用化を考慮して製作された物ではないことが確認され、HTS 機器の実用化にはまだ時間がかかるものと思われる。ASC、CEC、EUCAS 等の国際会議に於いても、私的な議論などで HTS 機器冷却システムの早急な開発の必要性が言われているが、現実には数えるほどしか論じられていない。しかしながら、その重要性を論じるものは少なからず居り、小規模ながら HTS 冷却システムに特化した国際会議が必要であると感じられた。

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

2. HTS 回転機の競争力と課題

HTS 回転機を主にその競争力と課題についてまとめた。我が国の電力需要の 50 %以上がモータ駆動として消費されている。その中で大容量回転機の HTS 回転機への置き換えを目指した研究開発が一つの方向性である。また、可変速駆動による効率改善や省エネを目指した HTS 回転機の優位性に関しては、冷却効率を含めて示していくことが重要である。超電導特性は温度が低いほど上昇するが冷凍機 COP (冷凍効率) はその逆である。超電導機器の開発にはこの二つの特性のトレードオフを考えて回転機の運転温度を検討する必要がある。

3. HTS ケーブルの競争力と課題

HTS ケーブル開発の内外動向について、17 のプロジェクトを紹介し、HTS ケーブルの利点と課題を述べた。超電導でなければならないという状況でなければ、電力会社としてはコスト的に採用は困難という見方を示している。しかしながら電力大口ユーザーであればランニングコストの低減、省エネ効果の向上によって競争力が生じれば採用の可能性はある。そのためには冷凍機への熱負荷の低減、冷凍機、液送ポンプを主体とした冷却システムの効率向上が課題である。

以上、主に HTS 冷却システム検討会の活動内容について報告したが、HTS 回転機および HTS ケーブルの報告でも、その冷却が HTS 機器の効率、ランニングコストなどで重要な課題である事を述べている。今後 HTS 冷却システムの開発が迅速に進み HTS 応用機器が早く社会に役立つようになって欲しいと考える次第である。

[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

「7th East Asia Symposium on Superconductive electronics (EASSE)」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 物性・デバイス研究部
主任研究員 塚本 晃



EASSE は2年ごとに東アジアの国々で持ち回りで開催されており、今回は台北で開催された。会場は台北の中心に近い位置にある国立台湾師範大学で10/23-26の4日間開催された。次回は韓国の KRISS がホストで開催予定である。参加者は約90名で、50件の口頭発表と30件のポスター発表が行われた。分野別にみると SQUID 関連が39件と約半数を占めており、次にテラヘルツ、マイクロ波応用が19件であった。そのほかにデジタル応用、材料関係の発表が行われた。ここでは SQUID 関連について報告する。

台湾は SQUID の研究が非常に活発である。生体磁気計測、低磁場 MRI、バイオ計測など医療バイオ関連の研究を精力的に進めており、大学、大学病院と連携してベンチャー会社 (MagQu Ltd.) が迅速に製品化できる体制を構築している。今回、LTS-MCG システムを用いた臨床研究の結果、HTS-SQUID を用いた AC 磁化率計測法による血液検査によるアルツハイマー病の早期診断、低磁場 MRI によるイメージングや腫瘍検出に関する発表などがあった。

クラーク教授 (UCB) から超低磁場 MRI による頭部イメージングに関するプレナリー講演が行われた。130 μT で測定された頭部の画像データが報告され、課題となっている空間分解能の改善と測定時間短縮に向けての取り組みが紹介された。KRISS (韓国) からは、彼らが期待している超低磁場 MRI による Biomagnetic Resonance に関する発表が行われた。超低磁場では NMR 信号の周波数と生体磁場の周波数が重なるため、生体信号の共鳴吸収が期待できるとのこと。

現在最も高感度な HTS-SQUID を作製している IPHT (Jena) の Faley 氏からステップエッジ接合の作製プロセスに関する発表があった。MgO 基板上にホモエピタキシャル層を形成することで表面にステップを生成させ、ステップに沿った配向成長 (グラフィオエキタキシー) を利用して面内配向が揃った高 $I_c R_n$ のステップエッジ接合を形成しているとのことであった。

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

ISTEC からは HTS-SQUID を用いた地震磁気観察システムと非破壊検査用に開発された HTS-SQUID モジュールの高性能化に関する発表が行われた。地震磁気観察システムでは、地震の揺れが届く前に地殻の変動により生じた地磁気の変化を明瞭に検出できていることが報告され、日本と同様に地震が多い台湾の研究者が高い関心を示した。

SQUID を利用した脳機能研究に関して、台湾師範大学の Chan 氏から中国語の助数詞（数詞に結びつけられる匹や頭など）の正誤判定プロセスにおいて、脳波計測ではとらえられなかったより早い時刻での判断プロセスが起きていることを脳磁計測で明らかにできたことや、北大の横沢先生から、問題に対して誤答する場合は、脳磁信号に変化が現れており、事前に正誤が判定できるなど興味深い内容が報告された。

また、台湾の北西部に位置する新竹科学園区にある国家同步輻射研究中心（シンクロトロン放射光研究施設、蓄積エネルギー1.5 GeV）を見学した。新竹科学園区は国立の研究機関や、清華大学、交通大学などが林立している地区で、日本の筑波研究学園都市のような場所であった。国家の発展に対する科学技術への期待の高さを強く感じた。

[超電導 Web21 トップページ](#)

【隔月連載記事】

医療用加速器と超電導 (その6)

京都大学
大学院工学研究科
教授 雨宮尚之

5. 粒子線がん治療装置の加速器への高温超電導電磁石の応用に向けた研究開発

5.1 低温超電導に比した高温超電導の利点と課題

4章で説明したように、陽子線がん治療装置のサイクロトロンや重粒子線がん治療装置の回転ガントリーに低温超電導電磁石を応用した例はある。しかし、一般論としては、低温超電導電磁石を液体ヘリウムにより冷却した場合、冷却システムが複雑になること、装置を休止しての定期点検などについて厳しい法規制があることなどが普及の妨げになることも否定できない。比較的高い温度領域で運転可能な高温超電導電磁石を応用できれば、本質的には冷凍効率も高くし得る上、冷凍機による直接伝導冷却も可能なこと、物質の比熱が大きくなり超電導安定性も向上し得ることなどから、超電導化の敷居を低くできる可能性がある。

しかし、高温超電導電磁石を加速器に応用した例はなく、技術課題も多い。例えば、加速器用の超電導電磁石のコイルは鞍型などの3次元形状をしている場合が多く、高温超電導線で作ったこのようなコイルの実用化例は存在しない。薄膜線材における層間剥離の問題が複雑な形状のコイルで、より深刻になる可能性もある。また、Bi2212線材を以外のRE123系線材やBi2223線材はテープ形状をしており、そのテープ面内に誘起される磁化電流（遮蔽電流）が加速器用電磁石において重要な磁場精度を損なう可能性がある。

5.2 重粒子線がん治療装置の加速器への高温超電導電磁石応用に向けた取り組みの概観

粒子線がん治療装置の中でも、重粒子線がん治療装置に高温超電導電磁石を応用して、装置の小型化と省エネルギー化をはかるための研究開発が日本で開始されている。小型化に関しては、銅電磁石を使った「普及型」と呼ばれる装置の円形加速器の半分である周長30mが一つの目標とされている。この程度まで小型化できれば、施設全体で見ると、回転ガントリーや電源室、治療室などの面積に比べて円形加速器の設置面積は気にならないようになり、これ以上の小型化の必要性は低いとも言われている。

重粒子線がん治療装置には、これまでシンクロトロンが用いられてきた。シンクロトロンは強く集束された粒子ビームが得られ、また、電磁石も小型で済む。その一方で、本質的に発生磁場を時間的に変化させる必要があり、このときに超電導線において発生する交流損失や複雑な線材磁化の振る舞いが、高温超電導電磁石の応用に向けての技術的課題となり得る。陽子線がん治療装置でよく用いられるサイクロトロンは、直流電磁石で実現でき超電導との整合性が高い点がメリットである。その一方で、出射ビームのエネルギーの変化が困難でスポットスキンのような高度な治療に不向きなこと、弱集束の加速器でありビーム損失が大きいことなどがデメリットである。FFAG加速器は、粒子線がん治療装置への実績はなく、高繰り返しパルスビームであるため治療計画を含め研究開発が必要ではある。しかし、直流電磁石でシンクロトロンのような強集束が実現でき、また、ビームエネルギーの変化も可能であることがメリットである。表5-1に、重粒子線がん治療装置への適用の観点からの各種円形加速器の比較をまとめた。

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

表 5-1 重粒子線がん治療装置への適用の観点からの各種円形加速器の比較

	サイクロトロン	シンクロトロン	FFAG 加速器
出射方式	連続取り出し	遅い取り出し	速い取り出し (遅い取り出しも可)
エネルギー調整	減速板で調整	RFパターンと励磁磁場で調整	キッカー蹴り角とタイミングで調整
連続照射	連続照射可能	蓄積粒子数と照射強度で制限	繰り返しを上げれば連続照射可能
照射強度調整	イオン源へのフィードバック等	出射機器へのフィードバック等	イオン源へのフィードバック等
照射強度安定性	一定磁場のため擾乱は少ない	チューン変化に対して不安定	一定磁場のため擾乱は少ない
照射位置安定性	一定磁場のため擾乱は少ない	ヒステリシスや渦電流の影響有	エネルギーによって出射角の調整が必要
ビームロス	出射時および減速時にロス	入出射時にロス	必然的なロスポイント無し
照射スポットサイズ	減速板で広がる	ビーム光学設計で調整可能	ビーム光学設計で調整可能
高速ビーム社団・再開	チョッパーにより制御	高速四極電磁石により制御可	キッカーにより制御可

これまで、重粒子線がん治療装置への高温超電導適用を目指した研究開発は、直流電磁石で実現できる FFAG 加速器とサイクロトロンを中心に進められてきた。しかし、シンクロトロンも、交流損失や線材磁化の問題が解決されれば、蓄積エネルギーの小さな超電導電磁石で実現できることと重粒子線がん治療には実績があることから、今後の研究開発が期待される。今年度から開始された経済産業省の高温超電導コイル基盤技術開発プロジェクトにおいては、シンクロトロンの高温超電導化も視野に入れられている。

5.3 JST 科学技術振興機構戦略的イノベーション推進プログラム (S-イノベ) における取り組み

5.2 で概観したうちの取り組み例として、ここでは、JST 科学技術振興機構戦略的イノベーション推進プログラム (S-イノベ) の課題 (プロジェクト) 「高温超伝導を用いた高機能・高効率・小型加速器システムへの挑戦」(固有名詞なので「超伝導」という綴りを使用) について紹介する。このプロジェクトは、京都大学 (大学院工学研究科、原子炉実験所)、東芝、高エネルギー加速器研究機構、放射線医学総合研究所、日本原子力研究開発機構のメンバーから構成されるチームにより推進されている。「機能結合型・高効率加速器用高温超電導マグネット技術」を確立し、FFAG 加速器を想定したモデルマグネットで確立した技術を検証し (ステージ I、II)、モデルマグネットをスケールア

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

ップしてプロトタイプマグネットを製作し、これに実際にビームを通し、加速器用電磁石としての機能を実証しようとするものである（ステージ III）。直流・非線形分布磁場電磁石、台形／スパイラル・3次元／ネガティブバンド形状巻線が技術的特徴であり、1 T 未満級の小型電磁石であるもののビーム誘導特性試験までを目指している。

*注 本稿全体では、「電磁石」という用語でなるべく統一しているが、上記の S-イノベのプロジェクトの記述に当たっては、同プロジェクト内での用語「マグネット」をそのまま用いた。

[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

読者の広場

Q&A

Q : 「今年は、中国ばかりか日本でも食に関するニュースが多かったですが、特に、加工された食品に使われた食材の産地判定や種類判別は難しいものがあるように思えます。超電導でこうした食品検査が可能でしょうか？」

A : 結論から言いますと、超電導による食品検査や産地判別などは可能です。超電導を精密な磁場発生に使った核磁気共鳴 (Nuclear Magnetic Resonance, NMR) 装置は、化合物の分子構造や物性の解析を行うことができます。分子構造、分子間や分子内相互作用、分子の運動性など有用な情報が得られるため、生命科学、化学、医薬品開発、材料科学といった幅広い分野で利用されていますが、食品検査、開発にも使われています。

最近、NMR メーカーの大手であるブルーカー社はワイン検査用の NMR を売り出しています¹⁾。商品名はその名も“WineScreener”と言います。ワンタッチ操作で、ブドウ品種、産地 (地方、畑など)、収穫年などがわかります。開発には、5000 以上のワインを 15 か月間調べて、本 NMR 装置“WineScreener”の分析データを集めたようです。同社では、そのほかジュースやピューレの分析ができる“JuiceScreener”も売り出しています。

また、国内 NMR 大手の日本電子からは、NMR を使った蕎麦の成分分析の結果が報告されています²⁾。これは、特定の成分の分析例ですが、将来、上記ワインのように事前に多数の蕎麦種の成分の特徴をデータベース化し、比較検討すれば、表示内容と実際の食材の検査は、蕎麦でも可能になるでしょう。

NMR は分子構造のわずかな違いを判別できるので、NMR スペクトルを指紋のように利用することが可能です。日本分析機器工業会のホームページ³⁾には、この NMR 信号を用いたオレンジジュースの産地判別例も示されていますので、参考にしてください。

食品の産地や成分、加工状態などを正しく把握することは、食品加工業者、食事提供者や我々消費者にとって重要な課題です。超電導がこうした分野にも役立つことを願っています。

参考文献

- 1) <http://ir.bruker.com/phoenix.zhtml?c=121496&p=irol-newsArticle&ID=1810498&highlight>
- 2) <http://www.j-resonance.com/application/?appid=NM-100008>
- 3) <http://www.jaima.or.jp/jp/basic/magneticresonance/nmr.html>

回答者：公益財団法人 国際超電導産業技術研究センター
線材・パワー応用研究部兼普及啓発・国際部 特別研究員 山田 穰

[超電導 Web21 トップページ](#)