

掲載内容 (サマリー):

トピックス

第 12 回国際超電導産業サミット開催

標準化特集

長村光造教授、経済産業大臣賞授賞

標準化戦略の中の超電導

超電導標準化の現状と展開

研究開発プロジェクトと標準化との一体的推進の現状

超電導関連 11 - 12 月の催し物案内

新聞ヘッドライン (9/18-10/17)

超電導速報 - 世界の動き (2003 年 9 月)

標準化活動 - 超電導関連国際規格改正各国コメント纏まる -

特許情報

低温工学協会講演会報告 - 超電導を用いた電力技術とその競合技術

KSS Meeting 2003 参加報告

EUCAS2003 に出席して

CCA2003 & EUCAS2003 報告

CEC/ICMC2003 報告

隔月連載記事 - パルス管冷凍機の誕生と変遷 (その 6 最終回)

読者の広場(Q&A)

Q1: 超電導電磁気応用関連で使われている単位でテスラ(T)やガウス(G)って何ですか?

Q2: バルク超電導磁石と通常の磁石では、どのような違いがあるのでしょうか?

[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

〒105-0004 東京都港区新橋 5-34-3 栄進開発ビル 6F

Tel (03) 3431-4002 Fax(03) 3431-4044

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。

第12回国際超電導産業サミット開催

平成15年9月21日～23日、ドイツ・カールスルーエにおいて、第12回国際超電導産業サミット (ISIS-12) が開催された。日米欧等から約30名が参加した。

米国ニューヨークを中心とした地域における大停電事故からほぼ1ヶ月後に今次会合が開催された。この停電事故は、電力に依存する現代社会の脆弱さを世界の人々に改めて強く印象付けるものであった。超電導技術は環境負荷が少なく、小型、高効率という点で優れていて、電力グリッドの大容量化、信頼性の向上に大きく寄与する技術である。会議ではこのような点が強く認識され議論が行われた。先述の大停電もあり、米国では電力グリッドの信頼性の向上の必要性がこれまでになく強く認識されたところである。今次会合においては、米国の超電導開発政府予算が次年度において増額される見込みであることが報告された。

会議においては、電力ケーブル、モーター、発電機、SMES、FCL、変圧器等の電力応用、MRI、心磁計やサイクロトロンを用いた陽子治療等の医療応用、SFQ、超電導ルーター・サーバー等の超電導エレクトロニクス、加速器のような基礎科学応用など幅広い分野で意見交換が行われた。

今次会合の大きな特徴は従来の日米欧各国に加え韓国からの参加があったことである。韓国では、科学技術省の下にCAST(Center for Applied Superconductivity Technology)を設立、2001～2003年をコア技術開発期、2004～2006年をPre-commercial期、2007～2010年を商業化時期と位置付け、10年間に毎年1000万ドル程度の投資規模で、電力応用からエレクトロニクスまで幅広い分野で超電導の研究開発を進めていることが紹介された。

次回会合は、米国フロリダ州ジャクソンビルで2004年10月頃開催される予定。

なお、(参考1)第12回国際超電導産業サミットコミュニケ(仮訳)及び(参考2)会合の構成を添付する。

(ISTEC 国際部長 津田井昭彦)

(参考1)第12回国際超電導産業サミットコミュニケ(仮訳)

サミット参加者は電力問題の解決に向け超電導技術が重要な役割を果たすものと期待。

*超電導技術は医療、環境、輸送、情報技術など幅広い分野においても産業の
進歩に大きな寄与。*

2003年9月21日から3日間、ヨーロッパ、米国、日本、韓国など世界の超電導の高いレベルの参加者がドイツ・カールスルーエ研究所における第12回国際超電導産業サミットに会した。会合は数百万の人々が電気なしの状態に追い込まれた米国東部の最近の大停電の約1ヵ月後に開催され、電気に完全に依存し密接に結びついている現在の発展した世界における電力網の脆弱さに強い懸念を示した。このことは、その後の9月のデンマーク、スウェーデン、イタリアで起こった大規模停電で再度証明された。会議参加者の課題は、会議参加者の国以外の地域においても電力が生活の質の向上に大きな寄与をしている今日、超電導技術がより確実に電力を供給することに寄与することが出来る日が一日でも早く来るようにどのような手順を踏めばよいかを評価することであった。

会議参加者は、超電導技術の最近の進歩が、送電網の容量と信頼性を増加させるためのコンパクト、高効率で環境にやさしい幅広い電力技術をいかに実現するかを議論した。これらは、開発、デモンストレーション・プロジェクトに対する適切な支援があればこの10年以内に社会の需要をみた

すことができるものである。会議では、例えば、制御性のよい地下送電ケーブル、モーター、発電機、シンクロナス・コンデンサー、変圧器、SMES、限流器が取り上げられた。このような技術は電気の利用やエネルギー需要の増加が空間的な制約や環境上の懸念と相容れなくなった時に重要な役割を果たすものと期待される。また、既存の、そして今後現れるであろう超電導応用は数多く、色々な産業分野にインパクトを与えている。情報技術から医療技術まで、電力応用技術から環境保護技術まで、基礎科学から輸送技術まで、超電導はそれではなければ実現できない色々なデバイスを可能にする。高エネルギー物理における CERN の大型ハドロン加速器建設の進捗状況、MRI 市場の健全な発展、携帯電話向け超電導フィルターの急速な展開、磁気浮上列車の着実な進歩などが報告された。心磁計やサイクロトロンを用いた陽子治療は超電導技術の医療分野への新しい寄与である。今回の会議においては、異なった分野の活動や進行中の国際協力が相互に依存していることが強調された。ライフサイエンスや情報技術のような分野では、技術進歩は材料技術や冷凍技術のようなキー技術に対する投資に大きく依存している。

幅広い可能性だけをとってもこの横断的技術に対して公的機関や私企業が支援をする十分な理由たりうる。しかしながら、電力応用はなお研究者や投資元の最大の関心事であり、送電網の信頼性にインパクトを与える費用対効果の優れた装置の開発のためにさらなる継続する公的な投資がすぐにでも必要である。会議参加者は、米国の政策担当者がこの点を認め米国における超電導の電力応用における次年度の投資が増加する見込みであることを知り心強く思った。

次回会合

ISIS-13 は、CCAS がホストとなり 2004 年 10 月フロリダ州ジャクソンビルで開催の予定（暫定的）。ISIS の主要なメンバー機関は超電導の完全な商業化という共通の目標をより近いものにするために可能なところで協力することを引き続き促進していく。

（注）CCAS : Coalition for the Commercial Application of Superconductors の略。
アメリカ合衆国における超電導の為に全国商業連合。

（参考 2）会議の構成

Opening

開会挨拶 P. Komarek, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Keynote Speech R. Penco, Chairman of CONECTUS

Session 1: Current Technological Development-Large Scale Applications

“Big Step to 21st Century’s Electric Transmission Network”
R. Hata, Sumitomo Electric Industries, Ltd.
“Status and Perspective of Large Scale Applications”
E. Masada, Tokyo University of Science
“New Perspective on Power Applications of HTS Wire”
J. Howe, American Superconductor Corp.
“Superconducting Cyclotron-Driver for Proton Therapy”
H.U. Klein, ACCEL Instruments GmbH
“Status and Perspective for Industrial LTS Large Scale Applications in Europe”
G. Grunblatt, Alstom Magnets and Superconductors S.A.
“European Developments in Europe”
H.W. Neumüller, Siemens AG

Session 2: Current Technological Development-Electronics Applications

“Recent Progress of HTS and LTS Devices in Japan”

S.Hasuo, SRL/ISTEC

“Status and Perspectives in the US”

C.Rosner, Cardiomag Inc.

Special Presentation

“Twenty-first Century Frontier Project for Applications of Superconductivity Technology in Korea”

M.Park CAST

Session 3: Awareness of Superconductivity: Public Relations & Governmental Contacts

“Awareness of Superconductivity in ISTEC”

O.Horigami, SRL/ISTEC

“Influencing Decision Makers: The CCAS Strategic Plan”

D.Andrews, Oxford Instruments Superconducting Technology

“Some Remarks on German & European Funding Policy”

P.Komarek, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH

Session 4: Steps toward Stronger International Collaboration

“Industrial Networking for European Research Facilities”

M.Gehring, Babcock Noell Nuclear GmbH

“Experiences with International Cooperation in ISTEC”

O.Horigami, SRL/ISTEC

“Some Remarks on International Collaboration”

C.Rosner, Cardiomag Inc.

[超電導 Web21 トップページ](#)

標準化特集

- 長村光造教授、経済産業大臣賞授賞 -

2003年10月14日、京都大学長村光造教授が超電導分野における工業標準化事業の功労者として経済産業大臣賞を受賞した。授与式は、大手町 JA ビル JA ホールでの「標準化と品質管理全国大会」の冒頭、経済産業大臣中川昭一代理の同省産業技術環境局長中川洋氏によって執り行われた。この授与式では、工業標準化事業功労者30名に合わせて、工業標準化貢献事業者4団体・1企業、(財)日本規格協会標準化文献賞4名及び標準化貢献賞1団体もそれぞれ受賞した。

長村光造教授は、昭和61年から17年間に亘り、超電導分野におけるわが国の超電導標準化及びIEC(国際電気標準会議)/TC90(超電導)国際標準化に対して、IEC/TC90国内技術委員長、同WG5コンビナー、同WG2コ・コンビナー、JIS原案作成委員長を勤められるなど、超電導関連規格化、それらのメンテナンス及び超電導関連製品への反映に多大な貢献をなさいました。今回の受賞は、超電導標準化に係わる関係者一同の誇りとするところであり、同教授には今後継続したご尽力をお願いしたい。



このたび、図らずも過分の荣誉に浴することになりました。想えば国内における超電導の標準化作業は(財)大阪科学技術センター附属ニューマテリアルセンターにおいて1986年に工業技術院委託石油代替電源用新素材標準化研究委員会/超電導材料分科会としてスタートしました。その後、国際的な動きとして1990年に国際電気標準会議(IEC)の技術委員会TC90(超電導)が設立され我が国が幹事国を引き受け、関根泰次委員長のもとに国内技術委員会が発足しました。これまでに我が国の関係機関から提出された原案をもとに用語規格1件と試験規格12件が国際標準として承認され、それをもとにJIS規格5件が成立しております。このような大きな成果が挙げられたのも永年にわたり超電導標準化と一緒に取り組んで頂きました委員の皆様全員の、また事務局の多大なご尽力のお陰であり、このたびの表彰は関係者全員に対するものであると考えております。超電導材料はエネルギー、情報処理、宇宙、医療等様々な先端技術開発の鍵を握るもので、産業が21世紀に向けて発展していくうえで最も重要な手掛りとなるものであり、今後の発展に標準化の仕事を通していささかでも寄与してゆくことを心新たに、お礼の言葉に代えさせていただきます。

(編集局 田中靖三)

[超電導 Web21 トップページ](#)

標準化特集

- 標準化戦略の中の超電導 -

経済産業省産業技術環境局
標準課産業基盤標準化推進室長
岩永 明男

1995年に発効したWTOのTBT(Technical Barriers to Trade)協定や政府調達協定で、参加国の法律・規格・政府調達基準は国際規格を基礎として用いることが義務づけられており、ISO、IEC等の国際標準の獲得は世界市場を制するほどの影響力がある。

このため、ISO、IECでは国際標準の獲得競争が熾烈になっており、圧力容器、溶接など複数の技術分野で特に欧州圏と日米を初めとする非欧州圏の間で対立構図が生まれ、上層委員会(TMB等)で裁定されているケースもでていいる。これらの状況を背景に、ISO、IECで最近注目を浴びているのが「Global Relevance(世界適合性)」という考え方である。これは、これまでの規格開発が欧州主導で進められたという反省にたち、「世界規模で受入可能な国際規格の開発を行う」という主旨のものであり、性能規格の開発、気候やその他の条件による本質的な相違は国際規格の中に含むことができる等の内容となっている。基本原則は既に決定されており、現在更に詳細な事項を検討中である。我が国としても自国技術を国際規格にする、または最低限国際規格から自国技術が排除されない、という戦略でこれらの新たな制度を活用して国際標準対応に努力していくことが重要と考えられる。

次に国内の動向に目を移すと、まず、産業競争力強化が重要な政策目標として位置づけられており、政府においても昨年12月には「産業発掘戦略」、本年6月には「知的財産戦略」が公表されたことは周知のとおりである。特筆すべきは、その政策ツールとして国際標準化があげられており、例えば「知的財産戦略」では、優れた研究開発成果を出し特許を獲得したとしても、国際標準の中にその技術が取り込まれないと世界市場で実用化されないとの認識を示し、研究開発、知的財産権取得、標準化の一体的推進に取り組むべきとしている。

このような内外情勢を受け、経済産業省では、従来のアジアとの連携等による国際標準化の支援ツールに加えて、研究開発機関による研究開発プロジェクト等における標準化の取り組みを強化するツールを新たに予定しているところである。JIS制度の中でも、国際標準の獲得を目指してフォーラム規格を活用した国際規格提案ルートの整備、規格原案の迅速かつ効率的なJIS化体制の構築を本年11月から立ち上げるところである。更に、来年2月を目途に技術分野別の中長期的な国際標準化戦略をまとめたアクションプランを策定することとしている。

さて、超電導技術分野の国際標準化に目を転じると、IECではTC90が活発に活動しており、我が国もTCの幹事国や6つのWGの主査を務め、我が国提案等によるIEC規格が既に13件制定されるなど極めて積極的に貢献している。今後は、上述の内外標準化情勢を勘案しつつ、我が国超電導技術の国際市場獲得を目指し、試験方法のみならず製品規格の国際標準化提案を積極的に行うなどの対応が必要と考えられる。

[超電導 Web21 トップページ](#)

標準化特集

- 超電導標準化の現状と展開 -

1. 超電導標準化を取り巻く環境

わが国の超電導標準化活動は、わが国が幹事国である IEC (国際電気標準会議) /TC90 (超電導) を基軸として 17 年間継続して推進されている。すでに IEC 規格 13 件及び JIS 規格 5 件が発行され超電導関連技術開発及び関連産業界に貢献している。この間超電導を取り巻く環境は、MRI、NMR などの超電導市場の穏やかな展開と相俟って、研究開発中心から技術開発及び市場開拓へと移りつつある。かかる環境を背景として、超電導標準化活動もその戦略を見直し関連市場にも視点を向けた標準化対象の選定が必要となっている。

2. 超電導標準化戦略 3 本柱

わが国の超電導標準化戦略は、これまでの超電導関連用語規格、試験方法規格などの基本規格を対象として活動が見直され、わが国の標準化戦略に則ったつぎの 3 本柱が平成 13 年(2001 年)に確認された。

- (1)超電導応用分野の共通市場適合性確保
- (2)IEC/TC90 を基軸とした国際標準化活動の推進
- (3)標準化活動と研究開発プロジェクトとの一体的推進

3. これまでの標準化活動の成果

17 年間の超電導標準化活動によって、つぎの IEC 規格 13 件及び JIS 規格 5 件が発行された。

(1)IEC 規格 13 件

超電導関連用語規格 1 件 : IEC 60050-815

試験方法規格 12 件 : IEC 61788-1, IEC 61788-2, IEC 61788-3, IEC 61788-4, IEC 61788-5, IEC 61788-6, IEC 61788-7, IEC 61788-8, IEC 61788-10, IEC 61788-11, IEC 61788-12 及び IEC 61788-13

(2)審議中の IEC 規格 1 件 : IEC 61788-9; バルク超電導体の捕捉磁束密度試験方法

(3)JIS 規格 5 件

超電導関連用語規格 1 件 : JIS H 7005

試験方法規格 4 件 : JIS H 7301, JIS H 7302, JIS H 7303 及び JIS H 7304

なお、これらの JIS 規格は、JIS 原案作成委員会において IEC 国際規格に整合した国家規格原案が作成され、日本工業標準調査会の審議を経たものである。

4. これからの 5 つの標準化活動

今後の超電導標準化活動は、つぎの 5 つに集約できる。

(1)現行規格の廃棄、改訂及び追補、いわゆるメンテナンス活動

2003 年春 IEC 61788-1,-2,-3,-4,-5,-6,-7,-10 及び-12 の 9 件を対象とするメンテナンスチーム(WG)を編成し、メンテナンス活動が始動している。すでに日本、アメリカ、中国、イタリア、ポーランドから IEC 61788-1,-2,-3,-4,-6,-7 及び-10 の 7 件に対するコメントが寄せられている。

(2)超電導市場に適合した規格化の推進

現在の超電導市場は MRI、NMR などの限られた分野で着実な市場展開がなされ、すでに 3,500 億円の規模に成長している。これらの分野には主に低温超電導材料が適用されているが、近い将来高温超電導材料の適用に伴う市場拡大に大きな期待が寄せられている。

(3)国際標準化の基軸をなす IEC/TC90 活動推進

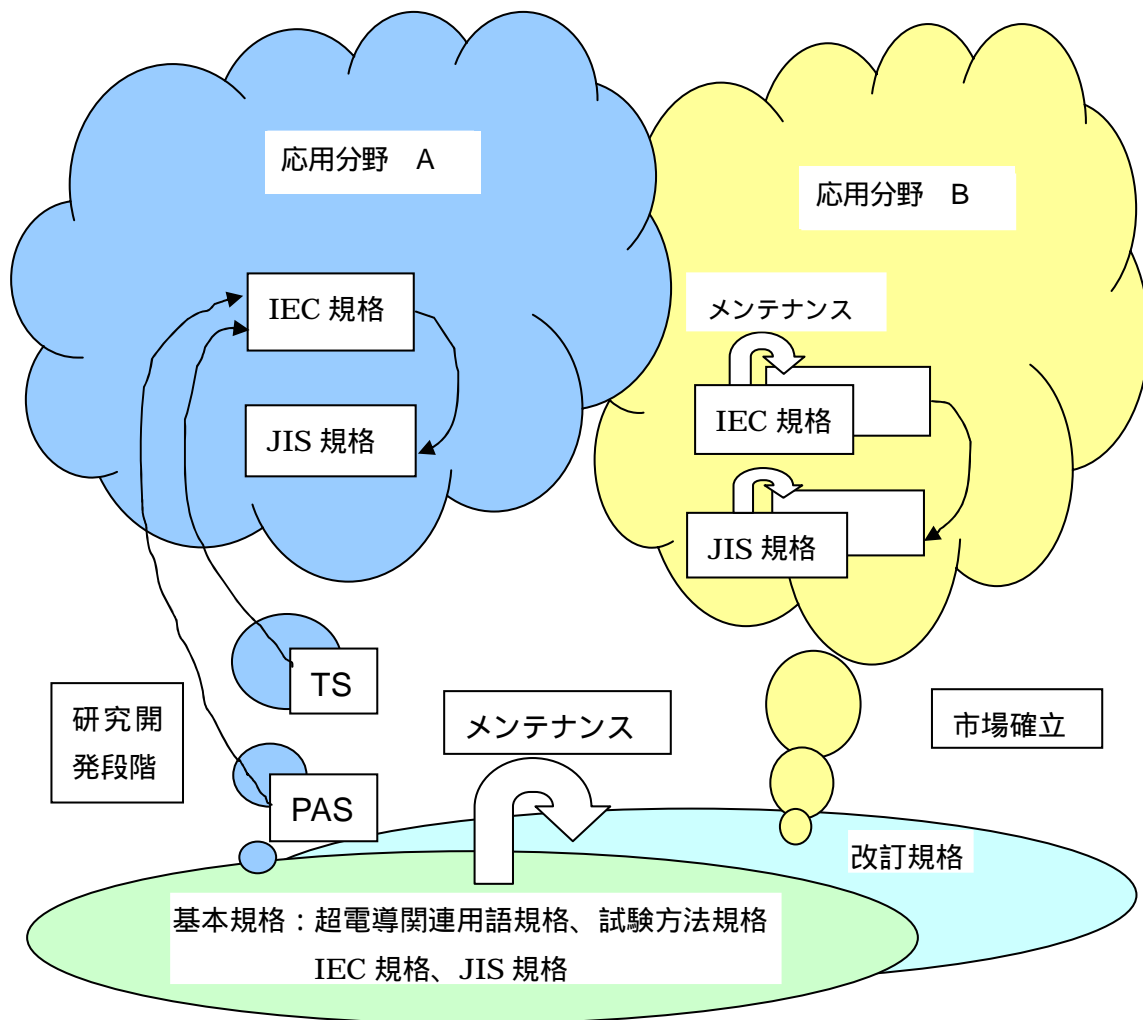
IEC/TC90 は、幹事国を日本、議長国をアメリカ、投票権のある参加国(P-メンバー)をオーストラリア、中国、フランス、ドイツ、イタリア、日本、韓国、ポーランド、ルーマニア、ロシア、トルコ、アメリカ及びイギリスの 13 カ国とする体制での継続的な活動が必要である。

(4)研究開発プロジェクトの成果を公開仕様書、技術仕様書などへ規範文書(規格)化

研究開発プロジェクトの成果を万国共有の財産とする手段として、公開仕様書(PAS)、技術仕様書(TS)などへ規範文書(規格)化することが推奨されている。

(5)IEC/TC90 超電導委員会を基軸とした超電導標準化推進体制の強化

IEC/TC90 超電導委員会は、齊藤茂樹(ISTEC 専務理事)を委員長とし、関連 12 団体の協力のもとで運営されている。この委員会のもとに技術委員会(委員長京都大学長村光造教授)及び JIS 原案作成委員会(委員長京都大学長村光造教授)が置かれている。これらの体制の強化を図り、国際的な標準化組織を機能化することが望まれる。



(編集局 田中靖三)

[超電導 Web21 トップページ](#)

標準化特集

- 研究開発プロジェクトと標準化との一体的推進の現状 -

研究開発プロジェクトと標準化との一体的推進は、わが国における超電導標準化戦略の3本柱の一つである。この戦略に沿った標準化活動は、すでに平成14年度から開始されており、「超電導電力貯蔵システム技術開発」、「超電導発電機基盤技術開発」、「交流超電導電力機器基盤技術研究開発」、「超電導応用基盤技術開発」などの研究開発プロジェクトとで推進されている。この一体的推進活動で期待される成果は、研究開発プロジェクトの成果を国際的規範文書 PAS (公開仕様書: Publicly Available Specification) 及び国際的規範文書 TS (技術仕様書: Technical Specification) 原案の作成及び規格への反映である。なお、PAS 及び TS の詳細は、月刊「超電導 Web21」2003年9月1日号を参照されたい。

研究開発プロジェクトと標準化との一体的推進は、ISTEC が推進している各プロジェクトに係わる標準化のためのデータベース構築事業及び経済産業省委託「超電導電力機器基盤の標準化に係わる標準化調査」事業によっている。前者は平成14年度から、また後者は平成15年度からそれぞれ開始されている。後者の経済産業省委託事業は、前者のデータベース構築事業の成果を受け、ISTEC と IEC/TC90 とが連携した超電導技術調査委員会(委員長:京都大学教授長村光造氏)において PAS 原案及び TS 原案を作成することとなっている。

まず、「超電導電力貯蔵システム技術開発」プロジェクトとの標準化活動の進捗を述べる。

この活動の目的は、SMES 関連の標準化に係わるデータベース構築事業を受けて、超電導電力貯蔵装置 (SMES) 用超電導導体の PAS 原案を作成することにある。

平成14年度から実施している超電導電力貯蔵装置 (SMES) 用低温超電導導体のデータベースは、系統安定化用 SMES (100MW/15kWh 級) Nb-Ti 超電導導体及び負荷変動補償・周波数調整用 SMES (100MW/500kWh 級) Nb-Ti 超電導導体を対象に構築作業が進行している。また、このデータベースを受けた PAS 原案作成は、超電導技術調査委員会のもとに設置された SMES 分科会 (主査: KEK 教授新富孝和氏) で平成15年度から開始した。

次に、「超電導発電機基盤技術開発」プロジェクトとの標準化活動の進捗を述べる。

この活動の目的は、超電導発電機関連の標準化に係わるデータベース構築事業を受けて、超電導発電機用低温超電導導体の TS 原案を作成することにある。

平成14年度から実施している超電導発電機用低温超電導導体のデータベースは、70MVA 級、200MVA 級及び 600MVA 級 Nb-Ti 超電導導体を対象に構築作業が進行している。また、このデータベースを受けた TS 原案作成は、超電導技術調査委員会のもとに設置された発電機分科会 (主査: 電力中央研究所狛江研究所電気物理部長秋田 調氏) で平成15年度から開始した。

さらに、「交流超電導電力機器基盤技術研究開発」、「超電導応用基盤技術開発」プロジェクトなどの進捗に合わせて関連データベース構築事業及び規格化が進められている。これらの標準化活動の成果は、専門家同士のコンセンサスを得た規範的文書作成に留まらず、国際的な超電導関連技術開発の有効な刺激となって、結果的には超電導関連市場の発展に寄与しうるものと確信しており、関係各位のご指導とご協力が不可欠と考える。

(編集局 田中靖三)

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導関連 11-12月の催し物案内

11/5-7

第7回新磁気科学シンポジウム

場所：物質・材料研究機構（つくば市千現）

主催：新磁気科学研究会

e-mai: mfe@akahoshi.nims.go.jp

<http://akahoshi.nims.go.jp/mfe/>

11/22

「おもしろい超伝導技術と応用」

場所：いわき明星大学（いわき市）

主催：低温工学協会東北・北海道支部

e-mail: tknk@iwakimu.ac.jp

11/27

Superconductivity and the Electricity Supply Industries

場所：Savoy Place, London, UK

主催：IEE of UK

e-mail: announce@superconductivityseminar.co.uk

12/2

第3回材料研究会/九州・西日本支部合同研究会「各種超電導材料の最近の状況と今後の展望」

場所：島根大学（松江市）

主催：低温工学協会・同九州・西日本支部

e-mail: naoyuki@yamaguchi-u.ac.jp

12/3-5

2003年度秋季低温工学・超電導学会

場所：島根県民会館（松江市）

主催：低温工学協会/低温工学会

<http://akahoshi.nims.go.jp/jcryo/conference2.html>

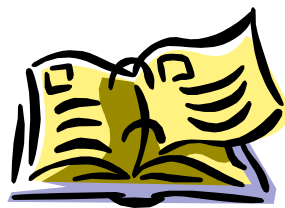
12/14-16

第1回応用超伝導・低温工学アジア会議

場所：Jiuhun Hotel(Beijing, China)

主催：韓国超電導・低温工学会、中国科学院

e-mail: s.fuchino@aist.go.jp



[超電導 Web21 トップページ](#)

新聞ヘッドライン (9/18-10/17)

で、どうなった？ リニアモーターカー 技術に自身も、コスト高 実用化めど立たず 9/22 毎日新聞

科学技術振興事業財団 29 領域から 107 件採択 戦略的創造研究推進事業 2003 年度研究者・研究課題 チーム研究：量子情報処理システムの実現を目指した審議技術の創出（超伝導量子ビットシステムの研究開発 蔡兆申 NEC）他、個人研究：量子と情報（固有ジョセフソン接合と超伝導共振器を用いた量子状態制御の研究 北野晴久 東大）他 9/22 日本工業新聞

シリコン化合物の超電導 温度差で仕組み解明 大阪市大、慶大など 9/24 日本経済新聞

愛 地球博 リニア「試乗」／・・・JR 東海リニア館 9/25 朝日新聞

「アメリカ大停電と超電導技術」 国際超電導研究所長 田中昭二 9/29 化学工業日報

中部電力技術開発本部特集 次世代技術を視野に開発加速 新規分野で積極攻勢 瞬低対策で超電導技術 小規模向けに無停電電源装置 9/30 日本工業新聞

極低温冷凍機事業 ダイキンから取得 住重機械工業 10/2 日本経済新聞

病院で爆発 8 人けが いわき MRI 交換作業中 10/4 朝日新聞(夕)、毎日新聞(夕)

いわき病院爆発 ヘリウムの気化が原因か 10/5 朝日新聞、毎日新聞、日本経済新聞、石油ショックから 30 年 エネルギー安全保障 つぎの目標は核融合 洗練された原子力体系へ前進 10/6 日本工業新聞

磁石の力で有機物分解 岩手農協チキンブーズ 新型の污水处理装置 10/6 日経産業新聞

超電導部材 樹脂に繊維混入 東洋紡 MRI の分解能向上 10/6 日経産業新聞

電中研 電磁界影響の研究紹介 11 月、東京でセミナー 10/6 電気新聞

MRI 開発原理ノーベル賞 がん診断・脳検査に貢献 医学生理学に英米の 2 氏 10/7 朝日新聞、読売新聞、日本経済新聞

石油ショックから 30 年 エネルギー安全保障 ITER 誘致 平和利用の先導役に 物質文明に心酔しすぎ 10/7 日本工業新聞

テクノフェア 2003 中部電力の最新技術ズラリ 家庭用コジェネから超電導まで 10/7 電気新聞

がんや脳患者 診断技術に革新 ノーベル医学生理学賞受賞 MRI 装置 水に着目 人体を画像化 基礎研究にも貢献大 10/8 朝日新聞

ノーベル物理学賞 米口の 3 氏授賞 超伝導研究 10/8 朝日新聞、日刊工業新聞、読売新聞、日本経済新聞

ITER 国内誘致 三法交付金の活用も コスト削減 文科省が検討 10/8 電気新聞

超電導で大規模 DB 核融合研などがネット公開 10/8 日本工業新聞、日刊工業新聞

超電導の効果にびっくり 電気学会関東支部 青少年化学の祭典に参加 10/9 電気新聞

働きやすい社会 キヤノン 健康管理 病院並み MRI 完備の診療所 10/9 日経産業新聞

陰に日本の研究者 今年の自然科学ノーベル賞 物理学 実証と理論で超電導リード 東大 田中、十倉教授ら・・・ 10/11 毎日新聞

医学・生理学賞「MRI 開発者は私」 ノーベル賞は間違いだ！ 10/11 毎日新聞、10/12 朝日新聞

[超電導 Web21 トップページ](#)

【ビジネストレンド】超電導速報 世界の動き (2003年9月)

電力

Nexans (2003年9月10日)

ドイツ連邦教育科学省の資金により実施された 1.2MVA 限流器の試験がマンハイムにある FGH(Research Association for High Voltage Technologies)及びカールスルーエの FZK で行われ、成功裡に終了した。限流器の超電導コンポーネントは Nexans によって設計製作された。上記試験は、18,000A の短絡電流及び雷の模擬パルス電圧 75,000V という条件で実施された。現在、Nexans は本年末を目途に 10kV ネットワーク用の 10MVA デモ機を開発している。このデモ機はドイツ電力会社の RWE により商用条件下での試験に供される。

(出典)

“Nexans designs the most powerful component for Superconducting Current Limiters world-wide”

Nexans press release (September 10, 2003)

http://www.nexans.com/dyn/site.php3?page_id=18

American Superconductor Corporation (2003年9月10日)

American Superconductor Corporation (AMSC)は、17 マイル長の高エネルギー加速器 LHC の建設に使われる電流リードデバイス用の 14,000mHTS 線材供給事業者選ばれたと発表した。CERN には次の四半期およびその次の四半期の 2 四半期に亘って出荷される予定。LHC 電流リード担当の研究者 Amalia Ballarino は、「AMSC 社の高品質な線材及び HTS 応用への色々な経験は、LHC の心臓部をなす何千という超電導磁石の信頼性と性能を確保するうえで重要な役割を果たす。」と語った。CERN が AMSC 社の線材を使って製造する電流リードは、600 ~ 13,000A クラスとなる予定。

(出典)

“American Superconductor Technology to Help CERN Explore the Mysteries of Matter”

American Superconductor Corporation press release (September 10, 2003)

<http://www.amsuper.com/html/newsEvents/news/106783295804.html>

Trithor and Synflex (2003年9月16日)

ヨーロッパにおける HTS 線材のリーディング・メーカーである Trithor 及び磁石用線材及び絶縁材料のリーディング・供給事業者である Synflex は、ヨーロッパの HTS 市場開拓に向けて協力していくと発表した。Trithor は HTS 線材とその応用に関し Synflex にノウハウを提供し、Synflex は Trithor にヨーロッパにおけるマーケティング、ロジスティック・ネットワーク、顧客に関する情報を提供する。(現在、Synflex は 4000 以上の顧客に 6000 品目以上の商品を販売している。)合意には、Trithor がヨーロッパで一連の HTS 線材応用製品を持って市場に参入することについて Synflex がこれに協力することが含まれている。

(出典)

“Synflex and Trithor Jointly Developing the European Motor, Generator, and Transformer Market for Superconductor Technology”

Trithor press release (September 16, 2003)

<http://www.trithor.com/?13>

American Superconductor Corporation (2003年9月18, 22日)

American Superconductor Corporation は、Mendota Hills, LLC (シカゴ近辺の風力発電システムデベロッパ) が同社の D-VAR® (Dynamic Volt-Ampere-Reactive)送電グリッド安定化システムを採用することになったと発表した。この D-VAR システムは無効電力の供給と電圧調整を行うが、これにより風力発電システムをイリノイ州の Commonwealth Edison 社送電グリッドに結合する時に求められる標準の仕様を満たすことができる。このシステムは 4MegaVAR の D-VAR 及び 2 つのキャパシタ・バンクから構成される。風力発電所は、12,500 世帯に供給可能な 40MW を発電する予定。ヨーロッパ風力発電連合によれば、世界の風力発電の規模は、2002 年の 31,000MW から、2010 年には 640%増加して 230,000MW に達すると予測している。

また、American Superconductor Corporation は、同 D-VAR システムがスコットランドのオークニー島にある電力グリッドの電圧調整に使用される予定であると発表した。地域送電会社である Scottish and Southern Energy (SSE)は、AMSC 及び英国の建設会社 Kelvin Construction Company と契約を締結した。SSE のシステム運用部長 Mike Barlow は、「American Superconductor Corporation は我々のグリッドを解析して、我々の必要としている事項に関してソリューションを提供してくれる。D-VAR システムにより、よりよく電圧変動からグリッドを保護し、今後増加が見込まれるオークニー島風力発電所からの電力供給量を問題なく増やしていくことができるようになる。」と語った。この D-VAR システムは、島に電力を供給する 2 本の 33kV 海底ケーブルの内 1 本が切れるといった緊急事態にも対応して島内の電力グリッドを保護すると同時に、風力発電所の変動する発電量という状況に対応してグリッドの安定化を図る。オークニー島のグリッドは現在 32MW の容量を持ち、10,000 戸以上の顧客に電力を供給している。風力発電所の発電能力は 25MW で、オークニー島及びスコットランド本土へ電力を供給している。SSE は、風力発電所の数が増加し、2004 年中にさらに発電量が 15MW 増加するものと見ている。

(出典)

“American Superconductor D-VAR® System to Ensure Transmission of Reliable Power for Illinois Wind Farm”

American Superconductor Corporation press release (September 18, 2003)

<http://www.amsuper.com/html/newsEvents/news/106783296908.html>

“American Superconductor D-VAR® Solution to Ensure Reliable Electric Power for Scotland's Orkney Islands”

American Superconductor Corporation press release (September 22, 2003)

http://www.amsuper.com/html/newsEvents/news/SSE_092203.html

Earth Institute at Columbia University (2003年9月23日)

コロンビア大学の研究者達は、「知的電力グリッド」開発のための特別チームを結成した。この「知的電力グリッド」は米国の将来のエネルギー及び安全保障の要求を満たすことのできる効率的な電力電送システムのことである。現在北米では 15 テラワット時にややかける程度の電力を年間消費している。この電力消費量は 2050 年には、この 2~3 倍の 30 テラワット時にまで増加するものと見込まれている。将来のグリッドシステムは、このような消費電力量の大幅な増加に対応する他、安全に対する脅威、外部からの攻撃、自然災害、故障に対して強固でなければならない。このため研究者達は、「知的電力グリッド」というフレームワークを考案したところであるが、テキサス及び米国北東部でその試験を実施したいと考えている。Lamont-Doherty 地球観測施設の Roger N. Anderson は、「我々は、新しい技術の必要性を政策、経済的インセンティブ、規則の変更といった中に盛り込んでいけるようにと考えている。これにより、新しい電力システムが実現する。計画では、新しい設計や革新技術を実用化するための国家的テストベッドをと呼びかけている。より知的で能力の高いシステムが、北米の将来の経済成長や活力にとって不可欠である。我々は、将来のグリッドのあるべき姿を示すためのデモンストレーション・プロジェクトを進めたいと考えている。」と語った。

(出典)

“Smart electric grid of the future is in development”

Earth Institute at Columbia University press release (September 23, 2003)

<http://www.earth.columbia.edu/news/2003/story09-23-03.html>

Intermagnetics General Corporation (2003年9月23日)

Intermagnetics General Corporation は、本年度第 1 四半期の収支結果を発表した。なお、これには期中の予定されていた MRI マグネット出荷の減少が反映されている。2003 年 8 月 23 日に終了する四半期の純収入は、前年同期の 370 万ドルに対し 26 万 2000 ドルであった。当期販売総額は前年同期 3520 万ドルに対し、2230 万ドル。MRI 磁石出荷の減少は、Intermagnetics の最大顧客である Philips Medical Systems との新型の磁石供給契約の結果生じたもの。この契約の中では、Intermagnetics はサプライ・チェーン・マネージメントに係るより大きな責任を負担することになっており、必然的に第 1 四半期の製品生産量及び出荷量が低下している。しかしながら、この契約により今後製品販売の機会は増えていくものと期待される。当期の MRI の売上は前年同期の 3030 万ドルに対し、1440 万ドルに低下しているが、機器事業部門の売上は前年同期比で 27%増加して 580 万ドルに達している。なお、両事業部門ともに利益を生み出している。エネルギー技術事業部門、SuperPower, Inc.は最近発表された連邦政府からの資金供給の約束もあって、収入が大きく伸びている。エネルギー省は、SuperPower が主導する高効率、高信頼性の電力電送システム開発プロジェクトに概ね 2000 万ドルの資金を提供することになっている。

(出典)

“Intermagnetics Reports First-Quarter Operating Results”

Intermagnetics General Corporation press release (September 23, 2003)

http://www.igc.com/news_events/news_story.asp?id=95

American Superconductor Corporation (2003年9月25日)

American Superconductor Corporation (AMSC)は、連邦エネルギー省送配電担当部門の超電導プログラムの一部として、Oak Ridge National Laboratory との間で資金提供契約を締結した。この契約による資金は、次世代 HTS 線材商品化に必要なより進んだ製造方法やより高い性能の線材を開発するために使われる。これはコストシェアリング・プログラムであるが、今後 3 年間で 250 万ドル提供される。連邦エネルギー省送配電担当部門長の Jimmy Glotfelty は、「高温超電導技術は 21 世紀の電力グリッドにおいて非常に重要な役割を果たすことになるものと確信している。この開発計画は、現在進行中の第 1 世代プロジェクトに続く数年先のロバストな第 2 世代 HTS 技術というものを確かなものにするために実施される。」と語った。AMSC はこの資金を使って、現行プロセスの線材幅 1cm を 4cm に増やすこと、100m 長の線材を製造することを目指す。この 4cm 幅のテープは HTS 線材の工業標準である 4mm 幅テープに裁断される。「wide-web coating」として知られるこの技術は、わずかなコスト増で複数の線材が製造でき、次世代線材商業化には不可欠な技術である。

(出典)

“American Superconductor Awarded Funding by Oak Ridge National Laboratory to Optimize Low Cost, High Volume Manufacturing of Future Superconductor Wire”

American Superconductor Corporation press release (September 25, 2003)

<http://www.amsuper.com/html/newsEvents/news/106783296916.html>

磁石

Oxford Instruments (2003年9月9日)

Oxford Instruments 及びフロリダ州立大学の研究者達は、複数の超電導磁石に関する世界記録をそのデモンストレーションの中で打ち立てた。20T の常電導磁石のボア中に BSCCO- 2212 テープのコイルを挿入し中央の磁界 25.05T を生成した。これは、超電導磁石で 25T を超える磁界を作り出した初めての例である。さらに、実用サイズのセラミック超電導磁石で 5T の磁場を付加したというのもこれまでの記録を破るものである。このコイルは Oxford Instruments が製造した全長約 2km、5mm × 2mm の多芯 BSCCO-2212 テープにより作られたものである。このテープは高温で高い性能を示し、低温高磁場下で優れた性能を示す。コイルは National High Magnetic Field Laboratory で組み立てられた。内部ボア径は 38mm であり、実用サイズとなっている。

(出典)

“Researchers Set New World Records for a Superconducting Magnet”

Oxford Instruments press release (September 9, 2003)

<http://www.oxford-instruments.com/OSTNWP703.htm>

Oxford Instruments (2003年9月19日)

Oxford Instruments Superconductivity は、8T 級、1.1m ボア超電導磁石を Grenoble High Magnetic Field Laboratory (GHMFL)に出荷した。この磁石を GHMFL が開発した常電導 32T 磁石とともに使うと 40T の磁界を発生することができ、連続運転ができる磁石としては世界で 2 番目に強力な磁石となる。この磁石は有機、無機材料の振る舞いを調べたり、自然界の本質的な法則を調べたりするのに使用される。Oxford Instruments は常電導磁石を収める 1.1m ボア、常電導磁石が故障した場合にかかる 700 トン以上の力に耐えることなど、磁石の製造に当たっては多くの課題に直面してきた。

(出典)

“A world first in magnet design”

Oxford Instruments press release (September 19, 2003)

<http://www.oxford-instruments.com/SCNNWP706.htm>

冷凍機

Oxford Instruments (2003年9月11日)

ストックホルムの Royal Institute of Technology の研究者達が、Oxford Instrument 社の KelvinoxAST ダイリユーション冷凍機を用いて超電導回路中の単一クーパー対の操作に必要な極低温を作り出している。回路に対し量子的な制御ができる測定システムでジョセフソン接合の容量を測定しているが、その研究結果は新しい電気標準や量子デバイスの開発に利用される。KelvinoxAST はソープション・ポンプ技術を利用しており He3 と He4 を混合して循環させる必要がないためユーザーにとってのメリットは大きい。冷凍システムは全自動化されており、研究者がより多くの時間を研究そのものに割けるように考えられている。

(出典)

“KelvinoxAST creates the right environment for quantum physics”

Oxford Instruments press release (September 11, 2003)

<http://www.oxford-instruments.com/SCNNWP704.htm>

通信

Superconductor Technologies Inc. (2003年9月9日)

Superconductor Technologies Inc. (STI)は、Carolina West Wireless 社（リピート顧客）がノースカロライナ西部の既存の 56 全ての基地局への STI's SuperLink™ Rx 受信機及び HTS-Ready™ Duplexers の設置に着手したと発表した。これは、同社が今年の秋から予定している CDMA サービスに対応するためのもの。STI 社の Superlink 製品を採用することにより Carolina West Wireless 社は既存の基地局に新たなアンテナを設置せず、既存の従来サービスに利用しているアンテナを共用することが可能となる。Carolina West Wireless 社は建設中又は計画中の新しい基地局にも Superlink 製品を採用する予定である。これは、既存サービスに CDMA サービスを付加するために STI 社の製品を採用した初めての例である。発注額は明らかにされていない。

（出典）

“Carolina West Wireless to Deploy SuperLink(TM) Solutions by Superconductor Technologies Enabling CDMA Overlay and Network Upgrade”

Superconductor Technologies Inc. press release (September 9, 2003)

<http://ir.thomsonfn.com/InvestorRelations/PubNewsStory.aspx?partner=5951&storyId=93819>

ISCO International, Inc. (2003年9月19日)

ISCO International, Inc.は、新しい RF(2)™ 製品を発表した。RF(2)™ は無線通信や無線地上局の性能改善により培われた同社の経験に基づくリバース・リンク低雑音フロントエンド・システムである。RF(2) は全ネットワークに配備して機能するように設計され、基地局のカバレッジを拡大し、デッド・ゾーンをなくし、結果として接続の失敗やドロップ・コールの数を減少させる。この製品群は、HTS ソリューションを含む他のフロントエンド製品に対して十分競争力を持っており、それはコストの面でも同様である。現在進行中のフィールド・テストにおいても、ずっと高価な HTS システムとほぼ等しいネットワーク性能の改善が見られる。RF(2) は HTS フィルターより小型でかつ軽い。同社社長 Amr Abdelmonem は、「デシベル当たりのコスト改善や設置の容易さメンテナンス不要なことを考えれば RF(2) は非常に優れている。

このような利点があり、かつ冷凍機不要で、可動部が存在しないため、RF(2) は HTS のような他のリバース・リンク・システムに対して高い競争力を持つと言える。

（出典）

“ISCO International Announces Launch of RF(2) Product Line”

ISCO International, Inc. press release (September 19, 2003)

<http://www.iscointl.com/>

ISCO International (2003年9月23日)

ISCO International 社は、Superconductor Technologies, Inc (STI) の特許侵害に対し控訴した。当初の評決は 2003 年 8 月 21 日に裁判所によって覆され、STI 社の訴訟に係る損害及び弁護士費用の支払い請求は棄却された。しかしながら、特許が無効であること不法行為のため特許に強制力はないことの評決については覆されなかった。ISCO International 社は特許は正当なものであり、強制力を持つという主張を変えていない。

（出典）

“ISCO International Announces Appeal Filing in Patent Litigation against Superconductor Technologies, Inc.”

ISCO International press release (September 23, 2003)

<http://www.iscointl.com/>

Superconductor Technologies Inc. (2003年9月26日)

Superconductor Technologies Inc. (STI) は、ISCO International によって起こされた特許侵害訴訟に関

連して受けた被害で、陪審に賠償が認められ（その後裁判所に棄却され）た 380 万ドルの損害賠償は正当である旨の訴えを起こした。STI 社は訴訟に要した費用についても弁償すべきであるとしている。8 月、裁判所は ISCO の特許は無効であるという評決を覆すようにとの同社の請求を棄却し、不法行為のため特許に強制力はないことを認めた。しかしながら、裁判所は ISCO の非公正競争とか悪意に関する評決を覆し、STI 社が蒙った損害や訴訟費用の弁償は不要であるとしたため、同社は当該部分について控訴した。STI 社は当初の評決は正しいものであると控訴審を通じて主張していく。

（出典）

“Superconductor Technologies Inc. Files Cross-appeal in '215 Patent Infringement Lawsuit”

Superconductor Technologies Inc. press release (September 26, 2003)

<http://ir.thomsonfn.com/InvestorRelations/PubNewsStory.aspx?partner=5951&storyId=95159>

(ISTEC 国際部長 津田井 昭彦)

[超電導 Web21 トップページ](#)

標準化活動 11月のトピックス

- 超電導関連国際規格改正各国コメント纏まる -

2003年5月16日から回付されていた IEC (国際電気標準会議) / ITC90 (超電導) 7 規格のメンテナンスに係わるコメント用審議文書 90/142A/DC に対する各国のコメント及び各ワーキンググループ WG の専門家の更新が同9月26日で締め切られ、国際幹事によって次のように集約された。

また、国際幹事より、今後これらのコメントに対する判断を国内 WG で審議し、国内技術委員会にて承認後、国際 WG で討議を反映した改正原案を作成するよう指示された。この後、この改正原案及び WG 更新組織を網羅したメンテナンスサイクルレポートが作成され、国際的な審議に付される予定である。

[1] 主要なコメント

日本、中国、イタリア及びポーランドから DC に対するつぎの追加コメントがあった。なお、アメリカ、ドイツ及びフランスからのコメントは無かった。

(1) IEC 61788-1, WG2 (Nb-Ti 複合超電導導体の I_c 試験方法)

日本：ローレンツ力の inward 及び outward の確認、用語 three-component superconducting wire 追加、試料調整作業中の温度上昇注意喚起など

中国：Cu/Cu-Ni/Nb-Ti, Cu-Ni/Nb-Ti へのスコープ拡張、U-I 表示、指数関数の I_c 近傍限定など

ポーランド： I_c 基準の追加など

(2) IEC 61788-2, WG7 (Nb₃Sn 複合超電導導体の I_c 試験方法)

日本：one-mandrel 法を新 annex D に記載など

中国：スコープにおける試料冷却の表現明確化、指数関数の I_c 近傍限定など

(3) IEC 61788-3, WG3 (銀シース Bi 系導体の I_c 試験方法)

中国：ウイークリンクの記述を明確化、スコープにおける試料冷却の表現明確化、 I_c 基準の変更提案、Ag and/or Ag alloy の復活、指数関数の I_c 近傍限定など

(4) IEC 61788-4, WG4 (Nb-Ti 複合超電導導体の残留抵抗比試験方法)

中国：4 節の "resistance" 及び "voltage" の表現再検討、A.1 節の "resistivity" 及び "RRR" の表現再検討、A.1 節の 4th 小節 (COV · · ·) 削除、新 A.5 節に RRR の曲げ歪効果補正方法追加など

(5) IEC 61788-6, WG6 (Nb-Ti 複合超電導導体の室温引張試験方法)

日本：Cu/Cu-Ni/Nb-Ti、Nb₃Sn 並びに銀シース Bi 系導体にスコープ拡張など

(6) IEC 61788-7, WG8 (表面抵抗試験方法)

日本：温度領域 30K から 80K 以外の記述、Fig.5、Fig.A.3 並びに Fig.A.4 更新、新規 closed-type 共振器用 mode chart (TE₀₁₁ 及び TE₀₁₃) 追加など

中国：coupling structure の詳細な記述例の提案、高周波側 (たとえば 18GHz) のサファイア円柱寸法推奨、radiation loss の定義見直し、8.1 節の target precision 表現見直しなど

(7) IEC 61788-10, WG11 (臨界温度試験方法)

日本：Cu/Nb₃Al、MgB₂ 並びに Y 系 coated conductor にスコープ拡張、Adiabatic method と Quasi-adiabatic method の記述訂正など

中国：LTS 及び HTS の特質の相違に配慮した試験方法、bending strain 式の表現統一、抵抗温度計の種類追加など

[2] 専門家更新

(1) 日本：WG2 1 名更新、WG8 1 名削除、WG4 コンビナー推薦、WG7 コンビナー推薦

(2) 中国：更新 (WG1, WG2, WG3, WG4, WG5, WG6, WG7, WG8, WG9, WG10 及び WG11)

(3) イタリア：WG3, WG7 及び WG8 更新

(4) ポーランド：1 名 (WG1, WG9, WG10 及び WG11 担当) 更新

(編集局 田中靖三)

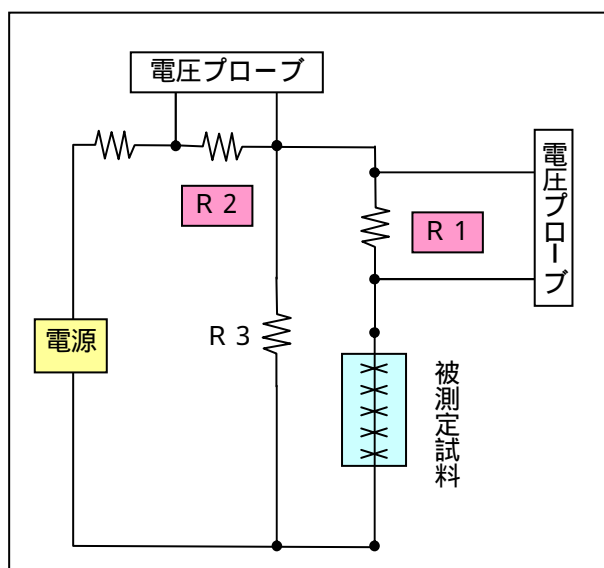
[超電導 Web21 トップページ](#)

特許情報

平成 15 年度第 2 四半期の公開特許

平成 15 年 7 月 - 9 月に公開された ISTEK 出願の特許をお知らせします。詳しい内容は特許庁のホームページ内の特許電子図書館等の特許データベースをご利用下さい。

1) 特開 2003-194867 「電気測定装置」: 直列に結合した超電導接合回路素子の電圧 - 電流特性の測定等では、素子が雑音に敏感で本来の素子特性を正しく測定しがたい。本発明は、被測定試料に対して第 1 の抵抗と第 2 の抵抗を直列に接続し、かつ、被測定試料と第 1 の抵抗の直列回路に並列に第 3 の抵抗を接続し、第 1、第 2 の抵抗の両端電圧を測定することにより、試料に対する雑音の影響を十分に排除して、試料本来の特性を算出することを可能にした。



2) 特開 2003-204265 「超電導体を用いたアナログ - デジタル変換器」: インダクタンس値の大きな高温超電導体を用いた場合、QOS(Quasi One-junction SQID)型比較器が“0”と“1”を交互に出力する出力不確定状態が発生し、高精度化を阻害する。本発明では、超電導体を用いたフラッシュ型アナログ - デジタル変換器において、入力電流を複数の経路に分配する分配回路と、分配された入力電流を受け、クロック注入時の入力電流の値に依存して出力が“0”と“1”の値のいずれかの値をとる複数の比較器と、クロックが注入される毎に比較器の出力が“0”と“1”の値を交互に繰り返す期間には“1”の値を出力し、それ以外の期間には比較器の出力の値をそのまま出力する出力回路を各比較器の出力側に設けることにより、前記の出力不確定状態が回避でき、高精度化が実現できる。

3) 特開 2003-257259 「超電導層及びその製造方法」: 本発明は、超電導膜の製法の 1 つである TFA-MOD 法に関するもので、イットリウム及びランタノイドから選ばれた金属、バリウムおよび銅のトリフルオロ酢酸塩を溶媒中に溶解させて塗布溶液を調製する工程と、前記塗布溶液を基板に塗布して塗布膜を形成する工程と、酸素を含んだ雰囲気中で前記塗布膜を仮焼成する工程と、水蒸気を含んだ雰囲気中で前記仮焼成よりも高い温度で本焼成する工程とを含み、前記仮焼成後の塗布膜に含まれる酸化銅粒子の平均粒径が 25nm 以下となるように前記仮焼成を行うことを特徴とする。本発明により、より高い臨界電流値の超電導層の製造が可能となった。

4) 特開 2003-264319 「高温超電導ジョセフソン接合及びそれを備えた超電導電子デバイス」: 本発明は高温超電導ジョセフソン接合の界面改質型バリア層の形成に関するものである。バリア層は下部および上部の両超電導電極層の構成元素から構成されることに着目し、一方の電極層に比較的イオン半径の大きな金属元素 (La, Sm など) を含む超電導体を用い、他方の電極層に

比較的イオン半径の小さい金属元素（Y、Yb など）を含む構成とした。これにより、バリア層と両電極層間の格子整合が改善され、ジョセフソン接合の特性ばらつきが大幅に改善される。具体的には、100 個のジョセフソン接合の臨界電流値の標準偏差（ ）が7%以下の実施例を得た。

- 5) 特開 2003-264458 「超伝導単一磁束量子多入力排他的論理和回路」: 本発明は、論理段数を増すことなく高速に動作可能な超伝導単一磁束量子多入力排他的論理和回路を提供することを目的としている。本発明では、第 1 の入力信号と第 2 の入力信号に対して排他的論理和の演算を行い、その結果を出力端に出力する機能を有する従来の超伝導単一磁束量子 2 入力排他的論理和回路に於いて、前記第 1 及び第 2 の入力信号に加えてさらに少なくとも 1 個以上の第 3 の入力信号を入力するための入力回路を具備し、前記入力回路が前記第 1 及び第 2 の入力信号の位相に対して所望の時間だけ第 3 の入力信号の位相を遅延させる機能を有することにより、前記第 1 と第 2 及び第 3 の入力信号に対して排他的論理和の演算を行い、その結果を前記出力端に出力する機能を有するようにした。同様の方式で、第 4、第 5 等の入力信号に対しても演算を実行できる。

(SRL/ISTEC 開発研究部長 中里克雄)

[超電導 Web21 トップページ](#)

低温工学協会講演会報告 - 超電導を用いた電力技術とその競合技術

住友電気工業株式会社
エネルギー環境技術研究所 超電導研究部
大松一也

第2回目の低温工学協会・関西支部講演会が、2003年10月10日(金)午後1時半より大阪市立大学文化交流センターで開催された。講演テーマは、「超電導を用いた電力技術とその競合 - 最新の技術開発状況 -」で、実フィールドにおける先駆的実証試験として、低温超電導 SMES と高温超電導ケーブルの開発に携わる研究者に講演をお願いすると共に、超電導の競合技術の代表として瞬低対策機を紹介頂き、超電導の実用化技術の見通しやその課題についてホットな議論がなされた。

1. 「瞬時電圧低下補償 SMES の開発と実フィールド試験について」 中部電力 平野直樹氏
2. 「瞬低対策機の開発」 関西電力 大野和彦氏
3. 「高温超電導ケーブルの実証試験」 住友電工 増田孝人氏

平野氏の講演は、シャープ亀山工場にてフィールド試験を開始した超電導 SMES の開発経緯と今後の展望に関するもので、超電導材料開発から電力系統関連のシステム技術に亘り詳細な報告がなされた。シャープの亀山工場は、大型液晶ディスプレイを製作している工場であるが、瞬低が生じると液晶用マザーガラスの製作機械が止まり、工場再立ち上げに多大な労力を要することから、瞬停対策が必須とのこと。超電導 SMES は 2003 年 5 月に出荷試験、6 月に据付を経て、7 月よりフィールド試験を開始しており、今後 2 年間試験を続ける。今回の SMES は瞬停に特化し容量は世界最大の 5MVA-5MJ であり、1 秒間に 5MVA のエネルギーを放出できる。超電導コイル配置を工夫して漏れ磁場を小さくし 5 ガウスラインは直径 7m とコンパクトな仕上がりで、法規取り扱いも簡便との報告がなされた。

大野氏の講演は、レドックスフロー (RF) 電池およびコンデンサー型大容量高電圧型 UPS の紹介であった。レドックスフロー電池は、1H 程度のピークカット用と 1.5 秒程度の瞬低用の両方を兼ね備えたシステムとしてのメリットがあり、これまで約 20 件程度の納入実績がある。ユニークな用途として関西学院神戸三田キャンパス、ダンロップゴルフコース、北海道電力ほりかつぶ発電所の風力発電併設、梅田 DT タワー等のシステムがある。コンデンサー型 UPS は、メンテナンスがほとんど不要で、環境にやさしいのが特徴。講演後は、RF、SMES、コンデンサーの棲み分けに関する活発な質疑があり、通常では聴けないような内容も報告された。

増田氏の講演は、高温超電導ケーブルの構造、東京電力及び電力中央研究所との共同で実施された Bi-2223 線材を用いた世界初の三心一括型 100m 高温超電導ケーブルの実証試験、米国オールバニープロジェクトの概要であった。特に、ビデオによる 100m 超電導ケーブルの布設状況の様子は、高温超電導ケーブルといえども現地では泥臭い作業になることが理解された。米国で生じた夏の停電に伴い、超電導ケーブルの期待が当地ではますます膨らんでいるとのことで、ニューヨーク州の州都であるオールバニー市に布設予定の 350m 高温超電導ケーブルの開発の様子も伺えた。

[超電導 Web21 トップページ](#)

KSS Meeting 2003 参加報告

KSS (Korean Superconductivity Society) Meeting は韓国の超電導協会 (KSS) が毎年 8 月に開催している韓国の国内学会である。参加者のほとんどは韓国の研究者であるが、毎回数名の外国人研究者が招待されている。今回は私の他日本人 1 名、ドイツ人 1 名、中国人 1 名が招待された。参加者は約 150 人であり、参加者の中心は国研と大学の研究者で、学生も多かった。私は 4 年前にもこの会議に招待されて参加したが、その時と比べて企業からの参加者は減少しているようであった。

韓国では 2001 年から 21 世紀フロンティア R&D プログラムと名付けられた MOST (Ministry of Science and Technology) の 10 年プログラムが進行している。超電導研究はその一部で DAPAS プログラムと呼ばれ、政府と産業界から年間 1 千 3 百万 US\$ の予算が出ている。しかし、この予算は超電導全体に対してであり、私が関係するデジタル応用に限れば 1 億円程度と決して大きくはない。DAPAS プログラムは 3 期にわかれ、最初の 3 年間は Core technology, 次の 3 年間は Pre-commercial pilot, 最後の 4 年間は Commercialization と位置づけられている (図 1 参照)。デジタルのターゲットはニオブ系技術を用いたプロセッサで最初の 3 年間で 4 ビット ALU を作ることになっている。設計は以前 Westinghouse や Hypres にいた仁川大学の Prof. Kang が中心になって行っている。KOPTI (Korean Photonics Technology Institute) に立派なプロセスラインを持っているが、まだ立ち上がっておらず、現在は Hypres のファクトリーを利用している。来年 7 月に中間検査があり、その時までには 4 ビット ALU を 5GHz で動作させる必要があるようである。

KSS での講演を聴いていると、韓国の超電導研究は一般に日本とアメリカの技術を模倣し、キャッチアップしようとしているように見える。現在は日米との間に技術レベルの差があるが、半導体 DRAM の歴史を考えてみると、韓国の模倣・キャッチアップ型の戦略を甘く見ることはできないと感じた。

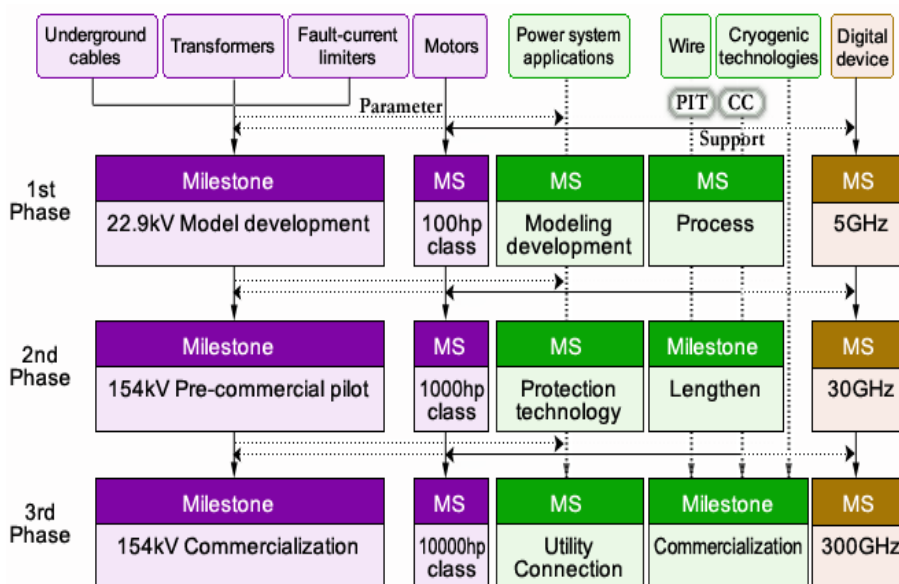


図 1 DAPAS のロードマップ (CAST (Center for Applied Superconductivity Technology) ホームページ (<http://www.cast.re.kr>) より)

(SRL/ISTEC 低温デバイス開発室長 日高睦夫)

[超電導 Web21 トップページ](#)

EUCAS2003 に出席して

EUCAS2003 (6th European Conference on Applied Superconductivity) が2003年9月14～18日にかけてイタリアのナポリ郊外ソレントで開催されました。イタリア有数の保養地ということもあり、十数カ国から約900人が参加し、約900件の論文が発表されました。日本からも多数の参加者が出席し活発な議論がされました。

線材関係では、飯島氏（フジクラ）、山田氏（SRL）が日本における Y 系線材開発状況を報告したのに続き、Freyhardt 氏（独）が世界の開発状況をまとめられ、実用化を進めるにあたり重要な長尺化で、日本が最も進んでいるとの評価でした。

メーカーからは、AMSC 社が HTS 線材を第 2 世代として安価で高性能な線材を開発中であり船舶用のモーター、電気設備に真っ先に適用するとのことでした。また、Siemens 社も HTS モーターの開発に関して報告しています。一方、NEXANS 社は 0.5MJ HTS-SMES 用の Bi2212 線材について、製作中の線材の短尺、長尺サンプル試験の結果が良好であるとの発表がありました。欧州のベンチャー企業のひとつ THEVA 社は、工場新設、製造予定等を報告していました。

機器関係では、変圧器、限流器、ケーブル、モーター、フライホイールおよび SMES 等盛況でした。SMES では、式町氏（中部電力）が開発中の Bi2212-SMES を報告し高い関心を集めました。NEDO プロジェクトでは、SMES に関して、電流リード、高温超電導 SMES 等、SUPER-GM からは発電機、ケーブル等が発表されました。

近年、超電導では、実用化が話題になりますが、米国北東部大停電をとりあげ電力システムの増強に超電導技術が有効だとの発表が数件ありました。また、Willen 氏（デンマーク）は風力発電所増設に伴う電力システム増強策として、架空送電線と超電導ケーブルを比較した結果を報告していました。

なお、蛇足ですがこの数日後にイタリアで大停電があったことは報道されているとおりです。



会場エントランス



企業展示

（ISTEC 調査・企画部 安部秀行）

[超電導 Web21 トップページ](#)

CCA2003 & EUCAS2003 報告

2003年9月12日～13日にかけて、イタリア・ミラノの郊外に位置するオルタで、6th European Conference on Applied Superconductivity 2003 (EUCAS2003)のサテライトとして Coated Conductor の分野の会議 International Workshop on Coated Conductors for Applications 2003 (CCA2003)が開催された。続いて、イタリア・ナポリの南方に位置するソレントで9月15日から18日にかけて EUCAS2003 が開催された。CCA2003 の発表件数は46件、一方、EUCAS2003 の発表件数は1,000件近くあり(プレナリ-12件、オーラル170件、ポスター約800件) 参加者数の多い国は日本、ドイツ、イタリアの順であった。以下に、Coated Conductor に関する世界の現状について概要を記す。超電導成膜プロセスは、TFA-MOD、PLD、MOCVDなどが主であり、超電導材料としては YBCO、HoBCO、DyBCO、SmBCO などが用いられている。下記表に各機関における臨界電流特性の現状を示す。全体として、臨界電流特性の平均レベルが急激に向上している。

基板	機関名(成膜法) [記載無きものはYBCO]	Ic, Jc (注: "A/cm-width" 表示のIc値は1cm幅換算のIc*)
IBAD	SRL (TFA-MOD)	Ic=292A (short, Jc=2MA/cm ²) Ic=210A (0.25m, Jc=1.5MA/cm ²)
	SRL (PLD)	Jc=4.4MA/cm ² (short, Ic=172A/cm-width) Ic=100A (short, Jc=1MA/cm ²)
	Fujikura (PLD)	Ic=74A (46m, Jc=0.6MA/cm ²) 38A (100m, Jc=0.8MA/cm ²) 100A (0.1m, Jc=2.9MA/cm ²) 160A (0.1m, Jc=1.4MA/cm ²)
	Goettingen (PLD)	Ic=392A/cm-width (0.2m)
	LANL (PLD)	Ic=1,000A/cm-width (short, t=5μm) 300A/cm-width (0.2m)
	IGC (MOCVD)	Ic=111A (18m) 150A (0.2m)
RABiTS	ORNL & AMSC (TFA-MOD)	Ic=253A (short) 184A (10m)
	EDISON社 (EB)	Ic=220A/cm-width (0.2m, Jc=2.6MA/cm ²)
ISD-MgO	THEVA (EB) [DyBCO]	Ic=340A/cm-width (short, t=2.4μm) Jc=1.9MA/cm ² (short, t=0.6μm, θ=8~9°) Ic=60~80A (12mの内の1~2m, av.Jc=10~1.2MA/cm ²)
	ANL (PLD)	Jc=1.3MA/cm ² (short) Jc=0.3MA/cm ² (short of 1m)
BZO/SOE	Furukawa (PLD)	Ic=137A/cm-width (Jc=1.3MA/cm ²)
	SRL (PLD) [SmBCO]	Ic=120A/cm-width (Jc=1.3MA/cm ²)
	Cambridge (PLD, HLPE)	Jc=1MA/cm ²

上記表の中で、EDISON社では、配向Ni基板上にCeO₂を0.1μmの厚さで蒸着した後、YBCOを1μmの厚さで蒸着してJc=2.6MA/cm²、Ic=220A/cm-width (長さ20cmのEnd-to-Endで測定)

の高特性が得られている。ここで、特に注目すべき点は、配向 Ni 基板上へ中間層を 1 層のみで高特性が得られていることで、更にその中間層の CeO_2 層は割れがなく、かつ配向性及び表面平坦性に優れていることである。

その他では、これまで Coated Conductor の ab 面内配向度の平均レベルであった 10° の値が、 $5\sim 6^\circ$ まで向上していた。また、昨年度 SRL が発見し発表した「IBAD 基板上における CeO_2 キャップ層の自己配向性」を追試験して取り入れた研究も見られた。

(SRL/ISTEC 名古屋高温超電導線材開発センター 室賀岳海)

[超電導 Web21 トップページ](#)

CEC/ICMC2003 報告

高エネルギー加速器研究機構
素粒子原子核研究所
春山富義

CEC/ICMC2003 (2003年低温工学及び低温材料に関する国際会議)は2003年9月22日~26日、米国アラスカ州アンカレッジで開催された。主催者によると、CEC/ICEC 全体の参加者数はおよそ630名とのことであった。この時期のアンカレッジは夏のシーズンがちょうど終わり、気温もぐっと下がっていて、他の観光客は少なく市内は閑散としていた。会場近くの土産屋さんは、間もなくスキーシーズンが始まり、観光客が戻ってくると話していた。

今回の会議のテーマは、“Cryogenics on Top of the World”である。世界最高の研究成果が発表されると言う意味であるが、米国最高峰マッキンレーのふもとで開催することと絡めているのであろう。アラスカ色を前面に出した「氷河流のメカニズム」といった基調講演や、犬ゾリ世界チャンピオンによる講演も準備された。パンケットもアラスカ鉄道のチャーター列車で行われた。

初日に行われた基調講演は、エアプロ社、Lemak氏による「これから十年間の世界のヘリウム事情」というもので、久しぶりにヘリウム資源に焦点をあてた発表であった。2002年の世界中のヘリウムガス使用量は $140 \times 10^6 \text{Nm}^3$ で、そのうち28%がMRI関連で、地域的には米69%、欧州21%、そして日本が続く。生産ではやはり米がトップで86%、その後にアルジェリア9%、ロシア・ポーランド5%で、総生産量は $165 \times 10^6 \text{Nm}^3$ である。氏は今後10年間でのヘリウム使用量の一定率での増加を仮定した上で、世界の総生産量に制限があることから、今後はヘリウムガスを資源として回収すること、ヘリウムが少なくても済むシステム的设计などが重要であることを述べた。

一般講演では、プロジェクト関連で世界中の高エネルギー実験関連の超電導磁石等の冷却用大型液化冷凍システム、パルス管冷凍機を中心とした小型冷凍機の報告が多かった。特にパルス管冷凍機の応用では、Radebaugh(NIST)らの低温治療用170K、10WのU型パルス管や、Wang(Cryomech)らによる水平にしても性能が劣化しない77K、10Wの単段パルス管の発表等に関心が集まっていた。なお、白石正夫氏(産総研)のグループが、パルス管冷凍機が持つ冷凍性能の角度依存性の原因を解明した論文で、今回のRussel B. Scott賞(最優秀研究論文部門)を受賞された。

次回のCEC/ICMCは2005年夏にコロラド州キーストンで開催される。

[超電導 Web21 トップページ](#)

【隔月連載記事】

パルス管冷凍機の誕生と変遷 (その6 最終回)

日本大学 量子科学研究所
教授 松原洋一

熱駆動型パルス管冷凍機の誕生

パルス管冷凍機の誕生以来、振動流体のエネルギー輸送に関する理解は著しく進展した。図17はそのような観点からパルス管冷凍機をまとめたもので、仕事源としての圧力振動発生装置(PWG)、等温空間としての蓄冷器、熱交換器、断熱空間としてのパルス管、仕事吸収系としての位相制御機構とによって構成される。PWG から仕事を吸収系に向けて流せば熱交換器部での温度は必然的に低下し、低温での冷凍が得られるようになる。

このようにパルス管冷凍機は、低温の機械的可動部を持たないという特徴により、低振動、長寿命、高信頼性等が期待され、その実用化が進められてきた。しかし、室温部にある PWG は、GM 型の場合には油循環型圧縮機と圧力切替弁が必要であるし、スターリング型の場合には電磁駆動型リニア圧縮機等が必要となり、これらの機械的駆動部の存在が、パルス管冷凍機の平均寿命や信頼性を制限している可能性がある。一方、PWG としては、これら以外にもスターリングエンジンや、VM サイクルの熱機関部の応用等、熱入力を直接仕事流に変換する方式が考えられ、特にその中でも機械的可動部を持たない熱音響発振器の応用は興味深いものがある。

そこで可動部の全く無いパルス管冷凍機を実現させたいという願望から、G. Swift(LANL)による熱音響発振器と R. Radebaugh(NIST)によるオリフィス型パルス管とを一体化させた図18のような冷

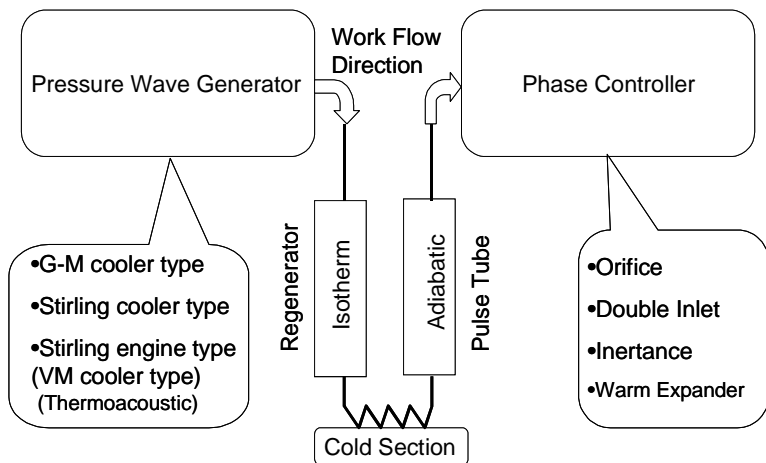


図17 パルス管冷凍機の基本構成要素

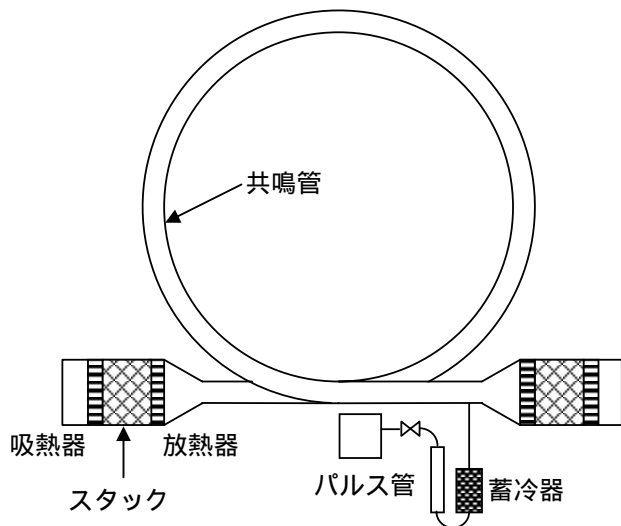


図18 熱音響駆動パルス管冷凍機 (クーラフープ)

凍機が両者より提案された。1) 到達温度は 90K、120K で 5watt の冷凍能力が入熱 3kwatt で得られている。効率は決してよくないが、可動部の無い初めてのパルス管冷凍機として評価され、1990 年度の R&D100Awards を受賞している。その形状がフラフープに似ていることからクーラフープとも呼ばれている。ここで用いられた熱音響発振器の動作原理を図 19 で説明する。

例えばヘリウムガスの充填された長さ 10 メートルで両端の閉じた細長い管を考える。今、管の一端にスピーカーを取付け振動を加えれば、図 19(a)のような 1/2 波長の定在波が立つ周波数の振動を加えるとき、最も少ない振幅で大きな圧力振動が発生する。

実線が圧力、点線が変位のそれぞれの位置での最大振幅を示す。ヘリウムの音速は室温でおよそ 1000m/sec なので、周波数は 50Hz となる。もちろんスピーカーの振動を止めれば、粘性損失等によって共振も止まってしまう。そこで図 19(b)のように二つの熱交換器（一方を高温 T_h に加熱し、他方を室温 T_a に冷却する）を挿入し、その間に適当な伝熱面をもつ流路（一般にスタックと呼ばれる）を置く。気体の振動面をピストンと見なせばピストンが左に動くとき体積が減少するので圧力が上がるが、気体の質量が全体に高温側によるので熱伝達により更に圧力が上がる。次にピストンが右に動くとき体積が増大し圧力が減少するが、期待の質量が室温側によるので熱伝達により更に圧力が下がる。1 サイクルを見ると気体は PV 平面で時計回りの面積を描く。すなわち図右方向の仕事流が発生する。 $\langle H \rangle$ 、 $\langle Q \rangle$ 、 $\langle W \rangle$ の関係は計算により図 19(c)のように求められる。すなわち入熱の一部が仕事に変換され、残りが室温に放熱される。この発生仕事が粘性等の損失とバランスすれば、スピーカーからの仕事が無くても振動を持続させることができる。更に加熱温度が十分に高く発生仕事が損失を上回れば、余剰仕事を取り出してパルス管冷凍機の仕事源として使うことができる。図 18 は、その具体例で発生仕事を大きくするために熱・仕事変換器を共鳴管の両側に設け、しかも共鳴管より太くしてある。この方法は全長を短くするのにも役立っている。

この熱音響発振器とパルス管冷凍機との組み合わせは、その後各国で研究が進められているが、特に LANL では大型化、高効率化を志向した動きがある。すでに 1997 年には 140 で 2kW の冷凍能力あるいは 140g/day の LNG 液化能力を持つシステムが報告されており、更

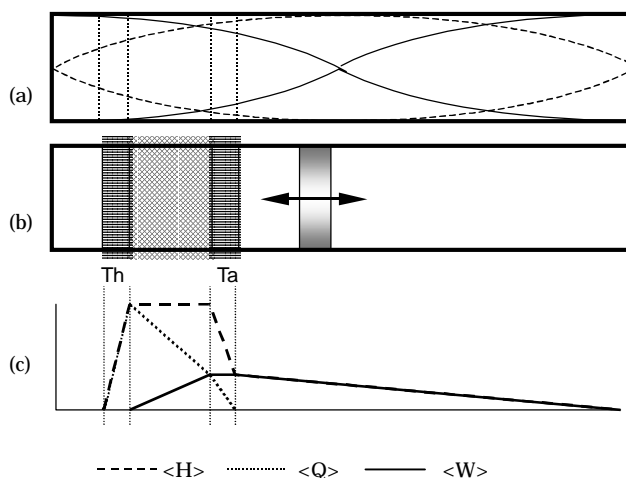


図 19 定在波型熱音響発振器の動作原理

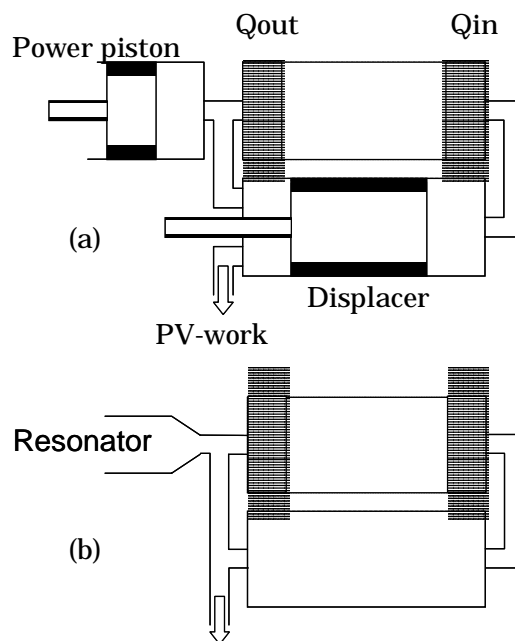


図 20 スターリングエンジンと進行波型熱音響発振器

に 10,000garon/day の可能性も検討され始めている。¹⁾

図 18、図 19 の熱音響発振器は定在波型と呼ばれるが、その後進行波型と呼ばれる方式が提案された。図 20(a) は典型的な進行波型の例としてスターリングエンジンを示している。一般にはパワーピストンとディスプレイサとをクランク等でリンクさせ、高温熱交換器に Q_{in} の熱を加え、室温熱交換器から Q_{out} の熱を放出させるとき、理想的には $Q_{in}-Q_{out}$ に相当する仕事が軸馬力として利用される。しかしスターリングエンジンは圧力振動発生装置でもあるので、機械仕事を必要としない場合には図の矢印のように PV 仕事を取り出してパルス管冷凍機の仕事源として利用することも可能である。図 20(b) はパワーピストンを気体の共鳴管に置き換え、ディスプレイサも取り除くことにより機械的な可動部を全く持たない進行波型の熱音響発振器を構成させたもので、G.Swift 等によって実証されている。

この方式は、熱機関としてのスターリングサイクルになっているので、定在波型で使用していたスタックの部分に、より効率のよい蓄熱器を用いることができ、理論効率の良さが大きな特徴であるが、固体のディスプレイサを取り除いた部分がフィードバックループとなって循環流が発生し、不安定性の発生する可能性がある。

そこで、図 21 のようにスターリングサイクルの蓄熱器両端の境界条件を変えてみた。(a) は基本的なスターリングエンジンで図 20 を再現している。 Q_{in} 側から取り出した仕事はディスプレイサを介してパワーピストン側へ出力され、あるいは PV 仕事として取り出され、一部は蓄熱器に戻る。(d) は定在波型で図 19 を再現している。境界条件を少しずつずらすことによって(b)、(c)の方式が存在することが数値計算によって

明らかにされ、その具体的実施例として、図 22 の方式が提案された。²⁾ 共鳴器は図 19 のような共鳴管でも良いが、共鳴管の問題点は、それ自体が機械的振動を発生するため、ここでは一対の気体軸受型ディスプレイサを採用している。パルス管の位相制御機構にも Inertance-tube の代わりに warm expander を採用し、小型化への対応性を高めて

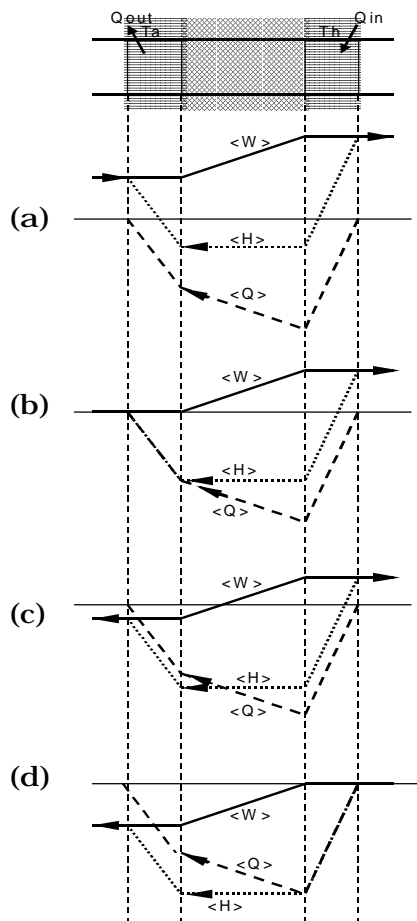


図 21 各種熱音響発振器のエネルギー流比較

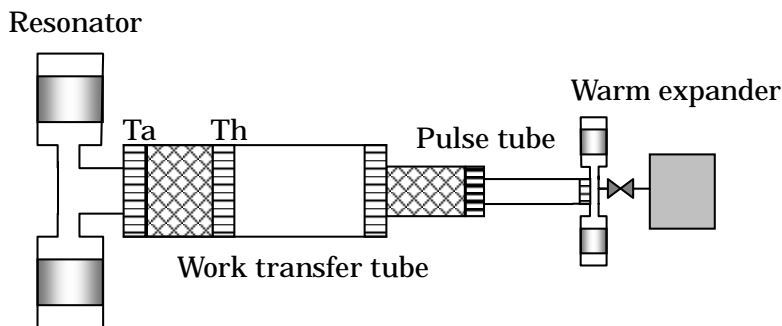


図 22 固体共鳴器を採用した熱駆動パルス管冷凍機

いる。機械的可動部の採用も非接触で振動除去を考慮した方式であれば寿命にはあまり影響しないと考える。しかしこの方式はまだ完全には実証されておらず、今後の研究成果に期待したい。

おわりに

パルス管冷凍機は、その誕生から今年で40周年を迎える。人生に譬えれば40にして惑わず、となるが、パルス管も理論面ではほぼ解明され、設計性も向上し、今後は特定応用に特化した実用化研究がますます進められる時代に入ってきていると思われる。

超電導デバイスに代表される各種高感度信号検知素子の冷却システムを検討するとき、クライオクーラは“ Invisible ”であってほしいという要求が求められてきた。これは単に物理的に見えないということではなく、その存在を意識しないで済む、と解釈したい。小型、軽量はもちろんのこと、低振動、低入力、低価格であることも要求に応える要素になり、パルス管冷凍機は“ Invisible ”な冷凍機のトップに位置していると思われる。

今後の発展が期待されている水素産業や超電導の電力分野への更なる発展を支援する冷凍システムに関しても、スターリング型パルス管冷凍機や熱音響型パルス管冷凍機等の実用化研究を進めることは急務であろう。(おわり)

参考文献

1. G. W. Swift and J. J. Wollan, Gas TIPS, Volume 8, Number 4, pp21-26, Fall 2002.
2. Y. Matsubara, Low Power Cryocooler Workshop, University of Twente, March 2003.

[超電導 Web21 トップページ](#)

読者の広場

Q&A

Q1: 超電導電磁気応用関連で使われている単位でテスラ (T) やガウス (G) って何ですか?

A: これらは磁束密度と呼ばれる磁気の単位です。磁気の強さを、単位面積あたり何本の磁力線が通っているかで表現する単位です。正式には磁力線ではなく磁束 (線) と呼びます。ガウスは cgs 単位で、 1cm^2 あたりに 1maxwell の磁束が通っているという磁束密度に対応しています。つまり

$$1\text{G} = 1\text{maxwell}/\text{cm}^2$$

です。一方、テスラは MKSA 単位で、 1m^2 あたりに 1Wb の磁束が存在するという磁束密度に対応しており

$$1\text{T} = 1\text{Wb}/\text{m}^2$$

という関係にあります。ちなみに $1\text{Wb} = 10^8\text{maxwell}$ ですので、テスラとガウスは

$$1\text{T} = 10^4\text{G}$$

と換算することができます。

磁気に関しては磁場という単位もあり、磁束密度と混同してしまいます。磁場は cgs 単位ではエルステッド (Oe) を、MKSA 単位では、 A/m を使います。磁場と磁束密度のちがいについて、少し捕捉説明をします。

磁場のイメージとしては、電流が磁場のもとになっているということを前提にして、電磁石を考えてみればよいでしょう。これに定電流を流したとき、発生する磁場は常に一定です。よって、磁場の単位にも電流の A が入っています。

この磁場は空間に広がりますが、その強さは実は空間の種類によって異なります。例えば、水や油がある空間では磁場の強さに違いが現れます。これを表現するのが磁束密度となります。通常は、空気中での実験が多いので、あまり差は感じません。磁束密度を B 、磁場を H と置くと

$$B = \mu H$$

という関係が得られます。 μ は透磁率と呼ばれるもので、まさに、その空間がどれくらいの磁場を透すかという比例定数となっています。よって、違いを強調すれば、磁場は原因、磁束密度は結果ということになります。さらに、空間に鉄のように磁化されるもの (つまり磁化 M) があると、それは磁束密度に加算されて

$$B = M + \mu H$$

となります。

(補足説明)

磁束密度は、単位面積あたりの磁束の量と説明しましたが、磁束とはいったい何でしょうか。実は、磁束の単位と磁荷の単位は同じです。

ここで、磁荷は電気の電荷に対応した物理量です。電荷の最小単位は電子 1 個が持つ素電荷ですが、つぎのように電場 E の中に電荷 q を置いたとき、発生する力 F によって

$$F = qE$$

と定義されます。電荷には + と - があります。同様にして、磁荷 m は、磁場 H の中に置いたとき発生する力 F によって

$$F = mH$$

と定義されます。磁荷には N と S があります。(これを + と - とします。)

実は、電荷があれば、その周りに電場ができます。この時、電荷 q からは電束 q (あるいは q 本の電束線) が発生して空間に広がっていると考えます。その密度は、電荷からの距離の 2 乗に逆比

例して減っていきませんが、その密度を電束密度としています。磁場の場合も電場の場合とまったく同様に、磁荷 m から磁束 m (m 本の磁束線) が発生して空間に広がっていくと考えます。その密度が磁束密度ということになります。

このように考えると、両者の対応が明確で分かりやすいのですが、問題があります。それは、電荷は実体としてあるが、磁荷は存在しないという事実です。つまり、N 極や S 極を単独で取り出すことができないのです。ですから、磁荷という物理量は、電荷との対応で考える場合には便利ですが、あくまでも空想のものなのです。

それでは、どのような扱いをするかということ、磁石の両端に m と $-m$ という磁荷があるとみなして、電場と同じような解析をします。このように、 $+$ と $-$ の磁荷が常に対で現れるという立場をとれば、磁荷がないという問題を解消することができます。また、N 極から m 本の磁束線が湧き出して、S 極へ m 本の磁束線が吸い込まれると考えることもできます。

ただし、実際の空間には電束線や磁束線に対応した線は実在しません。あくまでも、電場や磁場を分かりやすくとられるための道具に過ぎないということも忘れないで下さい。

Q2: バルク超電導磁石と通常の磁石では、どのような違いがあるのでしょうか。例えば、1 トンの重さのもの(乗用車 1 台)を 5cm 浮かせる場合について、その違いを教えてください。

A: 磁石を大きく分類すると、永久磁石と電磁石のふたつになります。

永久磁石は元素が固有に持っているスピンと呼ばれる磁場を利用したもので、元素によって、その強さは決まっています。よく知られているように、Fe や Ni や Co などの金属は磁化されて永久磁石になります。現在、もっとも発生磁場の大きい永久磁石は Fe-Nd-B 磁石です。

電磁石は、銅線などをコイル状に巻いた常電導の電磁石と、超電導線をコイルに巻いた超電導磁石に分類できます。ただし、コイルに電流を流して磁石にするという原理はまったく同じです。

バルク超電導磁石は、電磁石と永久磁石の両方の特徴を持っています。まず、バルク磁石では、超電導電流がバルク体を流れていて、これが磁場のもとになっています。電流が流れて磁場を発生するという点では、電磁石と似ています。しかし、通常の電磁石のように外部の電源から電流を流して磁化するのではなく、電磁誘導という原理を利用して、電流を誘導します。このため、コイルのように電流を変化させて磁場の強度を自由に調節することができません。この特徴は永久磁石と似ています。

励磁方法としては、強磁場を発生している超電導コイルの中に超電導バルク体を置いて、冷却した状態で、その磁場をゼロにすると、バルク体に超電導電流が誘導されます。この電流が減衰せずに流れ続けるので、磁石として作用するのです。

1 トンのものを 5cm 浮かせる場合、必要な磁場の大きさという観点では、すべての磁石に共通です。要は、高さ 5cm のところに 1 トンの磁気力が発生するように設計すればよいからです。

ただし、磁場の発生のかたや、磁石として使うときの構成が磁石の種類によって異なるので、それぞれの磁石にあった方法をとる必要があります。ちなみに、超電導磁石以外では磁場の上限が小さいので、1 トンのものを 5cm の高さに浮かせるのは、かなり難しいと言えます。

回答者：超電導工学研究所
芝浦工業大学
教授 村上雅人

[超電導 Web21 トップページ](#)