

掲載内容 (サマリー):

特集: 超電導電力・産業機器の進展

SMES の導入状況
超電導電力ケーブルの開発状況
超電導限流器の開発状況
超電導変圧器の開発の現況
高勾配超電導磁気分離を用いた製紙工場廃水処理

超電導関連 11-12 月の催し物案内

新聞ヘッドライン (9/17-10/14)

超電導速報 - 世界の動き (2005 年 9 月)

標準化活動 - 第 2 回および第 3 回 Ad-hoc グループ 1 (電流リード) 会議開催 -

特許情報

低温工学協会応用超電導研究会シンポジウム

EUCAS 2005 に出席して

MT-19 報告

隔月連載記事 - 超電導市場のこれまでとこれから (その 6 最終回)

読者の広場(Q&A) - 最近、米国でエネルギー包括法が成立したと聞いていますが、この法律の中で超電導はどのように取り扱わ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

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。

特集：超電導電力・産業機器の進展「SMESの導入状況」

中部電力株式会社
技術開発本部 電力技術研究所電力グループ
超電導・新素材グループ長 長屋重夫

電力分野への超電導技術の特徴は、大電流を効率よく取り扱えることから、発電、送変電、貯蔵と、電力の上流から下流まで、幅広く応用が可能な技術であり、高効率・省エネを図れることから将来の電力を支える技術の1つとして期待されています。

加えて、近年の電力自由化や分散電源の導入に伴う電力の質に対する課題に対して、超電導技術の応用に注目が集まっており、特に現在、SMESの実用化が望まれています。

SMESは、超電導コイルに電力を磁場の形で貯蔵しますが、その特徴は、貯蔵している電力を瞬時に放出できる、貯蔵部が必要なエネルギー量だけで自由に構成できる、またSMESの心臓部である貯蔵部となる超電導コイルは、充放電の繰り返しの強い等の特徴を持ちます。

電力分野へのSMESの応用は、瞬時に大電力を放出できる点から、電力ネットワークの安定化や、繰り返しの充放電が多い製鉄や鉄道の変動負荷補償への適用が検討されていますが、必要なエネルギー量だけで貯蔵部を自由に構成できる、この点で、瞬時電圧低下補償装置への展開が進んでいます。

瞬時電圧低下とは、送電線への落雷等で電圧が1秒間程度低下する現象ですが、最新の半導体や液晶工場では、その電圧低下によって工場の操業に影響が発生し、大きな被害が発生します。

これを防止する手段としては、電池等の無停電電源装置を設置し、この電圧低下をバックアップしますが、本来なら瞬低自体は1秒以下の、多くは0.3秒程度の現象であり、大出力は必要とされますが、補償を行うための全エネルギー量は出力×時間であり、数kWhあれば十分な性能を発揮することが出来ます。

SMESは、まさにこの点で他の電力貯蔵装置に対して特徴を発揮し、瞬時に貯蔵エネルギーを放出し、必要な動作時間分だけのエネルギーを貯蔵することが出来ます。種々の電力貯蔵技術の中で、このような特徴を持つものは、他に電気二重層キャパシタがありますが、基本的にはコンデンサーであるため、出力の面で制約があり、大規模な工場などで必要とされる数千kVAから1万kVA以上の出力を考えた場合、仕様、能力ではSMESが最適なシステムとなります。

現在、当社では、シャープ(株)亀山工場殿で、5千kVAの瞬低補償SMES実フィールド試験に引き続いて、1万kVAのシステムの試験を始めたところです。これまでに発生した瞬低に対して、SMESは期待以上の働きを示し、技術面の見通しは立ったと考えています。

今後、SMESに限らず超電導技術・機器の実用化を図るには、当たり前のことですが、機能、能力に対して、それを利用する側が妥当と考えるコスト以下で、言い換えれば超電導化を図ることで「儲かる」ことが必要であり、コストダウンが超電導技術実用化の鍵を握ると考えています。

また、今回のSMES実証試験において、超電導機器の信頼性は、実は超電導部分にあるのではなく、これも当たり前ですが、超電導にする為の冷却技術にありました。今後、電力のようなインフラに超電導技術を導入する場合、この冷却技術の信頼性が、全てを決定します。

現在の状況は、この冷却技術に課題があり、想定以上のメンテナンスが必要です。しかし、現在、SMES開発の国家プロジェクトにおいて、この冷却技術の信頼性に関して、革新的な技術開発が進められており、再来年のプロジェクト終了時には、画期的な冷却技術を手に入れることが出来ます。

この信頼性を確保して、利用する側が超電導を意識しない、そんなレベルに早く辿り着かせ、一日も早い実用化を目指していきたいと考えています。

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導電力・産業機器の進展「超電導電力ケーブルの開発状況」

住友電気工業株式会社
超電導開発室
室長 佐藤謙一

1. 高温超電導線の量産化と性能向上の進展

ビスマス系高温超電導線の進展は、加圧焼成法の適用により、高歩留まりで、機械的特性、電気的特性が従来の 1.5 倍以上の改良がされ、量産規模で単長：1,600m、77K での臨界電流：長尺で 150-170A(4mm 幅)に達した。高温超電導線の応用可能性の指標である、 $I_c \times L$ (臨界電流 x 単長) で 200,000Am、1cm 幅換算で、500,000Am へとその応用可能性を広げてきている。また、Birr (不可逆磁場) やヤング率などの物理的特性も従来のビスマス系高温超電導線に比べ、改善され、ひと味もふた味も異なる高温超電導線が出現した。

さらには、YBCO や HoBCO を用いた薄膜線材でも、100m、100A(1cm 幅)を超える技術開発の結果が世界の 5 機関 (住友電工、SRL、フジクラ、SP、AMSC) から発表され、この薄膜線材の工業製品化への挑戦がなされている。

2. 高温超電導電力ケーブルの特徴と開発の現状

液体窒素(77K)を冷媒として用いることで、冷却コストを下げ、省エネでかつコンパクトに大容量の電力輸送を可能とする超電導電力ケーブルへの期待が高まっている。特に、電力網の近代化が国家的課題となっている米国では、2005 年の 8 月に成立した、“Energy Policy Act of 2005”によれば、高温超電導ケーブルが電力網の課題を解決する切り札として期待されている。

高温超電導電力ケーブルの特徴は、既設の地下インフラを利用して、増容量時、ケーブルを引き替えることで、2 倍、3 倍へと容量増加が可能であること、新設線路でも、架空送電線に比べ短距離で済み、インフラも軽くなり、EMI フリーとなるなど、低コスト、省エネルギー、環境調和型の送電線を建設できる特徴がある。大電流型の送電線となるので、従来の電圧より低電圧型の送電線となり、インフラが軽くなり低コストで、住民への不安の少ない送電線建設が可能である。従来の高圧送電網を超電導 (低圧) 送電網に変換することにより、建設費を低下させ、高圧変電所を低圧変電所や低圧の開閉所にするなど、将来の電気エネルギーの増加に対する、新しいソリューション技術としての可能性も大きな特徴である。液体窒素を冷媒として用いることで、防爆型、不燃型、温度一定 (熱サイクルが少ない) という特徴も兼ね備える。

また、直流超電導ケーブルは、今後の大きな技術進展が期待できる分野であり、現在の技術で既に 10,000A を超える直流送電が可能で、銅の交流ケーブルに比べ、数十分の 1 程度の必要断面積で同容量の送電が出来、送電損失は 1/80 程度に低減可能である。大容量の分散電源 (太陽光発電、風力発電など) との連係や電力負荷が集中する IDC (インターネットデータセンター) への直流給電、大容量幹線、系統連係線への適用などへの期待が大きい。

東京電力/住友電工/電力中央研究所の三心一括型 100m/114MVA 実用性検証試験が 2002 年に成功裏に終了し、米、ヨーロッパ、日本に始まった高温超電導ケーブルのデモンストレーションは、その後、韓国、中国、メキシコでも計画され、米では、NY 州オルバニー、ロングアイランド、オハイオ州コロンバスの 3 カ所で、NY 州やエネルギー省のバックアップで並行して進行中である。これらを表 1 にまとめる。

これらの結果は、2007 年には出そろうものと期待され、次ステップへ向けた新たな展開が期待されているところである。

表1 高温超電導ケーブルプロジェクト一覧

Project名	メンバー	ユーティリティ	スポンサー	予算	線路条件	絶縁	相構成	使用線材	線材	試験期間	備考
TEPCO	住友電工	東京電力		20億円 (18M\$)	AC66kV- 1000A-100m	低温	3心一括	Bi2223	住友電工	2001-2002	
コペン ハーゲン	NKT		デンマークエネ ルギー省		AC30kV- 2000A-30m	常温	単心×3	Bi2223	NST	2001-2003	
Southwire	Southwire		DOE		AC12.5kV- 1250A-30m	低温	単心×3	Bi2223	IGC	2000-	継続中
デトロイト	Pirelli	DetroitEdison	DOE		AC24kV- 2400A-120m	常温	単心×3	Bi2223	AMSC	2001.10-	失敗
Super- ACE	Super-GM (古河 電工,電中研)		METI/NEDO		AC77kV- 1000A-500m	低温	単心×1	Bi2223	-	2004-2005	ヒートサイ クルなし
雲南	Innopower,InnoST, 上海電纜	雲南電力	中国科学技術省 北京市、雲南省	3500万元 (4.3M\$)	AC35kV- 2000A-33.5m	常温	単心×3	Bi2223	InnoST	2004.4-	
DAPAS	LG cable, KERI,KIMM	韓国電力	韓国科学技術省		AC22.9kV- 1250A-30m	低温	3心一括	Bi2223	AMSC	2004.5-12	
蘭州	中国科学院 (長交電纜)				AC10.5kV- 1500A-75m	常温	単心×3	Bi2223	AMSC	2005-	
KEPRI	KEPRI,住友電工, KERI,KBSI,他大学	韓国電力	韓国政府	2.4億円	AC22.9kV- 1250A-100m	低温	3心一括	Bi2223	住友電工	2005-	
Albany	SuperPower, 住友電工, BOC	Niagara Mohawk	DOE, NYSERDA	26M\$	AC34.5kV- 800A-350m	低温	3心一括	Bi2223 (YBCO*)	住友電工 (SP*)	2005-	*30mを 後半 YBCOに リプレ ース
LIPA	AMSC,Nexans, AirLiquide	Long Island Power Authority	DOE	30M\$	AC138kV- 2400A-660m	低温	単心×3	Bi2223	AMSC	2006-	
Ohio	Ultera,ORNL	American Electric Power	DOE	9M\$	AC13.2kV- 3000A-200m	低温	3相同軸	Bi2223	AMSC	2006-	

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導電力・産業機器の進展「超電導限流器の開発状況」

財団法人 電力中央研究所
電力技術研究所
鳥居慎治

交流超電導電力機器基盤技術研究開発では、YBCO 薄膜を用いた SN 転移型限流器と Bi-2223 線材を用いた整流器型限流器のリアクトルを開発した。SN 転移型限流器は、三菱電機と東芝が担当し、三菱電機が大電流技術開発として 1kA 級、東芝が高電圧技術開発として 6.6kV 級の限流器を開発した。

三菱電機は、3cm 幅 × 10cm 長の YBCO 薄膜に金を蒸着した 8 枚を八角配置で並列接続して、電流の均等配分を図るとともに交流損失の低減を狙った構造を開発した（図 1 参照）。これを 2 直列接続し、1kA で 1 時間、1.2kA で 5 分の連続通電を確認し、さらに限流器がない状態でピーク値 20kA を越える故障電流を 5.22kA まで限流することを確認した。

東芝は、1cm 幅 × 12cm 長の YBCO 薄膜を Ni 薄膜上に約 1cm 間隔でインジウムを介して接続する構造を開発した（図 2 参照）。この素子を 40 直列接続し、共振電源を用い、ピーク値で 10.9kV、約 500A での限流動作を確認した。さらに、電中研の電力系統シミュレータにおいて、6.6kV 系統に分散電源が接続されたことによって短絡容量が増大したとするモデル系統に導入し、モデル系統の運用に耐えることを確認した。その上、直列数を増加させることによって 1 素子あたりの破壊電圧が低下しないことを、20、30、40 直列した限流器モジュールを用い、電中研の大電力試験所にて確認した。このときの最大破壊電圧は、40 直列モジュールで約 14kVrms であった。



図 1 1kA 級限流素子の写真

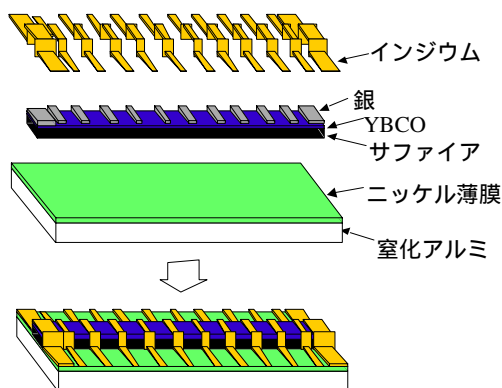


図 2 高電圧化限流素子の構造

また、東芝は、66kV750A 級のパルスマグネットを開発した(図 3 参照)。冷却特性、定格通電試験等を実施した。特筆すべき試験としては、JEC に準拠した 66kV 電力機器で実施される耐電圧試験を実施したことがあげられる。(1) 電極 - 対地間に対して、交流 140kVrms × 1 分間、雷インパルスを正負両極性 350kV × 3 回、(2) マグネット電極間に対して、雷インパルスを正負両極性 350kV × 3 回、についていずれもクリアした。また、整流器と組み合わせた限流試験も実施した。

海外では、NEXANS 社が製作した Bi-2212 円筒を用いた限流器が開発され、ヨーロッパでは CURL10 プロジェクト、アメリカではマトリックス限流器プロジェクトに適用され、開発が進められている。



図 3 容器に収納された超電導コイル

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導電力・産業機器の進展「超電導変圧器の開発の現況」

九州大学
超伝導システム科学研究センター
助教授 岩熊成卓

超電導変圧器の開発現況を報告するにあたって、変圧器超電導化の意義を再確認し、これに基づいて開発の現状を解説する。変圧器を超電導化するメリットは、従来器と比較して小型・軽量・高効率化であると一般に謳われている。高効率化については、すでに電力用で99%を超える効率を有する機器をさらに効率向上を目指して開発資金を投じて超電導化してどうするつもりだと陰口を叩かれるが、小型・軽量化は高効率化の産物だとの認識はあまりなされていない。変圧器設計上の基本パラメータは「1ターン電圧」である。通常、変圧器の一次・二次電圧は規格で定められており、鉄心の飽和磁束を B 、断面積を S 、巻線のターン数を n とすると、一次、二次とも電圧 V は $V=d(nBS)/dt$ で与えられる。ここで、 $B=1.5\sim 1.7T$ でほぼ定数であるが、断面積 S とターン数 n は自由に設定できる。よって、超電導化に際して、常電導器と比較して鉄心断面積 S を小さく、その分巻線ターン数 n を大きくすることも可能である。これは1ターン当たりの電圧を下げることに相当し、一般に常電導器の世界では「銅マシーン化する」と言う。ここで、超電導線材の低損失かつ高電流密度という特性を活用して、ターン数が増えても巻線体格は大きくならずかつ低損失という状況を実現できれば、鉄心は細く軽くなる上に、巻線も軽量・コンパクトとなり、変圧器の小型・軽量化が実現できる。低温での熱負荷の大半は巻線で発生する交流損失であり、変圧器超電導化の可否は超電導線材の低損失化が握っていると言ってよい。交流損失の大きさによって、冷却に要する電力と冷却設備の重量・寸法が決定される。重要なことは冷却に要する電力の大半は冷却ペナルティとして熱に変わるということである。この熱が従来器の銅巻線で発生するジュール損失より小さくなって初めて超電導化のメリット、小型・軽量・高効率化が実現される。「効率99%」は送電エネルギーの1%は熱に変わっていることを意味する。これを超電導化により1/5-1/4にできれば冷却付帯設備も1/5-1/4にできることになる。変圧器体格の半分は放熱・冷却機器で占められており、特に地下変電所の場合には、冷却のための設備・建設コストが変圧器本体と同等かそれ以上であることはあまり知られていない。1%の発熱と言っても送電エネルギーが莫大であるため、その冷却は大変である。究極的に超電導巻線の交流損失が小さくなれば、極端に1ターン電圧を下げて銅マシーン化し、小さくなった鉄心ごとクライオスタットに収納する事が可能である。この場合、クライオスタットの材質はGFRPではなく、従来通りの安価な鉄でよい。これが超電導変圧器の最終的な理想形態である。

この理想型を追い求めて、日米欧を中心に、最近では韓国、中国でも変圧器超電導化の研究開発が行われている。以下、機器開発研究の最先端は試作器を用いた検証であるとの立場で、最新の試作器に絞って報告を行う。いずれもBi-2223線材を用いたものである。

米国では、DOEの支援により、Waukesha Electric Systems社、SuperPower社、Energy East社、ORNLの研究グループが、138kV/13.8kV-30MVA器の開発を目指し、2003年から2004年にかけて3相24.9kV/4.2kV-5/10MVA器を試作し、その特性試験を行っている。構造は、上記、変圧器の理想型通り、鉄心ごと鉄のタンクに格納するものである。冷却方式は、Heガスを冷凍機により冷却し、Heガスの自然対流により巻線の冷却を行うものである。動作温度は30K-77Kである。ただし、鉄心は、現状では鉄損がかなり大きいため、巻線とは液体窒素シールドで熱的に隔離し、室温近くで動作する方式となっている。結果から言うと、定格電圧よりはるかに低い電圧で絶縁破壊を起こし、失敗に終わっている。昨年度と今年度、タンクから巻線を取り出し、その原因究明にあ

たっているとの事であるが、絶縁破壊が He ガスの絶縁耐力の低さに起因している事は想像に難くない。彼らは、別途 30MVA 器の概念設計も行い、現行の Bi-2223 線材では Jc パフォーマンスが足りないとともに交流損失が大きすぎると言う結論を得て、Y 系線材を用いた開発に着手するというアナウンスをしている。

日本では、福岡県の産業・科学技術振興財団が NEDO の委託を受けて行った地域コンソーシアム研究開発事業において、液体窒素冷却方式単相 22kV/6.9kV-1MVA 器の試作が行われ、2000年に九州電力が今宿変電所内でこれにサブクール液体窒素循環装置を組み込み国内初の系統連系試験を行った。スポットネットワーククラスの電力用超電導変圧器の技術開発は成功裏に終了している。

この後、Super-ACE プロジェクト(交流超電導電力機器基盤技術研究開発)において、2003年に富士電機システムズ(株)が配電用変圧器として単相 66kV/6.9kV-2MVA 器を試作、工場試験まで実施した。鉄心は室温、巻線は GFRP のクライオスタットに格納し、冷却は冷凍機とポンプを組み合わせたサブクール液体窒素(66K)循環装置により行っている。この試作器は、短絡試験を除いて JEC の規定通りに 350kV 雷インパルス耐電圧、140kV 交流過電圧等の試験をすべて健全にこなし、液体窒素冷却方式の配電クラスの変圧器の技術的実証を成し得ている。しかし、冷却ペナルティーを 10 とした際の効率は 99.5%と従来器より 0.5%ほど向上しているものの、上記、変圧器理想型を実現するには線材の交流損失を大幅に低減する必要がある。

また、国内では、鉄道総研が独自に新幹線車両搭載用変圧器の軽量化を目指し、単相 25kV/1.2kV/0.4kV-4MVA 器の試作、特性評価を行っている。鉄心は室温、冷却は冷凍機によるサブクール液体窒素自然対流方式が採用されている。現行の変圧器が重量 3 トンを超えるのに対し、試作器の冷凍機を除いた重量は 1.7 トンである。ここでは、前述の 1 ターン電圧を従来器より下げ銅マシン化して、超電導線材の高電流密度かつ低損失性を活用しようとする設計がなされている。しかしながら、メンテナンスフリーを確保するため、試作器で発生する交流損失 6kW に見合った冷凍機を積み込むとすると、試作器の総重量は現行の変圧器をはるかに超えてしまう。鉄道総研では、引き続き、超電導線材の低交流損失化を行うことによって真の軽量化を目指すとしており、今年度から国交省の補助金を得て 4 年間のプロジェクトが新たにスタートしている。

欧州でも、ABB が 3 相 18.7kV/0.42kV-630kVA 器の試作と長期系統試験を行い、Siemens が鉄道車両用 1MVA 器の試作と特性評価を行っている。しかし、欧州では、今のところ、変圧器開発研究はその後ストップしている。

変圧器に限った事ではないが、試作例を検証する限り、超電導線材の交流損失の大幅な削減が達成されない限り、機器超電導化の経済的成立性は厳しいと思われる。日本でも、Y 系線材を用いた超電導機器開発が新たに計画されているが、Jc 特性の向上と併せて、低交流損失化の追求が早急になされることを期待する。



図1 WES社で試作された3φ24.9kV/4.2kV-5/10MVA器。鉄製のタンクに収納されている。



図 2 富士電機システムズ試作の
1φ-66kV/6.9kV-2MVA 器



図 3 鉄道総研試作の新幹線車両搭載用変圧器
(1φ-25 kV /1.2 kV /0.4kV-4MVA)

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導電力・産業機器の進展

「高勾配超電導磁気分離を用いた製紙工場廃水処理」

大阪大学大学院
工学研究科 環境エネルギー工学専攻
教授 西嶋茂宏
助手 武田真一

古紙再生は、循環型で持続性のある社会システムを構築するための重要な課題のひとつである。この再生製紙工場の工程で使用する大量の水を、超電導磁石を用い、安価、狭い設置面積、高速、高度処理できるシステムを開発した。本開発技術は、廃水中の浮遊懸濁成分や有機成分（染料、顔料、接着剤、凝集剤など）に強磁性微粒子を付着あるいは逆に強磁性微粒子にこれらを付着させることにより、超電導磁石によって発生させた高勾配磁場を利用して、効率よく磁気分離を行う技術である。現在、再製紙工場において2000t/日の処理を行っている。このシステムの開発研究は、平成13年度より4年間、NEDOの基盤技術研究促進事業「超伝導磁気分離を利用した製紙工場からの廃水処理システム」（受託先：二葉商事株式会社）により補助を受けて実施したものである。

再生紙工場は大量の水（中規模の工場で、5000トン/日）を使用するとともに同量の廃水を排出する。近年、排出基準が強化（COD<20ppm）され、その排出基準を満足するための費用がかさみ、経済的問題を抱えている。例えば、上記日量5000トン級の工場で、生物処理の設備を導入すると数億円の費用が必要であり、また下水を使用すると年約2億円が必要となる。いずれにしても水処理に費やす費用が多く、実際、何社もの再生紙工場が操業を停止している。そこで、我々は、再生紙工場にも導入可能な超電導高勾配磁気分離システムを使用した廃水処理システムの開発に取り組んできた。現在、日量2000トン級のシステムが完成し、工場に導入されて、その性能を試験している。

図1に全体の概念図とその写真を示す。このシステムは工場排水の現有処理装置（加圧浮上装置）の後段に設置される。加圧浮上装置処理からの廃水は、CODで200～数百ppmであり、このまま排出することはできない。そこで、高勾配超電導磁気分離システムで処理し、水を再利用あるいはそのまま排出が可能となるレベルまでの浄化を行うことにした。この図から分かるように、工場廃水は最初担磁槽に導入され強磁性粒子が付着したフロック（磁性フロック）を含んだ廃水は担磁槽から沈殿槽へ送られる。磁性フロックは磁気分離可能であるが、超電導磁石内に配置されている磁気フィルターへの負荷を低減するために、まず急速に沈殿する大きな重いフロックを沈殿分離する。サイズの小さい比較的軽いフロックは沈殿槽からの溢れ水と共に超電導磁石により構成された磁気分離装置へと送られる。超電導磁石内には強磁性細線（直径1mm程度）が配置され、この近傍に高勾配磁場を形成する。この勾配磁場により磁性フロックが細線（磁気フィルター）に吸引分離され、その後の水は処理水としてリサイクル水として再利用される。沈殿槽下部、および磁気フィルターにより分離回収された磁性フロックは磁性汚泥として回収され、その一部は担磁剤（返送汚泥）として再度使用される。

日量200トン規模での実証試験による結果、CODで38～60の範囲まで浄化された。システムの最適化が図られるにつれて、処理後のCODの値が下がるとともに、顕著な濁度の低下を実現し、これにより、処理水が再利用できることが確認できた。

本システムのイニシャルコストは約1億円である。従来の活性汚泥法によるコストは、日量200トンの処理量で、前述したように、数億円である。一方、下水道に流す場合、年約2億円のコスト

が掛かる計算になる。イニシャルコストを活性汚泥法と比較しても充分安価なシステムであることが分かる。また、本システムのランニングコストについて検討したところ、人件費を入れて、処理水1トン当たり、130円程度の費用がかかる。一方、下水を使い、新しい工業用水を購入する費用は、1トン当たり250円の費用である。このことから、本システムは従来の方法に比較して、ランニングコストが約半分になるシステムであり、経済性の面で十分メリットのある方法であると言える。

開発したシステムの概要

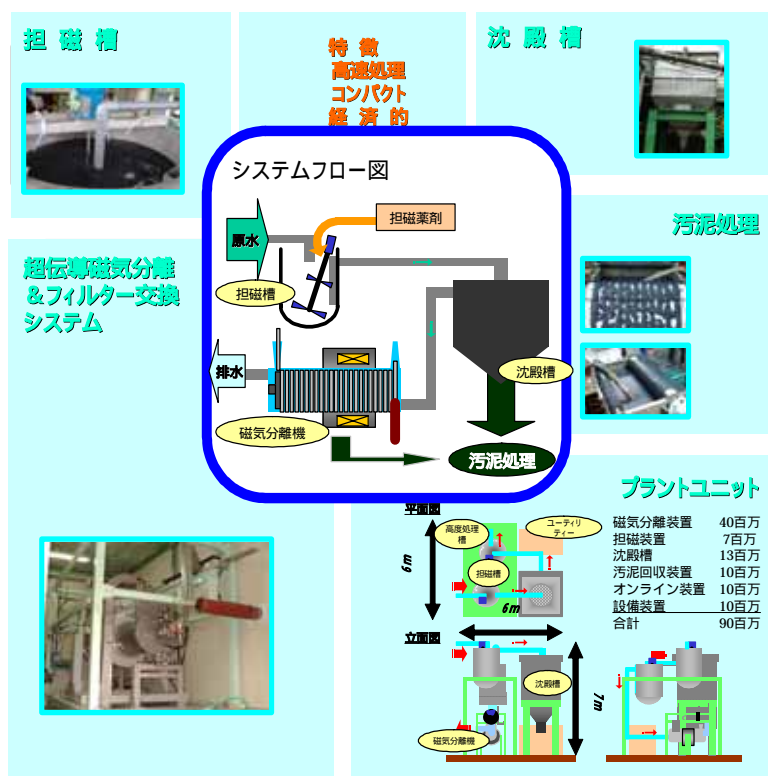


図1 製作した高勾配超電導磁気分離システム

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導関連 11-12月の催し物案内

11/4

東北・北海道支部 10周年記念事業と特別講演

場所：東北大学金属材料研究所（仙台市）

主催：低温工学協会 東北・北海道支部

問合せ：

東北大学金属材料研究所 渡辺和雄

Tel:022-215-2150、Fax:022-215-2149

E-mail:kwata@imr.tohoku.ac.jp

11/5

未来を拓く宇宙利用とロボット工学

場所：せんだいメディアテーク スタジオシアター（仙台市）

主催：低温工学協会 東北・北海道支部

問合せ：東北大学金属材料研究所 渡辺和雄

Tel:022-215-2150、Fax:022-215-2149

E-mail:kwata@imr.tohoku.ac.jp

11/8

超伝導科学技術研究会 第62回ワークショップ「超高感度磁気センサ SQUID を用いた実用システムの開発」

場所：商工会館（東京都）

主催：(社)未踏科学技術協会 超伝導科学技術研究会

問合せ：

(社)未踏科学技術協会 超伝導科学技術研究会 為田

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

11/14-17

International Symposium on Magneto-Science 2005 (ISMS 2005)

主催：新磁気科学研究会

問合せ：山口（横国大）

E-mail:yamaguch@ynu.ac.jp

<http://dione.shinshu-u.ac.jp/magnet/ISMS2005>

（編集局）

11/21-23

秋季低温工学・超電導学会（第73回）

場所：朱鷺メッセ（新潟市）

主催：(社)低温工学協会

問合せ：

E-mail:LDJ04246@nifty.ne.jp

<http://csj.or.jp>

12/4-7

The International Workshop on Coated Conductors for Applications(CCA2005)

場所：La Posada Hotel, Santa Fe, NM, USA

問合せ：

Jeffrey O. Willis, Local Chair CCA2005

<http://www.lanl.gov/orgs/mst/stc/CCA2005/index.shtml>

12/12-14

応用超伝導・低温工学アジア会議 2005 (ACSC2005)

場所：Paradise Hotel、釜山、韓国

主催：日本低温工学・超電導学会(CSJ)、韓国超電導・低温工学学会(KIASC)、中国科学院(CAS)

問合せ：

産業技術総合研究所 淵野修一郎

Tel:0298-861-5819、Fax:029-861-5822

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 (9/17-10/14)

二ホウ化マグネシウム使い 超電導素子を作製 大阪府立大と情通機構 9/20 日経産業新聞
「推進用バルク高温超電導モーター」ブラシ・鉄心レスで小型化 高出力化に成功 9/20 電気新聞
リニア車両をトラック輸送 天候への耐久性調査 9/20 日本経済新聞(夕)
直流電流 交流に変換 単体の物資、世界で初発見 早大など 次世代電子部品に期待 9/22 毎日新聞
企業パピリオン入館者数 最多は「超電導リニア館」 9/26 フジサンケイビジネスアイ
超電導事業を切り札に 営業と開発の情報共有 9/28 日刊工業新聞
最大口径 CT1 号機 ハーバード大に納入 東芝メディカル 9/28 日刊工業新聞
ITER 遠隔実験施設など建設 文科省の推進検討会 材料照射は見送り 9/29 日刊工業新聞
ITER 関連施設 国内プロジェクト固まる 国際核融合エネ研究センター建設 サテライトトカマク装置改修 9/29 電気新聞
切らずに治す がん放射線治療 着実に普及 療法の“主役”にも 10/2 読売新聞
天然ガスの生産 直流送電で支え 洋上ガス田に直流送電 ABB、ノルウェーに納入 圧縮機用い生産性狙う 環境影響、コストで有利 10/6 電気新聞
絶対温度 2K の超電導加速空洞 5230 万ボルトの加速電界達成 高エネ研 10/10 日刊工業新聞
ITER 関連施設 青森県、受け入れ表明 六ヶ所へ 知事ら文科省に 10/13 電気新聞
医療ルネサンス 病院の実力 放射線治療 各診療との連携から 10/14 読売新聞



[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 (2005年9月)

電力

American Superconductor Corporation および Tennessee Valley Authority (2005年9月13日)

American Superconductor Corporation (Nasdaq : AMSC)社と Tennessee Valley Authority (TVA)社は、SuperVAR®ダイナミック・シンクロナス・コンデンサーが、R&D Magazine 誌の名誉ある R&D 100 Award を受賞したと発表した。同賞は、技術分野における年間最優秀製品に贈られる。超電導技術を採用した SuperVAR ダイナミック・シンクロナス・コンデンサーは、グリッド電圧の安定化、サービスの信頼性向上、送電容量の最大化を実現する製品。TVA 社は 2004 年 8 月に、AMSC 社の SuperVAR コンデンサーの第 1 号を、製鋼所への電力供給元となっている変電所に導入した。それ以来、必要に応じて無効電力を発生したり吸収したりする SuperVAR コンデンサーにより、グリッド電圧が安定化している。AMSC 社の社長兼最高経営責任者 Greg Yurek は次のように述べている。「当社の SuperVAR ダイナミック・シンクロナス・コンデンサーが R&D Magazine 誌の R&D 100 Award を受賞したことは、特に意義深いものがある。これは、ブッシュ大統領が先ごろ 2005 年包括エネルギー法 (Energy Policy Act of 2005) に署名したことにより、強制力のある供給信頼性基準を遵守するほか、米国の送電グリッドの信頼性向上と近代化への投資を拡大する必要性が高まっているからだ。当社では、強制力のある新しい信頼性基準の遵守に SuperVAR が大きく貢献するものと期待している」。

出典：

“High Temperature Superconductor Power Grid Stabilization Product Recognized for Technical Excellence -- Selected for R&D 100 Award”

American Superconductor Corporation press release (September 13, 2005)

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=755624&highlight

Brookhaven National Laboratory (2005年9月14日)

米国エネルギー省 Brookhaven National Laboratory は、YBCO 超電導体に流れる電流を大幅に増やす方法を見出した。実際の機器に流れる電流を制限する可能性のあるいくつかの要因を調査したところ、表面が粗いと電流容量が大幅にアップすることを発見した。この調査では、粗い領域と滑らかな領域という 2 つの異なる領域を持つ基板に YBCO 薄膜を成膜して、電気伝導性測定と磁気光学イメージングを行い、両方の表面上で YBCO がどのような挙動を示すかを調べた。意外なことに、YBCO に流れる電流は、滑らかな基板よりも粗い基板の方が 30% 多かった。つまり、ある程度の粗さを持った金属製基板の方が高温超電導体のパフォーマンスを向上させたことになる。この調査結果の詳細は、「Applied Physics Letters」の 9 月 12 日オンライン版に解説されている。

出典：

“Helping out a high-temperature superconductor”

Brookhaven National Laboratory press release (September 14, 2005)

http://www.bnl.gov/bnlweb/pubaf/pr/PR_display.asp?prID=05-88

American Superconductor Corporation (2005年9月20日)

American Superconductor Corporation (Nasdaq : AMSC)社は、カナダの採鉱施設から 3 台の D-VAR®システム (ダイナミック VAR) を新規受注したと発表した。この採掘施設では、12-MVAR システムを電圧管理に利用して電力の信頼性と質を高め、産業生産性向上のほか、電圧低下に起因

する施設運転停止の回避を図る。AMSC 社の電力システム事業部担当副社長兼ゼネラルマネージャー Chuck Stankiewicz は、次のように述べている。「電圧が瞬間的に低下しただけでも製造プロセスが停止してしまうことがあるため、非常に大きな損害を被ることになる。特に、放射状に伸びている送電線の末端にある採鉱施設は、電圧低下の影響を受けやすく、設備が機能しなくなるという問題に直面する恐れがある」。この D-VAR システムは、AMSC 社の 2006 年度第 3 四半期～第 4 四半期に出荷される予定。同社の今回の D-VAR システムは、カナダでは 8 番目、世界では 40 番目のシステムとなる。

出典：

“Canadian Mining Facility Orders Three D-VAR(R) Systems from American Superconductor”
American Superconductor Corporation press release (September 20, 2005)

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=758520&highlight

Nexans SuperConductors GmbH (2005 年 9 月 21 日)

Siemens AG 社コーポレート・テクノロジー部門は、Nexans SuperConductors GmbH 社から供給された産業用途向けの非接触型高温超電導 (HTS) ベアリングを使って、先ごろ、定格 4 MVA の船舶推進用発電機 (HTS マグネットを取り付けたロータを装備) の運転を開始した。この発電機には、永久磁石を組み込んだロータを地面に接触させないために、名目上 500kg の荷重に耐える HTS ベアリングが利用されているほか、半径方向力と横力のバランスを取りながらシャフトを浮上させて安定した位置に固定する機能を持つ HTS マグネットが組み込まれている。Siemens 社では、HTS ベアリングを -245°C まで冷却し、さらに最大 690kg の荷重による試験を実施。その結果、HTS ベアリングが 3,600 回転/分までのエンジンスピードに耐え、しかもベアリングとの隙間が 1mm しかないにも関わらずロータが高温にならないまま正常に動作している。

出典：

“Nexans supplies the world's first high temperature superconductor contactless bearing to go on test for an industrial application”

Nexans press release (September 21, 2005)

<http://www.nexans.fr/internet/Content.nx?f=h&contentId=6464>

American Superconductor Corporation (2005 年 9 月 28 日)

American Superconductor Corporation (Nasdaq : AMSC) 社は、燃料電池の開発と製造を手がける Hydrogenics Corporation 社から 3 台の PowerModule™ PM1000 電力変換システムを受注したと発表した。Hydrogenics Corporation 社は PM1000 電力変換システムを都市交通バス (全長約 12m) の推進システムとして利用する。このバスは、カナダのマニトバ州ウィニペグでまず導入される予定だが、燃料電池とウルトラキャパシタのハイブリッドシステムで走行するカナダ初のバスとなる。AMSC 社が提供する各電力変換システムは、3 つの燃料電池からの電気の管理と制御のほか、バスの電気駆動システムの動力源を調整する。このプロジェクトは、カナダ天然資源省から資金を調達しており、2006 年春に完了予定。AMSC 社の PM1000 電力変換システムは、北米や欧州の電力供給網や工場で、再生可能エネルギーから軍事まで様々な用途に利用されており、5 年間で約 1,000 台の販売実績を上げている。

出典：

“American Superconductor Receives Order for PowerModule™ Electronic Converters to Be Utilized in Fuel Cell System for Hybrid Electric Bus”

American Superconductor Corporation press release (September 28, 2005)

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=761853&highlight

核磁気共鳴 (NMR)

Oxford Instruments Superconductivity (2005年9月9日)

Oxford Instruments Superconductivity (OIS)社は、世界初の商用 950MHz NMR システムをオックスフォード大学に 2005 年 9 月に引き渡すと発表した。オックスフォード大学の NMR たんぱく質構造グループでは、大きさが 100kDa を超える生体分子に関するデータの収集と解析に 950MHz NMR システムを利用する。NMR システムは、これまでに実施された試験において良好なパフォーマンスを発揮し、磁場ドリフト率を 5 Hz/h 以下 (長期に渡る生体分子 NMR 測定の基本パラメータであり、高品質のデータを得るのに必要) に抑えることに成功している。また、この 950MHz NMR システムは、臨界電流密度 (Jc) を高めるために OIS 社が独自に開発した二オプ超電導体の卓越性を証明するものと言える。つまり、このような臨界電流密度の向上が実現したからこそ、小型の超強磁界 NMR マグネットシステムの開発が可能になったわけである。

出典:

“Oxford Instruments announces the world’s first 950MHz magnet for Nuclear Magnetic Resonance is at field”

Oxford Instruments Superconductivity press release (September 9, 2005)

<http://www.nrmagnetsdirect.com/pr3.htm>

通信

Superconductor Technologies Inc. (2005年9月7日)

Superconductor Technologies Inc. (STI)社は、米国の大手無線通信事業者と締結している一般売買契約の期限を延長したと発表した。これにより、売買契約は約 3 年延長されて 2008 年初めまでとなり、STI 社の SuperLink™ 製品だけでなく、AmpLink™ や SuperPlex™ などの新製品も対象となる。STI 社の製品はすべて、既存および今後登場予定の無線ネットワーク技術との互換性を備えている。同社の社長兼最高経営責任者 Jeff Quiram は次のように述べている。「通信事業者における EV-DO などのデータアーキテクチャの運用開始に合わせて、無線ネットワークのパフォーマンス向上を求める声は高まっていくと思われる。当社が 2004 年に発売した AmpLink、SuperPlex、および先進の送受切換器製品は、顧客から幅広い支持を集めつつある。またそうした製品は、顧客独自のニーズとアプリケーションに合わせて当社でカスタマイズされている。当社は、高品質な無線ネットワークの拡大に取り組むこの CDMA 無線通信事業者と良好な関係を 2005 年以降も維持していきたいと考えている。」

出典:

“Superconductor Technologies Inc. Extends Agreement With Major CDMA Wireless Carrier”

Superconductor Technologies Inc. press release (September 7, 2005)

<http://phx.corporate-ir.net/staging/phoenix.zhtml?c=70847&p=irol-newsArticle&ID=753372&highlight>

(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

- 第2回および第3回 Ad-hoc グループ1 (電流リード) 会議開催 -

IEC/TC90 (超電導) の Ad-hoc グループ1 (レポーター: 長村光造、京都大学) は、第2回および第3回 Ad-hoc グループ会議を2005年9月15日及び21日にウィーン及びジェノバにおいてそれぞれ開催した。それぞれの会議は、EUCAS2005 及び MT-19 に併催したものである。なお、同第1回会議は、2004年10月米国フロリダにおいて開催された。

同会議には、日本 (JNC) から長村光造 (京都大学教授)、新富孝和 (日本大学教授) 及び佐藤謙一 (国際幹事、住友電工) の3名が派遣された。現地における出席者はつぎの通りであった。

- ウィーン会議 (第2回): T. Arendt (EAS), A. Ballarino (CERN), T. Taylor (CERN), J. Sosnowski (Poland), T. Shintomi (日大), K. Sato (住友電工), K. Osamura (京大)
- ジェノバ会議 (第3回): R. Heller (FzK), W. Fietz (FzK), H. Krauth (EAS), T. Taylor (CERN), T. Mito (核融合研), T. Shintomi (日大), K. Sato (住友電工), K. Osamura (京大)

Ad-hoc グループ1 会議の目的は、超電導機器に不可欠な電流リードに関する国際規格の必要性について国際的な専門家が討論し、その活動結果と規格化の方向性を IEC/TC90 国際会議に報告することである。

会議の経過は、概ねつぎの通りであった。

- (1) 不可欠な電流リードに関する国際規格の必要性は、国際合意が得られた。
- (2) JNC が提示したドラフト (Ver.7) に対して、EU メンバー及び USA メンバーから提示されていたコメントについて、継続的な議論がなされた。
- (3) タイトルを超電導電流リードに限定せず、一般的な“電流リード”とする。
- (4) Patent policy 事項の記載は見送る。
- (5) 規格の内容構成は、設計事項を削除し、電流リードの概念 (原理) 説明、電流リードを構成するために不可欠な特性の記述及びそれら特性試験を付加する。
- (6) 電流リードに不可欠な特性項目として、Heat load、Mass flow、Pressure drop、Voltage drop、High voltage measurements、Safety margin in case of loss of mass flow、Leak tightness が列挙された。
- (7) 具体的な内容の詳述は、ワーキンググループ WG が設置されてから実施する事が望ましい旨指摘された。

今後、Ad-hoc グループ1 会議は、EU メンバーの意向と USA メンバーの意向とを集約し、Ad-hoc グループ1 メンバーの合意を得て方向性を決定することとなった。

(ISTEC 標準部長 田中靖三)

[超電導 Web21 トップページ](#)

特許情報

平成 17 年度上半期の公開特許

平成 17 年 4 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 2005-252019 「超電導素子」:

高速動作の単一磁束量子回路 (SFQ 回路) の実現においては、上下の超電導層を低誘電率で誘電損失が少ない層間絶縁層で絶縁しなければならない。従来は超電導層の超電導特性の確保のために、高誘電率の絶縁性酸化物によって層間絶縁を行っていた。このため、SFQ 回路の高速動作が十分発揮されていなかった。本特許では、超電導層の特性を劣化させることなく、低誘電率の MgO を主たる絶縁層とする多層構造絶縁膜を採用し、高い電気的絶縁性と共に、低誘電率で誘電損失が低い層間絶縁層を実現した。これにより、ジョセフソン接合や超電導配線の寄生容量が低減され、高周波信号の波形歪の発生を防止することが可能となり、回路設計が容易になった。

2) 特開 2005-252400 「ゲートブロックおよびこれを用いた論理回路並びにその設計方法」:

本発明は、高速動作の単一磁束量子回路 (SFQ 回路) の設計を容易にする、論理ゲートブロック間のクロック信号を含む信号線の構成方法に関するものである。従来法では、ゲートブロック外において、信号の分岐を行う方法が採用されていたが、本発明では、次段ゲートブロックとの接続を考慮した信号の分岐を当該のゲートブロックに含めると共に、ゲートブロック間の信号接続は受動的伝送線路のみで行うものである。本発明により、信号接続のためのレシーバゲート、ドライバゲートの数が大幅に削減され、集積度の向上のみならず、動作速度の向上と消費電力の低減が実現された。

3) 特開 2005-259812 「超電導 SFQ 回路」:

本発明は、超電導 SFQ 集積回路内の一部の回路の接地電位が部分的に変動することにより、他の超電導 SFQ 回路の動作が誤動作することのない超電導 SFQ 集積回路を提供することを目的としている。本発明の超電導 SFQ 集積回路は接地電極が分割されており、第 1 の接地電極に接続された第 1 の超電導 SFQ 回路と、第 2 の接地電極に接続された第 2 の超電導 SFQ 回路と、第 1 の超電導 SFQ 回路と第 2 の超電導 SFQ 回路との間を接続する分離用超電導 SFQ 回路で構成し、さらに、第 1 の接地電極と第 2 の接地電極間をインダクタンス性の配線により接続することを特徴としている。

4) 特開 2005-260364 「超電導ラッチ・ドライバ回路」:

本発明は、DC バイアス電流で駆動する超電導ラッチ・ドライバ回路を提供し、十分な出力電圧を生成することを目的としている。従来は、ラッチ・ドライバ回路のリセットのために AC バイアス電流をジョセフソン接合に印加していたが、このバイアス電流が、接地電位の変動を惹き起し、動作マージンを著しく制約していた。本発明による超電導ラッチ・ドライバ回路は、SFQ パルスをラッチさせるために、ヒステリシス特性を持たせたジョセフソン接合からなるラッチ回路と、ラッチ回路の出力に接続される負荷インダクタンスと負荷抵抗とからなる負荷回路と、ラッチ回路の出力と負荷回路の間にリセット回路を挿入し、ラッチ回路のジョセフソン接合を直流電流で駆動することを特徴としている。リセット回路はラッチ回路が SFQ パルスをラッチしてから所定時間後にリセットする。

(SRL/ISTEC 開発研究部長 中里克雄)

[超電導 Web21 トップページ](#)

低温工学協会応用超電導研究会シンポジウム

山形大学
工学部
教授 大嶋 重利

低温工学協会の応用超電導研究会/超電導マイクロ波・ミリ波応用調査研究会と日本学術振興会超伝導エレクトロニクス第146委員会との合同シンポジウムが、平成17年9月30日(金)に山形大学工学部で開催された。今回は、「マイクロ波・テラヘルツ波超電導デバイスと冷却用小型冷凍機」と題して、6件の講演と2件の国際会議報告があった。そのプログラムは以下の通りである。

1. 超電導マイクロ波・テラヘルツ波デバイス

- (1) $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ 薄膜を用いた超電導フィルタの第3次歪特性: NTT 佐藤 寿志
- (2) 第四世代移動通信基地局向け超電導フィルタの開発: 富士通 赤瀬川 章彦
- (3) STJ 検出器を用いたテラヘルツ・イメージング: 独立行政法人 理研 有吉 誠一郎

2. デバイスの基礎と小型冷凍機

- (4) 高温超電導薄膜のマイクロ波耐電力特性: 産総研 小原 春彦
- (5) MgB_2 、YBCO 薄膜の表面抵抗の磁場依存性: 山形大 齊藤 敦
- (6) 超電導デバイス用小型冷凍機: スマック 河原 定夫

3. 国際会議報告: (7) LT, MT: 東北大 淡路 智、(8) EUCAS, ISEC: 山形大 大嶋 重利

NTT 佐藤は、送信用バンドパスフィルタの特性評価には不可欠な、IP3(Third-Order Intercept)について、ヘアピン型3段フィルタを用いて測定し、膜質や材料との相関について報告した。その結果、YBCO 薄膜より NBCO 薄膜の方が IP3 が大きいこと、また NBCO 薄膜では酸素アニール(320~350 数時間、酸素 1 気圧中)を施した膜で作成したフィルタの方が IP3 が大きいことを実験的に明らかにした。富士通の赤瀬川は 2010 年ごろ実用化が期待されている第 4 世代の高速無線通信に対応する超電導バンドパスフィルタについて報告した。共振周波数を 4GHz と想定し、100MHz バンド幅のチェビシェフ型フィルタの設計とその評価について発表した。理研の有吉は、STJ 検出器を用いたテラヘルツ・イメージングについて報告した。STJ のテラヘルツ波の受信感度は半導体ポロメータよりも高く、イメージングに適したデバイスであると主張している。実際に、ニオブの STJ アレイ素子を用いたサブテラヘルツ(650GHz)イメージングにより ICOCA カードのイメージングに成功した例を報告した。産総研の小原は高温超電導薄膜のマイクロ波耐電力特性について、その非線形性のメカニズムについて発表した。超電導体の非線形性は、磁場侵入長の電流依存性に起因していると考え、その現象について議論した。特に、d 波超電導体では小さいマイクロ波電力でも非線形性が表れることを報告した。山形大の齊藤は MgB_2 、YBCO 薄膜の表面抵抗の磁場依存性について発表した。無磁場中では、低温領域における MgB_2 薄膜の表面抵抗は YBCO 薄膜よりも小さいが、磁場を印加すると MgB_2 薄膜の表面抵抗は急激に大きくなることを実験的に明らかにした。また、種々の基板上に形成された MgB_2 薄膜の表面抵抗を測定し、より低い表面抵抗をもつ MgB_2 薄膜の作成についての知見を報告した。スマックの川原は、自社における小型冷凍機の開発現状について発表した。米国のサンパワー製のリニア型スターリング冷凍機とスマック(松下の社内ベンチャー企業)のリニアモーター制御技術を合体させ、小型・高信頼性のスターリング冷凍機の開発に成功したことを発表した。販売価格が 100 万円を切る長寿命・小型スターリング冷凍機(冷凍能

力: 77K 5W、最低到達温度 40K、重量 2.1Kg)を開発できたことは、今後の利用拡大が期待できる。また、現在パルス管冷凍機の開発を手がけていることも報告している。東北大の淡路は International Conference on Low Temperature Physics (LT)と International Conference on Magnet Technology (MT)についての会議報告をした。LT で印象に残った発表は、FFLO 状態と呼ばれる新たな超電導状態を検証した論文と、STM を用いて高温超電導体の実空間におけるマクロ/ミクロな相分離の直接観察した論文であると報告した。MT では、各種のマグネット応用についての発表と、すでに実用化されている Nb₃Sn 線材に関する発表が増加していることが印象深かったと報告している。山形大の大嶋は European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS) と International Superconductive Electronics Conference(ISEC)について会議報告をした。EUCAS におけるエレクトロニクス分野では、SQUID、Digital、Microwave の3分野に大別できるが、その中で、Microwave の分野に絞って、興味を引いた発表について報告した。一つは、超電導バンドパスフィルタを用いた新たな応用の提案(市中ノイズ低減フィルタ、レーダー用フィルタ) もう一つは中国における超電導フィルタシステムのフィールド試験結果である。ISEC については、近畿大の本津茂樹教授と日大の山本寛教授がまとめてくれたものを発表した。

[超電導 Web21 トップページ](#)

EUCAS 2005 に出席して

EUCAS 2005(European Conference on Applied Superconductivity)が、2005年9月11日から15日にかけてオーストリア ウィーン工科大学で開催されました。今回で7回目となりますが、世界40数カ国から約1000名が参加、約800件の論文が発表され、活発な議論がされました。参加者は日本が180名とトップで、ドイツが110名、オーストリア、イタリア、英国、米国がそれぞれ50名と続き、中国、韓国からもそれぞれ15名あり、世界的な広がりがありました。

12日は、開催に先立ち、8月に故人となられた Prof. Jan E. Evetts 氏の功績をたたえ、業績の紹介と思い出のVTRが上映され、会議が始まりました。

初日のプレナリーセッションは、高温超電導発見でノーベル物理学賞を受賞した Dr. K. A. Muller 氏、核融合 ITER の開発を担当している Salpietro 氏、超電導工学研究所(SRL)の塩原氏(日本の Coated conductor についてのレビュー)の講演でした。日本からの他のプレナリー講演は、14日に名古屋大学の藤巻教授(SFQに関する最近の話題)、15日に電力中央研究所の秋田氏(日本の超電導プロジェクトの概要の紹介)でした。

次世代線材の研究開発では、これまでどおり日本、アメリカ、そしてヨーロッパが中心で、SRLでの212mで245A/cm-wの J_c 値($J_c \cdot L$ 値で51940A \cdot m)が現在のチャンピオンデータとなっており、 $J_c \cdot L$ 値が5万を超えたという報告に聴衆一堂は驚いていたようです。これに続く成果としては、アメリカのIGCスーパーパワー社が107A/cm-wの207m($J_c \cdot L$ 値で22055A \cdot m) Fujikuraの88A/cm-wの217m($J_c \cdot L$ 値で19100A \cdot m)となっていました。日米がそれぞれのプロジェクト目標値に向かって着実に成果が伸びている印象を受けると同時に、 $J_c \cdot L$ 値では日本が一歩リードした形ではありますが、米国の低コスト化に集約した線材研究は着実に進んでいることがうかがえました。

バルク応用に関してはドイツ、韓国からフライホイールプロジェクトの開発状況が報告され、多くの聴講者を集めていました。両国とも超電導軸受の組立を完了し、回転試験を行う段階に入りつつあります。また、超電導モータ、磁気浮上搬送システムに関する発表も多く行われていました。デジタルエレクトロニクスでは、日本からの発表に圧倒的な存在感があり、これに刺激されてヨーロッパでもSFQ回路に対する関心が高まり、スウェーデン、ドイツ、オランダなどを中心に研究が行われています。

今回、最終日の15日に興味ある試みとして、日米欧からそれぞれの代表者が講演し(日本からは、SRL塩原氏と住友電工佐藤氏)、この講演を基にお互いに議論する「Conductor Round Table」という時間が設けられました。

全体的な印象としては、基礎研究での高性能な成果が着実にできていると同時に、機器の開発やその実用化に向けての様々な検討が盛んになってきている印象を受けました。

次回のEUCAS 2007は、2007年9月16日から20日まで、ベルギーのブリュッセル市で行われる予定です。



ウイーン工科大学 Freihaus 正面



Conductor Round Table



企業展示



ポスターセッション

(ISTEC 総務部 久保義昭)

[超電導 Web21 トップページ](#)

MT-19 報告

2005年9月18日(日)~23日(金)、イタリア・ジェノバ・Magazzini del Cotoneにおいて開催された 19th International Conference on Magnet Technology (MT-19)に参加した。参加者数は約600名。発表件数は約700件で、その内、応用関係が半分弱を占めており、実用化を意識した研究が進められていることを感じた。主な発表は以下の通りである。

エネルギー貯蔵関連では、九州電力から現在実施している国プロでの Bi-2212 100MW/54MJ 系統安定化用 SMES コイルの設計に関する発表等があった。一方、中部電力から同じ国プロでの Bi-2212 コイルによるエネルギー高密度化に関する発表に加え、5MVA 瞬低補償用 SMES のフィールド試験結果の発表があった。また、核融合科学研から LTS 伝導冷却パルスマグネットによる 100kJ UPS-SMES プロトタイプ of 作製・試験に関する発表があった。海外からは、イタリアの国プロ SMES (1.2MW/3MJ、NbTi、加速器用)のフィールド試験結果、韓国の IGBT 変換器を使用した 750kVA/3MJ、NbTi 瞬低補償用 SMES の製作・試験結果等の発表があった。

現在フェーズ2となっている DAPAS Project での 22.9kV/630A 限流器開発 (Bi 系及び Y 系の両方で開発)に関する発表を始めとして、韓国からの限流器の発表が目立った。韓国では短絡容量対策に限流器が期待されているという話である。

Siemens の BSCCO テープを使用した 4MVA 船舶用超電導モーター開発を始め、Bi-2223 を使用した電動機、発電機、変圧器の開発が盛んに進められている様子である。

CERN の発表によると、LHC の一部を成す ATLAS 検出器を構成する AI 安定化 NbTi-Cu ケーブル製マグネットの蓄積エネルギーは 1.55GJ に達するそうである。2005年12月に組立を完了し、2006年の1月-3月にかけて性能試験を実施する予定だそうである。

MgB2 にはパネルディスカッションの時間帯が設けられており、関心の高さを伺わせた。その中で、日立製作所から MgB2-NbTi 接合により 1.5T で 12 時間永久電流運転に成功したとの発表があった。

(ISTEC 調査・企画部 清水 延彦)

[超電導 Web21 トップページ](#)

【隔月連載記事】

超電導市場のこれまでとこれから（その6 最終回）

SRL/ISTEC

特別研究員 堀上 徹

その6：超電導の電力応用市場

1. はじめに

前回、超電導マグネットを使った磁気分離装置のことを書いた。その中で、大阪の二葉商事という会社が製紙会社向けの水浄化システムを開発していることを紹介した。この会社が主体となって今年8月に超電導磁気分離装置を製造・販売する新会社（株）MS エンジニアリング）を設立した。船舶用モータも石川島播磨重工業(株)が受注を開始するという。このように、超電導の産業向けビジネスが徐々にではあるが台頭し始めてきたことは、「超電導市場のこれから」にとって大変明るいニュースである。

本号でこの連載も最終となるが、最終に相応しく社会インフラである電力機器を対象として今後の市場を展望する。

2. 超電導が使われそうな電力機器

電力分野に超電導を用いようとしている対象機器の多くが既存機器との置き換えということになる。

既存機器は100年余の歴史を有するものであり、改良に改良が重ねられ、かつ長期信頼性も実証済みのものばかりである。ここに社会インフラである電力分野に超電導が入り込むのはそう容易ではない。とはいうものの、既存機器は銅線やアルミ線というような電気抵抗がある材料を用いているため効率の点では超電導線材を用いたものより劣る。このことはとりもなおさず環境負荷に対して好ましくない。超電導を用いればかなり改善されることが期待されている。「環境・エネルギー調和社会の構築」という視点からも超電導機器の導入が望まれるところである。

環境負荷軽減ということの他、超電導を使えば各機器の小型・軽量化や大容量化も実現できると同時に電力系統の信頼性向上も期待される。

電力産業分野に超電導を用いばいいのではないかと考えられている機器には以下のようなものがある。既存機器の代替としては、電力ケーブル、変圧器、回転機（電動機・発電機等）、また、超電導を用いなければ実現出来ないものとして、限流器、超電導エネルギー貯蔵装置（SMES、大容量フライホイール）、核融合炉等がある。

夫々の機器を超電導で実現するためには、克服しなければならない多くの技術課題があるが、本連載は「市場」を主体としているので、ここでは技術的課題は採り上げないことにする。

3. 各機器の市場規模

ここでは、昨年度ISTECが事務局となって各専門家から成る高温超電導市場開拓委員会を設け、そこでの検討結果を、「高温超電導市場調査」報告書に纏めたので、それを主体に各機器の市場規模を紹介したい。

3-1 電力用ケーブル：

超電導材料を電力ケーブルに適用しようという考えが現実味を帯びてきたのは、高温超電導体の出現があったからである。以前にも日米で低温超電導線を用いた電力ケーブルの開発は行われたが、

液体ヘリウム冷却や電気絶縁等の課題のために途中で断念したという経緯がある。高温超電導体の出現により、液体窒素温度での冷却が可能となったため、俄かに開発が進むようになった。現状の送電ケーブルは、発電所から需要家まで電力を送るのに7~10%の損失があるといわれている。これを超電導化することにより大幅に損失を減らすことができ、さらに、電圧を上げずに電流を増やすだけで大容量化できるため、変電所の変圧器の数を減らすことができるという利点もあるというのが開発に拍車をかけている理由である。

すでに、わが国では、東京電力(株)と住友電気工業(株)が共同で、Bi系線材を用いた長さ100mのケーブルを製作し、実験を成功裏に終了している。(図1)

また、昨年度終了した国のプロジェクトにおいては、古河電気工業(株)と電力中央研究所とで、これもBi系線材を用いて500m長のケーブルを製作し、通電実験に成功している。一方、米国では国のプロジェクトが3件進行中である。中国や韓国も開発中である。いずれもBi系線材を主体としているが、一部では現在開発中のY系線材の使用も計画されている。米国や中国は日本と異なり送電容量不足ということもあり、超電導を用いることにより大容量化を図りたい考えである。外国での実使用が始まり、実績を積み、日本での普及も促進されるものと期待している。市場規模に関する報告は殆どなされていないが、わが国における既存の275kV地中送電ケーブルの3%が置き換わるだけで700億円規模になると試算されている。



図1 東京電力(株)と住友電気工業(株)が共同開発した超電導送電ケーブル

3-2 変圧器:

超電導を使うことにより効率が0.5%程度向上するというものの他、現在ガス変圧器の冷却媒体として用いているSF₆が環境負荷に影響を与えることや油入変圧器の可燃性が懸念されること等により、環境負荷がなく不燃性の液体窒素を冷却媒体として用いることの利点が超電導変圧器開発の動機となっている。

前回述べた鉄道車両に超電導変圧器を導入するという意図は、車両の効率向上を図るために超電導化により軽量・小型化を狙ったものであった。この分野の市場はそう大きくはなく、年間6億円程度と見込まれている。鉄道用変圧器も電力用変圧器も技術的には共通する部分が多いので、ひとたび鉄道車両に導入されれば、かなり大きな市場が見込まれる電力分野にも普及が進むことが期待されるが、どの程度の市場規模になるかについては現状ははっきりしない。

3-3 回転機:

電力用回転機には電動機(モータ)と発電機とがあるが、原理的にはほとんど同じなので、基本的な技術開発はほぼ共通と見ていい。電動機の超電導化については、冒頭船舶用電動機を石川島播

磨重工業(株)が近々販売する計画であるということを紹介した。これも鉄道車両用変圧器と同様、小型・軽量化という特徴が電気推進船に極めて適しているという事情から市場が拓けそうな状況にある。産業用電動機の中でも出力 1,000kW 以上のものは、現状の市場として年間世界で 1 千億円規模である。一方、発電機においては、現状のものよりは発電効率と発電の安定性が向上すること及びロータの短軸化と軽量化等の特徴があるため、わが国でもプロジェクトで低温超電導を用いた出力 7 万 kW の製作・試験に成功した。しかし、電力会社が使うという状況にはなっていない。数 10 万 kW 級の現状の発電機にも冷却用にヘリウムガスを用いているので、液体窒素冷却はそう重荷にならないと考えられる。

米国では、ゼネラルエレクトリック社が米国 DOE の補助を受けて Bi 系高温超電導線材を使って 10 万 kW 級の超電導発電機を開発している。その背景には、現在米国の電力会社が有する約 10,000 台の既存の発電機を今後 10 年から 15 年間にオーバーホールする必要があるため、この機会にロータ部分のみを超電導化して特長を出すという狙いがあるようである。単純に計算すると年間 1,000 台程度の市場が拓けることになる。欧州では、風力発電に軽量・小型化が可能な超電導発電機を適用しようという動きがある。

3-4 限流器：

これも高温超電導体の発見以後、活発に開発が進められるようになったものの一つである。

電力自由化の進展とともに多数の電源が電力網に接続され、1 箇所の電源事故でも全体の故障に繋がる可能性がある。

限流器は、電力系統で事故が起こった時に発生する事故電流を遮断する際に、事故電流を減衰させる役目を果たすもので、遮断器などの系統のスイッチ要素の定格を軽減するとともに、電力系統に導入されれば大きな系統運用効果がある。

未だ基幹電力系統の高電圧(66kV 以上)に適用できる技術レベルにないが、電力自由化により拡大している分散電源の電圧レベル(6.6kV クラス)用ではかなり開発が進んでいる。

先の調査報告書によると、2003 年度の国内総発電量は 1 兆 kWh であり、2005 年 4 月には 6,000 億 kWh の電力取引が自由化される。電力系統に連系される電圧階級として 6.6kV 系統があり、ここに 4,000 箇所以上の中規模分散電源が連系されることが予想され、この系統に限流器を導入して事故時の過電流を抑制することが期待されている。国内市場規模として年間 40~60 億円あると推測されている。国内市場のみならず、電力網が必ずしも充実していない海外での導入が実現すれば大きな市場になると期待されている。

3-5 SMES：

これは、超電導エネルギー貯蔵装置(Superconducting Magnetic Energy Storage)のことである。

現状の蓄電池などのエネルギー貯蔵装置と比べて貯蔵効率が 80~90%と高く、エネルギーの出し入れが極めて早いのが特徴である。これが導入されると、単にエネルギーを貯蔵するだけではなく、電力系統安定化、負荷変動補償、周波数調整などの電力の安定化や品質維持などに対する効果もあることから、わが国においてもプロジェクトとして開発が進められている。

一方、IT の発展によるデータセンタの設立や半導体、液晶等のハイテク産業の発展に伴い、電力の質(瞬間的な電圧の低下等)の維持や更なる安定性が求められている。ここへの SMES の適用も進められている。(図 2)

すでに中部電力(株)がシャープ(株)の液晶工場に SMES を設置し、落雷などによる瞬時電圧低下(瞬低)を未然に防ぐという具体例も出てきている。このような用途だけにかぎっても 300 億円程度の市場があると見込まれている。

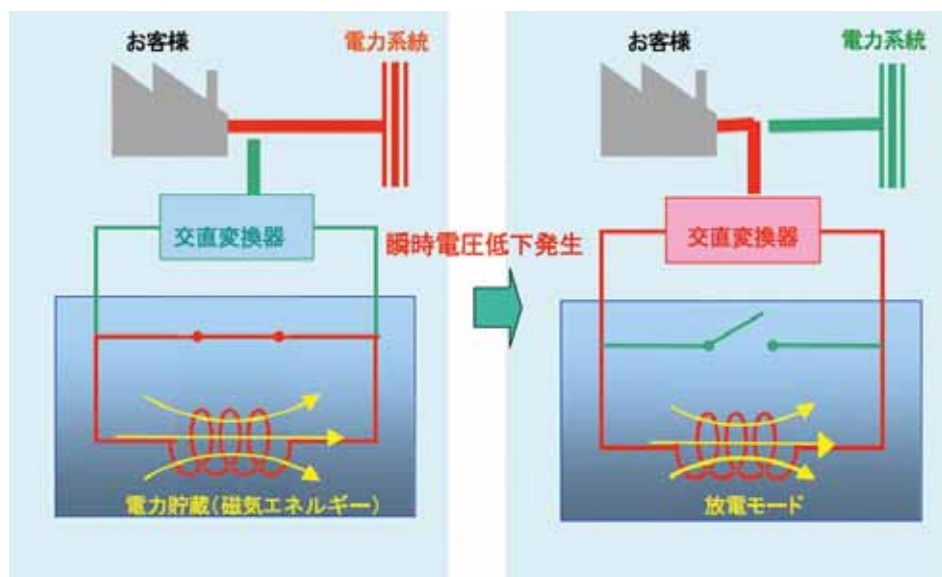


図2 瞬低補償 SMES の原理と動作

(磁気エネルギーとして貯蔵した電力を、系統に瞬時電圧低下が発生すると、系統から負荷に供給されていた電力を SMES から供給するように一瞬のうちに切り替わります。系統の電圧が回復後、再び系統から負荷への電力供給に速やかに戻ります。) 東芝レビューVol.59 No2.(2004)からの引用

3-6 核融合炉：

核融合原型炉としての ITER がフランスに建設されることが決まった。総額 6 千億円以上といわれるこの巨大装置には超電導が不可欠である。このうち 1/3 が超電導関連機器で占められる。今後約 10 年間の建設期間を経て完成する予定であるが、それに続く実証炉、商用炉と息の長い開発期間があり、超電導市場の安定な成長が見込める分野である。

4. 終わりに

本号では超電導の電力分野への適用について述べてきたが、電力網がしっかりしているわが国では、超電導の電力分野への早期導入は容易ではない。しかし、地球環境問題を考えるとそう悠長なことも言っておれないのではないかとも思う。電力分野に限らず、新しい技術は必ず従来技術の壁に阻まれるのが常である。超電導技術も例外ではない。超電導の特長を最大限活かしつつ、冷やさなければならぬというようなペナルティをできるだけ少なくする技術開発も今後益々大切になってくる。

技術開発と並行して、国内市場のみならず世界を見据えて、必要とするところから市場に参入することが市場拡大の近道と考えられる。

実際、超電導送電ケーブルに関しては、住友電気工業(株)が米国のプロジェクトに参加したり、韓国のプロジェクトに納入したりしており、世界の市場を視野に入れた活動を行っている。技術の継続性という観点からも、極めて重要なことと思われる。

見てきたように、超電導技術は様々な産業分野に適用が可能で、かつ省エネルギー化が可能という際立った特徴を有している。新しい技術が社会に浸透するためには相当の時間を必要とするが、本当に社会に役立つ技術であれば必ずや普及する。もうあと一息で市場が急激に拓くところまでできているという認識をもっている。

6 回にわたって紹介してきた「超電導市場のこれまでとこれから」の拙文をお読み頂きまして誠にありがとうございました。今後とも超電導に対するご興味とご理解を継続して下さいませよう切にお願い申し上げます。

[超電導 Web21 トップページ](#)

読者の広場

Q&A

Q：最近、米国でエネルギー包括法が成立したと聞いていますが、この法律の中で超電導はどのように取り扱われているのでしょうか？

A：この法律は、「Energy Policy Act of 2005」という名称が付けられています。筆者の手元にあるものは1724ページにものぼり、全体で18章構成の非常に長大な法律です。この法案は議会での4年間もの慎重な審議を経て成立したものです。米国連邦エネルギー省長官は、「この法律は、エネルギー効率を向上させ、環境負荷に考慮しながらエネルギー需要の増加に対応し、米国のエネルギー・インフラを最新鋭化するための投資を促進していくに当たって、全体のバランスを見つつ、その優先順位を明確にしたものだ。」と述べています。

この法律には超電導についても明確な規定が存在し、重要技術の1つとして考えられています。具体的には「第9章 研究開発」及び「第12章 電力」に規定されています。第9章では、超電導関係の研究開発を推進すべしとして、「エネルギー省長官は、送配電システムの信頼性、効率、環境への取り組みのために必要な包括的な研究、開発、デモンストレーションのためのプログラムを推進しなければならない。」とし、さらにこれに必要な予算措置を講じる旨規定しています。ここで規定される研究開発は、高温超電導に重点が置かれ、さらには実用化ということが強く意識されています。また、第11章では、超電導ケーブル、超電導電力貯蔵デバイスの普及促進に努めるよう規定されています。

「Energy Policy Act of 2005」は、法文で超電導、なかんずく高温超電導の研究開発、実用化を促進することを明確に宣明しているという意味で、画期的な法律といえるでしょう。

回答者：ISTEC 国際部長 津田井昭彦

[超電導 Web21 トップページ](#)