

読者の皆様へ

超電導は、今日では、大型産業の基礎であり、近い将来、私たちの生活のいたるところに影響を及ぼすことになると考えられます。超電導応用製品が年間売上げ 30 億ドルにもなると知って多くの方は驚きます。電流が電気抵抗なしで物質中を流れるという科学的現象はさまざまな分野での新しい応用の大きな可能性を秘めています。

MRI（磁気共鳴人体断層画像装置）の高解像度画像の形成には超電導マグネットなしでは考えられません。MRI により診断手順が改善され、必要以上に手術することがなくなり、医療費低減の一助となっています。超電導マグネットはまた化学分析と薬学の開発のための NMR（核磁気共鳴装置）、物性の科学研究のための粒子加速器など、広範囲にわたって使用されています。最近、かなり高い動作温度を持つ超電導体が発見されたことにより、21 世紀に向けて私たちの生活様式に大きなインパクトを与える新しい、価値ある製品を開発するための研究に、世界の各所で拍車がかかりました。高温超電導体の発見からの過去 9 年間に、これら新素材を使った、および素材加工技術とセンサーを含めた、試作品の（将来の）可能性が電子、エネルギー、輸送、医学、その他の分野でも明らかにされてきました。解決しなければならない問題が山積していますが、超電導特有の多くの利点と超電導の究極の応用は明確となっています。

この小冊子は超電導産業と超電導の可能性についての最新の概略情報を提供します。すでに始まっている胸をときめかす超電導の進展をこれからも継続させていくためには公立研究所と、民間企業の研究所における施策決定者を今後とも継続的に支援していくことが必要です。

この小冊子は第 4 回年次 ISIS 会議において作成されたものです。ISIS とは国際超電導産業サミットのことで、毎年一度、世界の超電導産業の主要機関の後援で開催されています。このサミット会議の目的は、超電導技術を利用した製品の開発を早急に促進させるために、全世界の産官学の研究施設間の国際協力と情報交換を推進していくことです。

ISIS の参加団体はヨーロッパから、CONNECTUS（超電導利用のための欧州企業体連合）、アメリカから、CSAC（超電導関連米国競争力評議会）、日本からは、ISTEC（国際超電導産業技術研究センター）です。ISIS は、この小冊子の発行にあたっての EIS（超電導教育研究所）のご協力に対して感謝の意を表します。

この小冊子を一読すれば超電導とその胸を躍らせるような可能性への我々の熱意をご理解いただけるものと確信します。

マーティン ウッド卿
CONECTUS 会長

アラン ロウダー博士
CSAC評議会議長

田中昭二博士
ISTEC 所長

電力産業

近代社会は電力なしでは機能しない。実際に、世界中で、年間10,700 GkW 時以上の電気エネルギーが供給されており、この需要は2010年までに15,300 GkW 時にまで増加すると予測されている。¹

しかし、銅、アルミ、銀など従来の電導体には電気抵抗がある。この抵抗は動作中の機械における摩擦に対応する熱となる。従って、超電導のモータ、送電線、トランスを使えば、超電導体はその有効温度範囲内で使用する限り、熱損失がないため、毎年10億ドルが節約できると推定されている。更に、超電導マグネットを使うことにより、モータと発電機を従来のものより小型化、軽量化でき、出力も大きくできる。その結果、製造、出荷、設営、保守にかかる費用が削減される。

機能的、費用有効型超電導電線を製造する能力が、超電導電線を電力用設備という広範囲の需要に使用することへのカギである。これを実現させるには、電線に強い磁場の中でも高い送電能力をもたせなくてはならないし、マグネットに仕上げるためには、電線に強度を与え、可撓性をもたせなくてはならない。

超電導電線に関する研究は世界中の多くの研究所で熱狂的に進められており、多くの場合、国立研究所の協力を得て進められてきた。その結果、望ましい特性の電線の開発が急速に進展した。計画では試作品の製造とテストが今年に始まり、2、3年以内には最初の市場性のある製品が世の中にでる予定になっている。

前述のモータ、発電機、送電線の他に電力産業に大変革をもたらす超電導製品が多数ある。

その一つが SMES（超電導エネルギー貯蔵）である。その高効率超電導コイルは既存のバッテリーより遥かに高速でエネルギーを貯蔵し、放電する。SMES 装置は、公共事業体が、消費者電力の質を最適にし、電力需要のピーク時に低コストで電力を供給するという二つの大きな目標を達成するために有効に働く。

¹ 1995年版「国際エネルギー展望」合衆国エネルギー省エネルギー情報局

超電導バルク材製の無損失軸受をもつフライホイールエネルギー貯蔵方式も、この同じ概念に適用できる。但し少量の貯蔵要求に対してである。超電導体は電力産業においてトランスや故障電流制限回路にも使用できる。

エレクトロニクス産業

世界で最も速い成長を続けている産業の一つに通信産業がある。移動通信、衛星通信、最先端技術の航路標識をはじめとして超電導から恩恵を受けることができる通信応用が数多くある。

このような民生応用に加えて、各国の防衛施設は最新のレーダ、つまり、電波誘導・制御システム、通信、最先端技術の航法システムに依存している。これらのシステムはすべて、遅延回路、フィルター、共振器など多くの構成部品からなる極めて精巧なエレクトロニクスのシステムを前提としている。これらの構成部品の効率は、電力損失がどの程度少なくなるか、または、なくなるかにかかっている。この理由で、超電導部品より構成される電気部品が数年間にわたって熱心に研究されてきた。これらの個々の構成部品の価値については、すでに、はっきりと実証されてきた。

この作業の当面の焦点はこれらの構成部品を半製品に組み入れることにある。その技術は計画どおりに進んでおり、最初の商品が一年以内に出荷される見通しである。

超電導エレクトロニクスもまた多くの科学的機器に応用できる。例えば、極小磁場を測定するための超電導センサー利用の電子機器を作ることができる。これらの構成部品を組み込んでいる機器はパイプラインや航空機の機体など構造物の外部を走査して内部の傷やクラックの検出に使用することができる [NDE (非破壊評価) として知られている]。

科学研究用機器もまた超電導エレクトロニクスから恩恵を受けている。例えば NMR、MRI と同じ原理を用いた化学者用の分析ツール (である) の精度は試料測定のための検出測定器の精度にかかっている。NMR は今日の機器の10倍の感度を持つ超電導検出器からの恩恵により、研究者の高精度微小試料の同定を可能にしている。

これらの結果だけでも将来を期待させるものであるが、高度の計算に超電導エレクトロニクスを組み入れることにより、最高の域に達することになろう。研究者たちは、今、超電導エレクトロニクスに基づく基礎計算回路構成を開発中である。この研究が成功すれば、超電導コンピュータの部品一つ一つが効率化され、コンピュータ全体が靴箱程度の大きさ

のキャビネットに納められることになる。この超電導コンピュータは今日のどのコンピュータよりも低い電力消費で高速計算を行う。このような能力は計算機における第二の革命を可能にし、トランジスタのあの最初の応用に匹敵するものである。

医療産業

健康な組織を侵すことのない画像技術の価値は日毎に高まっている。これらの技術が人体内の異常部位の性質と位置を確定する際に医師の役に立っている。MRIにより形成される画像は疾患と損傷の診断を簡単にし、調査手術の必要を少なくしている。

MRIは、1980年代初期の最初の出現以来、8,000台以上が世界中の病院、医院に設置されるまでに成長した。これらのMRIは年間何百万回の診断に使われているが、大部分の患者は、MRI試験を受けるとき、絶対零度の僅か数度上で働く超電導マグネットに包まれていることを知らないにちがいない。強力な磁場を発生させるこのマグネットの能力がMRIを可能にしている。

超電導のこの他の多くの応用が医療産業に大きく貢献することが期待されている。これらの応用はSQUIDと呼ばれる高感度装置を使用して微小磁力を検出、測定するための超電導センサーの能力に基づいている。これらの装置は心臓や脳が放射する微小の磁気信号を検出するために使われる。これらの超電導センサーは、MRIと共に、近年発見された物理現象の中で最大の貢献を医療産業に与えることになる。

輸送産業

現在のハイウェイとスカイウェイは急速に過密化しつつある。高速列車はこの問題を解決するための最も有望な策の一つである。300キロから800キロの輸送距離には特にあてはまる。すでに、数カ国で時速300キロの高速列車を運行させている。しかし、これらの高速列車は保守と電力集中の問題から、速度の実質的上限に近づきつつある。

超電導を利用した磁気浮揚列車(MAGLEV)は従来の輸送にとって代わる高速輸送手段であり、超電導マグネットが列車輸送の将来において重要な役割を果たすことが期待されている。MAGLEV方式では、超電導マグネット一式がエアクション上に列車を乗せ、推進するのに使われる。これらの列車は今日の列車より高速であるばかりでなく、非常に静かで、乗り心地に優れている。従って、磁気浮揚列車では従来の列車の磨耗、亀裂が殆どなくな

るため、磁気浮揚列車は我々の生活様式に深く寄与することになる。新しい列車が設計され、製造されるにつれて、ますます超電導磁気浮揚の概念が列車に取り入れられるようになろう。現在、磁気浮揚列車の試験設備が日本の山梨県で建設中である。1997年にはトンネルや橋梁を含めた18 km の複線軌道上で最高時速550 km の走行テストが行われる。成功すれば、21世紀には、その複線軌道が過密状態の東京・大阪連結システムの一部として使用されることになろう。

超電導は将来の列車による輸送を大きく変えるだけでなく、水上輸送にインパクトを与える様相を見せている。超電導マグネットが将来、船舶のデザインを大幅に変えることになろう。小型で、強力な超電導モータと発電機により、設計者は乗客のために広いスペースを確保できるようになる。

研究の機会

多くの研究領域で超電導マグネットが応用され、その恩恵を受けてきた。その結果、この比較的新しいツールは研究分野で広くその価値が認められ、この数年にわたって世界中の研究所で超電導マグネットシステムが導入され、成功をおさめてきた。実質的な電力損失なしで極めて強い磁場を維持させる必要から超電導は研究開発に不可欠のものである。ごく最近の例では、物理上の研究で使われる加速器、融合研究用の磁気閉じこめ、高密度コンピュータチップ製造用 X 線リソグラフィなどがある。

超電導マグネット技術を使う先進研究設備がいくつか建造中である。主なものをあげると、ブルックヘイブン国立研究所の RHIC（相対的重イオン衝突器）、CERN（核研究欧州機関）の LHC（人型ハドロン衝突器）などである。LHC は世界一大型の高エネルギー物理学研究設備で、全周27 km の地下トンネルにアメリカ製、ヨーロッパ製の1500個を超える超電導マグネットが内蔵されている。超大型超電導マグネットはまた、ITER（熱核実験原子炉）のような将来の核融合研究用にも計画されている。

超電導マグネットから恩恵を受けることができるもう一つの重要な研究領域は磁気分離技術である。環境改善のため、研究者たちは磁気分離法を使って土壌からの放射能汚染除去と水の浄化の方法を研究中である。従来の分離器は銅線使用マグネットの磁界の強さにより限界がある。極めて高い強度の磁場を伴う超電導マグネットは土壌と水の汚染除去に効率的に力を発揮することができる。今日、磁気分離法は製陶業界で商業ベースで使用されている。

ISIS 構成団体



Conectus

超電導利用のための欧州企業連合

ACCEL Instruments GmbH

Ansaldo

BICC Cables Ltd.

Cryoelectra GmbH Merck Ltd.

Daimler-Benz AG

Ericsson Components AB

Europa Metalli-LMI

FIT mbH

GEC Alstom Electromechanique SA

GIE Hoechst AG

Haldor Topsoe A/S

KFK GmbH

Noell GmbH

Oxford Instruments plc

Preussag AG Technik Forschung und Entwicklung

Siemens AG

Thomson-CSF



超電導関連米国競争力評議会

ABB, Inc.

Air Products & Chemicals, Inc. Corporation

American Superconductor Corporation

Babcock & Wilcox

DuPont

Electric Power Research Institute

Everson Electric Company

H.C. Wainwright & Company, Inc.

HYPRES, Inc.
Illinois Superconductor Corporation
INCO Limited
Intermagnetics General
Lockheed Martin
Los Alamos National Laboratory
Oak Ridge National Laboratory
Oxford Soperconducting Technology
Reliance Electric Company
Superconductive Components, Inc.
Texas Center for Superconductivity
TRW Space & Defense
Westinghouse Electric Corporation

ISTEC

国際超電導産業技術研究センター

(財)電力中央研究所

中部電力(株)

中国電力(株)

デュポン(株)

電源開発(株)

(株)フジクラ

富士通(株)

古河電機工業(株)

日立電線(株)

(株)日立製作所

北海道電力(株)

北陸電力(株)

石川島播磨重工業(株)

(株)ジャパンエナジー

関西電力(株)

川崎重工業(株)

川崎製鉄(株)

(株)神戸製鋼所

京セラ(株)

九州電力(株)
松下電器産業(株)
三菱電線工業(株)
三菱電機(株)
三菱重工業(株)
三菱マテリアル(株)
日本電気(株)
日本特殊陶業(株)
日本ガイシ(株)
新日本製鐵(株)
沖電気工業(株)
(財)鉄道総合技術研究所
三洋電機(株)
シャープ(株)
四国電力(株)
昭和電線電纜(株)
住友電気工業(株)
住友金属工業(株)
東北電力(株)
東京電力(株)
東京ガス(株)
(株)東芝
トヨタ自動車(株)
その他普通賛助会員62社