

掲載内容 (サマリー):

特集: 超電導技術動向報告会 2005

超電導技術動向報告会 2005 より

実用期に入った超電導技術

線材特性高度化を目指した材料開発

バルク関係報告

フライホイール電力貯蔵用超電導軸受技術研究開発の成果と課題

産学共同による高温超電導モータ開発事例のご紹介

SFQ デバイス及び SQUID 応用技術の開発と展望

超電導関連 7-8 月の催し物案内

新聞ヘッドライン (5/20-6/19)

超電導速報 - 世界の動き (2005 年 5 月)

標準化活動 - IEC 規格 1 件発行、平成 17 年度 IEC/TC90 超電導委員会運営委員会開催 -

平成 17 年度第 1 回低温工学材料研究会報告

隔月連載記事 - 超電導市場のこれまでとこれから (その 4)

読者の広場(Q&A) - ビスマス(Bi)やイットリウム(Y)とはどのような元素でしょうか?

[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：超電導技術動向報告会 2005 「超電導技術動向報告会 2005 より」

ISTEC は 2005 年 5 月 30 日（月）東京・都市センターホテルで超電導技術動向報告会「実用期を迎えた超電導技術」を開催した。産・学・官、報道、一般参加者を含め約 250 名の参加があり、産業化を目指す超電導技術開発の成果と課題、動向が報告され、熱心な討議が行われた。

中村幸一郎・経済産業省産業技術環境局研究開発課長、小井沢和明・新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)新電力技術開発部長の祝辞があり、研究開発成果は実用化が近づいたと実感できる状況になり、今後は出口を見据えた研究開発目標と市場の見極めの明確化が一層必要との激励を頂いた。

田中昭二・超電導工学研究所長は「実用期に入った超電導技術」と題した基調講演の中で、高温超電導技術開発は最近になり各分野で目に見える成果が得られるようになり、実用化へ動き出したとの感を強めている。“量子コンピューターから核融合分野まで”の新たな領域への応用が見通せる状況になり、2010～2020 年に向けての将来像が動き出したとの見方を示した。



基調講演の田中昭二・超電導工学研究所長

田島節子・SRL 特別研究員は、組成や熱処理などの制御すべきパラメータを明確化し、特性向上へのフィードバックをすることで線材特性の高度化(高 J_c 化、特性安定化、特性均一化)への指針を報告した。

平林 泉・SRL バルク研究開発室長は、宇宙実験で得られたサンプル解析から新素材(Gd210)の発見、これを応用した新合成法により大型高性能バルクの製造を可能とした経緯を報告。さらに最近の技術開発による補足磁場特性の飛躍的向上と樹脂含浸等による機械強度の向上により、様々な産業分野への応用事例を紹介した。

産総研 岡野 眞氏は、“超電導技術磁気浮上ガイドの走行性能と搬送装置への応用”と題して、バルク超電導体を用いた磁気浮上装置の設計・試作とその走行特性、今後の課題などを紹介された。

腰塚直己・SRL 盛岡超電導技術応用研究所・所長代理は、フライホイール電力貯蔵用超電導軸受技術開発プロジェクトでの成果として、100kWh 級 FW 用超電導軸受の技術見通しと、10kWh 級電力貯蔵システムの工場・運転試験及びラジアル型軸受けでの超電導浮上による世界最大の電力貯蔵の成功などを報告した。

塩原融・SRL 線材研究開発部長は、応用基盤プロジェクト目標である高臨界電流密度および長尺化プロセス技術開発の最新の達成状況と、今後の実用化へ向けての可加工性研究への取り組みなどについて報告した。

石川島播磨重工 竹田敏雄氏は、産学共同による船舶用高温超電導モーターの開発経緯を実際の動画を含めて報告。また今後の販売戦略の紹介など実用化段階にあることを実感させる内容だった。

田辺圭一・SRL デバイス研究開発部長は低消費電力型超電導ネットワークデバイス開発プロジェクトの進捗状況を報告。低温デバイス開発ではニオブ系 LSI ではアドバンスプロセスを用いた 100 万接合集積化実現、SFQ 論理合成回路の開発による 4×4 スイッチ 45GHz 動作実現など、また高温デバイスでは超電導 4 層積層プロセス開発、100 接合級高温 SFQ 回路の動作実証など最近の成果と今後の課題を報告した。

東北電力 井澤和幸氏は、移動型 SQUID 非破壊検査装置の開発状況について紹介された。環境磁気ノイズや SQUID 移動によるノイズの影響を抑制することで、フィールドでの溶接部の欠陥の非破壊検査を可能とする装置を実現した。

中部電力 長屋重夫氏は、NEDO SMES プロジェクト第 期の開発内容を紹介。これまでの開発から得られた成果を基に、酸化コイル・低コスト変換器・高信頼性冷凍機・電流リードを開発し、実系統連係試験を通して経済性と性能の両立する SMES システム技術の検証を実施するもので、現在までの進捗と今後の課題について報告した。

まとめ講演として、塚本修巳・横浜国立大学教授が“各国の超電導応用機器の開発状況とその展望”と題した基調講演を行われ、インフラとしての電力供給システムの重要性と、そのための超電導技術の電力機器への応用として、各国の超電導ケーブル、限流器等について紹介された。

さらに、早川尚夫・名古屋大学名誉教授が最近の超電導エレクトロニクスの動向について基調講演を行われ、最近の SFQ 研究ではプロセス技術、回路デザイン技術などで多くの成果が得られたものの、まだ集積規模の不足、電源面での改良等の課題もある。しかし実用化へ向けて低温・室温インターフェース、マルチチップモジュール、極低温環境などの実装技術についてシステムレベルの研究も進められており、その成果への大きな期待が述べられた。

超電導各分野での研究開発において着実な成果が得られ、実用化へ向けての第一歩を踏み出した中で、産学官挙げてのさらなる研究開発に取り組むことの意義と重要性を再認識できた報告会となった。



講演風景

(ISTEC 調査・企画部長 佐伯正治)

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導技術動向報告会 2005 「実用期に入った超電導技術」

超電導工学研究所
所長 田中昭二

1. はじめに

最近になって、超電導技術を用いた実用機の試作が次々に行われ、その成果が報告されるようになった。これは、過去 17 年にわたって着実に進められた基盤技術が、いよいよ実用期に入ったことを示している。ここでは、昨年から今年にかけて得られた成果を報告すると同時に、その将来像についても述べることにする。

2. これまでの成果

(1) バルク関連

1995 年から始められた宇宙の微小重力環境下で行われた大型バルク成長技術の開発は昨年度で一応終了したが、その成果を利用して、新しい Y 系バルクの合成法が発見され、それを用いて、150mm 径の大型バルクの製作に成功した。これにより、新しい応用が展開されるものと期待している。

Nd、Eu、Gd の混晶バルクを試作し、液体酸素温度 (90K) で強い磁気浮上力を示すことが、証明された。

(2) 線材関連

PLD 法により、長さ 90.6m で、210A/cm の臨界電流 (77K、0T) の Y 系線材が試作された。

MOD 法により、長さ 16m で、90A/cm の臨界電流の Y 系線材が試作された。

PLD 法で Gd 系線材がはじめて試作され、良好な磁場特性を示すことが見いだされた。

長尺線材の全長にわたって連続的に臨界電流特性を測定する手法が開発された。また磁気光学の手法により、連続的に線材の均一性を評価する装置が試作された。

これらの成果により、200m で、200A/cm (77K、0T) という中期目標の達成の目途が得られた。

(3) デバイス関連

< Nb 系低温デバイス >

平坦化技術とビア・ホール技術の進歩により、9 層構造の集積回路が試作された。

百万素子と言う高集積化の可能性が立証された。

CAD が完成し、既が開発されている配線ツールと併せて、大規模集積回路の設計が可能となった。

SFQ チップ間に SFQ 信号を伝達する技術が完成し、これにより、Multi-Chip-Module の可能性が立証された。

高速ルータ用の 4×4 スイッチが 40GHz で動作することが立証された。

< 酸化物系高温デバイス >

200 素子を集積した JTL 回路が動作した。

素子を集積した T-フリップ・フロップ回路が 135GHz で動作することが立証された。

(4) 機器関連

SMES：中部電力が開発した SMES がシャープ亀山工場に設置され、落雷時に期待通りに稼動した。これは SMES の有効性を立証したものである。

電力ケーブル：横須賀電力中研に設置された 500m の電力ケーブルの試験が無事終了した。

リニア用マグネット：昨年度試作に成功したりニア用マグネットは 4 個が製作され、近く実車台に装備され試運転されるとのことである。

IHI 社は、船舶用超電導モーターの試作に成功し、実用化への道を開拓した。
10kWh 級及び 100kWh 級のフライホイール型電力貯蔵装置用の超電導磁気ベアリングが完成した。

3. 今後の課題

今後は基盤技術の完成を一層促進させると同時に、実用化への方途を確立させる必要がある。現在「応用基盤プロジェクト」内に設置された「市場開拓委員会」で立案中であり、また経済産業省においても、応用の「ロードマップ」を鋭意作成中であり、今後の成果が期待される。

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導技術動向報告会 2005 「線材特性高度化を目指した材料開発」

大阪大学
大学院理学研究科 物理学専攻
教授 田島節子

次世代線材の超電導特性高度化のためには、酸素を含めた構成元素の組成比を最適化する必要がある。製造された線材の組成比を最適化する方法は二つ。出発材料の組成を制御することと、作製プロセス中の熱処理温度・雰囲気・時間などを制御することである。

高温超電導体の物理的性質の特殊性を吟味すると、超電導転移温度 T_c が最高値をとる最適キャリア濃度の状態より、少し T_c が低下した高キャリア濃度状態の方が、臨界電流密度や臨界磁場を高める上で有利であることが予想できる。(理由は複数あるが、ここでは省略。) この予想は、酸素濃度によるキャリア濃度制御の実験で、単結晶においても、IBAD/PLD 線材や TFA/MOD 線材においても実証された。更に線材試料の場合には、酸素を多く導入すると、結晶粒内の特性だけでなく粒界特性も向上することが磁気光学測定などから確認できた。

これら一連の実験で新たにわかったことは、酸素濃度がこれまで信じられてきたように「酸素分圧と温度」だけでは制御できないことである。原料粉中の不純物や焼成ガス中の CO_2 から炭素が混入すると、それによって 123 系高温超電導体の酸素濃度が低下することが明らかとなった。従って、残留炭素濃度にも注意を払わなければならない。

酸素以外の元素では、Ba 組成が最も特性に影響を及ぼすこともわかった。Gd, Ba, Cu の各元素を化学量論比から $\pm 5\%$ ずらした Gd123 の PLD 薄膜を作ったところ、Ba 欠損のものが最も臨界電流密度が高かった。組成がずれた時、余ったものが不純物として結晶粒間に析出するが、上の結果は Ba 化合物の析出物が最も超電導特性を低下させるということの意味している。Gd 等の希土類元素の 123 構造では、Gd/Ba 比を 2 以上にできるので、Ba 組成を抑えた超電導材料開発には、Y 系の材料より適していると言える。更に Ba 量を減らす方法として、Ba の一部を Sr で置換するという方法も可能である。この Ba/Sr 置換組成の効用は、粒間析出物の改善だけではなく、レーザ蒸着の際、超電導層を c 軸配向させるための基板温度範囲やターゲット-基板間距離の範囲が広がることである。従って、プロセスパラメータの微小な変動に強い材料になることが期待できる。

結論として、Gd などの希土類 123 系材料で Ba が若干少ない組成から出発し、酸素濃度を可能な限り高めるのが、理想的な超電導線材材料ということになる。今後は、なるべく簡便な人工ピン止め中心の導入方法を開発し、更なる特性向上を目指す計画である。

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導技術動向報告会 2005 「バルク関係報告」

「バルク超電導体プロセスの新しい展開と応用への展望」

超電導バルクに関してこの一年に得られた成果を上記のタイトルで SRL の平林が紹介した。この中で材料開発の分野での進歩とともに、応用に関して新しい展開が紹介された。

材料開発の分野での新しい話題はなんと言っても宇宙実験によって見出された Gd210 を用いた大型バルクプロセスに関するものである。宇宙の微小重力下で無人で超電導材料実験 (USERS プロジェクト) が実施され、実験装置は平成 15 年夏に小笠原沖で無事回収された。回収試料には当初の想定と異なる通常の地上実験ではみられない、銅を含まない Gd_2BaO_4 (Gd210) が巨大針状晶として存在した。SRL では Gd210 を出発原料とし、補償する Ba-Cu-O を用いることによって、バルクの大型化にこの組み合わせが有効であることを示した。実際、15cm 径の大型バルクが作製され、単峰性の綺麗な捕捉磁場が得られている。バルクの大型化によるメリットは高い捕捉磁場とともに大きい総磁束量が得られることから、数々の応用展開が期待される。そのために材料高品質化とともに、低コスト化を念頭において、具体的用途に応じたバルク材料開発を行い、トータルな視点での最適化を行う必要がある。

高特性化への努力も続けられている。Gd-Y 系において、211 サイズを微細化することにより 15-20 万 A/cm^2 であった臨界電流はこの一年で 38 万 A/cm^2 に倍増している。Jc 向上のために色々な方策が練られているが、一例として、超微細 211 原料を含む顆粒状粒子を用いて高 Jc 領域を分散させる構造設計手法が紹介された。

バルクの応用としては、永久磁石と組み合わせによる磁気浮上あるいは軸受け応用として、フライホイール、強力擬似永久磁石としての応用例として船用コンパクト電動機、マグネトロンスパッタ装置に関する簡単な紹介があった。また、従来の電力機器、産業用機器に加えて、高輝度放射光や自由電子レーザーの挿入光源や中性子の磁気モーメントを利用した光学素子などにバルクの新たな応用の芽があることが紹介された。

「超電導磁気浮上ガイドの走行性能と搬送装置への応用」

超電導バルクの浮上応用の有望な応用として、高速搬送装置がある。産総研の岡野は実際に 12m の走行試験装置を建設し、走行実験を行った結果を紹介した。65cm のバルクを搭載した重量 7.5kg の車両は、NS-SN と並べられた磁気レール上を時速 40km (解析では 80km/h) で走行した。磁気レールの磁場分布、磁気浮上力特性、走行特性、振動特性など実験・解析を並行して進め、超電導磁気浮上による高速無人物資輸送システムがフィージブルであることを示した。

このシステムは、真空チューブの中を走行することにより風損をなくすと、大部分は慣性走行となり省エネルギー効果が著しく、環境に優しい。また低騒音であり天候に左右されず、無人であることにより人に関するリスクがないなど利点が多い。当初の実用化として、医療関係物資輸送ネットワークなどに、派生する応用として、列車型エネルギー貯蔵システム、航空機離着陸用補助ガイドシステム、精密制御定常震源などへの応用が示されている。ただ、この技術が実用になるためには、バルク/永久磁石ともに 1 オーダー以上の低コスト化が必須であるとの指摘があった。

(SRL/ISTEC 材料物性研究部 バルク研究開発室長 平林 泉)

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導技術動向報告会 2005

「フライホイール電力貯蔵用超電導軸受技術研究開発の成果と課題」

エネルギーや環境問題が深刻化する中で、電力貯蔵技術として SMES やフライホイール電力貯蔵が注目されている。超電導軸受を用いたフライホイール電力貯蔵技術に関する新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）によるプロジェクトについては、1995年からの5年間の第1フェーズを経て、2000年から第2フェーズが実施され、本年3月末に終了した。このプロジェクトは、国際超電導産業技術研究センターが受託し、四国総合研究所、石川島播磨重工業、イムラ材料開発研究所、NEOMAX、光洋精工の5社へ再委託することにより行われた。

第2フェーズでは、将来の電力負荷平準化等に使用するフライホイールシステムを想定して、超電導軸受要素技術として、100 kWh 級システム用の直径 300 mm のラジアル型超電導軸受技術の開発および試験を行った。数値目標は、77K における載荷力として 10N/cm^2 、回転損失 2mW/N であったが、これらの目標を達成し、また磁束クリープに起因する軸降下についても予過重法や温度変化法により抑制できることを示した。このような成果の下で 100 kWh 級システム用の大型ラジアル超電導軸受の技術見通しを得た。

超電導軸受応用技術については、ラジアル型軸受の実機規模のシステムへの適用性の検討、ならびにシステムとしての課題を明らかにするために、10kWh 級の運転試験機を試作し、試験を行った。併行して、軸振動制御技術および高性能フライホイール本体製作技術の開発を行った。軸振動制御に使用したラジアル型磁気軸受の損失低減が大きな課題であったが、磁気軸受の磁極構造をホモポーラ型にするなどの工夫を重ね大幅な低減を可能とした。貯蔵エネルギーについては、工場試験において 2.24kWh (7,500rpm)、また四国電力の支援を得て実施した運転試験では世界最大となる 5.0kWh (11,250rpm) を達成した。

実用化に向けた今後の課題としては、回転損失のさらなる低減、フライホイールの大型化、電力変換器を含むシステムの高効率化、低コスト化等が残されている。本プロジェクトにより開発された超電導軸受技術やフライホイールシステム技術を基礎にして、新規産業への道が開かれることを期待したい。

(SRL/ISTEC 盛岡超電導技術応用研究所 所長代理 腰塚直己)

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導技術動向報告会 2005

「産学共同による高温超電導モータ開発事例のご紹介」

石川島播磨重工業株式会社
技術開発本部 管理部 技術企画グループ
部長 竹田敏雄

石川島播磨重工 (IHI) を取りまとめとする産学グループ (*A) は、世界で初めての液体窒素冷却全超電導モータ (図 1) を完成させました。

京都議定書が 2005 年 2 月 16 日に発行され、日本は温室効果ガスを 2008 年から 2012 年に基準年比 (1990 年) で 6%削減する必要があります。既に自動車に対する排気ガスの規定等が始まっており、今後、船舶についても同様な排出ガス規制がされることが予想されます。産学グループでは、この規制へ有効に対応できる動力装置として、全超電導モータを開発しました。

超電導は、電気抵抗をゼロにすることができるため、エネルギーを無駄なく使用することが可能になり、

その結果空気中に無駄な熱を放出することがなくなり、自然環境への悪影響が少なくなります。また、超電導は従来よりも 200 倍以上の電気を流すことができるので、装置の小型・軽量化が可能になり経済性も向上します。

船舶に全超電導モータと同時に開発した超電導ポッド (*B) 推進装置を使用した場合、内航船では年間約 11%の CO₂ 削減ができることが試算されています。

また、全超電導モータは、陸上装置で使用されているモータに比べて効率が約 10%高いので、省エネ効果が大きい事がわかっています。

このように、省エネ・地球温暖化防止に効果がある超電導モータが、今後多くの船舶や陸上で採用され温室効果ガス削減や省エネに寄与することが期待されます。

今回完成したモータは、このすばらしい効果が期待できる超電導技術を、モータの界磁コイルと電機子コイルの両方に適用した世界初の画期的な全超電導モータなのでモータでの無駄なエネルギーの消費はほとんどなくなると同時に画期的な小型・軽量化が達成されています。

しかし、全超電導モータの開発に際して 3 つの大きな課題がありました。

課題 1：従来から超電導の冷却冷媒として使用されているヘリウムやネオンガスを使用すると断熱構造が複雑・大型になりモータの小型・軽量化が実現できない。

< 解決策 > 冷媒にヘリウムやネオンガスより温度が高い液体窒素を使用してモータが回転する仕組みを考案して遮断構造を簡素化し小型・軽量化を実現 (5000kW モータの場合、従来モータの 1/10)

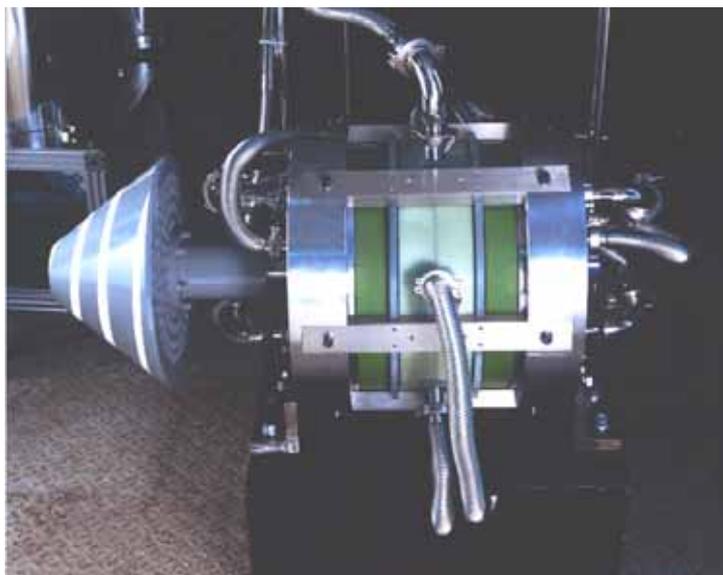


図 1 液体窒素冷却全超電導モータ

課題 2: 超電導は、磁気に弱いので磁気から超電導を守る仕掛けを考案しなければ、超電導モータが実現できない。

<解決策> FLC (フラックスコレクタ) を開発して実現

課題 3: 従来の超電導モータは、超電導部分を回転させるので冷媒を軸から流入しなければならないが、モータの信頼性・メンテナンス性の点から超電導部分は回転しないモータを実現したい。

<解決策> 超電導部分を全て固定して回転する部分を誘導子として追加しました。誘導子にはコイルがないのでエネルギーロスは生じません。

このように、世界で解決できなかった課題を解決した結果、上記の他に次の特徴を持つ全超電導モータが完成しました。

1. 超静音型モータ (モータから音が出ません): モータが回転している事に気がつかないほど静かです。将来、宅急便等のトラックに搭載すると車の騒音から開放され、排気ガス公害の心配もなくなる夢のモータです。
2. モータの中には、非常に強い電磁石が入っていますが、その磁石からの影響 (漏れ磁束) が外部にありません。: 心臓ペースメーカを使用している人へもやさしいモータです (未検証)。
3. モータ内部は極低温ですが、モータ表面は常温です。: 水中で使用しても、凍る心配はありません。
4. モータ軸の 2 重構造化が可能です。: この特徴を利用して、モータを 2 台つなげて、2 台の回転方向を逆にすることもできるようになります。来年には、世界で初めての超電導 2 重反転プロペラが誕生する予定です。2 重反転プロペラを使用すると約 10% の省エネが可能になります。

このような特長から全超電導モータは、船舶用電気推進装置、鉄道機関車、製鉄用機械、大型アンロダ、大型建設車両等への適用が期待されます。

産学グループでは、出力 400kW (500 トンクラスの船舶用)、回転数毎分 220 回転全超電導モータの商品化を行う他、全超電導 2 重軸モータを使用した全超電導 2 重反転型ポッド推進装置も来年度発売の予定です。さらに、産学グループでは、5000kW (1 万トンクラスの船舶用) 以上の大容量全超電導モータも開発予定です。

最後に、産学グループでの開発が成功したポイントをご紹介します。勿論、今回の成功事例が全ての産学共同開発にあてはまるわけではありません。参考情報としてお読みください。

- (1) インテグレータの明確な目標提案
 - (2) 打ち合わせ等には、会社窓口者ではなく担当者が参加
 - (3) 年度の壁を利用 (産学資金で開発の場合)
 - (4) 発表効果を利用 (完成発表までにステップ毎に発表)
 - (5) 産学内にノウハウを分散化させて産学関係の永続化
- (*A)

<産学グループ (五十音順)>

石川島播磨重工業(株)、住友電気工業(株)、大陽日酸(株)、ナカシマプロペラ(株)、新潟原動機(株)、(株)日立製作所、国立大学法人福井大学 杉本英彦教授、富士電機システムズ(株)

(*B)

ポッド型推進装置: 船舶船底に装備する推進装置で、その形状が (えんどう豆の) さや (POD) に似ていることからポッド型と呼ばれます。

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導技術動向報告会 2005

「SFQ デバイス及び SQUID 応用技術の開発と展望」

ISTEC が受託している NEDO の「低消費電力型超電導ネットワークデバイス開発」プロジェクトは、2004年8月に中間評価を終え、特に成果に関して高い評価を得ると共に、SFQ デバイスを用いた部品・システムの性能実証を加速して行うべきという意見をいただいた。ルータ、サーバなどの基幹系ネットワーク機器をターゲットとするニオブ系低温 SFQ デバイス開発では、ニオブ 6 層からなる新集積回路プロセスにより 100 万個の SQUID を含むチップが作製され、プロセスの信頼性評価が行われている。また、SFQ 回路の論理合成ツールが開発され、超電導回路を知らない技術者でも、論理記述言語による回路仕様記述を行うだけで、10 万接合規模の SFQ 回路のレイアウトが自動的に生成される自動設計技術が確立した。プロジェクトの最終デモのためのパケットスイッチシステムの開発も開始されている。その心臓部である 40 GHz 超動作の 4x4 スイッチでは、SFQ の光速伝送を可能とする受動配線技術の導入により接合数や供給電流量の 50 %低減が達成され、またスイッチ動作を制御する論理回路であるスケジューラ回路の 40 GHz 動作にも成功した。システム化に不可欠の実装技術に関して、高速マルチチップモジュール技術や冷凍機を用いた広帯域低温実装プロトタイプの開発が進み、室温環境から疑似パケット信号を冷凍機実装した SFQ スイッチに導入し高速処理するというデモにより、SFQ デジタルシステムの実現性、将来性をシステム専門家に評価していただくことを目指していく。一方、無線通信用のアナログ-デジタル変換器や高速計測装置をターゲットとする酸化物系高温 SFQ デバイス開発では、世界初となる 100-200 接合規模の回路動作が実証されると共に、最も小規模な機能回路であるサンプラー回路を冷凍機実装したシステムにより 50 GHz 高速信号波形の計測が実証された。回路自体の帯域は 100 GHz レベルであることがオンチップサンプラー回路の評価により示されており、今後は回路の 50 K 高温動作により冷凍機の小型化を図ると共に、トリガジッタの低減など評価・制御系の改良により、コンパクトな 100 GHz サンプラーシステムの最終デモを目指していく。

超高感度磁気センサである SQUID に関しては心磁計、脳磁計など医療分野での実用化が進んでいるが、東北電力の井澤氏らは電力設備の非破壊検査応用の研究開発を進めている。磁気ノイズの空間変化を抑制する新しいニオブ系差分型 SQUID 素子、4 時間連続使用可能な小型液体ヘリウムクライオスタット、磁気ノイズの時間変化を抑制する計測方法の開発などにより、環境磁気ノイズに強いロボット駆動の移動型 SQUID 検査システムを実現した。このシステムにより SUS 溶接部の人工内部欠陥や実線路を模擬し 100V (一部 6 kV) を印可した銅丸棒導体表面の人口傷の検出などを実証すると共に、環境ノイズの大きい変電所構内でも使用可能なことを明らかにした。また、材料のクリープ損傷など従来の非破壊検査方法ではわからない現象の評価に使用できる可能性も示した。井澤氏らは曲面をもつ試料の検査に適用できる 6 軸ロボットを用いた検査システムなど、低温超電導 SQUID を用いた新たなシステムの開発も精力的に続けているが、より冷却が容易で簡易システムが構築できる高温超電導 SQUID について、薄膜積層技術を利用した環境ノイズに強いデバイス構造の実現への期待が最後に述べられた。

(SRL/ISTEC デバイス研究開発部長 田辺圭一)

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導関連 7-8月の催し物案内

7/1

特定領域研究第4回強磁場新機能研究会「デバイスと磁場」

場所：千葉大学けやき会館 3F レセプションホール（千葉市稲毛）

主催：特定領域研究

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

7/10-15

SRF2005:12th International Workshop on RF Superconductivity

場所：Ithaca, New York, USA

問合せ：

<http://www.ins.cornell.edu/public/SRF2005/>

7/18-20

3rd Workshop on MEM05 (Mechano-Electromagnetic Property of Composite Superconductors)

場所：京都大学時計台記念館（京都市）

主催：京都大学

問合せ：長村光造 TEL:075-753-5434

FAX:075-753-5486

E-mail:kozo.osamura@materials.mbox.media.kyoto-u.ac.jp

<http://www016.upp.so-net.ne.jp/vabp/MEM05/index.html>

7/31-8/5

LTD-11: 第11回極低温検出器国際ワークショップ

場所：東京大学武田先端知ビル（東京都文京区）

主催：AIST、JAXA、東京大学

問合せ：Mrs.Yiner Chen, TEL:029-861-5080,

FAX:029-861-5730

E-mail:ltd-11info@m.aist.go.jp

<http://www.astro.isas.jaxa.jp/ltd11/>

8/5-6

第2回材料研究会 / 東北・北海道支部合同研究会

「超伝導薄膜の高特性化、デバイスと評価」

場所：秋田大学 地域共同研究センター（秋田市）

問合せ：秋田大学工学部資源学部材料工学科

永田明彦

TEL: 018-889-2411、FAX: 018-837-0403

E-mail:aknagata@ipc.akita-u.ac.jp

8/10-17

LT24: 24th International Conference on Low Temperature Physics

場所：Orland, FL, USA

<http://www.phys.ufl.edu/~lt24/>

8/29-9/2

CEC/ICMC 2005: Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference

場所：Keystone, CO, USA

<http://www.cec-icmc.org/>

（編集局）

[超電導 Web21 トップページ](#)

新聞ヘッドライン (5/20-6/19)

コジェネ排熱利用 対オール電化の切り札 5/20 日刊工業新聞
MRI 水に着目、脳の神経鮮明に 5/23 朝日新聞
JR 東海 超電導リニア館アテンダント 超電導の仕組み 笑顔でわかりやすく 5/23 フジサンケイビジネスアイ
廃液浄化に超電導磁石 阪大 再生紙工場向け 5/24 日経産業新聞
超電導線材、長さ2倍 イットリウム系材料 最高レベル実現 フジクラなど 5/27 日経産業新聞
熱核融合炉 「機構トップ」日本から 仏建設で決着へ 5/27 読売新聞
進化する画像診断「心の病」血流で探知 赤外線・脳磁計 5/30 朝日新聞
熱核融合炉 誘致断念の見返り 次世代炉設計拠点 日本に 5/30 日本経済新聞
MRI 検査 病変見つけやすく 慶大が造影剤 5/30 日経産業新聞
酸素の膨張量、物質中最大 マイナス270 ・磁場7.5テスラで1% 5/30 日刊工業新聞
ISTEC フジクラ 高温超電導線材で新記録 実用化研究、さらに加速 5/31 電気新聞
ITER 誘致の要望“念押し” 文科相など関係閣僚に 青森県知事ら陳情 6/2 電気新聞
送電能力100倍以上 銅線並コストで・・・ 古河電工、実験に成功 6/2 日経産業新聞
サイバーナイフ治療 放射線 病巣に集中照射 6/6 読売新聞(夕)
ITER 誘致合戦 日本、共同ホスト提案へ 国際調整の材料に 6/6 日本経済新聞
熱核融合炉 誘致断念へ 「見返り」熱い視線 6/7 読売新聞
ITER の建設 「年内開始不変」 EU 6/9 電気新聞
ITER 誘致 13日、都内で最後の“総決起” 関心の軸 関連施設に 6/10 電気新聞
ITER 誘致 原産会議が要望提出 関係閣僚、自民党幹部に 6/13 電気新聞
EU と競合 「断念」濃厚の日本 核融合炉 はや後始末 6/14 朝日新聞
ITER 誘致 最後まで最善の努力を 自民、公明、経団連が大会 6/14 電気新聞
CT や MRI 遠隔監視 2時間内に到着 フィリップス 修理も2時間で 6/15 日経産業新聞
ITER 交渉で 欧州側と会談へ 文科審議官 6/15 毎日新聞
東工大 常温でテラヘルツ光 小型の光源、用途幅広く 6/16 日経産業新聞
ITER 誘致先決定 28日で調整 6/16 電気新聞



[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5月)

電力

SuperPower, Inc. (2005年5月19日)

Intermagnetics General Corporationの子会社 SuperPower Inc.は、ニューヨーク州 Schenectady 郡のコミュニティカレッジ及びユニオンカレッジと共同でトレーニング・プログラムを立ち上げると発表した。このプログラムは、SuperPower が次世代 HTS 線材を製造するのに必要な高い技能を持つ労働者を訓練する一助となる。パートナーとなる大学は、プログラムに必要な装置購入及び建屋のアップグレードのため、2006年度ニューヨーク州予算から、500万ドルの資金援助を受ける。Intermagnetics 社最高責任者 Glenn H. Epstein は次のように述べた。「これは、SuperPower のような州都周辺のハイテク企業が必要とする高い技能を持った労働者を育成するという観点から、この地域の工学分野の学生に実際的な経験を積み、トレーニングするユニークかつ革新的プログラムである。」

出典:

“Intermagnetics Subsidiary Announces Launch of \$5M New York State Funded Training Program”
SuperPower Inc. press release (May 19, 2005)

http://www.igc.com/news_events/news_story.asp?id=158

Trithor GmbH and Bültmann GmbH (2005年5月31日)

Trithor GmbH及びBültmann GmbHは、両社が共同で費用効率が高い新しい省エネ誘導加熱装置を製作し、2007年にMendener Präzisionsrohr GmbHの工場に設置する予定であると発表した。このプロジェクトはドイツ連邦環境局から支援を受けている。新しい誘導加熱システムは、定格熱出力1MWである。このシステムにHTSを使うことにより、銅やアルミニウムを加熱する場合、熱効率を50%（従来の誘導加熱システム）から90%に改善することができ、ランニングコストを半分にすることができる。環境局のDirk Schötzは次のように述べた。「このプロジェクトは、事業者がコストを低減させつつ、環境的負荷をも軽減させることができる革新的な技術のすばらしい例である。」

出典:

“First Industrial Installation of HTS Induction Heater”

Trithor GmbH Press release (May 31, 2005)

http://www.trithor.de/pdf/2005-05TrithorInductionHeaterAppl_en.pdf

通信

Superconductor Technologies Inc. (2005年5月5日)

Superconductor Technologies Inc. (STI)は、2005年4月2日に終了する第1四半期の収支を発表した。第1四半期の総収入は、前年同期の540万ドルに対し、440万ドルであった。純製品売り上げは、前年同期320万ドルに対し、当期は18%増の380万ドルであった。政府契約やその他契約による収入は前年同期220万ドルに対し、当期は571,000ドル。第1四半期の純損失は、リストラクチャリング及び幹部役員の退職に伴い発生した70万ドルを含め、550万ドルであった。STI社最高責任者Jeff Quiramは次のように述べた。「4月2日時点で、受注残が510万ドルある（前年同期は73万ドル）。また、2005

年末までに最低でも530万ドル相当の売り上げが見込める他の顧客との間の購入契約がある。」
出典:

“Superconductor Technologies Inc. Announces First Quarter 2005 Results ”

Superconductor Technologies Inc. (May 5, 2005)

<http://phx.corporate-ir.net/staging/phoenix.zhtml?c=70847&p=irol-newsArticle&ID=706375&highlight>

ISCO International, Inc. (2005年5月18日)

ISCO International, Inc.は、第2四半期の収支見通しを修正した。出荷済みまたは当期出荷予定の総額は、現時点で200万ドルを越えている。この数字は、当期中今後も増加していくものと見込まれる。新製品の開発も順調に進んでおり、2005年四半期毎に新製品が投入できるものと予想される。

出典:

“ISCO International Updates Second Quarter Activity”

ISCO International, Inc. press release (May 18, 2005)

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

Superconductor Technologies Inc. (2005年5月24日)

Superconductor Technologies Inc.は、大手通信事業者の第3世代通信(CDMA 2000 1X EV-DO)運用開始に向け400万ドル分のSuperPlex®及びAmpLink™の注文を受けた。SuperPlexを使えば、無線ネットワークの性能劣化なしにアンテナやケーブルを共用できる。これは、既存の850MHz帯の携帯電話サービス向けの装置をシンプルにすることができるコスト効率のよい方法である。STI社のSuperPlexは、850MHz及び1900MHzのデュプレクサーが組み込まれており、業界トップの挿入損とバンド外信号除去能力を誇る。AmpLinkソリューションは、外部仕様、戸内のコンパクト仕様両方に対応しており、携帯電話基地局のデュプレクシング及びアップリンクを支える機能を提供する。これらソリューションはこれまで、3Gデータネットワークに使われてきており、850MHzネットワーク基地局間の距離を変えることなく、受信及び送信信号の品質を改善し、新しいネットワークの効率を最大限に高めるのに大きく貢献してきている。STI社はこの製品の出荷を3月に開始しており、2005年第2四半期も出荷を継続する。販売価格等は公表されていない。

出典:

“Superconductor Technologies Receives Orders for Products Used in 3G Data Overlay”

Superconductor Technologies Inc. (May 24, 2005)

<http://phx.corporate-ir.net/staging/phoenix.zhtml?c=70847&p=irol-newsArticle&ID=712974&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 7月のトピックス

- IEC 規格 1 件発行 -

国際電気標準会議、IEC は、2005 年 4 月 21 日に 13 件目となるつぎに示す超電導関連試験方法規格を発行した。

規格番号：IEC 61788-9 (2005-04)

規格名称：

Superconductivity – Part 9: Measurements for bulk high temperature superconductors

- Trapped flux density of large grain oxide superconductors

規格改正時期：2008 年

規格概要：

この規格は、バルク高温超電導体の捕捉磁束密度の試験方法を規定したものである。この国際規格は、大結晶の円盤、長方形、六角形バルク酸化物超電導体に適用できる。捕捉磁束密度は、4.2K から 90K の温度範囲で試験されるが、規格としては液体窒素温度での試験結果の報告が求められている。

規格審議経緯：

この規格原案は、平成 12 年（2000 年）VAMAS と日本によって起案され、同年 3 月ボルダール国際会議（米国）において新規事業項目として、WG10 において規范文書とする事が承認された。同年 12 月委員会原案 CD 提出、平成 13 年投票用委員会原案 CDV 提出、平成 14 年 CDV 再提出、平成 16 年 FDIS 提出を経て平成 17 年 4 月国際規格 IS 発行となった。

- 平成 17 年度 IEC/TC90 超電導委員会運営委員会開催 -

IEC/TC90 超電導委員会（委員長：斉藤茂樹 / ISTEK 専務理事）は、平成 17 年 6 月 8 日新橋アネックス会議室において第 18 回 IEC/TC90 超電導委員会運営委員会を開催した。

この会議において、平成 16 年度事業報告（案）、平成 16 年度収支決算（案）、平成 17 年度事業計画（案）及び平成 17 年度収支予算（案）が説明され、それぞれ承認された。平成 16 年度における特徴的な事業は、経済産業省委託「超電導電力機器技術基盤の標準化に関する調査研究」と電気学会委託「平成 16 年度超電導標準化事業」であった。

これらの標準化事業の究極の目的は、いずれもこれらの成果をわが国並びに諸外国のコンセンサスを得て国際規格へと発展させることである。特に、超電導関連製品規格化に関しては国内外の関係者のコンセンサスのとり付けが先決問題であり、段階的かつ綿密な活動の重要性が認識された。

（ISTEK 標準部長 田中靖三）

[超電導 Web21 トップページ](#)

平成 17 年度第 1 回低温工学材料研究会報告

自然科学研究機構 核融合科学研究所
炉工学研究センター
教授 西村 新

平成 17 年度第 1 回の低温工学材料研究会は、「低温構造材料の最近の話題」をテーマとして、2005 年 6 月 3 日に東京大学山上会館で開催された。講師の方々を含め 13 名が参加された。

国際熱核融合炉 (ITER) は、その建設サイトの決定に時間を費やしているものの、その間に一部の設計の見直しや素線や素材の調達のための検討が進められている。日本原子力研究所の中嶋秀夫氏が「ITER 超伝導コイル用構造材料に関する最近の話題」と題して講演された。トロイダル磁場 (TF) コイルは予備 1 個を含め 19 個製作される予定であり、その総重量は 3,700 トンに及ぶものと予測されている。その 9 割方は電磁力を支持するための低温構造材料である。作用応力の程度に応じて 3 種類の構造材料の使用が予定されている。1,000MPa 以上耐力が要求される部分には JJ1 が、900MPa 以上の耐力が要求される部材には SUS316LN 鍛造材が、比較的電磁力が低く、750MPa 以上の耐力が要求される場所には SUS316LN 熱間圧延材が使用される。また、センターソレノイドコイルのコンジット材料には JK2 が用いられる。極低温下での静的強度推定法、疲労強度推定法などが検討された。

燃料電池の実用化や CO₂ 削減などの観点から、液体水素、気体水素の保管、輸送が注目されており、水素安全利用等基盤技術開発プロジェクトが進められている。1990 年代から 2000 年代前半にかけて WE-NET プロジェクトが実施され、その後、液体水素の貯蔵、輸送を想定した材料特性評価が実施された。これら二つのプロジェクトを通じて、ステンレス鋼、アルミニウム合金、チタン合金などの金属材料の機械的特性に関するデータベースが整備されてきた。新日本製鐵株式会社、藤井秀樹氏から「液体・気体水素中における金属系構造材料の機械的性質」と題する講演がなされ、これまでのデータベースの一端を紹介されるとともに、金属物学的な観点、工学的な観点から種々の議論を行った。

続いて、宇宙航空研究開発機構の野坂正隆氏が「ロケットエンジンと極低温トライポロジー技術」と題して講演された。日本の基幹ロケットである H-IIA ロケットは、自主開発された LE-7A、LE-5B の高性能エンジンを搭載されており、宇宙ステーション構想などを支える重要なロケットである。本講演では、高性能エンジンの開発を支えた極低温高速軸受けや軸シールの研究開発、将来のロケットエンジンを目指した軸受けや軸シールの長寿命化、超高速化などの、極低温下でのトライポロジー技術が紹介された。燃焼実験時の破損事故の様子など、30 分程度の間の過酷な環境で使用される実機の、すさまじい研究開発の現場を紹介していただいた。

最後に、鉄道総合技術研究所の清野寛氏が「磁気浮上式鉄道用超伝導コイルの摩擦発熱」と題して講演された。磁気浮上式鉄道では、車両はガイドウェイに配置された地上コイルと車上に搭載された超伝導磁石コイルによって浮上し、推進される。その際、地上コイルを通過する時に電磁気的な外乱が生じ、超伝導コイルに機械的振動が発生する。今回の報告では、最大摩擦量が数十 μm 、加振周波数 300Hz の摩擦による発熱の発生状況に注目した研究成果が報告された。含浸コイル表面のポリイミドテープと銅スペーサの界面で微小すべりが生じやすく、発熱しやすいことが示された。

[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4）

SRL/ISTEC

特別研究員 堀上 徹

その4：健康社会の実現と超電導市場

1. はじめに

超電導機器の普及が、我々の生活にどのような影響をもたらすかという切り口から、超電導市場のこれからを考えてみたい。

最近、経済産業省では、2020年および2030年までを見越した技術開発ロードマップとその技術が実現した場合の社会像を纏めている。実現すべき社会像として、高度情報通信社会の実現 世界をリードする高度産業基盤構築 環境・エネルギー調和型社会の構築 健康長寿生活の実現 国民生活の安全確保という5項目を柱に、それぞれに該当する技術開発計画を立てている、或いは立てつつある。（経済産業省 HP: <http://www.meti.go.jp>）

超電導技術は上記 ~ までの分野に強くかかわる。目標とする社会像を実現するということはそこに市場が存在することを意味する。

今回は「健康・長寿生活の実現」と「超電導」とのかかわりをテーマとする。

2. 診断装置

2-1 MRI (Magnetic Resonance Imaging : 磁気共鳴映像法)

MRIは癌細胞などの早期発見に有効であり、X線CTでは実現し得ない機能を持っており、電離放射線被曝のない安全な検査装置で、この15年ほどで国内でも急速に普及してきた。

既に述べたように超電導市場の半分近くがMRIで占められている。発生磁場は0.5Tから3Tの範囲が主流である。この市場は今後も堅調に伸び、年率8~10%の伸びが予想されている。世界で年間2500台程度の市場で、装置売り上げは3500億円程度、そのうち超電導マグネットが900億円程度である。しかし、低価格化が進み市場拡大という点からは新しい技術開発が必要である。既に設置されている病院等では買い替えという需要が期待されるが、新規市場を開拓するには、使い易さの改良、運転コストの低減等の技術開発を進めていかなければならない。使い易さやコスト低減が図られれば、地方の病院とか発展途上国への市場が拓けることが期待される。現在国のプロジェクトで精力的に進められている高温酸化物超電導線材（主にY系線材）の実用化が進めば冷凍機の運転コストも低減し、かつクエンチの心配もなくなるので市場が格段に大きくなることが期待される。

一方、米国の保健省（NIH : National Institute of Health）が力を入れているのが、10T以上の高磁場を用いたMRIである。磁場強度が強ければ強いほど、体から出てくる電波も強くなり、より微細な構造が画像化できるようになる。とくに脳の局所的な働きをしらべる機能的MRI(functional MRI, fMRI)やMRによる血管撮影、脳の局所の代謝をしらべるスペクトロスコーピーなどでは超高磁場装置の圧倒的有用性が報告されている。米国、ヨーロッパ諸国、韓国などでも臨床応用が始まっているが、わが国では、アメリカ製頭部専用装置の薬事承認がなされただけで、全身での使用がまだ認められていない。この方面の市場が期待されるが、これとても先ほど述べた高磁場特性の優れた高温酸化物超電導線材の実用化を待たなければならない。2010年以後になると考えられている。

2-2 心磁計

最近発売された心磁計も超電導を用いた診断装置の一つで、今後市場が期待されるものである。

人体から出る微弱な電流を調べることで異常や疾患を発見できることを利用した心電計とは異なり、心磁計は微弱な電流が生ずる極微弱な磁場を測定し、心臓の状態を心電計よりも正確に測定できることが特徴である。心臓から出る磁場は、地磁気の約百万分の一の微弱なものであるため、その測定には、超高感度磁気センサ SQUID (超電導量子干渉デバイス) が活用されている。虚血部位や不整脈信号源の高精度な測定が非侵襲で可能となり、心電図では分からなかった心臓の不整脈も早期に発見できる。装置は地磁気の影響を避けるための磁気シールド等が必要となるため、現状では1億円程度と高価であり、限られた病院にしか導入できないが、これも低価格化が進めば市場が拓ける商品であり期待されている。

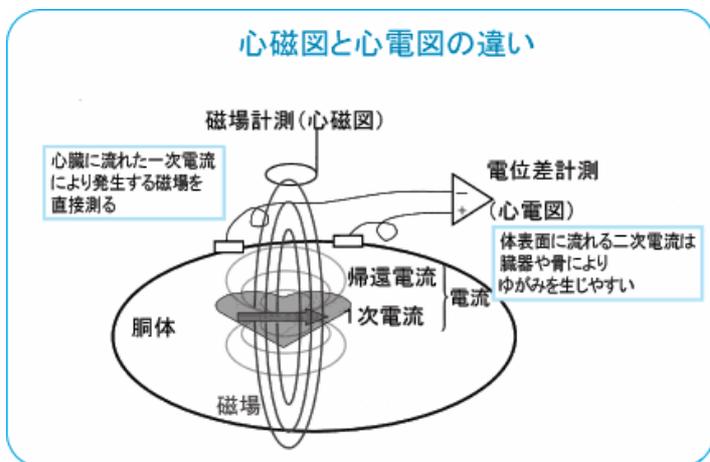


図1 心磁図と心電図との違い



(本体測定時写真)

図2 心磁計での測定風景

(図1,2ともに日立ハイテック(株) ホームページより)
(<http://www.hitachi-hitec.com/about/library/flagship/cardiac/>)

2-3 脳磁計

人間の脳が活動するときには非常に小さな電気や磁気を発生する。この磁気を測定する検査が脳磁計 (MEG) である。これを用いれば従来脳波で見つけられなかった異常を見つけれられる可能性がある。

また、脳波で電気を見るよりも脳磁計で磁気を見た方がより正確な場合がある。従って、てんかんの患者では脳の中のでんかん源が正確にわかる可能性も高く、また脳外科手術を受ける患者では術前に脳の機能を正確に評価しておくことができるので、手術をより安全に受けることができる。

この分野に参入している企業は未だ少なく価格も高価であるため市場は大きくはないが、これも今後普及することが期待される。

以上、超電導を用いた診断装置として、MRI、心磁計、脳磁計を採り上げた。これらは超電導でなければ実現しな



図3 脳磁計による測定風景
国立療養所西新潟中央病院 磁気脳波 (MEG)測定室ホームページより
(<http://www.masa.go.jp/epi/meg.html>)

い装置である。MRI 以外は市場に出て未だ日が浅いため、今後の市場規模が読みにくい状況にあるが、これらの装置を普及させるためには低価格化を目的とした技術開発が必須であると同時に多くの臨床例を得て社会に認知されることが重要である。また、これらの装置の導入が容易となるような政策的配慮も必要である。

3. 治療装置

重粒子線がん治療装置

最近話題になっているのが、重粒子線がん治療装置である。

わが国の癌患者は年間 50 万人で、約 30 万人が亡くなっているという。癌治療には、外科手術が 22%、放射線治療や外科手術と放射線の併用治療が 18% などであり、放射線治療の実績が上がってきてはいるものの、周辺の正常組織への影響もあり十分な線量を投与できないという課題があった。

しかし、炭素イオン線のような重荷電粒子を用いると腫瘍周辺の正常組織をほとんど傷めることなく患部に必要線量を短時間に集中照射できる（「超電導 Web21」2005 年 1 月号「低温工学研究会「RI ビームファクトリーと重粒子加速器の応用」報告」）

次に重粒子線とは何かを独立行政法人 放射線医学総合研究所（以下 放医研）のホームページからの引用で説明する。エックス線やガンマ線は、電磁波の一種で光の仲間である。電子は非常に軽い粒子で、それよりはるかに重く、大きい粒子として陽子、ヘリウム、炭素、ネオン、シリコンなどがある。自然界の放射線のひとつとしてよく知られているアルファ線は、ヘリウムイオン（粒子）が高速に加速されたものである。もっと重く大きい炭素、ネオン、シリコン、アルゴンなどのイオン（粒子）を高速に加速すると重粒子線といわれる放射線になる。陽子線や重粒子線の場合は、照射するときのエネルギーによってある深さに大量の線量を与え、その前後に与える線量は少ないので、線量がピークになる部分を癌の患部にあわせることにより、正常組織の障害を少なくすることができる。

日本には現在このような装置が 5 台（世界では 22 台）ある。わが国における本格的な重粒子線治療は 1994 年に放医研で始められた。この装置は、粒子線加速器で装置が大型・高価であることが普及を遅らせている。

図 4 は放射線医学総合研究所（千葉市）の重イオン加速器「HIMAC」である。この加速器は重イオンを用いた癌治療のために建設されたもので、ヘリウムからアルゴンまでの重イオンを核子あたり数 MeV～数百 MeV に加速することができ、実際の治療も行われている。

荷電粒子を曲げたり収束させたりするためには電磁石が必要で、現在は常電導の電磁石が用いられている。そこで、一般医療の中で日常的に用いられるためには装置の小

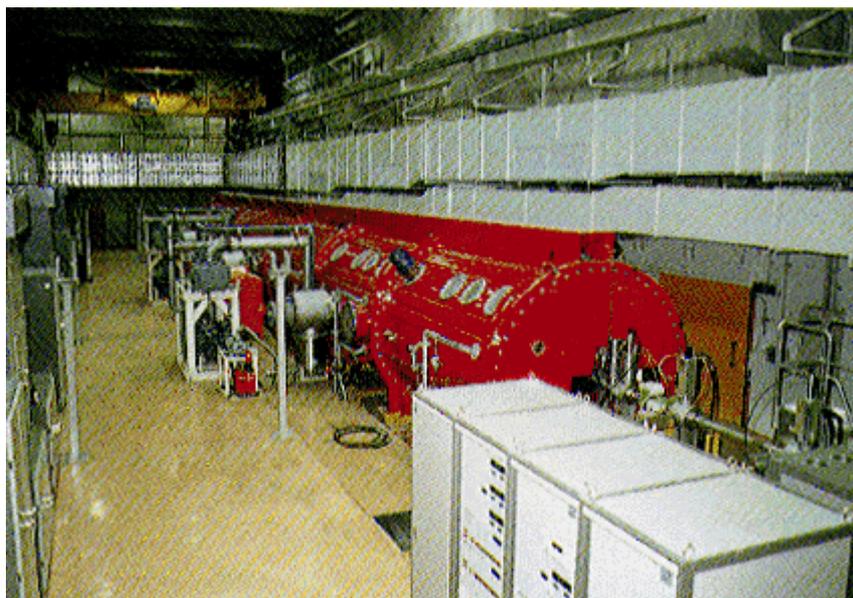


図 4 重イオン加速器（HIMAC）

型化が必要となり、そのためには強い磁場が発生できる超電導マグネットが必要となってくる。

この装置も設置面積が小さく、かつ比較的小型化が図れれば今後各地方都市に最低1台は設置されるものと考えられる。因みに現在の放医研の加速器施設は6~70m四方を必要としている。

4. 生命解明

NMR (Nuclear Magnetic Resonance : 核磁気共鳴) 分析装置

与えられた頁数を相当超過してしまったが、最後にNMRについて簡単に触れておく。

^1H や ^{13}C などの原子核は「核スピン」と呼ばれる量子数をもっている。言い換えると、これらの原子核は小さな磁石のような性質を持っており、こういった磁石の集団を核磁化と呼ぶ。

大ざっぱな言い方をすると、核磁化をあやつって欲しい分子情報を得るとというのがNMRである。

タンパク質の構造解析は、生命解明に不可欠なものである。タンパク質の分子量が大きくなればなるほどその構造解析には強い磁場が必要とされる。現在23Tの磁場発生により共鳴周波数1GHzを達成寸前であるが、今後は更なる高磁場化が望まれている。また、市場拡大という点ではもっと磁場の低い(例えば16T程度)のNMR装置が低価格化すれば市場が更に膨らむことが期待される。

5. その4を終わるにあたって

超電導がMRIに用いられているという認識は、最近になって漸く一般市民に浸透してきた。前にも述べたように超電導MRIが現在ほど普及するとは、開発当時だれも予想しなかった。

今回ここにあげた超電導を用いた診断・治療機器はMRIを除けばまだ緒についたばかりである。低価格化や使い勝手の改良等の技術開発はあるが、今後成長していく産業であると期待されている。

[超電導 Web21 トップページ](#)

読者の広場

Q&A

Q：ビスマス(Bi)やイットリウム(Y)とはどのような元素でしょうか？

A：ビスマスとイットリウムは、酸化物系高温超電導材料の主要な構成元素として注目されています。みなさんはあまりお馴染みでないかもしれませんが、ビスマスは半田や多くの機能素子の主力構成元素であるほか、色々な医薬品でも有用な機能を発揮しています。また、イットリウムは、磁性材料、固体レーザー材料、蛍光材料などに役立っています。

まず、酸化物系高温超電導材料としてのビスマスやイットリウムについてお話ししましょう。

酸化物系の高温超電導材料は 20 世紀の終盤に発見されたもので、ビスマス系超電導材料やイットリウム系超電導材料もその仲間です。少し難しくなりますが、ビスマス系超電導材料は $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_1\text{Cu}_2\text{O}_x$ 、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ などの化学式で示される酸化物超電導体を線材やバルクに加工したものです。また、イットリウム系超電導材料は $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_z$ の化学式で示される酸化物超電導体を線材、バルク、薄膜デバイスに加工したものです。

現在、ビスマス系超電導材料やイットリウム系超電導材料は、いずれもマイナス 196 度の液体窒素温度での実用超電導材料として有望視され、世界中で盛んに研究開発がなされています。これらの研究開発の成果が移動体通信基地局機器、磁気浮上式鉄道（リニアモーターカー）、電気推進船、電力ケーブル、電力貯蔵装置などとしてお目見えする日が待たれています。

つぎに、ビスマスやイットリウムと私たちとの関わりを振り返ってみましょう。

ビスマスは、周期律表では終わりの方の 83 番目の元素で、水の 9.7 倍ですから鉄や銅よりずっと重い元素です。ビスマスは古く 15 世紀ころから私たちとの係わりがあったそうです。ビスマスは、輝蒼鉛鉱、ピスマイトなどの鉱石から採取されます。日本では蒼鉛と呼ばれ、ビスマスの鉱脈の下にはよく銀が見つかることから別名「銀の屋根」とも呼ばれています。ビスマス系銀シース超電導線材は、この不思議な縁の顕われとしか言いようがありません。ビスマス合金は、低融点半田、ポンベの安全弁、火災報知器などの機能素子に使われています。また、ビスマス化合物は、古くから胃潰瘍、十二指腸潰瘍、慢性胃炎などの治療薬や下痢止め薬として用いられています。さらに、最近ではビスマス化合物をあらかじめ投与しておく、抗ガン剤の性能を低下させることなく副作用を軽減する作用があるとして注目されています。

イットリウムは、周期律表でははじめから三分の一あたりの 39 番目の元素で、水の 4.5 倍ですから銅のおよそ半分の重さの元素で、希土類元素のひとつです。イットリウムは、ガドリウム石、モナズ石、ゼノタイムなどの鉱物から分別採取された比較的新しい元素です。鉱石は 18 世紀の終わりにスエーデンで発掘されていましたが、多数の他の希土類元素と共存していたことから純粋なイットリウムが 19 世紀中頃になってやっと分別されたためです。イットリウムの酸化物は磁石材料に利用されています。また、アルミニウムとの酸化物の単結晶は強力な固体レーザー光の発生に不可欠で、YAG ホストとして親しまれています。さらに、イットリウムの酸化物は、蛍光体、ガスセンサー、光ガラスなどとして役立っています。

(編集局)

[超電導 Web21 トップページ](#)