

Title	低温センター便り
Author(s)	田島, 節子
Citation	大阪大学低温センターだより. 2005, 131, p. 16-18
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/7036
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

低温センター便り

理学研究科 田 島 節 子 (内線 5755)

E-mail: tajima@phys.sci.osaka-u.ac.jp

昨年10月に着任しました。専門は超伝導。夢は室温超伝導、つまり寒剤なしで超伝導を、ということ。しかし、どんなに超伝導転移温度が高くなっても、物性研究には $T \sim 0$ Kの情報が必要なので、研究室で液体ヘリウムが要らなくなることはないでしょう。というわけで、末永くよろしくお願いいたします。

さて、一昔前の“高温超伝導”騒ぎを記憶している方々は、「あれは一体どうなったんだ。」と思っておられるのではないのでしょうか。超伝導機構解明を中心とした物性研究も、実用化を目指した研究も、いずれも悪戦苦闘しながらも着実に進展しております。私は昨年まで、高温超伝導体の実用化研究をやっている人達をすぐ隣で見えておりましたので、皆様が多分知らないであろうそちらの世界について、少しお話してみたいと思います。

高温超伝導体は銅の酸化物で、いろいろな種類のものがありますが、超伝導転移温度が一番高いものは、約135 K (常圧) にもなります。これほど高い温度で超伝導になるなら、すぐにでもいろいろな応用が考えられそうです。実際、実にさまざまな提案がありました。応用する際の材料の形状で分類すると、主に3つに分けられます。1つは、セラミックスの塊そのままのバルク体、もう1つは電線を作るための線材、最後に電子デバイスを作るための薄膜です。

バルク体は、超伝導体中に意図的に非超伝導の不純物を分散させ、それによって強い磁束ピン止め効果を作り出しています。多分、皆さんがどこかで見たことのある「人間浮上」実験は、そのようなバルク体に向かい合わせた永久磁石の磁場を捕捉させて、磁石とその上に乗った人間を空中に浮かせたものです。材料開発の観点から言えば、この材料が最も完成度が高く、液体窒素温度での最高捕捉磁場は、いまや3テスラにもなります。30 Kまで冷やせば、たった直径3 cm厚さ1 cm程度のバルク体で17テスラ以上捕捉でき、自動車1台を浮上させられるくらいの力を持ちます。あまりに強い磁場を捕捉させると、磁束同士の反発力でバルク体自身が割れてしまうのが問題で、どれだけ強い磁場を捕捉できるかは、バルク体の機械的強度をどうやって高めるかにかかっています。

さて、このバルク体の最初の応用は、磁場を使った水の浄化装置でした。日立と九州電力が実用化して、貯水池の浄化に使われています。また、まだ試験機段階ですが、フライホイールという電力貯蔵システムの心臓部にも使われています。超伝導バルク体で作られた回転軸が、円盤を支え摩擦なく回転させ続けることで、回転エネルギーとして電力貯蔵するというものです。これも、大きなエネルギーを貯めようと直径の大きな円盤を高速で回転させると、非常に強い遠心力がかかって

円盤材料の強度が持たない、という問題が開発のネックになっており、実用化への壁は超伝導体の性能そのものとは別のところにあるようです。しかし、まだまだ開発は続けられています。

超伝導の電線は、ロスなく送電できるという意味で皆が考える夢の応用です。Bi系の高温超伝導体で作った線材は、まだ高価ではありますが、ほぼ完成しており販売段階に入っています。作った某電線メーカーは、国内の市場がまだ見込めないということで、アメリカでの販売体制に入っています。(アメリカでは、いつぞやのニューヨークの大停電に見られるように、全土的に送電ケーブルや設備の老朽化が問題になっており、政府が新規送電網整備計画を立てています。)一方日本でも、愛知万博のJR東海のパビリオンで展示紹介されているように、リニアモーターカーに組み込まれる計画が着実に進んでおりますし、SMESという超伝導線に電気を貯めておく電力貯蔵システムは、シャープ亀山工場の瞬低保護に使われております。(中部電力の開発)これは去年の落雷で実際稼動し、性能が確かめられたそうです。これらのBi系高温超伝導線は、高磁場中での特性があまりよくないので、液体窒素温度での高磁場応用を目指したY系高温超伝導体の線材開発が、次の開発目標になっており、現在日米の熾烈な競争が行われています。

最後に超伝導薄膜を使った応用ですが、最も早く市場に出たのは、携帯電話基地局に使われている超伝導フィルターです。残念ながら、日本ではまだ誘電体のフィルターですが、アメリカでは周波数帯域の奪い合いが激しいため、冷凍機で簡単に冷却できる高温超伝導フィルターが導入されています。薄膜デバイスの本命は、超伝導コンピュータです。30年前にIBMが開発を中止したタイプのジョセフソンコンピュータではなく、量子化磁束を次々に移動させていくタイプ (Single Flux Quantum, SFQデバイスと言われています) が現在の研究開発の主流です。サーバーなどの部分で威力を発揮すると言われており、Nb薄膜を使ったもので、実用化の見込みが立つところまで来ています。しかし、これは30年間Nbの超伝導デバイスを技術開発し続けてきた人達の成果。それに比べれば、高温超伝導体を使ったデバイス開発はまだ歴史が浅く、実用化はまだ先といった感じでしょうか。どんな最先端技術でも、その研究開発には30年程度の時間は費やされており、大学での基礎研究で短期的な成果を求められる近頃の風潮は、それと比べてもやはりおかしいという気がします。

以上、高温超伝導体の実用化研究の現状について、簡単にご紹介しました。自分が研究している対象物質が新しい産業につながっていくという経験は、基礎研究に携わる者にとって極めて珍しいものです。が、実に楽しい。この楽しさは、自分でも意外でした。(基礎研究志向を自認していたので。)この素朴な感動を理学部の学生にも分けてあげたいと思うのですが……。

高温超伝導体は、物質発見と同時に応用研究がスタートした珍しい例です。役所からは、20年たっても何も実用化されないと文句を言われていますが、それは無理からぬこと。セラミックス(酸化物)であるということから、加工のしにくさは最初から指摘されていましたが、当初予想しなかった困難さは、実は高温超伝導体の物理に深く関係しているものでした。例えば、それまでのs波BCS超伝導体と違って、銅酸化物超伝導体は超伝導ギャップの大きさに異方性のあるd波超伝導体であることがわかりました。そのことが、超伝導線材を作製する際に結晶粒方位を揃えておかないと臨界電流が著しく低下する原因となっていたのです。現在では、何百メートルにも渡って、金属

テープ上に方位の揃ったほぼ単結晶のような銅酸化物を積んでいくという技術が開発されておりま
す。また、キャリアドーピング濃度によって反強磁性のモット絶縁体から非超伝導のフェルミ液体
金属まで変化するという性質は、実用化材料のキャリア濃度（化学組成）を精密に制御することを
要求します。このように、基礎物性研究の知識が、直接実用化研究をしている人達への有用なメッ
セージとなりえるのです。

高温超伝導メカニズムの研究も、まだまだ終着駅が見えない状況にありますが、高温超伝導体の
実用化研究も是非粘り強く継続してほしい、と影ながら応援している次第です。半導体が現在の世
の中に不可欠なものとなっているのと同様に、超伝導体が日々の生活に不可欠となるような時代が
いつか必ずやってくる、と思っています。（長生きしなくちゃ・・・。）