

高温超電導応用技術研究開発の最近の動向

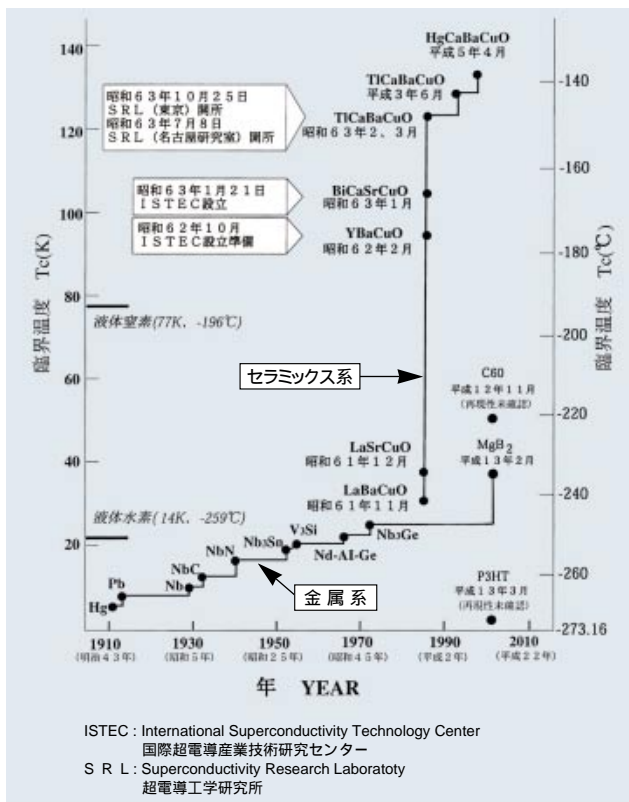
ISTECにおける研究開発を中心として

元：(財)国際超電導産業技術研究センター 常務理事 菊田 滋
現：核燃料サイクル開発機構 特任参事



はじめに

1986年、IBMチューリッヒ研究所の物理学者ペドノルツとミュラー両博士が30K(- 242)付近で超電導現象を起こす新材料を発見、高温超電導の可能性を示唆した。これが、その後の高温超電導体の発見を促し、世界中に高温超電導フィーバーを巻き起こした。このような中で、産官学が協力し、国際的に開かれた体制のもとで超電導に関する基礎的な研究開発、調査研究、国際交流などを行う中核的機関として(財)国際超電導産業技術研究センター(ISTEC)が1988年に設立された。ここでは国家プロジェクトとして新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が推進している高温超電導に関する研究開発のうち、ISTECが実施している研究開発を中心に、最近の動向について紹介する。



第1図 超電導体臨界温度の推移とSRL

応用のための基盤技術

高温超電導線材

ビスマス系超電導線材は、低磁界であれば液体窒素温度(77K)で動作可能な1kmを超える長尺の線材が開発されているが、銀を使用しているため高価格となっている。そこで、コストが安く次世代線材として注目されているのがイットリウム系超電導線材である。

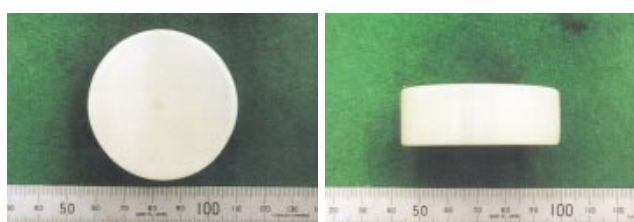
イットリウム系超電導線材は、液体窒素温度近傍における磁場中でも実用的な高い臨界電流密度を有することから、電力機器用の材料として期待されるが、結晶粒界のわずかな結晶方位のずれにより臨界電流特性が急激に低下する欠点がある。このため、その材料特性を十分に発揮するためには結晶学的に配向した単結晶に近い長尺線材にする必要があった。しかし最近になって、結晶を三次元的に配向させたテープ線材の開発に成功し将来性に明るい展望が開けてきた。とくについ先日、中部電力、フジクラ、ISTECは共同でイオンビームアシスト蒸着法(IBAD法)により、従来の20倍の速度でイットリウム系超電導線材を製作する技術開発に成功し、これを10m長線材で実証した。また昨年9月には、化学液相法の一つである有機金属成膜法(MOD法)において、高純度の原料精製法(SIG法)を開発、900万A/cm²に達するイットリウム系超電導薄膜の作製に成功した。



第2図 IBAD法により作製した10m長のイットリウム線材

高温超電導バルク材

「バルク」とは「かたまり」を意味しており、膜、線材以外をバルクと称する考え方もある。バルクは製造加工が容易であるため、低温超電導体においてもその応用が試みられているが安定性に問題があり、実用化を目指した場合高温超電導体の比にならない。高温超電導バルク材の研究は、わが国が世界のトップを走っており、現在ほぼ実用の域に達したといえる。昨年には、ガドミウム系で直径5cmのシングルドメイン化を行い、液体窒素温度で捕捉磁場3.3Tの世界最高を記録した。また、これまで問題とされてきたバルク材の機械強度についても樹脂真空含浸法の開発により解決にいたっている。



第3図 樹脂真空含浸法により作製した直径5cm強のバルク材

超電導デバイス

現在のところ超電導デバイスは研究開発のスタート地点に立った段階である。これまでの実績としては、低温超電導で数万接合の集積、高温超電導では100接合程度の集積度で簡単な計測用のデバイスの試作が出来てきた状況である。しかし、その将来性は高いとすることができる。というのは、現在のところシリコンデバイスに替わる特性をもつデバイスは超電導デバイス以外に存在しないからである。これまでの研究で、接合方法としては画期的ともいえる、超電導層表面をイオン照射により改質形成した絶縁層をバリア(界面改質バリア)とする高性能ジョセフソン接合技術を確立した。また、超電導サンプラー、分周器などの試作に成功している。

電力システムへの応用技術

超電導電力貯蔵システム

SMESは、電気エネルギーをそのまま蓄えることができるため、貯蔵効率が高く、応答性に優れた電力貯蔵システムである。これまでに金属系超電導線材を用いた超電導コイルなどの要素技術開発、電力システムに導入した場合のシステム研究が実施され、100kwh、20MW級の小規模パイロットプラントの開発に必要な技術を確立した。平成11年度からは系統安定化用、および負荷変動補償用に用途を絞り、実用化を視野に入

れたコスト低減のための研究開発をスタートしている。

一方、電力貯蔵システムとしてSMESの実用化の可能性が確認できたことを受けて、冷凍システム面で効率が高く簡素化が図れ、将来のコスト低減の更なる可能性が期待される高温超電導体を用いたSMESについての技術調査も平成11年度からスタートした。現在までに、高温超電導SMESの概念設計およびピスマス系高温超電導線材によるコイル製作を行い特性評価を実施した。今後、高温超電導線材をSMESに適した導体にするための研究、さらには次世代線材として期待されているイットリウム系高温超電導線材での適用可能性などについて研究を進めていく計画である。

フライホイール電力貯蔵システム

フライホイール電力貯蔵システムとは、フライホイールをピン止め効果を持つ高温超電導磁気軸受で浮上させ、電気エネルギーをフライホイールの回転エネルギーとして一旦貯蔵した後、これを、電力需要のピーク時に再び電気エネルギーとして取り出すものである。高温超電導磁気軸受は、回転側の永久磁石、固定側の高温超電導バルク材から構成されており、本プロジェクトでは、載荷力10N/cm²、載荷力当たりの回転損失2mW/Nの性能を持つ、高温超電導磁気軸受の要素技術開発を中心に、100kwh級フライホイールシステムとしての研究開発を行っている。

おわりに

NEDOが推進している国家プロジェクトのうちISTECが中心となって実施しているものを紹介した。この中で、バルク材については超電導軸受、水質浄化システムへの応用など、一部実用化の動きも見られる。また将来、高温超電導発電機、変圧器、限流器、ケーブル、リニアモーターカー、超電導交換機などの超電導機器の実用化に当たって基礎・基盤となる線材、新デバイスなどについては今後さらに解決していかなければならない研究課題も多い。応用のための基盤技術開発、そしてその成果を活用した機器システム開発。これらがうまく相俟って、一日も早く高温超電導機器が一般の人々の目に見えるもの、役に立つものとなることを期待したい。

菊田 滋氏 略歴

昭和45年3月	早稲田大学 理工学部卒	5年5月	原子力発電技術機構 副所長
47年3月	早稲田大学 大学院 修士課程 終了	7年6月	関東通商産業局 公益事業部長
47年4月	通商産業省 入省	8年6月	JETRO メキシコセンター 所長
60年2月	資源エネルギー庁 公益事業部 調査室長	10年6月	(財)国際超電導産業技術研究センター 常務理事
61年1月	札幌通商産業局 公益事業部長	13年6月	核燃料サイクル開発機構 特任 参事
平成 2年4月	外務省 アルゼンティン大使館 参事官		

ISTECホームページ
<http://www.ISTEC.or.jp>