

研究所紹介

超伝導材料研究センター

物質・材料研究機構超伝導材料研究センター長 室町英治

1. はじめに

物質・材料研究機構の前身である金属材料技術研究所と無機材質研究所は、それぞれ、超伝導材料に関する研究を行って来た。両研究所が機構という形で統合されたことに伴って、超伝導への取り組みをさらに発展させ、両研究所に分散して行ってきた超伝導材料研究を集中的に実施することを目的として、平成 13 年 10 月に新規の研究組織である超伝導材料研究センターが発足した。センターの第 1 期は機構の中期計画の期間とされており、平成 17 年度を一つの区切りとしている。

超伝導は 21 世紀のキーテクノロジーであり、センターでは、
 新超伝導物質・材料の発掘、評価に関する研究、
 酸化物系並びに先進金属系超伝導体の線材化に関する研究、
 高品質超伝導体薄膜・単結晶の作成と情報・通信への応用基盤に関する研究、
 SQUID 等の超伝導デバイスの開発と応用、

を課題として設定し、基礎・基盤研究と応用・開発を指向した研究を有機的に連携させつつ、総合的に推進している。

図 1 に示すように、センターには、新物質探索、酸化物線材、金属線材、薄膜・単結晶、SQUID の五つの研究グループが設置され、機構研究職員 23 名とポストドク等がここで集中して研究を行っている。また、センター本体に加えてそれと連携して研究を行うサテライト組織を設置し幅広い分野を含む超伝導研究を総合的に実施しており、サテライトまで含めると、50 名規模の機構研究職員が関係している。以下、センターに属する 5 研究グループとサテライトにおける研究の概要を述べる。

的には、高配向化、超伝導コア密度の向上、不純物の低減、などを達成し、これによって線材の高 J_c 化を目指している。一方、各種マグネットへの応用を目指して、長尺線材の試作ならびにそのコイル化の研究を、日立製作所、日立電線等と共同で取り組んでいる。更に、 MgB_2 新超伝導体については、いち早く線材化の研究を進め、Mg の代わりに MgH_2 原料粉末を使うことによる、高 J_c 化の達成、 MgB_2 粉とステンレス管を用いることによる、熱処理無しでの 10m 級線材の作製、及びソレノイドコイルの試作と磁界発生等、高性能かつ低コストの線材化法の開発を進めると共に、応用への展開を図っている。図 2 に MgB_2 線材を用いたソレノイドコイルを示す。



図 2 MgB_2 超伝導線材を用いた小型マグネット

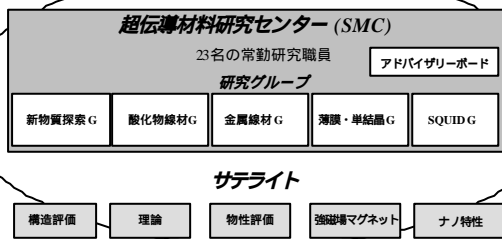


図 1 超伝導材料研究センターの研究組織

2. 研究グループの概要

新物質探索グループでは、通常の研究機関では実施が困難な超高圧、超高酸素圧、超高温等の極限環境を利用することで新たな超伝導体シーズ発掘を目指している。さらに、最近、機構の物質研究所のグループと共同で、ソフト化学的手法を使うことで、水和コバルト酸化物超伝導体を初めて発見するなど、銅系高温超伝導体に限らず、広範な系についての探索研究を進めている。

酸化物線材グループでは、ピスマス系酸化物線材について、主に組織制御の観点から特性向上の研究を進めている。具体

金属線材グループでは、1GHz 級高磁場 NMR マグネットや新型高感度 NMR マグネット、各種電力機器などへの応用を目指した、実用レベルの金属超伝導線材の開発研究を推進している。特に、複合線材を通電加熱して液体 Ga 中に急冷するユニークな装置を駆使して、急加熱急冷条件の最適化により 300m を超える長さの線材が製造できるようになったのは、最近の注目すべき成果である。実際、ジェリーロール多芯複合線について、300m 長にわたって、臨界電流密度 J_c (21T、4.2K) のばらつきを標準偏差 5%以内に抑えることに成功している。さらに、Cu クラッド法により安定化材を複合し、これを巻いてコイルを試作したところ、短尺試料の臨界電流 I_c に匹敵する電流値までコイルに電流を流すことができ、14T バイアス磁場中で 3.2T の追加磁場発生に成功している。

薄膜・単結晶グループは、高温超伝導体薄膜・単結晶の高品質化とそれらを用いたデバイス基盤研究を推進している。最近、微細加工した固有ジョセフソン素子を用いて、磁束線フロー抵抗における周期的振動現象を初めて発見すると共に、この現象を用いることで、これまで異方性の強い超伝導体で

は実験的に解明できなかった、ジョセフソン磁束線磁気相図の解明に成功した。また、本素子を利用することで、臨界電流密度測定により傾斜磁場中の磁気相図を解明できることを見出した。一方で、静電浮遊溶融凝固法による、磁束線ピンニングの非常に少ない球状金属系純良単結晶の育成など、単結晶の高品質化への取り組みや、高温超伝導体のナノサイズ層状性を利用した超伝導新機能デバイスに関する基盤研究などを推進している。

SQUID グループでは、液体窒素温度で動作する高温超伝導 SQUID (超伝導量子干渉素子) の応用研究を行っている。SQUID はこれまでにない超高感度な磁気センサーであり、応用ターゲットとしては、心臓診断などの生体磁気計測、バイオ関連の磁気ビーズを用いた抗原抗体反応免疫診断、金属疲労やクラック検査などの非破壊検査、食品などへの異物混入検査、地質調査など広範囲な分野が検討対象である。実用化に要求される計測装置としてのシンプルさ、低コスト化を念頭に、磁気シールドなしで微小磁界を計測する技術、簡便な冷却技術、パソコンによる簡易操作とデータ処理など、総合

的に高温超伝導 SQUID の実用化を捕らえた検討を、大学や民間企業とも連携して進めている。最近の話題として、液体窒素動作による高温超伝導 SQUID を用いた走査型磁気顕微鏡の開発に成功した。この磁気顕微鏡では、高透磁率の針を SQUID と試料の間に配置することにより、図 3 に示すように、高空間磁気分解能を得ることができる。試料の前処理を全く施さず、室温大気中で簡便に磁気イメージ観察ができるため、磁氣的性質を持つ材料の観察や、各種非破壊検査などへの展開を期待している。

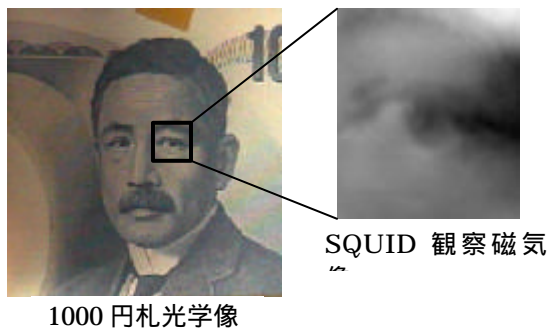
3. サテライト組織における研究

研究グループに加えて、五つのサテライト組織を設置して多面的な研究を行っている。サテライトメンバーは組織上は機構の他の研究ユニットに属しているが、超伝導が広範な研究分野に関連することから、グループとサテライトの連携は研究推進にとって極めて重要である。

構造評価サテライトは超伝導体等の局所及び平均構造の解明や、構造データの精密化等を主要な任務としている。理論サテライトでは、強相関電子系における超伝導発現機構及び反強磁性と超伝導競合に関する理論的研究、高温超伝導磁束系のダイナミクス特性の理論的解明、柱状ピン止めによる高温超伝導磁束系特性の改善に関する理論的研究等を行っている。物性評価サテライトでは、超低温、強磁場、さらに超高压という複合した極限環境を利用し、f 電子系超伝導化合物や有機超伝導体等について新規物性の探索、電子状態の解明等を行っている。強磁場マグネットサテライトでは、ライフサイエンスや環境等への応用を目的とした超強磁場マグネットの研究開発を実施している。特に、タンパク質構造解析をターゲットとする高分解能 NMR マグネットの開発に力を傾注している。ナノ特性サテライトでは、高温超伝導体の高品質薄膜・単結晶について、物理特性の評価を行い、新機能特性を見出すことにより新超伝導デバイス開発への展開を図っている。

4. おわりに

21 世紀初頭の科学・技術において、超伝導が大きな役割を果たすことは疑いがない。超伝導材料研究センターでは、超伝導材料に関して、基礎・基盤研究、材料化研究、応用研究を集中的、総合的に実施することで、超伝導研究における日本の中心を目指し、基礎・基盤技術分野における先導的役割を果たしていく所存である。



SQUID 磁気顕微鏡

図 3 SQUID 顕微鏡とそれによる磁気像

連絡先：独立行政法人物質・材料研究機構超伝導材料研究センター
室町英治 〒305-0044 茨城県つくば市並木 1-1
Tel&Fax: 029(860)4674 E-mail: muromachi.eiji@nims.go.jp