
東北大学 大学院工学研究科 応用物理学専攻 小池研究室
Koike Laboratory, Department of Applied Physics, Graduate School of Engineering,
Tohoku University

(1) 研究室のメンバー(2012年9月現在)

教授:小池洋二、准教授:加藤雅恒、助教:野地尚、足立匡、川股隆行、技術職員:佐藤秀孝
大学院生(博士):4名、大学院生(修士):10名、学部4年生:4名

(2) 研究の概略

固体中の多数の電子が織りなすエキゾチックな物性(超伝導、磁気秩序、電荷秩序、軌道秩序等)のメカニズムを種々の実験手段を用いて解明し、新しい機能性材料を開拓することをめざしています。具体的には、高温超伝導のメカニズムを解明するために、高温超伝導物質および関連物質を作製し、電気抵抗、磁気抵抗効果、ホール効果、熱電能、熱伝導、磁化率、比熱等の基礎物性を研究するとともに、他研究機関とも協力し、ミュオンスピン緩和等の実験も進めています。一方、室温超伝導物質の発見をめざして、新しい高温超伝導物質の探索的研究も行っています。さらに、低次元量子スピン系の物質において発見されたスピンによる大量の熱輸送のメカニズムの解明と、新しい電氣的絶縁性の高熱伝導材料の開拓をめざした研究も進めています。

我々の研究の特徴は、高温超伝導物質および関連物質の基礎物性の研究においては、高品質の単結晶を自ら作製し、上記の測定から物質の電子状態を明らかにするとともに、単結晶を他の研究グループにも提供し、共同研究を積極的に進めているところです。また、新しい高温超伝導物質の探索的研究においては、原料を適当な割合で混ぜて固めて焼くという陶芸的手法(固相反応法)だけでなく、電気化学法や水酸化物溶融塩を用いた低温合成法などの化学屋さんの手法を用いて、通常の方法では合成が困難な物質の合成にもチャレンジしています。

(3) これまでの成果、最近のトピックス

・高温超伝導のメカニズムの解明をめざした高温超伝導物質および関連物質の物性研究

銅酸化物高温超伝導体において、銅あたりのホール濃度が1/8の組成で超伝導が抑制される現象(1/8異常)を、La系だけでなくBi系やY系でも発見し、電荷とスピンのストライプ相関が銅酸化物に共通に存在し、超伝導の発現に効いている可能性があることを示しました。

La系銅酸化物高温超伝導体において、CuをZn、Ni、Fe等で部分置換した試料の基底状態を調べ、アンダードープ領域ではCuのスピンが局在傾向にあり、オーバードープ領域ではフェルミ液体状態にあることを明らかにしました。

鉄系超伝導体 $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$ の高品質な単結晶を作製し、超伝導と磁気秩序に関する相図を完成させるとともに、比熱と熱伝導の測定から、この系では電子相関が強く、スピンの揺らぎ、あるいは、軌道の揺らぎが超伝導の発現に効いている可能性が高いことを示しました。

・新しい高温超伝導物質の探索的研究

電気化学的手法を用いてインターカレーションを行い、 K_2NiF_4 型構造では初めての電子ドープ型超伝導体 $\text{Li}_x\text{Sr}_2\text{CuO}_2\text{Br}_2$ ($T_c = 8$ K)と $\text{Li}_x\text{Sr}_2\text{CuO}_2\text{I}_2$ ($T_c = 8$ K)の合成、および、マグネシウムのインターカレーション化合物では初めての超伝導体 Mg_xZrNCl ($T_c = 15$ K)、 Mg_xHfNCl ($T_c = 25$ K)の合成に成功しました。

還元剤 CaH_2 を用いた低温合成法により、 Nd_2CuO_4 型構造では初めてのホールドープ型超伝導体 $\text{La}_{1.75}\text{Eu}_{0.2}\text{Sr}_{0.05}\text{CuO}_4$ ($T_c = 15$ K)の合成に成功しました。

KOHの溶融塩を用いて、 300°C の低温で、しかも、わずか1分間で超伝導体 $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{BiO}_3$ ($T_c = 30$ K)を合成することに成功しました。

・量子スピン系物質におけるスピンによる熱伝導の研究

スピン量子数 $S=1/2$ のスピンをもつ1次元反強磁性スピン系 Sr_2CuO_3 、 SrCuO_2 、および、スピン梯子格子系 $\text{Sr}_{14}\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$ において、スピンによる大きな熱伝導を観測しました。特に、 SrCuO_2 では、スピン欠陥を低減することにより、スピンによる熱伝導率の世界最高値 800 W/Kmを達成しました。また、 Sr_2CuO_3 では、スピンによる熱輸送が

バリステックであることを実証しました。

$S=1/2$ のスピンドイマー系 TlCuCl_3 と $\text{Pb}_2\text{V}_3\text{O}_9$ において、低温強磁場下で発現するマグノン(スピンの励起子)のボース・アインシュタイン凝縮相で、マグノンによる熱伝導が著しく上昇することを発見しました。

(4) 連絡先、ホームページ

ホームページに、研究装置や研究の分かりやすい解説を載せていますので、ご覧下さい。また、研究室の見学や共同研究のお申し出も歓迎しますので、お気軽にご連絡ください。

小池洋二

E-mail: koike@teion.apph.tohoku.ac.jp

TEL: 022-795-7974

<http://www.apph.tohoku.ac.jp/low-temp-lab/>