

金沢大学における低温・超伝導の研究

1. はじめに

金沢大学は、1862年に設立された加賀藩種痘所を源流とする150年近くの歴史があります。昭和24(1949)年に新制「金沢大学」が、第四高等学校、金沢医科大学、石川師範学校、金沢工業専門学校等を基盤として発足し、日本海側にある総合大学として歩んできました。現在は3学域16学類の下で約8000名、大学院には約2500名の学生が学んでいます。2005年に理工系の角間キャンパスへの移転が完了し、学内共同利用施設の極低温研究室を中心に低温・超伝導の研究が行われています。

2. 極低温研究室

極低温研究室(図1)は全学共同教育研究施設として、金沢大学角間キャンパスと別キャンパスの一部への液化窒素の供給、液化ヘリウムの液化・供給業務、寒剤利用講習会による安全教育、低温環境研究・教育の技術支援等を行っています。

寒剤供給では液化窒素をバーコード管理の自動供給装置により行い、2010年度の供給量は約46 kLとなっています。液化ヘリウムの利用は回収配管の関係でキャンパスの一部に限られていますが、リンデTCF-20(液化能力70 L/h)の液化機を運用しており、供給量は年間約15 kLに上ります。

極低温研究室では共同利用装置の管理・運用により学内教育研究にも貢献しています。カンタムデザイン社のSQUID磁化測定装置MPMS(最大5 T)、比熱・電気伝導測定装置PPMS(最大9 T)、最低温度2 Kのクライオスタット付き超伝導マグネットシステム(15 T@4.2 K/17 T@2 K)などを学内で共同利用し、低温研究に貢献しています。ま



図1 金沢大学極低温研究室

た、寒剤容器やヘリウムリークディテクターの貸し出しを行っています。寒剤の供給申込や共同利用装置の申込をweb pageから行えるように、利用者の利便も図っています。(参考URL: <http://lrc.w3.kanazawa-u.ac.jp/index.html>)

3. 研究紹介

研究紹介として液化ヘリウムを使用している主なグループを紹介します。

3.1 超低温物理グループ

超低温グループは、数物科学系の松本宏一教授、阿部聡講師の2名のスタッフで活動しています。 ^3He - ^4He 希釈冷凍機と超伝導磁石による銅一段核断熱消磁冷却装置(図2)、 ^3He 冷凍機、 ^4He 冷凍機等を用い、重い電子系物質の帯磁率・熱膨張測定、エアロジェル中超流動 ^3He 超音波測定などによる量子相転移の研究を行っています。希土類Pr化合物の核磁性の研究やエアロジェル中の ^4He 超音波物性などの低温物理の研究も行っています。また低温工学の研究として磁気冷凍を研究し、1 Kレベルから室温付近までの広い温度範囲で各種磁性体について磁気・熱測定により磁気熱量効果の研究と磁性体の開発を進め、磁気冷凍装置の開発も行っています。

3.2 量子物性グループ

数物科学系の藤下豪司教授、金子浩助教と保健学系の岡本博之准教授のスタッフで活動しています。

高温超伝導体・低次元電気伝導体・強相関電気伝導体について、GM冷凍機、 ^3He 冷凍機による電気抵抗・熱電能・比熱測定やMPMSによる磁化測定、PPMSによる種々の測定を行うことにより、これらの物質の相転移や物理的性質について研究しています。また、GM冷凍機とパルスレーザを用いて、低次元導体の過渡熱起電力効果の測定による相転移の研究も行っています。さらに、GM冷凍機を備

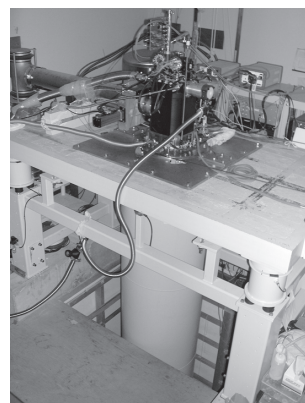
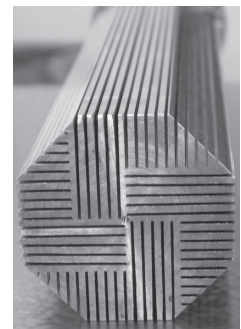


図2 核断熱消磁冷凍機と銅核ステージ



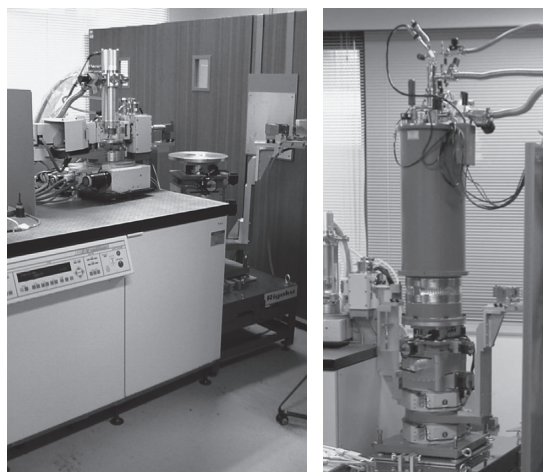


図3 低温X線測定装置
(左：GM 冷凍機，右：希釈冷凍機)

えた粉末X線回折装置(図3)を用いて、種々の相転移に伴う構造変化や超伝導転移に伴う格子定数の異常の研究、 ^3He - ^4He 希釈冷凍機を搭載した2軸型X線回折計を用いた、強相関電子系の磁気相転移や構造相転移の研究も行っています。

3.3 宇宙物理グループ

数物科学系の村上敏夫教授、藤本龍一准教授、米徳大補助教の3名のスタッフで構成されます。人工衛星に搭載するX線・ γ 線検出器の1つとして、X線マイクロカロリメータと呼ばれる分光検出器と、人工衛星上で素子を冷却するために必要となる断熱消磁冷凍機の研究開発を進めています。この検出器は様々な天体からやってくるX線光子1つ1つのエネルギーを素子の温度上昇として計測する装置で、100 mK以下の極低温で動作させることで画期的なX線分光性能(従来の半導体検出器より2桁近く優れたエネルギー分解能)を実現します。X線マイクロカロリメータによる超精密分光観測により、これまでは観測が困難であった宇宙の巨大構造の進化の様子を明らかにすることを目指しています。

3.4 ナノ物理学研究室

数物科学系の新井豊子教授は、 ^4He 冷凍機を備えた超高真空走査型プローブ顕微鏡を独自に開発してきました。極低温環境下で、試料表面の電子状態、固体表面の原子-原子間相互作用力等について研究を行っています。

3.5 非線形物理研究室

数物科学系の佐藤政行准教授は、反強磁性体中のスピン波による非線形局在励起を研究しています。ネール点以下に試料を冷却し、マイクロ波パルス励起により生成されると期待される局在励起をマイクロ波の吸収測定により研究しています。

3.6 無機化学研究グループ

物質化学系の宮坂等教授、林宣仁准教授、高坂亘助教のグループでは、金属錯体やオリゴポリ酸金属化合物を

ターゲットに、分子設計に立脚した固体物性化学(“物性錯体化学”と呼んでいます)を展開しています。MPMS、PPMSを利用しながら、磁性・伝導性・誘電特性・分子吸着能が協奏する物質の開発を目指しています。

3.7 生物化学研究グループ

物質化学系の櫻井武教授、片岡邦重准教授、瀬尾悌介助教のグループでは、金属タンパク質・金属酵素等の構造・機能・分子進化の研究の測定手段の1つとして、液体 ^4He フロー冷却によるEPR測定を行っています。

3.8 極限環境工学研究室

環境デザイン学系の大橋政司准教授はd電子やf電子が磁性を担う強相関電子系物質を対象とし、磁気秩序や重い電子状態、超伝導などの様々な電子相の研究を行っています。特に低温で圧力・磁場・電場などを変化させる事によって起こる量子相転移の研究を行っています。低温において電子の基底状態における本質を解明するためには、まず非常に純良な単結晶を必要とします。そのためテトラアーク炉を利用したチョクラスキー法を用いて単結晶を育成しています。測定手法は電気抵抗・磁化・熱膨張などの基礎物性測定のみならず、X線回折実験を用いミクロな情報を得ています。

3.9 電子物理研究室

電子情報学系の森本章治教授と川江健准教授の研究グループでは、電子デバイス用薄膜材料の合成と評価に取り組みしており、強誘電体・強磁性体積層構造を利用したエンジニアードマルチフェロイック材料、超伝導ダイヤモンド薄膜に関して、低温物性評価を中心に行っています。

そのほかにも、数物科学系の藤竹正晴准教授は低温状態の分子分光学的研究、物質化学系の水野元博教授、井田朋智准教授、大橋竜太郎助教のグループでは固体NMRの研究、学校教育系の辻井宏之准教授は量子スピン系の強磁場中比熱の研究などを行っています。

4. おわりに

金沢大学の低温研究は、これまで温度で μK 、磁場強度で15 Tと着実に進展してきました。今後も、北陸地区における研究拠点として発展できるように努めたいと思っています。

金沢は加賀百万石の城下町として有名な、日本の代表的な観光地です。2011年度の秋季低温工学・超電導学会は金沢市の金沢歌劇座で11月9日～11日に開催されます。金沢での本学会の開催は初めてとなります。また、今回は、市民向けの公開講演会も行われます。是非、多数の参加を頂いて、盛会となることを期待しています。金沢は兼六園などの観光や魚介類をはじめとする郷土料理、日本酒でも知られる町ですので、そちらもお楽しみいただけることを期待しています。

(松本宏一, k.matsu@staff.kanazawa-u.ac.jp)