

VII-5. 低温物性グループ

助教授 福山 寛、
講師 富永 昭、
助手 森下将史、
大学院生 (6名)

[1] 吸着 ^3He 薄膜の2次元核磁性の研究 (福山 寛、森下将史)

数原子層程度のヘリウム3 (^3He) 薄膜の核帯磁率をcw-NMR法によって75 μK の超低温度まで測定した(スタンフォード大学との共同研究)。その結果、この系はスピン1/2の2次元三角格子上の強磁性ハイゼンベルグ模型で良く記述できること、低温でスピン波の長波長カットオフがある有限スピン系であることなどが明らかになった。一方、 ^3He 薄膜の吸着基盤であるグラフォイル(剥離性グラファイトフィルム)の表面構造を走査型トンネル顕微鏡(STM)で観測し、グラファイト単結晶ドメインの大きさ($\sim 60 \text{ \AA}$)と基底面の角度分布($\sim 10 \text{ deg}$)を詳細に測定した。これらの結果は低温でのNMR測定から予測されていたものと良く一致する。現在、反強磁性を示す吸着量範囲を含めて、この系の比熱を交換相互作用($|J| \sim 2 \text{ mK}$)に比べ充分低温($T \sim 200 \mu\text{K}$)まで測定する実験の準備を行っている。

[2] 2次元フェルミ流体の研究 (福山 寛、森下将史)

2次元フェルミ流体である ^3He - ^4He 混合液薄膜の超流動探索を含む低温物性の実験研究を始めた。超流動 ^4He 薄膜の第3音波共鳴器を試作し、希釈冷凍機温度($T > 30 \text{ mK}$)で第3音波の定在波を観測することができた(図1)。ここで我々は第3音波による膜厚の変化を静電容量の変化として検出する方法を採用した。これはボロメータを用いる方法に比べ、より低温での第3音波観測に適している。今後、 ^4He 薄膜に ^3He を混入したときの音速とダンピングの測定を通じて、2次元液体 ^3He における準粒子間相互作用について研究する予定である。

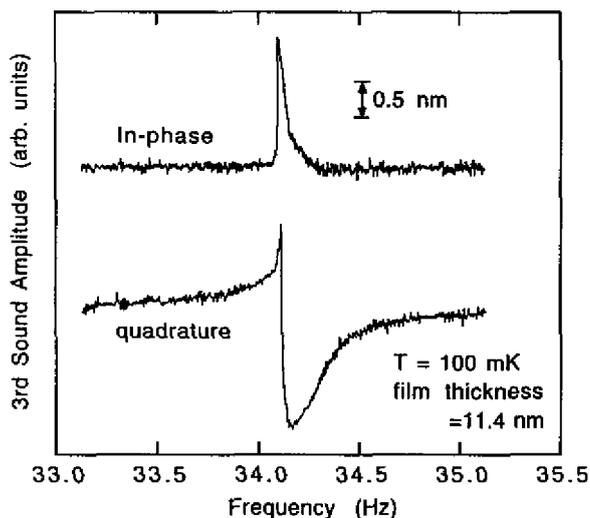


図1 T = 100 mKにおける超流動ヘリウム4薄膜の第3音波共鳴信号。

[3] 核断熱消磁冷凍機の製作 (福山 寛、森下将史)

100 μK 以下の超低温度を生成できる高性能の核断熱消磁冷凍機の製作を昨年度に引続き行い、平成6年度秋に完成した(図2)。性能評価のためのテスト運転を行い、初回の冷却で最低温度240 μK 、ヒートリーク数nW(初期温度20 mK、初期磁場9 T)という結果を得た(図3)。これらのテスト結果より、初期条件を改善した本格的な冷却実験において、当初の目標である100 μK 以下の到達温度が得られることはほぼ間違いないと思われる。

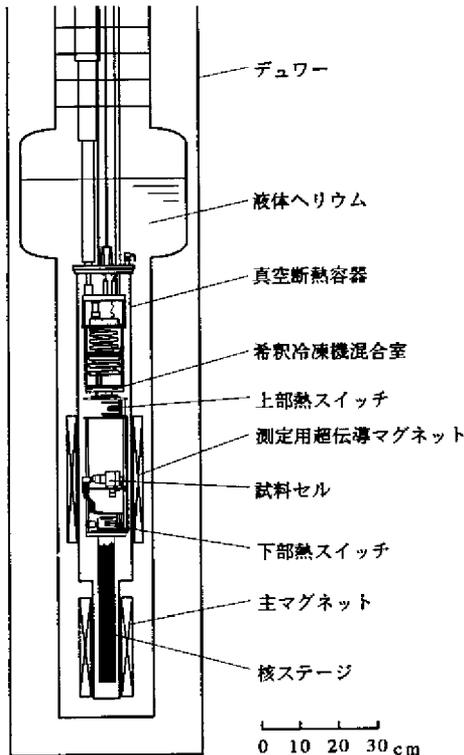


図2 核断熱消磁冷凍機の中心部。

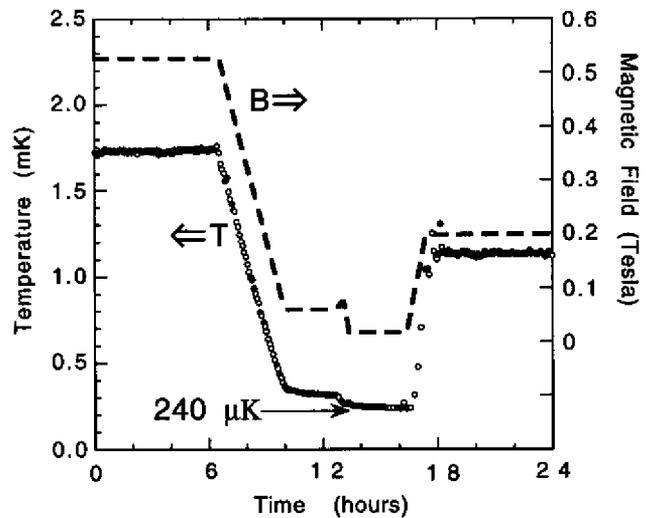


図3 核断熱消磁冷凍機のテスト冷却。

[4] 超低温走査型トンネル顕微鏡を用いた超伝導の研究 (福山 寛、森下将史)

重い電子系など低い転移温度をもつ超伝導体のエネルギーギャップや量子渦糸状態の研究を行う目的で、希釈冷凍機温度で作動する超低温走査型トンネル顕微鏡(ULT-STM)の開発を行っている。本年度は冷凍および測温システムの整備とSTMの低温テスト実験を行った。まず ^3He 融解圧温度計を製作し、7 mKまでの超低温下での精密物性測定が可能な冷却システムを完成した。次に層状物質 NbSe_2 を試料として5 Kまでの極低温下でSTMおよびトンネル分光の予備実験を行い、劈開面の表面原子画像(図4)、電荷密度波相転移($T_c=33\text{K}$)に伴いフェルミ面にエネルギーギャップが出現したことを示す状態密度変化(図5)をそれぞれ観測できた。現在、平成7年度中のULT-STMの完成を目指して、STMを希釈冷凍機に組み込むための準備を進めている。

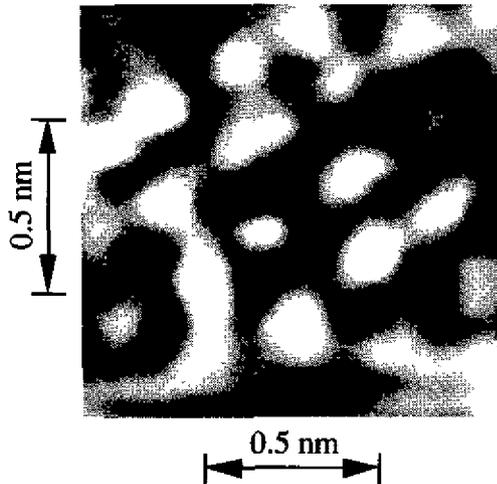


図4 極低温下 ($T = 5 \text{ K}$) での NbSe_2 の表面原子画像。白点がSe原子に対応している。

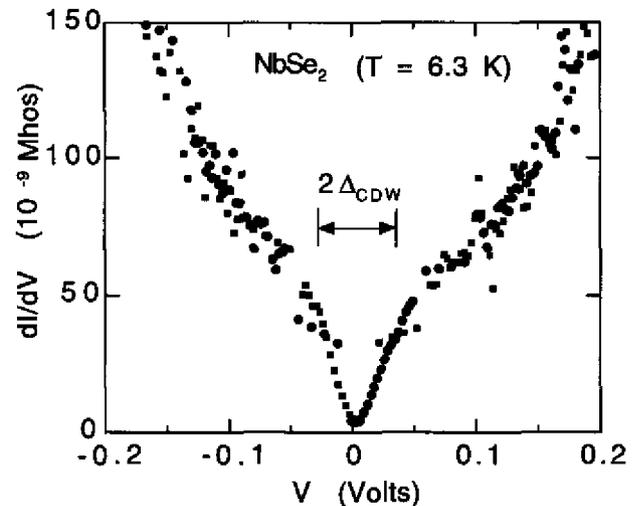


図5 低温STMで測定した NbSe_2 のトンネル微分コンダクタンス。ゼロバイアス電圧近傍に電荷密度波転移によって形成されたエネルギーギャップが見える。

[5] 熱音響現象の研究 (富永 昭)

波動冷凍機の効率をエントロピーの立場から議論し、熱音響理論に基づくシミュレーションコードTHERMOACOUSTICAを使ってGM冷凍機の損失を評価した。愛知教育大学と共同でレーザー流速計を用いたパルス管内部の流速測定を行ない、熱音響理論の確認を行った。

<論文>

1. Hiroshi Fukuyama, P. Schiffer, M. T. O'Keefe and D. D. Osheroff, "Low Temperature Magnetization of Pure ^3He Films on Grafoil", *Physica* **B194-196**, 683 (1994).
2. Takeo Satoh, Masashi Morishita, Sojuro Katoh, Ken Hatakeyama, and Megumi Takashima, "Nucleation in supersaturated ^3He - ^4He liquid mixtures: decay of metastable states at ultralow temperatures", *Physica* **B197**, 397-405 (1994).
3. 佐藤武郎、森下将史、畠山顕、高島 慈：「 ^3He - ^4He 混合液過飽和状態からの相分離；一次相転位における量子効果」、*固体物理* **29**, 883 (1994).
4. 富永 昭：「冷凍機の効率とエントロピー生成」、*低温工学* **30**, 135-142 (1995)。

<学位論文>

植松重治：「ヘリウム3融解圧力型超低温温度計の開発研究」、(修士論文、1995年3月)。

<講演>

1. Hiroshi Fukuyama, "2D Nuclear Magnetism in ^3He Thin Films", 基研研究会－超低温物理の現状と将来の展望（京都大学基礎物理学研究所、1994年5月）。
2. 福山 寛："Preliminary NMR Experiments on ^3He - ^4He Thin Films below 1mK", 物性研短期研究会－超低温物理の最近の動向と展望（東京大学物性研究所、1994年8月）。
3. 福山 寛：" ^3He 薄膜の2次元核磁性", 日本物理学会秋の分科会（低温シンポジウム講演、静岡大学、1994年9月）。
4. 森下将史、石田一貴、八幡和志、徳留修、福山 寛："固体ヘリウム3薄膜の2次元核磁性 III", 日本物理学会秋の分科会（静岡大学、1994年9月）。
5. 福山 寛：" ^3He 薄膜の2次元核磁性", 物性研短期研究会－固体表面の微細構造制御による新物性の発現（東京大学物性研究所、1994年12月）。
6. 石田一貴、森下将史、八幡和志、徳留修、福山 寛："固体ヘリウム3薄膜の2次元核磁性 IV", 日本物理学会第50回年会（神奈川大学、1995年3月）。
7. 富永 昭："振動流体による寒冷発生", 第51回低温工学超電導学会（パルス管冷凍機の新展開シンポジウム講演、横浜、1994年4月）。
8. 富永 昭："冷凍機の効率とエントロピー生成", 第51回低温工学超電導学会（岡山理科大学、1994年10月）。
9. 大橋義正、富永 昭："GM冷凍機の圧力振幅依存性", 第51回低温工学超電導学会（岡山理科大学、1994年10月）。
10. 国友靖明、後藤昌英、矢崎太一、富永 昭："レーザー流速計を用いたパルス管内部の流速測定", 第51回低温工学超電導学会（岡山理科大学、1994年10月）。
11. 大橋義正、富永 昭："GM冷凍機の損失計算", 第2回波動熱輸送研究会（日造協研修センター、1994年12月）。
12. 国友靖明、後藤昌英、矢崎太一、富永 昭："パルス管冷凍機における作業流体の動的挙動-レーザー流速計を用いた直接観測", 第2回波動熱輸送研究会（日造協研修センター、1994年12月）。
13. 富永 昭："室温部配管の回路論的取り扱い", 第3回波動熱輸送研究会（アイシン厚生年金基金会館、1994年3月）。
14. 富永 昭："熱音響現象概論", 第2回新冷凍技術研究会（東工大、1995年3月）。
15. 富永 昭："熱音響理論入門", 機械学会第72期通常総会講演会（熱音響冷凍およびエンジンワークショップ講演、早稲田大学理工学部、1995年3月）。