



Title	重い電子系とドハース・ファンアルフェン効果
Author(s)	大貫, 惇睦; 摂待, 力生
Citation	大阪大学低温センターだより. 1995, 90, p. 16-19
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/11032">https://hdl.handle.net/11094/11032</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

# 重い電子系とドハース・ファンアルフエン効果

理学部 大貫惇睦・摂待力生（内線5368）

## はじめに

私達の研究室は、希土類化合物やウラン化合物の伝導電子の性質を研究している。これらの電子系は、比較的局在性の強いf電子とバンド幅の広い伝導電子が低温で織りなす強相関電子系である。その特徴の一つとして、伝導電子の質量が通常金属の10から1000倍大きいので、いわゆる重い電子系と呼ばれている。これらの電子系のフェルミ面の性質を知るために、電気抵抗、磁気抵抗、磁化、比熱およびドハース・ファンアルフエン(dHvA)効果の測定を行っている。特にdHvA測定には低温と強磁場および良質な単結晶が必要である。

## $^3\text{He}$ での電気抵抗とホール効果

室温から $^3\text{He}$ 温度(0.5 K)までの電気抵抗とホール効果の測定システムのクライオスタット部分を図1に示す。約1リットルの液体ヘリウムをガラスデューワーに溜め、それを排気して1.3 Kに到達し、 $^3\text{He}$ ガスを試料空間に液化する。試料空間は出来る限りスペースを小さくすることを考えて、断熱部分は図1に示すごとく空気が入ったままシールドされている。空気はヘリウム温度で固化するので断熱空間となる。ワンショットタイプであり、液化された $^3\text{He}$ を排気することにより、0.5 Kを得る。ホール効果を測定するときは、水冷の電磁石(最大7 kOe)の磁場を加えて測定する。サンプルホルダーはトップローディング方式である。20 K~0.5 Kまでは $\text{RuO}_2$ 温度計、それ以上の高温は $\text{Au}+0.07\text{at}\%\text{Fe}$ 対 $\text{Ag}$ 熱電対を使用して测温している。

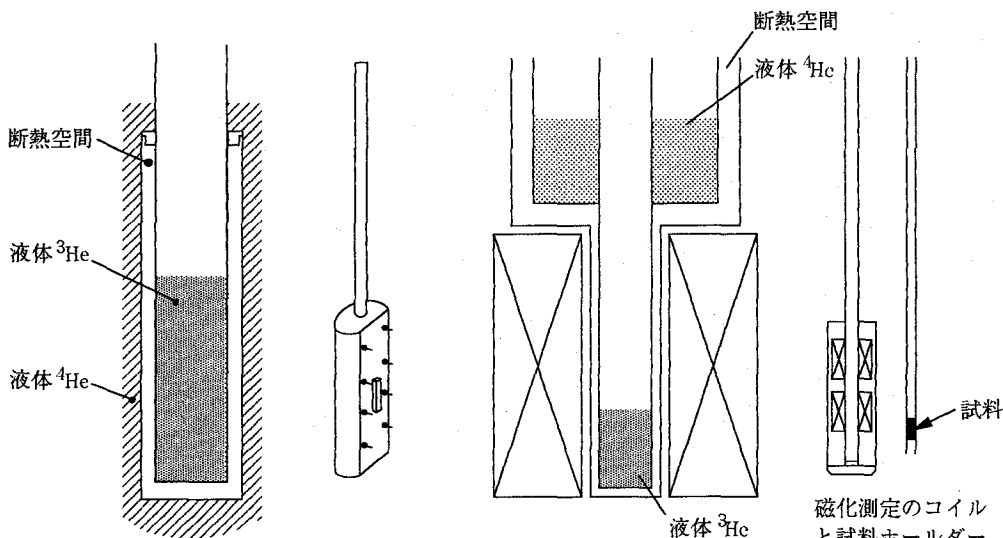


図1 電気抵抗とホール効果測定システム (0.5 K~300 K)。

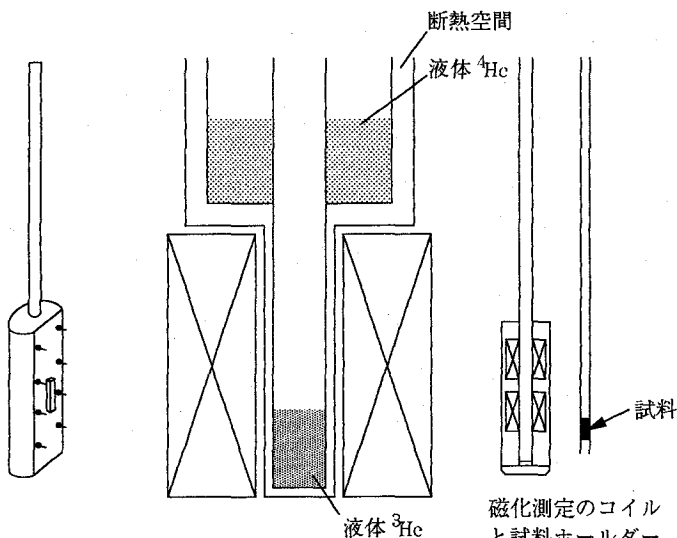


図2 引き抜き磁化測定システム(0.5 K~300 K)。

### $^3\text{He}$ での引き抜き磁化

7.5 Tの超伝導マグネットを使用して、引き抜き法により磁化を計測する(図2)。通常の磁性体であるならば、低温での磁化曲線以外にも、一定磁場下で温度を変えながら磁化を測定することにより、室温までの帯磁率も測定できる。この場合の低温生成は上述と同じであり、最低到達温度は0.5 Kである。低温での測温はGeで較正された $\text{RuO}_2$ を使用している。磁場中での測温は4.2 K, 1.3 K, 0.5 Kでの $\text{RuO}_2$ の磁気抵抗を測定し、その間の温度は3点から求めている。以下、私達の研究室のすべての測温は、 $\text{RuO}_2$ を温度計として使用している。

初期の頃はホルダーをかえて磁気抵抗やdHvA効果の測定にも使用した。ただし、試料空間はSUSで出来ているため、 $^3\text{He}$ 温度で変調磁場を加えると、液体 $^3\text{He}$ の熱容量が小さいために約15分で蒸発してしまう。引き抜き磁化装置の長所の一つは、試料ホルダーだけを4.2 Kで容易に換えることが出来ることである。

### $^3\text{He}$ でのdHvA効果と磁気抵抗

研究室で最も使用頻度の高いdHvA効果と磁気抵抗測定の装置を図3に示す。このクライオスタットが15 T(4.2 K)/17 T(2.2 K)の超伝導マグネットに組み込まれている。dHvA効果測定においては、補償された検出コイルがウォームギア方式の回転装置の中に組み込まれている。この場合のコイルは0.04 mmの銅線を内側と外側で逆向きに巻くことで補償している。検出コイルの試料空間のスペースは直径2 mm、長さ約4 mmである。試料はコイルと一緒に外側から回転される。超伝導マグネットによる定常磁場に50~150 Oeの変調磁場(50~400 Hz)を加えることにより、振動磁化の2階微分を計測する。渦電流を防ぐため試料空間はG10と呼ばれるガラスエポキシで構成される。ガラスエポキシと真鍮などの金属とはスタイキャスト(2850GT)で接合される。1 Kポットの空間は約0.7リットルであり、ニードルバルブを通して液体ヘリウムを導入する。通常の実験では一度1.2 Kにすると1日以上保持される。1 Kポットの底部から銅パイプが伸びていて、 $^3\text{He}$ 空間と熱接触することにより $^3\text{He}$ ガスは液化される。ワンショットタイプであり、0.4 Kの低温で1日以上の実験が可能である。磁気抵抗もまったくホルダーを換えるだけで同じであり、トップローディング方式である。

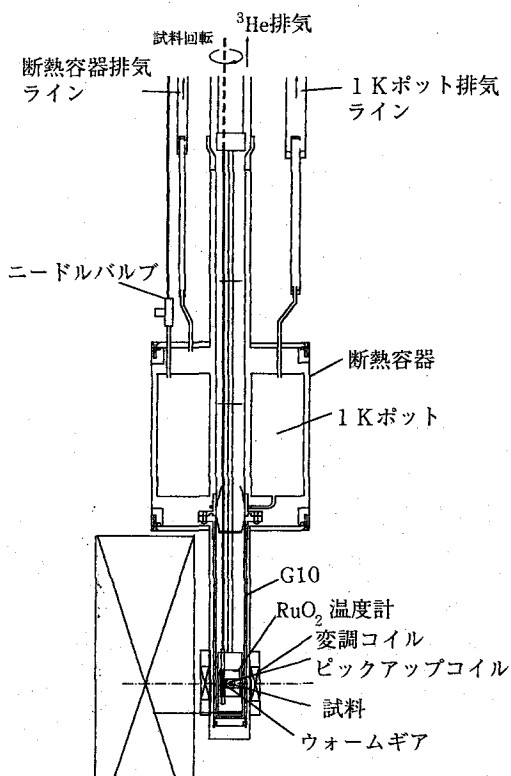


図4は $\text{PrCu}_2$ のドハース・ファンアルフェン振 図3 dHvA効果測定システム (0.4 K~4.2 K)。

動である[1]。最近発見した新しいタイプのメタ磁性であり、通常の反強磁性体と違って、65 kOe以上のメタ磁性以後のdHvA振動振幅が著しく減衰する。四重極モーメントに絡んだ現象である。

### 希釈冷凍機での低温比熱

通常の断熱方式での比熱測定である。図5に示すごとく、チューブインチューブの熱交換器を1つ用いた簡便な装置である。無負荷での最低到達温度は90 mKであり、通常0.2 Kから2.3 Kまでの比熱が計測される。図6は $\text{UPt}_3$ の低温比熱である。0.58 Kと0.53 Kでの比熱の飛びは、2つの超伝導遷移温度を示す。この超伝導体は、BCSの超伝導理論が当てはまらず、A、B、Cの3つの異なる相を持つ異方的超伝導体である。

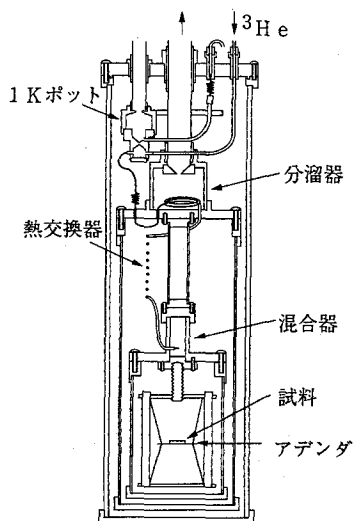


図5 比熱測定システム (0.1 K~3 K)。

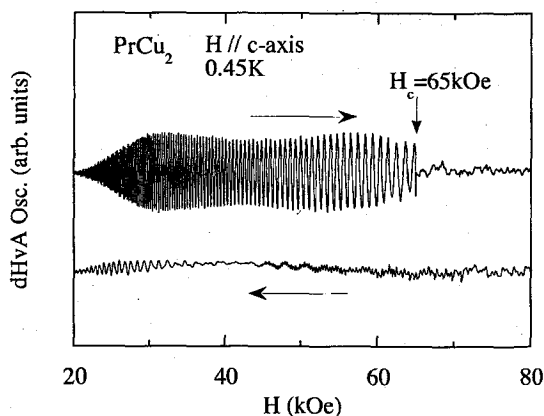


図4  $\text{PrCu}_2$ のdHvA振動とメタ磁性。

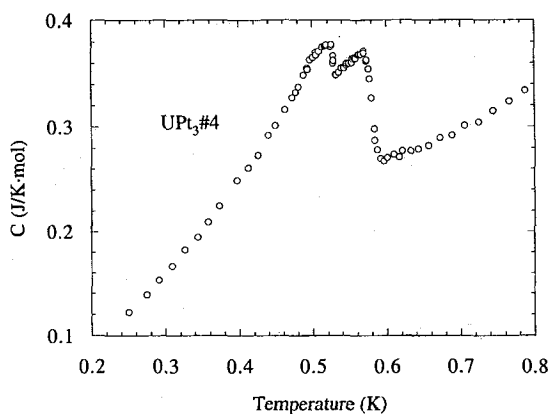


図6  $\text{UPt}_3$ の比熱曲線。

### 希釈冷凍機でのドハース・ファンアルフェン効果

上述の比熱測定の希釈冷凍機は、試料を換えるときにはクライオスタットを取り出し、装置を分解する必要がある。これまで述べてきたトップローディング方式はその点極めて簡便である。ただし、室温からの熱流入が直接あるため、いろいろな工夫を必要とする。図7は我が国で初めて製作したdHvA効果用のトップローディング方式の希釈冷凍機である[2]。試料の回転・検出システムは上述の $^3\text{He}$ とまったく同じである。チューブインチューブと銀微粒子の2つの熱交換器を使用している。冷却能力は $400 \mu\text{W}$  (100 mK)である。本装置の詳細は文献2に報告したので、ここでは省略する。40 mKの低温でdHvAの実験が連続運転できる。

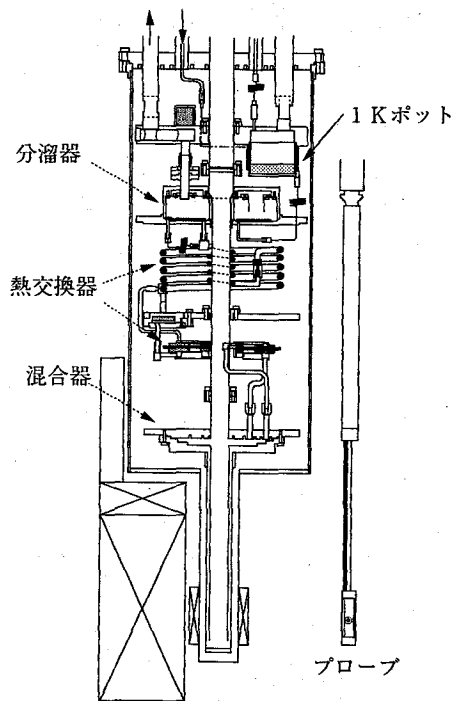


図7 dHvA効果測定システム (40 mK $\sim$ 0.5 K)。

#### 参考文献

- [1] R. Settai, M. Abliz, P. Ahmet, K. Motoki, N. Kimura, H. Ikezawa, T. Ebihara, H. Sugawara, K. Sugiyama and Y. Onuki; J. Phys. Soc. Jpn., **64** (1995).
- [2] 佐藤一彦, 大貫惇睦; 固体物理, Vol. 29, (1994) 615.