

熱伝導率で見た $\text{PrOs}_4\text{Sb}_{12}$ の超伝導ギャップ構造

東京大学物性研究所 井澤公一、仲島康行、松田祐司

東京都立大学 大船舟司、菅原仁、佐藤英行

充填スクッテルダイト化合物 $\text{PrOs}_4\text{Sb}_{12}$ は、 $T_c=1.85$ K の重い電子系超伝導体である。比熱、磁化率、中性子非弾性散乱の結果からその結晶場基底状態は電気四重極子モーメントの自由度のみをもつ非クラマス二重項 Γ_3 であると報告されている。このことは重い電子の形成および超伝導クーパー対形成に従来の磁氣的なものではなく電気四重極子の自由度が重要な役割を果たしていることを示唆している。このような超伝導状態およびその発現機構を理解するには、クーパー対に働く引力相互作用と密接に関係している超伝導ギャップ構造を知る必要がある。これまで超伝導ギャップ構造に関しては、比熱、NMR 縦緩和率の温度依存性が調べられている。しかし、これらの温度依存性に結晶場分裂に由来するショットキー異常、核比熱等の非単調な振る舞いがみられるため超伝導準粒子に由来する温度依存性の議論は困難であった。そこで我々は結晶軸に対し磁場の方向を変化させたときの熱伝導率の角度依存性を測定し、超伝導ギャップ構造を調べた。

まず上部臨界磁場 H_{c2} 以上では熱伝導率は角度に依存しないことがわかった。これは、フェルミ速度の異方性など結晶の対称性に由来するものが熱伝導率の角度依存性に影響を与えないことを示している。そこから回転させる磁場の大きさを下げてゆくと H_{c2} 以下で角度依存性に 4 回対称性が急激に現れる。この角度依存性は H_{c2}

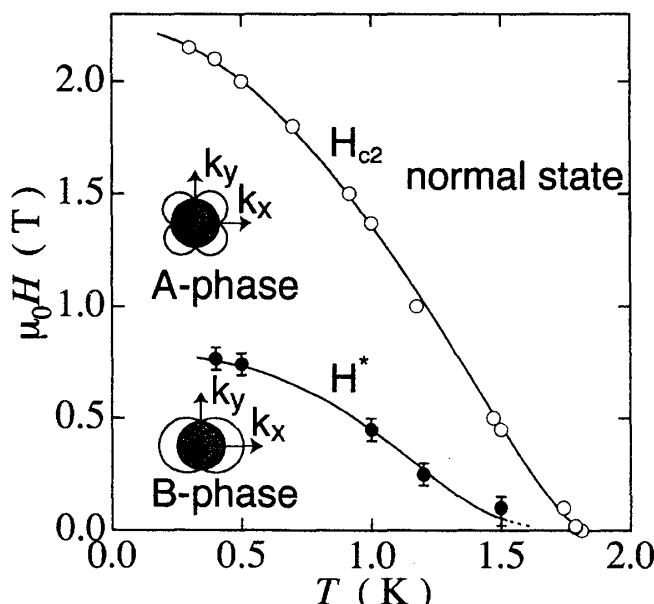


図 1

の面内異方性では説明困難であり、超伝導ギャップ構造に 4 回対称性があることの強い証拠を与える。さらに磁場を下げてゆくと $H/H_{c2} \sim 0.4$ で 4 回対称性は急激に抑制されると同時に 2 回対称性が現れることがわかった。この 2 回対称性は結晶の対称性などのギャップ構造以外の寄与に由来するとは考えにくく、超伝導ギャップ構造に 2 回対称性があるということを示している。熱伝導率が極小値を示す方向から 4 回対称性をもつ高磁場相では $[100]$, $[010]$ 方向にノ

ード、2 回対称性をもつ低磁場相では[010]方向にノードが存在することがわかった。つまりこれらの結果は図 1 に示すように $\text{PrOs}_4\text{Sb}_{12}$ に少なくとも 2 種類の超伝導相が存在することを示している。さらに磁場と熱流（[001]方向）とのなす角 θ を 90 度から減少させ円錐状に回転させたときの角度依存性の振幅が $\theta=90$ 度の場合よりも減少することが明らかとなった。これは、高磁場相、低磁場相ともにノードの種類がラインノードではなくポイントノードであることを示唆している。