

CeCoIn₅ の磁束状態の磁気形状因子の異常

Anomalous magnetic form factor in the vortex state on CeCoIn₅

古川 はづき¹⁾ 長友 理恵子¹⁾ 日向野 悠¹⁾ 岡崎 竜二²⁾ 山下 穰²⁾
能田 洋平³⁾ 山口 大輔³⁾ 小泉 智³⁾ 目時 直人³⁾ 河村 聖子³⁾
宍戸 寛明²⁾ 芝内 孝禎²⁾ 松田 祐司²⁾

Hazuki FURUKAWA Rieko NAGATOMO Haruka HIGANO Ryuji OKAZAKI Minoru YAMASHITA
Youhei NOUDA Daisuke YAMAGUCHI Satoshi KOIZUMI Naoto METOKI Seiko KAWAMURA
Hiroaki SHISHIDO Takasada SHIBAUCHI Yuji MATSUDA

¹⁾お茶の水女子大学 ²⁾京都大学 ³⁾原子力機構

CeCoIn₅の異常電子状態の原因特定のため、関連物質であるCeIrIn₅ ($T_c=0.4\text{K}$) に対する中性子小角散乱実験を実行した。希釈冷凍機は27mKまで冷えたが、CeIrIn₅の磁束格子からのブラッグ散乱は観測されなかった。
キーワード : CeCoIn₅, CeIrIn₅, 磁気形状因子, 磁束状態, 中性子小角散乱

1. 目的

f電子系新奇超伝導体のひとつであるCeCoIn₅は、FFLO相の存在や異常準粒子の振る舞いが指摘されたことからf電子系新奇超伝導体の中でも特に注目されている系である。超伝導転移温度は2.3Kであり、他のCe系超伝導(例えば CeIn₃の0.3K)に比べ非常に高い。また、この系自身は磁気的な長距離秩序を示さないが、近傍に反強磁性秩序相に伴う量子臨界点を持つことから、この系の超伝導発現機構に対する磁気揺らぎの寄与が期待されている。我々はこれまでに、ドイツベルリンのハーンマイトナー(現ヘルムホルツセンターベルリン:HZB)研究所の中性子小角散乱装置V4を用いてCeCoIn₅の磁束研究を行い、通常磁場の印加に伴い急激に減少する磁気形状因子が、ほとんど磁場依存性を示さない事を発見した[1]。この結果は、CeCoIn₅系の磁束内部のきわめて異常な準粒子の状態を示唆している。本研究では、このCeCoIn₅における磁束コア中の異常な電子状態の起源を明らかにするため、関連物質であるCeIrIn₅について磁気形状因子の磁場依存性を調べる事を目的とした。

2. 方法

1000G~2000Gの磁場を系のc軸に平行にかけCeIrIn₅ ($T_c=0.4\text{K}$) を100mK以下まで冷却し、磁束格子による磁気ブラッグ散乱を観測、その後、散乱強度について磁場依存性を調べる。試料の冷却については、我々が2008年度末までに原子力機構施設に導入した希釈冷凍機を用いる。

3. 研究成果

希釈冷凍機温度(~30mK)まで冷えたErNi₂B₂C試料を用いて、実験用冷凍機附属のマグネットにより作られた磁場と入射中性子の平行度を合わせ、また、スリット、レンズ、PSD、 ω 、磁場の諸条件を変えながら磁束観測の条件を最適化した。なお、使用予定であったSANS-Jのメインの検出器(64cm×64cm)が直前に故障し本実験では小型ではあるが感度の良いフォトマル検出器(15cm×15cm)を用いた。このため、この検出器の特性の把握にかなりの時間を要した。そして、諸条件設定の把握が終了した後に、試料をCeIrIn₅に変更して磁気ブラッグ散乱の検出に挑戦したが、結局、シグナルを観測する事はできなかった。

4. 結論・考察

本実験では、CeIrIn₅の磁束観測に挑戦したが、その際、HZB研究所の小角散乱装置V4でシグナル観測実績があるCeCoIn₅との磁場侵入長さの違いや吸収係数の違い、用いた試料の質量や原子炉出力の違い等を考慮し周期的磁束格子が存在すれば十分に観測にかかる条件下で実験を行った。従って、今回、CeIrIn₅で磁束観測ができなかったという実験事実は、第一に①CeIrIn₅で周期的な磁束格子が形成されない可能性を示唆すると考えられる。しかし、今回、ErNi₂B₂C試料により初期の条件設定を行った際にも、これまでの経験よりシグナル／ノイズ比が低い事が検知されており、冷凍機のシュラウドが小角領域に集まるバックグラウンド低減に対し最適化されていない事も一因かと考えられる。また、今回メイン検出器故障に伴いサブ検出器を臨時使用したことに関しても何らかの考慮が必要と考えられるため、結局、今回の実験の結果からだけではCeIrIn₅の磁束が乱れているとの結論ができない状況となってしまった。次回は、SANS-Jのメインの検出器が復活した時点において再度CeIrIn₅の磁束観測に挑戦したいと考えている。

なお、原子力機構施設に導入済みであった希釈冷凍機の動作テストでは、原研の5T超電導マグネット冷凍機のVTI空間に挿入した状態で、繰り返しの昇温運転においても毎回最低温27mKに到達し、冷凍機システムの健全性を確認することができた。

5. 引用(参照)文献等

[1] “Anomalous flux line lattice in CeCoIn₅” ,

S. Ohira-Kawamura, H. Shishido, H. Kawano-Furukawa, B. Lake, A. Wiedenmann, K. Kiefer, T. Shibauchi and Y. Matsuda, J. Phys. Soc. Jpn., 77, 2008, 023702-1~023702-4