

1 磁気トルク測定によるURu₂Si₂の隠れた秩序に関する研究

URu₂Si₂は秩序変数が約30年にわたって明らかにされていない2次相転移を示すことで知られている。最近提唱されている電子系の回転対称性の破れを伴う秩序「ネマティック秩序」の可能性を検証するために、磁気トルク測定を装置の立ち上げから行った。測定の結果、転移温度付近より低温で回転対称性の破れを示唆するトルク信号が観測されたが、それが本当に転移温度以下においてのみ生じているのが決定するにはより高い測定精度が必要である。

2 パルス強磁場および一軸圧を用いたURu₂Si₂の弾性応答

昨年度に引き続き、カリフォルニア大からドレスデン強磁場研究所に移送した単結晶試料を用いて58 T超のパルス磁場下で超音波測定を行った。また、フランス原子力研究所の青木大氏からも単結晶試料の提供を受け、本年度は新たに Γ_1 , Γ_4 対称性の弾性応答に対応する弾性定数 C_{33} , CL_{110} , C_{66} の測定および試料依存性の確認を行った。これで全ての超音波モードのパルス磁場実験を完遂した事になり、本系の強い混成効果が引き起こす Γ_3 対称性の格子不安定性の存在を浮き彫りにする結果となった。一方、北海道大学に於いて、高荷重バネを用いた汎用物性測定用一軸圧力セルを開発した。圧電素子を用いて室温でのバネ定数の校正を行い、これまでのところ、0.16 GPaまでの[100]軸方向一軸圧力下におけるURu₂Si₂単結晶の弾性定数 C_{11} の測定に成功している。

3 (Th,U)Be₁₃の単サイト電子相関

2013年に行き続きTh_{1-x}U_xBe₁₃ ($x = 0, 0.01, 0.07, 0.11$) の単結晶の低温基礎物性（磁化、比熱、電気抵抗）を測定した。本年は合成した単結晶の試料依存性をより注意深く評価し、いずれの結晶においてもU濃度が仕込み値から大幅に変化していないことを確かめた。

4 磁性希釈極限系Th_{0.93}U_{0.07}Be₁₃の磁気抵抗測定

Th_{1-x}U_xBe₁₃ ($x < 0.11$)に見られるフェルミ流体的挙動の磁場による影響を確認することは重要である。9 Tまでの磁気抵抗実験の結果、低温では磁場に比例して電気抵抗が増加する振る舞いを見せた。この挙動は低温であるほど顕著であり、約70 K以上においてほぼ消失した。この結果は結晶場一重項基底と磁氣的励起状態の存在を示唆するが不明な部分も多く、更なる研究が必要である。フェルミ液体的挙動はほとんど変化しなかった。

5 磁性希釈極限系Th_{0.93}U_{0.07}Be₁₃の圧力効果

磁性希釈極限系 $\text{Th}_{1-x}\text{U}_x\text{Be}_{13}$ ($x < 0.11$)は、 UBe_{13} とは異なり低温でフェルミ液体的振る舞いを示す。圧力効果がこのフェルミ流体的挙動にどのような影響を与えるかは、非フェルミ流体を筆頭とする UBe_{13} における様々なエキゾチックな現象を解明する手掛かりとなる可能性がある。そこで、U7%の多結晶試料における高圧下電気抵抗測定を行った。これまでのところ、少なくとも2GPaまでは非フェルミ液体異常は観測されず、近藤効果が安定化する傾向が見られている。

6 磁性希釈極限系(U,Th)Be₁₃の単結晶育成と極低温に於ける弾性応答

カリフォルニア大に於いて UBe_{13} とその非磁性イオン (Th) による希釈系 $\text{U}_x\text{Th}_{1-x}\text{Be}_{13}$ ($x = 0, 0.027$)の単結晶育成・軸出し・研磨・熱処理を行った。ドレスデン強磁場研究所に単結晶試料を移送し、希釈冷凍機を用いて極低温における弾性定数 C_{11} を詳細に測定した。本系が示す非従来型超伝導転移では比熱・熱膨張係数などに多段のピークが観測され、その起源が問題となっているが、本研究も超伝導相内において音速・超音波吸収係数に複数の異常が観測された。

7 UNi₄Bのトロイダル磁気秩序状態における電流磁気効果の検証

局所的な電場と磁気モーメントの外積で表せられる「トロイダルモーメント」の金属物性に対する寄与が最近、理論的に提案された。それを検証すべく、 $T_N = 20.4$ K以下で渦状の磁気構造をとり、トロイダルモーメントの周期配列が期待される UNi_4B に対して電流下磁化測定を行った。その結果、磁気モーメントの渦に平行な電流により、渦の面内、印加電流に垂直な方向に磁化が誘起されていることを強く示唆する結果を得た。これは理論と矛盾しない結果であり、理論が本質的に正しいことを示しているものの、今後も異なる条件での測定による検証が必要である。

8 UAu₂Si₂の低温物性

強磁性秩序を示す重い電子系化合物であるといわれている UAu_2Si_2 の多結晶試料を作成し、磁化・比熱・電気抵抗率の測定を行った。その結果、磁気秩序が従来言われていた強磁性ではなく反強磁性的になっていることが示唆された。磁気構造を明らかにすべく低温物理学研究室のNMR測定装置を用いて ^{29}Si -NMR測定を行い、磁気構造の有力な候補としてコニカル磁気秩序の可能性を指摘した。

9 充填スクッテルダイト化合物SmOs₄Sb₁₂の強磁場および静水圧下超音波測定

横波弾性定数 C_{44} のパルス磁場下超音波測定に初めて成功し、四極子感受率による解析から本系の結晶場基底状態が Γ_{67} 四重項である強い証拠を得た。加えて、静水圧力下超音波測定に挑戦し、現状では圧力 $P \leq 1.2$ GPa (測定周波数 $f \leq 250$ MHz)の超音波測定に成功している。本系は籠状原子構造に内包されるイオンの熱活性振動(「ラットリング」と呼ばれる)に対応する弾性異常が観測されるが、圧力の増加に伴いその特性温度が著しく減少する振る舞いを明らかにした。また、常圧下2.5 Kで示す低温磁気秩序相は圧力の増加に伴い転移温度が増大することがこれまでに報告されていたが、本研究によって転移前後での弾性定数の減少(ソフト化)の変化量が圧力下で著しく増大することを新たに突き止めた。

10 充填スクッテルダイトPrOs₄Sb₁₂の極低温弾性定数C₄₄測定

ドレスデン強磁場研究所において、希釈冷凍機を用いて充填スクッテルダイトPrOs₄Sb₁₂の弾性定数C₄₄測定を20 mKまで行なった。 昨年の極低温弾性定数C₁₁測定では、重い電子超伝導転移点(T_c ~ 1.85 K)以下のT < 500 mKの極低温領域でソフト化を発見している。 本研究では対称性の異なるモードであるC₄₄の温度変化を測定し、C₄₄はソフト化を示さないことが明らかになった。 4f電子を持たない同系物質LaOs₄Sb₁₂ではC₁₁にのみゲストイオンの局所電荷揺らぎによる低温ソフト化が見られるため、本系のソフト化も同様の起源である可能性がある。

11 RBe₁₃ (R = 希土類) の単結晶育成と基礎物性

NaZn₁₃型立方晶化合物RBe₁₃は、Rイオンが24個のBeによって作られるカゴに囲まれる構造を有する。 本系の物性に関する系統的な理解を目的とし、Al-Flux法による単結晶育成 (R = La, Pr, Nd, Sm) とX線構造解析、およびそれらの比熱・磁化・電気抵抗などの基礎物性測定を行った。 その結果、軽希土類系においても本系の共通の性質として、低温でヘリカル磁気秩序が起きているであろうことや低エネルギーのアイنشユタインフォノンが存在することなどが明らかになった。 また、比熱と磁化の結果を用い、4f電子の結晶場効果について解析を行った。

12 籠状化合物SmBe₁₃の磁場中弾性定数測定

ドレスデン強磁場研究所において、UBe₁₃の同系物質SmBe₁₃の弾性定数C₁₁,C₄₄の超音波測定を17.5 Tまでの静磁場と60 Tまでのパルス磁場中で行なった。 本系はゼロ磁場でT_N = 8.3 Kで磁気相転移を示す。 本研究では高磁場領域までの相図の検証を行なった。 静磁場中での弾性定数測定により、17.5 Tまでの磁場印加で転移温度が6.2 Kまで減少することが明らかになった。 また、パルス強磁場を用いた弾性定数C₁₁の磁場変化測定では、磁気秩序相から常磁性相への転移に対応すると考えられる弾性異常が1.5 Kで40 Tあたり、4.2 Kで30 Tあたりに観測された。

13 強磁性体CeAgにおける温度 – 圧力相図

特に2 GPa以上におけるCeAgの強磁性転移の圧力依存性、および圧力誘起未知構造相に関する情報を得るため、アニールした多結晶試料を用いた4.5 GPaまでの高圧下電気抵抗測定を行った。 本測定により、高圧域におけるより詳細な温度 – 圧力相図が作成された。 その結果、未知構造相内低温において明確な転移が観測され、その臨界圧力が6 GPa近傍に存在すると見積もられた。 また、正方晶から未知相への転移は3.2 GPa, 200 K近傍に臨界終点を持つ可能性が示された。

14 非磁性基底状態を持つ籠状化合物PrNi₂Cd₂₀の研究

近年、カリフォルニア大Maple研究室で発見された新物質であるPrNi₂Cd₂₀は、基礎物性測定から、Γ₁もしくはΓ₃の非磁性結晶場基底状態を持つ事が予想されている。 その議論に決着をつけるため、ドレスデン強磁場研究所で、希釈冷凍機を用いてΓ₃対称性歪み場に対応

する横波モード($C_{111}-C_{12}$)/2を測定し, 2 K以下0.1 Kまで続くソフト化を発見した. これは本系の結晶場基底状態が Γ_3 クラマース2重項を持つ事を強く示唆する. 加えて, 強磁場領域で音響dHvA振動を観測した.