

1 放射光を用いた高分解能 X 線回折実験による URu₂Si₂の隠れた秩序に関する研究

URu₂Si₂ は17.5 K で秩序変数が不明な秩序相, “隠れた秩序相”へと相転移を起こす物質として, 25年以上の長きにわたって精力的に研究されている. 特に近年, 角度回転トルク実験などから電子ネマティック秩序に起因した4回対称性の低下の可能性が指摘されている. それに付随して現れると考えられる結晶格子対称性の低下(正方晶から斜方晶への低対称化)の有無を調べるため, 背面反射配置と高分解能分光器を組み合わせた X 線回折実験を行なった. 実験は大規模放射光施設 SPring-8 の日本原子力研究開発機構のビームライン BL22XU で行なった. 実験の結果, 相転移に伴う斜方晶歪みは 10⁻⁵ の精度内で起こっていないことが確かめられた.

2 (U, Th)Be₁₃の単サイト電子相関の研究

Th_{1-x}U_xBe₁₃ (x = 0, 0.01, 0.07, 0.11)の単結晶を作成し, 低温基礎物性(磁化, 比熱, 電気抵抗)を測定した. 実験の結果, 従来の1不純物近藤効果だけでは説明できない低温異常が起こっていることを見出した. Uイオンが5f²の電子配置を取り, 非磁性の結晶場基底状態と局所的量子ゆらぎの拮抗が起こっていると考えられ, 現在, 理論研究者と議論を進めている.

3 URu₂Si₂の強磁場弾性応答

2013年8月26-30日と12月17-21日の二度に分けてドイツ・ドレスデン強磁場センターに於いて最大磁場61.8 T (パルス幅 ~120 ms) のロングパルス磁場を用いたURu₂Si₂の超音波測定をS. Zherlitsyn博士と協力して行った. 弾性定数C₄₄, CL₁₁₀を1.5 Kから120 Kの広い温度範囲で測定を行った. その結果, URu₂Si₂の「隠れた秩序」が崩壊し, 伝導電子とf電子の混成効果が抑制される強磁場領域 (H > 40 T) におけるΓ₅対称性の弾性応答に関する情報を得た. 特に低温領域で弾性定数C₄₄が磁場印加に伴い減少する振る舞いが観測され, 結晶場の情報を含んでいるものと考えられる.

4 充填スクッテルダイトPrOs₄Sb₁₂・EuOs₄Sb₁₂の弾性応答

2013年2月22日~3月1日にかけて新潟大学後藤・根本研究室に於いて, 希釈冷凍機を用いたPrOs₄Sb₁₂の極低温・強磁場下弾性定数測定を行った. その結果本系が示す重い電子系超伝導(T_c ~ 1.85 K)転移点以下のT < 500 mKの極低温領域で, 弾性定数C₁₁に1/Tに比例するソフト化を観測した. このソフト化は磁場依存するため, 局在4f電子モデルの結晶場効果やオフセンタートンネリングなどの従来の理論では説明できず, 超微細相互作用を通じたPr核の核スピンと格子の結合等, エキゾチックな量子基底状態が低温で形成されていることを示唆する. 一方, 神戸大学教授の菅原仁氏から提供されたEuOs₄Sb₁₂単結晶の弾性定数測定を行い, 類似物質のROs₄Sb₁₂ (R = La, Pr, Nd, Sm)が示すラットリングに伴う超音波分散を示すかどうか検証した. 結果, 少なくとも零磁場下に於いて本物質は超音波分散を示さないことが解った.

5 カゴ状の結晶構造を持つ化合物 $U_3Pd_2OSi_6$ の

弾性応答

低次元研究室に設置されている 19 T超伝導磁石とヘリウム4冷凍機にマウントできる同軸線内蔵トップローディングプローブを作成し、 $T > 1.5$ K, $H < 17$ Tまでの領域でこれまでとは異なる位相直交法(constant-f)による超音波測定を行い、弾性定数と超音波吸収係数に現れた異常を基に、昨年作成した本物質の磁場-温度相図を高磁場領域まで拡張した。 Γ_5 対称性の弾性応答をとらえる横波弾性定数 C_{44} と、全対称性(Γ_1)の応答を含む縦波弾性定数 CL_{110} の測定を比較した結果、本物質が $T_N = 19$ K以下で示す磁気秩序相内において、高磁場領域では Γ_5 対称性の歪み場と結合する磁気弾性結合による弾性異常が観測され、中性子回折実験によって低温領域でのみ観測されていたスピントロップ領域が T_N 直下の中間磁場・温度領域まで続いていることを示唆する結果が得られた。また、低磁場領域外では磁気ドメインが形成され、それに伴いドメインでの超音波散乱がおこるため、位相比較法(constant-k)によって過去に見積もられていた T_N 直下の弾性定数の変化量が、過剰に大きく見積もられていたことを指摘した。

6 CeAgにおける強磁性秩序の圧力効果及び圧

力誘起構造相転移に関する研究

CeAg は常圧においてCsCl 型の体心立方晶構造をとり、17.5 Kで強四極子秩序に伴う正方晶への構造相転移、5.5 Kで強磁性転移を起こす。この物質における強磁性転移の圧力変化を再検証すること、及び2 GPa以上の高圧下で誘起される未知の構造相転移に関する情報を得るため、インデンターセルを用いた高圧下電気抵抗測定およびシリコニアアンビルセルを用いた高圧下磁化測定を行った。試料はプラズマジェット炉で作成した多結晶を用い、最高発生圧力は共に4.1 GPa程度である。本測定により、約3 GPa以上の未知の構造相内では2つの相転移らしき異常が新たに観測され、そのうちの低温側の異常は強磁性転移であることを示唆する結果が得られた。また、それら高圧相における転移の量子臨界点は5 GPa以上にあると見積もられた。

7 カゴ状構造化合物 RBe_{13} の単結晶育成と物性

測定

RBe_{13} ($R =$ 希土類) は $NaZn_{13}$ 型立方晶($Fm-3c$, Oh)の結晶構造を持ち、 R イオンが24個のBeによって作られるカゴに囲まれている。このカゴ状構造に起因した新奇物性探索を目的とし、我々は本系の系統的な物性研究を行っている。これまでにAl-Flux法による $LaBe_{13}$, $PrBe_{13}$, $SmBe_{13}$ の単結晶試料育成に成功し、それらの比熱・磁化・電気抵抗率などの基礎物性測定を行った。その結果、カゴ状構造に起因すると考えられる低エネルギーアインシュタインフォノンの存在やPrやSm化合物における結晶場効果などを明らかにした。また、 $SmBe_{13}$ においては約8.3 K付近で磁気ヘリカル秩序が起きている可能性を指摘した。この転移に関してはJ-PARCにおけるミュオンスピン緩和緩和実験によっても検証を行い、少なくとも転移温度以下で1000 G以上の内部磁場が発生していることを明らかにした。

8 MnSi薄膜の圧力効果

バルク試料のMnSiは $T_C = 29$ Kでヘリカル秩序を起こす。さらに近年では磁場中のヘリカル秩序相内で誘起されるスカーミオンが関与しているといわれているトポロジカル秩序相が注目の的となっている。また、このヘリカル秩序が消失する高圧下約1.5 GPa以上では

非フェルミ液体的(NFL)異常が観測されており、スカーミオンとの関連も指摘されている。一方で、MnSiをSi基板上に成長させた薄膜試料では、常圧においてTCは43 Kに上昇しトポロジカル秩序相も拡大していることが知られていた。今回我々はMnSi薄膜の圧力効果を初めて研究し、圧力温度相図の作成を行った。薄膜においては臨界圧力は約3.2 GPaまで増大し、かつNFL体異常が見える領域も拡大していることが明らかになった。このNFL領域の拡大は薄膜化によるトポロジカル相の拡大と密接に関係していると考えられる。本研究はドイツのBrawnschweig工科大のJ. Engelke, D. Menzelとの共同研究であり、薄膜試料は彼らが作成したものである。