

プロジェクト名： 新規物質 $RNiC_2$ (R：希土類金属) における対称性が破れた全く新しい超伝導と磁性及び電荷秩序の競合

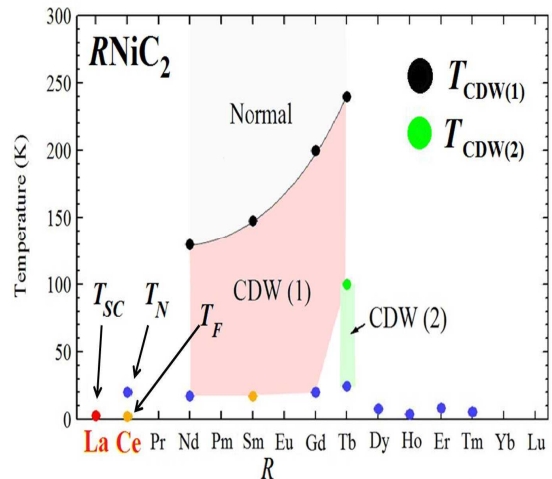
プロジェクト代表者： 片野 進 (理工学研究科・教授)

1 研究目的

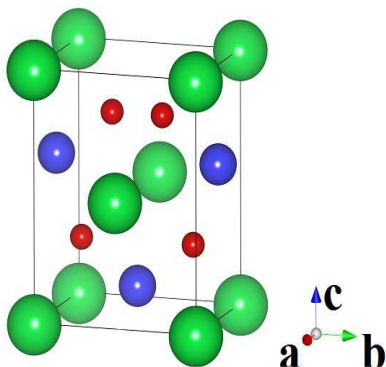
希土類金属炭化物に対する研究は近年進展が著しく、複雑な磁性を初めとして四極子秩序状態など、新規な電子状態の形成が明らかにされてきた。本研究の $RNiC_2$ 系においても低温で多彩かつ複雑な磁気秩序状態が現われることが明らかにされている。 $R=Nd, Gd, Tb, Dy, Er, Tm$ などの系では 10 K 程度の低温において複雑な反強磁性秩序相、Sm の系では強磁性秩序相が出現する。

最近、 $R=Nd, Sm, Gd, Tb$ の系において、100~200 K 以下の温度領域での詳細な X 線回折実験によって、伝導電子が粗密な空間分布を示す特殊な電荷密度波 (CDW) 状態が形成されることが明らかになった。低温でこれら磁気秩序と CDW は強く競合する。右図に希土類金属を変化させた場合の物性の多彩な変化を示した。

このような $RNiC_2$ 化合物の結晶構造には他の物質系と異なる特徴がある。下図にその構造を示したが、希土類金属 R が存在する面と Ni と C が位置する面は二次元的な層状構造を成しており、これら元素の配列は c 軸方向に反転対称性を欠くという非常に稀なものである。希土類金属 R が La の系においては、3 K の極低温で超伝導が出現するが、我々はこの系が、対称性の破れた異方的な系における超伝導というこれまでにない新しいタイプの基底状態を示すことを明らかにした。



$RNiC_2$ 系の物性



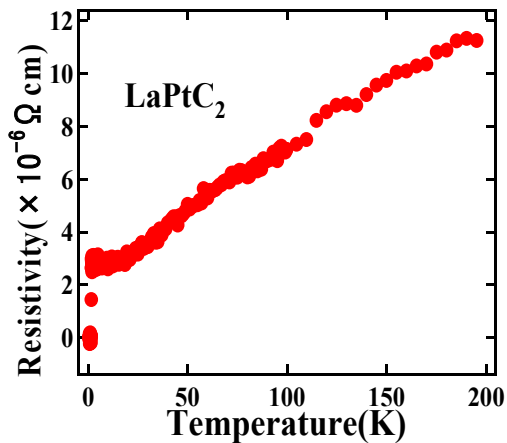
$RNiC_2$ 系の結晶構造

この特異な系に対して新たな超伝導体の探索と超伝導と磁性並びに CDW の相関を明らかにし、電子状態の理解を深めると共に、さらに新規な機能を有する物質開発の基礎とする。

2 研究結果と考察

(1) 新たな超伝導体の探索では Ni を Pd 並びに Pt で置換した系について調べた。これらについてはこれまで全く研究がない。試料作製を試みた結果、Pd では全く溶け合わず分離した試料しか得られなかったが、Pt では溶解試料が得られた。しかしながらこの試料の X 線回折は、得られたものが単相でないことを示した。さらに熱処理すると別の構造の物質に変化した。

従って、熱処理前の試料を使って基礎物性の測定を行い、その評価を行なった。電子線回折、透過型顕微鏡などによる実験の結果、主要な相は期待される $LaPtC_2$ であることがほぼ明らかとなった。電気



LaPtC₂の電気抵抗

までの結果の精密化を行っていく。この物質の超伝導特性は Ni 系よりも異常性が著しい。この研究に

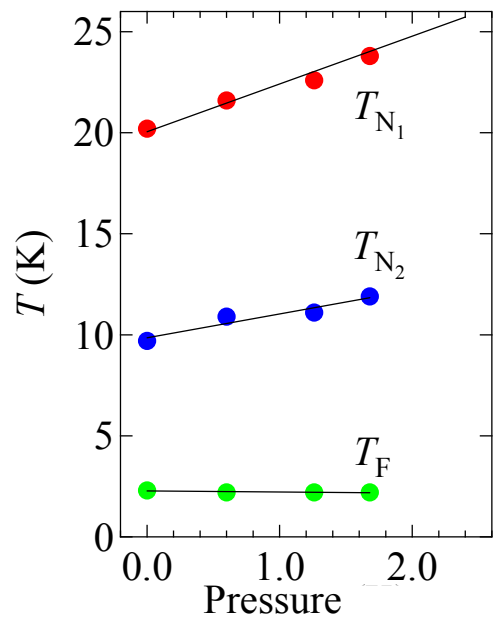
抵抗の結果を左図に示したが、超伝導を発現し、その転移温度は La の系が 2.8 K であったのに対して 1.6 K であった。超伝導特性は磁化測定や比熱でも調べ、試料の超伝導転移が結晶全体にわたる質の良いものであることが明らかとなった。これらの結果は、LaPtC₂ が新しい超伝導体であること、転移温度が低く、これまで一般的な BCS 理論とは異なる機構で超伝導が形成されている新奇な物質であることを示唆している。

今後は、この試料の単相化を重点的に行い、これによって空間反転対称性を欠く特異な系が示す超伝導とその形成機構をより明確にすることが可能である。

(2) 複雑な磁性の形成と超伝導や CDW との関連を調べる目的で CeNiC₂ の反強磁性並びに強磁性の磁場下と高圧下での電気抵抗と磁化を測定した。9 T までの磁場下で反強磁性転移温度は約 0.5 K 減少し、強磁性転移温度は約 0.2 K 上昇した。共に通常よりも変化は小さく、磁性は磁場によって大きな影響を受けない。

図は転移温度の圧力変化で、2~3 GPa まで反強磁性転移温度が大きく上昇した。この結果は Ce 化合物のこれまでの多くの結果と非常に異なる様相を示しており、Ce の磁気モーメントが極めて安定で、圧力によって磁気秩序がより強固になるということが明らかになった。

しかしながら、Ce の磁気モーメントは超高压力の下で不安定になることが予想されるため、より高圧下での実験を予定している。磁性が超高压で破壊されるか、さらに、この磁気不安定点近傍で超伝導が出現するのか、これまでにない新しい物性が誘起されるのかなど、新現象の発現が期待できる。



磁気転移温度の圧力効果

3 今後の研究計画

LaPtC₂ については単相試料の作製を急ぐ。これによって新規な異方的超伝導の機構解明に繋げる。関連物質の単結晶育成も同時に進める。特に CeNiC₂ については、複雑な磁気構造を有していると考えられるが、未だ単結晶の育成がなされていないため、反強磁性構造も強磁性構造も明らかになっていない。単結晶育成によってその磁気構造を中性子散乱などの微視的手段によって明らかにする。この磁性は 3 GPa 程度までの圧力で強固になってきている。さらに超高压下で磁性がどう変わるか調べ、圧力下におけるこれまでと異なる基底状態の探索と新しい物性の発見を目指して研究を進める。