

論文要旨

論文題目 「希土類-コバルト」ラーベス相化合物における異常伝導現象の研究

本研究は、ラーベス相化合物 $Y_{1-x}R_xCo_2$ ($R=Gd, Tb, Dy, Ho, Er$) の磁気配列喪失組成近傍の残留抵抗が、平均場近似で予想される抵抗の組成依存と大きく異なる異常な振る舞いをすることに注目しその原因を探求した。

立方晶ラーベス相構造を持つ化合物 RCo_2 (R =希土類) は、フェルミ面上の Co-3d 電子の状態密度(DOS)が大きく、フェルミ面直下に Co-3d 電子の鋭い大きなピークをとる電子構造を持つ。Co 電子同士の相互作用だけでは強磁性になることはなく自発磁化を持たないが、Co 電子外から磁場を補強されると強磁性になる。R が非磁性の Y および Lu の化合物は交換増強されたパウリ常磁性を示し、約 70T 以上の外部磁場を加えると強磁性へ遍歴電子メタ磁性転移を起こすことが知られている。一方、希土類原子 R が磁気モーメントを持つ化合物は R-4f 磁気モーメントの磁気整列により Co に 70T 以上の内部磁場がもたらされ、Co-3d 電子が磁化するということが知られている。この Co の内部磁場は、R の種類によって大きさが異なり分子場の計算結果と実験値が非常によく合う。R-4f スピンモーメントと Co-3d スピンモーメントは反平行になるように交換相互作用(スピン-スピン相互作用)を行う。従って、R が軽希土類では R の軌道とスピンによる磁気モーメントと Co のスピン磁気モーメントは平行になる強磁性を、R が重希土類では R と Co それぞれの磁気モーメントが反平行になるフェリ磁性を示す。この系の YCo_2 や $LuCo_2$ に圧力を加えると、フェルミ面直下にある DOS のピークは、エネルギー幅が広がりフェルミ面での DOS の大きさが小さくなる。したがって、d 電子同士の相互作用が減少し、メタ磁性転移を生じさせるためには、内部磁場を補強するより大きな外部磁場が必要になり、メタ磁性転移臨界磁場が大きくなる事が知られている。上述したようにこの化合物のフェルミエネルギー近傍の電子構造は、主に Co-3d 電子であり電気抵抗などの輸送特性はこの Co-3d の電子状態に大きく依存する。磁性元素 R を非磁性元素 Y で置換していくと、伝導電子が同じ対称性の電子配列を持つことから R-Y 置換の効果による結晶構造や DOS の変化は無いが、Co に働く内部磁場のみを変化させることになる。磁気現象は平均場近似に良く従い、Co の磁気配列は平均場が臨界磁場イカになる組成で磁気配列を失うと考えられるが、電気抵抗等の振る舞いは磁気転移点がゼロとなる組成で極大となる振る舞いを示す。この電気抵抗の振る舞いは平均場近似の考えでは説明がつかない。

この論文では、R を Y で置換してフェリ磁性転移温度(T_c)が消失する近傍の輸送特性(電気抵抗率と熱電能)を温度 2-300K、磁場 0-15T および圧力 0-8GPa を加えて濃度、磁場および圧力の効果を詳細に測定した。異常伝導現象の原因は、平均場近似でなく微視的な観点を導入してモデルをたて、そのモデルの正しさを濃度、磁場および圧力依存により確かめた。そして濃度、磁場および圧力それぞれの間の関係も実験的理論的に確かめた。

2009 年 2 月 19 日

琉球大学大学院

理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏名 矢ヶ崎 克馬

副査 氏名 二木 治雄

副査 氏名 仲間 隆男

副査 氏名 辺土 正人



学位（博士）論文審査及び最終試験終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	専攻名 海洋環境学 氏名 高江洲義尚 学籍番号
指導教員名	矢ヶ崎 克馬
成績評価	学位論文 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格 最終試験 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格
論文題目	「希土類-コバルト」ラーベス相化合物における異常伝導現象の研究
<p>審査要旨 (2000 字以内)</p> <p>最終試験として、40 分の論文発表の後 15 分の質疑応答を行い、その後審査委員会を開催した。</p> <p>審査委員会ではまず主査から当該論文について、研究の目的、研究手段、実験結果および議論について内容的な説明があった。</p> <p>当該研究はラーベス相化合物 $Y_{1-x}R_xCo_2$ ($R=Gd, Tb, Dy, Ho$ および Er) の磁性と輸送現象を、4f 局在モーメントと 3d (集団的または局在的) 電子の相互作用との関連において捉えたもの</p>	

(次頁へ続く)

審査要旨

であり、平均場近似では理解できない伝導現象を解明したものである。研究方法としては当研究室で開発した電気抵抗および熱電能測定装置を用いた輸送特性測定によるものである。得られた結果は概略以下のとおりである：

- (1) 伝導機構が基本的には $s-d$ 散乱であること、
 - (2) R が非磁性 Y で置換された化合物では Co に働く交換磁場は周囲に来る希土類 (R または Y) に依存し Co の臨界磁場以上であるか以下であるか、すなわち Co が磁化を持つか持たないかの 2 磁化状態の乱雑配置を形成すること、
 - (3) 低温での電気抵抗、熱電能は Co の磁化状態による Nordheim 則に従うこと、
 - (4) Y の濃度を変えることと磁場を加えること、高圧力を加えることは同様な結果をもたらす、
- 3 者の間に数値的な換算が成り立つ一定の関係があること、(5) 結果的に解明できたことは、磁性に適用できる平均場近似が、低温における伝導現象には適用できないこと、等を明らかにした。

上記の研究結果は、従来考えられていた「磁性体の交換磁場は平均場近似で表される」という概念に重要な修正を加えるもので、集団現象である磁性と個別の電子散乱に基づく伝導現象の物性基盤の違いを事実により裏付けたものである。

その後、審査員の質疑応答がなされ、最終試験、論文の記述、研究についての評価が議論された。結果として、最終試験は合格であり、当該研究がオリジナリティーの伴う学術的に充分価値のある論文であることが評価された。

本論文は博士（理学）の学位に充分かなうものである。