

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)	氏名	林 慶介
学位授与の要件	学位規則第4条第①・2項該当		
論 文 題 目			
Effects of Si substitution and uniaxial pressure on the unusual antiferromagnetic order in the Kondo semiconductors CeT_2Al_{10} ($T = Ru$ and Os) (近藤半導体 CeT_2Al_{10} ($T = Ru, Os$)の特異な反強磁性秩序に対する Si 置換と一軸圧力の効果)			
論文審査担当者			
主 査	准 教 授	梅 尾 和 則	
審査委員	教 授	高 畠 敏 郎	
審査委員	教 授	世 良 正 文	
審査委員	教 授	鈴 木 孝 至	
〔論文審査の要旨〕			
<p>希土類のセリウムを含む金属間化合物では、局在的な4f電子と伝導電子との近藤効果によってフェルミ準位付近に準粒子バンドが形成される。そのような系のうちで、フェルミ準位に鋭いギャップを形成するものは近藤半導体といわれる。これまでの近藤半導体は、4f電子の磁気モーメントが強い近藤効果によって著しく縮んでいるので、磁気秩序を起こさなかった。ところが、最近、直方晶構造の CeT_2Al_{10} ($T = Ru, Os$)は近藤半導体でありながら、それぞれ $T_N = 27$ Kと28.5 Kで反強磁性転移することが見出された。その特異な磁気秩序の原因として、Ceの4f電子とT原子のd電子との異方的 c-f 混成が重要であるという説の他に、b 軸方向に発達する電荷励起ギャップが磁気秩序を誘起するという説も提案されたが、決着はついていなかった。本論文の著者は、この問題の解決を目指して、まず $T = Ru$ 系の Al サイトを Si で置換した試料を作製し、その磁性と伝導の置換効果を調べた。次に、$T = Fe, Ru, Os$ 系の単結晶を育成し、各主軸方向に加圧して、結晶構造の歪と反強磁性転移との関係を調べた。</p> <p>本論文は5章から成る。第1章では、4f電子系化合物の磁性について概説し、従来型の Ce 近藤半導体の磁性と伝導、その圧力効果と置換効果、及び理論モデルを紹介したのち、近藤半導体 CeT_2Al_{10} ($T = Fe, Ru, Os$)の結晶構造、磁性、伝導、比熱、及びそれらに対する元素置換と圧力の効果に関する先行研究を概説している。それらを踏まえて、本研究の目的を述べている。</p> <p>第2章では、$CeRu_2Al_{10}$ の Al サイトを Si で置換した多結晶試料、および CeT_2Al_{10} ($T = Fe, Ru, Os$)の単結晶の作製方法を述べた後に、そのX線回折及び電子線マイクロ元素分析の手法と分析結果をまとめている。</p> <p>第3章では、前述の試料を用いた常圧下での磁化、電気抵抗、比熱、静水圧下での電気抵抗と磁化、及び一軸圧下での結晶歪、磁化、比熱の測定方法を詳細に記載している。特に、磁場の方向に対して垂直に加圧できる圧力セルの設計について詳述している。</p>			

第4章の前半では、 $\text{CeRu}_2\text{Al}_{10}$ のAlサイトをSiで置換した多結晶試料の物性測定結果を列挙し、それらをRuサイトをRhで置換した系について報告されている結果と比較した。著者はその比較から、Si置換でドーブされる3p電子数とRh置換でドーブされる4d電子数が同じ場合には、Ceの4f電子が同様に局在化し、 T_N がほぼ同じ程度低下することを指摘した。この事は、反強磁性秩序に対する3p電子と4d電子の役割が同等であることを意味するので、3p-4d混成バンドが4f電子と異方的に混成することで、高い T_N の反強磁性秩序を引き起こしていると提案した。

第4章の後半では、 $\text{CeT}_2\text{Al}_{10}$ ($T = \text{Ru, Os}$)の各主軸方向の歪み、磁化、比熱の結果を整理して考察している。 $P1a$ と $P1c$ の場合、二つの系の T_N は磁化率が山を示す温度 T_{2m} の関数として一つの山を示すことから、 T_N はc-f混成強度の関数であると解釈した。一方、 $P1b$ では T_{2m} を変えずに T_N が更に上昇することは、c-f混成以外の機構に起因すると考察した。さらに、両系の $P1b$ と静水圧下での T_N の全ての値を b 軸長に対してプロットすると一直線上に乗ることを見出し、 $\text{CeT}_2\text{Al}_{10}$ の b 軸長の収縮が T_N を上昇させていると結論した。

第5章では、第4章までの結果をまとめている。

著者は、以上の研究において、近藤半導体 $\text{CeT}_2\text{Al}_{10}$ ($T = \text{Ru, Os}$)が高い温度で反強磁性転移する機構を探るため、 $\text{CeRu}_2\text{Al}_{10-y}\text{Si}_y$ 多結晶の磁性、伝導、比熱を調べるとともに、一軸圧下で $\text{CeT}_2\text{Al}_{10}$ 単結晶の歪み、磁化、比熱を測定した。それらの解析から、特異な反強磁性秩序に対して、3p-4d電子の混成バンドと4f電子との混成が重要であることを明らかにした。さらに、 b 軸長を縮めるほど T_N が上昇するという事実を初めて見出し、その結果は b 軸方向の電子状態の不安定性が T_N を高めているというモデルを支持すると結論した。

これらの内容は固体物理学の磁性の分野において学術的価値が高く、博士論文としてふさわしい。よって、本論文の著者は博士(理学)の学位を受けるのに十分な能力と実績を有するものと認める。