

5. 5f 電子系 URu_2Si_2 の比熱・帯磁率測定による研究

網 塚 浩

§ 1 序論

URu_2Si_2 は、17.5 K ($=T_N$) で反強磁性状態に転移するとともに、1.2 K ($=T_c$) で超伝導状態へと転移し、 T_c 以下では両相が共存するやや重い電子系として注目されている。(図1~3) [1,2] この基底状態は、高温で局在していたウランウムの5f電子が、低温で伝導電子と混成することにより形成した電子相関の強いバンドによるスピン密度波と超伝導の競合状態であるとい説に解釈されているが、帯磁率のデータにみられるような50K付近の山や、強い異方性(図4) [3]、また約3.8meVのエネルギーギャップの存在といった特徴も観測されており、それらの起源ならびに基底状態との関連性について、現在のところ統一的な説明はなされていない。

我々は、この系の5f電子に対する情報を得るために、これまでに報告されている温度範囲以上の領域で、比熱、帯磁率の測定を行った。また、一般に、 UT_2Si_2 、 CeT_2Si_2 系が、T (d遷移元素) の変化で多様な物性を示すことに着目し、この系の4d電子の担う役割を調べる目的で、Ruを他の4d遷移元素で少量置換した系について同様の測定を行った。

§ 2 実験結果

URu_2Si_2 の比熱に対し、 LaRu_2Si_2 の比熱を用いてデバイ温度を換算し、格子と4d電子の寄与を差引いて5f電子の比熱に対する寄与を求めた。その結果、30K付近に幅の広い極大が観測され、基底一重項と、約85K離れた励起二重項もしくは二つの一重項という結晶場準位の存在が示唆された。(図5) 結晶中でウランウムが4価となり、 $(5f)^2$ の電子配位をとる場合、基底J多重項 3H_4 が正方対称の結晶場を受ければ、五つの一重項と二つの二重項に分裂するので、このような結晶場準位を低エネルギー側につくる可能性が考えられる。この比熱で予想された結晶場準位を仮定して帯磁率を計算すると、約55Kにピークをもち実験値とよく一致した。(図6) また、この立場にたつと、5f電子の遍歴状態への移行に起因すると考えられている電気抵抗の70K付近の山は、局在5f電子が基底一重項状態に落ち込んでその内部自由度を失い、近藤散乱に寄与しなくなったことによると解釈できる。

また、 URu_2Si_2 のRuを、d電子の一つ多いRhと二つ少ないMoで置換した系に対する比熱測定の結果、いずれの場合も少量の置換で T_N が下がり、特にRhを混ぜた系で転移の消失は急速であった。(図7) Rhを混ぜた系では、単位胞体積の減少も観測された。(図8) 現段階では、この転移の消失が、d電子数の変化に起因するものか、あるいは、格子定数の変化によるものか断定できないが、4d遷移元素の状態がこの系の基底状態に深く関与していることは確かなものと思われる。今後、他の実験手段も含め、より広い組成範囲にわたった系統的研究を行ってゆく予定である。

- [1] C.Broholm, J.K.Kjems, W.J.L.Buyers, P.Matthews, T.T.M.Palstra, A.A.Menovsky and J.A.Mydosh, Phys.Rev.Lett. 58 (1987) 1467
- [2] W.Schlabitz, J.Baumann, B.Pollit, U.Rauchschwalbe, H.M.Mayer, U.Ahlheim and C.D.Bredl, Z.Phys. B62 (1986) 171
- [3] T.T.M.Palstra, A.A.Menovsky, J.van den Berg, A.J.Dirkmaat, P.H.Kes, G.J.Nieuwenhuys and J.A.Mydosh Phys.Rev.Lett. 55 (1985) 2727

図1

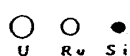
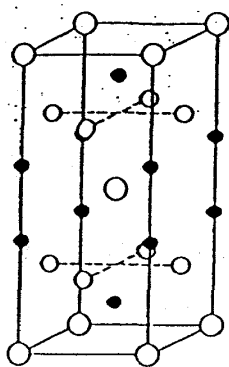


図2

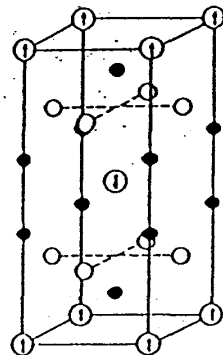


図3

修士論文題目・アブストラクト

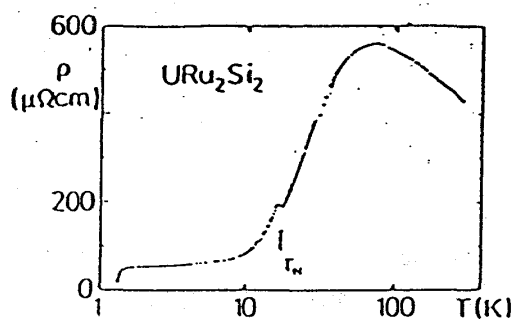


図4

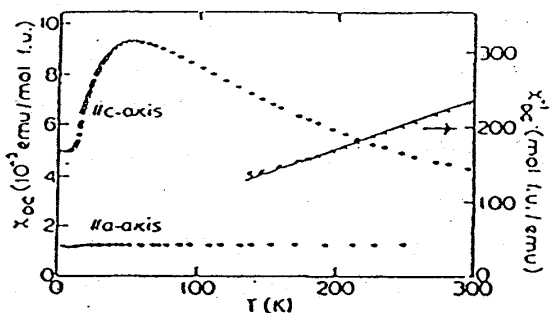
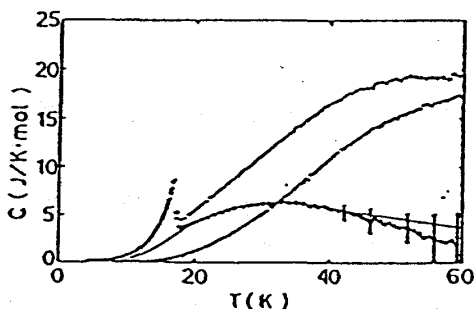


図5



- URu2Si2の電子比熱
- LaRu2Si2の電子比熱
- URu2Si2のSi電子の比熱
- 結晶場単位によるSchottky比熱

図6

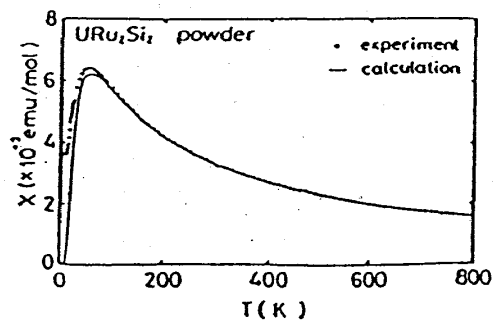


図7

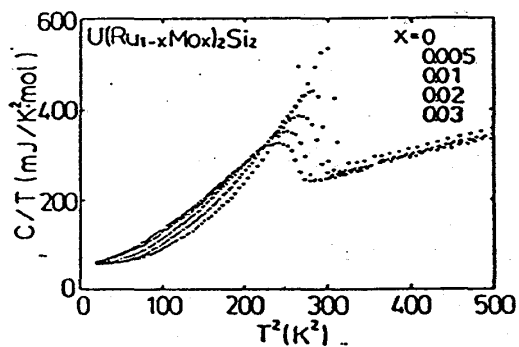
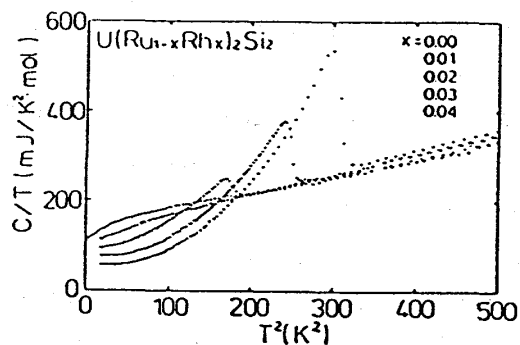


図8

