$U(Ru_{1-x}Rh_x)_2Si_2$ の強磁場磁性

北大理　　網塚　浩、榊原俊郎、都　福仁

非磁性あるいは弱い反強磁性を基底状態とする重い電子系において、強磁場中でメタ磁性を示す物質($CeRu_2Si_2$,UPt_3,URu_2Si_2) が発見され注目を集めている。URu_2Si_2 は、17.5K(T_N),1.2K(T_c)でそれぞれ弱い反強磁性、超伝導転移を示す重い電子系であるが、容易軸（正方晶ｃ軸）方向の磁場に対し、36,37,40T で鋭い三段のメタ磁性を示すことが、伊達・杉山らの研究によって確かめられている。我々は、この系のメタ磁性の発現機構、特に基底状態の弱い磁性との関係を調べるために混晶系$U(Ru_{1-x}Rh_x)_2Si_2$ の強磁場磁化測定を行い、Rh混入による基底状態の推移にともなうメタ磁性の変化の様子を調べた。

URu_2Si_2 が遍歴磁性を示す重い電子系であるのに対し、URu_2Si_2 はT_N=132K,μ_{ord}=1.9 μ_B(at 4.2K) の5f局在型反強磁性体である。従って、Ru site をRhで置換してゆくと、系の基底状態は重い電子系から局在系へと移り変わる。これらの系の比熱(0.1K ～70K)、帯磁率(2K ～370K) の測定から、図１のような磁気相図が得られた。基底状態は、ｘに対して次の三つの領域に大別される。

Ⅰ　$0<x<0.06$: a heavy fermion region

Fermi 液体として振舞うが、SDW と超伝導はｘにほぼ比例して消失する。

Ⅱ　$0.06<x<0.3$: a crossover region

新たな秩序状態が発達するとともに電子比熱係数が減少し、(120→ 34(mJ/K^2・mol))、Fermi 液体から局在状態へのクロスオーバーが起こる。

Ⅲ　$0.3<x<1.0$: a localized 5f antiferromagnetic region

100Kのオーダーの Neel点をもつ局在型の反強磁性状態が安定化する。

これら各相の多結晶試料に対する 55Tまでの強磁場磁化測定の結果を図２に示す。$x<0.1$ ではヒステリシスはみられず、単結晶試料の一段目と三段目のステップ磁化に対応する磁場(H_1,H_2) でkinkがみられた。中間領域$0.1<x<0.3$ では磁化曲線はヒステリシスを描くようになり、この領域で実現している磁気秩序状態の複雑さを伺わせる。（この領域で比熱にはdouble peak が観測される。）また$x>0.4$ では、H_1は消失し、H_2は高磁場側へシフトして測定磁場範囲では観測されなくなった。これらの結果をもとに図３の様なH-T-X 相図を描くことができる。H_1は系がHeavy Fermion に留まる領域とcross overの領域にのみ存在し、その濃度依存性はこの領域での磁気転移温度の濃度依存性によく対応しているようにみえる。このことは、メタ磁性の一段目のステップが、弱い磁性ではあるが、確かにこれらの長距離秩序を壊す機構によって生じていることを示唆している。今後、各領域での磁気構造を中性子散乱実験で確かめると共に、単結晶試料に対する強磁場磁化測定を行い、各組成でのメタ磁性の性格をより明確にしていく予定である。

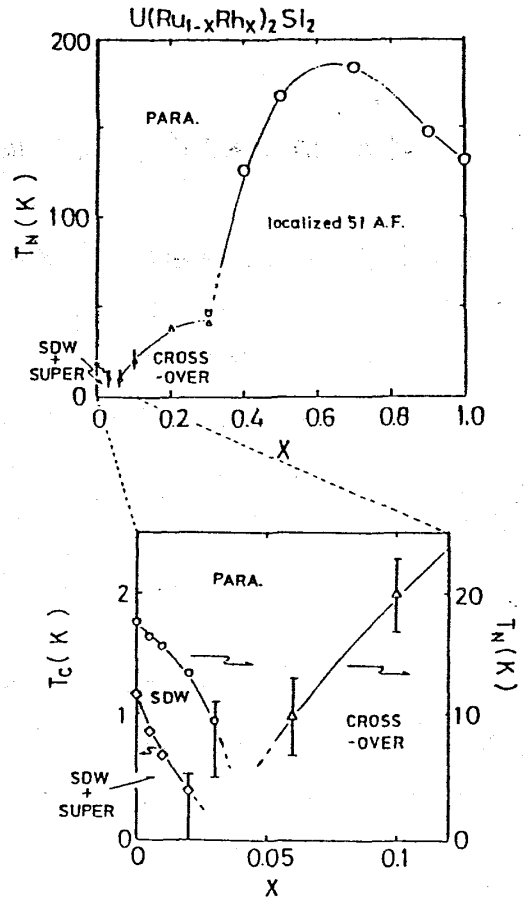

図１　$U(Ru_{1-x}Rh_x)_2Si_2$系 磁気相図

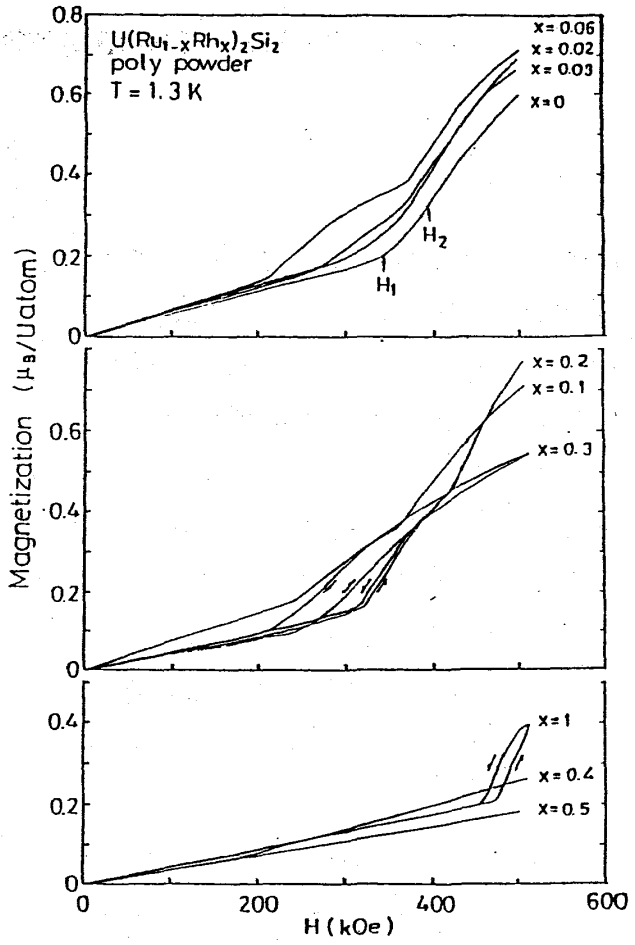

図２　$U(Ru_{1-x}Rh_x)_2Si_2$多結晶粉末試料の強磁場磁化過程

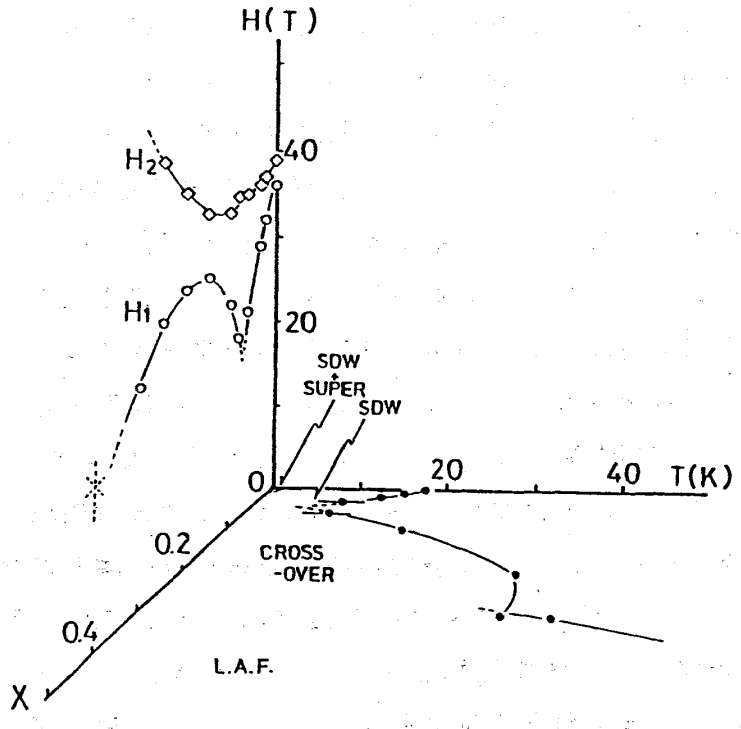

図３　H－T－X　相図