

# 典型的な重い電子系物質で初めて明らかになったメタ磁性と 反強磁性の分離 ～ミステリー・プラトールを巡って～

水は 100 度で沸騰して水蒸気になる。これは大きな体積の変化をとともなう一次の相転移である。しかし、圧力を上げていくと沸点はどんどん上がっていき、あるところで液体と気体の区別がつかなくなってしまう。これを臨界点と呼ぶ。臨界点を越えた状態の水は超臨界水と呼ばれ、さまざまな工業的な応用が検討されている。

同様に、物質の磁氣的性質においても、一次相転移から二次相転移へと切り替わる点が物性物理研究者の注目を集めている。低温で起きるこの磁気量子臨界終点の物理は、メタ磁性という物理現象によって特徴づけられる。メタ磁性とは物質の磁化が急激に増大する現象のことである。一次相転移では段階的な磁化の増大を示すが、二次相転移（あるいは連続的な変化であるクロスオーバー）のときには、磁化はなだらかな増大となる。希土類化合物・アクチノイド化合物などの重い電子系化合物において、メタ磁性は f 電子の遍歴・局在、「大きなフェルミ面」と「小さなフェルミ面」、磁気不安定性、スピンと軌道の自由度などの重要な固体物理の根本的課題を含むために、古くから研究されてきた。

最近、CEA-Grenoble（フランス原子力庁）の研究グループは、典型的な重い電子系物質  $\text{CeRu}_2\text{Si}_2$  にわずかに Rh をドーピングした物質（ $\text{CeRu}_2\text{Si}_2\text{-Rh}$ ）の単結晶を育成し、そのメタ磁性と反強磁性不安定点の分離を初めて明らかにした。分離した領域では、奇妙な重い電子状態が持続していることが分かった。この成果は、日本物理学会が発行する英文誌 *Journal of the Physical Society of Japan (JPSJ)* の 2012 年 3 月号に掲載された。

純粋な  $\text{CeRu}_2\text{Si}_2$  は常磁性体であり、これに磁場を加えると、ある磁場（ $H_m$ ）で常磁性状態からスピン分極した状態へとメタ磁性が起きる。負の圧力がかかった  $\text{CeRu}_2\text{Si}_2$  は反強磁性体であり、磁場を加えると、ある磁場（ $H_c$ ）で反強磁性状態からスピン分極した状態へと変化する。通常、 $H_m$  と  $H_c$  は反強磁性磁気不安定性という同じ起源を持つために、 $\text{CeRu}_2\text{Si}_2$  を負の圧力から正の圧力へと変化させると、 $H_m$  と  $H_c$  は一致している。

驚くべきことに、本研究で対象とした  $\text{CeRu}_2\text{Si}_2\text{-Rh}$  は  $H_m$  と  $H_c$  が分離している。つまり、磁場を加えていくと反強磁性状態、常磁性状態、スピン分極した状態へと次々に切り替わっていく。とくに中間状態の常磁性状態では、電子比熱係数が大きな値を保ったままプラトールを形成しており、重い電子状態が持続している。この特殊な中間状態「ミステリー・プラトール」は、縦と横の反強磁性ゆらぎ、および磁場によって誘起された強磁性ゆらぎが複雑に絡み合って実現した状態である。Rh ドーピングによって、結晶構造の格子定数が通常とは違った形で微妙にチューニングされており、これによって複雑な磁気ゆらぎが実現している。

メタ磁性は、古くから固体物性の研究者を魅了して来たよく知られた物理現象である。しかし、その起源については、未だによく分かっていないことが多い。本研究の成果によって、メ

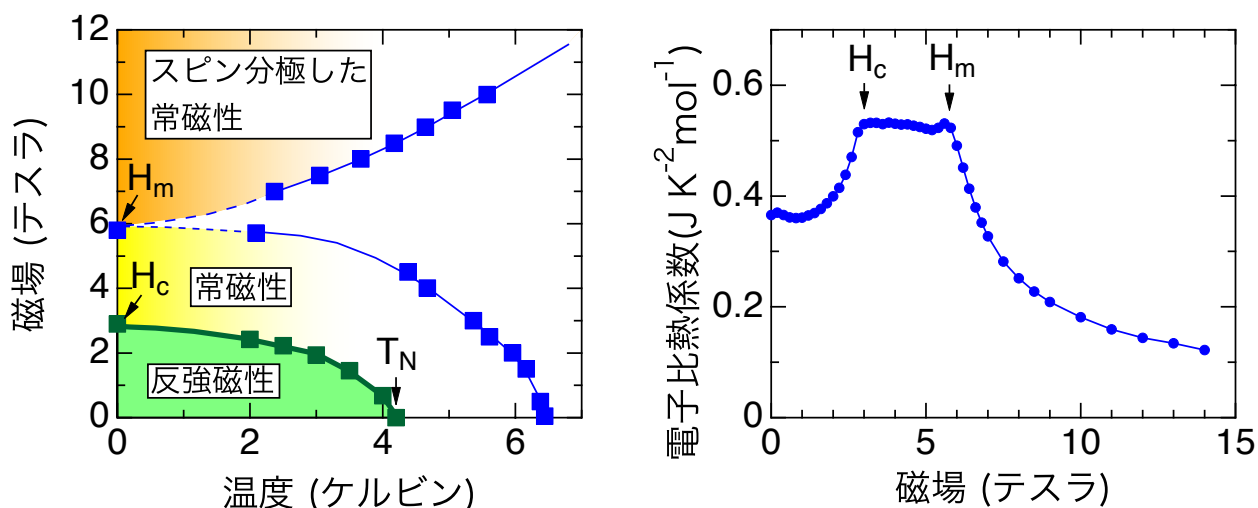
タ磁性の理解が一步大きくすすむとともに、今後はさらに非弾性中性子散乱やフェルミ面の観測など、微視的な実験手段による解明が待たれる。メタ磁性は磁化の増大とともに大きな磁歪も伴う現象なので、今後、メタ磁性体を使った新物質開発の指針としても、本研究の成果は有用かもしれない。

論文掲載誌 J. Phys. Soc. Jpn. **81** (2012) No. 3, p. 034711

電子版 <http://jpsj.ipap.jp/link?JPSJ/81/034711> (2月23日公開済)

<情報提供：青木 大 (CEA-Grenoble(フランス原子力庁))

Jacques Flouquet (CEA-Grenoble(フランス原子力庁)) >



左図：CeRu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>-Rh の磁場・温度相図。磁場を上げていくと反強磁性、常磁性、スピン分極した常磁性と移り変わり、メタ磁性の磁場  $H_m$  と反強磁性の臨界磁場  $H_c$  が分離している。

右図：CeRu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>-Rh の電子比熱係数の磁場依存性。 $H_m$  と  $H_c$  の間は重い電子状態が持続して、「ミステリー・プラトー」が現れる。