

Title	希土類金属間化合物の強磁場磁性
Author(s)	杉山, 清寛
Citation	大阪大学, 1988, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/978">https://hdl.handle.net/11094/978</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名・(本籍)	杉	山	清	寛
学位の種類	理	学	博	士
学位記番号	第	8060	号	
学位授与の日付	昭和63年3月25日			
学位授与の要件	理学研究科物理学専攻 学位規則第5条第1項該当			
学位論文題目	希土類金属間化合物の強磁場磁性			
論文審査委員	(主査)			
	教授	伊達 宗行		
	(副査)			
	教授	金森順次郎	教授	櫛田 孝司
	助教授	山岸 昭雄	教授	邑瀬 和生

### 論文内容の要旨

最近注目を集めている希土類金属間化合物のうち、 $GdB_6$ 、 $YbB_{12}$ 、 $EuBa_2Cu_3O_y$  について、強磁場下での磁化と磁気抵抗による研究を行った。また、金属的な物質の単結晶の測定を行うため、パルス幅20 msecの「ロングパルスマグネット」の開発を行った。

今までの阪大強磁場の0.4msecのパルス幅のマグネットでは、低温で $\mu\Omega\text{cm}$ オーダーの抵抗率を持つ希土類金属間化合物の単結晶の測定を難しい。そこでパルス幅20msecと40msecの「ロングパルスマグネット」の開発を行った。マグネットは従来の阪大多層型の設計を引き継ぎ2段型とし、内径20mm  $\phi$ と30mm  $\phi$ の空間に400kOeまでの磁場を発生する。磁場の均一性は0.3%以内の空間が役1 $\text{cm}^2$ で従来のマグネットに比べ8倍よい。

$GdB_6$ は異方性が小さい $T_N=16\text{K}$ の反強磁性体である。 $T_N$ 以下で反強磁性による磁場に比例した磁化が観測され、 $H_c=490\text{kOe}$ で $Gd^{3+}$ の基底状態 $S_{7/2}$ の磁気モーメント $7\mu_B$ の値で飽和する。この磁化の上に $H_c$ の近くに飽和磁化の約1%の大きさの小さな2つのステップ磁化を発見した。この磁化は、 $B_6$ クラスターを一つの陰イオンと考えたとCsCl型となる $GdB_6$ の結晶構造で、わずかのGdイオンが $B_6$ クラスターサイトに置換するdisordered modelを考え、その置換したGdのスピンのフロップするモデルで定量的に説明できる。

$YbB_{12}$ は $SmB_6$ と同様の物性を示し、数ある希土類ボロン化合物がほとんど金属的な電気伝導を示す中で、フェルミ面上にエネルギーギャップを持つ特異な物質である。磁気抵抗の測定により、このギャップは450kOe付近でつぶれ、系は金属的になり、そのあたりより磁化が急激に大きくなる。これらは、f電子と伝導電子のmixingによって生じたエネルギーギャップが磁場によってこわされ、mixingのエネ

ルギーとゼーマンエネルギーが同程度になるあたりから磁化が現れるというモデルで理解できる。このときの f 電子の  $gJ$  値は 1.9 である。

90 K 級高温超伝導体  $\text{EuBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  の磁気抵抗の測定を行い、世界で初めて高温超伝導体の  $H_{c_2}$  を全温度領域で測定した。得られた  $H_{c_2}$  は WHH 理論でよく説明される。良い単結晶を用いたため、 $H_{c_2}$  の異方性は  $H_{c_2} \parallel / H_{c_2} \perp \sim 10$  となり、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  の  $H_{c_1}$  の異方性  $H_{c_1} \parallel / H_{c_1} \perp \sim 0.1$  とちょうど逆比となり、異方的 GL 理論でよく説明される。強磁場でのノーマル状態の磁気抵抗を外挿した、ノーマル状態の電気抵抗はふつうの金属的であり残留抵抗は  $55 \mu\Omega\text{cm}$  である。これから 90 K 級高温超伝導体は  $T_c$  が異常に高い事を除くとふつうの金属の超伝導体と大きく変わる事がないといえる。

### 論文の審査結果の要旨

希土類元素を含む金属間化合物は最近多くの注目すべき特性をもつ事が明らかにされつつある。その一つは価数揺動状態の出現であり高濃度近藤状態、重いフェルミオン状態などの研究も大きく進展しつつある。またごく最近、超伝導転移温度  $T_c$  が 90 K 前後といういわゆる高温超伝導物質が発見されたが、これにも希土類元素が関与している。杉山君はこれらの諸物質が高い電気伝導度を持ち、これまでのパルス磁場では表皮効果や発熱のために強磁場物性の測定が困難な事に注目し、新たにパルス幅が 20~40 ミリ秒のロングパルスマグネットを開発し、これを用いてこれらの金属間化合物の電氣的磁氣的性質を研究し、以下に示すような重要な知見を得た。

(a)  $\text{GdB}_6$  における disordered state の発見、典型的な反強磁性体である  $\text{GdB}_6$  において 50 テスラの磁場近傍に奇妙なメタ磁性を発見した。これを調べた結果、 $B_6$  サイトを Gd 原子が占めるという disorder state がもたらす現象であることをつきとめた。

(b)  $\text{YbB}_{12}$  における磁場誘起金属状態。この物質は例外的に半導体的性質を示す物質として知られているが、これに 40~50 テスラの磁場をかけると完全な金属状態となり、同時に大きな磁気モーメントが現れることを発見した。

(c) 高温超伝導体の一つである  $\text{EuBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  単結晶においてこれまで不可能とされていた全温度領域における上部臨界磁場を観測する事に成功し、残留抵抗を求めることができた。以上の成果はこれらの分野における先進的研究として高く評価され、理学博士の学位論文として十分な価値あるものと認められる。