

ペロフスカイト型 Mn_3MC ($M = Ga, Zn, Sn$) 金属間化合物の圧力・磁場誘起転移

東北大・全研, 東北学院大・工, 電磁研**

金子武次郎, 鹿又武*, 白川亮**, 三浦成人, 中川康昭, 木戸義勇

1. 序

Mn_3MC ($M = Ga, Zn, Sn$) は、ペロフスカイト型結晶構造をもつ金属間化合物で、磁気原子 Mn は、図1に示すように、立方晶の面心を占めている。磁気原子が、結晶学的には、簡単な位置を占めておるにもかかわらず、上記化合物及びその混合化合物は、それぞれ多様な磁性を示すため、これまでに多くの研究が報告されておる。図2に、 Mn_3GaC , Mn_3ZnC , Mn_3SnC の磁化の温度変化を示してある。 Mn_3GaC は、自発磁化量の状態から温度上昇にともなう、温度 T_c で、急激に磁化が増加し、 T_c 以下で消える。中性子回折の結果によると、 T_c 以下では、 $(\pi\pi\pi)$ 型磁気構造をもち、 $T_c \sim T_c$ 間では強磁性である。

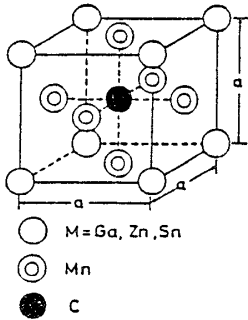


図1. Mn_3MC の結晶構造

Mn_3ZnC は、低温でも自発磁化をもつておるが、 T_c まで増加し、 $T_c \sim T_c$ 間では強磁性となり、 T_c 以上で常磁性となる。 T_c 以下の温度では、図3に示すような磁気構造をもち、 Mn の磁気モーメントは、強磁性的に配列する副格子と反強磁性成分をもつ配列の副格子にわかれ、夫々の副格子上のモーメントは、 $1.6\mu_B$, $2.7\mu_B$ となつておる。

Mn_3SnC の自発磁化は、上記化合物に比べて小さく、 i が T_c 以下で、不連続的に消える一次転移を示す。磁気構造は、図4に示すように、強磁性と反強磁性の二副格子で構成され、反強磁性成分は、互に 90° の角度をもつておる。磁気モーメントは、強磁性、反強磁性副格子上で

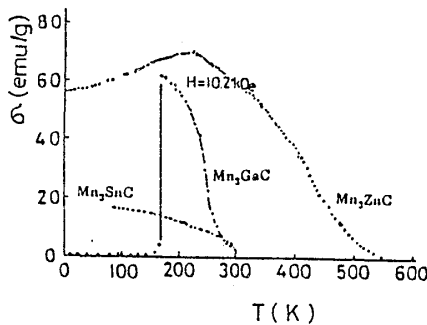


図2. Mn_3MC ($M = Ga, Zn, Sn$) の磁化-温度曲線

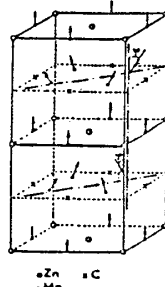


図3. Mn_3ZnC の磁気構造

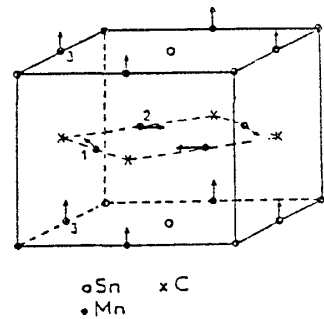


図4. Mn_3SnC の磁気構造

夫々、 $0.69\mu_B$, $2.9\mu_B$ となつておる。 Mn_3GaC にみられた反強磁性-強磁性転移は、 $Mn_{1-x}Cr_x$ 等の化合物にもみられ、局在磁気モーメント間の交換相互作用が量から正に変化する、いわゆるキツレル・インバージョニ・モデルの立場から考察がおこなわれておる。このような考察は、本研究の化合物のように磁気モーメントが、反強磁性、強磁性状態で、こたなど、やわらかいモーメントとなつておる場合には、適当でなく、適居電子磁性の立場から説明はあつたおらなから。本研究では、強磁場、高圧力下の磁性を調べることにより

これらの化合物の磁気転移の考察を本にしよう。

2. 実験結果と考察

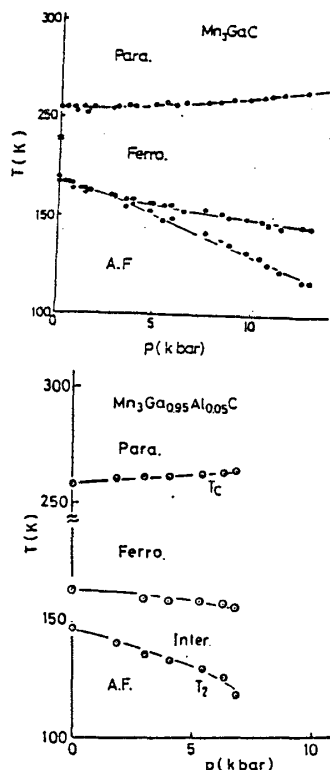


図5

磁気転移の圧力変化は、約15 kbarの圧力下で逆磁率の温度変化を測定して調べた。強磁場下の磁化測定は、140 kOeの静磁場、320 kOeのペルス磁場下でおこなわれた。

図5に、 Mn_3GaC の磁気転移への圧力効果を示してある。 T_c は、圧力で大きく変り、約3 kbar以上から、新しい磁気相が現われる。この新磁気相が、格子定数の変化にのみよるのかどうかを調べるため、Gaと同じ外殻電子構造をもつAlとInでGaを置換し、その格子定数、磁性を調べた。Alの置換により格子定数は小さくなり、 Mn_3GaC の新磁気相と同様の磁気相が現われることになった。図6に、その磁気転移の圧力変化を示してある。一方、Inの置換効果は、格子定数を大きくし、圧力をかけても、新磁気相に当る相は、出現しなかった。 Mn_3GaC の高圧磁気相は、明らかに、格子定数の減少による電子状態の変化によつて現われたものである。 Mn_3ZnC ; Mn_3SnC の磁気転移の圧力変化は、夫々 $\partial T_c / \partial p = -0.9 \text{ deg/kbar}$, $\frac{\partial T_c}{\partial p} \approx 0$; $\partial T_c / \partial p = -2 \text{ deg/kbar}$ と得られた。

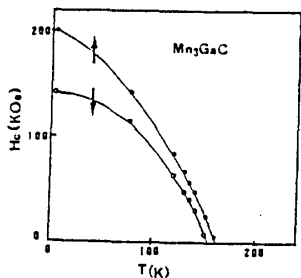


図7 Mn_3GaC の H_c の温度変化

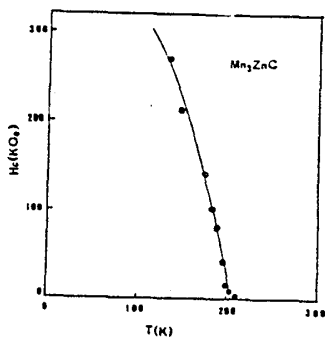


図8 Mn_3ZnC の H_c の温度変化

Mn_3GaC の T_c 以下の磁化過程は、ヒステリシスを示す反強磁性→強磁性転移、つまり一次磁気転移が起こることを示した。図7に、その臨界磁場の温度変化を示してある。この転移は、 $42 K \sim T_c$ で一次転移であった。 Mn_3ZnC での(反強磁性+強磁性)→強磁性磁場誘起転移は、温度変化に依らずの場合と同様、二次転移であった。図8に、臨界磁場の温度変化を示してある。

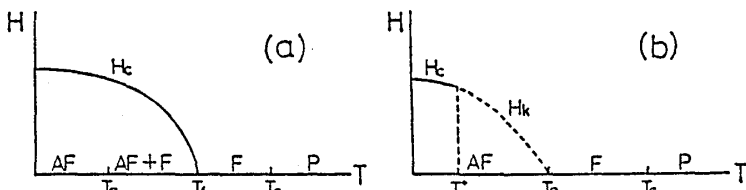


図9. MoriyaとUsamiによる過励電子の磁気状態図

図9は、Moriya & Usamiによる過励電子磁気理論から導かれた磁気状態図の一部を示してある。図にそつてみると、 Mn_3GaC は、

加圧によつて、(b)状態から(a)状態になる、また磁場誘起転移の結果によると、(b)状態では、 $T^* < 0$ の場合に当る。 $Mn_3Ga_{0.95}Al_{0.05}C$ は、(a)状態に、 Mn_3ZnC は、 $T_a < 0$ の状態に当ると考えられる。