

希土類化合物

TmM_2Si_2 (M:遷移金属)の

低温物性

北大院理 東大物性研A 物質・材料研B

野崎 順 横山 淳 宮崎 志功 畠山 英樹

天谷 健一 網塚 浩

榊原 俊郎A

阿部 英樹B 北澤 英明B 木戸 義勇B

Tm^{3+}

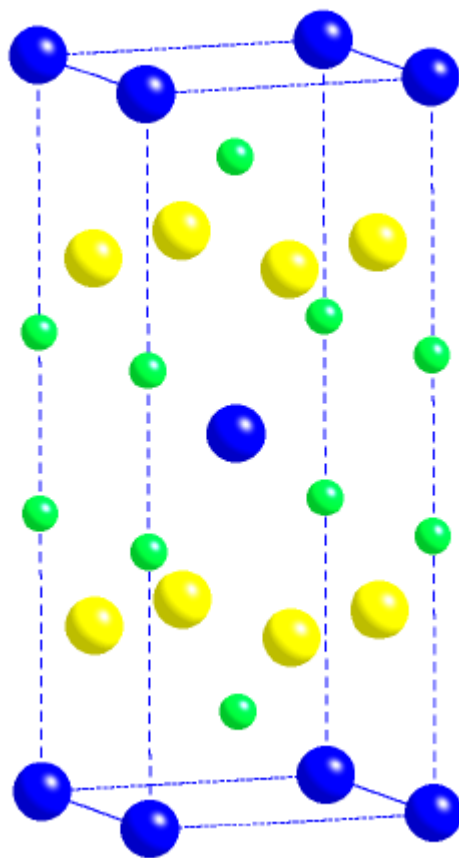
$4f^{12} \quad {}^3\text{H}_6 \quad \mu_{\text{eff}}=7.57$

Tm^{2+}

$4f^{13} \quad {}^2\text{F}_{7/2} \quad \mu_{\text{eff}}=4.54$

TmM_2Si_2 については Tm^{3+} としての振る舞いが強く見られる

ThCr_2Si_2 型



結晶場($I/4mmm \ D_{4h}$)

$$H_{CEF} = B_2^0 O_2^0 + B_4^0 O_4^0 + B_4^4 O_4^4 + B_6^0 O_6^0 + B_6^4 O_6^4$$

J-multiplet($J=6, \text{Tm}^{3+}$ の場合)

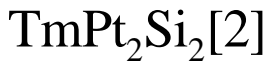
$$2\Gamma_1 + \Gamma_2 + 2\Gamma_3 + 2\Gamma_4 + 3\Gamma_5$$

$$\Gamma_1 \sim \Gamma_4 : \text{Singlet} \quad \Gamma_5 : \text{Doublet}$$

過去文献



過去文献無し



X線、磁化(poly)

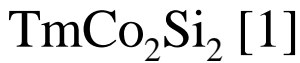
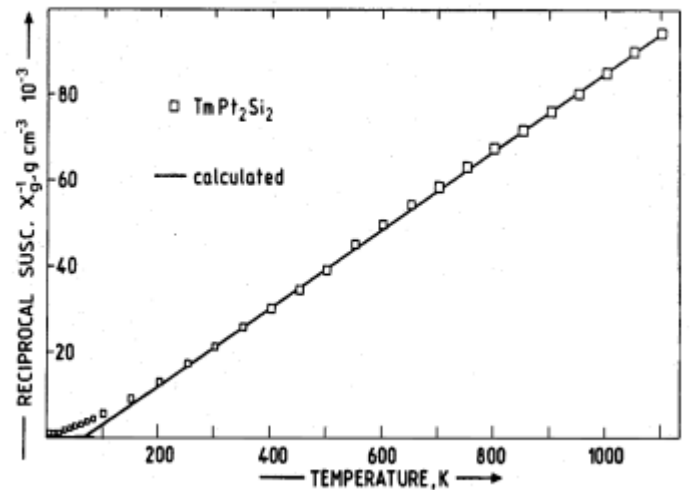
3Kまで強磁性的振る舞い。

ThCr_2Si_2 型

$a = 4.1195$ [] $c = 9.8633$ []

$\mu_{\text{eff}} = 7.32$

$p = 65$ [K]

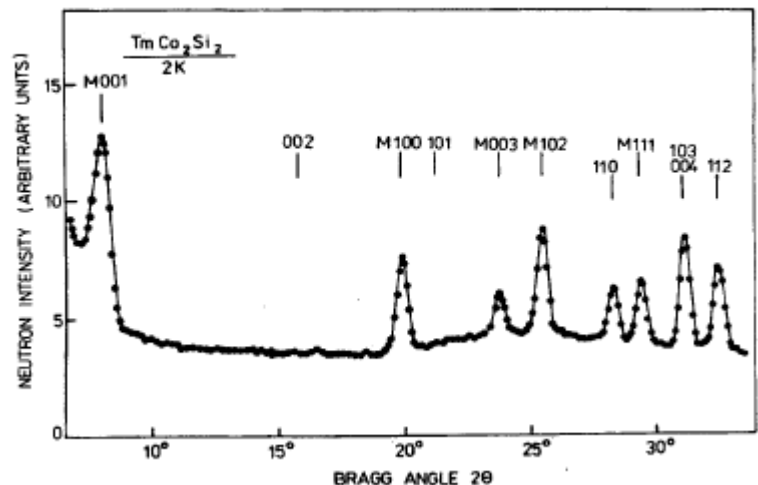


中性子散乱(poly) c面内のanti-ferro(3 ± 0.5 [K])

ThCr_2Si_2 型

$a = 3.854$ []

$c = 9.672$ []



[1] J. Leciejewicz and A. Szytula, *Solid State Commun.* **48**,55(1983)

[2] K.Hiebl and P.Rogal, *J. Magn. Magn. Mater* **50**,39(1985)

Sample作成

TmAu_2Si_2

Poly作成 3極アーク炉

Single作成 Czochralski引き上げ法

ブリッジマン法(物質材料研にて)

(結晶化しづらく、成功に至っていない)

TmPt_2Si_2

Poly作成 3極アーク炉

Single作成 Czochralski引き上げ法

TmCo_2Si_2

Poly作成 3極アーク炉

Single作成 Czochralski引き上げ法

(蒸発が激しい)

実験

TmAu₂Si₂

磁化	SQUID	poly	2 ~ 360K	0 ~ 5.5T
	AC磁化率	poly	0.1 ~ 6K	
比熱	緩和法	poly	0.36 ~ 100K	0 ~ 12T

TmPt₂Si₂

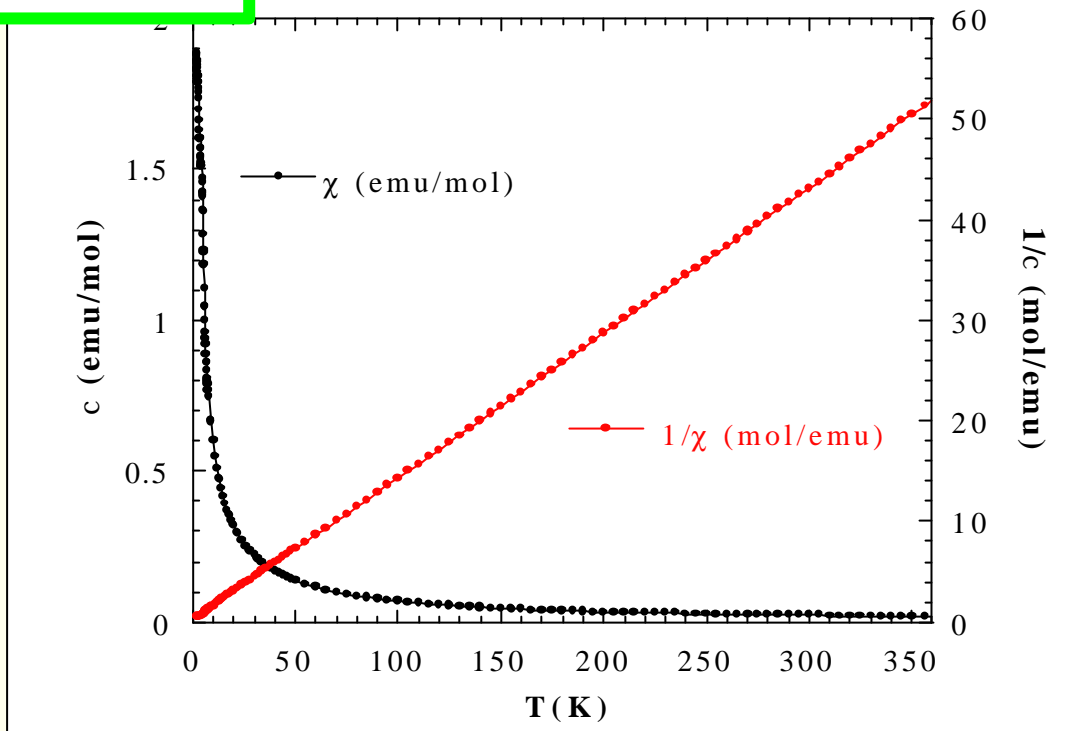
磁化	SQUID	c-axis	2 ~ 360K	0 ~ 5.5T
		a-axis	2 ~ 360K	0 ~ 0.1T
比熱	緩和法	c-axis	0.36 ~ 100K	0 ~ 2T

TmCo₂Si₂

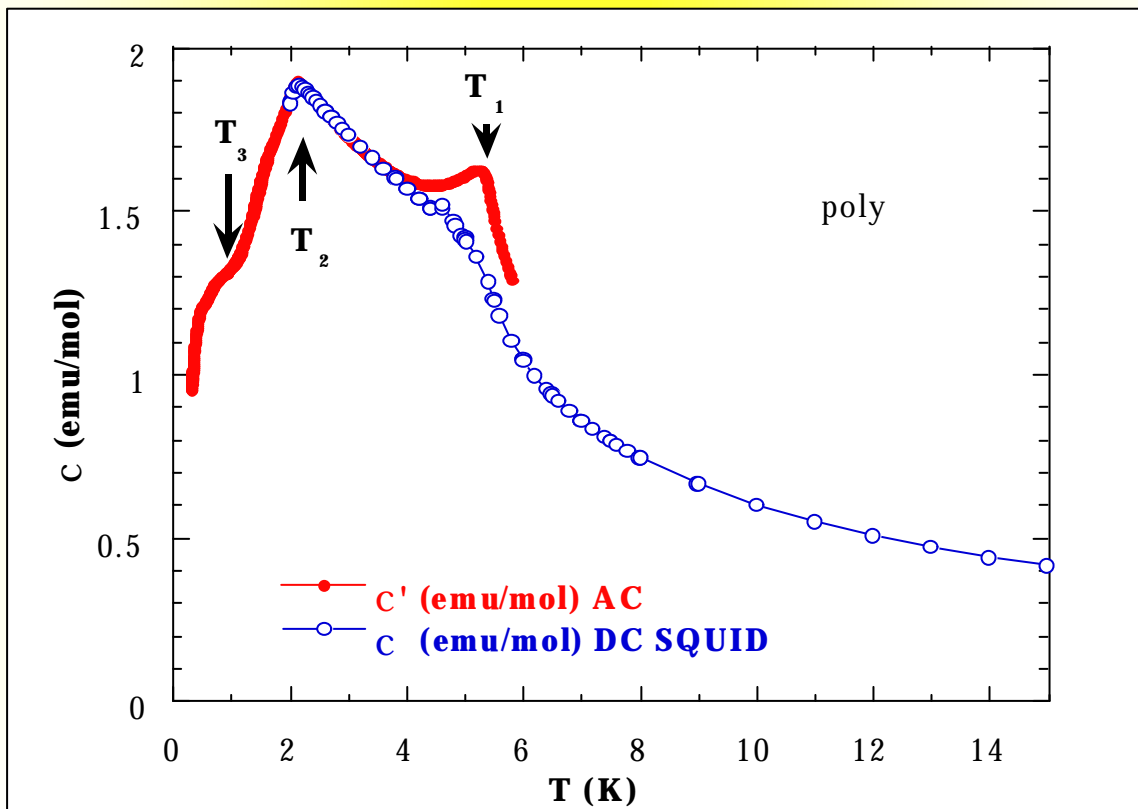
磁化	SQUID	c-axis	2 ~ 360K	0 ~ 5.5T
		a-axis	2 ~ 360K	0 ~ 5.5T
比熱	緩和法	a-axis	0.36 ~ 100K	0 ~ 12T
電気抵抗	DC	a-axis	1.4 ~ 300K	

TmAu₂Si₂

磁化測定

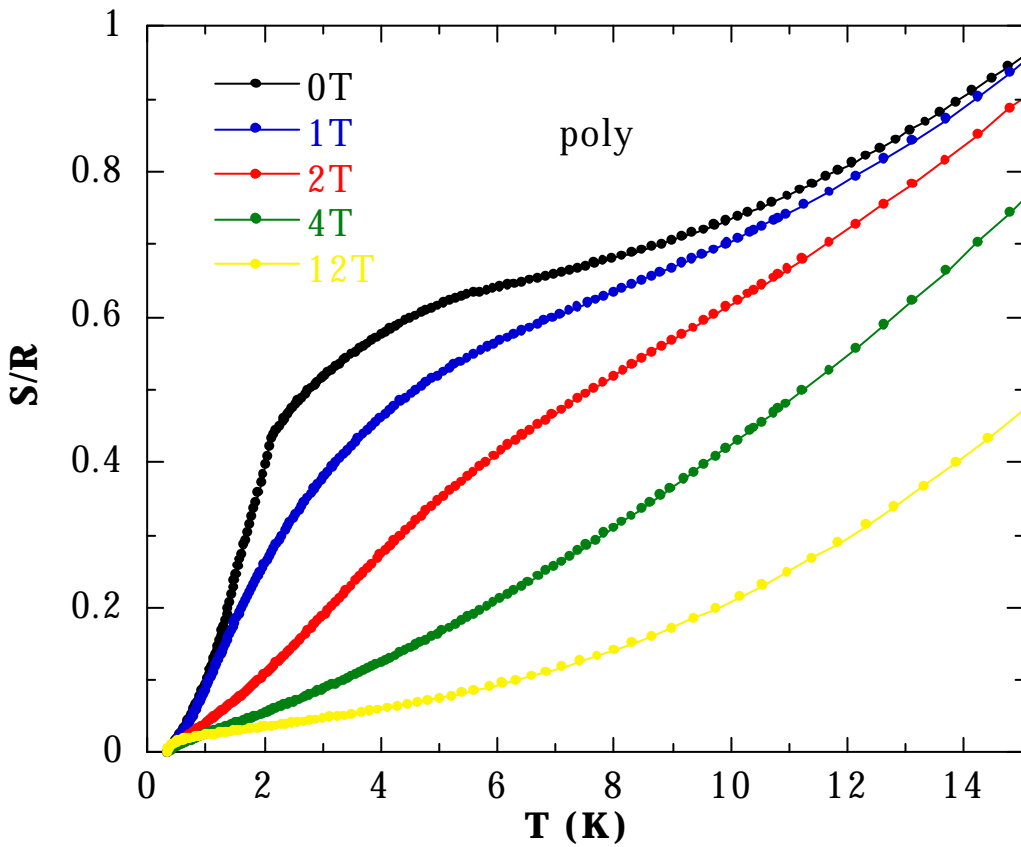
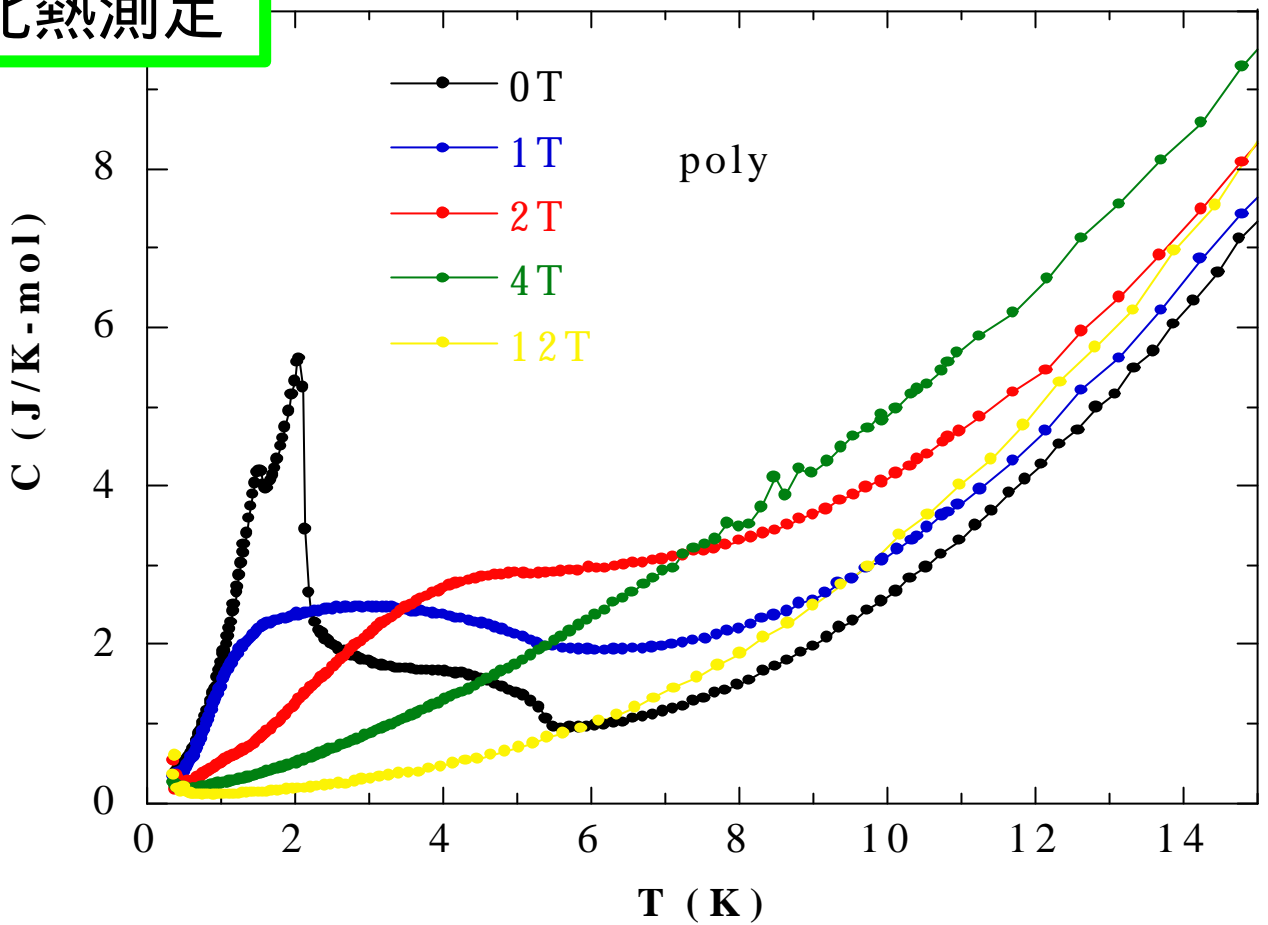


$$\mu_{\text{eff}} = 7.51 \mu_B \quad p = -0.524[\text{K}] \quad (50 \sim 360\text{K})$$



低温で多段転移。 $T_1 = 5.5$ [K], $T_2 = 2.1$ [K], $T_3 = 1.5$ [K]。

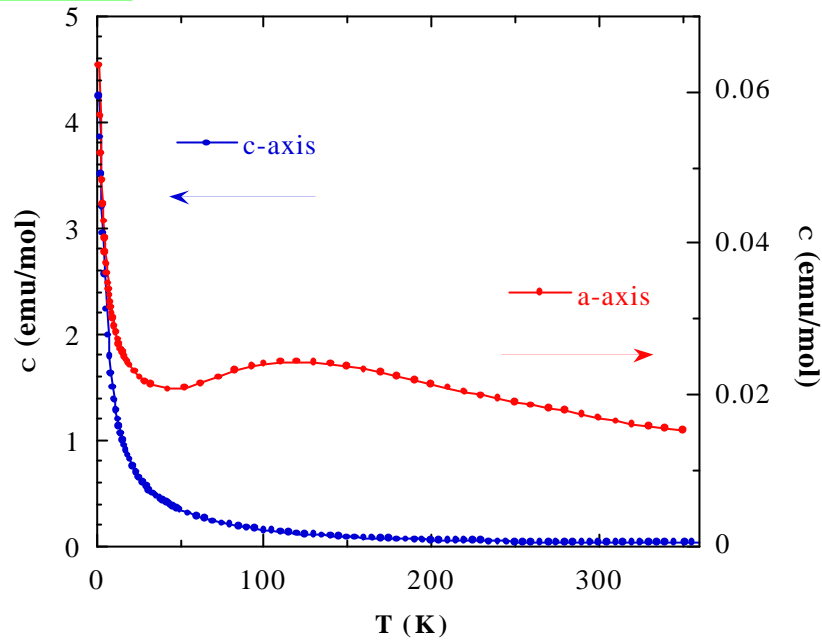
比熱測定



多段転移ににもかかわらず entropy は高々 $\ln 2$ 。

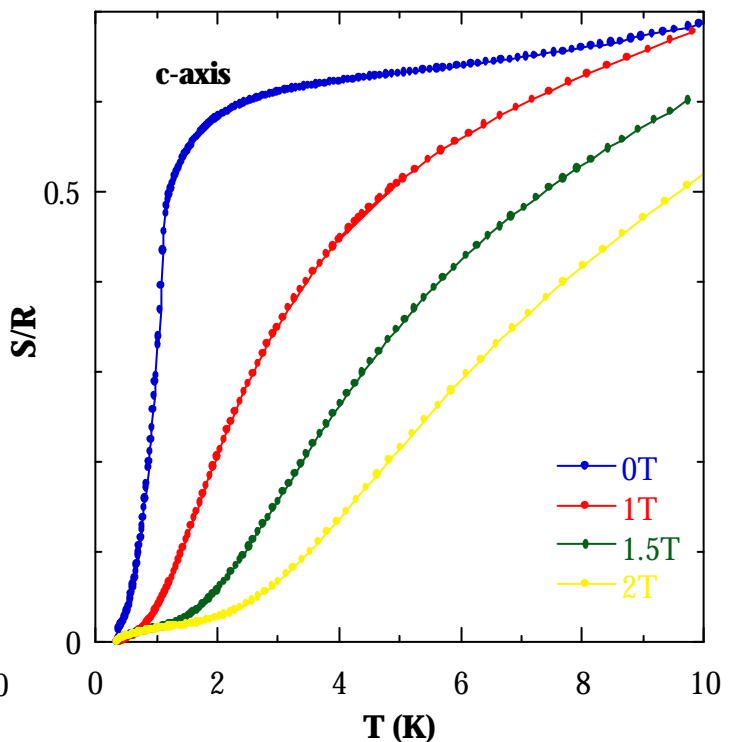
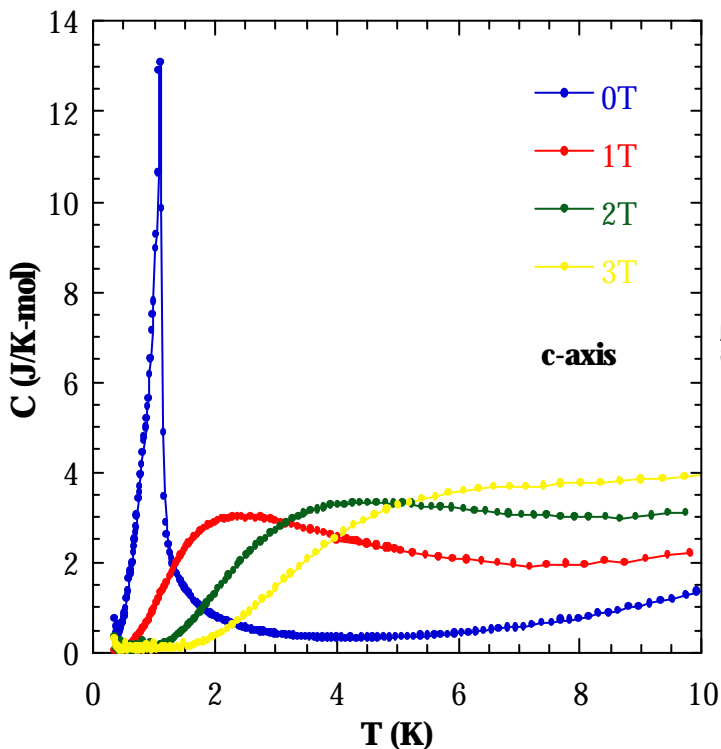
TmPt₂Si₂

磁化測定



強い異方性。 $\mu_{\text{eff}} = 8.30 \mu_B$, $p = 54.457(150 \sim 360\text{K})$

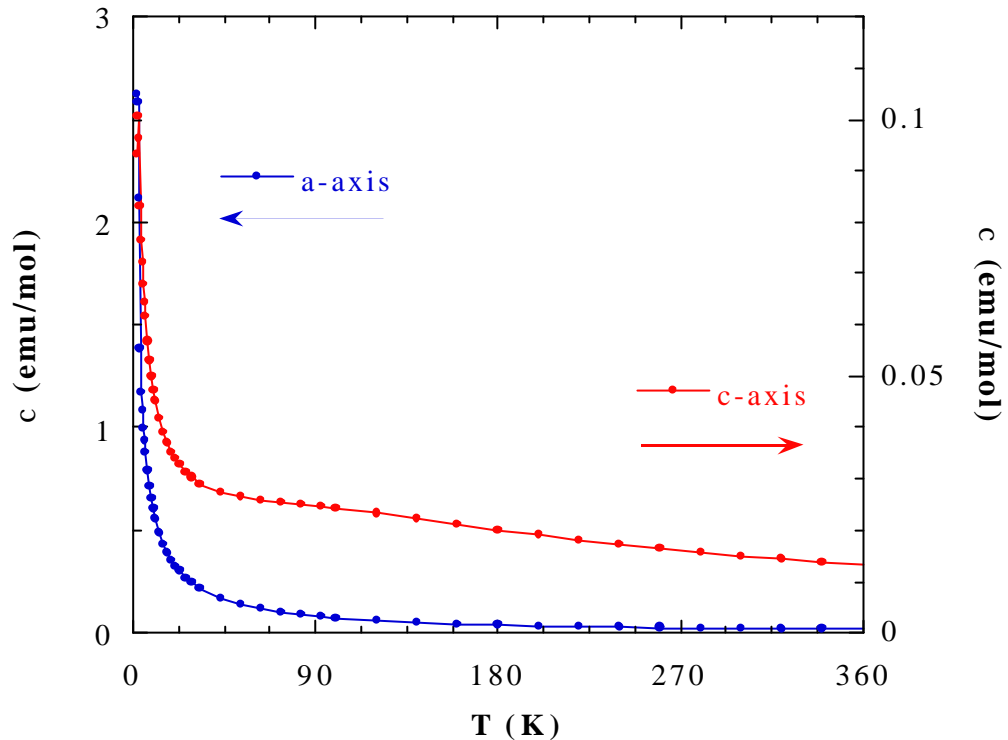
比熱測定



1.1Kに鋭利な転移。磁場により低温に移動。消失。

TmCo₂Si₂

磁化測定 (M-T低磁場)

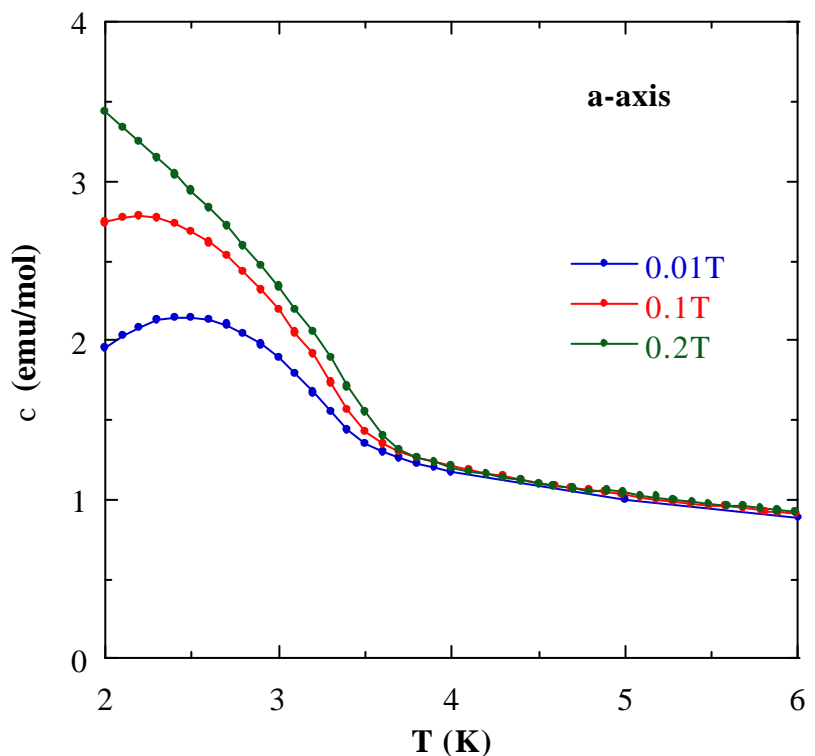


a軸が容易軸。 $\mu_{\text{eff}} = 7.69 \mu_{\text{B}}$, $p = 4.632$ [K] (50 ~ 360 [K])

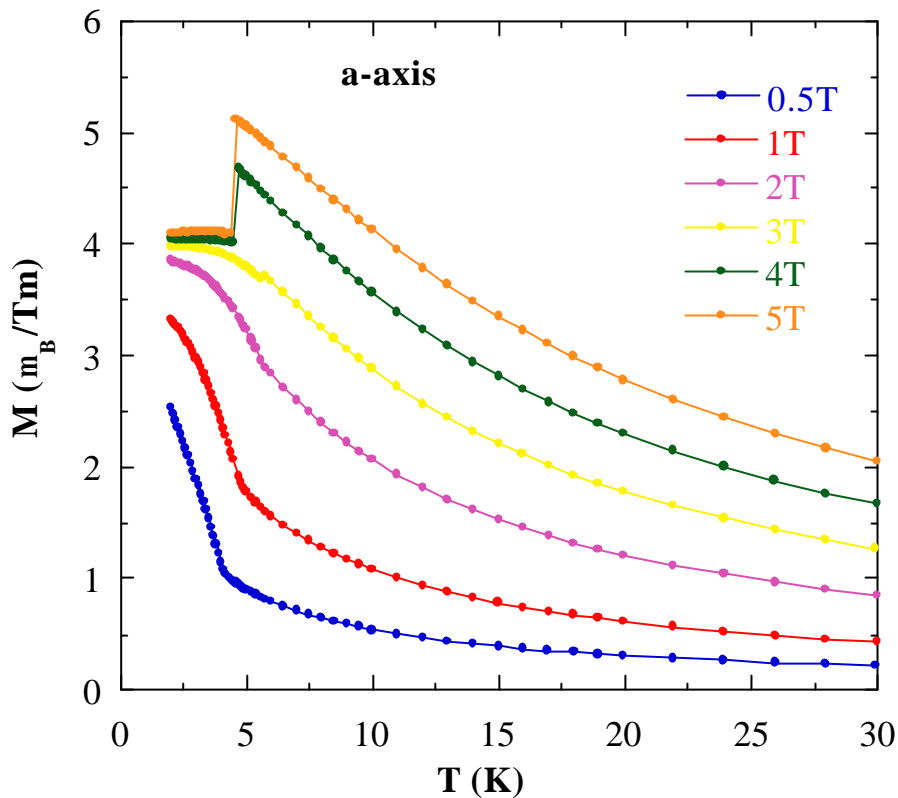
a軸3.5K付近に
わずかな異常。



磁場を強くする
とともに上向き
の折れとして
明確になる。



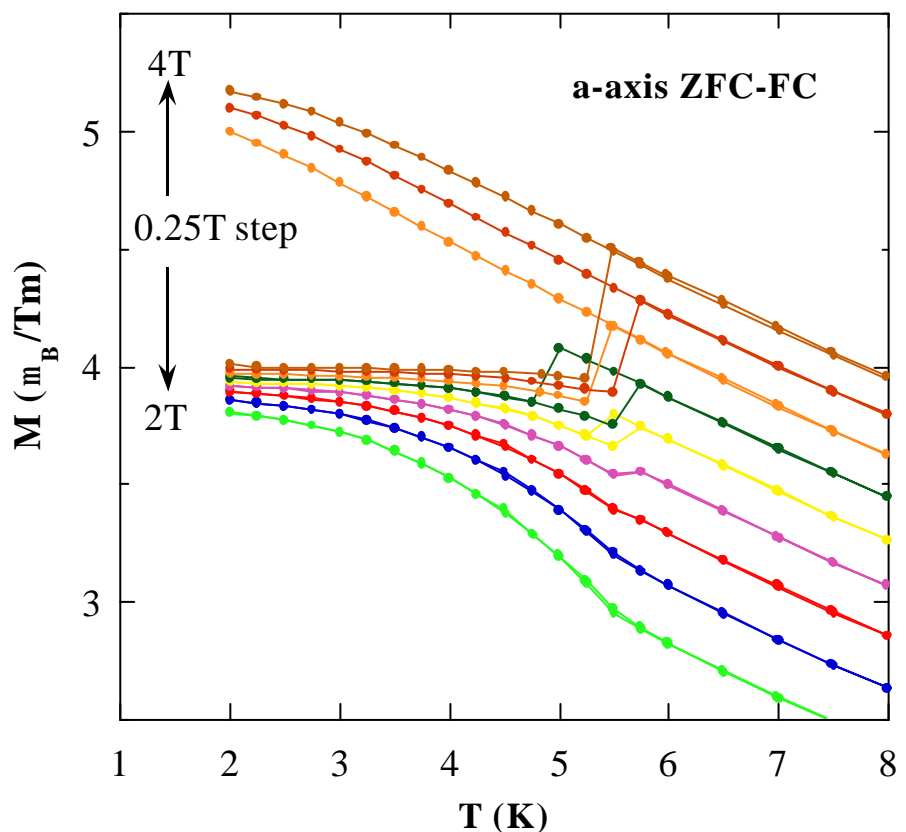
磁化測定(M-T高磁場)



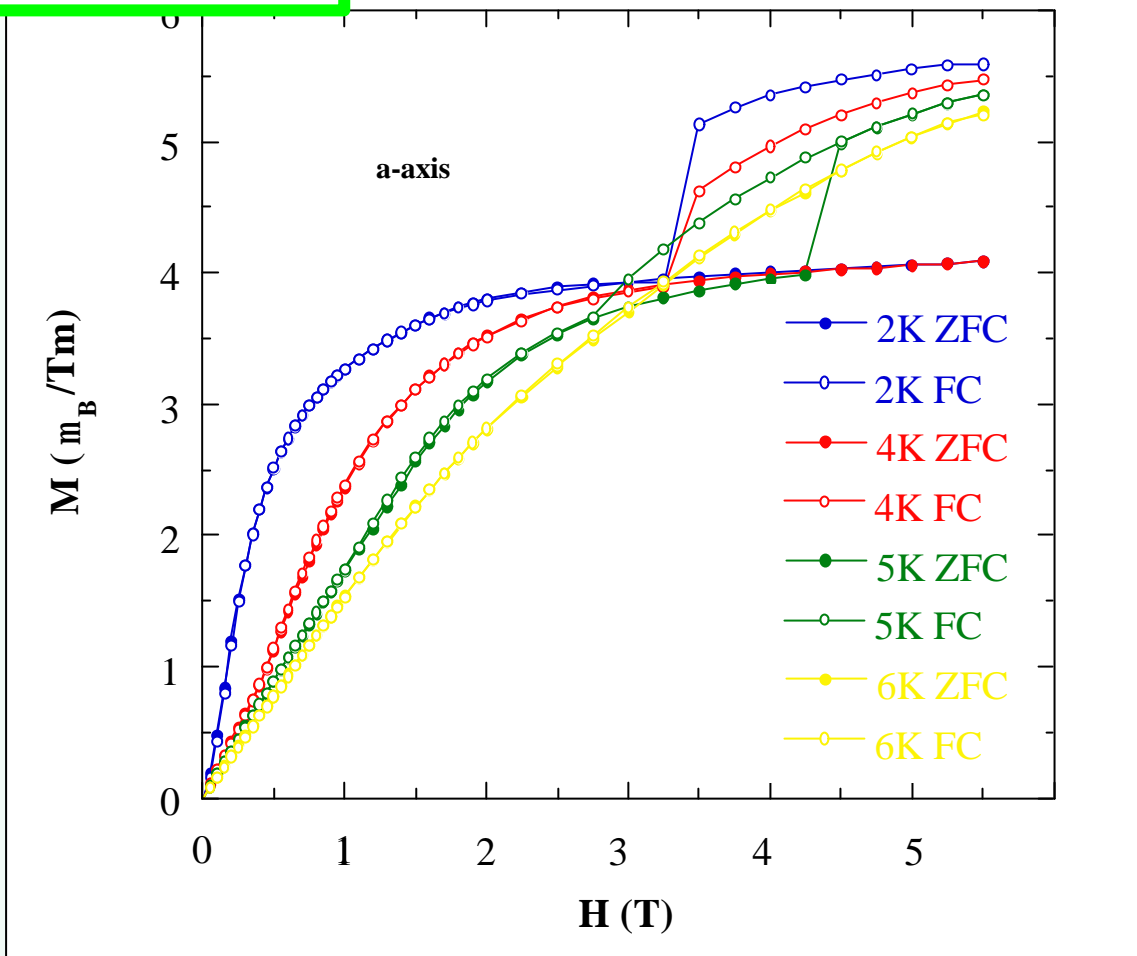
磁場を強くすると転移温度上昇。消失。高磁場側で磁化がstepする新たな転移が現れる。

3.5Tを境に
ヒステリシスを持つようになる。

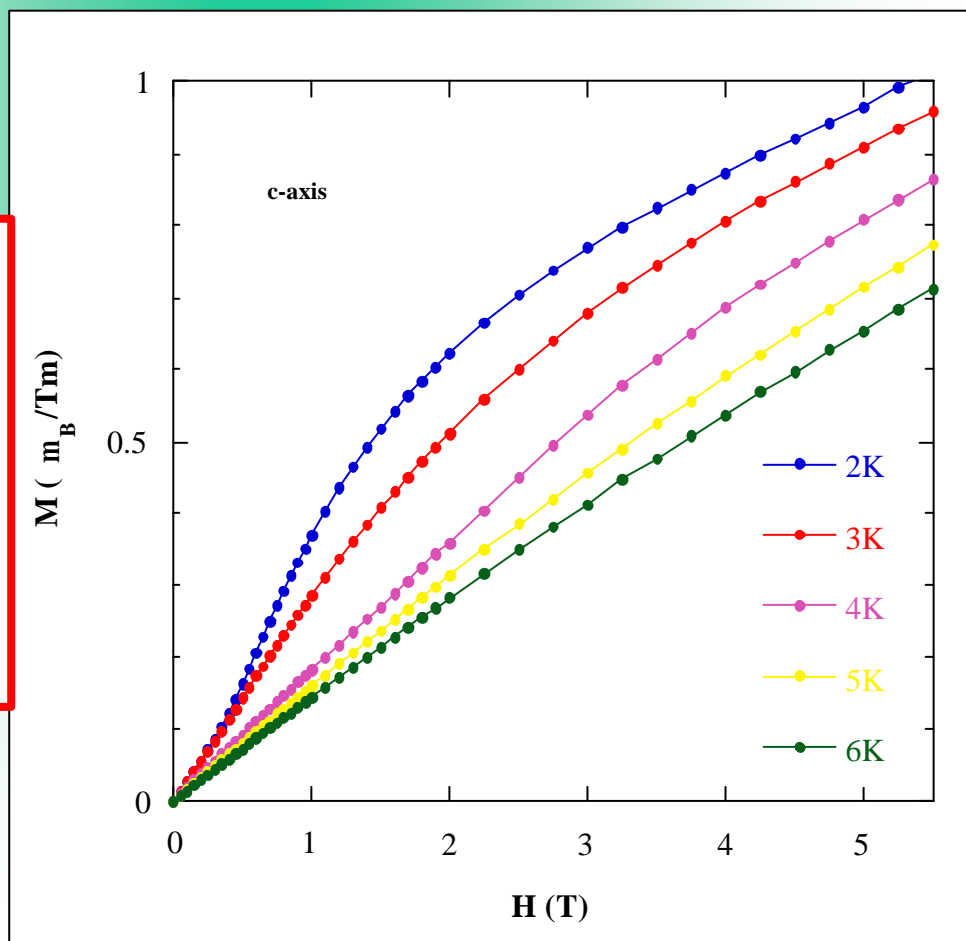
強磁場下で
この転移温度は下がる傾向



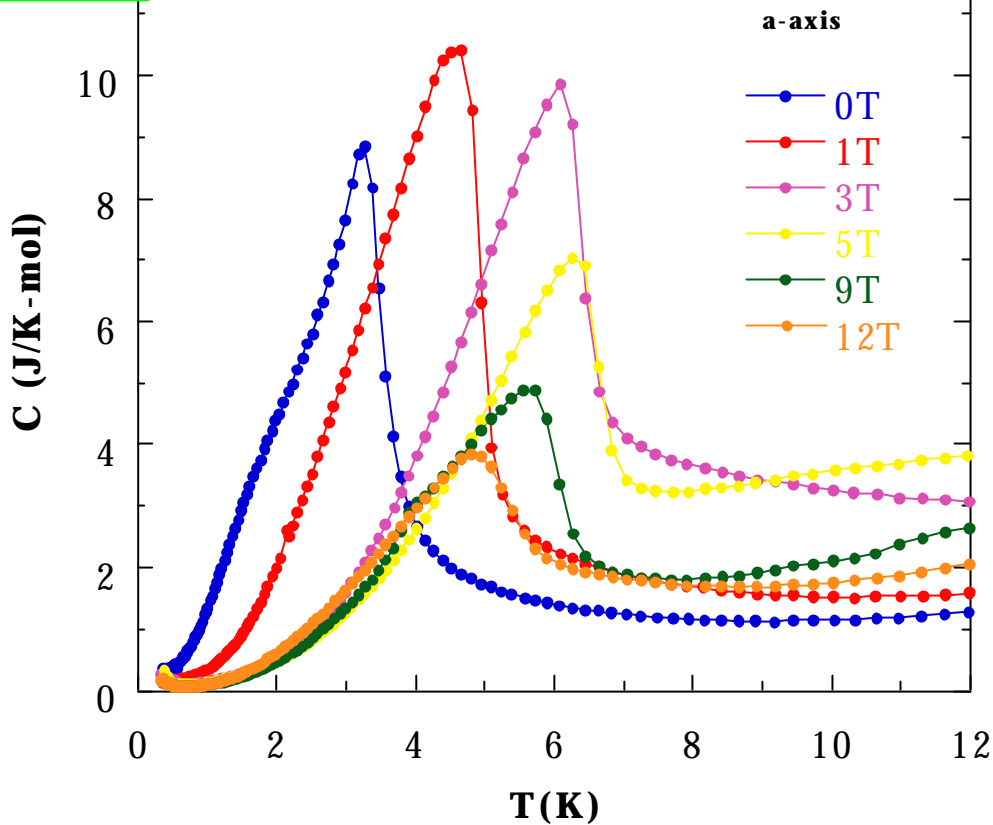
磁化測定(M-H)



a軸については
M-Tでの測定と
同様に低温高
磁場でヒステリ
シスをもつ傾向
がみられる。

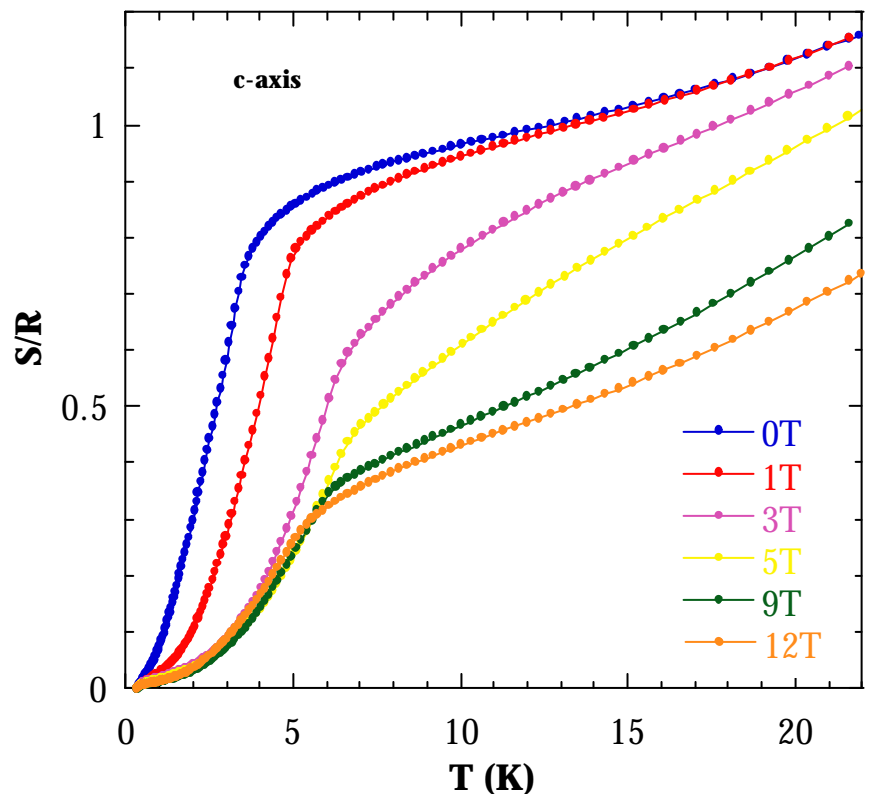


比熱測定

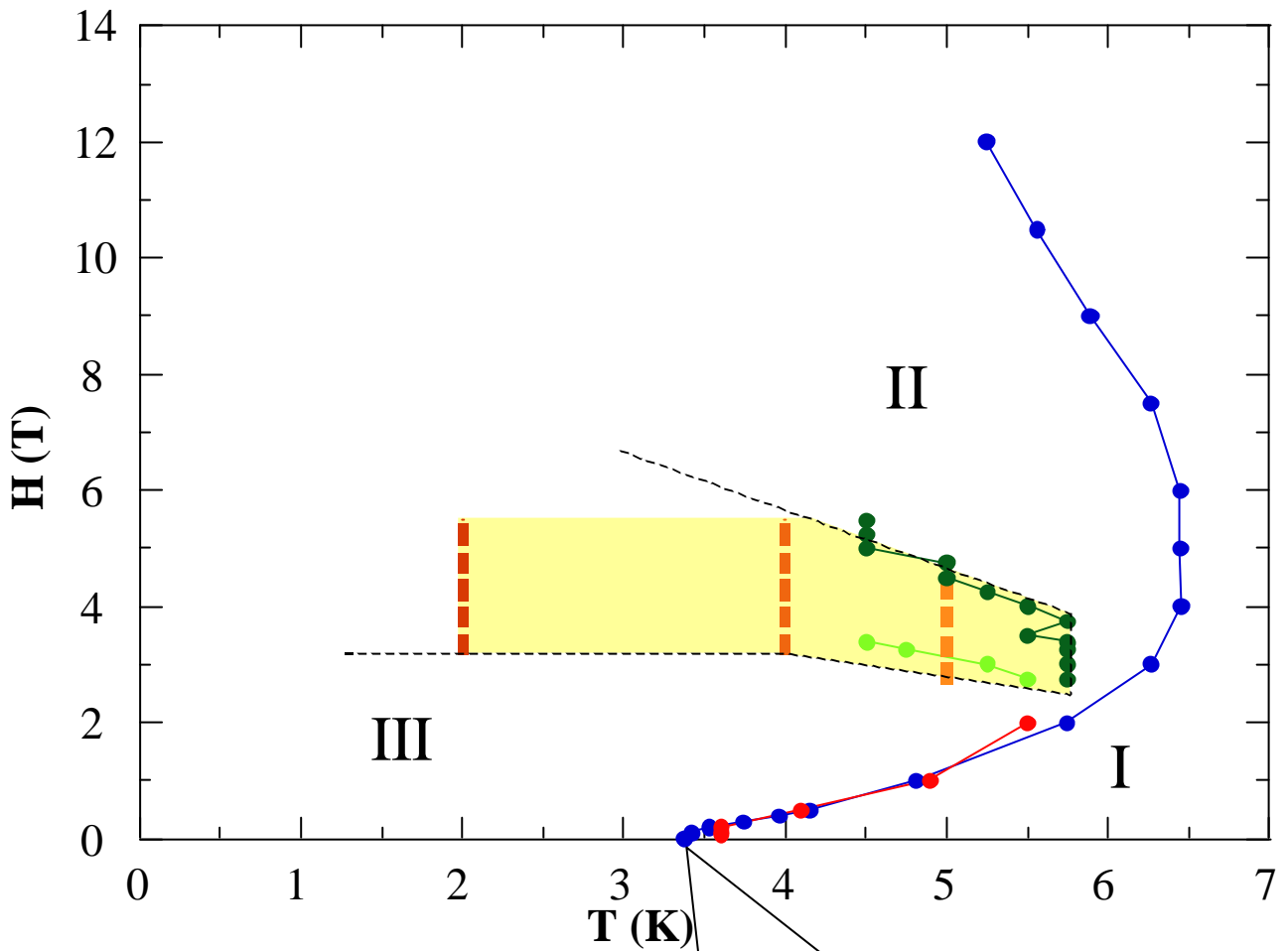


ラムダ型の転移の他、零磁場や9T等の高磁場で僅かな異常が見られる。

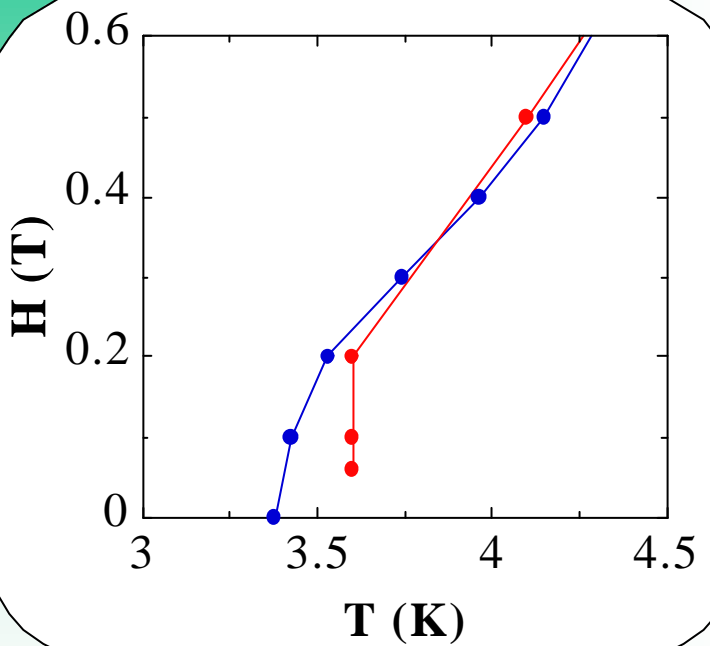
entropyは低磁場では転移点で $\ln 3$ を回復するのに対し、高磁場では $\ln 2$ 。低温からの立ち上がり方も異なる。



H-T相図



- C(T) kink
- M(T) kink
- M(T) ZFC step
- M(T) FC step
- M(H) 2K hysteresis
- M(H) 4K hysteresis
- M(H) 5K hysteresis



少なくとも3つの相をもつ

CONCLUSION

- TmAu_2Si_2

- 低温で多段転移がみられた。

- TmPt_2Si_2

- 1.1 [K]で鋭利な転移が見られた。

- TmCo_2Si_2

- 多数の相をもち、複雑な物性を示す。

- 磁場中で転移温度の上昇が見られた。

- 高磁場中での比熱にいくつか異常が見られ、新たな相の存在の可能性がある。