

# 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

$\text{Tm}^{3+}$

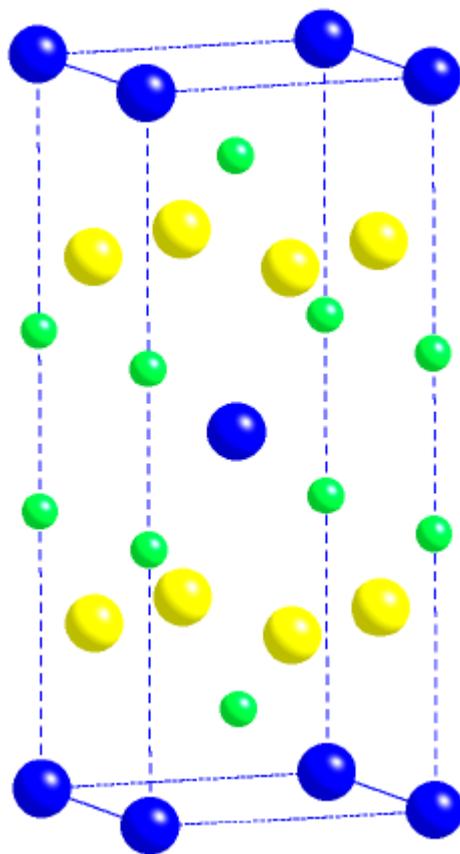
$4f^{12} \quad {}^3\text{H}_6 \quad \mu_{\text{eff}}=7.57$

$\text{Tm}^{2+}$

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

$\text{TmM}_2\text{Si}_2$ については $\text{Tm}^{3+}$ としての振る舞いが強く見られる

$\text{ThCr}_2\text{Si}_2$ 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)

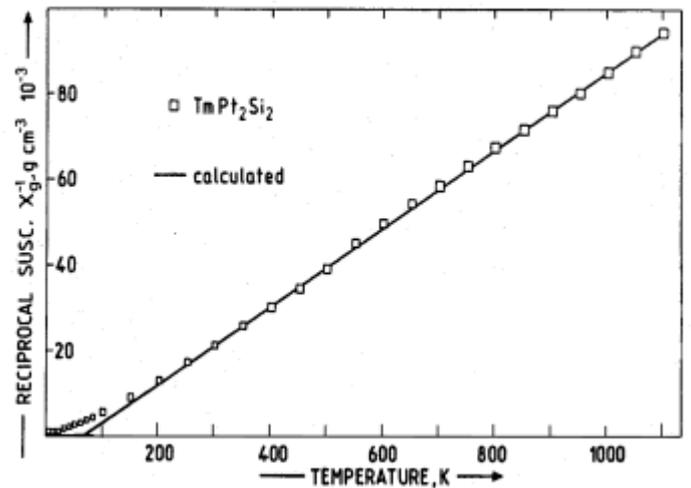
3Kまで強磁性的振る舞い。

$\text{ThCr}_2\text{Si}_2$ 型

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

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

$T_p = 65$  [K]

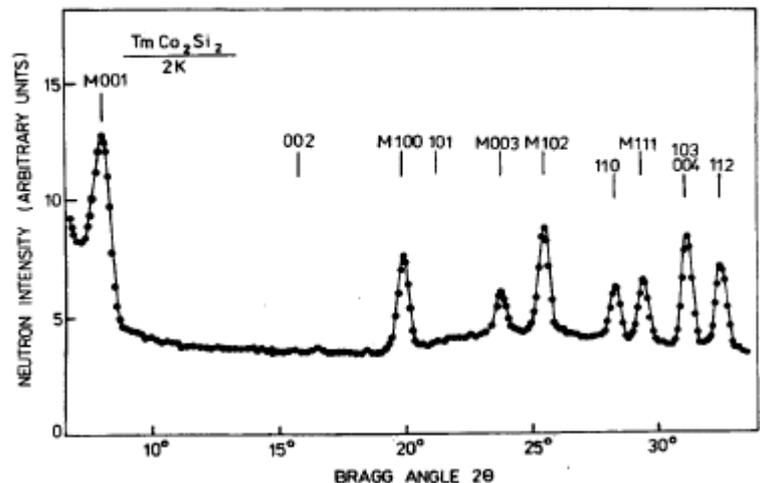


中性子散乱(poly) c面内のanti-ferro( $3 \pm 0.5$  [K])

$\text{ThCr}_2\text{Si}_2$ 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



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)



Poly作成 3極アーク炉

Single作成 Czochralski引き上げ法



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

## TmAu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>

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

## TmPt<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>

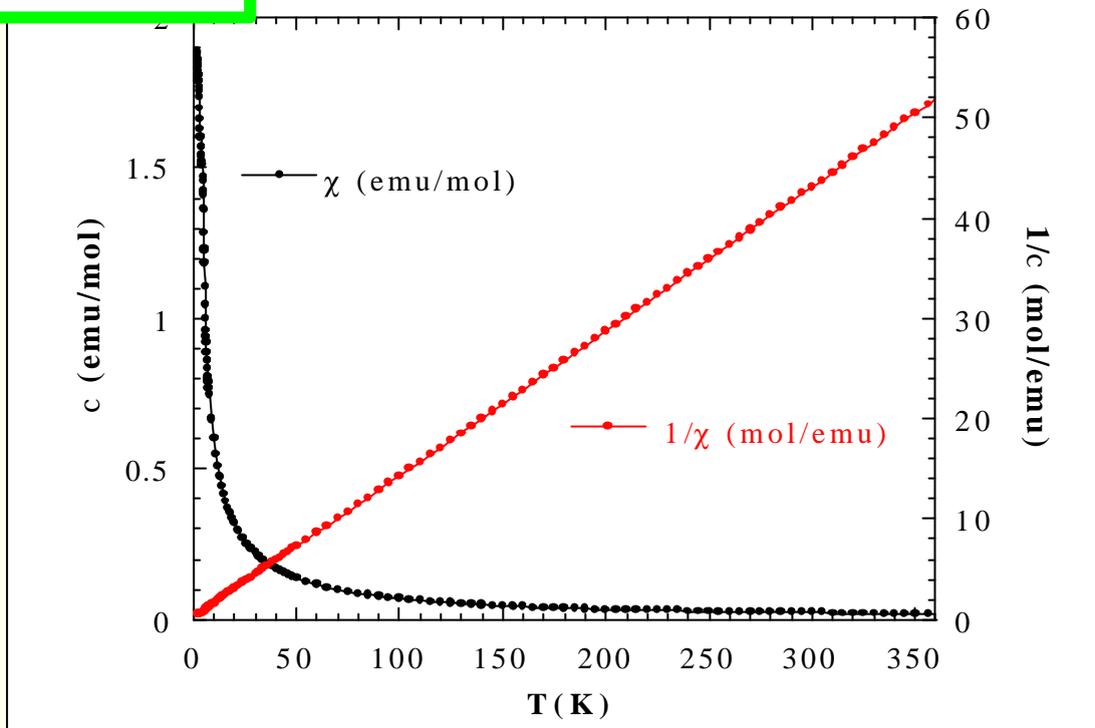
磁化	SQUID	c-axis	2 ~ 360K	0 ~ 5.5T
		a-axis	2 ~ 360K	0 ~ 0.1T
比熱	緩和法	c-axis	0.36 ~ 100K	0 ~ 2T

## TmCo<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>

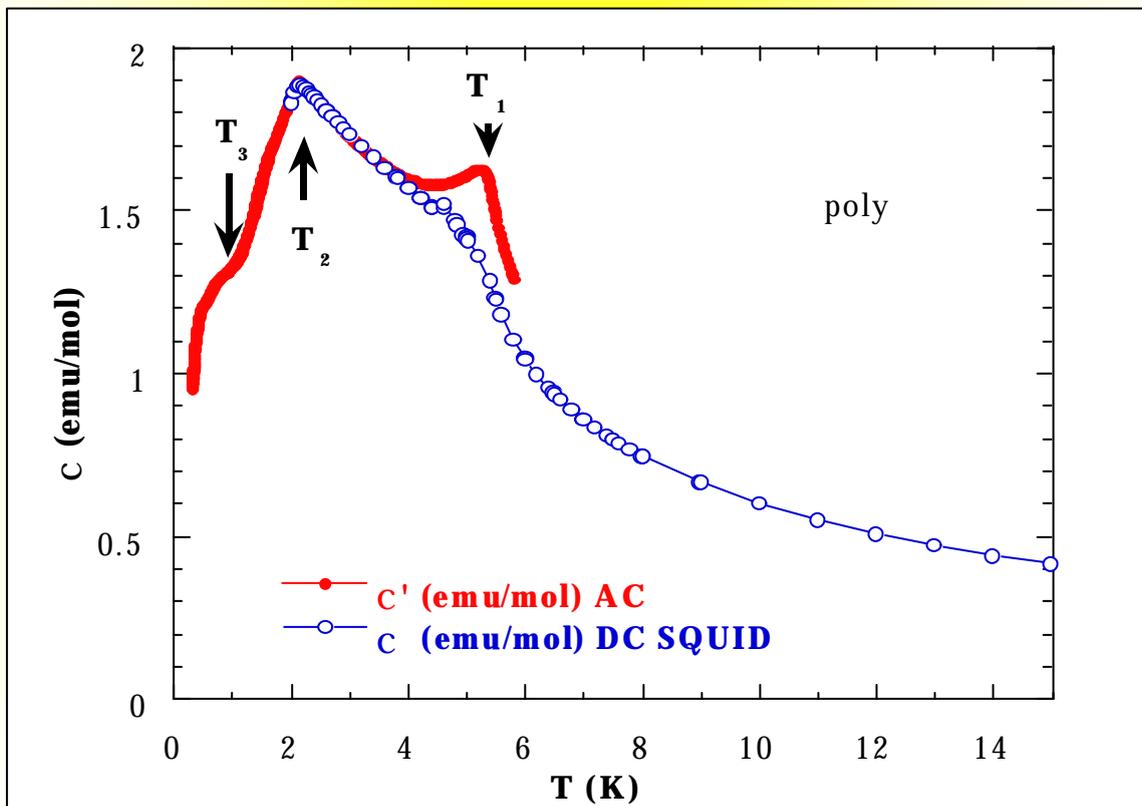
磁化	SQUID	c-axis	2 ~ 360K	0 ~ 5.5T
		a-axis	2 ~ 360K	0 ~ 5.5T
比熱	緩和法	a-axis	0.36 ~ 100K	0 ~ 12T
電気抵抗	DC	a-axis	1.4 ~ 300K	

# TmAu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>

## 磁化測定

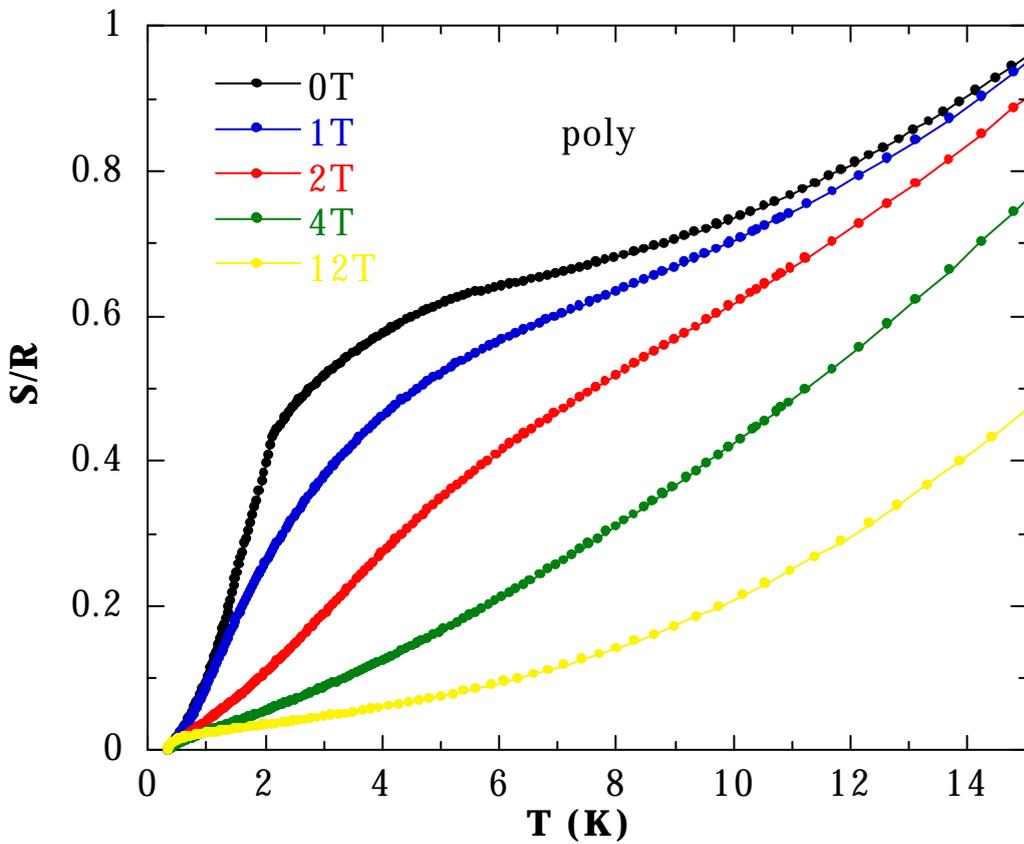
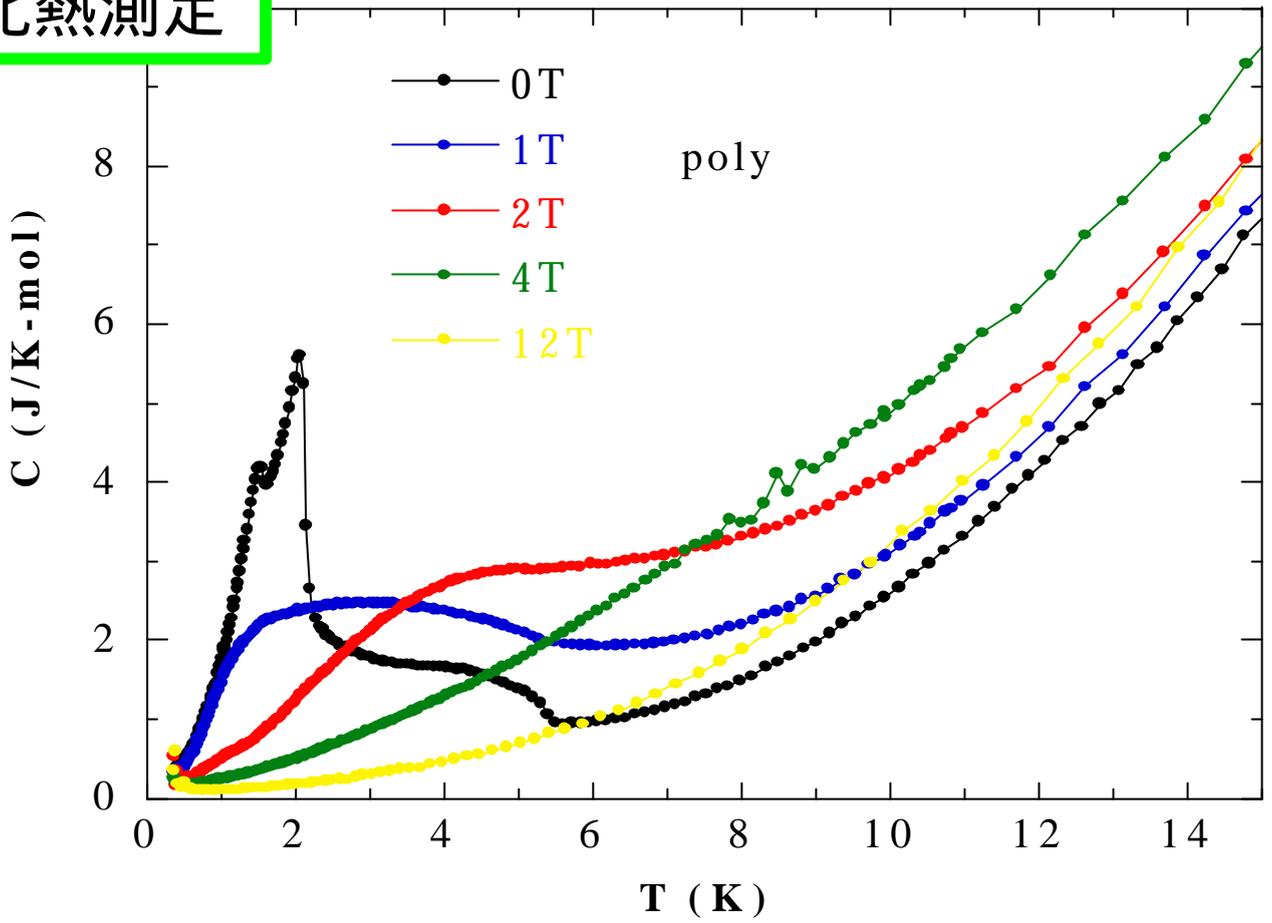


$$\mu_{\text{eff}} = 7.51 \mu_B \quad p = -0.524 [\text{K}] \quad (50 \sim 360 \text{K})$$



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

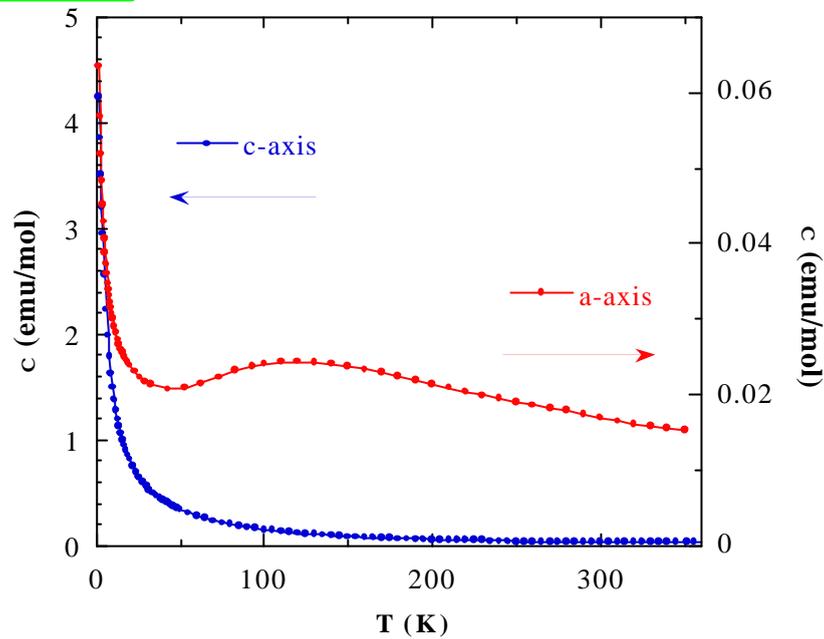
# 比熱測定



多段転移にもかかわらず entropy は高々  $\ln 2$ 。

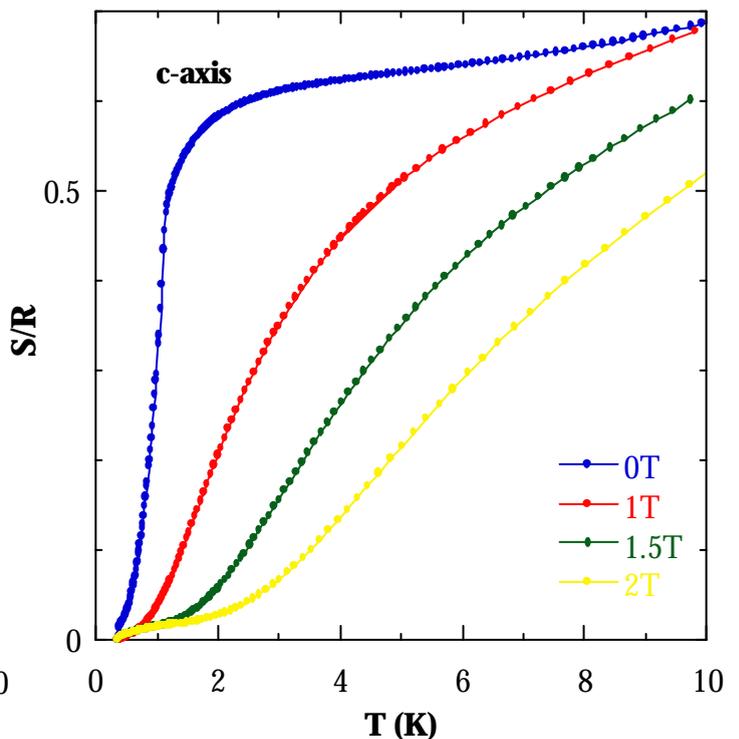
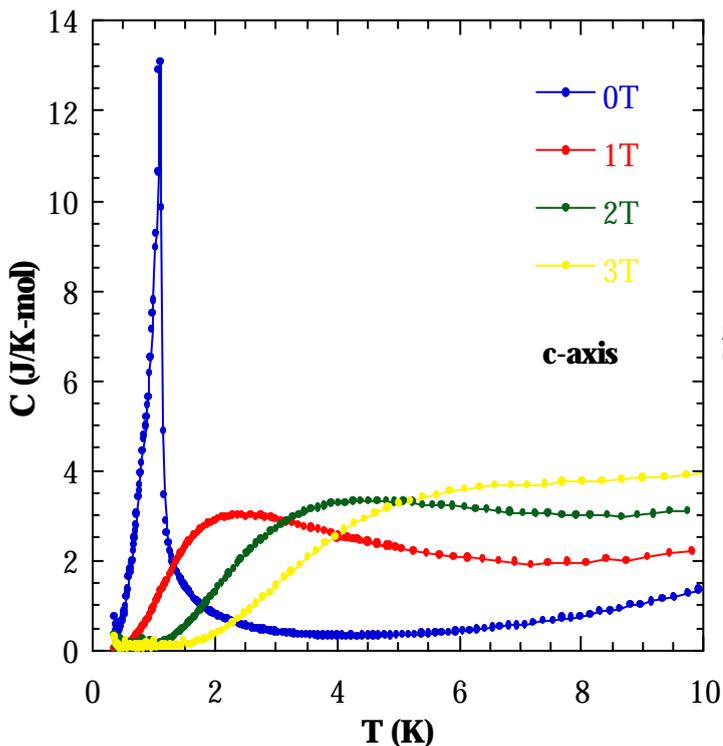
# TmPt<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>

## 磁化測定



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

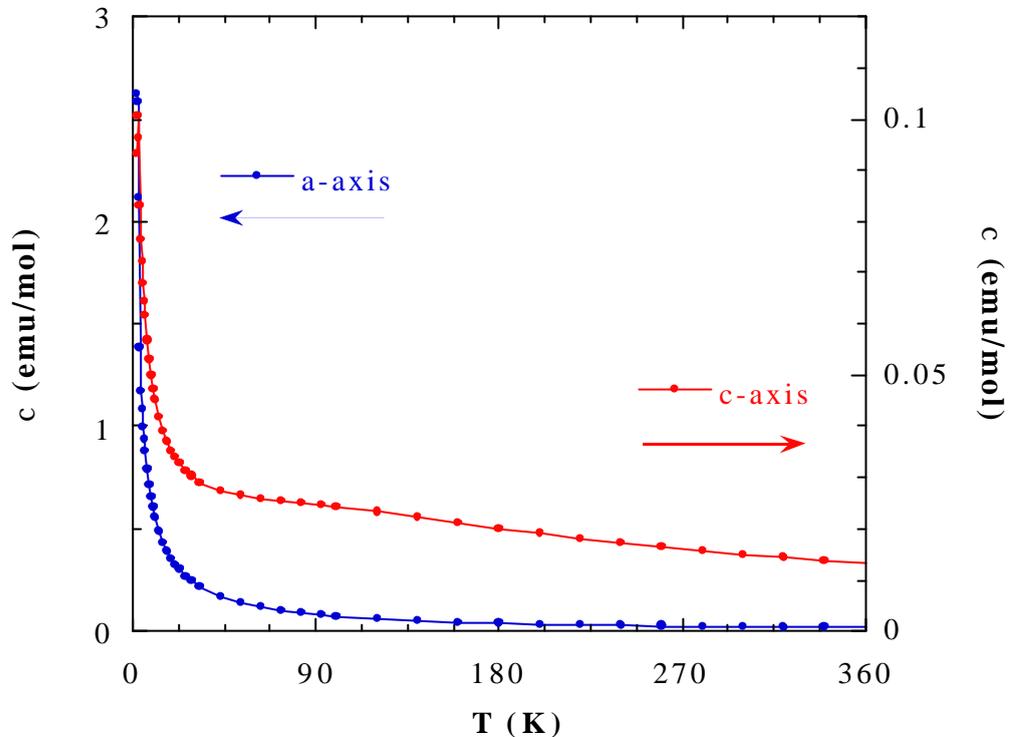
## 比熱測定



1.1Kに鋭利な転移。磁場により低温に移動。消失。

# TmCo<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>

## 磁化測定 (M-T低磁場)

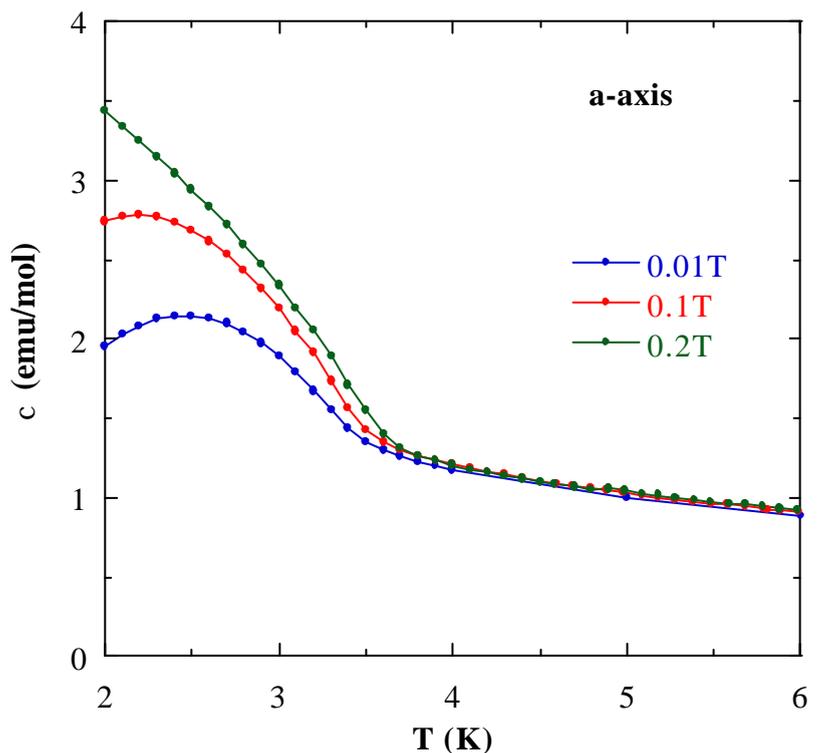


a軸が容易軸。  $\mu_{\text{eff}} = 7.69 \mu_B$ ,  $p = 4.632$  [K] (50 ~ 360 [K])

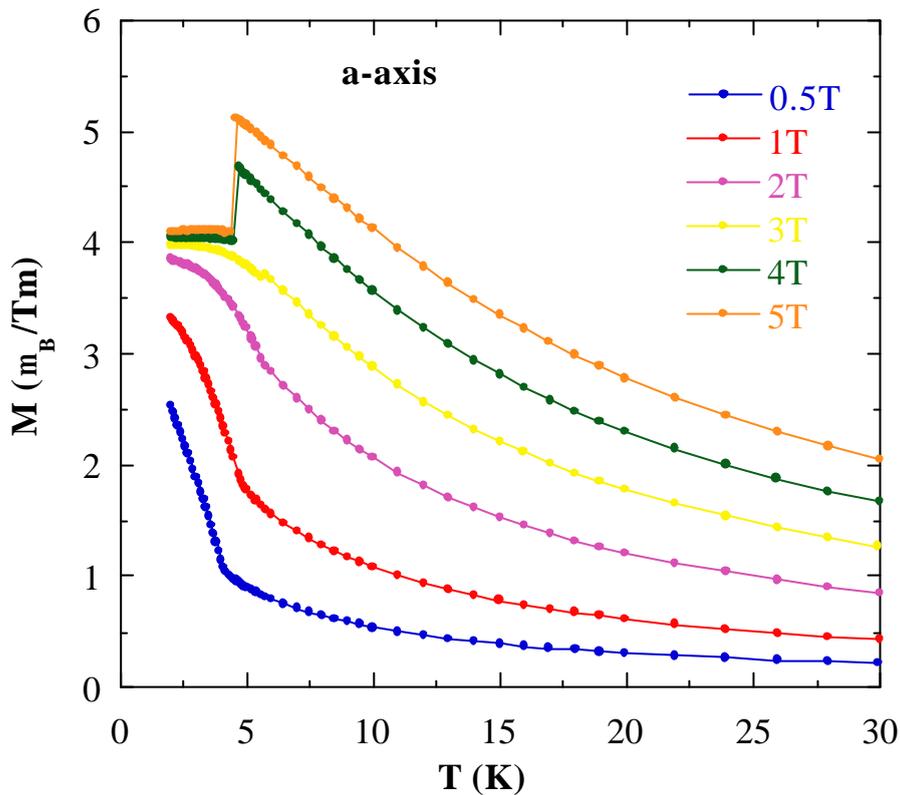
a軸3.5K付近に  
わずかな異常。



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。



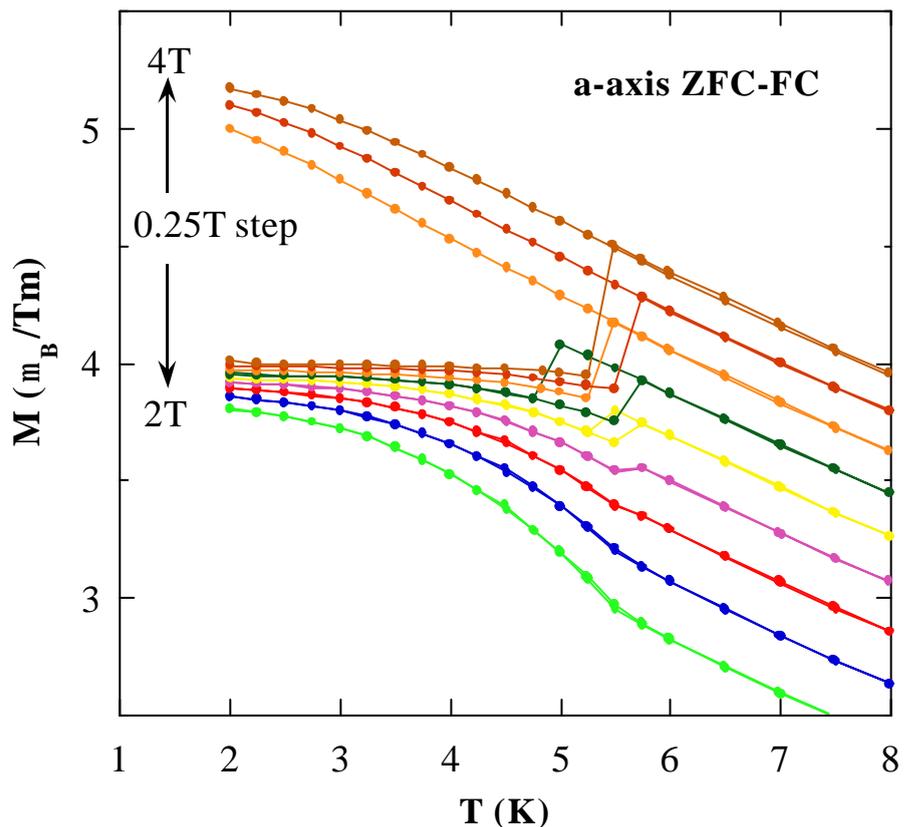
# 磁化測定(M-T高磁場)



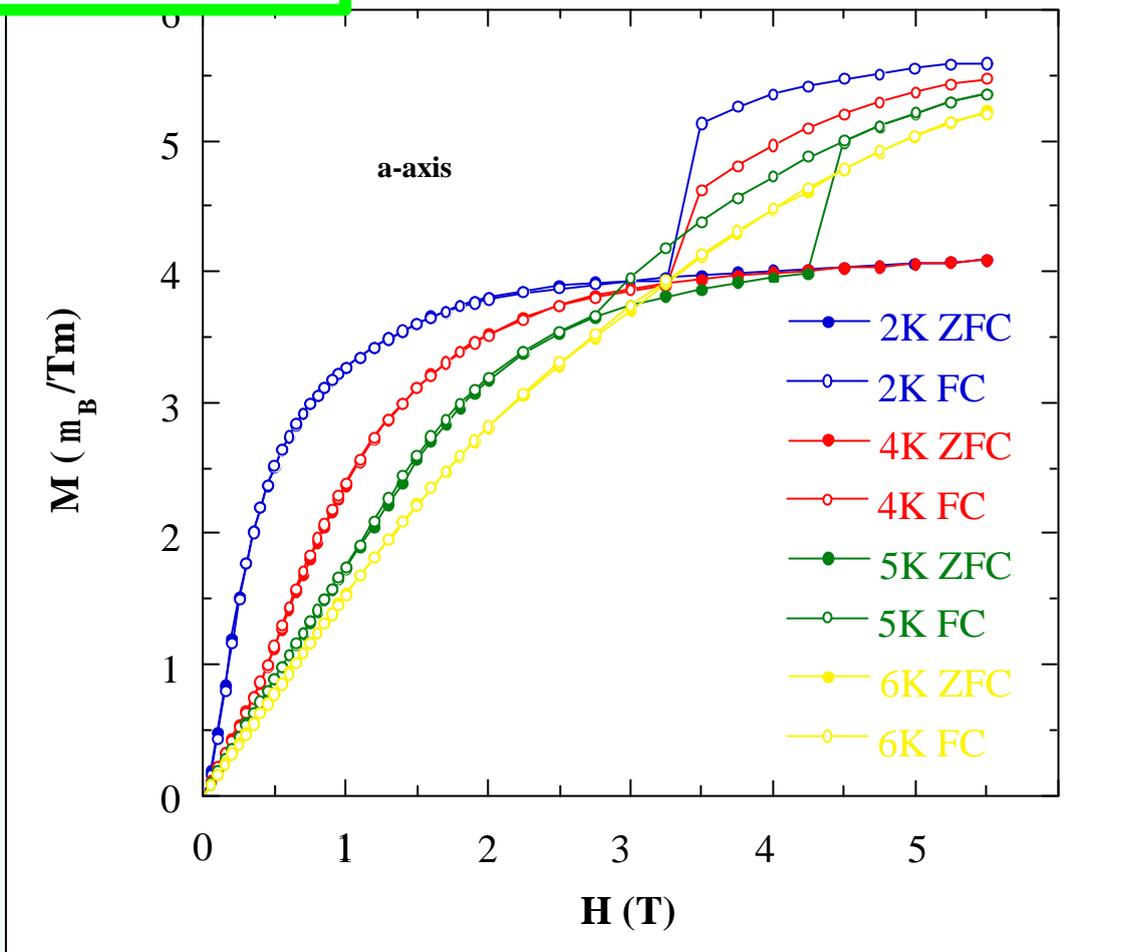
磁場を強くすると転移温度上昇。消失。高磁場側で磁化がstepする新たな転移が現れる。

3.5Tを境に  
ヒステリシスを持つようになる。

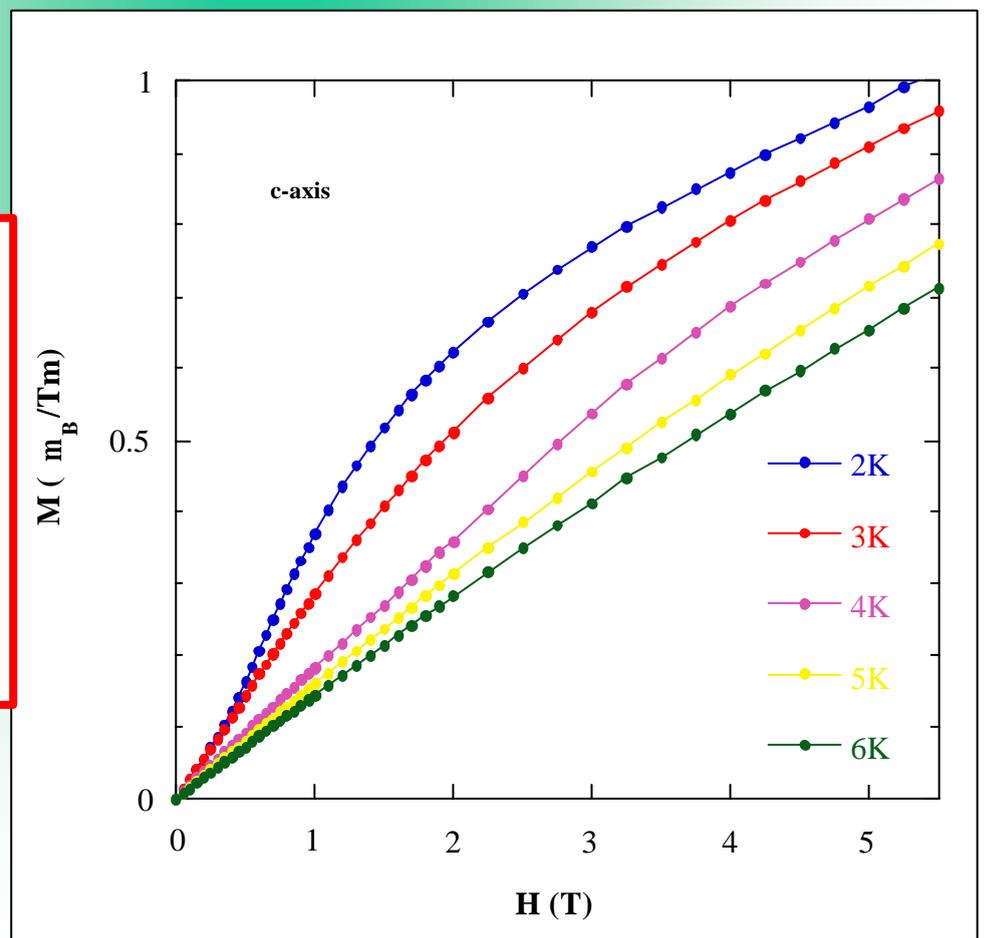
強磁場下で  
この転移温度は下がる  
傾向



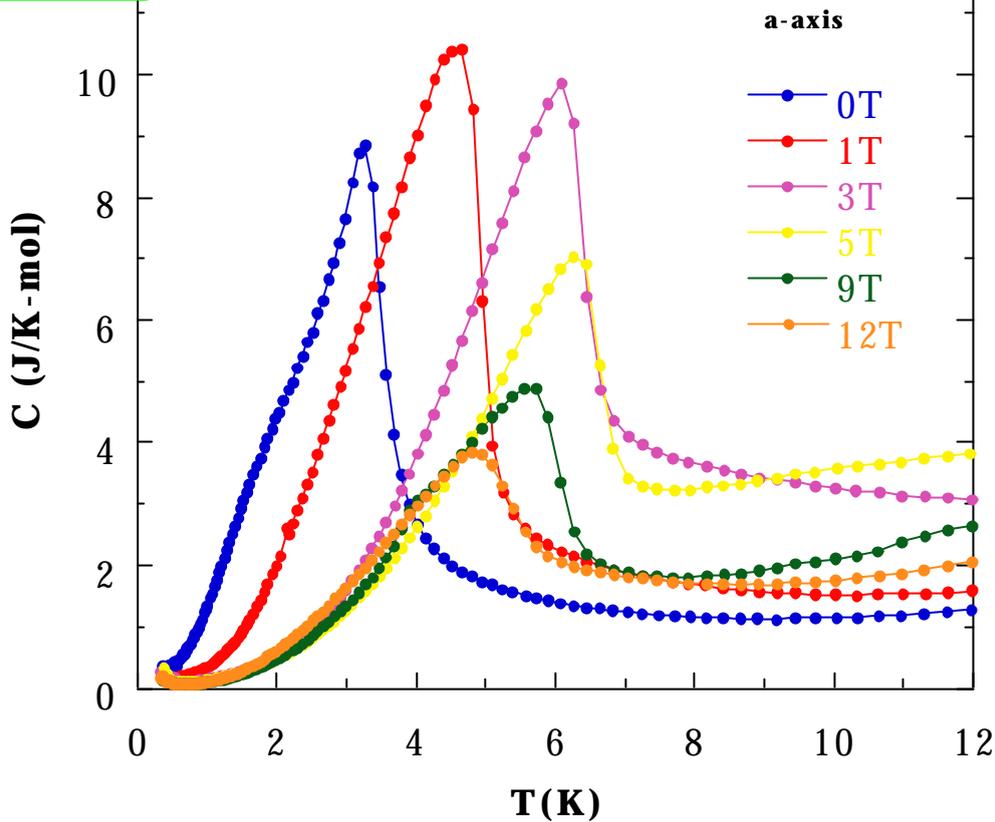
# 磁化測定(M-H)



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。

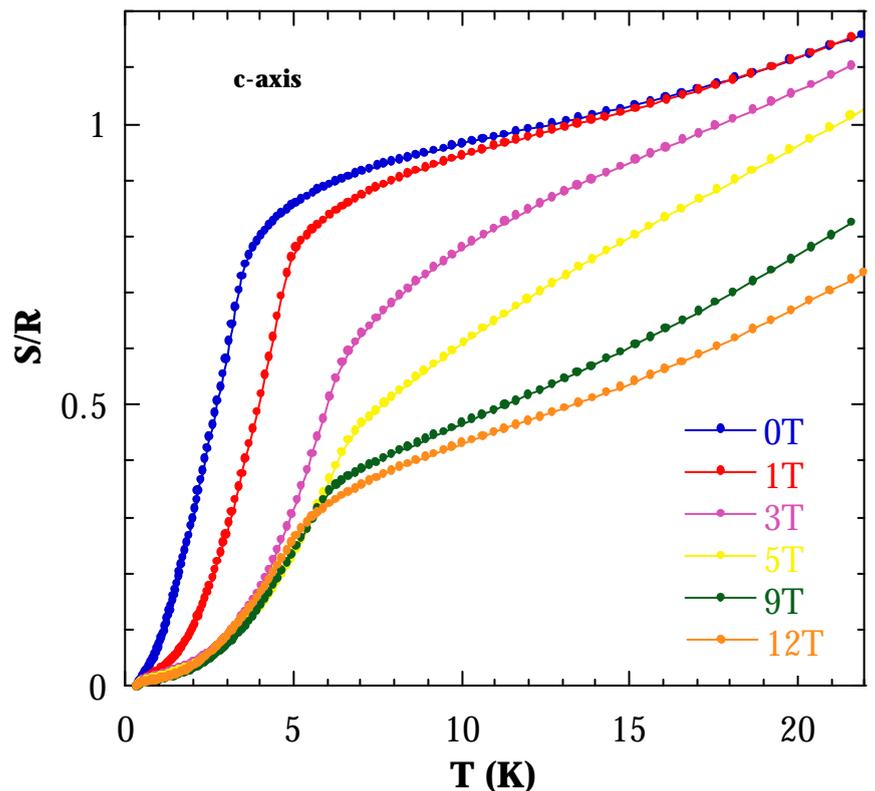


# 比熱測定

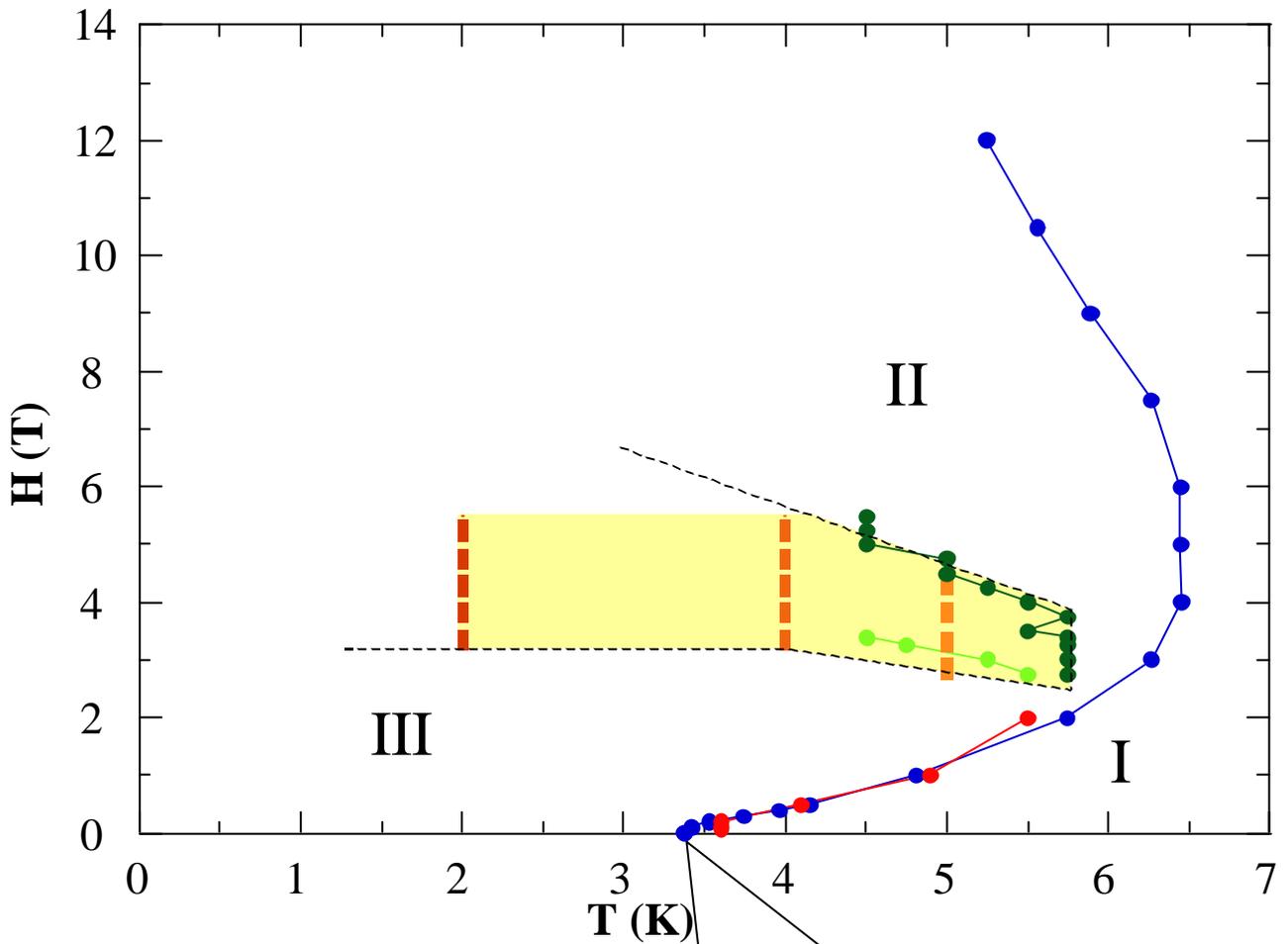


ラムダ型の転移の他、零磁場や9T等の高磁場で僅かな異常が見られる。

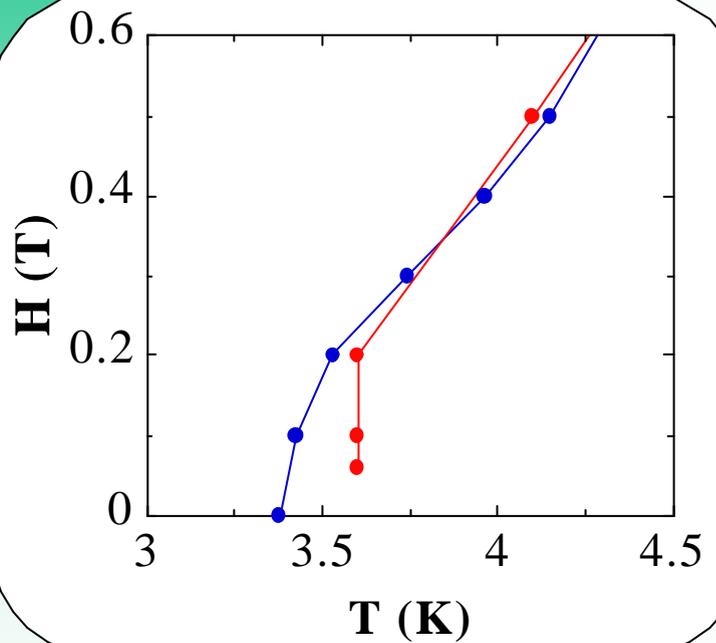
entropyは低磁場では転移点で $\ln 3$ を回復するのに対し、高磁場では $\ln 2$ 。低温からの立ち上がり方も異なる。



# 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

- $\text{TmAu}_2\text{Si}_2$

- 低温で多段転移がみられた。

- $\text{TmPt}_2\text{Si}_2$

- 1.1 [K]で鋭利な転移が見られた。

- $\text{TmCo}_2\text{Si}_2$

- 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。