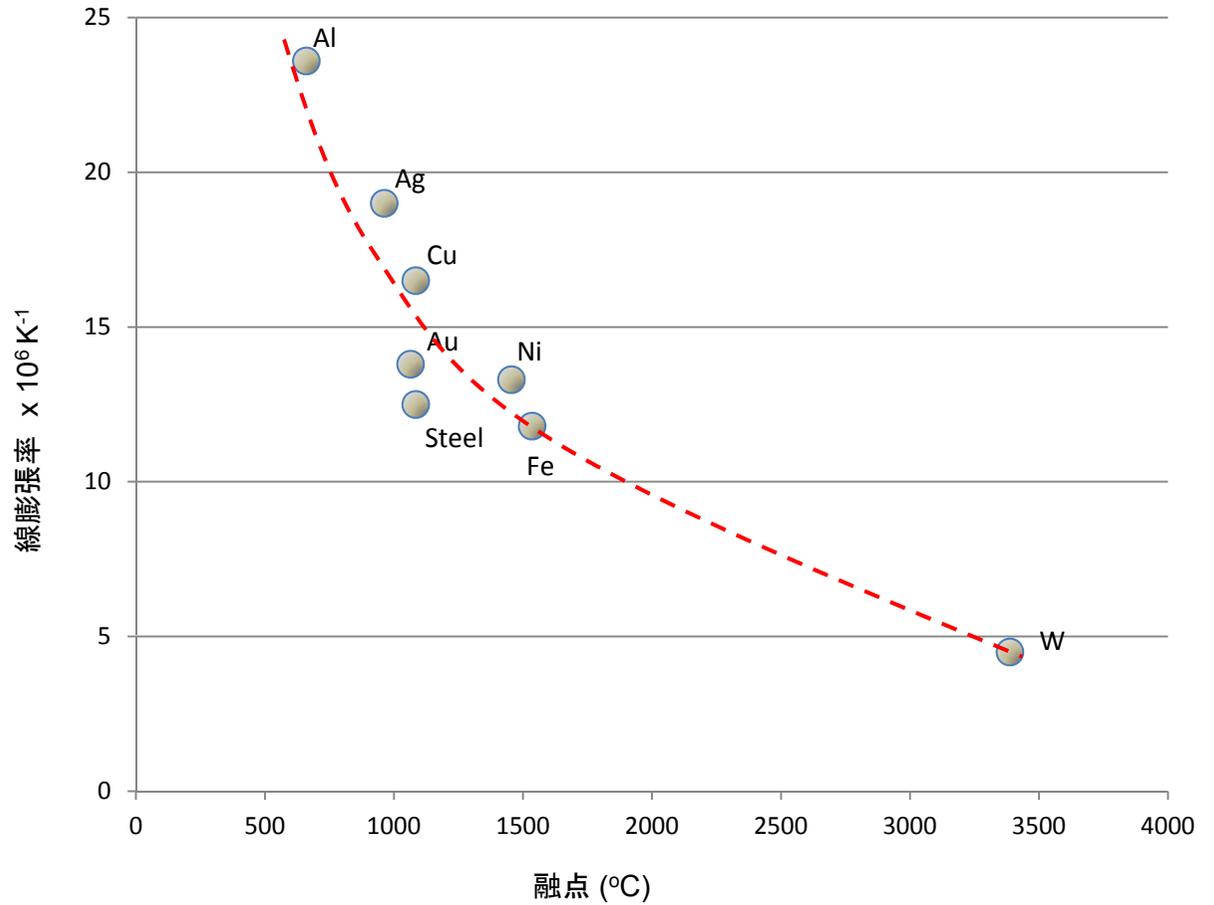


## さまざまな物質の熱的性質

## 金属の融点と線膨張率の関係

Metal	Tm (°C)	$\alpha_l \times 10^{-6}$ (K <sup>-1</sup> )
Al	660	23.6
Cu	1084	16.5
Au	1064	19.8
Fe	1535	11.8
Ni	1455	13.3
Ag	962	19.0
W	3387	4.5
Steel	1084	12.5



W:タングステン

## 金属

線膨張率 =  $5 \sim 25 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

合金 鉄-ニッケル, 鉄-コバルト  $1 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

## セラミックス

強い原子間結合  $\Rightarrow$  低熱膨張率  $0.5 \sim 15 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Fused Silica (高純度 $\text{SiO}_2$ ガラス) 不純物  $\Rightarrow$  線膨張率大

## ポリマー

線膨張率大 =  $50 \sim 300 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

線状, 分岐高分子 = 線膨張率大

架橋高分子 線膨張率小

金属、セラミックス、ポリマー間の相違は顕著  
セラミックス、高耐熱性 = 低線膨張率

Fused silica と Soda-lime glass の比較 (不純物の影響)  $0.5$  と  $9.0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

架橋高分子は線膨張率小 = Phenol formaldehyde (フェノール樹脂) 架橋高分子  
=  $68 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

$$C_P \approx C_V \approx 25 \text{ [J/(mol} \cdot \text{K)]} = 25 / x \text{ [J/(kg} \cdot \text{K)]}$$

### Metals

	$C_p$ (J/(kg · K))	原子量 x kg/mol	25/x J/(kg K)
Aluminum	900	26.98	926
Copper	386	63.55	393
Gold	130	196.97	127
Iron	448	55.85	448
Nickel	443	58.69	426
Silver	235	107.87	231
Tungsten	142	183.85	137

原子量が小さい方が、  
単位質量当たりの比  
熱は大きい

金属は、上記の式が  
よく成り立つ

### Ceramics

		x	25/x
Alumina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	775	102	245
Beryllia (BeO)	1050	25	1000
Magnesia (MgO)	940	40	625
Spinel (MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> )	790	142	176
Fused silica (SiO <sub>2</sub> )	740	60	417

### Polymers

		x	25/x
Polyethylene	2100	28	892
Polypropylene	1880	42	595
Polystyrene	1360	104	240
Polytetrafluoroethylene	1050	100	250
Nylon 6,6	1670	246	101

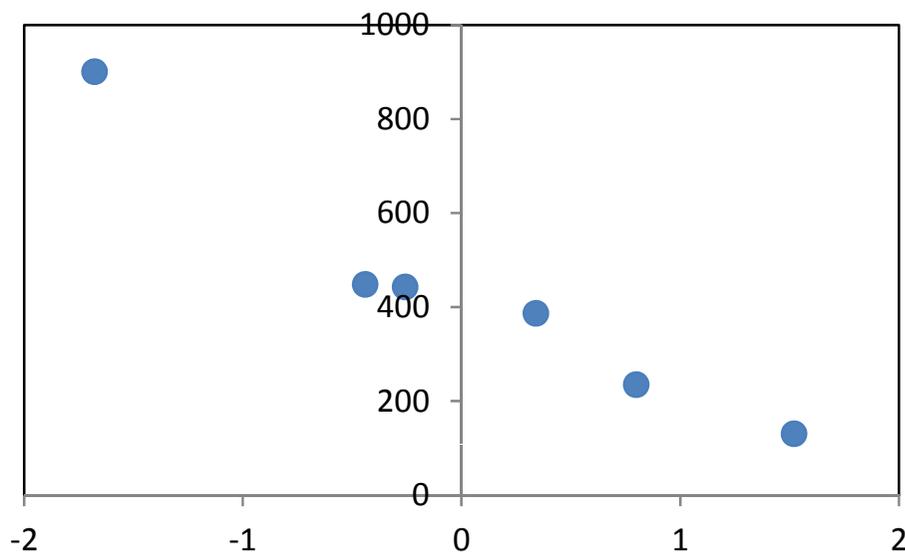
## Metals

$C_p$  (J/(kg · K))

Aluminum  
Copper  
Gold  
Iron  
Nickel  
Silver  
Tungsten

900  
386  
130  
448  
443  
235  
142

原子量 x kg/mol	25/x J/(kg K)	酸化還元 電位 (V)
26.98	926	-1.676
63.55	393	0.340
196.97	127	1.52
55.85	448	-0.44
58.69	426	-0.257
107.87	231	0.7991
183.85	137	



標準酸化還元電位(V)と線膨張率の関係

イオン化傾向が高いと比熱大

イオン化傾向と原子量の関係は？

金属

高純度の金属  $k_e$  の寄与大  $k = 20 \sim 400 \text{ W/(m K)}$

$$L = \frac{k}{\sigma T}$$

$T$  絶対温度

$\sigma$  電気伝導率

$L$  定数 ( $= 2.44 \times 10^{-8} \text{ } \Omega\text{W/K}^2$ )

$L$ は温度に依存しない

全ての熱伝導が自由電子によるもの⇒どの金属でも $L$ は等しい

Material	$L$ [ $\Omega\text{-W}/(\text{K})^2 \times 10^{-8}$ ]
Aluminum	2.24
Copper	2.27
Gold	2.52
Iron	2.66
Nickel	2.10
Silver	2.32
Tungsten	3.21
1025 Steel	—
316 Stainless steel	—
Brass (70Cu-30Zn)	—

タングステンのみ $L$ の値が大きい。

$L$ の値が大きい: 相対的にみれば、電気伝導率に比べ、熱伝導率が高い。

自由電子による熱伝導の効果が相対的に小さい。

タングstenは固い(高弾性率)  
他の金属に比べ、電気抵抗が大  
タングstenフィラメント

## 熱的性質(まとめ)

伝熱(伝導, 対流, 輻射), 製造(加工)

### 微視的

比熱                    定圧比熱, 定容比熱  
熱伝導率              フォノン, 自由電子  
熱膨張係数          ポテンシャルエネルギー      負の線膨張係数  
輻射率                黒体      有機材料(IR      赤外吸収との関係)  
各種物質の熱伝導率  
トピックス 炭素繊維, PBO(磁場配向) 異方性伝熱  
潜熱 (相転移)      吸着熱

### 巨視的

#### 熱伝導方程式

熱伝導率と熱拡散係数, 温度波  
熱伝達係数, ヌッセルト数, レイノルズ数(伝熱学, 流体力学)  
輻射 絶対温度の4乗に比例

各種温度計測法 熱電対(熱起電力), 放射温度計, 色温度計, サーモパイル

加熱方法 ヒータ, 輻射加熱, 電磁誘導加熱,