

熱力学-1

作成 2008年6月16日 R-0
都良設計有限会社 設計部

1. 概要

熱力学の学習・習得に際し、その基礎となる知識を整理する。

2. 熱膨張

前回の学習にて、熱の正体は運動である事がわかりました。

物体に熱を加えると温度が上昇するだけでなく、**体積が変化**する事が知られています
金属などの固体は主に長さが何倍伸びるかを**線膨張係数 (α)** で表します

液体は主に体積が何倍増加したかを**体膨張係数 (β)** と言います。

$\beta \doteq 3 \alpha$ ・対膨張係数は線膨張係数の約3倍に等しくなります。

線膨張係数の例 (20°C~40°C)

分子名		$\times 10^{-5} / ^\circ \text{K}$
Au	金	1.42
Ag	銀	1.97
Cu	銅	1.65
Pt	白金	0.89
Fe	鉄	1.17
Pb	鉛	2.93
Al	アルミ	2.39
Ti	チタン	0.85
	鋳鉄	1.05
	炭素鋼	1.22
	ステンレス	1.67

体膨張係数の例 (20°C~40°C)

分子名		$\times 10^{-3} / ^\circ \text{K}$
H ₂ O	水	0.21
C ₂ H ₆ O	エタノール	1.08
Hg	水銀	0.181

例1 長さ100mのレールが有ります 20°Cにて施設にた場合、夏季には最高80°Cになるとレールの伸び量はいくらか?

$$\begin{aligned}\Delta T &= T_2 - T_1 &&= 80^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} \\ &&&= 60^\circ\text{C} \\ \Delta L &= \alpha \cdot \Delta T \cdot L &&= 1.22 \times 10^{-5} \times 60^\circ\text{C} \times 100\text{m} \\ &&&= 0.0732 \text{ m} \quad (73.2\text{mm})\end{aligned}$$

例2 長さ20mの燃焼空気ダクト (620°C) が有ります ダクトの伸び量はいくらか?
ダクト材質はSUS304とする。

$$\begin{aligned}\Delta T &= T_2 - T_1 &&= 620^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} \\ &&&= 600^\circ\text{C} \\ \Delta L &= \alpha \cdot \Delta T \cdot L &&= 1.67 \times 10^{-5} \times 600^\circ\text{C} \times 20\text{m} \\ &&&= 0.2004 \text{ m} \quad (200.4\text{mm})\end{aligned}$$

例3 地球温暖化にて100年後大気温度がIPCC報告の1.1~6.4°C上昇したとした場合
海水の熱膨張にて海水面はいくら上昇するか? 海水は全て真水と仮定する
但し、海水の熱影響範囲は表層流のみとし海表面から500mとしそれ以下は影響無とする
北極の融氷にては海面変化無、南極の降雪増と氷河の融氷と水蒸気増加にて均衡とする。
海表面 (+6.4°C) 、500m部 ($\pm 0^\circ\text{C}$)

$$\begin{aligned}\Delta T_{\text{AV}} &= 6.4^\circ\text{C} / 2 &&= 6.4^\circ\text{C} / 2 \\ &&&= 3.2^\circ\text{C} \\ \Delta L &= \alpha \cdot \Delta T \cdot L &&= 0.21 \times 10^{-3} \times 3.2^\circ\text{C} \times 500\text{m} \\ &&&= 0.336 \text{ m} \quad (336\text{mm})\end{aligned}$$

故に地球温暖化では水没は不可能 最新のIPCC報告では (2007年 0.18~0.59m上昇)

3. 比熱

ある物体の単位質量を 1℃だけ高めるのに要する熱量を比熱 (C) と言う。

比熱は状態変化によって異なった値をとるが、固体の場合は熱膨張による仕事量が小さい為、比熱は一定と考えてよく、気体の場合は一般に定圧 (圧力が一定のもとでの) 比熱は定容 (容積が一定のもとでの) 比熱より大きい。

固体の比熱の例 (20℃において)

分子名		kcal/kg℃	kJ/kg℃
Au	金	0.031	0.130
Ag	銀	0.056	0.234
Cu	銅	0.092	0.385
Pt	白金	0.032	0.134
Fe	鉄	0.110	0.460
Pb	鉛	0.031	0.130
Al	アルミ	0.215	0.900

気体の比熱の例 (0Pa , 273.15K)

分子名		定圧比熱	定容比熱
		kJ(kg・K)	kJ(kg・K)
-	空気	1.055	0.718
H ₂	水素	14.25	10.25
N ₂	窒素	1.039	0.743
O ₂	酸素	0.914	0.654
CO	一酸化炭素	1.041	0.743
CO ₂	二酸化炭素	0.819	0.63
H ₂ O	水蒸気	-	-
NH ₃	アンモニア	2.06	1.57
CH ₄	メタン	2.16	1.63

例4 容器Aは10L , 50℃ の水 容器Bは5L , 20℃ の水がある全てを混ぜると何度となるか?

$$T = (V_1 \cdot T_1 + V_2 \cdot T_2) / (V_1 + V_2) = (10 \times (50 + 273.15) + 5 \times (20 + 273.15)) / (10 + 5) = 313.15K \quad (40^\circ C)$$

例5 容器に10L , 20℃ の水があるその中に鉄2kg、500℃を送入した水温は何度となるか? 但し蒸発はしないもの又、水の比熱は4.184kJ/kg℃とする。

考え方----鉄と水は熱均衡する $G_1 C_1 (t_2 - t_1) = G_2 C_2 (t_1' - t_2')$

$$\therefore t_2 = t_2' \quad \text{---} \rightarrow X \quad \text{とし代入すれば} \quad \therefore t_2 = t_2'$$

$$10 \text{kg} \times 4.184 \text{kJ/kg}^\circ\text{C} \times (X^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 2 \text{kg} \times 0.46 \text{kJ/kg}^\circ\text{C} \times (500^\circ\text{C} - X^\circ\text{C})$$

$$10 \times 4.184 \times (X - 20) = 2 \times 0.46 \times (500 - X)$$

$$41.84X - 836.8 = 460 - 0.92X$$

$$41.84X - 836.8 = 460 - 0.92X$$

$$42.76X = 1296.8$$

$$X = 30.33$$

$$\therefore 30.4^\circ\text{C}$$