



## 4. 물질의 열역학적 성질과 단위

### 4-1 온 도(temperature)

온도 : 다른 물체에 열을 전달할 수 있는 능력을 평가하는 열상태(thermal state)의 측정으로 정의 => 열에 대한 지표

표준 SI 단위 : 켈빈(Kelvin)이며 기호 K.

관습단위 :

상대척도(relative scale) : 섭씨도(degree celcius,  $^{\circ}\text{C}$ )와 화씨도(degree Fahrenheit,  $^{\circ}\text{F}$ ),

절대척도(absolute scale) : 랭킨도(degree Rankine,  $^{\circ}\text{R}$ ), K

온도의 환산 : ①온도의 환산과 ②온도차(눈금차)의 환산

① 섭씨눈금 : 1기압에서 물의 어는점을  $0^{\circ}\text{C}$ , 끓는점을  $100^{\circ}\text{C}$ 로 정하고, 그 사이를 100등분한 온도눈금. 여기에 273.15를 더하면 절대온도의 표현으로 K를 사용.

② 화씨눈금 : 어는점을  $32^{\circ}\text{F}$ , 끓는점을  $212^{\circ}\text{F}$ 로 정하고, 그 사이를 180 등분한 온도눈금. 여기에 459.67을 더하면 절대온도의 대응표현으로  $^{\circ}\text{R}$ 을 사용.

표준 SI 단위와 관습단위의 환산관계

2 • 제 1 권 화학공학의 기초

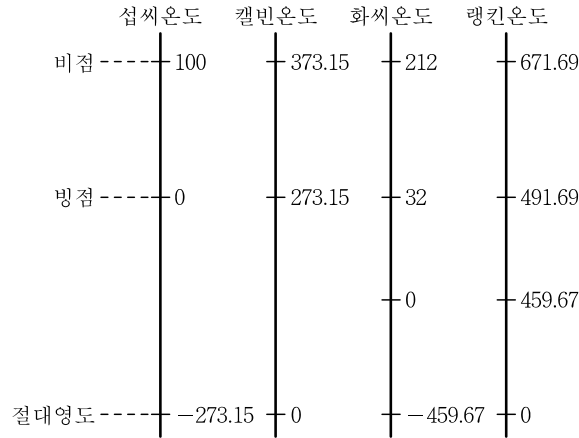


그림 4-1 각 온도의 정의와 범위

온도환산	온도차(눈금차) 환산
$t_F = 1.8t_C + 32$	$\Delta C = 1.8\Delta F$
$T_k = t_C + 273.15$	$\Delta K = \Delta C$
$T_R = 1.8T_k$	$\Delta K = 1.8\Delta R$
$T_R = t_F + 459.67$	$\Delta R = \Delta F$

### 4-2 열량과 비열

열 : 온도가 높은 물체에서 온도가 낮은 물체로 이동하는 그 무엇.

열량의 단위 : 1기압하에서 순수 1kg을 온도 145℃에서 155℃로 1℃ 상승시키는 데 필요한 열, = 1kcal.

열용량(heat capacity) : 어떤 물체의 온도를 1℃ 상승시키는 데 필요한 열량  
어떤 물체의 온도를  $t_1$ 에서  $t_2$ 로 상승시키는 데 필요한 열량을  $Q$ 라 할 때 그 물체의 열용량

$$C = \frac{Q}{t_2 - t_1}, \quad \text{단위 : J/K, kcal/℃.}$$

비열(specific heat) : 일정 압력에서 어떤 물체의 단위질량당 열용량  
 물체의 질량이  $m$ 이라면 그 물질의 비열 :

$$c_p = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)} \quad , \quad \text{단위 : J/kg} \cdot \text{K, kcal/kg} \cdot \text{°C.}$$

### 4-3 열과 일의 에너지 환산

기계적인 작업(일, work) => 열(heat)이 발생

$$W = JQ$$

$J$  : 열의 일당량, 427 kgf·m/kcal

일, 열, 에너지의 표준 SI 단위 : 1 J = 1 N·m

일  $W$  :  $W = FL$

일과 열의 환산단위 :

$$1 \text{ kgf} \cdot \text{m} = 9.8 \text{ N} \cdot \text{m} = 9.8 \text{ J}$$

$$1 \text{ lbf} \cdot \text{ft} = 0.138 \text{ kgf} \cdot \text{m} = 1.36 \text{ J}$$

열의 환산단위 :

$$1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J}$$

$$1 \text{ Btu} = 252 \text{ cal} = 1055 \text{ J}$$

표 4-1 일, 에너지, 열량 [ $\text{ML}^2\text{T}^{-2}$ ], [FL], [Q]

J	kgf·m	l·atm	Btu	kcal	kW·h
1	0.1020	0.009869	$9.478 \times 10^{-4}$	$2.388 \times 10^{-4}$	$2.778 \times 10^{-7}$
9.807	1	0.09678	0.009295	0.002342	$2.724 \times 10^{-6}$
101.3	10.33	1	0.0960	0.02420	$2.815 \times 10^{-5}$
1055	107.6	10.41	1	0.2520	$2.930 \times 10^{-4}$
4187	426.9	41.32	3.968	1	0.001163
$3.6 \times 10^6$	$3.671 \times 10^5$	$3.553 \times 10^4$	3412	859.8	1

\*  $1 \text{ erg} = 1 \text{ dyn} \cdot \text{cm} = 10^{-7} \text{ J}$ ,  $1 \text{ W} \cdot \text{s} = 1 \text{ V} \cdot \text{A} \cdot \text{s} = 1 \text{ J}$ 열화학 칼로리:  $1 \text{ cal}_m = 4.1840 \text{ J}$ , 국제 칼로리:  $1 \text{ cal}_r = 4.1868 \text{ J}$ 

#### 4-4 에 너 지

에너지 : 일을 할 수 있는 능력이며, 여러 형태로 변화될 수 있으며, 서로 전환  
SI 단위계 : J(줄).

1J : 「1N의 힘으로 1kg의 물체를 1m 움직일 때에 한 일」이며, 「열과 일의 동등성(에너지 보존법칙)」에 의해서 동시에 열량 에너지의 단위

##### 【1】 내부에너지와 엔탈피

내부에너지 : 물질의 원자핵 둘레를 회전하고 있는 전자의 운동에너지, 핵과 전자 또는 이들 상호간의 인력에 의한 정전기 퍼텐셜 에너지(potential energy), 분자 내 전자의 진동에너지, 다원자 분자의 회전운동에너지, 분자간 힘에 의한 퍼텐셜 에너지, 개개 분자의 운동에너지 등 물질이 본래 보유하고 있는 에너지를 총칭으로 물질의 상태 (온도, 압력, 조성)함수,  $U$ .

$$\text{계의 내부에너지} : \Delta U = U_2 - U_1 \quad \text{또는} \quad \int dU = 0$$

o 실용상 압력에너지와 묶어서 엔탈피(enthalpy)로 취급하는 것이 편리.

$$Q - W = U_2 - U_1$$

음미 : 열역학 제 1 법칙을 상태변화에 대해 적용한 식으로서 정지 유체에 대한 일반 에너지식.

현열(sensitivity heat) : 상전이 없이 물체의 온도를 상승

잠열(latent heat) : 상전이가 있는 용해나 증발 등에 필요한 열.

**【2】 위치에너지**

위치에너지(potential energy,  $E_p$ ) : 질량  $m$ 인 물체가 중력장에서 기준면보다 높이  $z$ 만큼 위에 있을 때의 에너지

$$E_p = mz(g/g_c)$$

**【3】 운동에너지**

운동에너지(kinetic energy,  $E_k$ ) : 물체 중심의 운동 특성으로서 질량  $m$ 인 물체가 평균속도  $\bar{u}$ 로 움직이고 있을 때의 에너지

$$E_k = \frac{m\bar{u}^2}{2g_c}$$

**【4】 압력에너지**

압력에너지(pressure energy) : 압력  $P$  [kgf/m<sup>2</sup>], 비용  $v$  [m<sup>3</sup>/kg]가 되는 유체 1 kg은 앞쪽에 대해서  $Pv$  [kgf·m/kg]에 상당하는 일을 할 수 있는 에너지

**4-5 엔탈피**

엔탈피(enthalpy) : 물질은 내부에너지 외에 압력과 체적을 곱한 값에 상당하는 에너지를 갖고 있는데, 이 에너지들의 합

$$H = U + Pv$$

$$Q = H_2 - H_1 = mc_p(\Delta t)$$

## 4-6 동 력

일률(power) 또는 동력 : 단위 시간에 한 일, 표준 SI 단위는 W.

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$$

동력의 관습단위 :

$$1 \text{ hp}(\text{horse power}) = 550 \text{ lbf}\cdot\text{ft/s} = 76.0 \text{ kgf}\cdot\text{m/s} = 745.7 \text{ W}$$

$$1 \text{ PS}(\text{pferde stärke}) = 75 \text{ kgf}\cdot\text{m/s} = 735.5 \text{ W} = 0.9863 \text{ hp}$$

일, 에너지 : 동력과 시간의 곱

$$1 \text{ W}\cdot\text{s} = 1 \text{ J}$$

$$1 \text{ kW}\cdot\text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J} = 3.6 \text{ MJ} = 860 \text{ kcal}$$

표 4-2 동 력

kW	kgf·m/s	hp(영국마력)	PS	kcal/h
1	102.0	1.341	1.360	859.8
0.009807	1	0.01315	0.01333	8.432
0.7457	76.04	1	1.014	641.1
0.7355	75	0.9863	1	632.4
0.001163	0.1186	0.001559	0.001581	1

\*  $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^3$ ,  $1 \text{ hp}(\text{horse power}) = 550 \text{ lbf}\cdot\text{ft/s}$