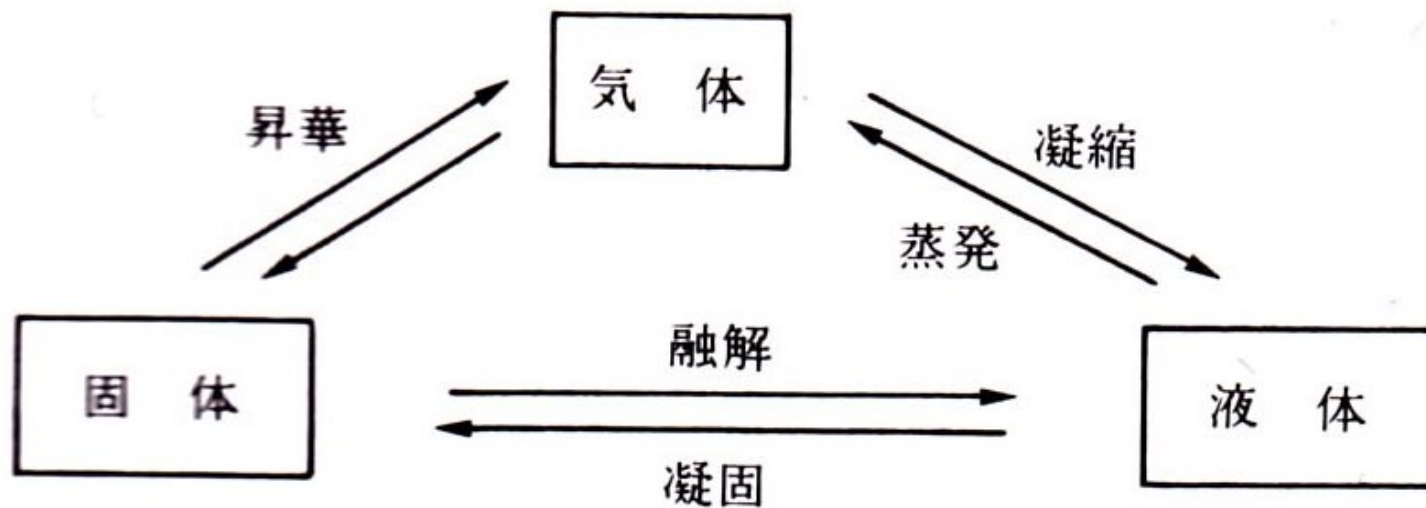
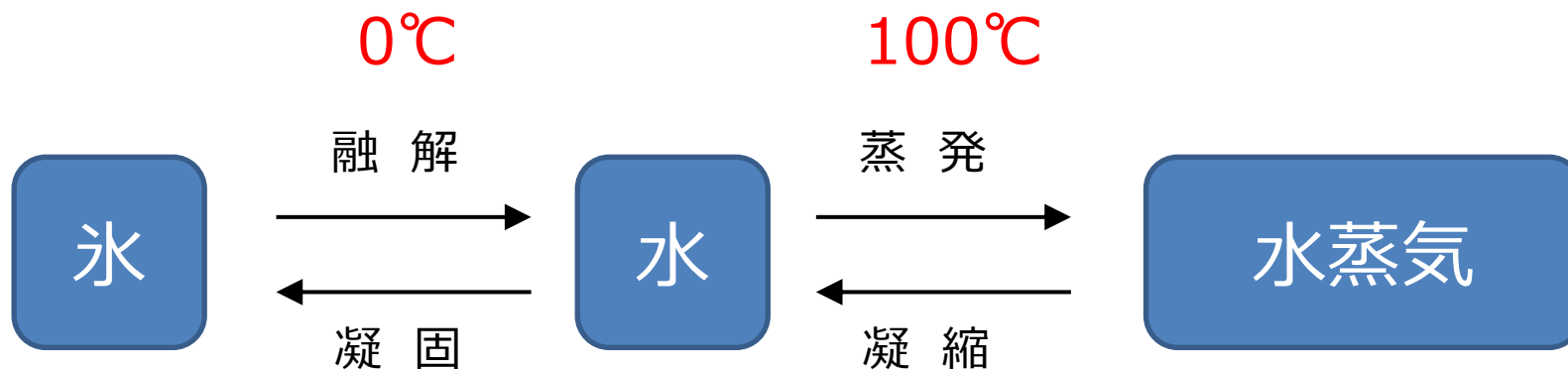


目標

物質の三態：気体，液体，固体の性質と相変化を説明できる。



# 水



これは 1気圧下での変化・・・

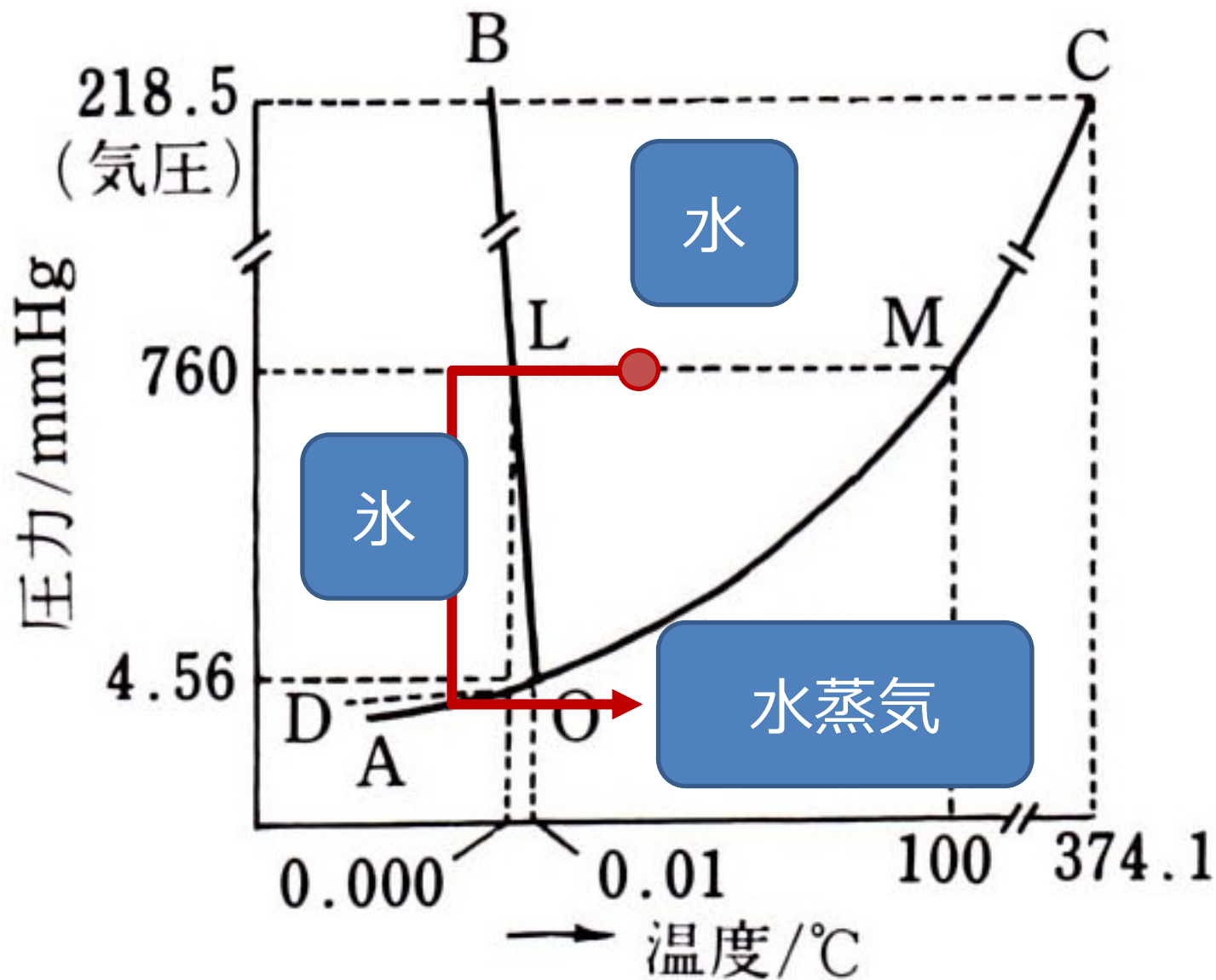
圧力が変わると

氷→水蒸気の変化が起こります

例えばフリーズドライ



# 水の状態図



# 気体 ボイル=シャルルの法則

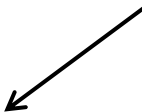
ボイルの法則： 一定温度では、気体の体積 $V$ は、圧力 $P$ に反比例する

シャルルの法則： 一定圧力下では、気体の体積 $V$ は、温度 $T$ に比例する

( $0^{\circ}\text{C} = 273.15\text{ K}$ )

---

量を決める


$$\frac{PV}{T} = k \text{ (const.)}$$

# 気体 理想気体の状態方程式

気体の量が1 molの時の体積 $V_m$  (モル体積) を基準にして、 $k$  を定数にする

→ 気体定数  $R = P V_m / T$  (0°C、1 atm)

$$= 1 \times 22.414 / 273.15 = 0.082056 \text{ L atm} / \text{K mol}$$

$$= 8.3145 \text{ J} / \text{K mol}$$

理想気体の $V_m$  22.414 L

$$P V_m = R T$$

表 6-1 0°C, 1 気圧におけるモル体積 (dm<sup>3</sup>)

気 体	体 積	気 体	体 積
水 素	22.432	アルゴン	22.390
ヘリウム	22.396	塩 素	22.063
メ タ ン	22.377	二酸化炭素	22.263
窒 素	22.403	エ タ ン	22.172
酸 素	22.392	エチレン	22.246
アンモニア	22.094	アセチレン	22.085

# 気体 理想気体の状態方程式

理想気体の状態方程式

$n \ \& \ T = \text{const.}$

$$P V = n R T$$

$n \ \& \ P = \text{const.}$

ボイルの法則

$$P V = \text{const.}$$

シャルルの法則

$$\frac{V}{T} = \text{const.}$$

$n = \text{const.}$

ボイル・シャルルの法則

$$\frac{P V}{T} = \text{const.}$$

$T = \text{const.}$

$P = \text{const.}$

# 理想気体と実在気体

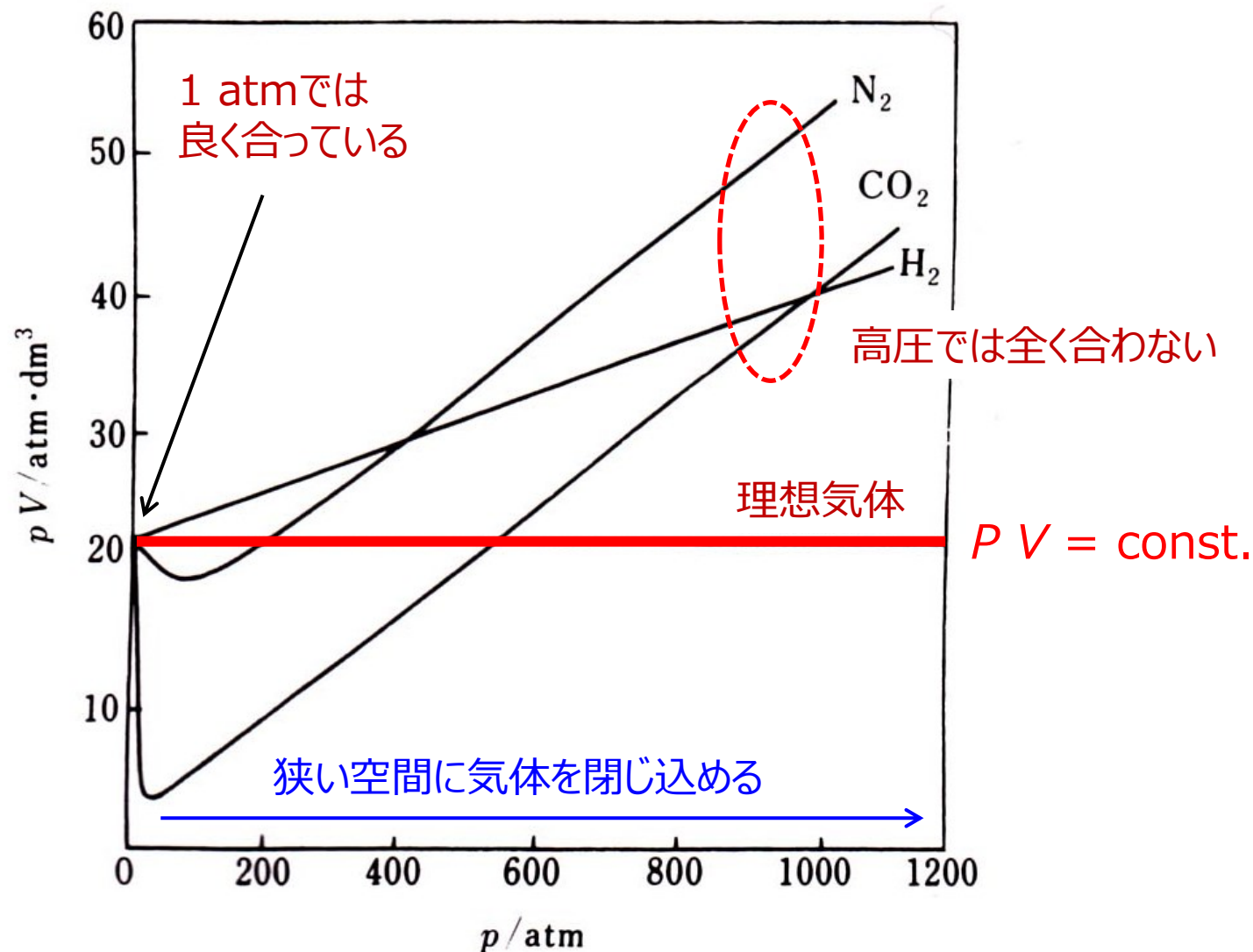
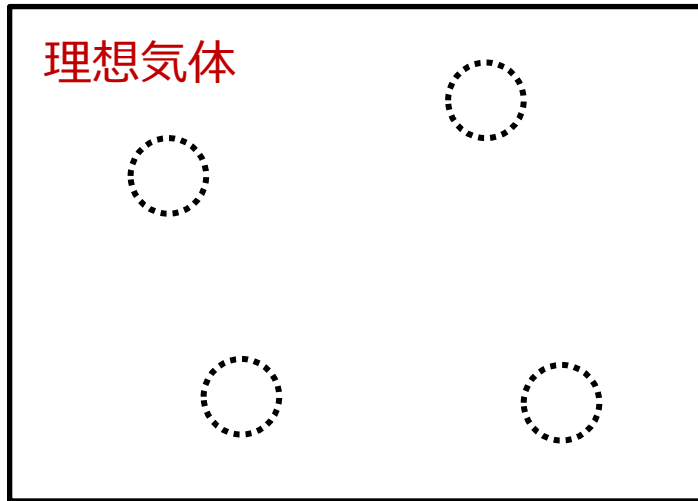


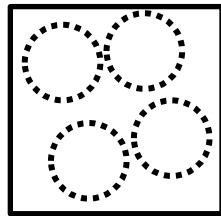
図 6-1 実在気体の理想性からのずれ (1 mol, 0°C)

# 狭い空間に閉じ込めると・・・

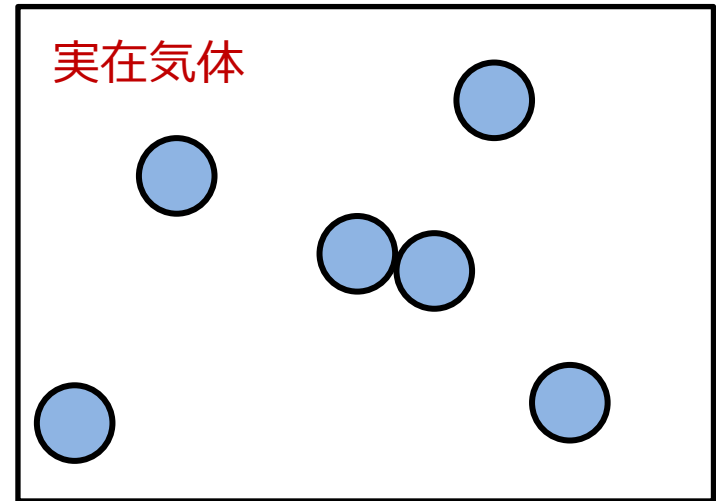
高温・低圧では理想気体とはみなせる



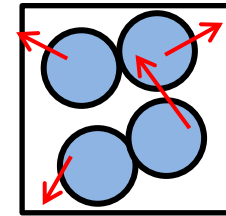
- 体積ゼロ
- 相互作用なし



何も起こらない



- 体積がある
- 相互作用する



低温・高圧では理想気体とは全く異なる



# ファンデルワールス力を考慮

$$\left[ P + a \left( \frac{n}{V} \right)^2 \right] (V - nb) = nRT$$

分子間力（ファンデルワールス力）補正

1モル当たりの体積を補正

表 6-2 ファンデルワールス定数

気 体	滞 点	$a/\text{dm}^6 \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-2}$	$b/\text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
H <sub>2</sub>	-252.8	0.2444	0.02661
He	-269	0.03412	0.02370
N <sub>2</sub>	-195.8	1.390	0.03913
O <sub>2</sub>	-183.0	1.360	0.03183
CO	-191.5	1.485	0.03985
NO	-151	1.340	0.02789
CO <sub>2</sub>		3.592	0.04267
H <sub>2</sub> O	100	5.464	0.03049

# 気体の液化



77 K (-196°C)

# CO<sub>2</sub>の液化

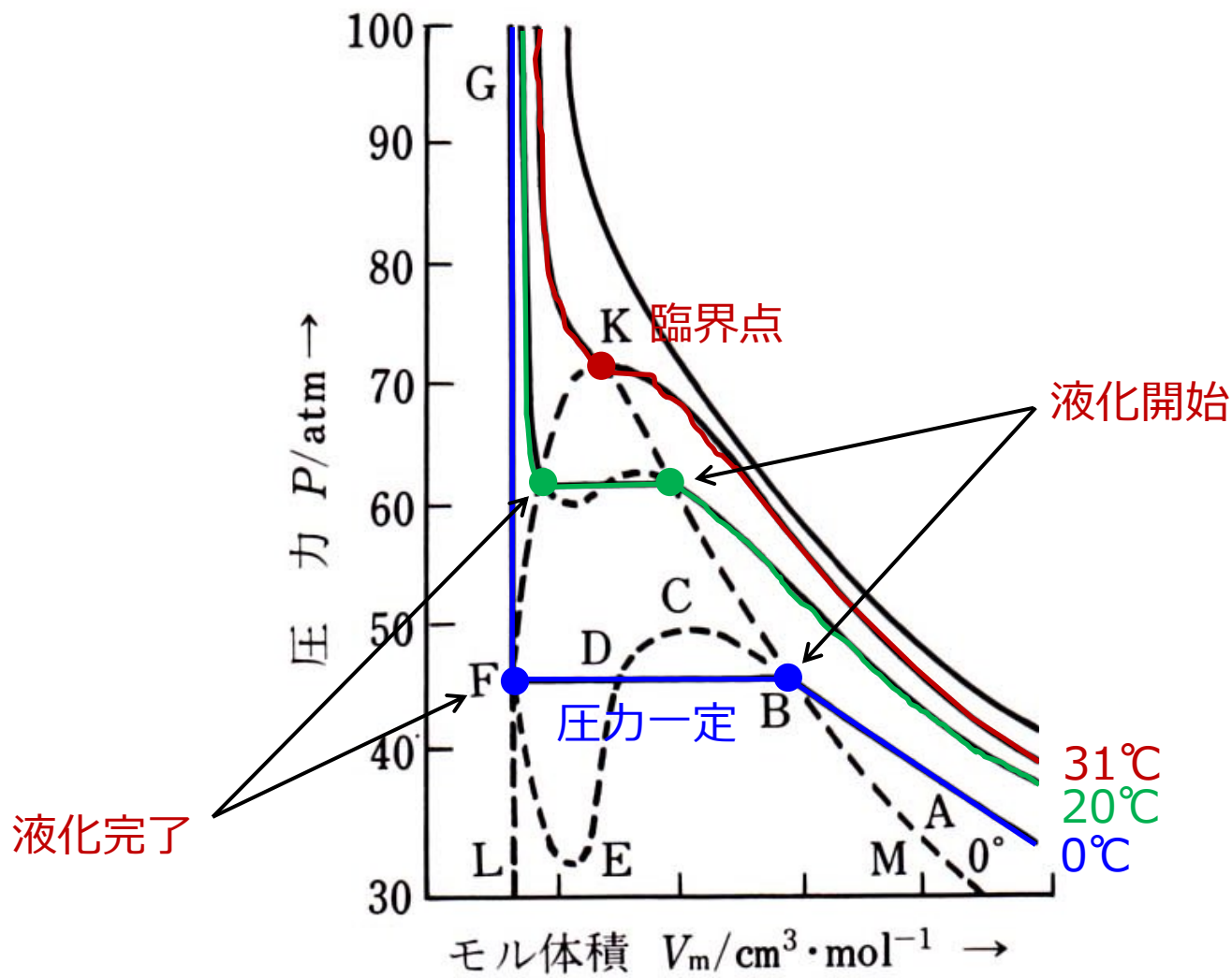
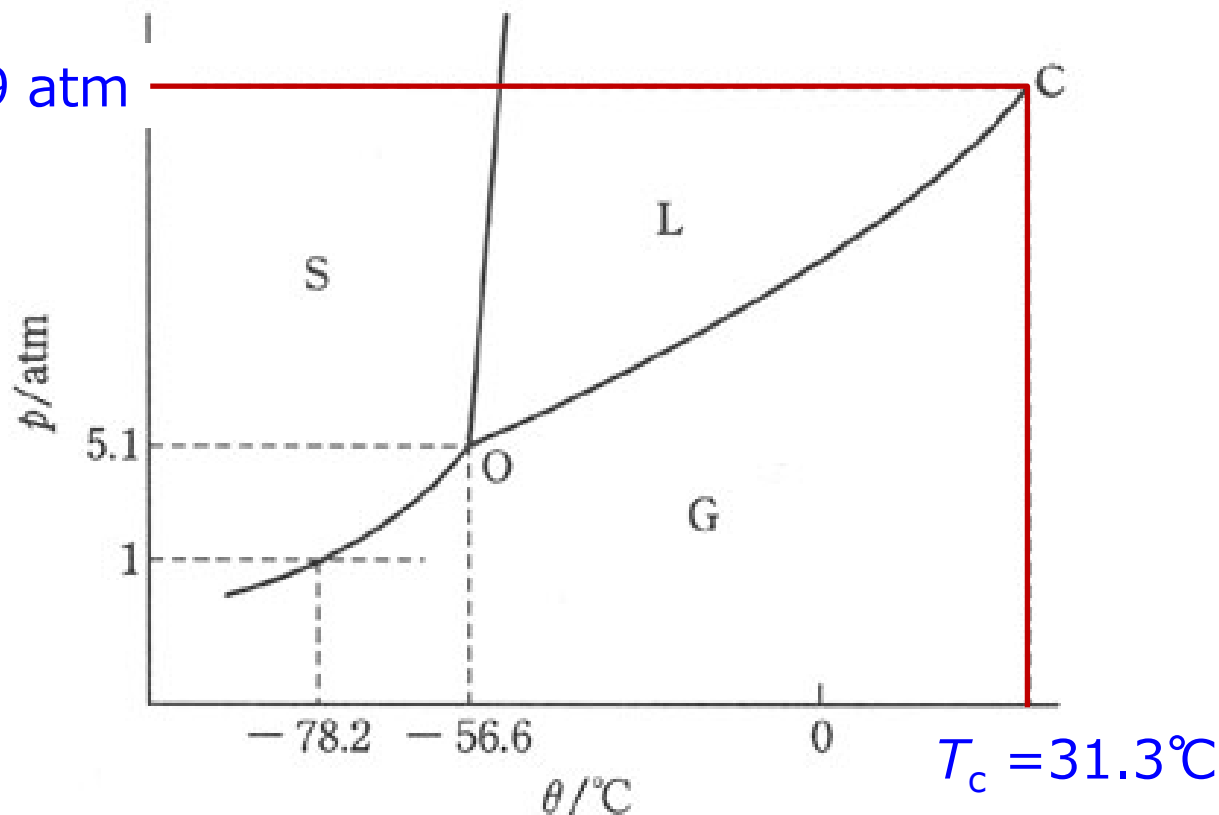


図 6-4 CO<sub>2</sub>の状態図

# CO<sub>2</sub>の液化

$P_c = 72.9 \text{ atm}$



気体	臨界温度 $T_c/^\circ\text{C}$	臨界圧力 $P_c/\text{atm}$	臨界体積 $V_c/\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
He	-267.9	2.26	57.7
H <sub>2</sub>	-239.9	12.8	65.0
N <sub>2</sub>	-147.1	33.5	90.0
O <sub>2</sub>	-118.8	49.7	74.4
CO	-139.5	35.5	
CO <sub>2</sub>	31.3	72.9	95.6

# アルコール消毒



アルコール消毒すると乾くときに手が冷たくなります



蒸発熱  $\Delta H_{\text{vap}}$

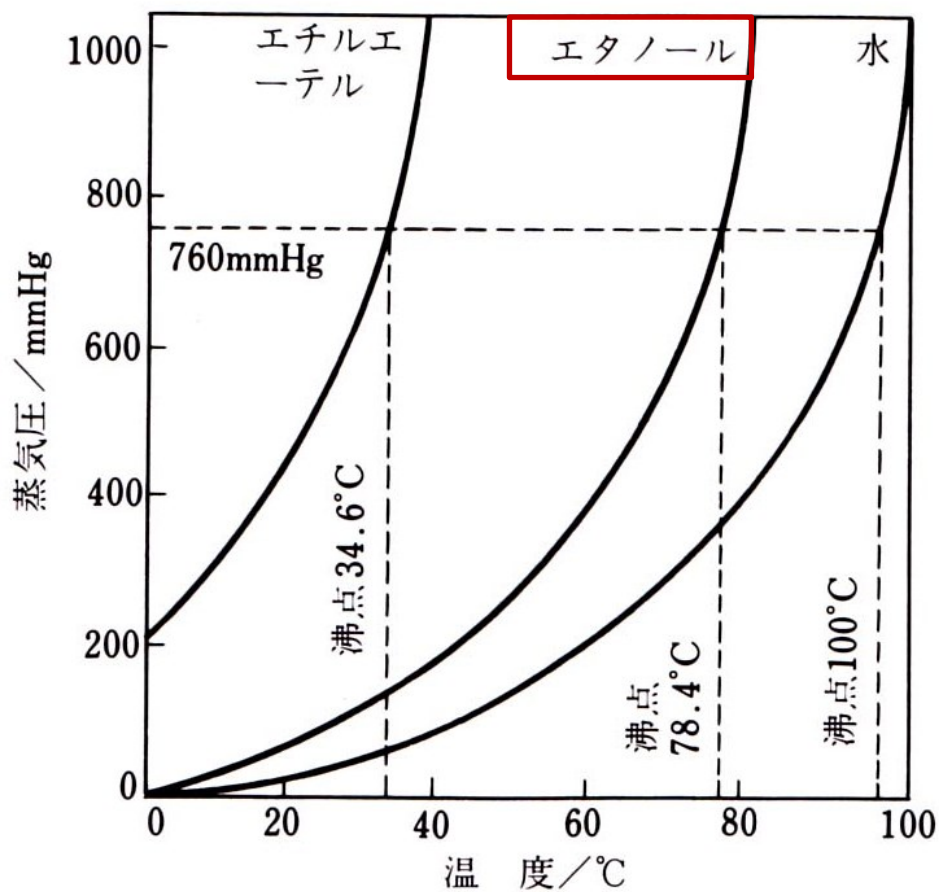


図 6-5 蒸気圧曲線



# 打ち水： 水の蒸発熱で地面を冷やします

マンション / コミュニケーションイベント

## 打ち水で、 みんなハッピー。

大暑

処暑

打ち水  
推奨期間

2010 7.23.fri ~ 8.23.mon

いいことだから続けよう。

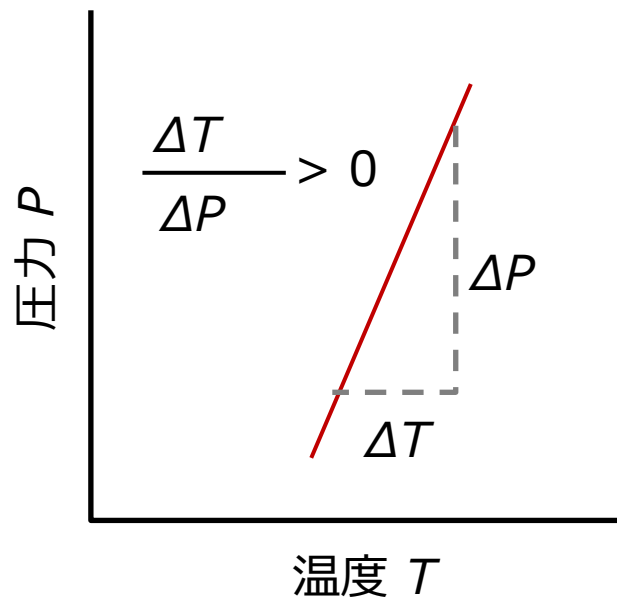
マンション打ち水大作戦2010



# 固体→液体、固体→気体、液体→気体

いずれも熱が奪われます。

	A	B		
融解)	固体→液体		融解熱	$\Delta H_{\text{fus}}$
昇華)	固体→気体		昇華熱	$\Delta H_{\text{sub}}$
蒸発)	液体→気体		状発熱	$\Delta H_{\text{vap}}$

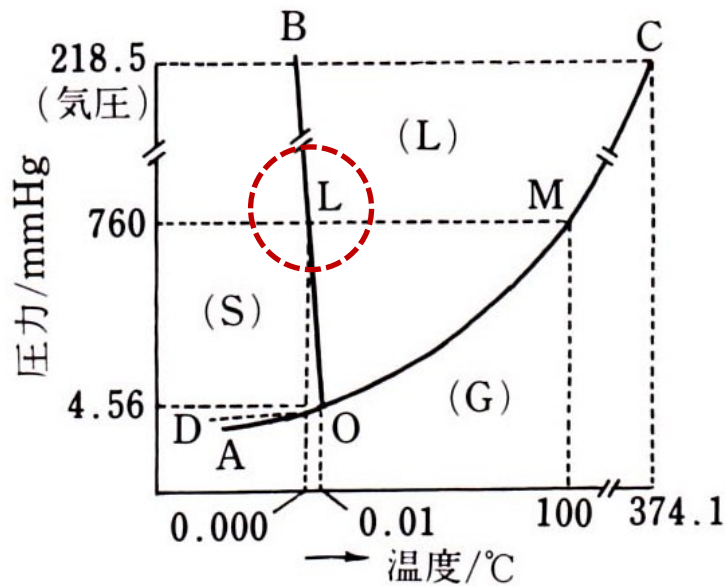
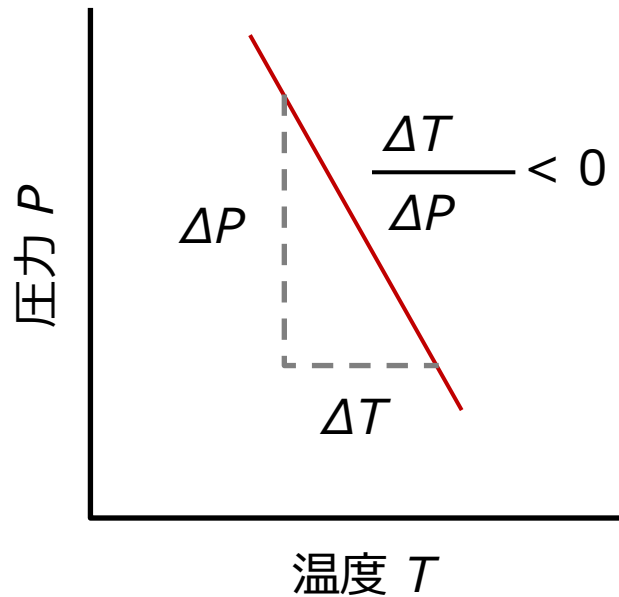


Clausius-Clapeyronの式

$$\frac{\Delta T}{\Delta P} = \frac{\Delta H}{T (V_B - V_A)}$$

モル体積

# 氷は高圧になると融けて水になる→スケート





# 溶液



溶媒 水

溶質 NaCl、MgCl<sub>2</sub>など

# 固体の溶解度

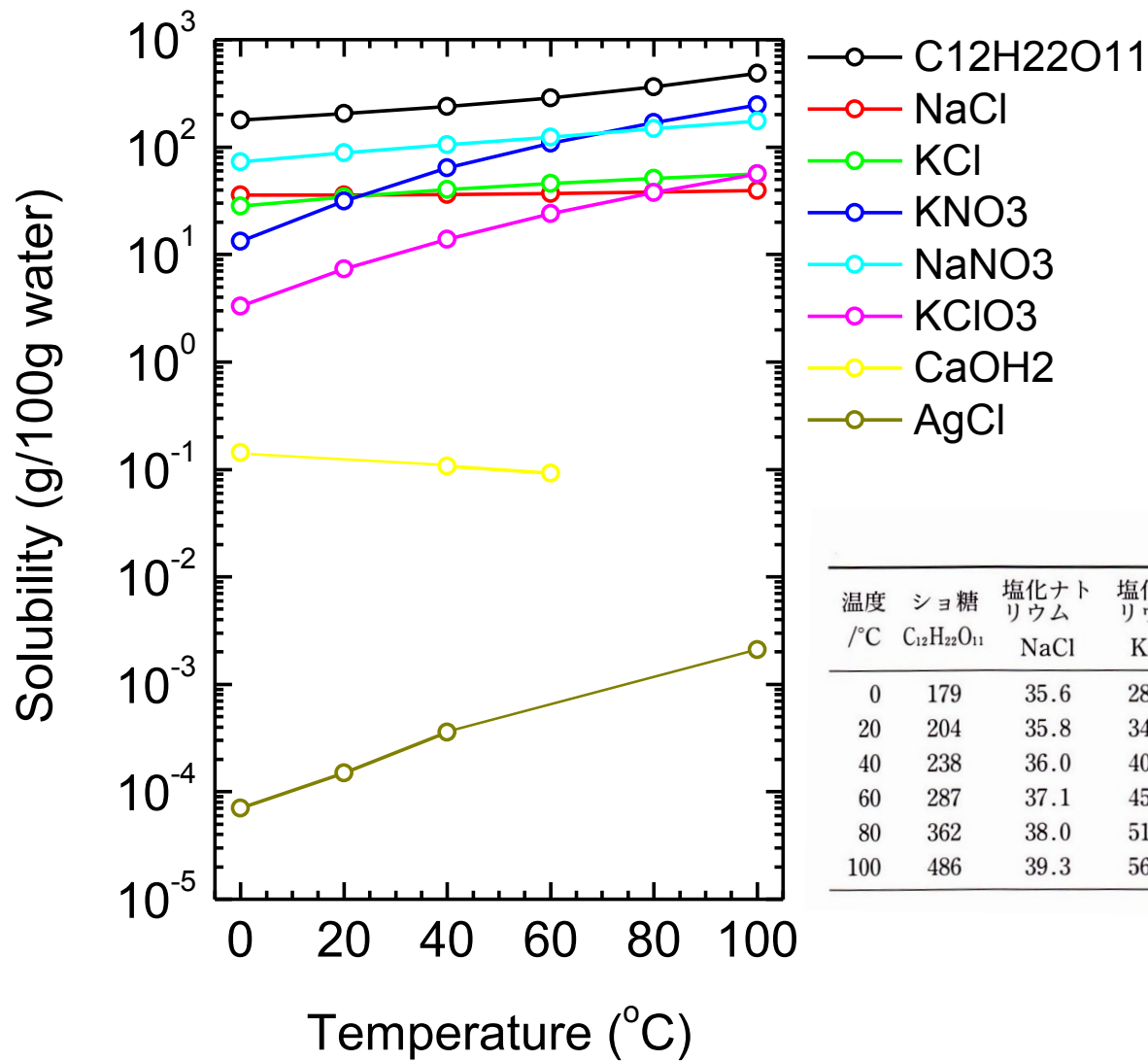


表 6-5 固体の溶解度

温度 /°C	シヨ糖 C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	塩化ナト リウム NaCl	塩化カ リウム KCl	硝酸カ リウム KNO <sub>3</sub>	硝酸ナト リウム NaNO <sub>3</sub>	塩素酸カ リウム KClO <sub>3</sub>	水酸化カ ルシウム Ca(OH) <sub>2</sub>	塩化銀 AgCl
0	179	35.6	28.1	13.3	73	3.3	0.143	0.00007
20	204	35.8	34.2	31.6	88	7.3	—	0.00015
40	238	36.0	40.1	63.9	105	13.9	0.107	0.00036
60	287	37.1	45.8	109	124	23.9	0.092	—
80	362	38.0	51.3	169	148	37.6	—	—
100	486	39.3	56.3	245	175	56.3	—	0.0021

# 気体の溶解度

標準状態 (0°C、1 atm) 換算

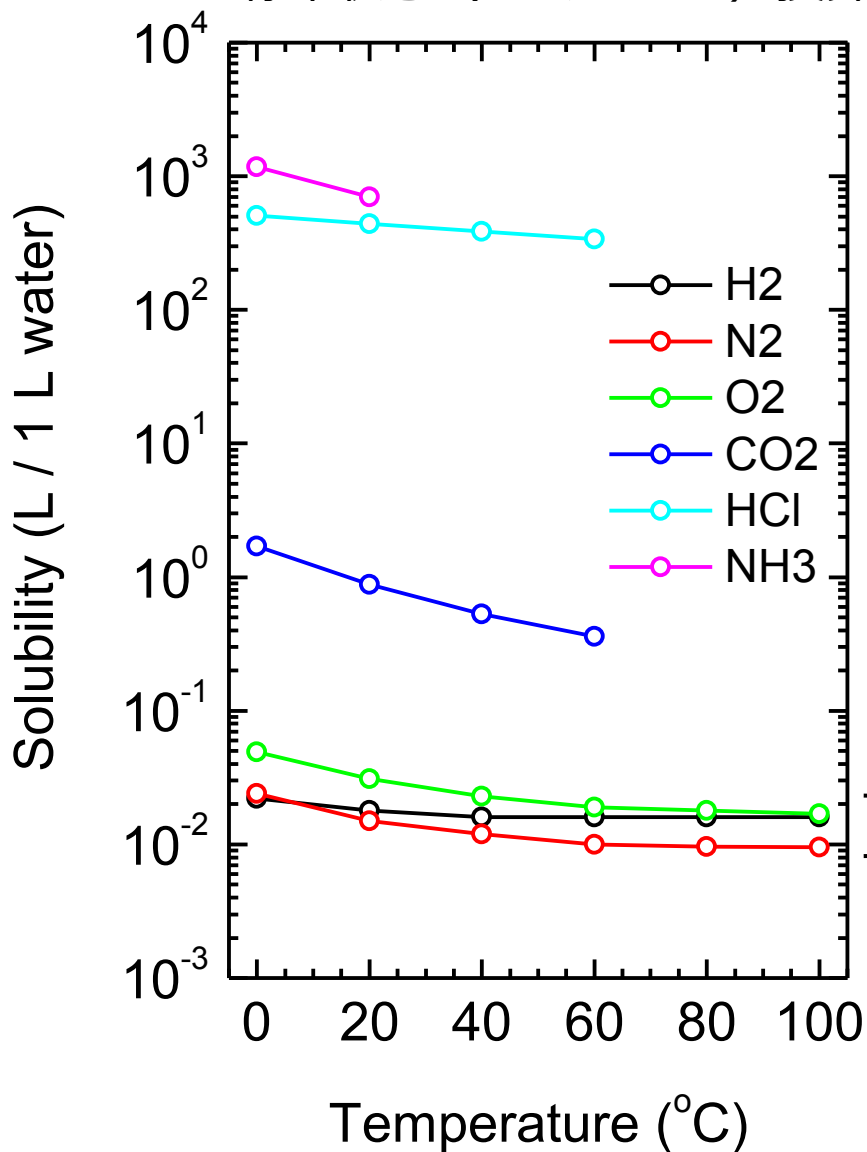


表 6-6 温度と気体の溶解度 (単位: 水 1 l に溶ける気体の体積 (l))

温度/°C	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	HCl	NH <sub>3</sub>
0	0.022	0.024	0.049	1.71	507	1176
20	0.018	0.015	0.031	0.88	442	702
40	0.016	0.012	0.023	0.53	386	—
60	0.016	0.010	0.019	0.36	339	—
80	0.016	0.0096	0.018	—	—	—
100	0.016	0.0095	0.017	—	—	—

水と化学反応する

ヘンリーの法則

一定量の液体に溶ける気体の質量は気体の圧力に比例する

# 溶液の濃度

- (a) 質量パーセント濃度 (wt%)
- (b) 体積パーセント濃度 (vol%)
- (c) モル濃度 (M, mol/L, mol/dm<sup>3</sup>)
- (d) 質量モル濃度 (m, mol/kg)
- (e) 規定度 (N)
- (f) モル分率

$$\text{溶媒のモル分率} = \frac{\text{溶媒の物質質量}}{\text{溶媒の物質質量} + \text{溶質の物質質量}}$$

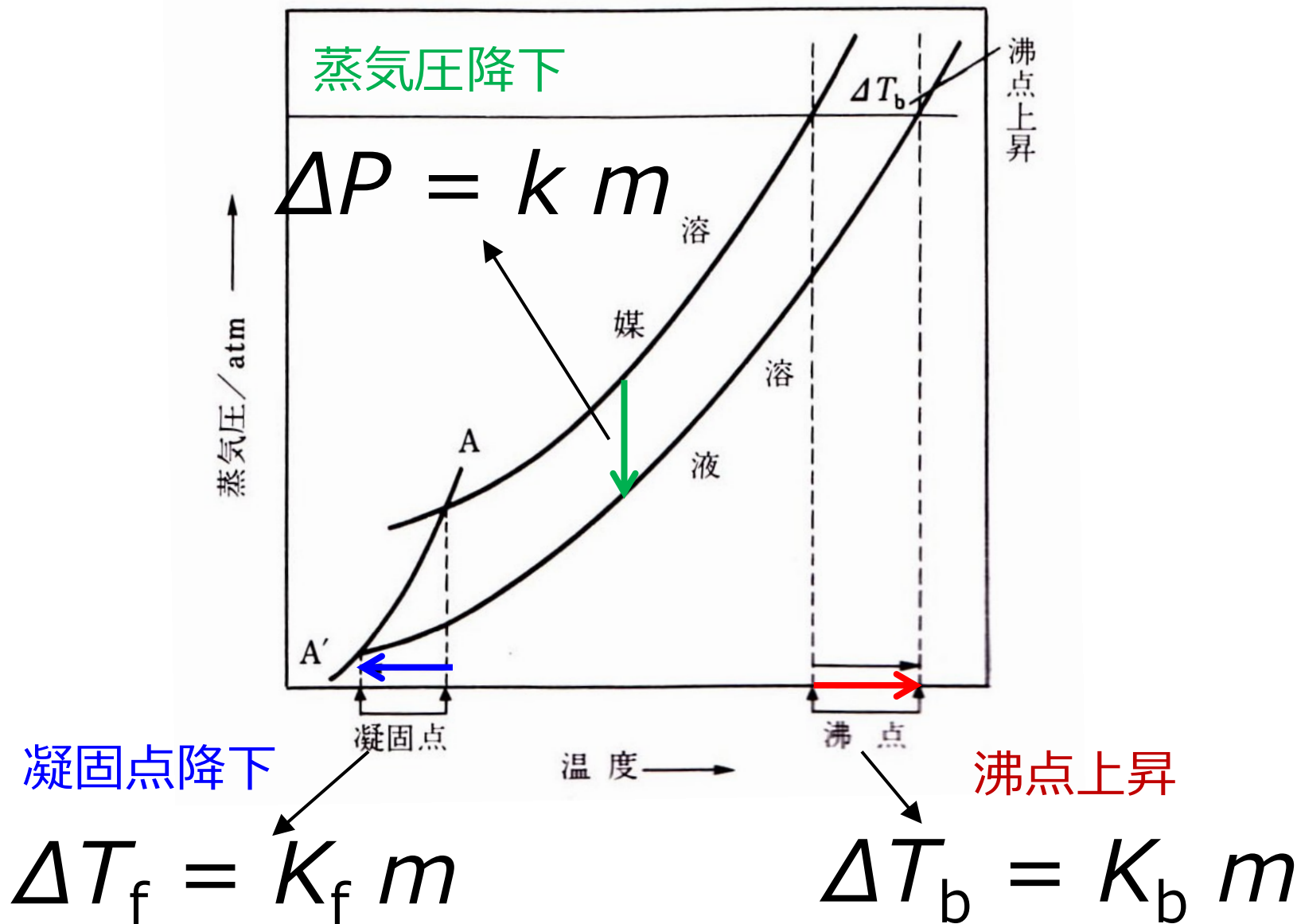
$$\text{溶質のモル分率} = \frac{\text{溶質の物質質量}}{\text{溶媒の物質質量} + \text{溶質の物質質量}}$$

# 溶液の束一的性質

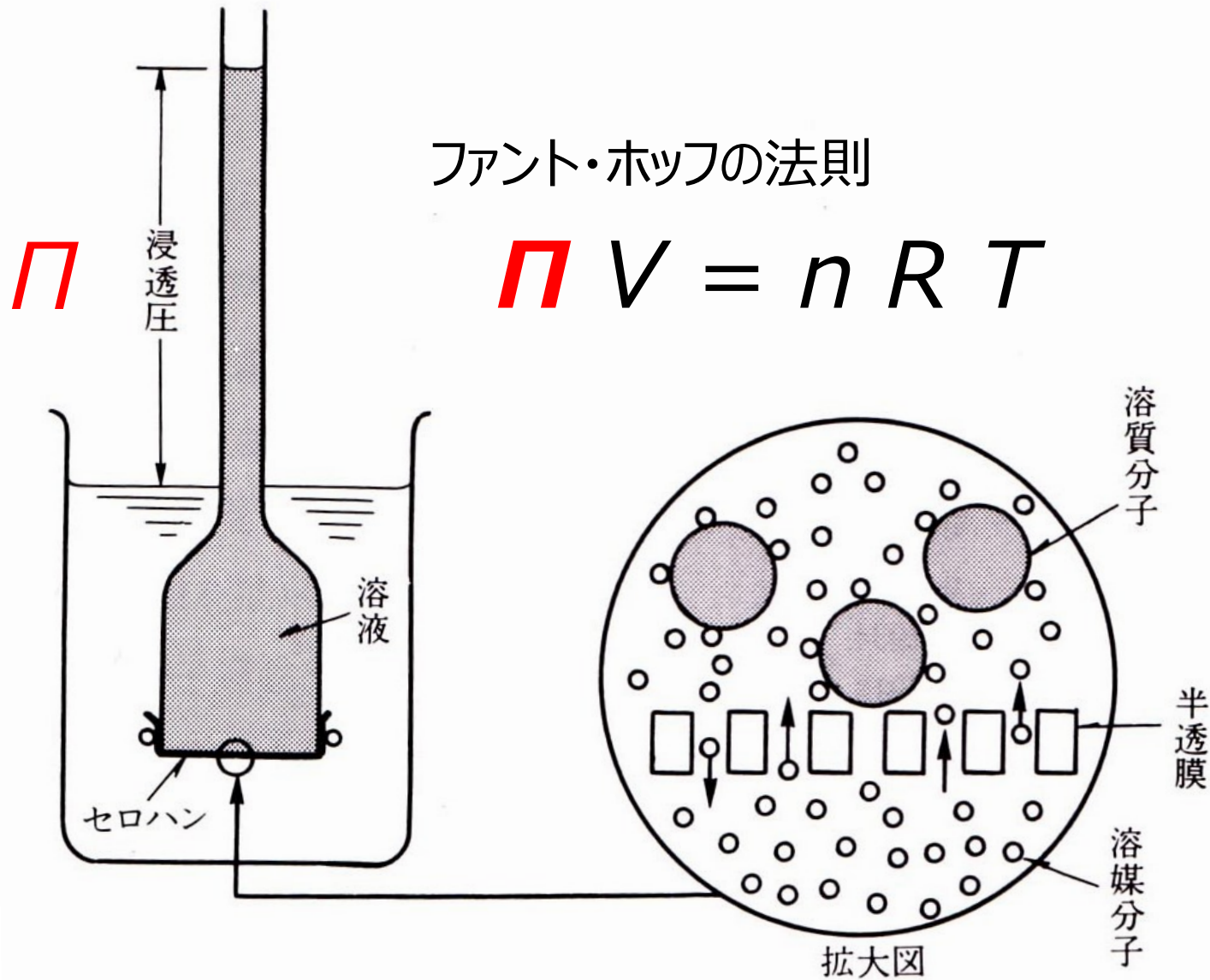
濃度の薄い希薄溶液では、溶質の種類によらず存在する粒子の物質質量によって特性が決まる

1. 蒸気圧降下・・・溶媒に不揮発性の物質を溶かすと、その溶液の蒸気圧が減少する
2. 沸点上昇・・・希薄溶液の沸点は溶質の質量モル濃度に比例して上昇する
3. 凝固点降下・・・希薄溶液の凝固点は溶質の質量モル濃度に比例して減少する

# 蒸氣壓降下、沸点上昇、凝固点降下 (蒸氣壓曲線)



# 浸透圧



ファント・ホッフの法則

$$\Pi V = n R T$$

図6-10 浸透圧

# 化学 I 宿題4

提出：次回講義日

1. 実在気体の振舞いが低温高圧下では理想気体の状態方程式に合わないのは何故か説明せよ。
2. 氷上を滑らず歩くための方法をClausius-Clapeyronの式から考えよ。