

第1編 物質の状態  
1章 物質の状態

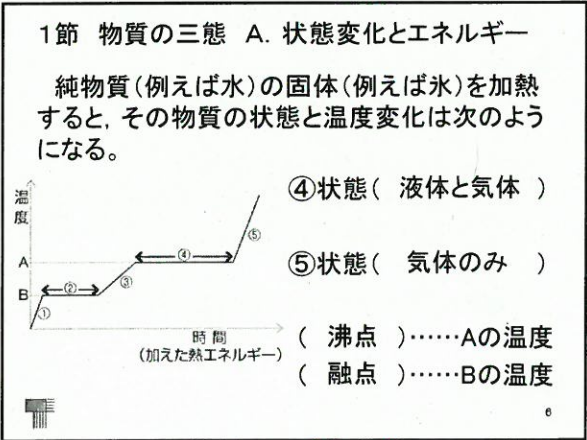
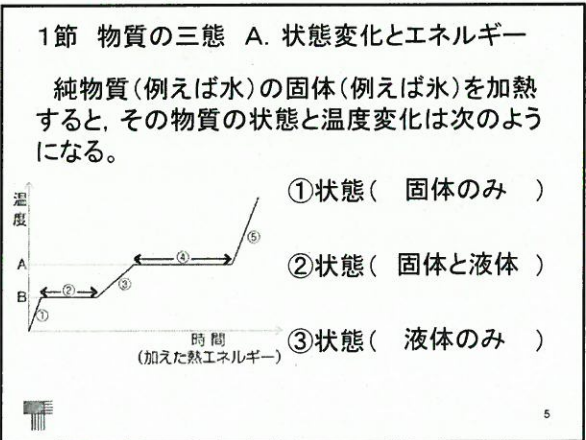
1節 物質の三態 A. 状態変化とエネルギー  
物質の状態変化をまとめると次のようになる。

①(融解) ……固体が液体になる現象  
②(凝固) ……液体が固体になる現象  
③(蒸発) ……液体が気体になる現象  
④(凝縮) ……気体が液体になる現象

1節 物質の三態 A. 状態変化とエネルギー  
状態変化に伴って、熱の出入りが起こる。  
1 molの物質が状態変化する際に入出力する熱エネルギーの量(熱量)を以下のように呼ぶ。

1節 物質の三態 A. 状態変化とエネルギー  
(融解熱) ……固体→液体に変化(融解)するとき吸収される熱  
(凝固熱) ……液体→固体に変化(凝固)するとき放出される熱  
(蒸発熱) ……液体→気体に変化(蒸発)するとき吸収される熱  
(凝縮熱) ……気体→液体に変化(凝縮)するとき放出される熱

*分子の吸収熱運動より盛んに放出…よりおたやかに*



②,④では「加えた熱エネルギー」が「状態変化」に使われる

1節 物質の三態 A. 状態変化とエネルギー

②, ④では、加えた熱エネルギーが状態変化だけに使われるから加熱を続けても温度は ( [ 上がる ・ 変化しない ] )。

7

1節 物質の三態 A. 状態変化とエネルギー

問1 0°Cの氷9.0 gを加熱して50°Cの水にするのに何kJの熱量が必要か。ただし、氷の融解熱を6.0 kJ/mol, 水1 gの温度を1 K上げるのに必要な熱量を4.2 J/(g·K), 分子量は  $H_2O=18$  とする。

氷 (固体) 0°C  $\xrightarrow{\text{融解}}$  水 (液体) 0°C  $\xrightarrow{\text{温度上昇}}$  水 (液体) 50°C

↓  $H_2O$  1molの質量が18g (モル質量が18g/mol)

8

1節 物質の三態 A. 状態変化とエネルギー

4.9 kJ

《解説》水のモル質量は18 g/molより、水9.0 gは0.50 molである。

$\frac{9.0g}{18g/mol} = 0.50mol$

① 氷の融解に必要な熱量は、 $6.0 \text{ kJ/mol} \times 0.50 \text{ mol} = 3.0 \text{ kJ}$

② 水の温度上昇に必要な熱量は、 $4.2 \text{ J/(g} \cdot \text{K)} \times 9.0 \text{ g} \times (50 - 0) \text{ K} = 1890 \text{ J}$

よって、必要な総熱量は、 $3.0 \text{ kJ} + 1.89 \text{ kJ} = 4.89 \text{ kJ} \approx 4.9 \text{ kJ}$

9

1節 物質の三態 B. 状態変化と分子間力

●分子間力  
(分子間力)……分子間にはたらく静電的な力

例) (ファンデルワールス力), (水素結合) など

10

1節 物質の三態 B. 状態変化と分子間力

●ファンデルワールス力  
……大きく2つの力に分けられる。

① すべての分子間にはたらく引力  
……分子の(分子量)が大きいほど大きくなる。

② 極性分子間にはたらく静電的な引力

11

1節 物質の三態 B. 状態変化と分子間力

●水素結合 (化学基礎で学んだ)

(水素結合)……電気陰性度の大きなF, O, Nの原子( $\delta^-$ )と他分子の水素原子( $\delta^+$ )が静電的に結び付くことができるために分子間に生じる結合。

例) フッ化水素 HF      例) 水  $H_2O$

12

電気陰性度

① …分子中で「-」の電荷がたまりやすい

② …分子中で「+」の電荷がたまりやすい

1節 物質の三態 B. 状態変化と分子間力

分子間力

```

        graph TD
            A[分子間力] --> B[水素結合]
            A --> C[ファンデルワールス力]
            C --> D[すべての分子間にはたらく引力]
            C --> E[極性分子間にはたらく静電的な引力]
        
```

13

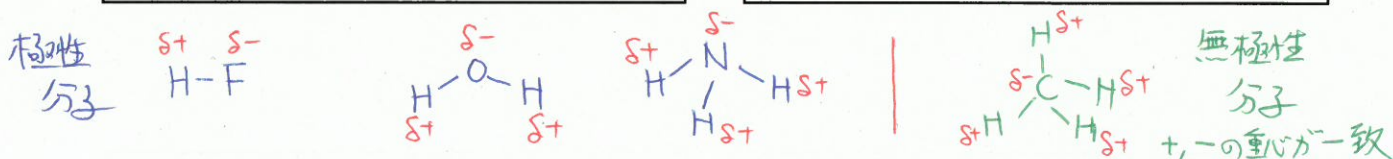
1節 物質の三態 B. 状態変化と分子間力

●分子間力と液体の沸点

分子量と沸点

14族元素の水素化合物のよう  
に構造が似た分子では、  
(分子量)が大きいほど  
沸点が高い。

14



1節 物質の三態 B. 状態変化と分子間力

分子の極性と沸点

14族元素の水素化合物と15, 16, 17族元素の水素化合物の沸点を比較すると

14族元素に比べて15, 16, 17族元素の方が  
( [ 高い ] ・ 低い ) 。

15

1節 物質の三態 B. 状態変化と分子間力

理由: 14族元素の水素化合物は( 無極性 )  
分子であるが, 15~17族元素の水素化合物は( 極性 )  
分子であり, 分子間に静電的な引力が加わるために  
( ファンデルワールス力 ) が強くなるから。

16

1節 物質の三態 B. 状態変化と分子間力

水素結合と沸点

NH3, H2O, HFの沸点とほか  
の同族の水素化合物との沸点を比較するとNH3, H2O, HF  
の沸点の方が著しく  
( [ 高い ] ・ 低い ) 。

理由: ファンデルワールス力より強い( 水素結合 )  
がはたらいっているから。

17

1節 物質の三態 B. 状態変化と分子間力

●化学結合と固体の融点

粒子間にはたらく力が大きいほど, 固体の融点は高くなる。

・化学結合と分子間力の大きさを比較すると

( 化学結合 ) > ( 分子間力 )

18

## 1節 物質の三態 B. 状態変化と分子間力

・物質を構成する粒子間にはたらく力を大きい順に並べると

( 共有結合 ) ≥ ( イオン結合 ) > ( 金属結合 )  
 ≫ ( 水素結合 ) > ( ファンデルワールス力 )

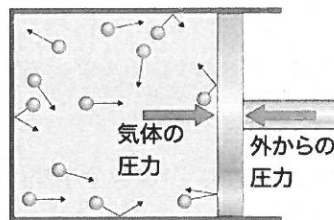


19

## 2節 気体・液体間の状態変化 A. 気体の圧力

気体の圧力

気体分子が壁を外側に押す力が圧力の原因である。



20

## 2節 気体・液体間の状態変化 A. 気体の圧力

## ●圧力の単位

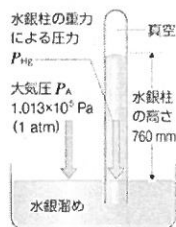
1パスカル(記号Pa) = 1 N/m<sup>2</sup>

1気圧 = 1 atm

= (1.013 × 10<sup>5</sup>) Pa

= ( 1013 ) hPa

= ( 760 ) mmHg



21

## 2節 気体・液体間の状態変化 A. 気体の圧力

問2 次の圧力を[ ]内に指定された単位で表せ。ただし、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$ として答えよ。

(1)  $5.0 \times 10^4 \text{ Pa}$  [mmHg]

$3.8 \times 10^2 \text{ mmHg}$

《解説》 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$ の関係を利用する。

$1.0 \times 10^5 \text{ Pa} : 760 \text{ mmHg} = 5.0 \times 10^4 \text{ Pa} : x$

$x = \frac{5.0 \times 10^4 \text{ Pa}}{1.0 \times 10^5 \text{ Pa}} \times 760 \text{ mmHg} = 3.8 \times 10^2 \text{ mmHg}$



22

## 2節 気体・液体間の状態変化 A. 気体の圧力

問2 次の圧力を[ ]内に指定された単位で表せ。ただし、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$ として答えよ。

(2) 190 mmHg [Pa]

$2.5 \times 10^4 \text{ Pa}$

《解説》 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$ の関係を利用する。

$1.0 \times 10^5 \text{ Pa} : 760 \text{ mmHg} = x : 190 \text{ mmHg}$

$x = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa} \times \frac{190 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg}} = 2.5 \times 10^4 \text{ Pa}$



23

## 2節 気体・液体間の状態変化

## B. 気液平衡と蒸気圧

## ●蒸発と凝縮／気液平衡

液体中の分子が液体の表面から外部に飛び出す現象を( 蒸発 )という。

蒸気中の分子が液体に飛び込み、液体の状態になる現象を( 凝縮 )という。



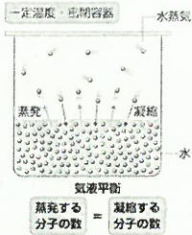
24

2節 気体・液体間の状態変化  
 B. 気液平衡と蒸気圧  
 一定温度に保った密閉容器の中に特定の液体(例H<sub>2</sub>O)のみを入れると、

①  
 液体 ⇄ 気体

②

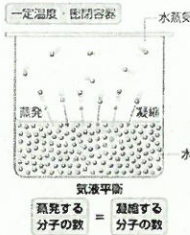
の変化が起こり、気体と液体が共存している状態となる。この状態を( 気液平衡 )と呼ぶ。



25

2節 気体・液体間の状態変化  
 B. 気液平衡と蒸気圧

この状態では、①の現象と②の現象の速さが等しくなっていて、見かけ上、何も起こっていない状態となる。



26

2節 気体・液体間の状態変化  
 B. 気液平衡と蒸気圧

●蒸気圧

( 蒸気圧(飽和蒸気圧) )

……液体と蒸気が共存し、気液平衡にあるときの蒸気の圧力。

27

2節 気体・液体間の状態変化  
 B. 気液平衡と蒸気圧

一定温度における液体の蒸気圧は、液体の量や気体の占める体積に関係せず(一定)である。

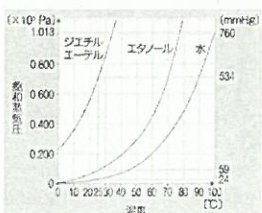
また、蒸気圧はほかの気体が共存しても変わらない。

温度が高いほど、蒸気圧は ( [ 大きい ] ・ 小さい ) 。

28

2節 気体・液体間の状態変化  
 B. 気液平衡と蒸気圧

( 蒸気圧曲線 ) ……液体の蒸気圧と温度との関係を示した曲線。それぞれの温度での蒸気圧は、物質によって異なる。



29

2節 気体・液体間の状態変化  
 B. 気液平衡と蒸気圧

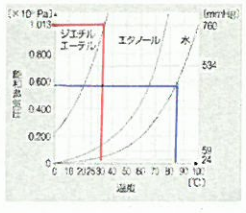
問3 下図のグラフを用いて、次の問いに答えよ。

(1)  $1.013 \times 10^5$  Paにおけるジエチルエーテルの沸点を求めよ。

34°C

(2) 大気圧が $6.0 \times 10^4$  Paの山頂では、水は約何°Cで沸騰するか。

約85°C



30

2節 気体・液体間の状態変化 C. 沸騰

一定の大気圧のもとで液体を加熱すると、温度が高くなるにつれて、蒸気圧は高くなる。蒸気圧が大気圧に等しくなると液体の表面だけでなく、内部からも盛んに蒸発が起こるようになる。

この現象を( 沸騰 )といい、沸騰の起こる温度が( 沸点 )である。

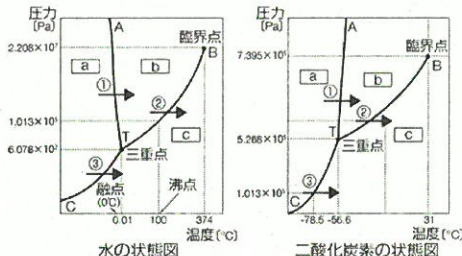
一般に、沸騰は、外圧(大気圧) = (蒸気圧) のときに起こる。



31

2節 気体・液体間の状態変化 D. 状態図

物質が、さまざまな温度と圧力のもとでどのような状態をとるかを示した図を( 状態図 )と呼ぶ。

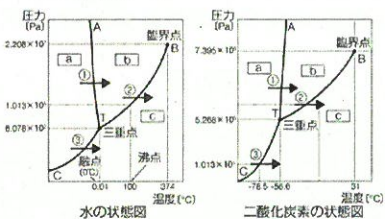


32

2節 気体・液体間の状態変化 D. 状態図

図中の曲線は各状態の境目となる温度・圧力を示している。習ったね

BT (蒸気圧曲線) AT (融解曲線) CT (昇華曲線)

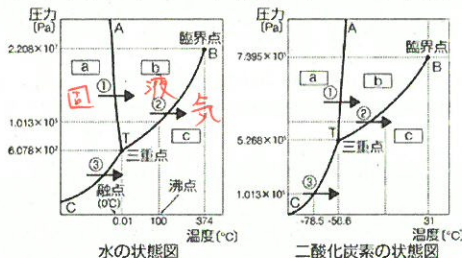


33

2節 気体・液体間の状態変化 D. 状態図

図中の領域

aは( 固体 ) bは( 液体 ) cは( 気体 )

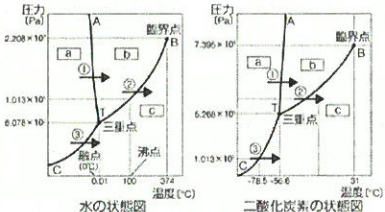


34

2節 気体・液体間の状態変化 D. 状態図

線をまたぐように温度や圧力が変化すると物質の状態変化が起こる。

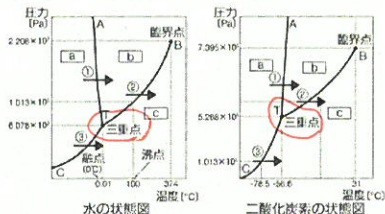
- ① a→bの現象( 融解 )
- ② b→cの現象( 蒸発 )
- ③ a→cの現象( 昇華 )



35

2節 気体・液体間の状態変化 D. 状態図

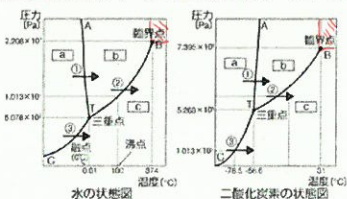
( 三重点 )……AT, BT, CTの3本の線が交わったときの温度, 圧力。  
この温度, 圧力では固体・液体・気体が共存する特殊な平衡状態となる。



36

2節 気体・液体間の状態変化 D. 状態図

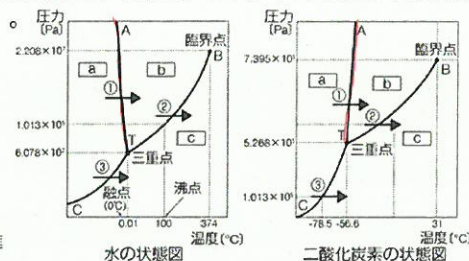
水の状態図で、374°C、圧力 $2.208 \times 10^7$  Paの点Bを(臨界点)といい、臨界点を越えると、気体とも液体とも区別のつかない状態となる。このような状態を(超臨界状態)と呼び、この状態にある物質を(超臨界流体)と呼ぶ。



37

2節 気体・液体間の状態変化 D. 状態図

水とそれ以外の物質ではATの傾きが異なる。氷は圧力をかけると溶けて水になるが、二酸化炭素の固体であるドライアイスではそうならない



38

氷に圧力を加えると液体の水になる  
 ⇒ スキー、スケート、凍結路が  
 すべりやすい理由  
 ⇒ 「水のめずらしい性質」のため

