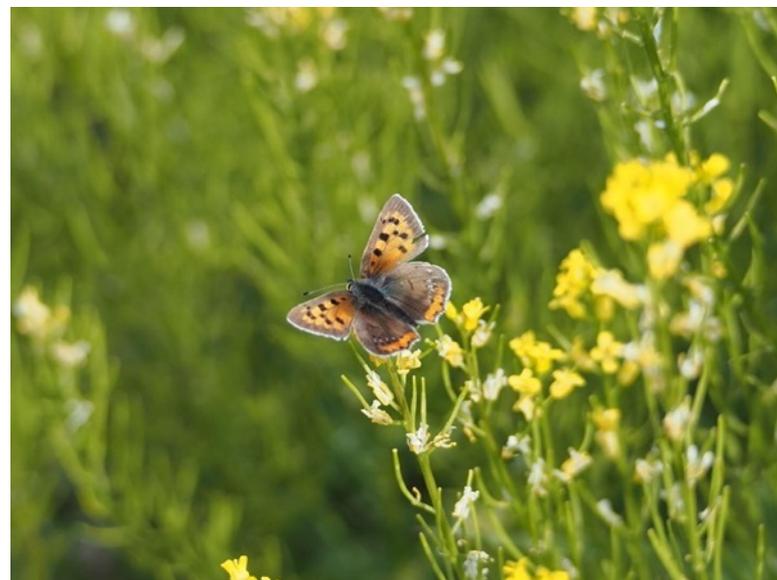


入門化学09

物質の変化



ウスバシロチョウ（ウスバアゲハ）



ベニシジミ

6/10 課題説明

問題 1 固体の溶解度

- 100°C の硝酸カリウム飽和溶液 100 g を 20°C に冷却したとき、析出する硝酸カリウムの結晶は何 g か。
- ただし、 20°C 、 100°C における硝酸カリウムの溶解度をそれぞれ $32, 245\text{ g}/100\text{g}$ とする。
- p.99 の問 1 も関連した問題です。

問題 1 のポイント

先週は濃度の表し方について各種あることを説明しましたが、この問題では、

「固体の溶解度」：溶媒 **100 g** に溶かすことができる溶質の **g** 単位の質量の数値を使います。

飽和溶液の質量 = 溶媒の質量 + 溶質の質量

まず最初に、**100°C**の飽和溶液に何**g**の硝酸カリウムが溶けているかを計算します。

100 gの水に**245 g**の硝酸カリウムが溶けるので、**345 g**の飽和溶液中には**245 g**が溶けています。

問題 1 解答例 (1)

100 °Cの硝酸カリウム飽和溶液100 g中には、 $100 \text{ g} \times 245/(100+245) = 71 \text{ g}$ の硝酸カリウムと、 $100 - 71 = 29 \text{ g}$ の水が含まれている。

29 gの水は、20°Cに冷却すると、飽和状態で $29 \text{ g} \times 32/100 = 9.28 \text{ g}$ の硝酸カリウムを溶かすことができる。

したがって、100°Cから20°Cに冷却することによって、 $71 - 9.28 = 61.7 \text{ g}$ の硝酸カリウムが析出する。

問題 1 解答例 (2)

- 100 g の水は100°Cにおいて245 g、20°Cにおいて32 g の硝酸カリウムを飽和状態で溶かすことができる。すなわち、100°Cから20°Cに冷却すると、 $245 - 32 = 213$ g の硝酸カリウムが析出する。すなわち、345 g の硝酸カリウム飽和溶液から213 g の硝酸カリウムが析出する。
- したがって、100 g の硝酸カリウム飽和溶液からは、 $213 \text{ g} \times 100/345 = 61.7$ g の硝酸カリウムが析出する。

問題 2

- 空気中には体積比で、窒素 78.1%、酸素21.0%、アルゴン0.93%、二酸化炭素 0.04%が含まれている。0°C、1気圧、22.4 L 中の空気中に含まれるそれぞれの気体成分の体積 (L) とmol 数および質量 (g)を求めよ。1 molの気体は22.4Lだから、

気体成分	分子量	L (/22.4L)	mol 数	質量 (g)
N ₂	28	17.5	0.781	21.9
O ₂	32	4.7	0.210	6.72
Ar	39.95	0.21	0.0093	0.37
CO ₂	44	0.009	0.0004	0.018

第2章3節4

コロイド溶液

コロイド p. 105下 - p.106

ある物質が他の物質に混じるときに、粒子の直径が 10^{-9} から 10^{-7} m (1 nm から 100 nm) 程度の大きさで、均一に分散している状態をコロイドという。

分散している粒子はコロイド粒子という。

また、コロイド粒子の物質を分散質、
分散させている物質を分散媒という。

分散媒が液体のとき、とくにコロイド溶液という。

コロイド粒子の大きさ

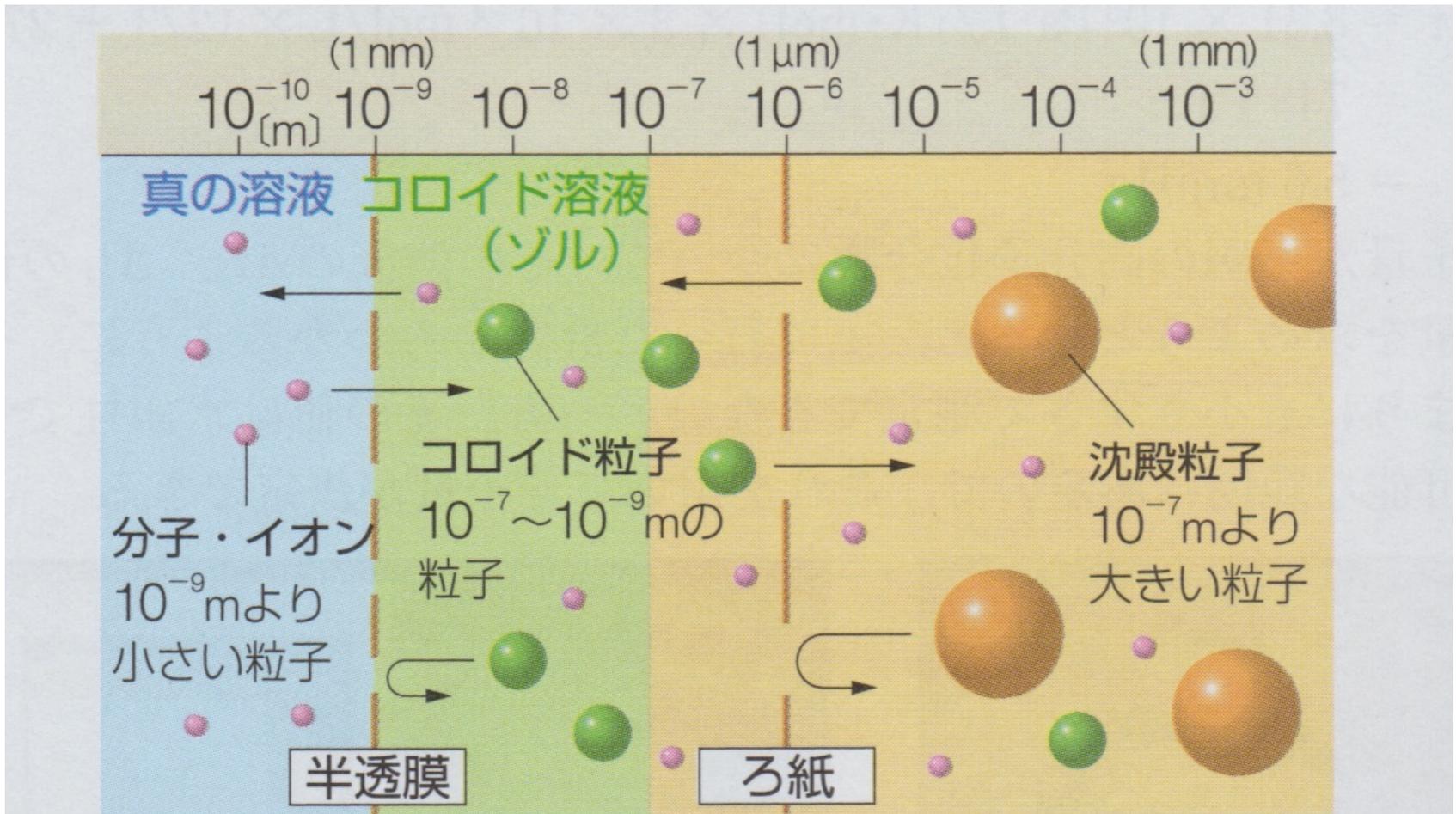


図 15 コロイド粒子の大きさ

コロイド粒子とコロイド溶液 の性質 p. 106 上

コロイド粒子の直径は、ろ紙は通過するが、
半透膜は通過できない大きさである。
しかし、浸透圧は発生する。

コロイド粒子は光を散乱するため、コロイド溶液は濁って見える。

コロイド溶液中のコロイド粒子は、一定の符号の電荷を帯びており、互いに反発して近づけないため、沈殿しないでコロイド状態を保っている。

いろいろなコロイド p. 106 表 5

分散媒は液体に限らず、
気体や固体の場合もある。

分散質も、
固体、液体、気体の場合がある。

土壌中の粘土鉱物(<2 μm)や腐植物質
もコロイドである。

ゾルとゲル p. 106 下

液体状態のコロイドをコロイド溶液またはゾルという。

固体状態のコロイドをゲルという。

ゼラチン、寒天などのコロイド溶液
室温放置 → 固まってゲル状態になる。

コロイド溶液の性質 p. 107中

チンダル現象

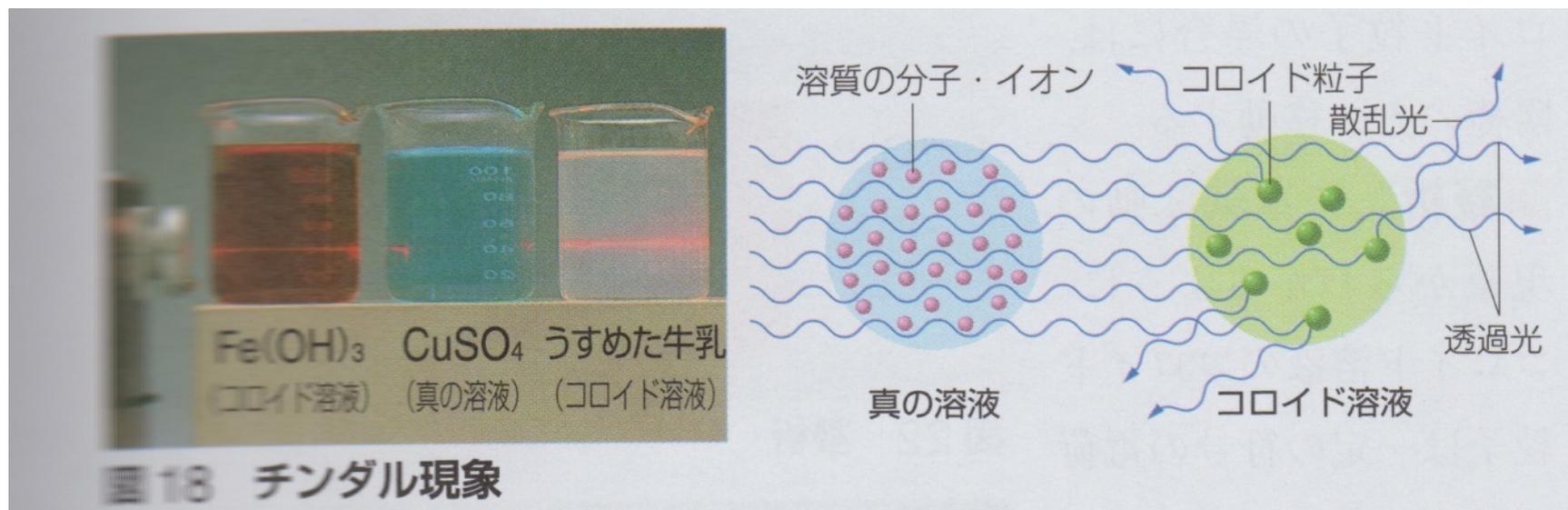
コロイド溶液に強い光をあてて、光線の進行方向と直角の方向から見ると、**光の通路が明るく輝いて見える**。真の溶液の場合には見えない。
→ **光の散乱**による。

ブラウン運動

コロイド粒子が**不規則にふるえて運動**すること。最初は、水面に浮かんだ花粉粒子の観察によって発見された。→ **溶媒（分散媒）分子の衝突**。

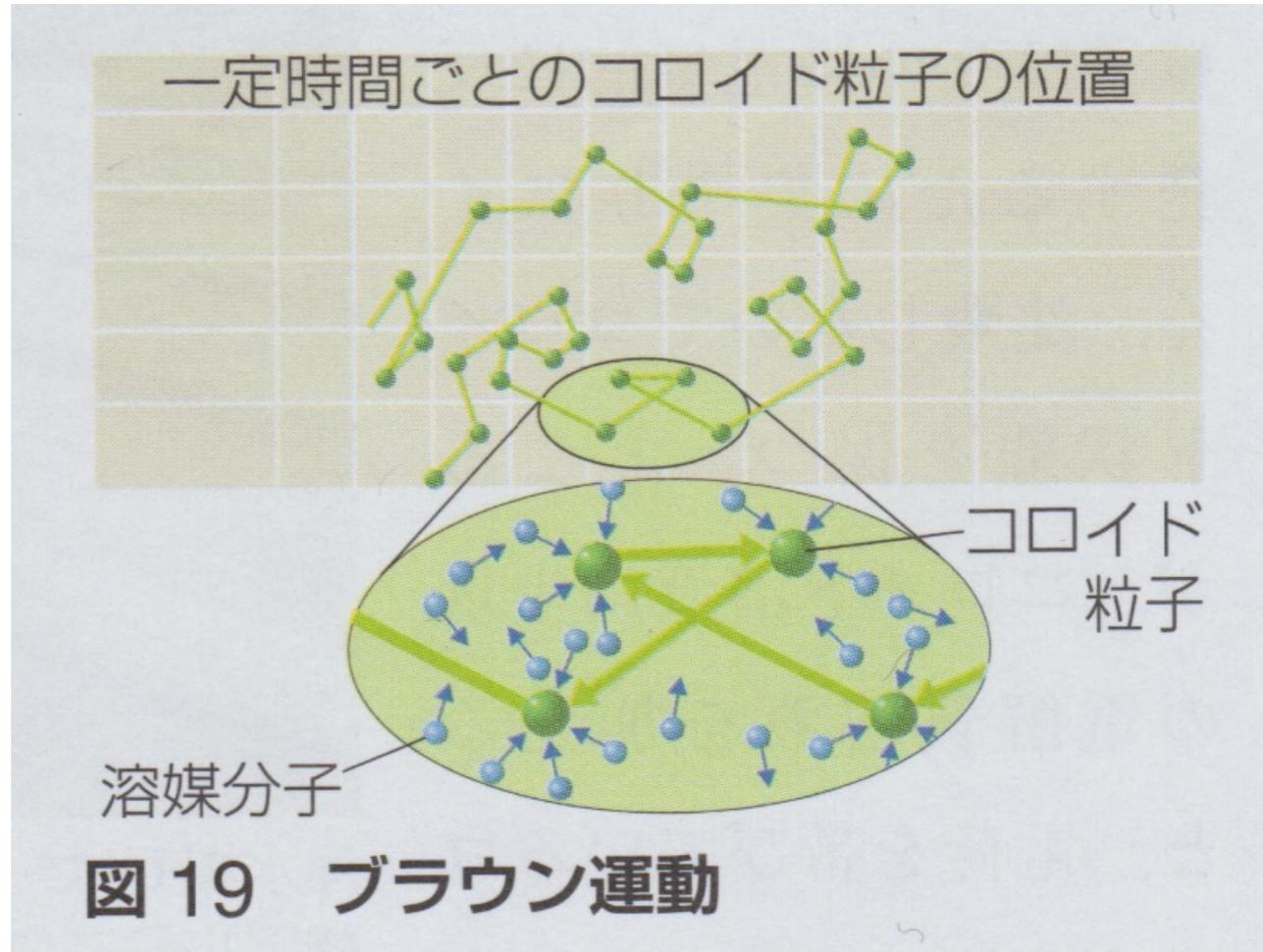
チンダル現象

コロイド粒子による光の散乱



ブラウン運動

溶媒分子の衝突を受けたコロイド粒子が不規則に運動すること



コロイド溶液の性質 p. 108

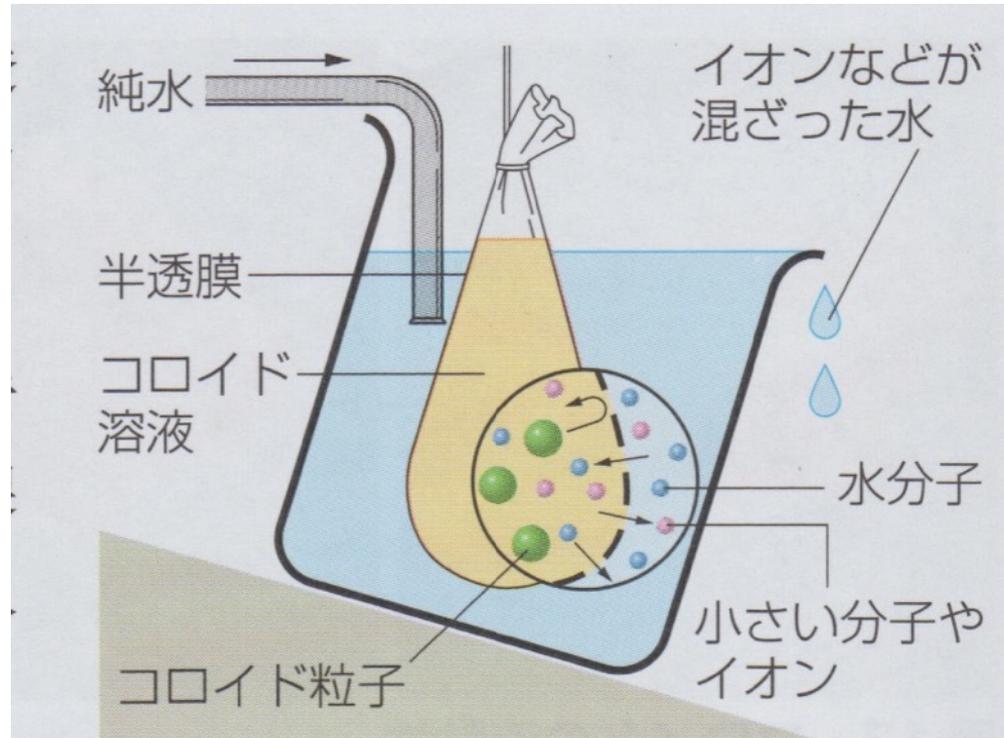
透析

コロイド粒子は半透膜を通過しないので、半透膜を用いるとそれを通る溶質をコロイド溶液から除くことができる。このような操作を透析という。

電気泳動

コロイド粒子をU字管に入れて2本の電極を直流電源につなぐと、コロイド粒子が一方の電極の方に引き寄せられて移動する。このような現象を電気泳動という。

透析

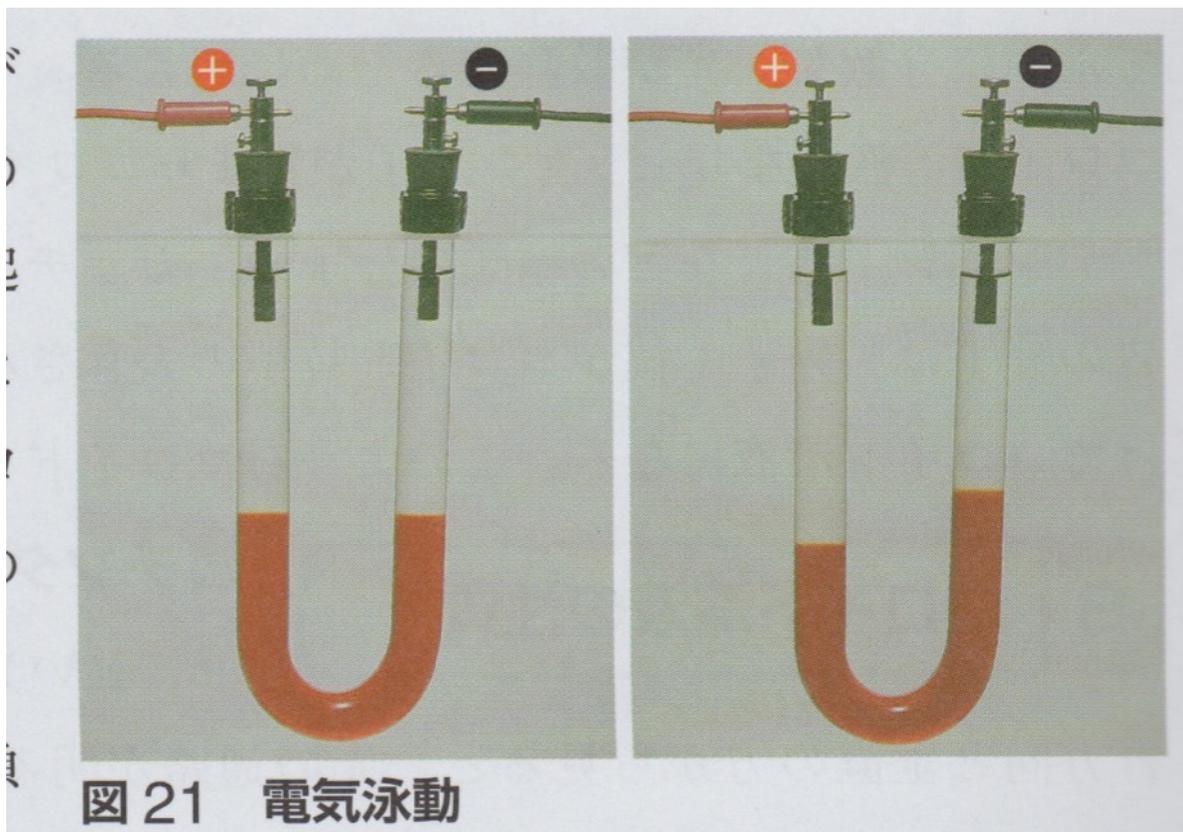


コロイド溶液を半透膜に包んで純水中に浸す。ビーカーに絶えず純水を注いで、半透膜の外側に拡散してきた小さい分子やイオンを流し去る。半透膜の内側にコロイド粒子だけが残る。

図 20 透析

電気泳動

電荷を帯びたコロイド粒子が電極の一方に引かれる現象



コロイド溶液の性質 p. 108下

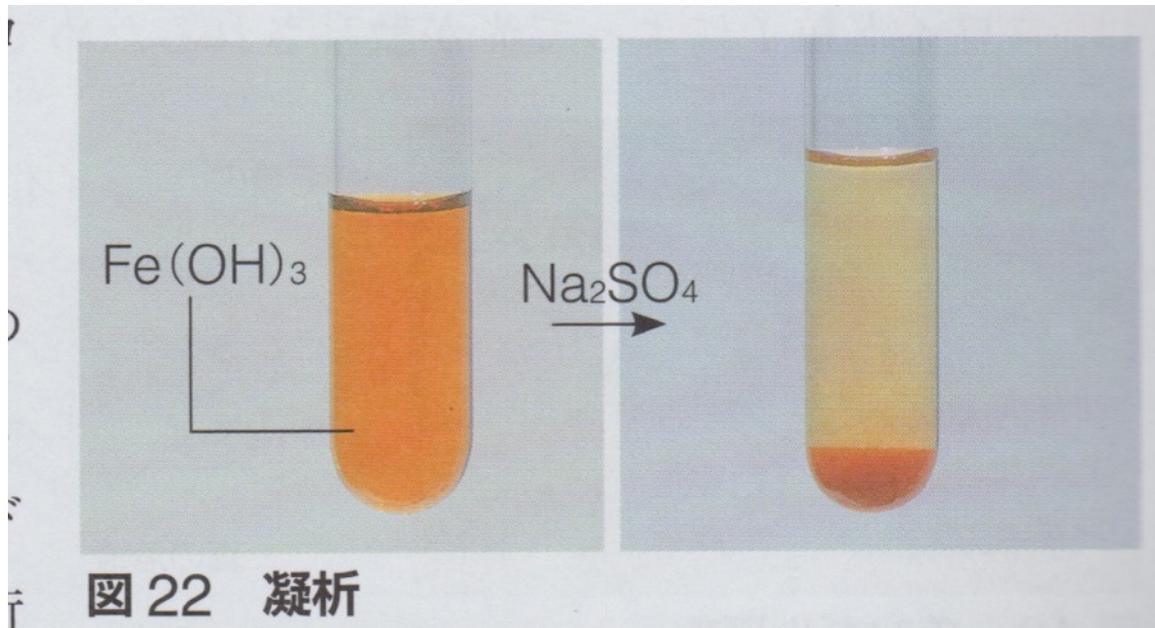
凝析

コロイド溶液に少量の電解質溶液を加えると、電荷を帯びているコロイド粒子に、それとは反対の符号の電荷をもつイオンが強く引き寄せられる。その結果、コロイド粒子は静電的な反発力を失い、互いに集合して大きな粒子となって沈殿する。この現象を凝析という。

コロイド粒子と反対の荷電をもち、価数の大きいイオンはコロイド粒子を数多く引き寄せるので、凝析を起こさせやすい。凝析は河川の浄化などに利用されている。

凝析

コロイド溶液に少量の電解質を加えるとコロイド粒子は静電的な反発を失い集合して沈殿する。



コロイド溶液の種類 p. 109

疎水コロイド

少量の電解質溶液を加えたとき、凝析を起こしやすいコロイド。

親水コロイド

少量の電解質溶液を加えても、凝析しにくいコロイド。

コロイド粒子に多数の水分子が水和しているため、イオンの影響を受けにくい。

保護コロイド p. 109

保護コロイド

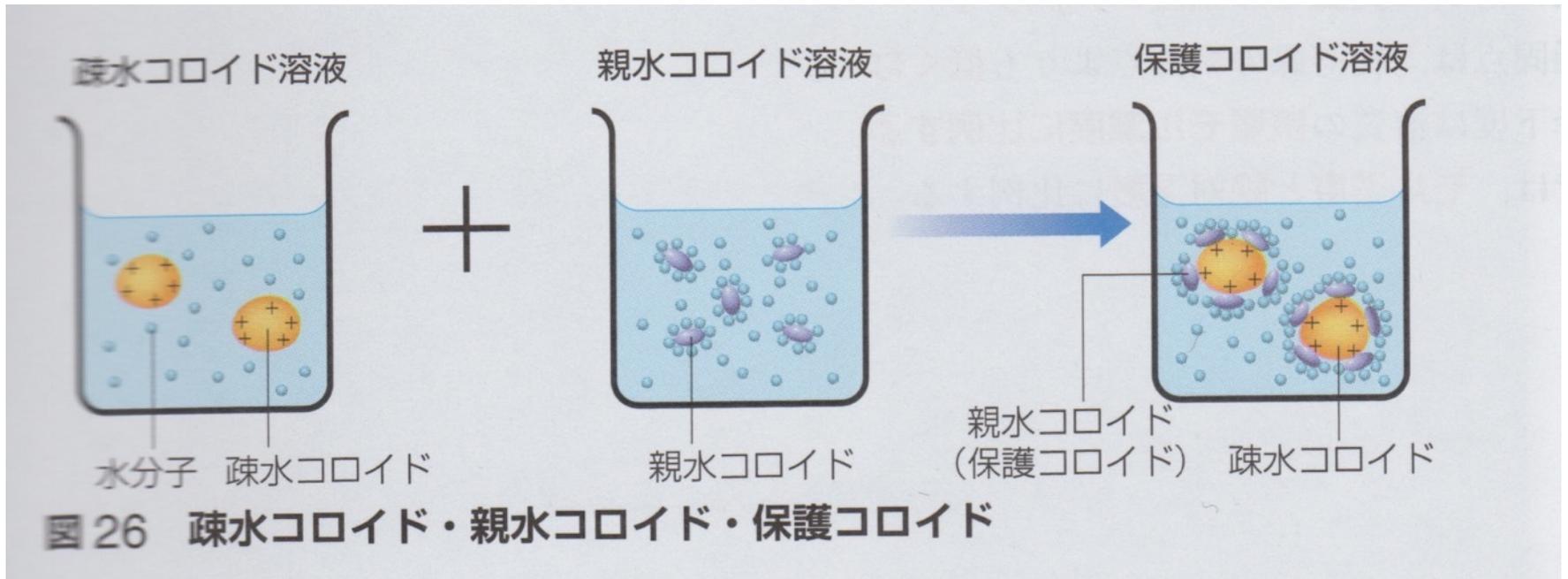
疎水コロイドの溶液に親水コロイドの溶液を加えると、疎水コロイドの粒子が親水コロイドの粒子に取り囲まれて、凝析しにくくなる。このような作用をもつ親水コロイドを**保護コロイド**という。

保護コロイドの例

墨汁は、炭素のコロイド粒子を親水性のコロイドであるにかわの溶液で保護し、沈殿しにくくしている。

ポスターカラーには、アラビアゴムなどが添加されている。

疎水コロイド・親水コロイド・ 保護コロイド



塩析 p. 109

塩析

親水性コロイドに多量の電解質溶液を加えると、水和している水分子が引き離され、コロイド粒子が集合して分離する。この現象を塩析という。

塩析の例

卵白水溶液に多量の硫酸アルミニウムを加えると卵白アルブミンが分離する。

第3章 物質の変化



1節 化学反応と熱

第3章 物質の変化

1節 化学反応と熱

昔の人は、寒い日には火にあたり、風邪で熱があると氷で冷やした。現在、私たちは、使い捨てカイロや冷却パックを手軽に用いている。いずれも、物質が化学変化したときや、状態変化したときの熱の出入りを利用している。

気象の変化（雨、風、台風など）も、地球の表面での熱の分布と大きく関連している。

温度 セ氏温度 p. 114 中

セ氏温度

1 atm (1013 hPa) で水が凍る温度・・・0 °C

1 atm (1013 hPa) で水が沸騰する温度・・・100 °C

その差を100等分して1°Cの温度差を定めた。

1°Cの温度差を1ケルビン（記号K）という。

華氏温度 (°F) 参考

温度の表し方としては他に華氏温度 (°F) もあります。

人間の生活感覚により近くなるように設定された温度のようです。

人の高めの体温 (37.8°C) を 100°F、野外で測定できた最も低い温度 (-17.8°C) を 0°F としたそうです。

$$[°C] = ([°F] - 32) \times 5/9$$

考案したのはドイツ人の Fahrenheit 氏 (1686-1736) です。華氏温度を 1724 年に提唱。

温度 絶対温度 p. 114 中

絶対温度

温度の下限 = 絶対零度 ・ ・ - 273 °C

絶対零度を原点にした温度目盛りを絶対温度といい、単位には 1 ケルビン (記号 K) を用いる。

セ氏温度 t [°C] と絶対温度 T [K] の間には、

$$T [K] = t [°C] + 273$$

の関係がある。

熱量 p. 114 下

高温の物質と低温の物質の接触 →

熱の移動 → 同じ温度になる。

接触した二つの物質の温度が等しくなると、熱の移動は起こらなくなる。

移動した熱の量を熱量という。

熱量はジュール（記号 J ）という単位で表す。

以前は、 1 g の水の温度を 1 K 上げるのに必要な熱量である 1 カロリー (cal) を基準とした。

$$1\text{ cal} \approx 4.18\text{ J}$$

熱の移動



図2 熱の移動と水の温度変化

比熱 p. 115 上

物質 1 g の温度を 1 K 上昇させるのに必要な熱量を比熱という。

その単位は

ジュール毎グラム毎ケルビン（記号 $\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ ）

比熱は物質により異なり、

水では $4.18 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ である。

比熱 $c [\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})]$ 、質量 $m [\text{g}]$ の物質の温度を $t [\text{K}]$ 上昇させるのに必要な熱量 $Q [\text{J}]$ は、

$$Q [\text{J}] = m c t [\text{J}]$$

エネルギー p. 115 中

物質が他の物体を動かしたり、変形させたりする能力をエネルギーという。

位置エネルギー

運動エネルギー

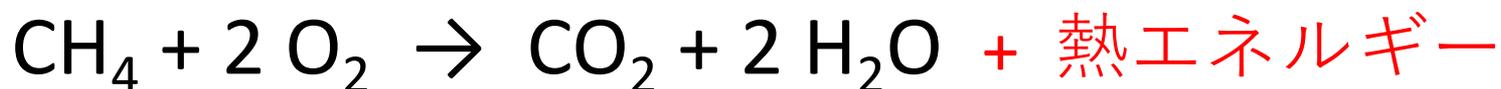
熱エネルギー

熱という形で物質に出入りするエネルギー

反応熱と熱化学方程式 p. 115

発熱反応 エネルギーを放出する反応

例：メタンの燃焼

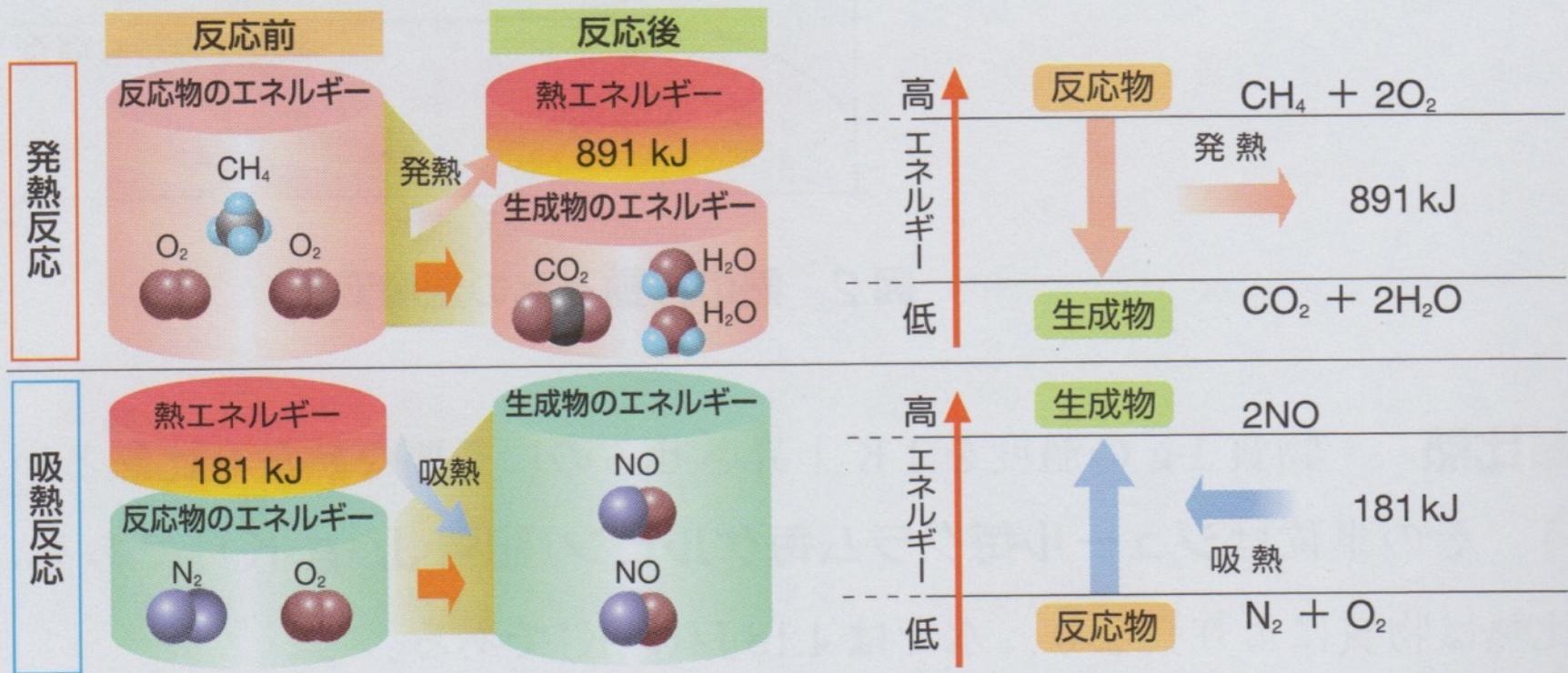


吸熱反応 エネルギーを吸収する反応

例：窒素と酸素が反応して一酸化窒素になる。



発熱反応と吸熱反応 p.116



反応によって物質がもつエネルギーが変化する分だけ，反応熱となって現れる。

図 4 発熱反応と吸熱反応

反応熱 p. 116上

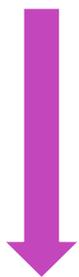
化学反応の進行にともなって、放出または吸収される熱量を反応熱という。

物質は固有のエネルギーを持っている。

反応物が持っているエネルギーと生成物が持っているエネルギーの差が反応熱である。

発熱反応 p. 116

反応物： $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2$ 高エネルギー状態

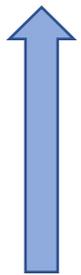


発熱 → 891 kJ

生成物： $\text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ 低エネルギー状態

吸熱反応 p. 116

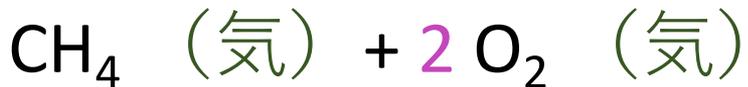
生成物： 2NO 高エネルギー状態



吸熱 ← 181 kJ

反応物： $\text{N}_2 + \text{O}_2$ 低エネルギー状態

熱化学方程式 p. 116



(気) は物質の状態を示す。他に (液)、(固) など。

係数には物質質量 (mol) を用いる。



化学式は等号で結び、その物質 1 mol が持つエネルギーの大きさを示す。注目する物質の係数を1とする場合、他の物質の係数が分数になることもある。

反応熱は末尾に書く。「+」は発熱反応を示す。

状態を示す添字

(気体) → (g) : gas

(液体) → (l) : liquid

(固体) → (s) : solid

(水溶液) → (aq) : aqua ラテン語

多量の水を示す場合は aq だけで示す。

エネルギーの表し方 p.117上

定温・定容状態におけるエネルギー
内部エネルギー U

定温・定圧状態におけるエネルギー
エンタルピー H

$$H = U + PV$$

反応熱は ΔU または ΔH を用いて表されるが、
化学実験は一般に圧力一定（大気圧下）で行われるので、
エンタルピー変化が使われることが多い。

いろいろな反応熱 p.117 中～

反応熱の中には、反応の種類によって特別な名前を持つものがある。

燃焼熱

生成熱

中和熱

溶解熱

燃焼熱と生成熱

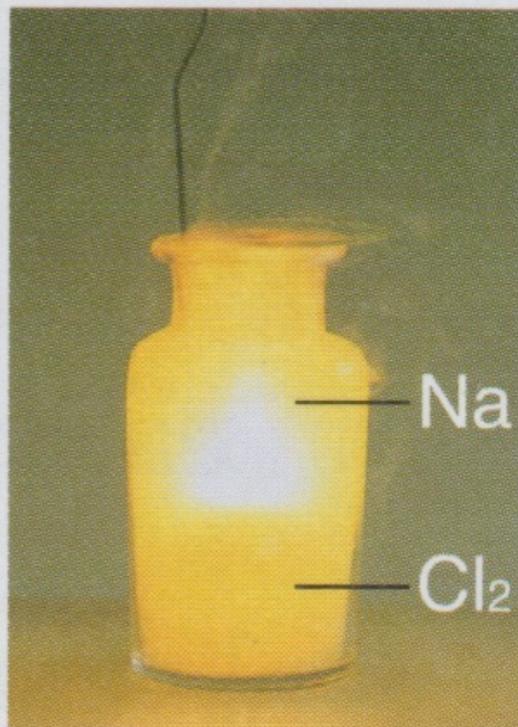
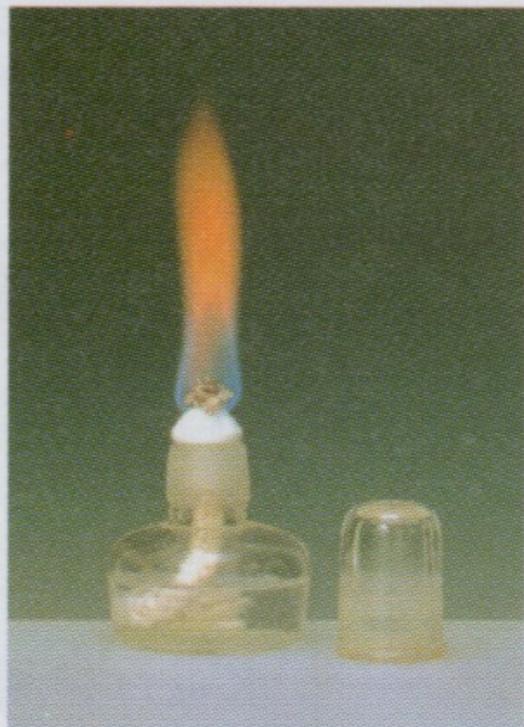
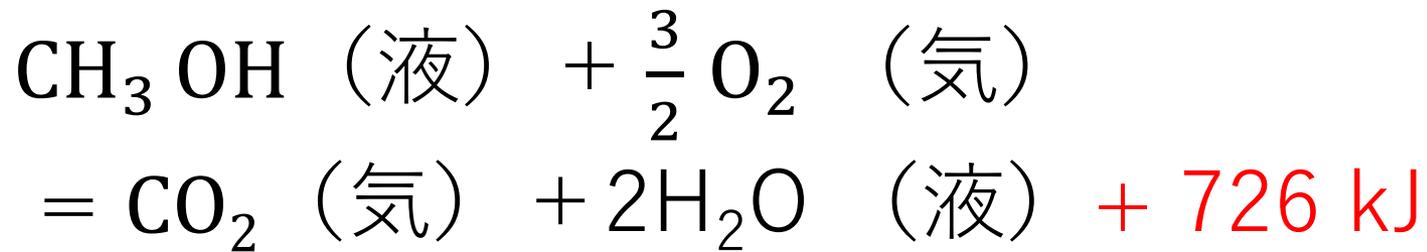


図5 メタノールの燃焼 図6 塩化ナトリウムの生成

燃焼熱

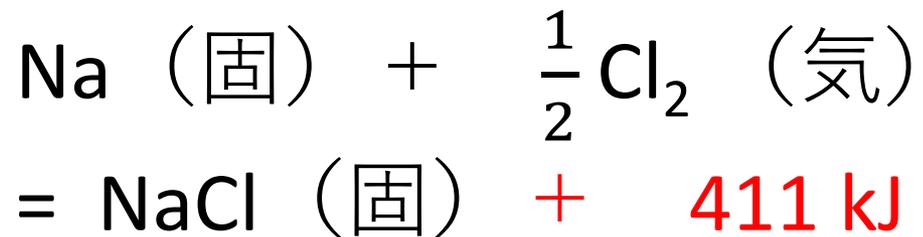
p.117 中 p.118参考

1 mol の物質が完全燃焼するときの反応熱。



生成熱 p.117 下

1 mol の物質がその成分元素の単体から生成するときの反応熱



中和熱と 溶解熱

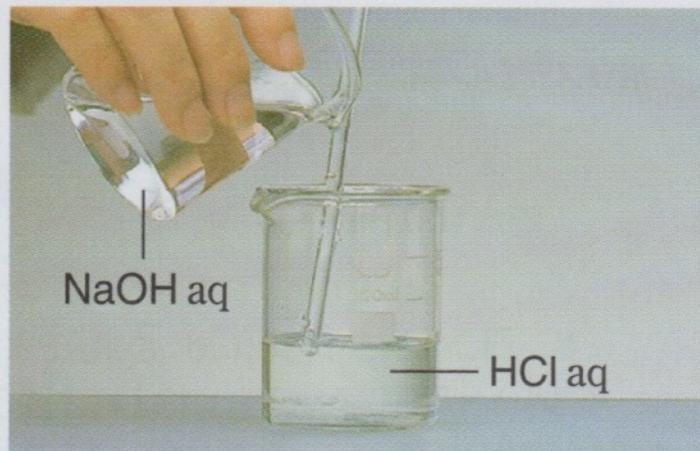


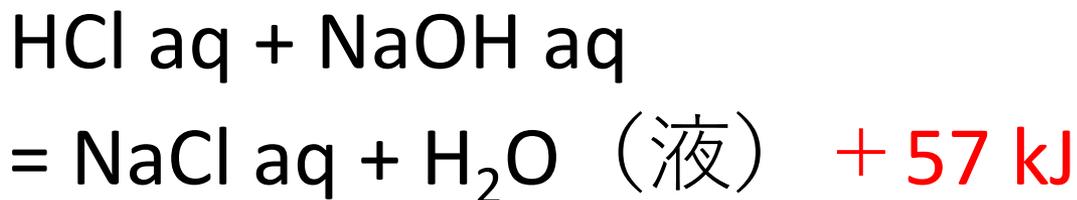
図 7 塩酸と水酸化ナトリウムの中和



図 8 硫酸の水への溶解

中和熱 p.117 下

酸と塩基の中和反応によって1 molの水が生成するときの反応熱。

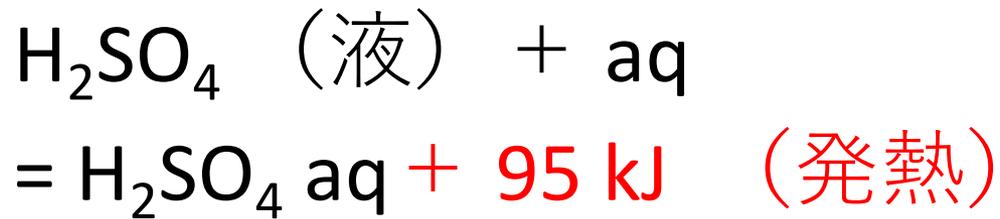


aq または(aq) はラテン語の水(aqua) を略したものである。すなわちHCl aq は塩化水素の水溶液(塩酸) を意味する。

また、aq だけの場合は多量の水を示す。

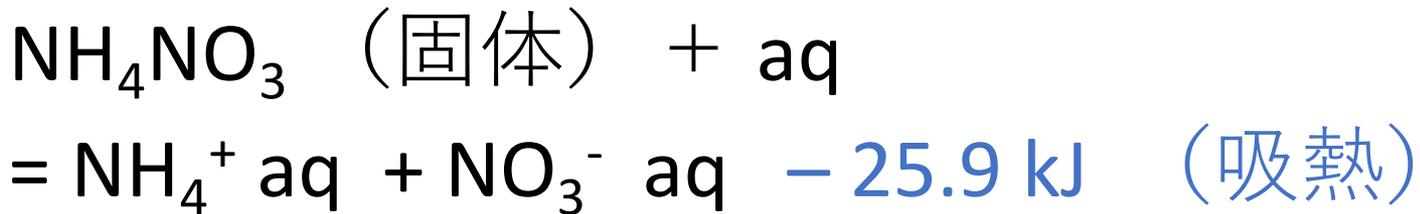
溶解熱 p.117 下 ~ p.118 実験 3

1 mol の物質が多量の溶媒に溶解するときの熱

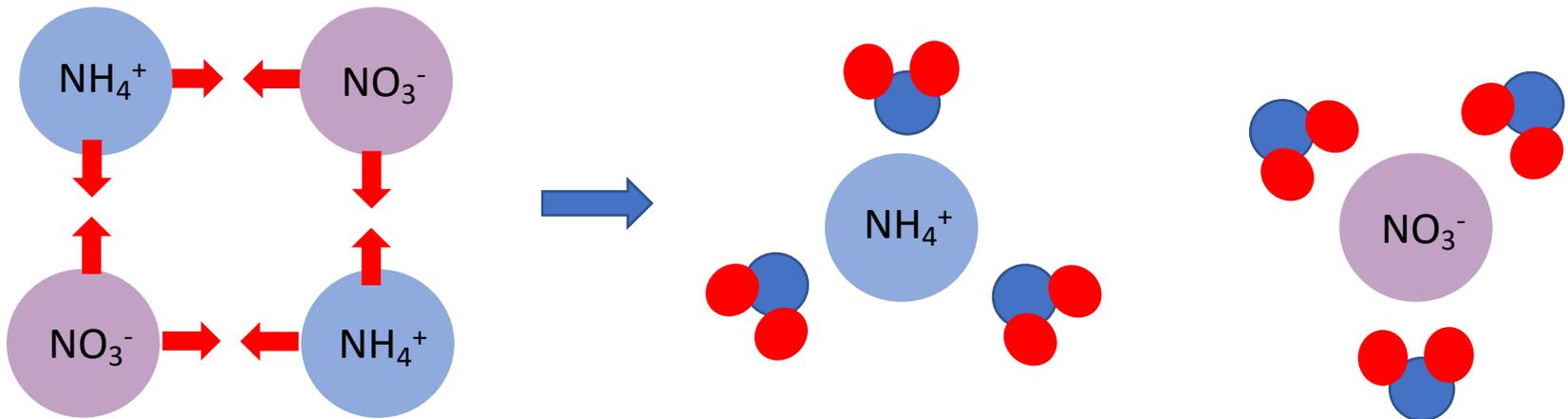


物質によって、マイナス (吸熱) の場合もある。

硝酸アンモニウムの溶解



格子エネルギー >> 溶媒和エネルギー



燃燒熱

溶解熱

物質	燃燒熱	物質	溶解熱
(狀態)	[kJ/mol]	(狀態)	[kJ/mol]
H ₂ (氣)	286	NH ₃ (氣)	34
C (黑鉛)	394	NaOH (固)	45
CO (氣)	283	HCl (氣)	75
CH ₄ (氣)	891	H ₂ SO ₄ (液)	95
CH ₃ OH (液)	726	NaCl (固)	- 3.9
C ₃ H ₈ (氣)	2219	NH ₄ NO ₃ (固)	- 26

状態変化と熱化学方程式 p.119

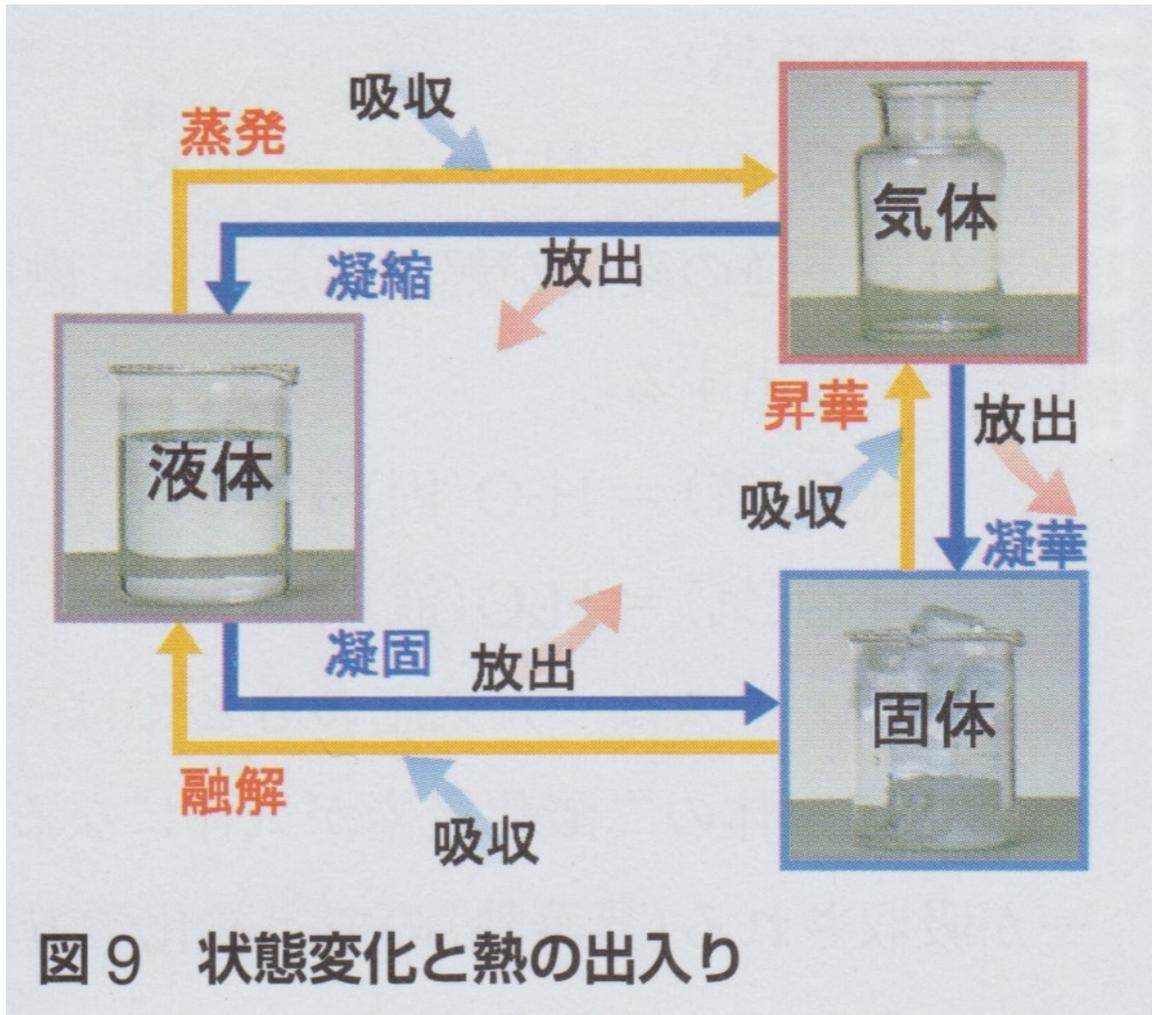
すべての物質には、固体、液体、気体の3つの状態がある。これらを物質の三態という。

第2章1節でも説明している。P. 72 – 80

一定量の物質の融解や蒸発などの状態変化には、それぞれの物質によって決まった大きさの熱量を必要とする。

- 融解熱
- 蒸発熱
- 昇華熱

状態変化と熱の出入り



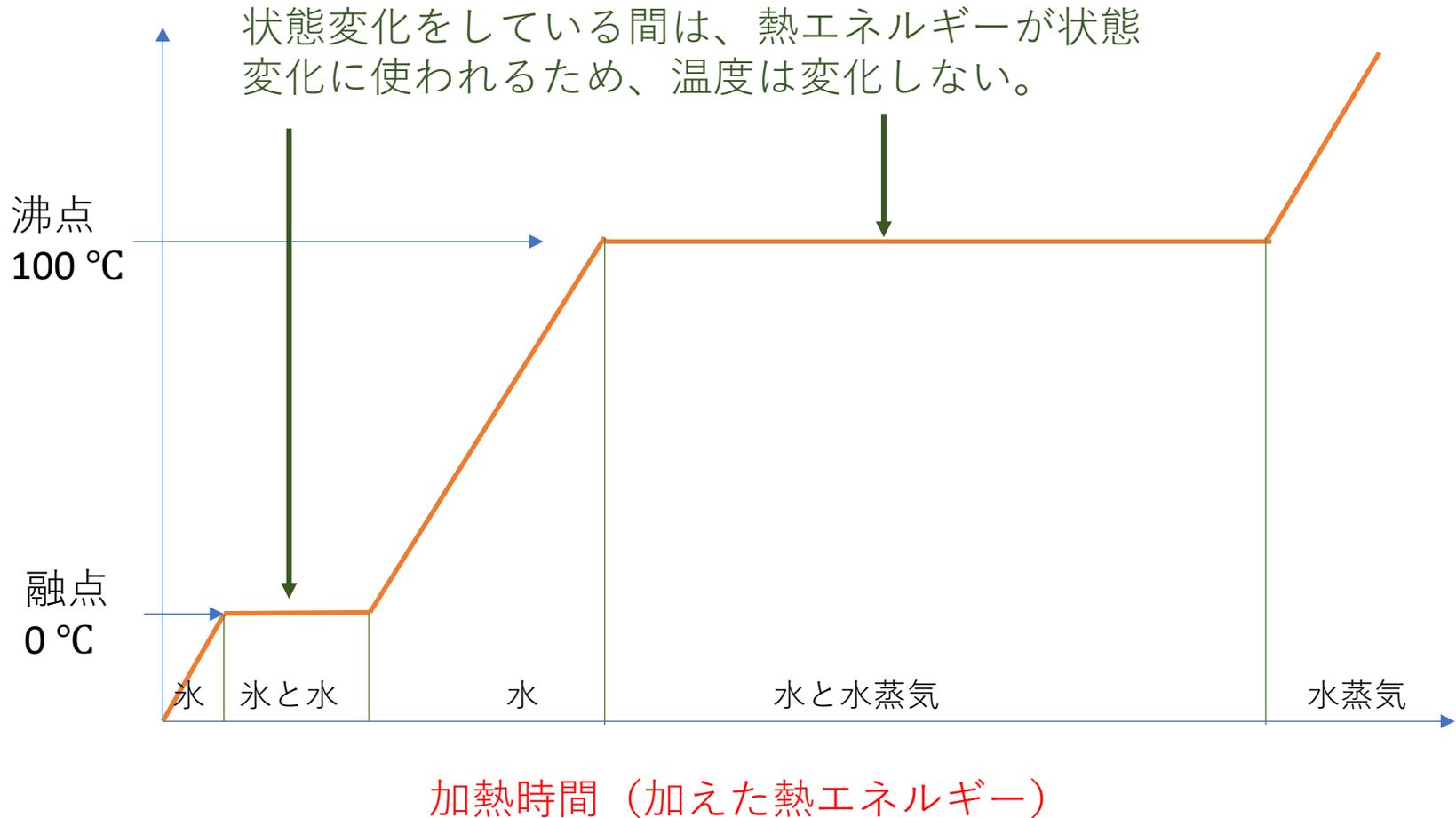
水の状態変化



図 10 状態変化と熱(再掲) 大気圧のもとで氷に熱エネルギーを加えていくときのようす

状態変化と熱 p.119 図10

大気圧の下で氷に熱エネルギーを加えていくときのようす



融解熱、蒸発熱、昇華熱 p.120

融解熱の例 (氷から水へ)



蒸発熱の例 (水から水蒸気へ)



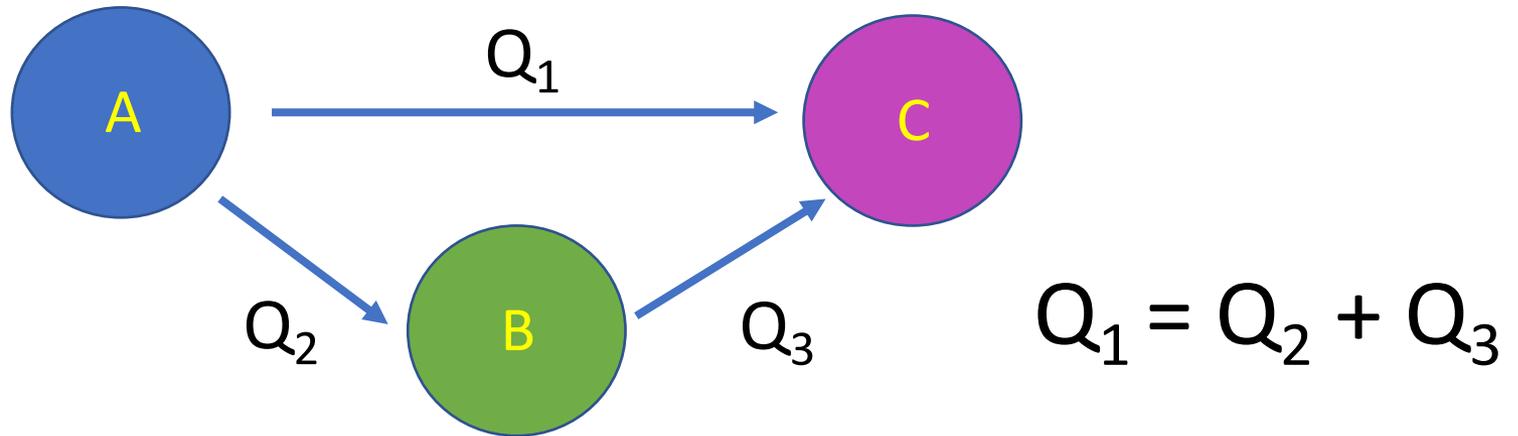
昇華熱の例 (ドライアイス CO_2)



ヘス(1802-1850)の法則 p.120

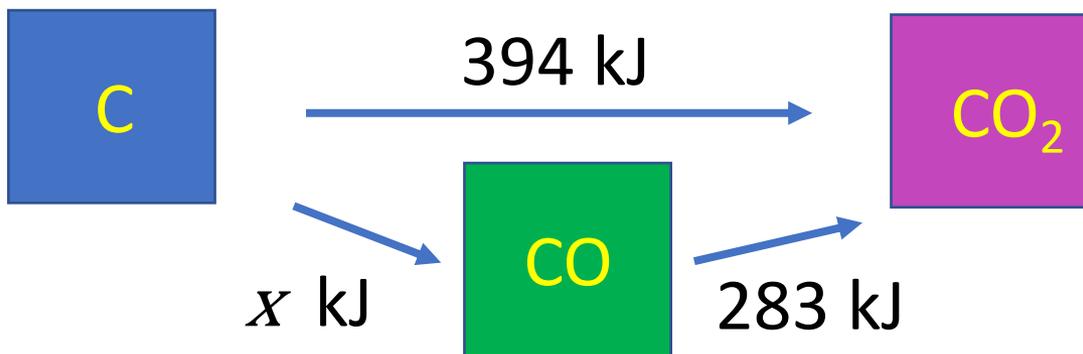
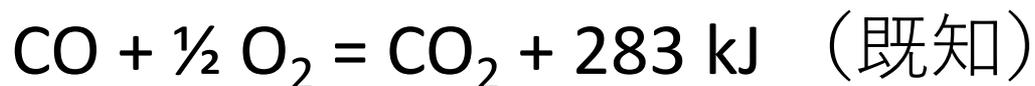
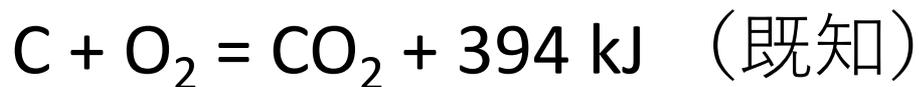
総熱量保存の法則

物質が変化する際の反応熱の大きさは、変化する前の状態と変化した後の状態だけで決まり、その変化の経路には無関係である。

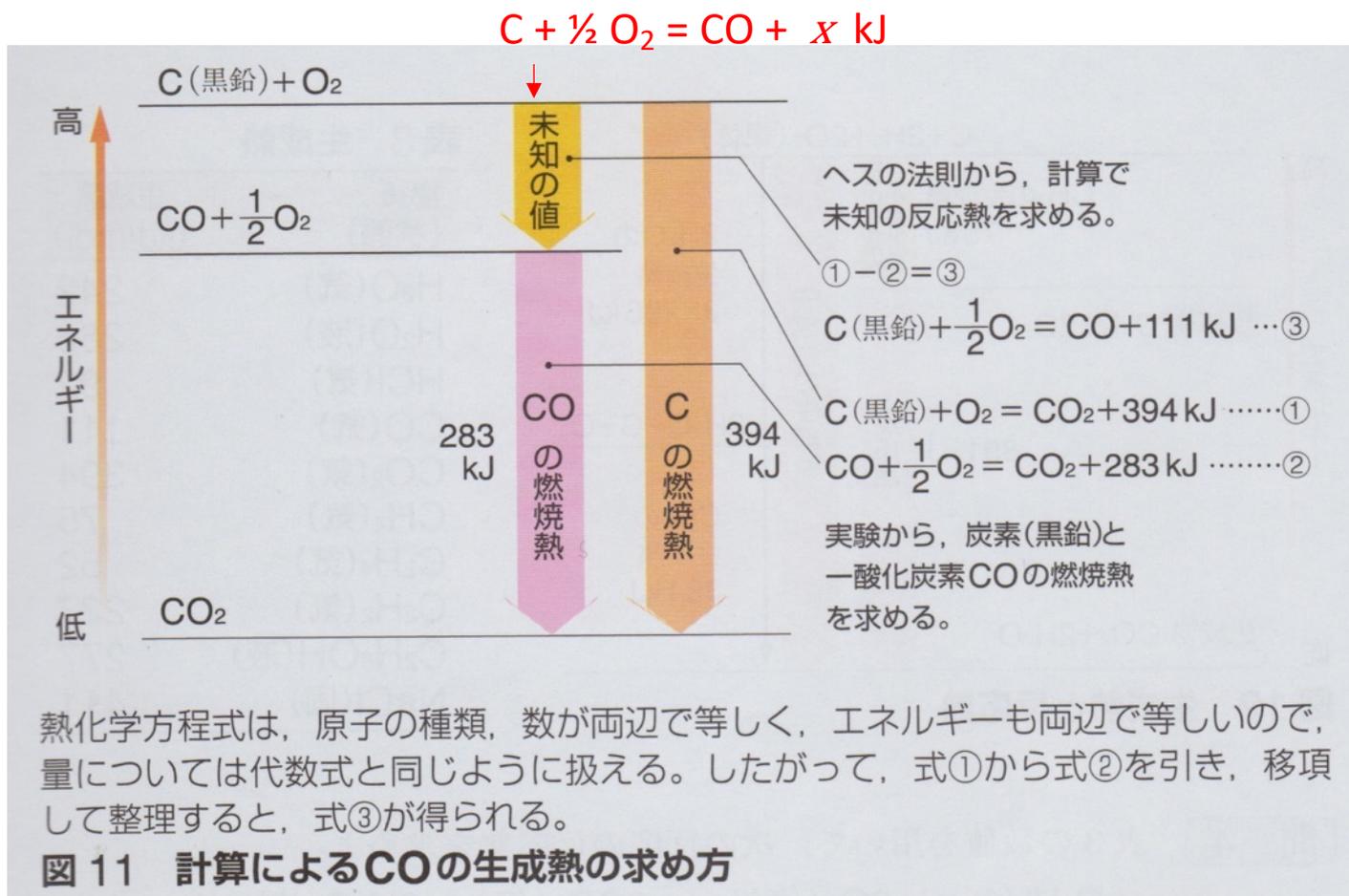


ヘスの法則の応用 p.121

直接的に測定が困難な反応の反応熱を、計算によってとめることができる。



計算によるCOの生成熱の求め方。



生成熱と反応熱 p.122

生成熱とは

各成分元素の単体から1 mol の物質をつくる際に放出される熱量 [kJ/mol]

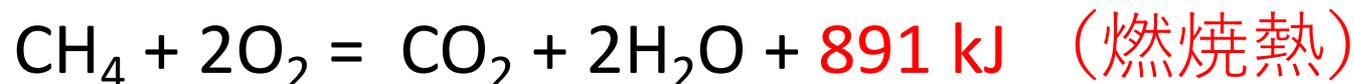
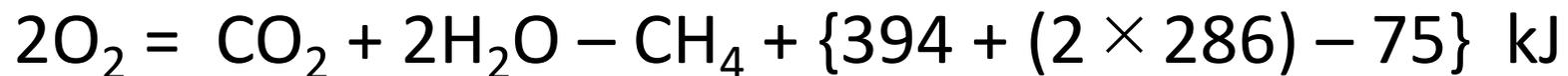
H ₂ O (気体)	242	CH ₄ (気体)	75
H ₂ O (液体)	286	C ₂ H ₄ (気体)	- 52
HCl (気体)	92	C ₂ H ₂ (気体)	- 227
CO (気体)	111	C ₂ H ₅ OH (液体)	277
CO ₂ (気体)	394	NaCl (固体)	411

CO₂, H₂O, CH₄の生成熱からCH₄の
燃焼熱を求める。 p.122 図12



以上が各物質の生成熱。

(1) + (2) - (3) を計算すると、



生成熱と反応熱

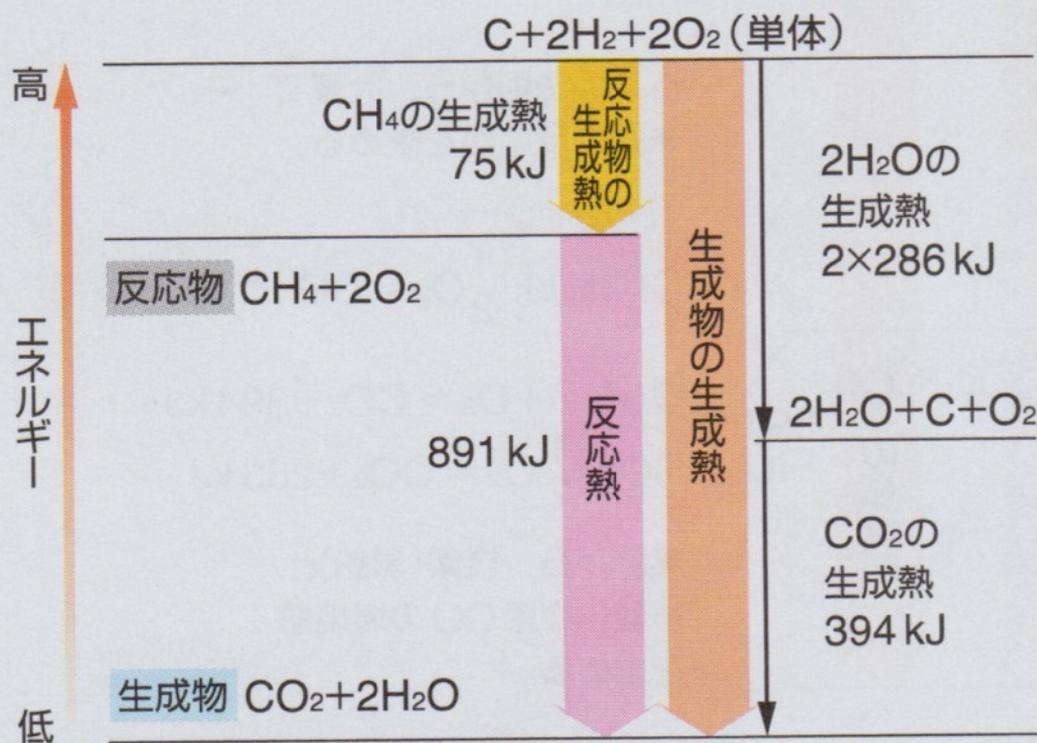


図 12 生成熱と反応熱

表 3 生成熱

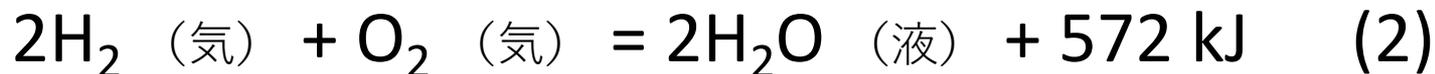
物質 (状態)	生成熱 [kJ/mol]
H ₂ O(気)	242
H ₂ O(液)	286
HCl(気)	92
CO(気)	111
CO ₂ (気)	394
CH ₄ (気)	75
C ₂ H ₄ (気)	- 52
C ₂ H ₂ (気)	- 227
C ₂ H ₅ OH(液)	277
NaCl(固)	411

反応熱の求め方

$$\text{反応熱} = \text{生成物の生成熱の総和} - \text{反応物の生成熱の総和}$$

ヘスの法則により、途中の経路に依存しない。

問 4 次の反応の反応熱を求めよ。 p.122



(1) + (2) + (3') を計算すると、



1412 kJ

結合エネルギーと反応熱

p.122- 123

結合エネルギーとは、分子内の結合している原子どうしを気体状態で引き離すのに必要なエネルギー。

例えば、水素分子 H_2 の2個の水素原子を引き離すのに、 H_2 1 mol あたり 432 kJ のエネルギーが必要になる。

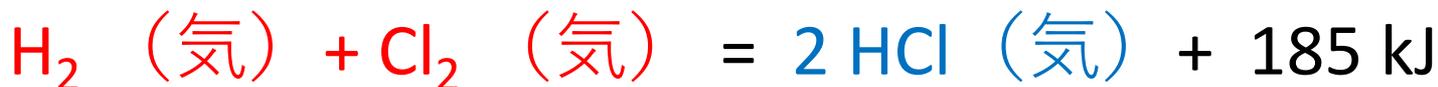


問5 塩素分子、塩化水素分子が分解してそれぞれ原子になるときの反応を、熱化学方程式で示せ。p.123



結合エネルギーと反応熱 p.123

反応熱 = (生成物の結合エネルギーの総和) -
(反応物の結合エネルギーの総和)



生成物 (HCl) の結合エネルギーの総和 = 428×2

反応物 (H₂, Cl₂) の結合エネルギーの総和

$$= 432 + 239$$

$$\text{反応熱} = 428 \times 2 - (432 + 239) = 185$$

結合エネルギーと反応熱

表4 結合エネルギー

結合	結合エネルギー [kJ/mol]
H-H	432
H-Cl	428
C-C(ダイヤモンド)	354
C-C(C ₂ H ₆)	366
C=O	799
Cl-Cl	239
O-H	459
O=O	494

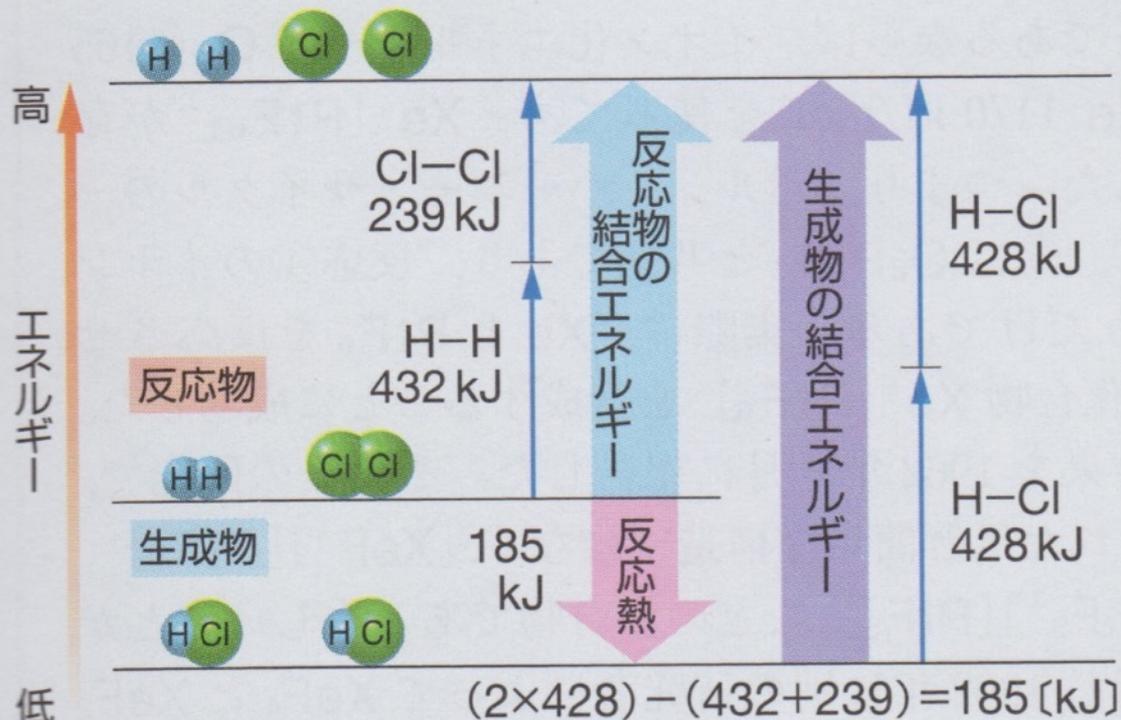


図13 結合エネルギーと反応熱

参考 ボルン・ハーバー・サイクル

p.123 下

塩化ナトリウムの格子エネルギー

- 1 mol の塩化ナトリウム結晶中の結合を切断し、すべてのイオンを互いに遠く離して、力を及ぼしあわない状態にするのに必要なエネルギーを、塩化ナトリウムの格子エネルギーという。
- 格子エネルギーを Q [kJ/mol] とすると、次の熱化学方程式で表すことができる。
- $\text{NaCl (s)} = \text{Na}^+ \text{ (g)} + \text{Cl}^- \text{ (g)} - Q \text{ (kJ)}$
- Q もヘスの法則を用いて求めることができる。
- 教科書を読んでください。

出席確認メールのお願い

出席確認のため、**授業終了後、当日中に**筒木宛にメールを送ってください。送り先は；

kiyosi.tutuki@icloud.com

メールのタイトルは、「**入門化学出席確認、学籍番号、氏名**」としてください。

メールの本文には、簡単で良いので**授業の感想**などを書いてください。

別途、**課題**を出すことがあります。その際は、**別のメール**で送ってください。課題の締め切りは概ね1週間程度とします。

6月17日課題

6月25日 (水) 締切

次の反応の反応熱 (kJ/mol)を求めよ。



各成分の生成熱 (kJ/mol)は、 $\text{H}_2\text{O (aq)}$ 286,

$\text{CO}_2(\text{g})$ 394, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH (aq)}$ 277, O_2 0 kJ である。

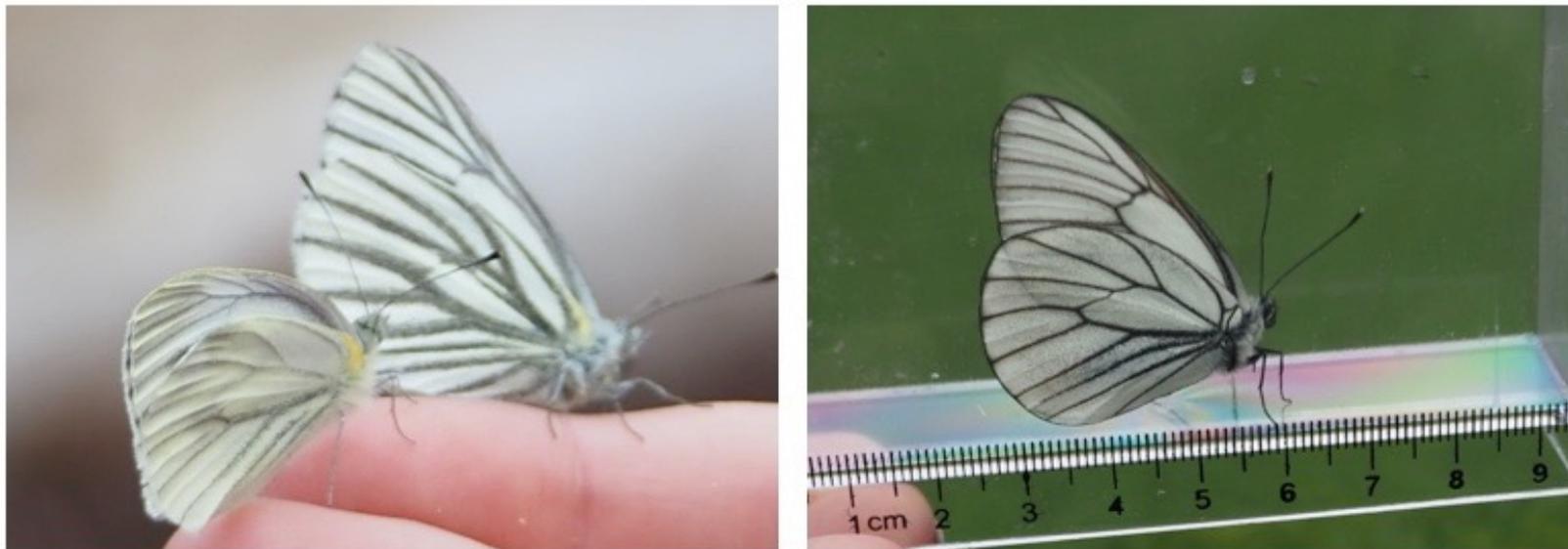


ただし $\text{H}_2 + 0.5 \text{O}_2 = \text{H}_2\text{O (g)} + 242 \text{ kJ}$

$\text{C (黒鉛)} + 0.5 \text{O}_2 = \text{CO (g)} + 111 \text{ kJ}$ を参考とせよ。

(各生成熱はp.122 表3 を参照した。)

北海道に生息する 3 種類のシロチョウ



左の写真：左がスジグロシロチョウ、右がエゾスジグロシロチョウ。
右の写真：エゾシロチョウ。