入門化学03
物質量と化学反応式・濃度

アオイスミレ　　オオバナノエンレイソウ
エンコウソウ　　エゾエンゴサク

第１章　物質の構造

第3節　物質量と化学反応式

1. 原子量・分子量と式量
2. 物質量
3. 化学反応式と量的関係
4. 溶液の濃度

課題の復習

- 陽イオン：最外殻軌道の電子（価電子）が１個ないし２個の場合、これらの電子を他の原子に渡して、自身は原子番号が最も近い貴ガス原子と同じ電子配置を持つ陽イオンとなる。
- 陰イオン：最外殻軌道の電子（価電子）が６個ないし７個の場合、他の原子から２個ないし１個の電子を受け取り、自身は原子番号が最も近い貴ガス原子と同じ電子配置を持つ陰イオンとなる。

１価の陽イオンになりやすい。

２価の陽イオンになりやすい。

１価の陰イオンになりやすい。

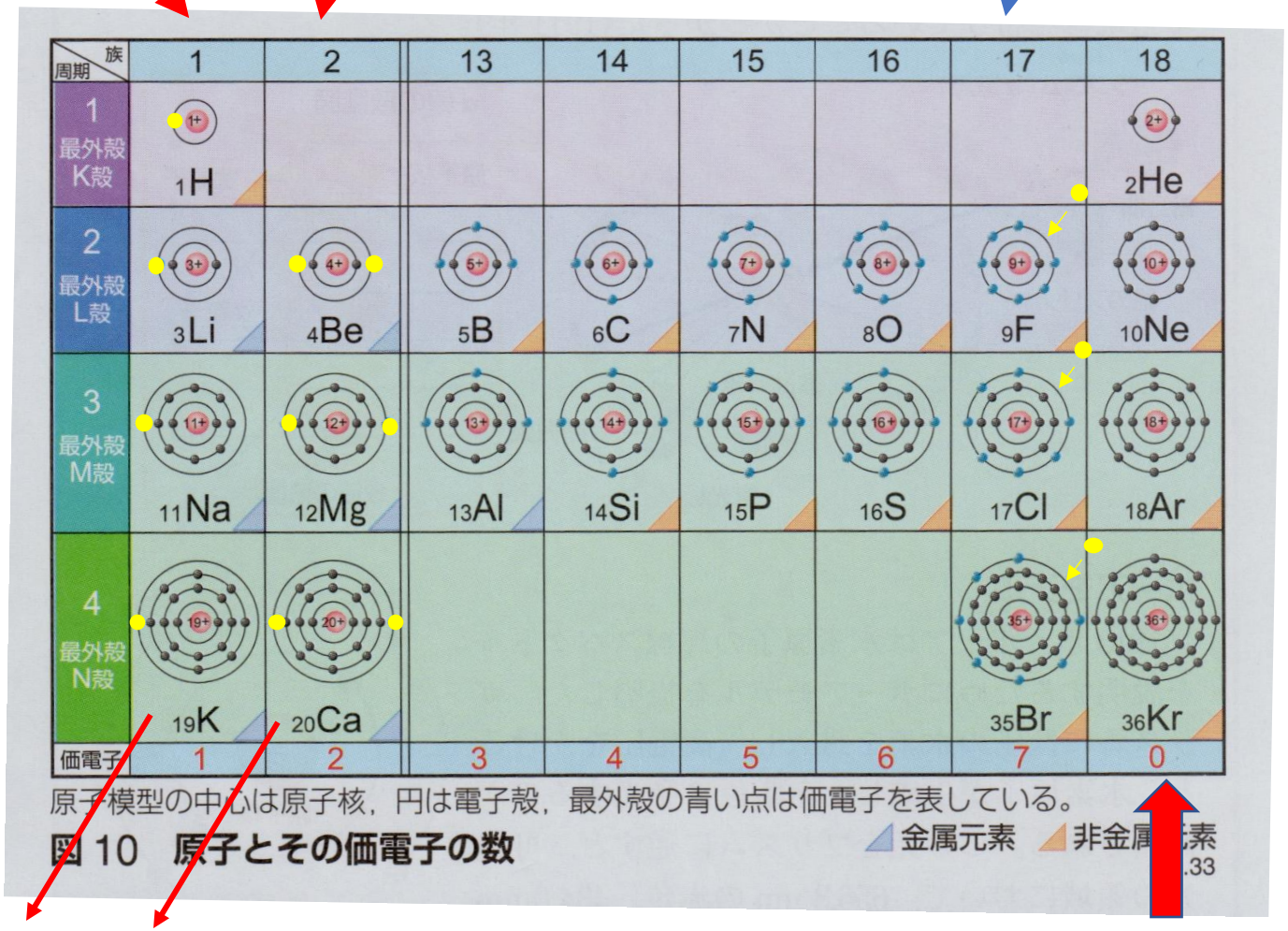


図 10　原子とその価電子の数

K^+

Ca^{2+}

Ar と同じ電子配置になる。

希ガス原子
安定な電子配置

原子・イオン・分子の取り扱い

- わたしたちのまわりにある物質はきわめて多数の原子、イオン、分子で構成されている。
- これらの粒子は非常に小さいので、一粒一粒を取り扱うことは非常に難しい。そこで、多数の粒子をまとめて扱うために、特別な単位が考えられた。

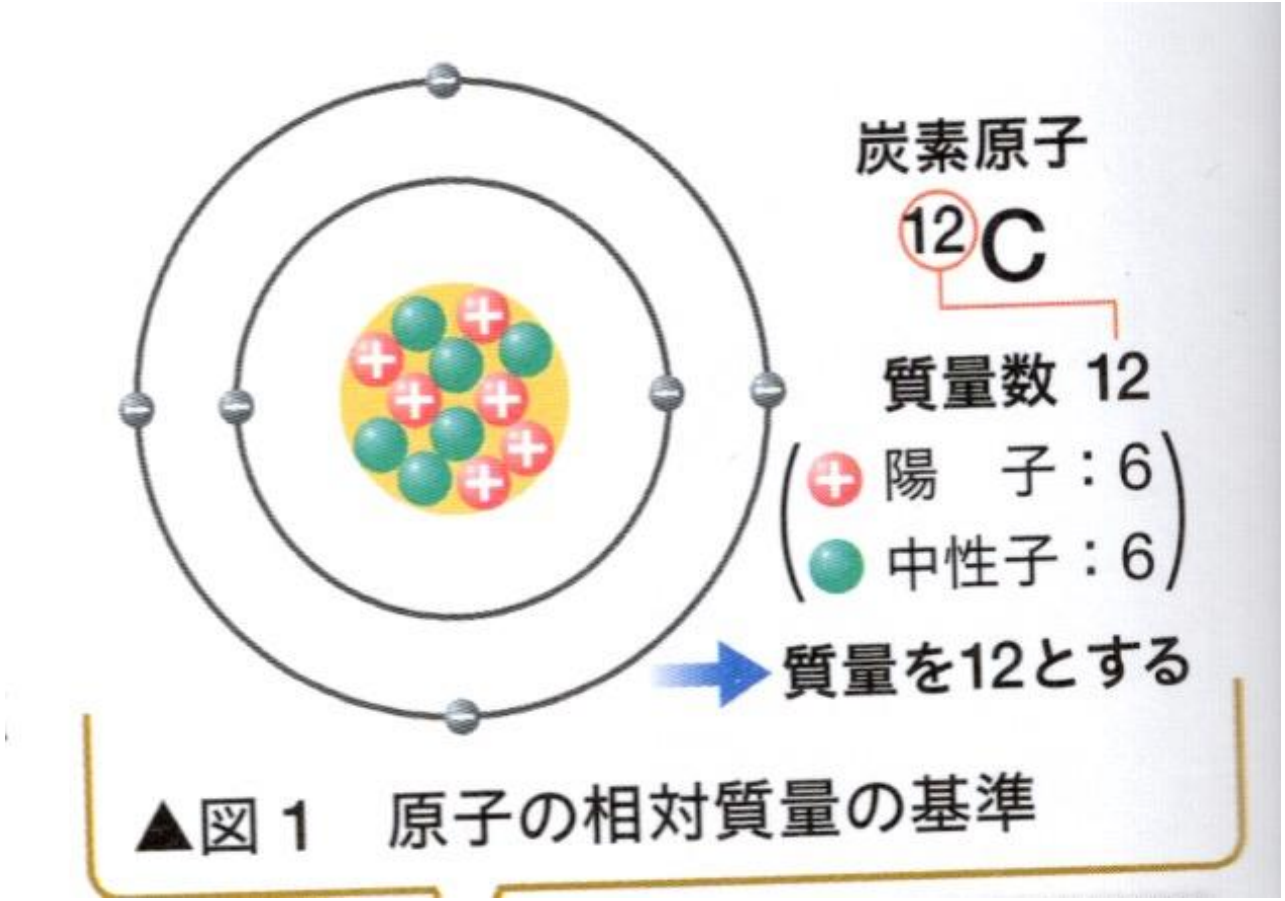
→　モル

→　原子量、分子量

原子の相対質量　　p.36

- モルとは原子、分子、イオンのアボガドロ数個のまとまりである。　$6.02214076 \times 10^{23}$ 個
- 質量数12の炭素原子 ^{12}C 1モルの質量を12とし、これを基準として各原子の相対質量を定める。
- 相対質量は、質量そのものではなく質量の比なので、単位はない。

原子の相対質量の基準：^{12}C



▲図 1　原子の相対質量の基準

^{1}H の相対質量は？

^{1}H 原子１個の実際の質量は

1.6735×10^{-24} (g)

^{12}C 原子１個の実際の質量は

1.9926×10^{-23} (g)

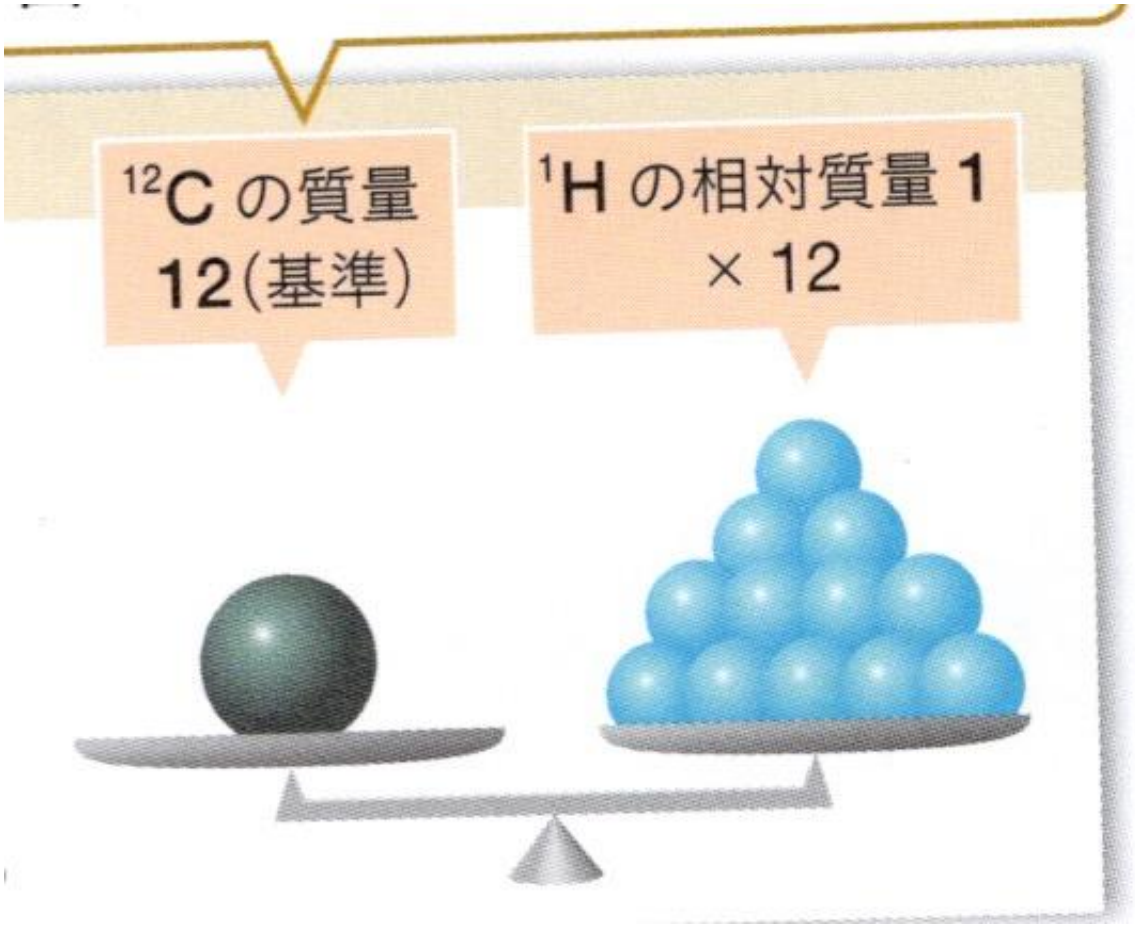
^{12}C 原子１モルの相対質量は12 と定義されているので

$1.9926 \times 10^{-23} : 1.6735 \times 10^{-24} = 12 : x$

^{1}H １モルの相対質量は

$x = 12 \times 1.6735 \times 10^{-24} / 1.9926 \times 10^{-23} = 1.007829$

^{1}H 1 モルの相対質量は



^{12}C 1 モルと ^{1}H 1 モルの実際の質量は

- ^{12}C 1 モルの実際の質量は

$1.9926 \times 10^{-23} \times 6.02214 \times 10^{23}$ （アボガドロ定数）

$= 11.9997$ (g)

^{1}H 1 モルの実際の質量は

$1.6735 \times 10^{-24} \times 6.02214 \times 10^{23}$ （アボガドロ定数）

$= 1.007805$ (g)

なので、実際の質量と相対質量の間にほとんど差はない。

^{12}Cが原子の相対質量の基準に用いられた理由

^{1}H や^{16}Oが基準にされたこともありましたが、1961年以降^{12}C を基準とすることになりました。

炭素は、水素、酸素、窒素、硫黄、フッ素、塩素など、他のさまざまな元素と安定な化合物をつくります。そのため、他の元素との関係を示す相対質量の基準として適していたのだろうと思います。

例：　CH_4, CO_2, CH_3NH_2, CS_2, CF_4, CCl_4, $CHCl_3$

（メタン、二酸化炭素、メチルアミン、二硫化炭素、四フッ化炭素、四塩化炭素、クロロホルム）などと全ての有機化合物。

問 1. 窒素原子^{14}Nの質量は 2.3252×10^{-23}
炭素原子^{12}Cの質量は 1.9926×10^{-23}
である。^{14}Nの相対質量を求めよ。

- 相対質量とは、^{12}C 原子の質量を12 とした場合の各元素の質量の比である。

すなわち

^{14}Nの質量：^{12}Cの質量＝^{14}Nの相対質量：12

したがって、

$$2.3252 \times 10^{-23} : 1.9926 \times 10^{-23}$$
$$= {}^{14}N\text{の相対質量} : 12$$

→ ^{14}Nの相対質量= 14.003

国際単位系における定義の変更

1979に定義

光度: カンデラ

周波数540テラヘルツの単色放射を放出し、所定の方向におけるその放射強度が1/683ワット毎ステラジアンである光源のその方向における光度。

1983に定義

長さ：メートル

1秒の299792458分の1の時間に光が真空中を伝わる行程の長さ。

2019に定義変更

質量：キログラム

単位の大きさは国際キログラム原器の質量に等しい。

新

キログラムは、プランク定数 h を正確に 6.62607015×10^{-34} Jsと定めることによって設定される。

2019に定義変更

物質量：モル

0.012 キログラムの炭素 12 の中に存在する原子の数に等しい数の要素粒子を含む系の物質量である。

新

1モルは正確に 6.02214076×10^{23} の要素粒子を含む。

1967に定義
2019に再定義

時間：秒

セシウム133の原子の基底状態の二つの超微細構造準位の間の遷移に対応する放射の周期の 9192631770倍 の継続時間。

国際単位系における定義の変更

物質量：モル

0.012 キログラムの炭素 12 の中に存在する原子の数に等しい数の要素粒子を含む系の物質量である。

新

1モルは正確に 6.02214076×10^{23} の要素粒子を含む。

定めることによって設定される。

時間：秒

セシウム133の原子の基底状態の二つの超微細構造準位の間の遷移に対応する放射の周期の 9192631770倍 の継続時間。

2019に定義変更

熱力学温度：ケルビン

水の三重点の熱力学温度の 1/273.16。

新

ケルビンは、ボルツマン定数 k を正確に 1.380649×10^{-23} J/Kと定めることによって設定される。

電流：アンペア 2019に定義変更

真空中に1メートルの間隔で平行に配置された無限に小さい円形断面積を有する無限に長い二本の直線状導体のそれぞれを流れ、これらの導体の長さ1メートルにつき 2×10^{-7} ニュートンの力を及ぼし合う一定の電流。

新

アンペアは、電気素量 e を正確に $1.602176634\times10^{-19}$ Cと定めることによって設定される。

１グラムの元々の定義と現在の定義

１グラムの元々の定義は、「最大密度にある蒸留水１ミリリットルの質量」だった。

その後、「国際キログラム原器」の質量の1/1000と定義が改定され、さらに、

現在ではプランク定数と光速から定義されている。（2019年5月20日国際度量衡日以来）

光子の持つエネルギー(ε)は振動数(*v*)に比例し、その比例定数がプランク定数(*h*)である。

$\varepsilon = h v$　　$\varepsilon = m c^2$　　c (光速)

物質量（モル）の定義の変更

１モルは0.012キログラムの炭素12の中に存在する原子の数に等しい数の要素粒子を含む系の物質量である。（変更前）

→

１モルは、正確に $6.02214076 \times 10^{23}$ の構成粒子を含む。（変更後）

以前は１モルの炭素12の質量は正確に12グラムであったが、定義変更により不確かさを伴う測定量となった。^{12}Cの質量 = 11.9999999958

原子量　　p.36 - 37

- 各元素の同位体の相対質量と存在比から求められる平均値を、元素の原子量という。

→ p.37 表 1

- 例　水素

同位体	相対質量	存在比 (%)	原子量
^{1}H	1.0078	99.9885	1.0079
^{2}H	2.0141	0.0115	

計算式

$\{(1.0078 \times 99.9885)+(2.0141 \times 0.0115)\} \div 100 = 1.0079$

塩素の原子量を求めよ。

- 各元素の同位体の相対質量と存在比から求められる平均値を、元素の原子量という。
- 塩素同位体の相対質量と存在比

同位体	相対質量	存在比 (%)	原子量
^{35}Cl	35	75.8	?
^{37}Cl	37	24.3	

計算式

$\{(35 \times 75.8) + (37 \times 24.3)\} \div 100 = ?$

^{13}C同位体を含めた炭素の相対質量

12 × 0.9893 + 13.003 × 0.0107 = 12.010

同位体の相対質量と原子量

▼表1　同位体の相対質量と原子量

元素名	同位体	相対質量	存在比〔%〕	原子量(概数値)
水素	^{1}H	1.0078	99.9885	1.008(1.0)
	^{2}H	2.0141	0.0115	
炭素	^{12}C	12(基準)	98.93	12.01(12)
	^{13}C	13.0034	1.07	
酸素	^{16}O	15.9949	99.757	16.00(16)
	^{17}O	16.9991	0.038	
	^{18}O	17.9992	0.205	
フッ素	^{19}F	18.9984	100	19.00(19)
ナトリウム	^{23}Na	22.9898	100	22.99(23)

原子量は有効数字4桁で示している。

^{12}C の質量を12とした値なので，

原子量の概数値

原子量は同位体の相対質量を平均して求めるが、
通常の計算には原子量の概数値を用いる。

元素名	元素記号	原子量	原子量の概数値
水素	H	1.008	1
炭素	C	12.01	12
窒素	N	14.01	14
酸素	O	16.00	16
ナトリウム	Na	22.99	23
マグネシウム	Mg	24.31	24
アルミニウム	Al	26.98	27
ケイ素	Si	28.09	28
塩素	Cl	35.45	35.5
カリウム	K	39.10	39

分子量　p.37 下

- 炭素原子^{12}C 1個の質量を12とし、これを基準として求めた分子の相対質量を分子量という。
- 通常の計算には原子量の概数値を用いる。

→ p.37 表 1

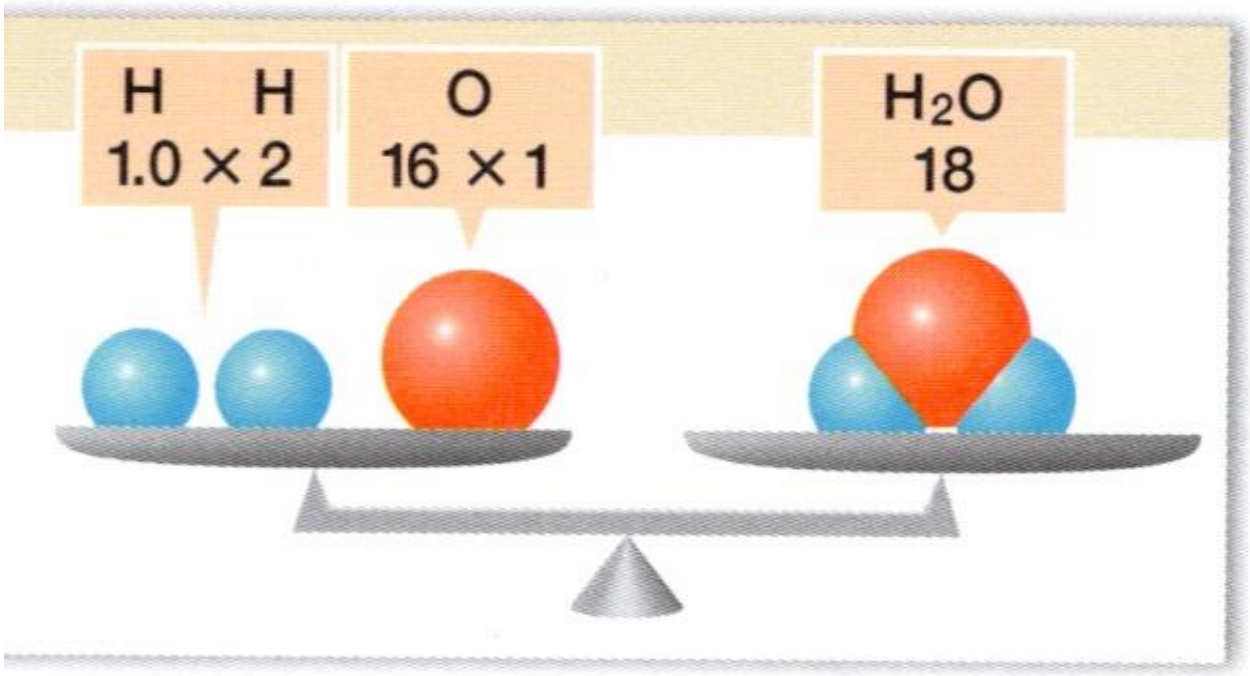
例：二酸化炭素 (CO_2) の分子量

$(12 \times 1) + (16 \times 2) = 44$

（炭素の原子量×1）＋（酸素の原子量×2）

＝　二酸化炭素の分子量

H_2Oの分子量



式量　p.37下- p.38

- 組成式やイオン式に含まれる元素の原子量の総和を式量という。
- 電子の質量は原子に比べて非常に小さいので無視する。
- 例　硫酸イオン　SO_4^{2-} の式量は

$$32 \times 1 + 16 \times 4 = 96$$

次の物質の分子量または式量を概数値の表から求めよ。

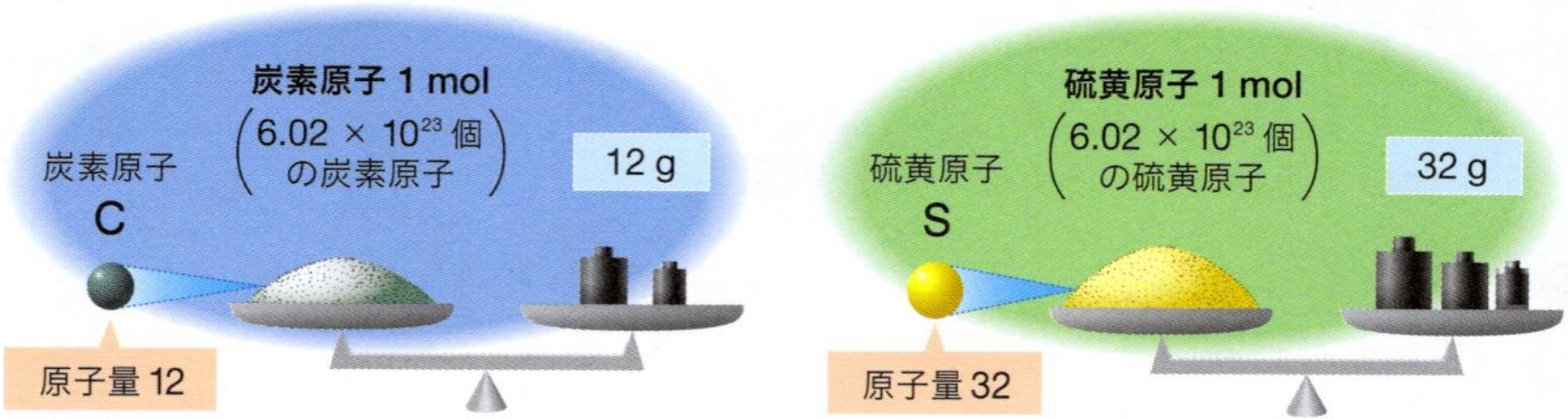
(1)メタン CH_4 ： 12 + 1×4 = ?

(2)アンモニア NH_3 ： 14 + 1×3 = ?

物質量 p.39

- 粒子の個数に着目して表した物質の量を物質量といい、
  モル（記号mol）という単位で表す。

物質量と原子量



▲図 2　物質量と原子量

物質量 p.39 と追加説明

- 物質が変化するとき、原子・分子・イオンなどの粒子が結合したり離れたりするので、物質をつくっている粒子の個数に着目して物質の量を表すと便利な場合が多い。
- 質量で表すよりも、粒子数で表すほうが便利。

$$H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O$$

2グラムの水素分子と16グラムの酸素分子が反応すると18グラムの水分子ができる。

１個の水素分子と1/2 個の酸素分子が反応すると１個の水分子ができる。

原子量・分子量・式量と物質量の関係

	炭素原子 C	水分子 H_2O	アルミニウム Al	塩化ナトリウム NaCl
粒子の質量	C 2.0×10^{-23} g	H O H 3.0×10^{-23} g	Al 4.5×10^{-23} g	Na^+ Cl^- 9.7×10^{-23} g
原子量・分子量・式量	原子量 12	分子量 $1.0 \times 2 + 16 = 18$	式量 27	式量 $23.0 + 35.5 = 58.5$
1 mol の粒子の数と質量	C が 6.02×10^{23} 個 12 g	H O H が 6.02×10^{23} 個 18 g	Al が 6.02×10^{23} 個 27 g	Na^+ と Cl^- がそれぞれ 6.02×10^{23} 個 58.5 g
モル質量	12 g/mol	18 g/mol	27 g/mol	58.5 g/mol

▲図 3　原子量・分子量・式量と物質量との関係

アボガドロ定数 p.39

- 1モルあたりの単位粒子の数をアボガドロ定数といい、N_A を用いて表す。
- アボガドロ定数：

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} /mol$$

正確には、

$$6.02214076 \times 10^{23} mol^{-1}$$

2019年以降、国際単位系(SI)における定義定数となった。あいまいさのない不変の値。

アボガドロ数を求める方法 (1) p.47

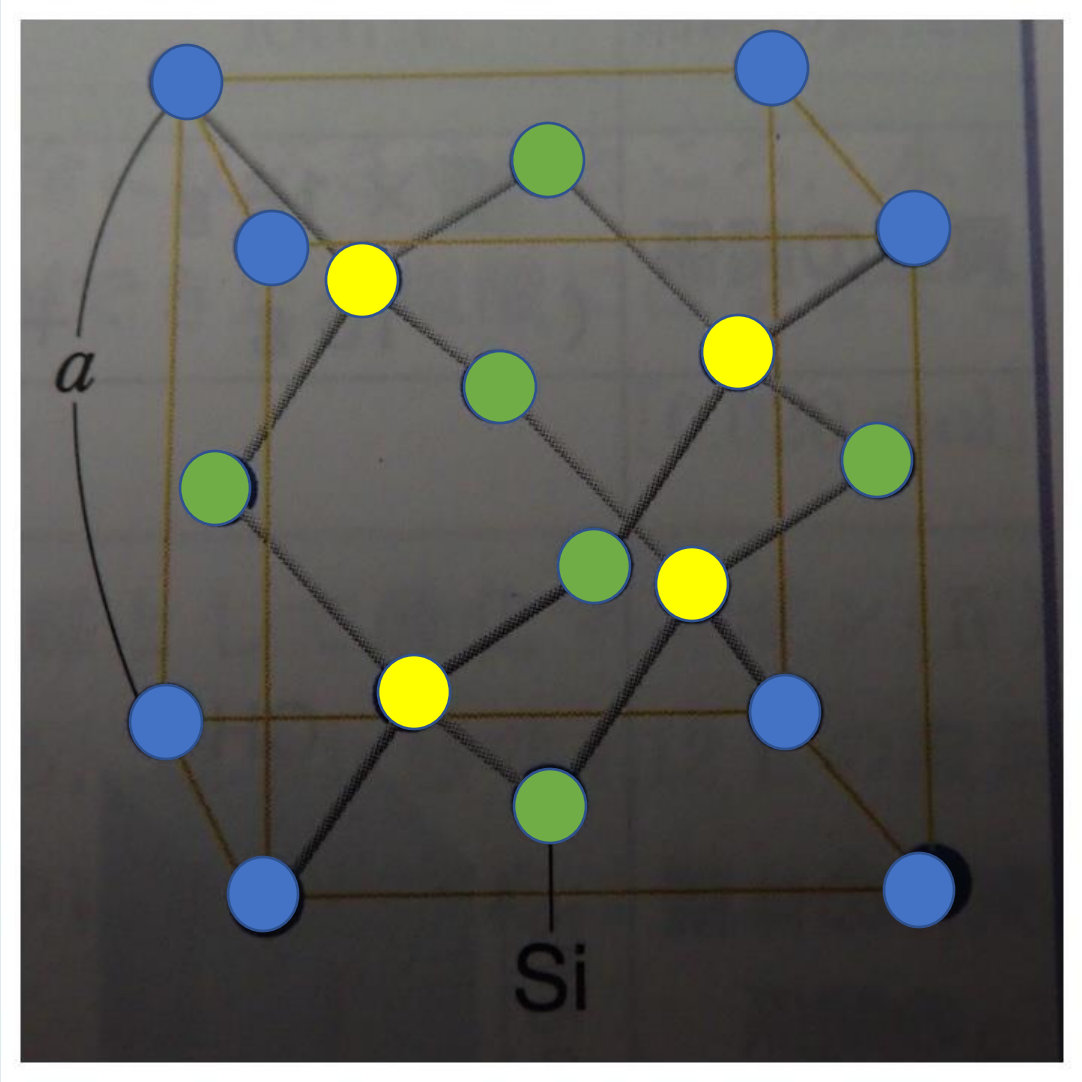
(1) 結晶の構造から求める方法

シリコンの大きな結晶をつくり、その密度 d、繰り返しの最小単位としての立方体の一辺の長さ a、^{28}Si のモル質量 w から計算する。

この立方体１個の中には８個の原子が含まれる。

（p.47 の参考図を参照。この図の中には18個の Si 原子が描かれているが、実際には隣接する格子と共有されている Si 原子があるため、これよりも少ない 8 個である。）

シリコン結晶の原子配置（ダイヤモンドと同じ）



結晶格子中
に含まれる
Si原子の数

1/8
× 8 個
立方体の角

1/2
× 6 個
各側面の中央

1/1
× 4 個
立方体の内部

Si 原子合計
8 個

シリコン結晶格子内のSi原子の数を数える方法

立方体の各頂点に８個。

これはそれぞれ８個の立方体に共有されているため、実際の個数は　8÷8 = 1。

立方体の各側面に６個

これはそれぞれ２個の立方体に共有されているため、実際の個数は　6÷2 = 3。

立方体の内部に４個

これは格子内にあって共有されていないので、実際の個数も４個。合計＝1 + 3 + 4 = 8 個

アボガドロ数を求める方法 (1: 続き)

原子１個の体積 v [cm³] は、$v = a^3 / 8$ である。
原子１個の質量は
$d \times v$ （比重×体積） $= d \times a^3 / 8$である。

アボガドロ定数 N_A は、1 mol の質量を、
原子１個の質量で割ればよいから、

$$N_A = \frac{w\,[\frac{g}{mol}]}{d\left[\frac{g}{cm^3}\right] \times v\,[cm^3]} = \frac{8\,w}{da^3}\ [/mol]$$

アボガドロ数を求める方法 (2) p.44

(2) 水面上の単分子膜の面積から求める方法

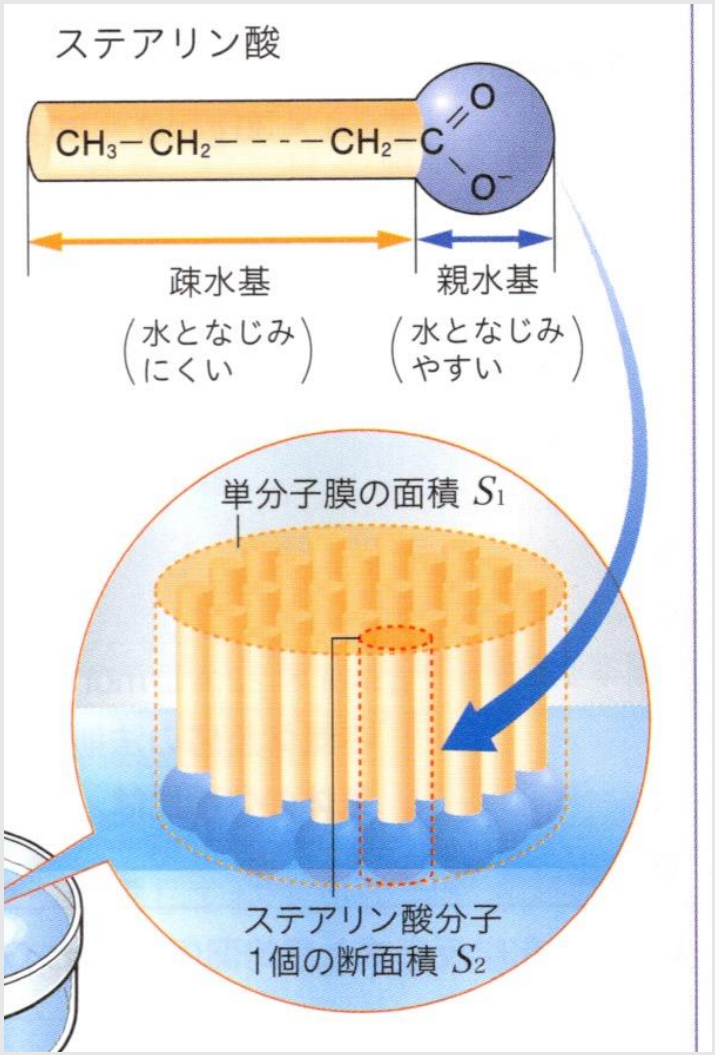
水面上にステアリン酸の単分子膜をつくり、水面に注いだステアリン酸の質量 w、単分子膜の面積 S、ステアリン酸の分子１個の断面積 s、ステアリン酸のモル質量 M から計算する。

単分子膜の面積 S は、1 mol あたりの面積に物質量 をかけたものに等しいので、

$$S\ [\mathrm{cm}^2] = s\ [\mathrm{cm}^2] \times N_A\ [/\mathrm{mol}] \times (w\ [\mathrm{g}]\ /\ M\ [\mathrm{g/mol}]\ )$$

1 mol あたりの面積(cm^2/mol) ×物質量 (mol)

ステアリン酸の単分子膜を水面に浮かべる。実際には理論どおりにはいかず少し広めに広がる。



アボガドロ数を求める方法　(2: 続き)

アボガドロ数 N_A は、

単分子膜上の分子の数 (S / s) を 単分子膜上のステアリン酸の物質量 (w [g] / M [g/mol]) で割った値に等しいので、

$$N_A = \frac{S/s}{w/M} \quad [/\mathrm{mol}]$$

$$= MS / sw \quad [/\mathrm{mol}]$$

原子量と物質量の関係 p.40

- 質量量12の炭素原子N_A個の物質量は1 mol であり、原子量は12である。
- 質量量32の硫黄原子N_A個の物質量は1 mol であり、原子量は32である。

分子量・式量と物質量の関係 p.40 下

- 物質1 mol の質量は、原子量・分子量・式量にg単位をつけたものとなる。
- この物質1 mol あたりの質量をモル質量という。

- 水分子(H_2O) 1 mol の質量は、その分子量18 にg単位をつけたものとなり、18 g である。
- 酸素分子(O_2) 1 mol の質量は、その分子量32 にg単位をつけたものとなり、32 g である。

物質量[mol]と質量[g]の関係

p.40下

- 物質量 [mol] =
  質量 [g] / モル質量 [g/mol]

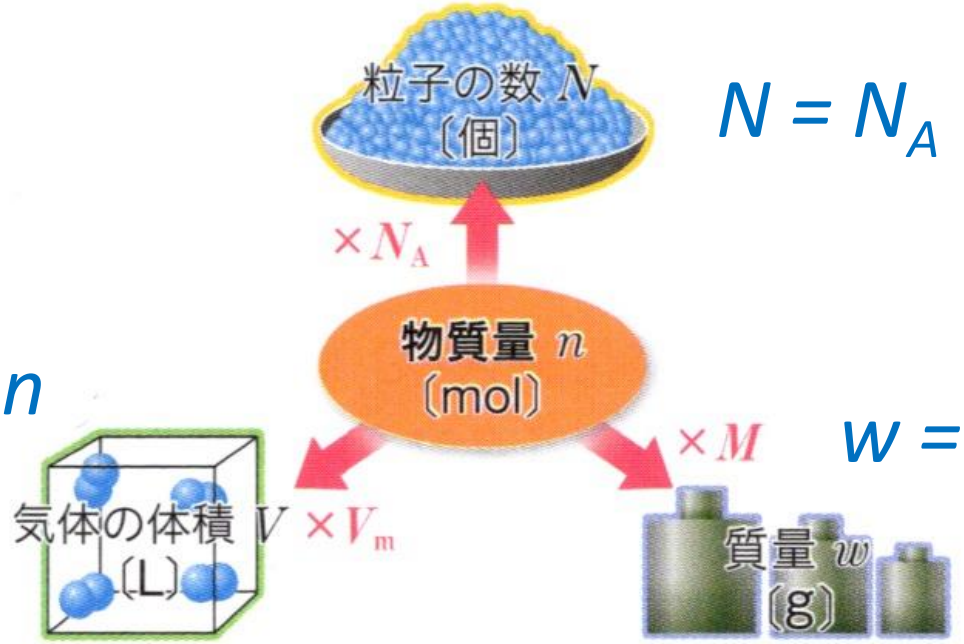
- アルミニウム100 g は何 mol か？
  100 / 27 = 3.70 mol
- 水100 g は何 mol か？
  100 / 18 = 5.56 mol
- 塩化ナトリウム100 g は何 mol か？
  100 / 58.5 = 1.71 mol

物質量[mol]と気体の体積[L]、質量[g]の関係

$N = N_A \times n$

$L = V_m \times n$

$w = M \times n$



N_A: アボガドロ数、M: モル質量、V_m: モル体積

問題

塩化ナトリウム11.7g の物質量を求めよ。

塩化ナトリウム NaCl の式量は、

$$23 + 35.5 = 58.5$$

11.7 g のNaCl は、

$$11.7 \div 58.5 = 0.200\ mol$$

問題

アンモニア3.4g の中には、水素原子が何mol 含まれるか。

アンモニア NH_3 の分子量は、

$$14 + 3 = 17$$

3.4 g の NH_3 は、

$$3.4 \div 17 = 0.20\ mol$$

$1\ mol$ のNH_3 中には $3\ mol$ の水素原子Hが含まれるから、

3.4 g $= 0.20\ mol$ の NH_3 は、

$0.20\ mol$ ×3 = $0.60\ mol$ の水素原子Hを含んでいる。

アボガドロの法則 p.41下

アボガドロ　（イタリア、1776-1856）

同温・同圧のもとでは、
気体の種類によらず、
同体積の気体には同数の分子が含まれる。
→
同じ物質量の気体は同じ体積を占める。

気体 1 mol の体積 p.42

- 異なる気体でも、物質量 (mol) が等しければ、同温・同圧のもとで同じ体積を占める。

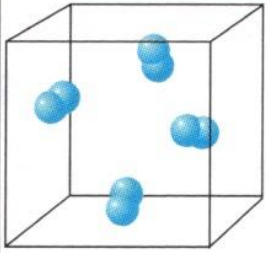
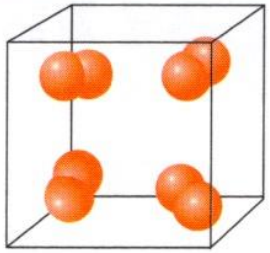
- 気体の種類によらず、 1 mol の気体の体積は、0 ℃、 1 気圧 (1.013 ×10^5 Pa) のもとで、

  22.4 L の体積を占める。

  1 L = 1000 cm^3 = 10^{-3} m^3 = 1 dm^3

  (1 dm = 10 cm　デシ：1/10、センチ：1/100)

1 mol の気体の体積と質量

気体	 水素 H_2	 酸素 O_2
物質量	1.00 mol	1.00 mol
分子の個数	6.02×10^{23} 個	6.02×10^{23} 個
質量	2.00 g	32.0 g
体積	22.4 L	22.4 L

▲図 4　1 mol の気体の体積と質量
（0 °C, 1.013×10^5 Pa）

物質量と気体の体積

物質量 [mol] =

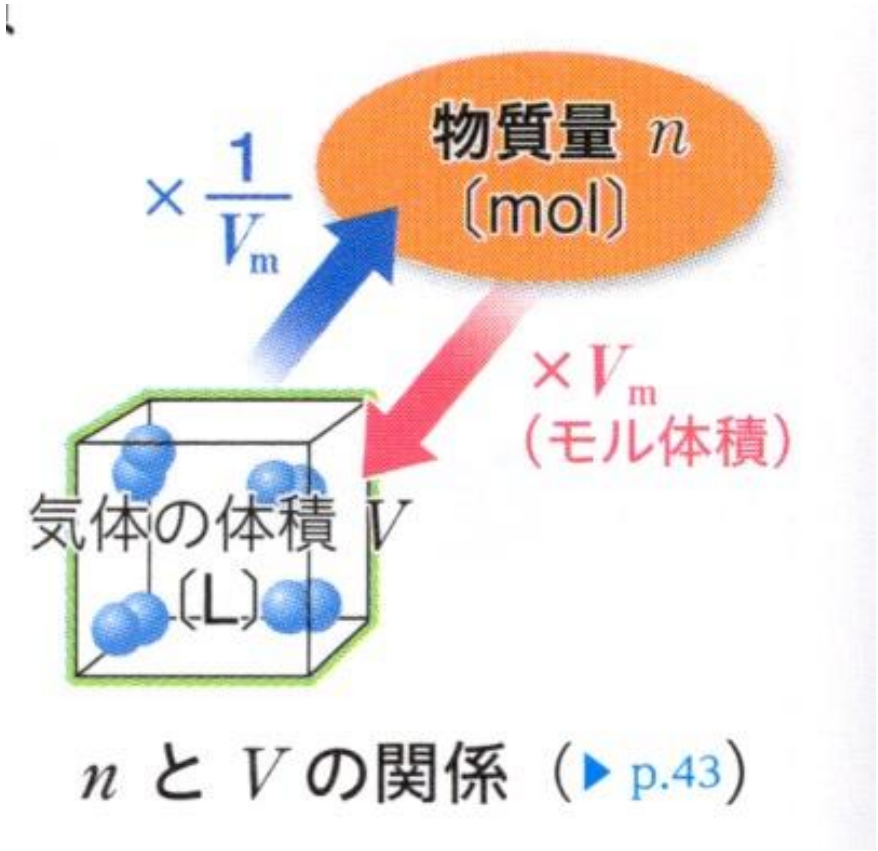
標準状態の気体の体積 [L] ÷ 22.4 [L/mol]

(0 ℃ 1 気圧)

標準状態の気体の体積 [L] =

22.4 [L/mol] × 物質量 [mol]

物質量n と気体の体積Vの関係



n と V の関係（▶ p.43）

$V = n \times V_m$　　$V_m = 22.4\ (L)$　（0 ℃ 1 気圧にて）

アボガドロの分子説 (1811)

アボガドロ（イタリア、1776 – 1856）

同温・同圧・同体積の気体には、

気体の種類に関係なく、同数の分子が含まれている。

アボガドロの法則についての補足

- アボガドロは、酸素や水素などの気体は同種の原子が２つ結合した分子として存在することを明らかにした。
- それまで、気体を構成する物質は、原子として存在すると考えられていた（ドルトン）。
- これにより、２容積の水素と１容積の酸素が反応して２容積の水蒸気ができることを説明できた。原子説ではこのことを説明できなかった。
- アボガドロの学説は、彼が死ぬまで理解されなかった。

アボガドロの貢献

気体の多くは分子として存在していること（希ガスのみが原子のまま行動）、

化学反応を分子や原子の一定の個数が集まった塊としての物質量 (mol) で考えると理解しやすいことなどのアボガドロの発見は、その後の化学と物理学の発展に大きく貢献しました。

しかし、アボガドロの考えは、彼の生前には、ほとんど受け入れられませんでした。

日本化学会は、アボガドロ数 6.02×10^{23} にちなんで、10月23日を「化学の日」としました。

気体の密度

気体１L あたりの質量 [g] を
気体の密度 [g/L] と呼ぶ。

- 気体の密度$d\ (\frac{g}{L})$ = $\dfrac{\text{モル質量}\ M(\frac{g}{mol})}{\text{モル体積}\ V_m(\frac{L}{mol})}$

- 標準状態では1molあたりの体積22.4 Lで割る。

平均分子量

- 混合気体のモル質量は、成分気体のモル質量と混合割合から求められ、平均分子量と呼ぶ。
- 空気のモル質量は？

窒素 28 g/mol が 80/100

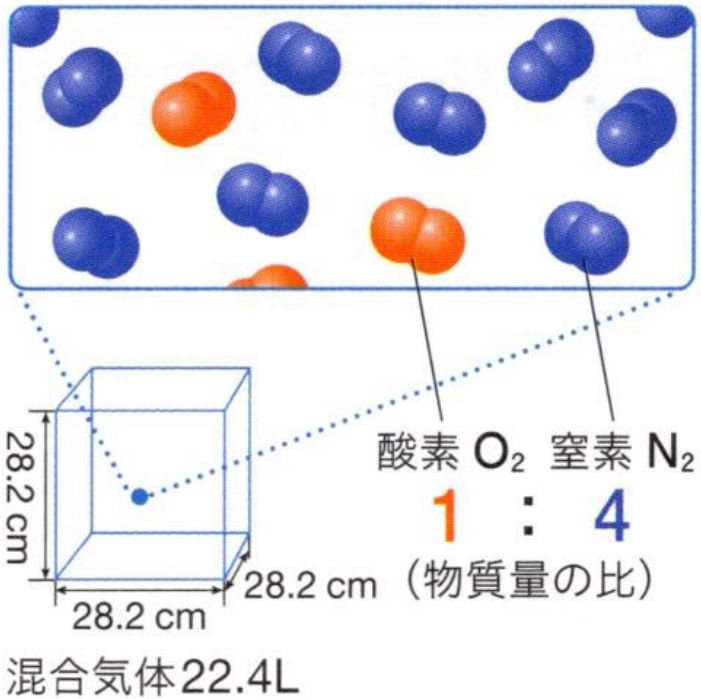
酸素 32 g/mol が 20/100 ずつ混合しているので

空気の平均分子量は

28 g/mol × 80/100 ＋ 32 g/mol × 20/100

= 28.8 g/mol

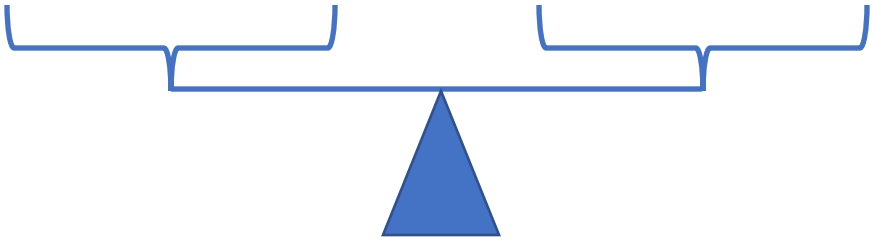
1 mol の空気



▲図 5　1 molの空気（標準状態）

化学反応式と量的関係 p.44

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2\,H_2O$$



化学変化

物質が、他の化学式の物質に変化することを、化学変化または化学反応という。

水 (H_2O) → 水素 (H_2) + ½ 酸素 (O_2)

電気分解

化学反応式　p.44

- 反応する物質（反応物）の化学式を左に、生成する物質（生成物）の化学式を右に書き、その間を矢印 (→)で結ぶ。

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$$

- 反応物と生成物の間で、各原子の数を等しくする。
- 係数は最も簡単な整数比となるようにし、係数１は省略する。

化学変化の量的関係 p.44

化学反応式には、反応の前後での各物質の量的関係も示されている。

化学反応式の係数の比＝物質量 [mol] の比

$2NO$	$+$	O_2	$\rightarrow$	$2NO_2$
2 mol		1 mol		2 mol
60g		32g		92g
44.8L		22.4L		44.8L

化学変化の量的関係 p.44

化学反応式の係数の比＝物質量 [mol] の比

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$$

1 mol	2 mol	1 mol	2 mol
16g	64g	44g	36g
22.4L	44.8L	22.4L	44.8L

溶液の濃度 p. 48

溶液とは

液体に他の物質が溶けて均一に混じり合うことを溶解という。

物質を溶かしている液体を溶媒、

溶け込んだ物質を溶質という。

溶解によってできた液体を溶液という。

水が溶媒の場合は、水溶液という。

質量パーセント濃度 p. 48中

溶液の質量に対する溶質の質量の割合を百分率で表した濃度。（一般生活には便利。）

質量パーセント濃度＝

$$\frac{\text{溶質の質量}[g]}{\text{溶液の質量}[g]} \times 100$$

水100g に砂糖 25g を溶かした水溶液の質量パーセント濃度＝

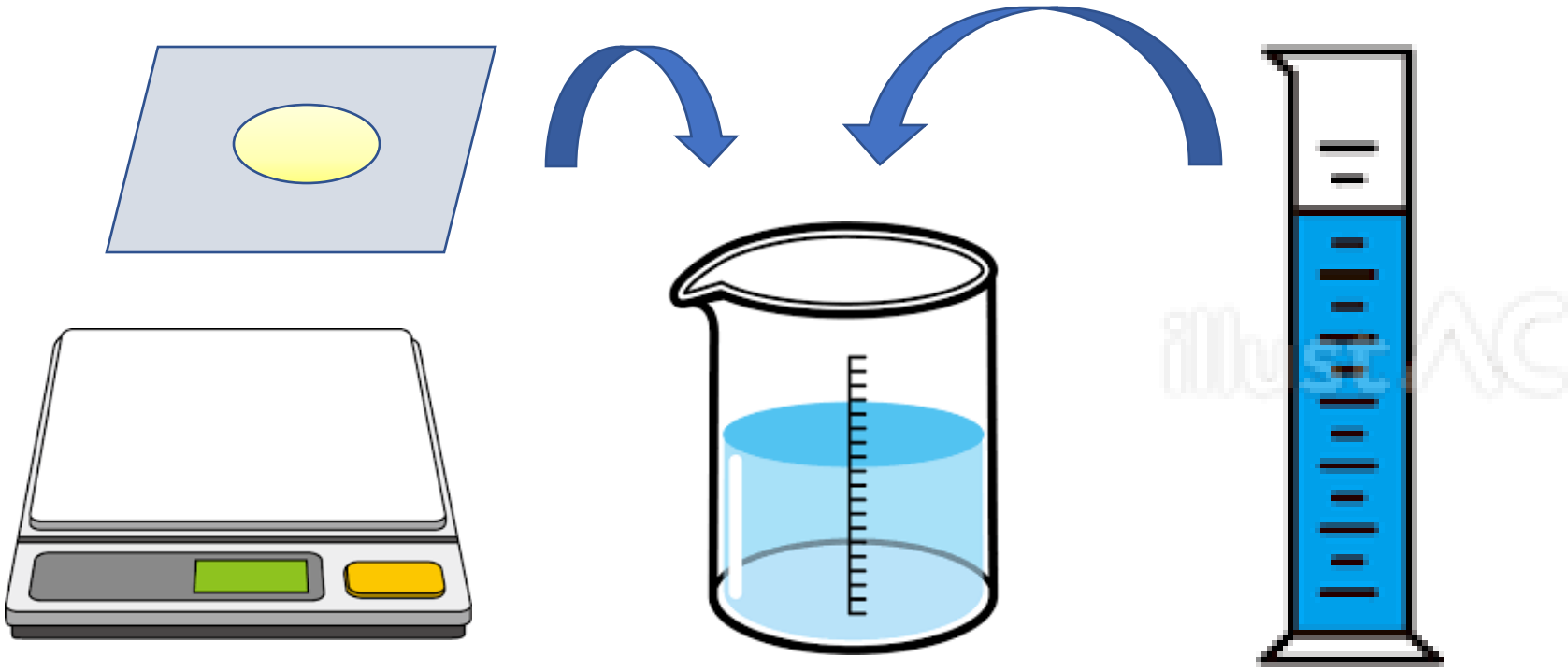
$$\frac{25\,[g]}{100+25[g]} \times 100 = 20\,\%$$

質量%濃度で調合する方法

$$\frac{25\,[g]}{100+25[g]} \times 100 = 20\,\%$$

砂糖 25 g

あらかじめ水
100 gを用意する。



電子てんびん

ビーカー

メスシリンダー

モル濃度　p. 48中下

溶液１リットル[L] 当りに含まれる溶質の物質量 [mol] で表した濃度

モル濃度 [mol/L] ＝

$$\frac{\text{溶質の物質量}\ [mol]}{\text{溶液の体積}\ [L]}$$

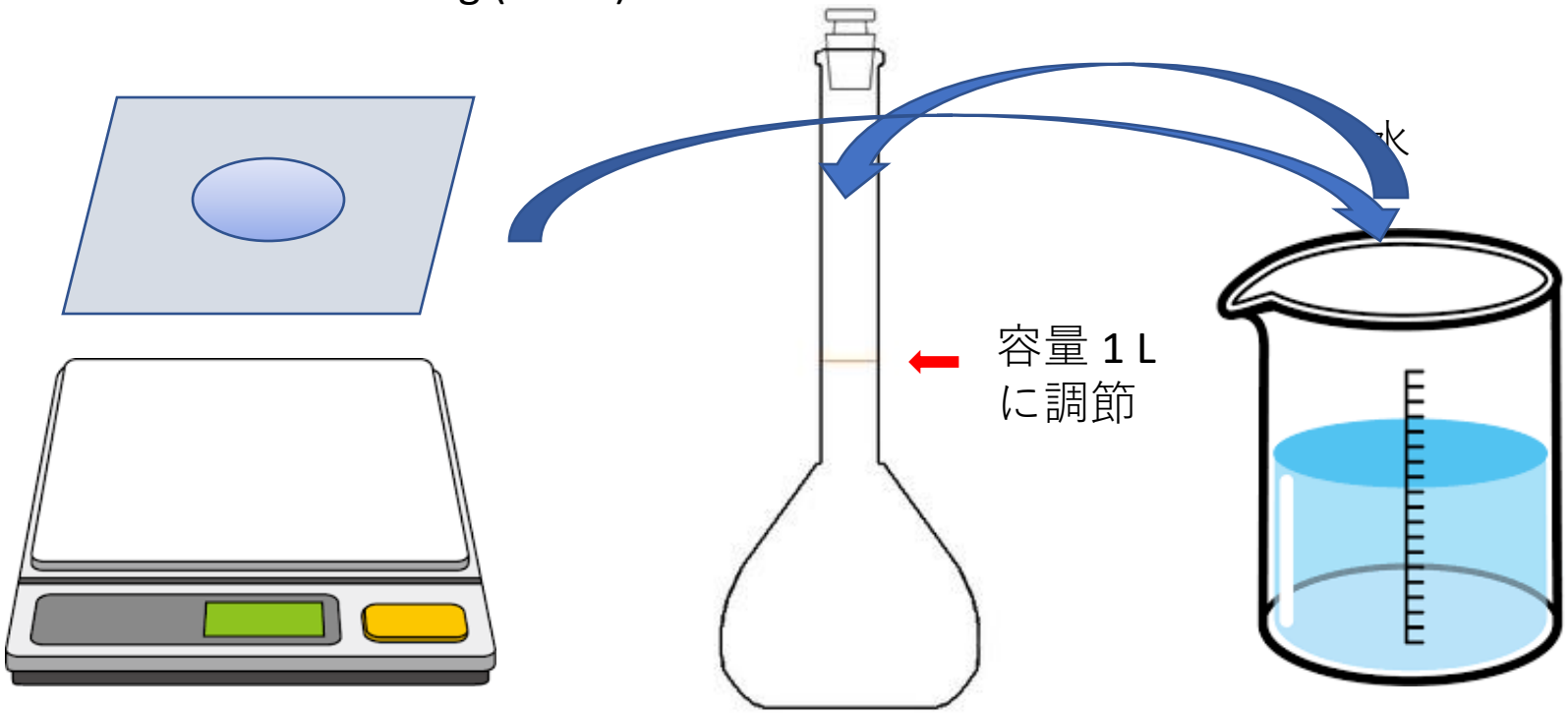
水に塩化ナトリウム58.5 g (1 mol) を溶して、容積を1 L に調節した水溶液のモル濃度＝

$$\frac{1\ [mol]}{1\ [L]} = 1\ [\text{mol/L}]$$

溶液の容量を合わせる方法
（モル濃度で調合する方法）

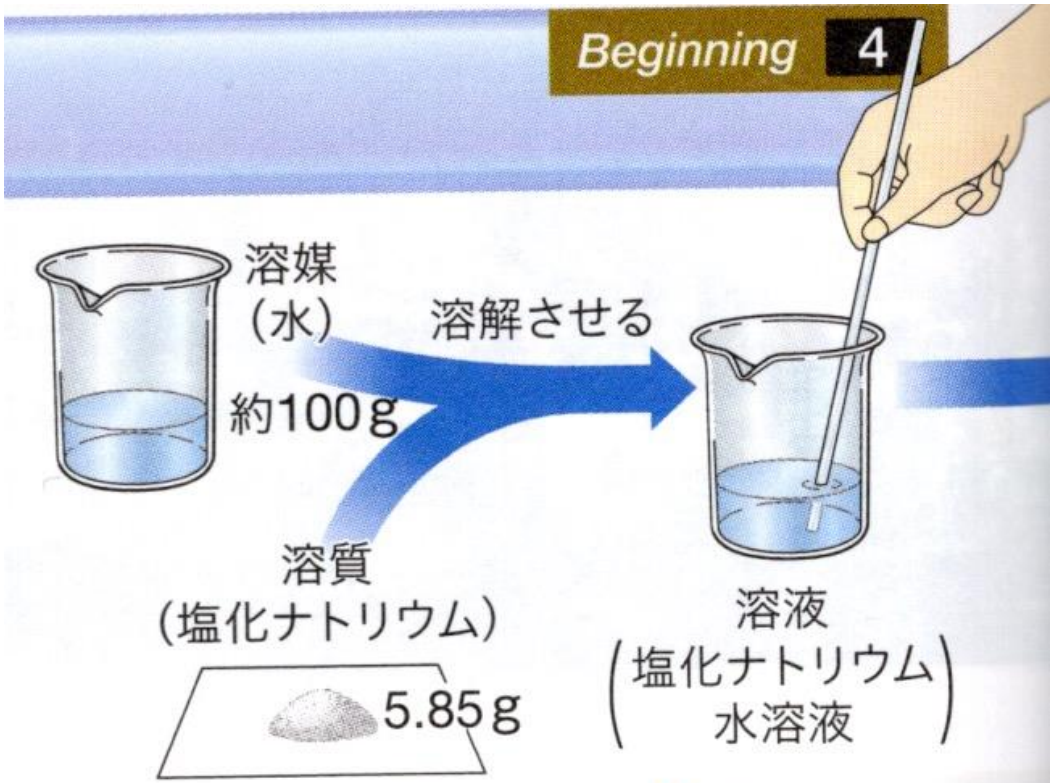
塩化ナトリウム58.5 g (1 mol)

$$\frac{1\,[mol]}{1\,[L]} = 1\ [\mathrm{mol/L}]$$



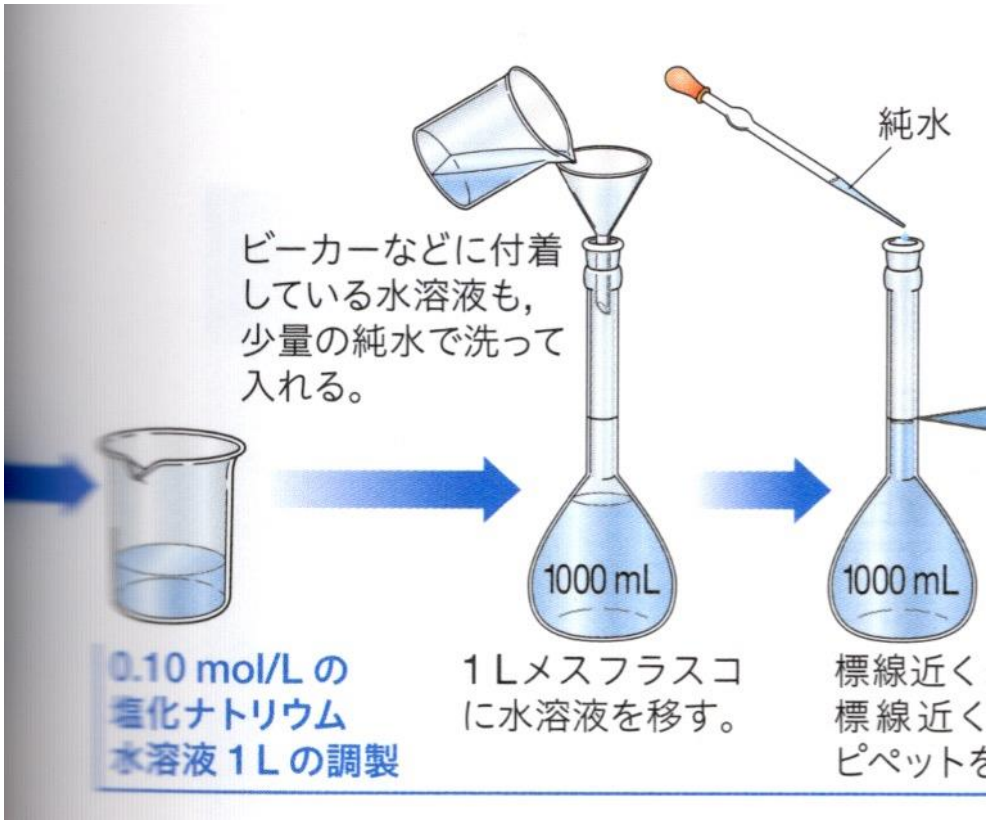
電子てんびん　　メスフラスコ　　ビーカー

0.1 mol/L NaCl 溶液 1L の調製 (1)

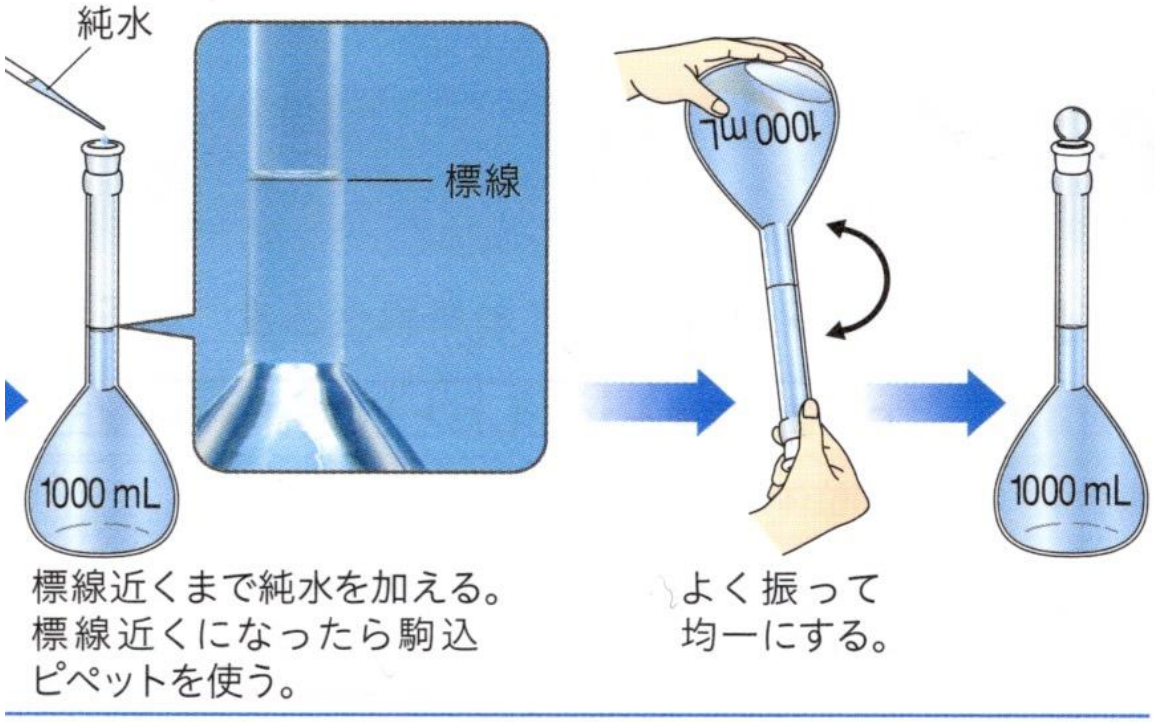


▲図 8　溶液と溶液の調製

0.1 mol/L NaCl 溶液 1L の調製 (2)



0.1 mol/L NaCl 溶液 1L の調製 (3)



モル濃度と物質量 p.48

モル濃度を用いると、ある体積の溶液を測りとったとき、その溶液中に含まれる溶質の物質量[mol]がわかる。

1.00 mol/L の塩化ナトリウム20 mL を測りとったとき、そこに含まれる塩化ナトリウムの物質量は、

$$1.00\ \mathrm{mol/L} \times \frac{20}{1000}\ \mathrm{L} = 0.020\ \mathrm{mol}$$

その質量は、

$$58.5\ \mathrm{g/mol} \times 0.020\ \mathrm{mol} = 1.17\ \mathrm{g}$$

質量％濃度とモル濃度の使い分け

- 質量％濃度は、浸透圧、沸点上昇、凝固点降下などの物理的特性と濃度の関係を表す際に用いられる。質量％濃度は温度の影響を受けず正確に定義できるため。
- モル濃度は化学実験の際によく用いられる。濃度調整が容易であることや、ホールピペット、メスピペット、マイクロピペットなどの測容器で、目的とする量の成分を正確に採取することが容易なため。

モル濃度から質量％濃度への換算

質量％濃度とモル濃度の換算には、
密度（比重） d (g/mL) と分子量の情報が必要。
A という物質の分子量がM_A であり、
その a (mol/L) の溶液を調整した。
この溶液 1(L)中の溶質の質量は　a × M_A (g)であり、
溶液 1(L)の質量は　1000 × d (g) である。
従ってこの溶液の質量％濃度は、
［a × M_A (g) ］/ ［ 1000 × d (g) ］ × 100
= a × M_A × d / 10 (%) である。

質量％濃度からモル濃度への換算

A という物質の分子量がM_A であり、
その b (%) の溶液を調整した。密度は d(g/mL) 。
この溶液 100 (g)中の溶質の質量はb(g)であり、
そのモル数はb/ M_A (mol)となる。
溶液 100 (g)の容積は　100/d (mL) である。
従ってこの溶液のモル濃度は、
［ b/ M_A (mol) ］/ ［ 100/d (mL) ］ × 1000 (mL)
= b ×d/ M_A × 10 (mol/L)である。

微量な成分の濃度 ppm とppb

ppm　百万分の１　（= 1×10^{-6}）
1000 kg の溶液に1 g の溶質が溶けている。
1 kg の溶液に1 mg の溶質が溶けている。

ppb　10億分の１　　（= 1×10^{-9}）
1000 kg の溶液に1 mg の溶質が溶けている。
1 kg の溶液に1 μg の溶質が溶けている。

1% = 10,000 ppm = 10,000,000 ppb

大気成分の濃度　p.49

- 気体の濃度は体積の割合で扱われることが多い。
- 気体の体積の割合はモル数の割合と等しい。

空気中の二酸化炭素 (CO_2) の
体積パーセント濃度は、0.0417 % (2021年現在）
であり、
ppm で表すと
417 ppm となる。

温室効果ガスの濃度

温室効果ガス濃度　2021年の値						
気体名	化学式	2021年濃度	1750年濃度	増加率（倍）	地球温暖化係数	地球温暖化への寄与率
二酸化炭素	CO2	415.7 ppm	278 ppm	1.49	1	66%
メタン	CH4	1908 ppb	729 ppb	2.62	28	16%
一酸化二窒素	N2O	334.5 ppb	270 ppb	1.24	265	7%
ハロゲン化フッ化炭素	HFCs				数千ー数万倍	11%
例：CFC-12	CCl2F2	500 ppt	0 ppt			
注）気体濃度の単位：	濃度は乾燥空気中の全気体分子数に対する該当成分の分子数の割合（モル分率）である。					
	体積の割合とも等しい。					

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；

kiyoshi@tsutsuki.net

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が、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。

今日（5月7日）の課題

課題：

(1) ドライアイス10 g の物質量は何 molか？

(2) ドライアイス10gが気化すると、0℃ 1気圧で何リットルの気体になるか?

答えだけでなく、計算の経過も示しなさい。

メール宛先：　kiyoshi@tsutsuki.net

タイトルは、「入門化学5/7課題、学籍番号、氏名」としてください。

期限：　5月12日（月）

タチツボスミレ（左）とツボスミレ（右）