

第8・9回化学概論

- 原子量と分子量、モル
- 濃度計算

パーセント濃度(%)

ppm

容量モル濃度(mol/L)

質量モル濃度(mol/kg)

質量%濃度から容量モル濃度への換算

溶液調製

主な元素の同位体 P35

表1・2 主な元素の同位体

ヨウ素 ^{127}I 100%
セシウム ^{133}Cs 100%

元素	同位体	陽子の数	中性子の数	存在比(%)
水素	^1H	1	0	99.9885
	^2H	1	1	0.0115
	^3H	1	2	極微量
炭素	^{12}C	6	6	98.93
	^{13}C	6	7	1.07
	^{14}C	6	8	極微量
酸素	^{16}O	8	8	99.757
	^{17}O	8	9	0.038
	^{18}O	8	10	0.205
塩素	^{35}Cl	17	18	75.76
	^{37}Cl	17	19	24.24

質量数12の炭素 P35

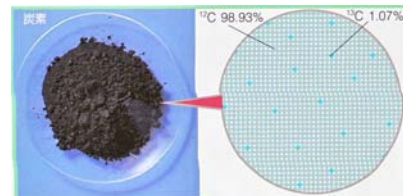
- 質量数12の炭素の同位体 ^{12}C の質量を基準にして、各原子の質量を相対的に表している。

元素の原子量 P35

自然界における各元素を構成する同位体の相対質量の平均値

炭素の場合

$$12 \times (98.93/100) + 13.003 \times (1.07/100) = 12.011$$



分子量

P35

分子式の中の元素の原子量の総和を分子量という。

二酸化炭素 CO_2 の分子量の計算

Cの原子量12

Oの原子量16

$$\text{CO}_2\text{の分子量} = 12 \times 1 + 16 \times 2 = 44$$



分子量と式量

P35

イオン式や組成式の中に含まれる元素の原子量の総和を式量という。

炭酸アンモニウム $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ N=14, C=12, H=1, O=16
式量 = $(14 + (1 \times 4)) \times 2 + 12 + 16 \times 3 = 96$

アンモニウムイオン NH_4^+
式量 = $14 + 1 \times 4 = 18$

炭酸ナトリウム Na_2CO_3
式量 = $23 \times 2 + 12 + 16 \times 3 = 106$

物質質量

P35

1 mol: 原子や分子を 6.02×10^{23} 個 (N_A : アボガドロ定数) 集めた集団

物質質量: モル単位で表せる原子やイオンの粒子の量

1 mol = 22.4 L (0°C, 1 atm = 1.013×10^5 Pa)

1 mol

H₂O 18g, 22.4L

C 12 g, 22.4L

NaCl 58.5 g, 22.4L

Fe 56 g, 22.4L

Al 27g, 22.4L

モル質量

P36

モル質量(g/mol): 物質を構成する粒子の1 molあたりの質量

H₂O
18 g/mol
 6.02×10^{23} 個

NaCl
58.45 g/mol
 6.02×10^{23} 個



図 5・1 原子 1 mol の原子の数とモル質量

標準状態における1 molの気体の体積とモル質量

P36

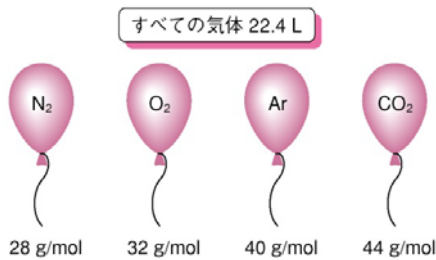


図 5・2 標準状態における各気体 1 mol の体積とモル質量

物質質量 n (mol)

P36

$$\begin{aligned} \bullet \text{ 物質質量 } n \text{ (mol)} &= \frac{\text{粒子の数}}{\text{アボガドロ定数}} \\ &= \frac{\text{質量 (g)}}{\text{モル質量 (g/mol)}} \\ &= \frac{\text{標準状態の気体の体積 (L)}}{22.4 \text{ (L/mol)}} \end{aligned}$$

溶液、溶質、溶媒

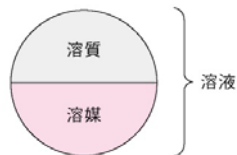
P37

溶液 = 溶質 + 溶媒

食塩水溶液

溶質: 食塩

溶媒: 水



溶液: 食塩水
溶質: 食塩 (塩化ナトリウム NaCl)
溶媒: 水・H₂O

図 5・3 溶液、溶質、溶媒

パーセント (%)

P37

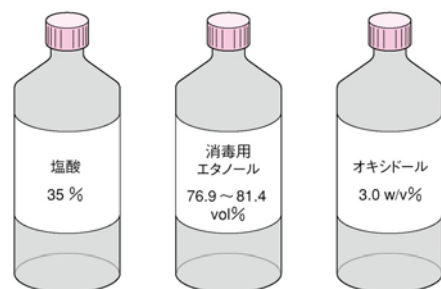



図 5・4 塩酸、消毒用エタノール、オキシドールの容器のラベル

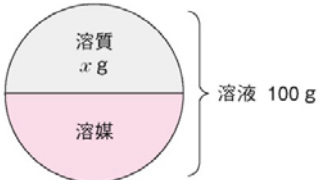
溶液の濃度 P37

	% (w/w%)	溶液100g中の溶質のg数
	w/v%	溶液100mL中の溶質のg数
	vol% v/v%	溶液100mL中の溶質のmL数
	v/w%	溶液100g中の溶質のmL数
	ppm	百万分率 例) 1ppm 1kg中に1mg または1m ³ 中に1mL
	ppb	十億分率

濃度 P37

	質量(重量)モル濃度(m、mol/kg)	溶媒1kg中に含まれる溶質のモル数(mol)
	容量モル濃度(M、mol/L)	溶液1L中に含まれる溶質のモル数(mol)
	浸透圧モル濃度(Osm)	1 Osmは、6.022 x 10 ²³ 個の粒子(イオン又は分子)が水1L中に存在する濃度

質量パーセント濃度(%) P37

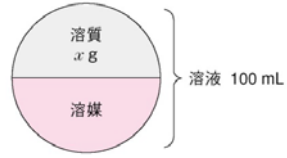


溶液 100 g 中に x g 溶けていれば x % となる

$$\text{質量パーセント濃度 (\%)} = \frac{\text{溶質の質量 (g)}}{\text{溶液の質量 (g)}} \times 100$$

図 5・5 質量パーセント濃度 (%) 塩酸

容量パーセント濃度(vol%) P38

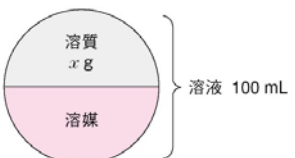


溶液 100 mL 中に x g 溶けていれば x w/v% となる

$$\text{質量対容量パーセント濃度 (w/v\%)} = \frac{\text{溶質の質量 (g)}}{\text{溶液の容量 (mL)}} \times 100$$

図 5・7 質量対容量パーセント濃度 (w/v%) 消毒用エタノール

質量対容量パーセント濃度(w/v%) P38

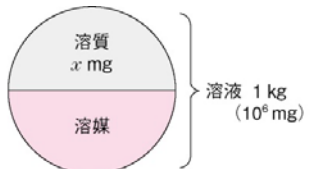


溶液 100 mL 中に x g 溶けていれば x w/v% となる

$$\text{質量対容量パーセント濃度 (w/v\%)} = \frac{\text{溶質の質量 (g)}}{\text{溶液の容量 (mL)}} \times 100$$

図 5・7 質量対容量パーセント濃度 (w/v%) オキシドール

百万分率(ppm) P38

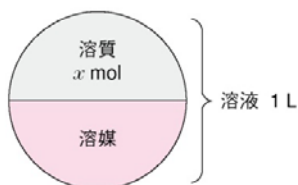


溶液 1 kg 中に x mg 溶けていれば x ppm となる

$$\text{ppm} = \frac{\text{溶質の質量 (mg)}}{\text{溶液の質量 (mg)}} \times 10^6$$

図 5・8 百万分率 (ppm)

容量モル濃度(mol/L) P39



溶液 1 L 中に x mol 溶けていれば x mol/L となる

$$\text{容量モル濃度 (mol/L)} = \frac{\text{溶質の物質質量 (mol)}}{\text{溶液の体積 (L)}}$$

図 5・9 容量モル濃度 (mol/L)

容量モル濃度(mol / ℓ) P39



溶液 1 L 中に x mol 溶けていれば x mol/L となる

$$\text{容量モル濃度 (mol/L)} = \frac{\text{溶質の物質質量 (mol)}}{\text{溶液の体積 (L)}}$$

図 5・9 容量モル濃度 (mol/L)

質量%濃度から容量モル濃度への換算

P40

$$a (\%) = \frac{w}{W} \times 100$$

$$c (\text{mol}/\ell) = \left(\frac{w}{M}\right) / V = \frac{10ad}{M}$$

- a: 質量パーセント濃度 (%)
- c: 容量モル濃度 (mol/L)
- w: 溶質の質量(g)
- W: 溶液の質量(g)
- M: 溶質の分子量・式量 (g/mol)
- V: 溶液の体積(ℓ)
- d: 溶液の密度 (g/cm³)



質量モル濃度(mol / kg) P39

溶媒1kg中に含まれる溶質のモル数

食塩水 1 mol / kg Na 23, Cl 35.5



58.5 g NaCl
1 kg 水



mol / kgの公式 P39

$$m (\text{mol}/\text{kg}) = (w/M) / W'$$

- m: 質量モル濃度 (mol/kg)
- w: 溶質の質量(g)
- W': 溶媒の質量(kg)
- M: 溶質の分子量・式量 (g/mol)



$$\text{質量モル濃度 } m (\text{mol}/\text{kg}) = \frac{\text{溶質の物質質量 (mol)}}{\text{溶媒の質量 (kg)}}$$

図 5・10 質量モル濃度 (mol/kg)

溶液調製—高濃度溶液からの希釈— P40

C (mol/L、高濃度) から、C' (mol/L、低濃度) の溶液を V' (L) をつくるのに必要な C (mol/L) の高濃度溶液の量 V (L) を求める。

$$CV = C'V'$$

$$V = C'V' / C$$

第8回化学概論

物質質量

H=1.0, He=4, C=12, O=16, N=14, Na=23, S=32, Al=27, P=31, Cl=35.5, Ca=40, アボガドロ定数= $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$

標準状態の 1 mol の気体の体積 22.4 L

1. 次の物質の分子量, 式量はいくらか。

- (1) 酸素 (2) アンモニア (3) 硫酸 (4) 水酸化ナトリウム (5) 水酸化カルシウム
(6) $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (7) 硫酸アルミニウム

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)

2. 炭素 3.0 g について、次の値はどれだけか。

① 炭素の物質質量 (mol)

② 炭素原子の数

3. 次の(1), (2)の文中の()内に適する数値を記入せよ。

(1) 酸素分子 O_2 2 mol は、酸素分子の数が(a)個であり、その物質は(b)g である。

(2) 二酸化炭素 CO_2 11.0 g の物質質量は(c)mol であり、含まれる二酸化炭素の分子の数は(d)個である。

a	b	c	d

4. 次の(1), (2)の問いに答えよ。

(1) メタン分子 1 個の質量は何 g か。

(2) 分子 1.5×10^{20} 個の質量が 0.020 g である物質の分子量はどれだけか。

5. 次の(1), (2)の文中の()内に適する数値を記入せよ。

(1) ナトリウムイオン Na^+ 0.2mol は、 Na^+ が(a)個であり、その質量は(b)gである。

(2) 水酸化物イオン OH^- 3.0×10^{23} 個の物質量は(c)mol であり、その質量は(d)g である。

a	b	c	d

6. メタン CH_4 4.0 g がある。

(1) このメタンの物質量は何 mol か。

(2) このメタンに含まれるメタン分子は何個か。

(3) このメタンの体積は標準状態で何 L か。

7. 次の空欄に適切な数値を記入せよ。ただし、標準状態で 1 mol の気体の体積は 22.4 L、アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23}$ /mol とする。

物質	物質量(mol)	分子の個数 (個)	質量(g)	標準状態の体積(L)
水素	2			
ヘリウム			4	
窒素		2.4×10^{24}		
二酸化炭素				11.2

第8・9回化学概論

濃度計算

H=1.0, C=12, N=14, O=16, F=19, Na=23, S=32, Al=27, Cl=35.5, Ca=40

1. 水酸化ナトリウム 80 g に水を加えて 1 L にした。この水酸化ナトリウム水溶液の容量モル濃度を求めよ。
2. 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 50 mL 調製したい。水酸化ナトリウムは何 g 必要か。
3. 0.20w/w% の NaF 水溶液を 1000g 調製したい。NaF は何 g 必要か。
4. 市販の濃硝酸は 60.0% の HNO_3 の水溶液で、密度が 1.36g/cm^3 である。この濃硝酸の容量モル濃度を求めよ。有効数字 3 桁
5. 密度 1.16g/cm^3 の塩酸は HCl を 31.5% 含む。この塩酸の容量モル濃度を求めよ。有効数字 3 桁
6. 市販の濃硫酸は密度が 1.83g/cm^3 で、 H_2SO_4 を 96.0% 含む。次の問いに答えよ。有効数字 3 桁
 - (1) 濃硫酸の容量モル濃度を求めよ。
 - (2) 濃硫酸 20 mL 中に含まれる H_2SO_4 は何 mol か。
 - (3) 0.1mol/L 硫酸水溶液 500mL つくるには、濃硫酸を何 mL 必要とするか。
7. 2.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液の密度は 1.10g/cm^3 である。この水酸化ナトリウム水溶液の質量パーセント濃度(w/w%)はいくらか。有効数字 2 桁
8. 濃度が 40.0% の希硫酸の密度は 1.30g/cm^3 である。次の各問に答えよ。有効数字 3 桁
 - (1) この希硫酸 1L の質量は何 g か。
 - (2) この希硫酸 1L 中には、硫酸 H_2SO_4 が何 g 含まれているか。

(3) この希硫酸の容量モル濃度はいくらか。

(4) この希硫酸 300mL 中には、硫酸 H_2SO_4 が何 mol 含まれているか。

9. 1.00mol/L の炭酸ナトリウム Na_2CO_3 水溶液の密度は $1.10\text{g}/\text{cm}^3$ である。次の各問に答えよ。有効数字 3 桁

(1) この水溶液の質量パーセント濃度(w/w%)はいくらか。

(2) この水溶液 20.0mL を水で薄めて 500mℓ にした溶液の容量モル濃度はいくらか。

10. NaCl 7.40 g を含む食塩水 (密度 $1.050\text{g}/\text{mL}$) 98.9 g がある。この食塩水の濃度を質量パーセント濃度(w/w%)、容量モル濃度及び質量モル濃度で表せ。有効数字 3 桁

11. グルコース (分子量 180) 54g を含む 2.0L の水溶液 (密度 $1.02\text{g}/\text{mL}$) がある。この水溶液の容量モル濃度と質量パーセント濃度(w/w%)を求めよ。有効数字 2 桁

12. 13.5 g の $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ (スクロース) を水に溶かし、 100cm^3 の水溶液を調製したところ、密度は $1.050\text{g}/\text{cm}^3$ であった。この溶液の濃度を(a)質量パーセント濃度 (b)容量モル濃度 (c)質量モル濃度で示せ。有効数字 3 桁

13. 質量パーセント濃度で 20%の H_2SO_4 を含む水溶液の密度は $1.18\text{g}/\text{cm}^3$ である。この溶液の濃度を(a)容量モル濃度 (b) 質量モル濃度で示せ。有効数字 3 桁

14. 900 ppm のフッ化物イオン濃度の NaF 水溶液 100 mL を調製したい。NaF は何グラム必要か。有効数字 3 桁、但し、フッ化ナトリウム溶液の密度は $1\text{g}/\text{cm}^3$ とする。Na=23、F=19

15. 次の溶液を調製したい。何mg の NaF が必要か？有効数字 3 桁

a. 9000ppm フッ素濃度のフッ化ナトリウム水溶液 1000mℓ

b. 900ppm フッ素濃度のフッ化ナトリウム水溶液 100mℓ

第8回化学概論解答

物質質量

1. (1) 32 (2) 17 (3) 98 (4) 40 (5) 74 (6) 1004 (7) 342
2. (1) ① 0.25 mol ② 1.5×10^{23}
3. a 1.2×10^{24} , b 64.0 g, c 0.25 mol, d 1.5×10^{23}
4. (1) 2.7×10^{-23} g (2) 80
5. a 1.2×10^{23} , b 4.6 g, c 0.50 mol, d 8.5 g
6. (1) 0.25 mol, (2) 1.5×10^{23} , (3) 5.6 L
- 7.

物質	物質質量(mol)	分子の個数 (個)	質量(g)	標準状態の体積(L)
水素	1	6×10^{23}	2	22.4
ヘリウム	0.5	3×10^{23}	2	11.2
窒素	2	1.2×10^{24}	56	44.8
二酸化炭素	0.25	1.5×10^{23}	11	5.6