

# 危険物取扱者受験講座 (甲種)

上



例題②	20
1-5 溶液 I (溶解・濃度)	24
1-5-1 溶解と溶液	24
1-5-2 溶解度	24
1-5-3 ヘンリーの法則	24
1-5-4 濃度	25
1-5-5 ラウールの法則	26
1-6 溶液 II (中和反応)	27
1-6-1 酸	27
1-6-2 塩基 (アルカリ)	27
1-6-3 塩	28
1-6-4 中和反応	28
1-6-5 酸と塩基の比較	28
1-6-6 pH (水素イオン濃度指数)	29
1-6-7 水のイオン積	29
1-7 酸化と還元	30
1-7-1 酸化と還元	30
1-7-2 酸化剤と還元剤	30
1-7-3 酸化数	30
1-8 有機化合物	32
1-8-1 有機化合物と無機化合物	32
1-8-2 有機化合物の分類	32
1-8-3 炭化水素	32
1-8-4 官能基	33
1-8-5 酸素や窒素を含む有機化合物	33
1-8-6 有機化合物の特性	35
1-9 金属・ハロゲン元素	36
1-9-1 金属と非金属	36
1-9-2 金属の特性	36
1-9-3 鉄の腐食	37
1-9-4 ハロゲン元素	37
例題③	38
1-10 三態の変化	42
1-10-1 三態の変化	42
1-10-2 融解と凝固	42

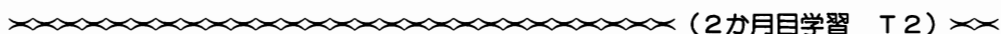
1-10-3	気化と凝縮	43
1-10-4	蒸気圧と沸点の関係	44
1-10-5	平衡の三重点	44
1-10-6	昇華	45
1-10-7	潮解と風解	45
1-11	水と空気の性状	46
1-11-1	水の性状	46
1-11-2	空気の性状	46
1-11-3	湿度	47
1-12	比重・密度	49
1-12-1	比重	49
1-12-2	密度	50
1-12-3	圧力	50
	例題④	51
1-13	気体の性質	53
1-13-1	臨界温度と臨界圧力	53
1-13-2	ボイル-シャルルの法則	53
1-13-3	ドルトンの法則	55
1-13-4	グレアムの法則	55
1-13-5	実在気体と理想気体	55
1-13-6	気体の状態方程式	55
1-13-7	定積変化と定圧変化	56
	例題⑤	57
1-14	熱	60
1-14-1	温度	60
1-14-2	熱量の単位	60
1-14-3	比熱	60
1-14-4	熱容量	61
1-14-5	エネルギー保存の法則	62
1-14-6	熱の移動	62
1-14-7	熱膨張	62
1-15	電気	64
1-15-1	オームの法則	64
1-15-2	ジュールの法則	64
1-15-3	着火源	64

1-15-4	防爆構造	64
1-15-5	静電気	65
1-15-6	帯電	66
	例題⑥	67

## 第2章 燃焼および消火に関する理論

2-1	燃焼理論	72
2-1-1	燃焼の定義	72
2-1-2	燃焼の三要素	72
2-1-3	完全燃焼と不完全燃焼	73
2-1-4	爆発	74
2-1-5	燃焼の難易	74
2-2	燃焼のしかた	75
2-2-1	気体の燃焼	75
2-2-2	液体の燃焼	75
2-2-3	固体の燃焼	76
2-3	燃焼に関連する物質の物性	77
2-3-1	燃焼範囲（爆発範囲）	77
2-3-2	引火点	78
2-3-3	発火点	79
2-3-4	その他，物質の物性と危険性の関係	79
2-4	自然発火・禁水性	81
2-4-1	自然発火	81
2-4-2	自然発火の条件	82
2-4-3	自然発火の防止対策	82
2-4-4	水との反応による発熱	82
2-5	混合危険	83
2-5-1	混合危険	83
2-5-2	酸化性物質と還元性物質の混合	83
2-5-3	酸化性塩類と強酸の混合	83
2-5-4	爆発性物質をつくる混合	83
2-5-5	粉じん爆発	84
	例題①	85
2-6	消火理論	87
2-6-1	消火の基本	87

2-6-2	除去消火法	88
2-6-3	窒息消火法	88
2-6-4	冷却消火法	89
2-7	消火設備	90
2-7-1	危険物火災	90
2-7-2	消火設備	90
2-7-3	大型消火器と小型消火器との比較	92
2-7-4	消火剤の種類	92
2-7-5	消火器とその適応火災	95
2-7-6	消火設備の基準	96
	例題②	98



### 第3章 危険物の性質と取扱いおよび火災予防と消火方法

3-1	危険物とは	102
3-1-1	危険物とは	102
3-1-2	試験による判定基準	106
3-1-3	類ごとの共通の性質	107
3-1-4	指定数量とは	108
	例題①	109
3-2	第1類危険物	111
3-2-1	酸化性固体とは	111
3-2-2	第1類の代表例	111
3-2-3	第1類に共通する特性	113
3-2-4	第1類に共通する火災予防方法	113
3-2-5	第1類に共通する消火方法	113
3-2-6	第1類の品名ごとの各論	113
	例題②	123
3-3	第2類危険物	126
3-3-1	可燃性固体とは	126
3-3-2	第2類の代表例	126
3-3-3	第2類に共通する特性	128
3-3-4	第2類に共通する火災予防方法	128
3-3-5	第2類に共通する消火方法	128

3-3-6	第2類の品名ごとの各論	128
	例題③	133
3-4	第3類危険物	136
3-4-1	自然発火性物質及び禁水性物質とは	136
3-4-2	第3類の代表例	136
3-4-3	第3類に共通する特性	137
3-4-4	第3類に共通する火災予防方法	137
3-4-5	第3類に共通する消火方法	138
3-4-6	第3類の品名ごとの各論	138
	例題④	144
3-5	第4類危険物	147
3-5-1	引火性液体とは	147
3-5-2	第4類の代表例	147
3-5-3	第4類に共通する特性	148
3-5-4	第4類に共通する火災予防方法	148
3-5-5	第4類に共通する消火方法	149
3-5-6	第4類の品名ごとの各論	150
3-6	第4類特殊引火物	152
3-6-1	特殊引火物とは	152
3-6-2	特殊引火物の例	152
3-7	第4類第1石油類	155
3-7-1	第1石油類とは	155
3-7-2	第1石油類の例	155
3-8	第4類アルコール類	159
3-8-1	アルコール類とは	159
3-8-2	アルコール類の代表例	159
3-8-3	アルコール類に共通する特性	160
3-8-4	アルコール類に共通する火災予防方法・消火方法	160
3-8-5	アルコール類の品名ごとの各論	160
3-9	第4類第2石油類	162
3-9-1	第2石油類とは	162
3-9-2	第2石油類の例	162
3-10	第4類第3石油類	165
3-10-1	第3石油類とは	165
3-10-2	第3石油類の例	165

3-11	第4類第4石油類	168
3-11-1	第4石油類とは	168
3-11-2	第4石油類の例	168
3-12	第4類動植物油類	170
3-12-1	動植物油類とは	170
3-12-2	動植物油類の例	170
	例題⑤	172
3-13	第5類危険物	177
3-13-1	自己反応性物質とは	177
3-13-2	第5類の代表例	177
3-13-3	第5類に共通する特性	178
3-13-4	第5類に共通する火災予防方法	179
3-13-5	第5類に共通する消火方法	179
3-13-6	第5類の品名ごとの各論	179
	例題⑥	185
3-14	第6類危険物	187
3-14-1	酸化性液体とは	187
3-14-2	第6類の代表例	187
3-14-3	第6類に共通する特性	187
3-14-4	第6類に共通する火災予防方法	187
3-14-5	第6類に共通する消火方法	188
3-14-6	第6類の品名ごとの各論	188
	例題⑦	191

---

付 表      194

さくいん    201



# 第 1 章

## 物理学および化学

# 第1章 物理学および化学

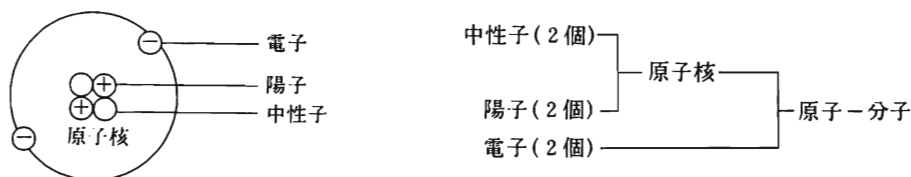
## 1-1 物質の構成・化学反応

### 1-1-1 元素・原子

物質(単体)を構成する基本的な成分を元素という。原子は分子を構成する単位粒子である。化学変化におけるもっとも基本的な粒子である。

原子は正の電気(+)を帯びた原子核と、その周囲にある負の電気(-)を帯びた電子で構成される。原子核はさらに陽子と中性子に分けられる。

例として、ヘリウム(He)原子の構成を図1-1に示す。



● 図1-1 ヘリウム原子の構造

### 1-1-2 分子

分子は物質の性質を持っている最小の粒子である。

- (例) ヘリウム(He) : ヘリウム原子(He) 1個からなる。 → 単原子分子  
 酸素ガス(O<sub>2</sub>) : 酸素原子(O) 2個からなる。 → 二原子分子  
 水(H<sub>2</sub>O) : 水素原子(H) 2個と酸素原子(O) 1個からなる。 → 三原子分子

### 1-1-3 元素記号

**重要**

元素記号とは元素を表す記号である。周期表 (p. 196) にそのすべてを示す。

○表1-1 元素記号と原子量

名称	元素記号	原子量	名称	元素記号	原子量	名称	元素記号	原子量
水素	H	1	塩素	Cl	35.5	鉄	Fe	55.8
酸素	O	16	ふっ素	F	19	銅	Cu	63.5
炭素	C	12	ナトリウム	Na	23	銀	Ag	107.9
窒素	N	14	カリウム	K	39	水銀	Hg	200.6

## 1-1-4 イオン

イオンとは原子または原子団(分子を含む)が電気を帯びた状態である。陽イオンは原子が電子を失ってできる。逆に陰イオンは原子が電子を受け取ってできる。陽イオンは+を、陰イオンは-を、元素記号の右肩に付記して表す。

(例)  $\text{H}^+$  水素イオン,  $\text{OH}^-$  水酸化物イオン

1-1-5 原子量と分子量 (式量) 重要

炭素原子の質量を12と定め、これと比較した原子の質量を原子量という。おもな元素の原子量を表1-1(p.2)に示す。周期表(p.196)にすべての元素の原子量を示す。

分子量は分子の中に含まれている原子の原子量の和である。イオンによりできている結晶(イオン結晶)など、分子をつくらない物質の質量は、分子量の代わりに式量により表される。

(例) 水	$\text{H}_2\text{O}$	$1 \times 2 + 16 = 18$	}	分子量
二酸化炭素	$\text{CO}_2$	$12 + 16 \times 2 = 44$		
塩化水素	$\text{HCl}$	$1 + 35.5 = 36.5$		
塩化ナトリウム	$\text{NaCl}$	$23 + 35.5 = 58.5$	}	式量
塩化カルシウム	$\text{CaCl}_2$	$40 + 35.5 \times 2 = 111$		

1-1-6 モル 重要

分子量や式量にグラム単位をつけたものを、物質量の基準(1モル)とする。

(例) 水	1モル = 18g
二酸化炭素	1モル = 44g
塩化ナトリウム	1モル = 58.5g

## 1-1-7 原子価

ある元素の1原子が何個の水素原子と結びつくか示した数を原子価という。

(例) 酸素 O	… 水 ( $\text{H}_2\text{O}$ ) より	原子価 2
窒素 N	… アンモニア ( $\text{NH}_3$ ) より	原子価 3
炭素 C	… メタン ( $\text{CH}_4$ ) より	原子価 4

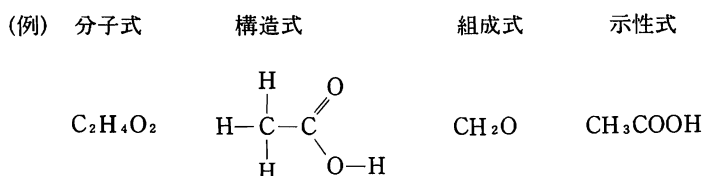
## 第1章 物理学および化学

### 1-1-8 化学式

元素記号を組み合わせて物質の構成を示す式を化学式といい、次のものがある。

- ① 分子式 : 分子を構成する原子の種類と数を示した式。
- ② 構造式 : 分子を構成する原子の結合状態を示した式。
- ③ 組成式 : 分子の構成をもっとも簡単に示した式。
- ④ 示性式 : 分子を構成する原子団 (官能基, p.33) を明示した式。

次に、酢酸の化学式の例を示す。

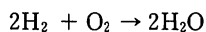


### 1-1-9 化学反応式

化学式を使って化学反応を表した式を化学反応式という。

化学反応式では、左右両辺の各原子の数はすべて等しくなければならない。

(例) 水素と酸素とが反応して水ができる。

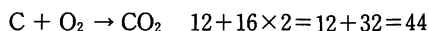


### 1-1-10 化学反応の一般法則

#### a. 質量保存の法則

化学反応の前後の物質の質量の総和は一定である。これを質量保存の法則という。ただし、体積は変化することがある。

(例) 木炭が燃えて二酸化炭素となる。



#### b. 倍数比例の法則

同じ2つの元素が化合して、2種以上の化合物をつくる時、一方の元素の一定量と化合する他の元素の質量の比は、簡単な整数の比となる。たとえば、一酸化炭素  $CO$  と二酸化炭素  $CO_2$  では、ひとつの炭素原子に結合する酸素原子の質量比は1:2である。

## c. 定比例の法則

ひとつの化合物の中で化合している元素の質量比は一定である。たとえば、水 ( $\text{H}_2\text{O}$ ) の構成原子比は水素 2 : 酸素 1 で、質量比は水素 2 : 酸素 16 すなわち 1 : 8 である。この比率は、どの方法でつくられた水でも一定である。

## d. アボガドロの法則

すべての気体は、同温・同圧の下では同体積内に同数の分子を含む。気体 1 モルは標準状態 ( $0^\circ\text{C}$ ・1 気圧の状態, p. 50) で  $22.4 \text{ l}$  ( $22.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ) の体積を占め、 $6.02 \times 10^{23}$  個の分子を含む。これをアボガドロの法則という。

$22.4 \text{ l}$  の数はきわめて重要な数で化学反応式を用いた計算の基本である。

(例) 酸素 1 モル (32g) =  $22.4 \text{ l}$

二酸化炭素 1 モル (44g) =  $22.4 \text{ l}$

1 気圧 (1 atm) は、SI 単位では  $101.3 \text{ kPa}$  (キロパスカル) または  $0.1013 \text{ MPa}$  (メガパスカル) と表される (SI 単位については, p. 194 参照)。

(参考) 化学反応式の補足

$\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 \uparrow$  … 上向きの矢印は気体の発生を示す。

$\text{CuO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Cu} \downarrow + \text{H}_2\text{O}$  … 下向きの矢印は沈殿の発生を示す。

化学反応式は p. 31 参照

### 学習の整理 (1-1 物質の構成・化学反応)

- ① 元素、原子、分子など、物質の構成を考える上でもっとも基本的な事項について学習した。
- ② 原子量、分子量、モル、原子価など、化学反応式に係わる計算を行う上で必須の事項について学習した。
- ③ 化学式と化学反応式について学習した。化学式には分子式、構造式、組成式、示性式がある。
- ④ 化学反応の一般法則として、質量保存の法則、倍数比例の法則、定比例の法則、アボガドロの法則について学習した。

# 第1章 物理学および化学

## 1-2 物質の種類・物質の変化

### 1-2-1 物質の種類 特に重要

#### a. 化合物

化学反応でできたもので、化学的な方法で分解できるものを化合物という。  
化学式で表示することができる（混合物は化学式で表示できない）。

(例) 水  $\text{H}_2\text{O}$ , 塩化ナトリウム  $\text{NaCl}$ , メチルアルコール  $\text{CH}_3\text{OH}$

#### b. 混合物

単に機械的に混ぜり合ったものを混合物という。成分物質のそれぞれの性質を持っている。機械的もしくは物理的な方法でその成分に分離できる。

(例) 空気, 食塩水 (溶液は混合物), ガソリン (炭化水素の混合物)

#### c. 単体

分解することも合成することもできない, ただ一種類の元素からできているものを単体という。個々の元素は単体である。

(例) 酸素  $\text{O}_2$ , ナトリウム  $\text{Na}$ , 硫黄  $\text{S}$

#### d. 異性体

分子式が同じであっても性質が異なり, 分子内の構造が異なるものを異性体という。

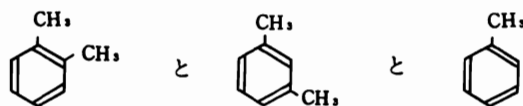
(例1)  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  の異性体



エチルアルコール      ジメチルエーテル

———構造異性体：原子（原子団）の骨格が異なる。

(例2)  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$  の異性体



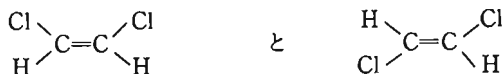
オルトキシレン

メタキシレン

パラキシレン

———位置異性体：原子（原子団）の結合する位置が異なる。

(例3)  $C_2H_2Cl_2$  の異性体



シス-1,2-ジクロロエチレン      トランス-1,2-ジクロロエチレン  
 ————幾何異性体：原子(原子団)の立体的な位置が異なる。

e. 同素体

同じ元素からできていて、性質のまったく異なる単体を同素体という。

(例) 石墨CとダイヤモンドC, 赤りんPと黄りんP  
 酸素 $O_2$ とオゾン $O_3$

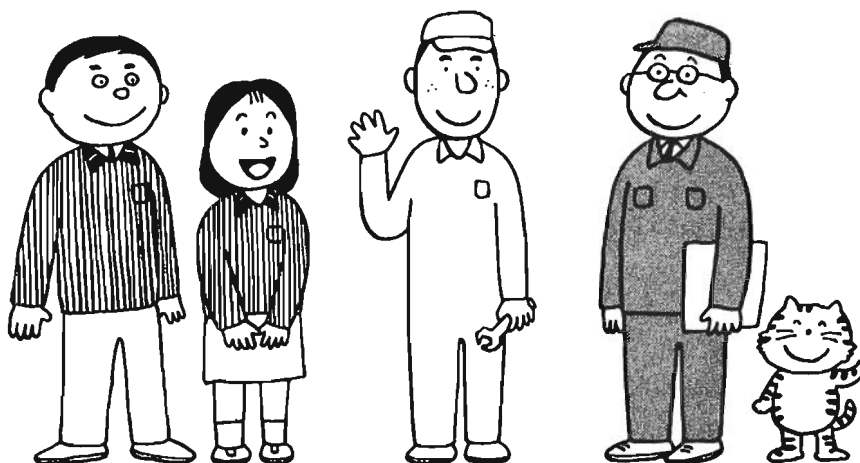
1-2-2 物理変化と化学変化 重要

a. 物理変化

物質の本質は変化せず、形や大きさなど、状態が変化することを物理変化という。三態の変化(p. 42)や帯電などはその例である。

b. 化学変化

物質の本質が変化してまったく別のものになる変化を化学変化といい、化学反応によるものである。金属のさび、物質の燃焼などはその例である。

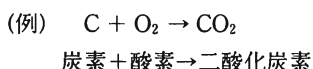


## 第1章 物理学および化学

### 1-2-3 化学変化の種類 重要

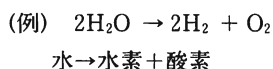
#### a. 化合

2種類以上の物質が反応して、まったく新しい物質ができる変化を化合という。化合物(p. 6)とは、化合によりできる物質である。



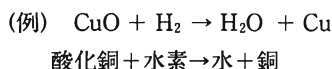
#### b. 分解

ひとつの物質から、まったく性質の異なる2種類以上の新しい物質ができる変化を分解という。熱、電気、光などにより起こる。



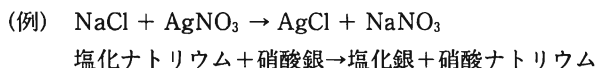
#### c. 置換

化合物中の原子または原子団が、他の原子または原子団と置き換わる変化を置換という。



#### d. 複分解

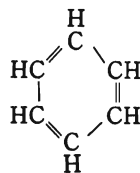
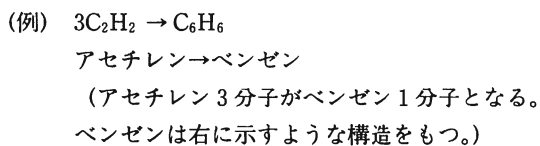
2種類の化合物が、その成分である原子または原子団を交換して2種類の新しい化合物になる変化を複分解という。双方がそれぞれ置換したものと考えられる。



#### e. 重合

同一分子が、2分子以上結合して大きな分子量をもつ新しい物質をつくる反応を重合という。

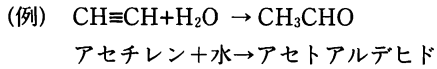
重合が連続的に起こると高分子(ポリマー)ができる。





f. 付加

化合物の不飽和の部分に、原子や原子団が結合する反応を付加という。



**学習の整理** (1-2 物質の種類・物質の変化)

- ① 物質の種類として、化合物、混合物、単体、異性体、同素体の意味とその例を学習した。
- ② 本質的に変化しない物理変化と、変化して別のものになる化学変化について学習した。
- ③ 化学変化の種類として、化合、分解、置換、複分解、重合、付加の意味とその例を学習した。

### 1-3 化学反応式に係わる計算

#### 1-3-1 係数の計算 重要

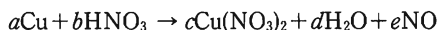
化学反応式の係数は、一般に式の両辺の各元素の原子数が等しいかどうか、ひとつずつ確めて決定するが、複雑な式の場合は、(1・1)式のように各物質の化学式に任意の係数  $a, b, c, d, \dots$  を付け、連立方程式を解くことにより決定する。この方法を未定係数法という。



(AB, CD は反応の出発物質, AC, BD は反応により生じた物質を表す)

(例) 銅と希硝酸の反応

① 未定係数を用いた化学反応式は次のようになる。



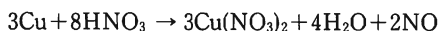
② 両辺の各元素の原子数が等しいことにより、次のような連立方程式がつけられる。

$$\begin{aligned} \text{Cu} : a &= c & \text{N} : b &= 2c + e \\ \text{H} : b &= 2d & \text{O} : 3b &= 6c + d + e \end{aligned}$$

③ 未定係数のどれかを1として、係数の値を決定する。 $b$ を1とすると

$$a = c = \frac{3}{8}, \quad d = \frac{1}{2}, \quad e = \frac{1}{4} \quad \text{となる。}$$

④ 係数を最小の整数とし、決定する。



#### 1-3-2 モルを用いた計算 特に重要

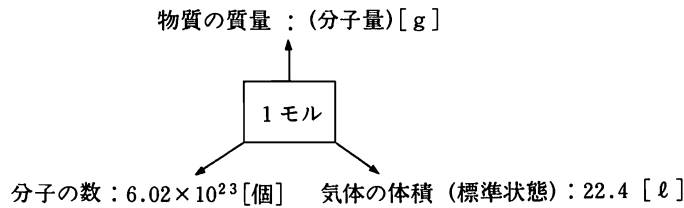
1モルという単位は、次の事柄を示す。

① 物質の質量 : 分子からなる物質1モルの質量は、分子量にグラム単位を付けた値になる。また、分子量  $M$  の物質が質量  $w$  [g] あるときのモル数  $n$  [モル] は、(1・2)式により表すことができる。

$$n = \frac{w}{M} \quad \dots\dots\dots (1 \cdot 2)$$

### 1-3 化学反応式に係わる計算

- ② 物質に含まれる分子の数：分子からなる物質1モルの分子の数は、物質の種類に係わらず $6.02 \times 10^{23}$ 個である。
- ③ 気体の体積：気体1モルの体積は、標準状態(p.50)では22.4ℓである。

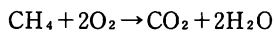


● 図 2-2 1 モルが示す事項

これらのことと化学反応式を組み合わせると、多くの計算を行うことができる。

(例) メタン( $\text{CH}_4$ )32g が完全燃焼したときに発生する二酸化炭素( $\text{CO}_2$ )の体積(標準状態)

- ① メタンの完全燃焼を示す化学反応式を考える。



- ② メタン32gのモル数を求める。

メタンの分子量は16なので

$$n = \frac{w}{M} \text{ より } \frac{32}{16} = 2 \text{ [モル]}$$

- ③ 化学反応式より発生する二酸化炭素のモル数を考え、これを体積に換算する。

発生する二酸化炭素のモル数は(メタン1モルから二酸化炭素1モルで)

係数比(1:1)より(メタン2モルから)2[モル]発生する。

よって発生する二酸化炭素の体積(標準状態)は

$$2 \times 22.4 = 44.8 \text{ ℓ となる。}$$

#### 学習の整理 (1-3 化学反応式に係わる計算)

- ① 化学反応式の係数の計算法として、未定係数法を学習した。
- ② モルと物質の質量、分子量、分子の数、気体の体積の関係と化学反応式を組み合わせることによる化学計算の方法を学習した。

$n = \frac{w}{M}$  の関係と、22.4ℓの数値は、化学計算を行う上で重要である。

## 第1章 物理学および化学

### 例題 ①

【1】 次の物質を列記したものの中で、混合物のみの組合せはどれか。

- |             |           |         |
|-------------|-----------|---------|
| 1) 炭酸ナトリウム  | 食塩水       | 空気      |
| 2) ニトロセルロース | トリニトロトルエン | 窒素      |
| 3) セルロイド    | ガソリン      | 重油      |
| 4) 硝酸ナトリウム  | ポリエチレン    | 炭化カルシウム |
| 5) ナフタリン    | 過酸化水素     | グリセリン   |

【2】 次の化合物の中で、式量の最も大きいものはどれか。

ただし、 $Mg = 24$ ,  $Cl = 35$ ,  $Al = 27$ ,  $S = 32$ ,  $O = 16$ ,  $K = 39$ ,  $N = 14$ ,  
 $Na = 23$ ,  $C = 12$  とする。

- |               |                   |            |
|---------------|-------------------|------------|
| 1) $MgCl_2$   | 2) $Al_2(SO_4)_3$ | 3) $KNO_3$ |
| 4) $Na_2CO_3$ | 5) $Na_2SO_3$     |            |

【3】 一臭化三ふっ化メタン ( $CF_3Br$ ) の蒸気比重は 5.2 である。0℃・1 気圧の空気 1 l の重さを 1.29g とすると、一臭化三ふっ化メタンの分子量に最も近い数は次のうちどれか。

- |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1) 130 | 2) 137 | 3) 150 | 4) 161 | 5) 180 |
|--------|--------|--------|--------|--------|

【4】 次の物理変化の説明で、誤っているものはどれか。

- 1) ガソリンを汚紙を使用して汚過したところ、静電気が発生した。
- 2) 蓄電池のスパークで、ガソリン蒸気に引火した。
- 3) コンプレッサーの長時間運転で、軸受が過熱した。
- 4) 温泉場で硫黄の蒸気が固化して、硫黄の塊（湯の華）ができた。
- 5) 長時間の車の運転で、車輪のタイヤが摩耗した。

【5】 次のうち、化学変化でないものはどれか。

- 1) 水を電気分解して、水素と酸素が発生した。
- 2) 鉄が酸化して、酸化鉄となった。
- 3) エチレン分子が高分子のポリエチレンとなった。
- 4) ガソリンを攪拌すると、静電気が発生した。
- 5) 塩酸に水酸化ナトリウムを加えると発熱した。

【6】 次の化学反応の説明で正しいのはどれか。

- |   |       |
|---|-------|
| 1) $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$  | 潮解    |
| 2) $2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$   | 複分解   |
| 3) $\text{CH}_3\text{CHO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$   | 分解    |
| 4) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$ | エステル化 |
| 5) $n\text{CH}_2 = \text{CH}_2 \rightarrow [-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 -]_n$  | 付加    |

【7】 ナトリウムと水との反応は次の通りである。



ナトリウム11.5gが水と完全反応した場合、発生する水素の標準状態（0℃・1気圧）における体積は次のうちどれか。ただし、Na = 23, H = 1, O = 16 とする。

- |         |         |         |
|---------|---------|---------|
| 1) 2.0  | 2) 5.6  | 3) 11.2 |
| 4) 22.4 | 5) 44.8 |         |

【8】 ガソリンの平均組成が  $\text{C}_7\text{H}_{16}$  とすると、空気1500ℓで完全燃焼するガソリンの量は何gとなるか。温度・圧力は一定で、酸素は空気中に20%存在するものとする。

- |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|
| 1) 100.0g | 2) 121.8g | 3) 224.0g |
| 4) 300.0g | 5) 324.4g |           |

## 第1章 物理学および化学

### 例題①の解答

【1】は3)。セルロイドはニトロセルロースとショウノウ、ガソリンと重油は各種炭化水素を主成分とする混合物である。

【2】は2)。この例題のように明らかに答がわかるものは、細かい計算は要しない。

【3】は3)。空気1モルの重さより考える。アボガドロの法則より

$$1.29 \times 22.4 = 28.896 \text{g}$$

これより、空気の平均分子量は28.9ということがわかる。

$\text{CF}_3\text{Br}$  の蒸気比重は5.2なので、その分子量は

$$28.9 \times 5.2 = 150.28 \text{ となる。}$$

【4】は2)。引火現象は化学変化である。

【5】は4)。静電気の発生は物理変化である。

【6】は4)。1) は中和, 2) は酸化, 3) は還元 (化合), 5) は重合である。

【7】は2)。モル比より考える。反応式よりモル比  $\text{Na}:\text{H}_2 = 2:1$

$\text{Na}$  のモル数  $n$  は,  $n = \frac{w}{M}$  より

$$n = 11.5/23 = 0.5 \text{ モル}$$

これより,  $\text{H}_2$  のモル数  $x$  は

$$\frac{1}{2} = \frac{x}{0.5} \quad x = \frac{1}{2} \times 0.5 = 0.25 \text{ モル}$$

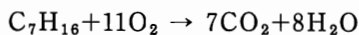
よって,  $\text{H}_2$  の体積はアボガドロの法則より

$$22.4 \times 0.25 = 5.6 \text{ l となる。}$$

【8】は2)。  $\text{C}_7\text{H}_{16}$  の分子量  $M$  は  $12 \times 7 + 16 = 100$

酸素の体積は  $1500 \times 0.2 = 300 \text{ l}$

燃焼の化学反応式は, 未定係数法より



モル比  $\text{C}_7\text{H}_{16} : \text{O}_2 = 1 : 11$ ,  $\text{O}_2$  300 l は  $300/22.4$  モル

これより,  $\text{C}_7\text{H}_{16}$  のモル数  $n$  は

$$\frac{1}{11} = \frac{n}{300/22.4} \quad n = \frac{1}{11} \times \frac{300}{22.4} \text{ モル}$$

よって,  $\text{C}_7\text{H}_{16}$  の質量  $w$  は,  $n = \frac{w}{M}$  より

$$w = nM = \frac{1}{11} \times \frac{300}{22.4} \times 100 \approx 121.75 \text{ となる。}$$

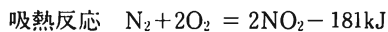
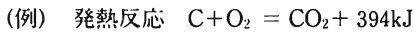
## 1-4 熱化学

## 1-4-1 反応熱

化学反応に伴って出入りする熱を反応熱という。熱の発生を伴うとき、これを発熱反応という。また、熱の吸収を伴うとき、これを吸熱反応という。発熱反応は、燃焼・爆発の危険性に関連がある。

1-4-2 熱化学方程式 特に重要

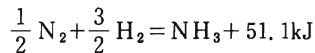
化学反応式に反応熱を記入した式を熱化学方程式といい、発生する熱量は+、吸収は-で表される。熱量の単位はキロジュール [kJ] を用いる。

1-4-3 反応熱の種類 重要

## a. 生成熱

化合物 1 モルが、その成分元素の単体から生成するときに発生 (吸収) する熱量を生成熱という。単体の係数は分数になることが多い。

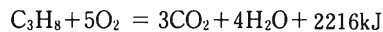
(例) アンモニアの生成熱



## b. 燃焼熱

化合物 1 モルが燃焼するとき発生する熱を燃焼熱という。

(例) プロパンの燃焼熱



○表 1-2 おもな気体の燃焼熱

気体	燃焼熱 [kJ]	気体	燃焼熱 [kJ]
水素 (H <sub>2</sub> )	286	一酸化炭素 (CO)	283
メタン (CH <sub>4</sub> )	892	アセチレン (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	1309

## 第1章 物理学および化学

### c. 分解熱

化合物 1 モルが分解するとき発生 (吸収) する熱量を分解熱という。生成熱と値は等しいが、+-の符号が逆になる。

### d. 中和熱

酸と塩基の中和で、水素イオン( $H^+$ ) 1 モルと、水酸化物イオン( $OH^-$ ) 1 モルが反応するとき発生する熱量を中和熱という。この反応 (中和反応(p.28)) は発熱反応である。

(例) 塩酸と水酸化ナトリウムの中和熱

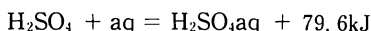


(aq は aqua の略で、多量の水を示す)

### e. 溶解熱

化合物 1 モルを多量の溶媒に溶かすときに発生 (吸収) する熱量を溶解熱という。

(例) 硫酸の溶解熱



## 1-4-4 ヘスの法則

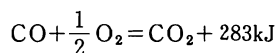
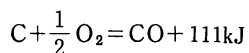
反応熱は、反応物質と生成物質が同じであれば、反応の途中の経路によらず一定である。これをヘスの法則 (総熱量不変の法則) という。

(例) 炭素の燃焼

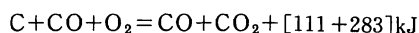
① 炭素が完全燃焼するときの熱化学方程式は



② 炭素が不完全燃焼 (一酸化炭素を発生) してから、完全燃焼するときの式は



③ ②の2つの式をたすと、①の式となる。

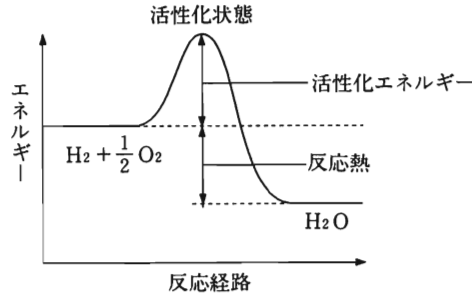


熱化学方程式による計算は、連立方程式を解く要領で行うことができる。



1-4-5 活性化エネルギー 重要

化学反応の速度は、物質を構成する原子や分子の衝突の度数が大きいほど大きくなる。また、化学反応の際には、反応する物質がある程度のエネルギーを持たなければならない。反応を起こさせるために必要な最小限のエネルギーを活性化エネルギーという。このエネルギーは熱エネルギーを主体とする。



● 図 1-3 活性化エネルギーの概念

## 1-4-6 触媒

化学反応の際、少量加えることにより反応の速さを著しく変化させる物質を触媒という。反応を速める触媒を正触媒といい、遅くする触媒を負触媒という。触媒（正触媒）は活性化エネルギーを小さくして反応速度を大きくするが、触媒自体は化学反応の前後で変化しない。

有効な触媒は、化学工業において不可欠である。

## 1-4-7 化学平衡

化学反応式で、左辺から右辺に進む反応を正反応といい、逆に右辺から左辺に進む反応を逆反応という。

条件の変化により正反応・逆反応のいずれでも自由に起こり得る反応を可逆反応、一方だけにしか進まない反応を不可逆反応という。可逆反応を示すときは、反応式の矢印を  $\rightleftharpoons$  と表す。

可逆反応で、正反応と逆反応の反応速度が互いに等しくなり、見かけ上反応が止まったような状態を化学平衡という。

## 第1章 物理学および化学

### 1-4-8 ルシャトリエの法則 重要

化学平衡にある反応系の条件（温度・圧力・濃度）を変えると、加えられた条件を打ち消す方向に平衡が移動する。これをルシャトリエの法則（平衡移動の法則）という。

#### a. 濃度の変化

系外よりある物質が加えられると、平衡はその物質が減少する方向に移動する。ある程度まで減少すると、新たな平衡状態になる。

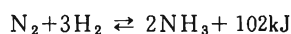
#### b. 圧力の変化（気体が反応系にあるとき）

反応系の圧力が増加すると、平衡は気体の体積（分子数）が減少する方向に移動する。

#### c. 温度の変化

発熱反応の場合、温度が高くなると、平衡は逆反応の方向に移動する。

（例）アンモニアの合成の反応系



- ①  $\text{N}_2$  が系外より加えられると、平衡は正反応の方向に移動する。
- ② 圧力が加えられると、平衡は正反応の方向に移動する。  
（気体の体積比，左辺：右辺 = 4 : 2 による）
- ③ 温度が高くなると、平衡は逆反応の方向に移動する。

### 1-4-9 アレニウスの式

化学反応の反応速度は、温度が高くなるほど大きくなる。

多くの反応において、速度定数  $k$  と絶対温度  $T$  の間には、(1・3)，(1・4) 式のような関係が成立する。

$$k = A e^{-\frac{E}{RT}} \quad \dots\dots (1 \cdot 3)$$

$$\ln k = \ln A - \frac{E}{RT}$$

$$\log k = \log A - \frac{E}{2.303RT} \quad \dots\dots (1 \cdot 4)$$

( $A$  : 頻度因子,  $E$  : 活性化エネルギー,  $R$  : 気体定数)

(注) 絶対温度  $T$  と気体定数  $R$  については、ボイル-シャルルの法則 (p.54) 参照。セ氏温度  $10^{\circ}\text{C}$  は、絶対温度では  $10+273=283$  ケルビン [K] となる。

この式をアレニウスの式といい、温度変化による反応速度の変化を計算するのに用いられる。一般に反応速度は、温度が  $10^{\circ}\text{C}$  上がれば2倍以上になる。

(例) アレニウスの式  $\log k = 12.8 - \frac{6300}{T}$  が成立する化学反応の、 $300\text{K}$  ( $27^{\circ}\text{C}$ ) と  $315\text{K}$  ( $42^{\circ}\text{C}$ ) の反応速度の比

$$\textcircled{1} \quad 300\text{K} \text{ では } \log k_1 = 12.8 - \frac{6300}{300} = -8.2$$

$$\textcircled{2} \quad 315\text{K} \text{ では } \log k_2 = 12.8 - \frac{6300}{315} = -7.2$$

$$\log k_2 - \log k_1 = 1$$

よって  $315\text{K}$  の反応速度は、 $300\text{K}$  のときの10倍となる。

### 学習の整理 (1-4 熱化学)

- ① 熱化学の基本として、反応熱と熱化学方程式について学習した。
- ② 熱化学方程式による計算には欠かせない、ヘスの法則について学習した。
- ③ 化学平衡の移動を考える際に欠かせない、ルシャトリエの法則について学習した。
- ④ 反応速度と絶対温度の関係を示すアレニウスの式を学習した。対数の扱いかたに注意すること。

## 第1章 物理学および化学

### 例題 ②

- 【1】 次の化学反応についての記述で、誤っているものはどれか。
- 1) 反応速度は、一定温度の下では反応を起こす物質の濃度が減少するとともに小さくなる。
  - 2) 少量加えることにより、化学反応の速度を著しく変化させる物質を触媒という。
  - 3) 温度を上げて熱エネルギーを加えると、粒子の運動エネルギーが大きくなり運動速度が加速されて、反応速度が大きくなる。
  - 4) 反応系の成分の濃度を増加すると、増加した成分の濃度を増加する方向へ反応が進行する。
  - 5) 反応系の温度を上げると、吸熱反応の方向へ反応が進行して、新しい平衡状態となる。
- 【2】 次の説明は、化学反応の速度に及ぼす因子の影響について述べたものである。正しいものはどれか。
- 1) 化学反応の速度は、物質を構成する原子・分子・イオンの衝突の度数・激しさに左右される。
  - 2) 熱エネルギーを加えると、活性化エネルギーが増大して運動速度が遅くなる。
  - 3) 圧力を高くすると、運動速度が抑制され速度が遅くなる。
  - 4) 濃度を薄くすると、運動が自由になるため反応速度は大となる。
  - 5) 不均一系の反応は、物質の表面積を小さくしたほうが粒子の衝突の確率が高くなり、反応性は高くなる。
- 【3】 エチルアルコール1モルを完全燃焼させたところ、1368kJの熱を発生した。二酸化炭素および水の生成熱をそれぞれ406kJ、286kJとしたとき、エチルアルコールの生成熱として次のうち正しいものはどれか。
- 1) 302kJ
  - 2) 510kJ
  - 3) 556kJ
  - 4) 676kJ
  - 5) 813kJ
- 【4】 二酸化炭素、水およびプロパンの生成熱はそれぞれ406kJ、286kJ、104kJである。プロパンの燃焼熱は次のどれに該当するか。
- 1) 797kJ
  - 2) 1145kJ
  - 3) 1218kJ
  - 4) 2258kJ
  - 5) 2364kJ