





化学基礎編

第1章

～ 物質の構造と結合 ～

族 周期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	¹ H 水素 1.008																	² He ヘリウム 4.003	
2	³ Li リチウム 6.941	⁴ Be ベリリウム 9.012																⁹ F フッ素 19.00	¹⁰ Ne ネオン 20.18
3	¹¹ Na ナトリウム 22.99	¹² Mg マグネシウム 24.31																¹⁷ Cl 塩素 35.45	¹⁸ Ar アルゴン 39.95
4	¹⁹ K カリウム 39.10	²⁰ Ca カルシウム 40.08	²¹ Sc スカンジウム 44.96	²² Ti チタン 47.87	²³ V バナジウム 50.94	²⁴ Cr クロム 52.00	²⁵ Mn マンガン 54.94	²⁶ Fe 鉄 55.85	²⁷ Co コバルト 58.93	²⁸ Ni ニッケル 58.69	²⁹ Cu 銅 63.55	³⁰ Zn 亜鉛 65.41	³¹ Ga ガリウム 69.72	³² Ge ゲルマニウム 72.64	³³ As ヒ素 74.92	³⁴ Se セレン 78.96	³⁵ Br 臭素 79.90	³⁶ Kr クリプトン 83.80	
5	³⁷ Rb ルビシウム 85.47	³⁸ Sr ストロンチウム 87.62	³⁹ Y イットリウム 88.91	⁴⁰ Zr ジルコニウム 91.22	⁴¹ Nb ニオブ 92.91	⁴² Mo モリブデン 95.94	⁴³ Tc テクネチウム (99)	⁴⁴ Ru ルルチニウム 101.1	⁴⁵ Rh ロジウム 102.9	⁴⁶ Pd パラジウム 106.4	⁴⁷ Ag 銀 107.9	⁴⁸ Cd カドミウム 112.4	⁴⁹ In インジウム 114.8	⁵⁰ Sn スズ 118.7	⁵¹ Sb アンチモン 121.8	⁵² Te テルル 127.6	⁵³ I ヨウ素 126.9	⁵⁴ Xe キセノン 131.3	
6	⁵⁵ Cs セシウム 132.9	⁵⁶ Ba バリウム 137.3	⁵⁷⁻⁷¹ ランタノイド	⁷² Hf ハフニウム 178.5	⁷³ Ta タンタル 180.9	⁷⁴ W タングステン 183.8	⁷⁵ Re レニウム 186.2	⁷⁶ Os オスマニウム 190.2	⁷⁷ Ir イリジウム 192.2	⁷⁸ Pt 白金 195.1	⁷⁹ Au 金 197.0	⁸⁰ Hg 水銀 200.6	⁸¹ Tl タリウム 204.4	⁸² Pb 鉛 207.2	⁸³ Bi ビスマス 209.0	⁸⁴ Po ポロニウム (210)	⁸⁵ At アスタチン (210)	⁸⁶ Rn ラドン (222)	
7	⁸⁷ Fr フランシウム (223)	⁸⁸ Ra ラジウム (226)	⁸⁹⁻¹⁰³ アクチノイド	¹⁰⁴ Rf ラザホージウム (267)	¹⁰⁵ Db ドブニウム (268)	¹⁰⁶ Sg シーボークニウム (271)	¹⁰⁷ Bh ボヘリウム (272)	¹⁰⁸ Hs ハツシウム (277)	¹⁰⁹ Mt マイトネリウム (276)	¹¹⁰ Ds ダームスタチウム (281)	¹¹¹ Rg レンドフニウム (280)								

 単体は常温で気体
 (他は固体)

 単体は常温で液体

希ガス元素

ハロゲン元素

(Be, Mg は除く)
アルカリ土類金属

(H は除く)
アルカリ金属

I. 【原子の構造】

■元素■

物質を構成する基本的な成分。現在、約 100 種類の元素が見つまっている。

単体 : 1 種類の元素からなる物質。(例) O₂, H₂, N₂, Fe など

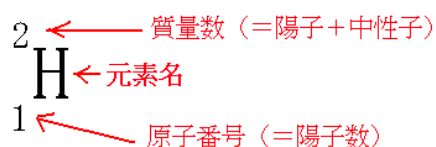
化合物 : 2 種類以上の元素からなる物質。(例) H₂O, NH₃, NaCl など

■原子の構造■

原子は直径 10⁻¹⁰m 程度の粒子で、原子核と電子からできている。

(原子核は直径 10⁻¹⁵~10⁻¹⁴m 程度)

粒子		電荷	質量比
原子核	陽子	1+	1
	中性子	0	1
電子		1-	約 1/1840

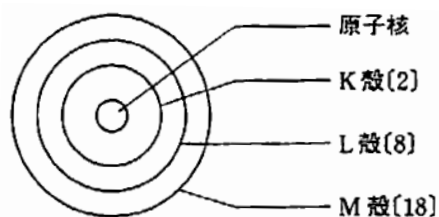


原子番号 : 原子核中の陽子の数はそれぞれの元素に固有のもので、陽子の数が変われば

元素が変わる。原子番号=陽子の数=(電子の数)

質量数 : 原子核中の陽子の数+中性子の数

電子殻 : 原子内では、原子核のまわりを原子番号に等しい数の電子が高速でまわっている。これらの電子は、一定個数がグループをつくり、原子核のまわりをいくつかの軌道に分かれて運動している。この軌道の集まりを電子殻という。



電子殻は原子核に近いものから順に

K 殻, L 殻, M 殻, N 殻, …とよばれる。各電子殻に収容できる電子の最大数は、K 殻から順に 2, 8, 18, 32 個, …と決まっている。一般に、内側から n 番目の電子殻には最大 2n² 個の電子が収容される。

電子配置 : ①電子は、原則として内側の電子殻から外側の電子殻へと配置されていく。

②電子は、各電子殻の最大収容数を超えて配置されない。

各電子殻が最大数の電子で満たされた状態を閉殻といい、このとき原子は非常に安定な状態となる。

周期 \ 族	1	2	13	14	15	16	17	18
1	${}^1_1\text{H}$							${}^2_2\text{He}$
2	${}^3_3\text{Li}$	${}^4_4\text{Be}$	${}^5_5\text{B}$	${}^6_6\text{C}$	${}^7_7\text{N}$	${}^8_8\text{O}$	${}^9_9\text{F}$	${}^{10}_{10}\text{Ne}$
3	${}^{11}_{11}\text{Na}$	${}^{12}_{12}\text{Mg}$	${}^{13}_{13}\text{Al}$	${}^{14}_{14}\text{Si}$	${}^{15}_{15}\text{P}$	${}^{16}_{16}\text{S}$	${}^{17}_{17}\text{Cl}$	${}^{18}_{18}\text{Ar}$
価電子の数	1	2	3	4	5	6	7	0

価電子：原子の最外殻電子の1～7個の電子を価電子という。価電子数は、18族(希ガス)以外は最外殻電子数に等しく、18族(希ガス)の価電子数は0である。

原子	原子番号	電子殻			
		K	L	M	N
He	2	②			
Ne	10	2	⑧		
Ar	18	2	8	⑧	
Kr	36	2	8	18	⑧

ArではM殻(定員18個)に8個の電子が入った状態となる。このとき、8個の電子はすべて対をつくって安定化しており、この状態は閉殻と同じように安定で、この状態をオクテットであるという。

※原子の化学的性質は価電子によって決まる。

○電子軌道(オービタル)について

K殻以外の電子殻は、それぞれ少しずつエネルギー順位の異なるいくつかの電子軌道(オービタル)に分かれていることが分かった。オービタルはその形状によって、s軌道、p軌道、d軌道、f軌道、…と区別されている。

s軌道…球状の軌道で、原子核からの広がり、 $1s < 2s < 3s < 4s < \dots$ の順になる。

p軌道…亜鈴型の軌道で、形は等しく方向性の異なる3つの軌道からなる。

d軌道…形と方向性の異なる5つの軌道からなる。

f軌道…形と方向性の異なる7つの軌道からなる。

K殻(n=1)…s軌道のみ (1s)

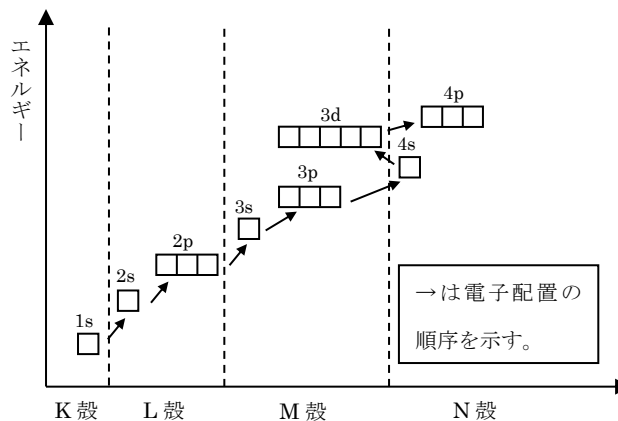
L殻(n=2)…s軌道とp軌道 (2s, 2p)

M殻(n=3)…s軌道とp軌道とd軌道 (3s, 3p, 3d)

N殻(n=4)…s軌道とp軌道とd軌道とf軌道 (4s, 4p, 4d, 4f)

パウリの禁制律

…各オービタルには自転方向の異なる2個の電子しか入ることはできない。



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La ~Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac ~Lr															

非金属元素

金属元素

○両性元素 (Al, Zn, Sn, Pb)

金属元素と非金属元素の境界付近に存在する元素を両性元素という。
両性元素は金属と非金属の両方の性質を示す。

○半金属 (B, Si, Ge など)

金属と非金属の中間的な性質を示すもの。

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La ~Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac ~Lr															

典型元素

遷移元素

○典型元素 : 族番号とともに価電子数が周期的に変わり、化学的性質も周期的に変わる。

$$(\text{典型元素の価電子数}) = (\text{周期表の族番号(の下1桁)})$$

ただし希ガスは除く

○遷移元素 : 遷移元素の最外殻電子数は族番号によらず 2(または 1)であるため、
同一周期で隣り合っている元素どうしはよく似た性質を示す。

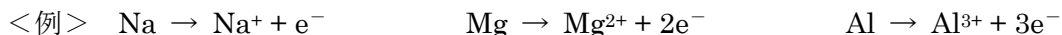
※周期表では、金属元素は左下へいくほど陽性が強く、非金属元素は右上へ行くほど陰性が強くなる。

II. 【イオン】

■イオン式■

〔単原子〕 原子番号の最も近い希ガスの電子配置になる。

陽イオン（元素名＋イオン）：原子が、電子を失って正電荷をもったもの。



陰イオン（～化物イオン）：原子が、電子を得て負電荷をもったもの。



多原子：分子から電子を除いたもの（ NH_4^+ だけ NH_3 に H^+ が配位結合）



■イオン化エネルギー■

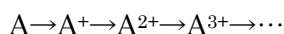
第1イオン化エネルギー：原子(気体)から電子を引き離して1価の陽イオン(気体)にするのに必要な(最小の)エネルギー



これは原子の“自らの電子に対する引きつけ度合い”を示す。

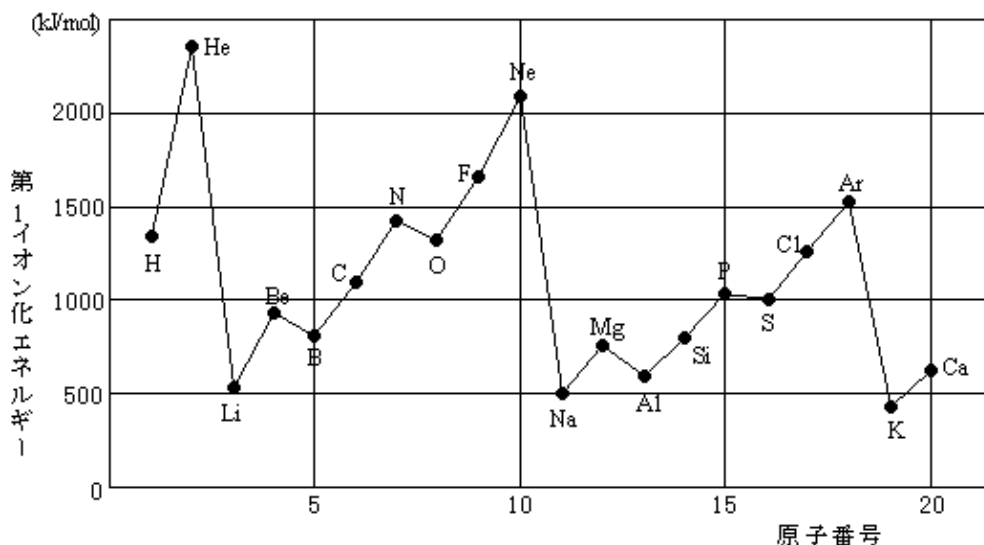
つまり、陽イオンになりにくさを示している。

※第 n イオン化エネルギー



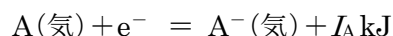
と次々と電子を引き離していくときの各段階に必要なエネルギーを第 n イオン化エネルギーという。

一般に閉殻構造の電子配置を引き離すとき、第 n イオン化エネルギーは急激に増加する。



■電子親和力■

(第1)電子親和力:原子(気体)が電子を得て1価の陰イオン(気体)になるときに放出されるエネルギー



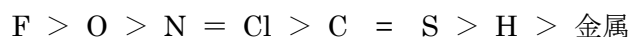
これは、原子の“他原子の電子に対する引きつけ度合い”を示し、17族は特に電子親和力が大きく、陰イオンになりやすい。

cf. 電気陰性度

原子が結合状態で、結合に関与している共有電子対を各原子が引き寄せ、自らを電氣的に陰性にしようとする強さの尺度。

イオン化エネルギーと電子親和力の和が大きいほど大きい。

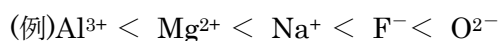
周期表の右上の元素ほど電気陰性度が大きい。(18族は結合しにくいので値を定義しない)



■原子半径とイオン半径■

原子半径 ① 同一周期では原子番号とともに減少 } ※周期表で左下へ
② 同族元素では原子番号とともに増大 } 行くほど大きい

イオン半径 ① 一般に陽イオンはその原子半径より小さく、陰イオンは大きい
② 同族の同じ価数のイオンでは、周期表で下のものほど半径は大きい。
③ 同じ電子配置のイオンでは、原子番号が大きいほど半径は小さい。



■ 問題 ■

【1】 (2008 神戸学院大)

次の記述(a)~(e)のうちから、下線を引いた部分が元素ではなく単体を指しているものを2つ選べ。

- (a) 鉄は、ヒトにとって必要不可欠な栄養素である。
- (b) 黄リンと赤リンは、リンの同素体である。
- (c) 塩素の酸化力は臭素の酸化力よりも強い。
- (d) アンモニアは窒素と水素から構成される。
- (e) ナトリウムは水と激しく反応するので石油の中で保存する。

【2】

原子に関する次の記述(1)~(5)のうちから、正しいものを一つ選べ。

- (1) 原子の大きさは、原子核の大きさにほぼ等しい。
- (2) 自然界に存在するすべての原子の原子核は、陽子と中性子からできている。
- (3) 陽子の数と電子の数の和が、その原子の質量数である。
- (4) 中性子の数が等しく、陽子の数が異なる原子どうしを、たがいに同素体という。
- (5) 原子核のまわりの電子の数が原子番号と異なる粒子も存在し、そのような粒子をイオンとよぶ。

【3】

(1) 次の空欄を埋めよ。

元素名	原子	原子番号	質量数	陽子の数	中性子の数	電子の数	価電子の数
	^{19}F						
				19	20		

(2) 水酸化物イオン OH^- 1個に含まれている電子の総数は何個か。

(2008 湘南工科大)

(3) 自然界に存在する水素原子は主に、 ^1H 、 ^2H からなり、酸素原子は、 ^{16}O 、 ^{17}O 、 ^{18}O からなる。次の(ア)~(カ)の水分子のうち、中性子の総数が同じものの組合せを、2組選べ。(2008 神戸大学院)

(ア) $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ (イ) $^1\text{H}^2\text{H}^{18}\text{O}$ (ウ) $^2\text{H}_2^{16}\text{O}$ (エ) $^1\text{H}_2^{17}\text{O}$ (オ) $^1\text{H}^2\text{H}^{16}\text{O}$ (カ) $^1\text{H}^2\text{H}^{17}\text{O}$

【4】(2009 星薬大)

次の記述のうち、正しいものを選べ。

- (ア) 電子親和力の値は、一価の陰イオンから電子1個を取り去るのに必要なエネルギーの値に等しい。
- (イ) 第2周期の原子のうち、イオン化エネルギーが最も大きいものはフッ素である。
- (ウ) 電子親和力が小さい原子ほど、陰イオンになりやすい。
- (エ) イオン化エネルギーが大きい原子ほど、陽イオンになりやすい。
- (オ) アルカリ金属原子のうち、イオン化エネルギーが最も大きいものはリチウムである。

【5】(自治医科大)

次の記述のうち、正しいものを選べ。

- (ア) 原子をイオンにするために必要なエネルギーをイオン化エネルギーという。
- (イ) アンモニウムイオン NH_4^+ には、全部で11個の電子が存在する。
- (ウ) ナトリウム Na では、第一イオン化エネルギーより第二イオン化エネルギーの方が大きい。
- (エ) ナトリウムイオン Na^+ とフッ化物イオン F^- では、 Na^+ の方が大きい。
- (オ) ナトリウムイオン Na^+ とカリウムイオン K^+ では、 K^+ の方が大きい。

III. 【化学結合】

■電子式■

原子中の価電子は、2個で対になったとき安定になる。このように逆向きのスピンをもつ2個の価電子が対になったものを電子対、対にならずに単独で存在する価電子を不対電子という。

電子式…元素記号の周囲に、最外殻電子を点・で表した式。

※元素記号の周りに最外殻電子を4方向にできるだけ対を作らず配置して書く。

<例>

O

■結合の種類■

原子間の相互作用：金属結合、イオン結合、共有結合、(配位結合)

分子間の相互作用：ファンデルワールス力、極性引力、水素結合

分子間力

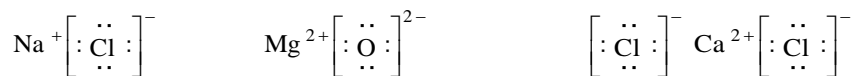
■イオン結合■

陽イオンと陰イオンとの間に働く静電気力による結合。

(金属と非金属による結合。例外：NH₄⁺)

○電子式

<例> 塩化ナトリウム 酸化マグネシウム 塩化カルシウム



○電離：物質がイオンに分かれること。

水溶液中で電離する物質を**電解質**，電離しない物質を**非電解質**という。

■イオン結晶■

イオン結合による結晶。多数の陽イオンと陰イオンが規則正しく配列して固体になっている。

融点・沸点：クーロン力がかなり強いので、かなり高い。

(※価数が大きく、イオン半径が小さいほど、融点は高くなる。)

機械的性質：硬い。強い外力により簡単に割れる(配列がずれると反発力が働くから)。

電導性：固体ではイオンの位置が固定されており電導性なし。

融解液や水溶液ではイオンが動けるようになり、電導性あり。

水への溶解度：多くは水に溶けやすい。AgCl, BaSO₄, CaCO₃は溶けにくい。

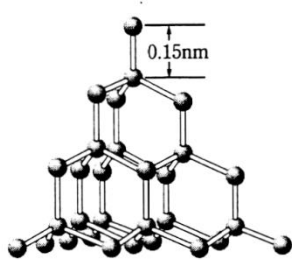
化学式：組成式で表す。

■共有結合の結晶■

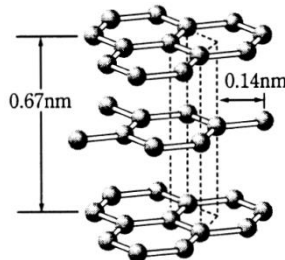
全体が共有結合だけでできた結晶。cf. 分子結晶

<例>

C(ダイヤモンド, グラファイト(黒鉛)), Si(ケイ素), SiO₂(二酸化ケイ素), SiC(炭化ケイ素)



ダイヤモンドの構造



グラファイト(黒鉛)の構造

融点・沸点 : 共有結合が非常に強いので, 非常に高い。

機械的性質 : 極めて硬い。(黒鉛のみ薄くはがれやすく, 軟らかい。)

電導性 : 電導性なし。(黒鉛のみ電導性あり。)

水への溶解度 : 溶けない。

化学式 : 組成式で表す。

■ファンデルワールスカ■

極性, 無極性を問わず, すべての分子間に働く弱い引力。

・分子量	大	⇔	小
・分子の枝分かれ	少	⇔	多
[ファンデルワールスカ]	強	⇔	弱
[沸点・融点]	高	⇔	低

■分子の形■

○正四面体ベース

正四面体形	三角錐形	折れ線型
CH ₄ , CCl ₄	NH ₃ , PH ₃	H ₂ O, H ₂ S

○正三角形ベース・直線ベース

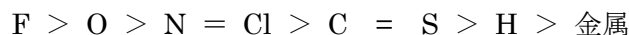
正三角形	折れ線型	直線型
BH ₃ , HCHO	SO ₂ , O ₃	BeF ₂ , BeCl ₂

■電気陰性度■

原子が結合状態で、結合に関与している共有電子対を各原子が引き寄せ、自らを電氣的に陰性にしようとする強さの尺度。

イオン化エネルギーと電子親和力の和が大きいほど大きい。

周期表の右上の元素ほど電気陰性度が大きい。(18族は結合しにくいので値を定義しない)

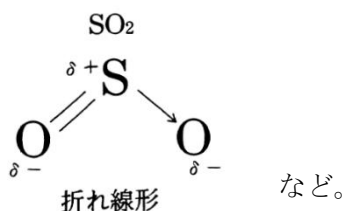
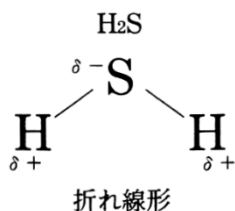
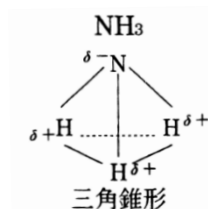
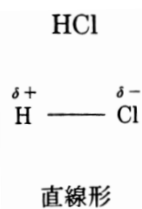
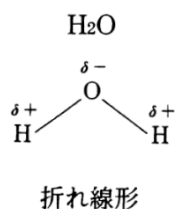


■結合の極性■

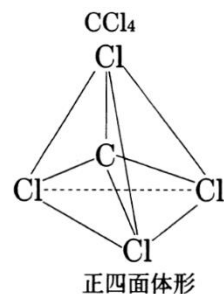
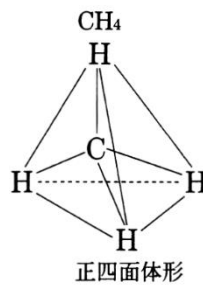
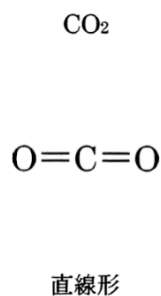
電気陰性度の異なる原子が共有結合すると、電気陰性度の大きい原子のほうが小さい原子より共有電子対をより強く引きつけるため、原子間に電荷のかたよりを生じる。

このような電荷のかたよりを極性という。また、結合に極性があっても、その極性が互いに打ち消しあって、分子全体としては無極性分子になることもある。分子全体としての極性の有無は、正電荷の重心と負電荷の重心が一致するかどうかを調べる。

○極性分子



○無極性分子



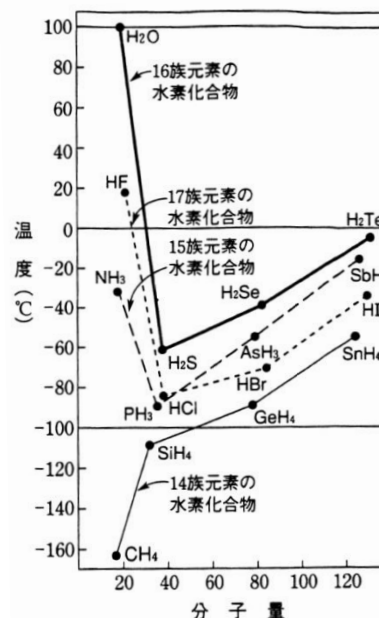
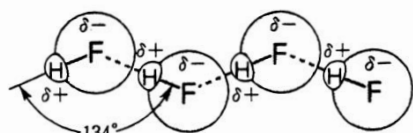
など。

○極性引力

極性分子の間には、分子の極性に基づく静電気力がはたらく。この力を極性引力という。

■水素結合■

電気陰性度が非常に大きい F, O, N 原子に直接結合し、正に帯電した水素原子と、他の分子または分子内の負に帯電した F, O, N 原子間にはたらく静電気力に基づく弱い結合を水素結合という。



水素結合の強さは、化学結合（共有結合，イオン結合，金属結合）に比べるとずっと弱いですが、ファンデルワールス力よりは強い。したがって、水素結合を形成している物質は、水素結合を形成しない同程度の分子量をもつ分子性物質に比べて、融点や沸点および蒸発熱も異常に大きい。

○氷…1 個の水分子と他の 4 個の水分子との水素結合による正四面体構造

ほとんどの物質では、融解に際して粒子 1 個あたりの運動空間が広がって体積が増加（密度が減少）するが、水は 4°C で最大密度（体積最小）を示す。

- ① 融解の際、水素結合の一部が切断されるため、結晶中のすき間を埋めるように、自由になった水分子が入り込む。そこで急激に体積が減少（密度が増加）する。
- ② (i) 0°C を過ぎても液体の水の中には部分的な氷の構造（クラスター構造）が残っているため、温度を上げるとこの構造がこわれて体積はさらに減少する。
- (ii) 温度が上がると水分子の熱運動が激しくなり、1 分子の占める運動空間が大きくなり、体積は増加（密度は減少）する。

4°C 以下では (i) の効果 > (ii) の効果、(i) の効果 < (ii) の効果となるため、4°C で密度最大となる。

○分子の沸点

ファンデルワールス力がほぼ同じ場合(主に分子量が同じ場合)の沸点の高さ

水素結合のある分子 > 極性分子 > 極性が打ち消されて無極性分子になった > 無極性分子

(H₂O, HF, NH₃ など) (HCl など) (CO₂, CCl₄ など) (H₂, Ar など)

■分子結晶■

いくつかの非金属原子が共有結合により結合して分子になり、その分子がさらに分子間力によって多数結合して固体になったもの。

<例>ドライアイス CO_2 ，ナフタレン C_{10}H_8 ，ヨウ素 I_2 など

融点・沸点：分子間力が弱いので低い。昇華しやすいものが多い。

機械的性質：軟らかくてもろい。

電導性：電導性なし。

水への溶解度：溶けにくい。

化学式：分子式

■金属結合■

金属において、荷電子は原子核の束縛から解放されており、互いにつながった電子殻に入り、特定の金属原子に固定されることなく、金属全体を動き回ることが出来る。

このような電子を自由電子という。すなわち、自由電子は、正の電荷をおびた金属原子のまわりを動き回ることによって、ばらばらになろうとする多数の金属原子を結ぶつける働きをしている。

これを金属結合という。金属結合は共有結合ほど強くないが、1原子あたりの自由電子の数が多いほど、金属結合は強くなる。

■金属結晶■

融点・沸点：典型元素—多様(アルカリ金属，Hgなどは低い)，遷移元素—かなり高い

機械的性質：展性(二次元的) $\text{Au} > \text{Ag} > \text{Pt} > \dots$ ，

延性(一次的) $\text{Au} > \text{Ag} > \text{Cu} > \dots$

(例外 Hg は液体)

伝導性：よく導くが、高温になるほど金属原子の熱運動が激しくなり、自由電子が結晶中を通過しにくくなり電気抵抗が大きくなる。

水への溶解：溶けない。

化学式：組成式

IV. 【化学式】

分子式—分子の場合

組成式—イオンや金属, B, C, Si, P, S などの場合 (元素記号そのもの)

○いろいろな化学式

・名称のルール

化学式(i) 陽イオン→陰イオンの順に並べる

(ii) 複数の陽イオンや陰イオンを含む場合: アルファベット順

<例>Al・K(SO₄)₂, MgCl(OH)など

(iii) アルファベットが同じ場合: 単原子イオン→多原子イオンの順

<例>MgO(OH)

名称 (i) 陰イオン + 化 + 陽イオン

(ii) 複数の陽イオンを含む場合: 陰イオンに近い順

<例>Al・K(SO₄)₂: 硫酸カリウムアルミニウム

(iii) 複数の陰イオンを含む場合: 陽イオンに近い順

<例>MgCl(OH) : 塩化水酸化マグネシウム

(iv) 複数の価数をもつ金属イオンの場合: 名称の後に括弧+ローマ数字

<例>FeSO₄ : 硫酸鉄(II)

① イオンの名称

F⁻ フッ化物イオン

Cl⁻ 塩化物イオン

Br⁻ 臭化物イオン

I⁻ ヨウ化物イオン

OH⁻ 水酸化物イオン

CN⁻ シアン化物イオン

O²⁻ 酸化物イオン

S²⁻ 硫化物イオン

C₂²⁻ 炭化物イオン

N³⁻ 窒化物イオン

NO₃⁻ 硝酸イオン

SO₄²⁻ 硫酸イオン

HSO₄⁻ 硫酸水素イオン

SO₃²⁻ 亜硫酸イオン

CO₃²⁻ 炭酸イオン

HCO₃⁻ 炭酸水素イオン

PO₄³⁻ リン酸イオン

CH₃COO⁻ 酢酸イオン

ClO⁻ 次亜塩素酸イオン

ClO₂⁻ 亜塩素酸イオン

ClO₃⁻ 塩素酸イオン

ClO₄⁻ 過塩素酸イオン

C₂O₄²⁻ シュウ酸イオン

S₂O₃²⁻ チオ硫酸イオン

CrO₄²⁻ クロム酸イオン

Cr₂O₇²⁻ 二クロム酸イオン

SCN⁻ チオシアン酸イオン

MnO₄⁻ 過マンガン酸イオン

② 陽イオンと陰イオンによる組成式(水素イオンは参考)

化学式 について	OH ⁻ 水酸化物 イオン	O ²⁻ 酸化物 イオン	Cl ⁻ 塩化物 イオン	S ²⁻ 硫化物 イオン	NO ₃ ⁻ 硝酸 イオン	CO ₃ ²⁻ 炭酸 イオン	SO ₄ ²⁻ 硫酸 イオン	PO ₄ ³⁻ リン酸 イオン
H ⁺ 水素イオン (共有結合)	H ₂ O 水	H ₂ O 水	HCl 塩酸	H ₂ S 硫化水素	HNO ₃ 硝酸	H ₂ CO ₃ 炭酸	H ₂ SO ₄ 硫酸	H ₃ PO ₄ リン酸
NH ₄ ⁺ アンモニウム イオン			NH ₄ Cl 塩化アンモ ニウム	(NH ₄) ₂ S 硫化アンモ ニウム	NH ₄ NO ₃ 硝酸アンモ ニウム	(NH ₄) ₂ CO ₃ 炭酸アンモ ニウム	(NH ₄) ₂ SO ₄ 硫酸アンモ ニウム	(NH ₄) ₃ PO ₄ リン酸アン モニウム
Na ⁺ ナトリウム イオン	NaOH 水酸化ナトリ ウム	Na ₂ O 酸化ナトリ ウム	NaCl 塩化ナトリ ウム	Na ₂ S 硫化ナトリ ウム	NaNO ₃ 硝酸ナトリ ウム	Na ₂ CO ₃ 炭酸ナトリ ウム	Na ₂ SO ₄ 硫酸ナトリ ウム	Na ₃ PO ₄ リン酸ナト リウム
Ca ²⁺ カルシウム イオン	Ca(OH) ₂ 水酸化カルシ ウム	CaO 酸化カルシ ウム	CaCl ₂ 塩化カルシ ウム	CaS 硫化カルシ ウム	Ca(NO ₃) ₂ 硝酸カルシ ウム	CaCO ₃ 炭酸カルシ ウム	CaSO ₄ 硫酸カルシ ウム	Ca ₃ (PO ₄) ₂ リン酸カル シウム
Cu ²⁺ 銅(II)イオン	Cu(OH) ₂ 水酸化銅(II)	CuO 酸化銅(II)	CuCl ₂ 塩化銅(II)	CuS 硫化銅(II)	Cu(NO ₃) ₂ 硝酸銅(II)		CuSO ₄ 硫酸銅(II)	Cu ₃ (PO ₄) ₂ リン酸銅(II)
Al ³⁺ アルミニウム イオン	Al(OH) ₃ 水酸化アルミ ニウム	Al ₂ O ₃ 酸化アルミ ニウム	AlCl ₃ 塩化アルミ ニウム	Al ₂ S ₃ 硫化アルミ ニウム	Al(NO ₃) ₃ 硝酸アルミ ニウム		Al ₂ (SO ₄) ₃ 硫酸アルミ ニウム	AlPO ₄ リン酸アル ミニウム

③ 非金属元素同士の化合物の名称

CO	一酸化炭素	CO ₂	二酸化炭素
CCl ₄	四塩化炭素	NO	一酸化窒素
NO ₂	二酸化窒素	N ₂ O	一酸化二窒素
N ₂ O ₃	三酸化二窒素	N ₂ O ₄	四酸化二窒素
N ₂ O ₅	五酸化二窒素	SO ₂	二酸化硫黄
SO ₂	二酸化硫黄	SO ₃	三酸化硫黄
CS ₂	二硫化炭素	PCl ₃	三塩化リン
PCl ₃	三塩化リン	PCl ₅	五塩化リン
P ₂ O ₅	五酸化(二)リン (十酸化四リン)	NaH	水素化ナトリウム
H ₂ O ₂	過酸化水素		

④ 遷移元素の価数

銀：1価(Ag ⁺)	コバルト：2価(Co ²⁺)	ニッケル：2価(Ni ²⁺)
バナジウム：5価(V ₂ O ₅ [五酸化バナジウム, 酸化バナジウム(V)]しか出てこない)		
亜鉛：2価(Zn ²⁺)	カドミウム：2価(Cd ²⁺)	
Cu：Cu ⁺ , Cu ²⁺	Fe：Fe ²⁺ , Fe ³⁺	Sn：Sn ²⁺ , Sn ⁴⁺
Pb：Pb ²⁺ , Pb ⁴⁺	Hg：Hg ₂ ²⁺ , Hg ²⁺ (1価の水銀は, その状態から特に <u>Hg₂²⁺</u> と書く)	
Mn：Mn ²⁺ , Mn ⁴⁺ , (Mn ⁷⁺)	cf. Mnには1価から7価まで総てある。	
Cr：Cr ³⁺ , (Cr ⁶⁺)	cf. Crには1価から7価まで総てある。	

■問題■

【1】（高知女子大）

次に示す化合物を，構造式および電子式で書き表せ。

- (ア) 水 (イ) アンモニア (ウ) 二酸化炭素 (エ) 窒素 (オ) 過酸化水素
(カ) 四塩化炭素

【2】（金沢大）

結晶は粒子間の結合の仕方で4種類に大別される。

- (1) イオン結晶 (2) 共有結合の結晶 (3) 分子結晶 (4) 金属結晶

下のA群にはそれぞれの結晶を構成する粒子の種類が，B群にはその粒子間を結びつけている結合の種類が，C群には4種類の結晶の特徴的な性質が，D群には各種の結晶の実例が示してある。各群より上の(1)～(4)に対応するものを選んで記号で答えよ。

ただしD群よりは2個ずつ選べ。

A群 (ア) 原子 (イ) 分子 (ウ) 原子と自由電子 (エ) 陽イオンと陰イオン

B群 (オ) 自由電子による結合 (カ) 静電的な引力 (キ) 電子対の共有による結合
(ク) ファンデルワールス力

C群 (ケ) 極めて硬く，融点も高い。(コ) 展・延性を有し，電気伝導性がよい。

(サ) 電気伝導性はないが，水溶液や融解状態では電気を伝導する。

(シ) 一般に軟らかく，融点が低い。昇華性を示すものもある。

D群 (a) ヨウ素 (b) 塩化鉄(III) (c) ナトリウム (d) 臭化カリウム

(e) クロム (f) 炭化ケイ素 (g) ドライアイス (h) ダイヤモンド

【3】（日本医科大）

次の(ア)～(キ)の分子について、下の問いに記号で答えよ。

(ア) CH_4 (イ) CO_2 (ウ) N_2 (エ) NH_3 (オ) H_2O (カ) HF (キ) BF_3

- (1) (a) 二重結合をもつ分子を選べ。 (b) 三重結合をもつ分子を選べ。
- (2) (a) 無極性分子のうち非共有電子対が最も多い分子を選べ。
(b) 無極性分子のうち非共有電子対をもたない分子を選べ。
- (3) 分子間で水素結合を生成する分子を選べ。
- (4) 分子の形が (a) 正四面体形のものを選べ。 (b) 三角錐形のものを選べ。
(c) 正三角形のものを選べ。 (d) 折れ線形のものを選べ。

化学基礎編

第2章

～ 物質質量と化学反応式 ～

【物質質量】

■原子量・分子量・式量■

○原子量

質量数 12 の炭素原子 ^{12}C を基準とし、その質量を 12 としたとき、他の原子の相対質量をその原子の原子量という。原子量は比較質量であるので、無名数である。

また、厳密には同位体の存在率を掛けてその荷重平均をとっている。

<例> ^{35}Cl … 相対質量 35, 存在比 76%

^{37}Cl … 相対質量 37, 存在比 24%

$$\text{塩素の原子量は} \frac{35 \times 76 + 37 \times 24}{100} = 35.5$$

○分子量

分子式中の各原子の原子量の総和…無名数

○式量

化学式（組成式、イオン式等）中の各原子の原子量の総和…無名数

■物質質量■

○アボガドロ定数 N : ^{12}C 原子 12g 中に含まれる ^{12}C 原子の数 6.02×10^{23} [mol^{-1}]

○物質質量: ^{12}C 原子 12g 中に含まれる ^{12}C 原子の数(アボガドロ数)を基準として、この数と等しい同一種類の粒子の集団を 1mol という。

$$\text{物質質量}[\text{mol}] = \frac{\text{粒子の個数}}{6.02 \times 10^{23} [\text{/mol}]}$$

○モル質量: 1mol 当たりの質量

つまり原子量・分子量・式量に g 単位をつけると、その物質の 1mol あたりの質量になる。

$$\text{物質質量}[\text{mol}] = \frac{\text{物質の質量} [\text{g}]}{\text{モル質量}[\text{g/mol}]}$$

○モル体積: 標準状態(0°C , 1atm)におけるすべての気体 1mol の体積は 22.4 L になる。

←アボガドロの法則「すべての気体は、同温・同圧・同体積中に同数の分子を含む。」

$$\text{物質質量}[\text{mol}] = \frac{\text{標準状態の気体の体積} [\text{L}]}{22.4[\text{L/mol}]}$$

$1\text{mol} = 6.02 \times 10^{23} \text{個} = \frac{\text{原子量}[\text{g}]}{\text{分子量}[\text{g}]} = \frac{22.4[\text{L}]}{\text{式量}[\text{g}]} \quad (\text{標準状態の気体の場合})$

原子量 H=1.0, He=4.0, C=12, N=14, O=16, F=19, Na=23, Mg=24, Al=27, P=31, S=32, Cl=35.5, Ar=40, K=39,
Ca=40, Fe=56, Cu=64, Zn=65, Ag=108, Ba=137, Pb=207, アボガドロ定数 $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$

<例題 1 >

- (1) ^{12}C 1 個の質量は $2.0 \times 10^{-23}\text{g}$, ベリリウム原子 1 個の質量は $1.5 \times 10^{-23}\text{g}$ である。
ベリリウム原子の相対質量はいくらか。
- (2) 銅には ^{63}Cu が 69.2%, ^{65}Cu が 30.8%含まれている。銅の原子量はいくらか。
- (3) 水素分子 H_2 1.5mol は分子何個か。
- (4) 酸素分子 O_2 0.3mol は何 g か。
- (5) 二酸化炭素 CO_2 5.6L (標準状態) は何 mol か。
- (6) 水分子 H_2O 1.0×10^{23} 個は何 g か。

【1】 次の各問いに答えよ。

- (1) アルミニウム原子 ^{27}Al の相対質量は 27 である。アルミニウム原子 1 個の質量は、 ^{12}C 1 個の質量の何倍か。
- (2) 銀には ^{107}Ag と ^{109}Ag からなっており、銀の原子量は 107.9 である。
銀原子 1000 個中には ^{107}Ag が何個存在しているか。
- (3) メタノール CH_3OH 3.2g は何 mol か。また、この中に含まれる水素原子の物質質量と質量は、それぞれいくらか。
- (4) グルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 0.25mol は何 g か。また、グルコース中において炭素原子は質量で何%を占めるか。
- (5) 硝酸マグネシウム $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 0.50mol は何 g か。また、この中に含まれるマグネシウムイオン Mg^{2+} は何個か。
- (6) メタン分子 CH_4 0.25mol の質量および体積を、それぞれ求めよ。

<例題 2>

5.0%塩酸溶液 400g と 10%塩酸溶液 100g を混合したとき何%の塩酸溶液になるか。

<例題 3>

ある気体の標準状態での密度は 1.25g/L であった。この気体の分子量を求めよ。

【2】次の問いに答えよ。

- (1) 水素 H_2 840mL と酸素 O_2 1120mL を混合すると、質量は何 g になるか。
- (2) ある気体の密度を測定すると、1.34g/L であった。この気体は次のどれか。
(ア) 窒素 N_2 (イ) エタン C_2H_6 (ウ) 酸素 O_2 (エ) 硫化水素 H_2S
- (3) 窒素と酸素の混合気体 5.6L 中には、何個の分子が存在するか。
- (4) 体積で、水素が 80%，酸素が 20%の混合気体がある。この混合気体の見かけの分子量を求めよ。

※密度と溶液の濃度

$$\text{固体・液体の密度}[\text{g/cm}^3] = \frac{\text{物質の質量}[\text{g}]}{\text{物質の体積}[\text{cm}^3]}$$

$$\text{気体の密度}[\text{g/L}] = \frac{\text{物質の質量}[\text{g}]}{\text{物質の体積}[\text{L}]}$$

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

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

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

<例題4> (2007年 神戸学院大)

市販の濃硫酸の質量パーセント濃度は96%、密度 1.84g/cm^3 である。水でうすめて 6.0mol/L の希硫酸 500mL つくりたい。何 mL の濃硫酸が必要か。

【3】 次の各問いに答えよ。

- (1) 尿素 5.0g を水 45g に溶かした水溶液の質量パーセント濃度は何%か。
- (2) グルコース $C_6H_{12}O_6$ 9.0g を水に溶かして 200mL にした水溶液は何 mol/L か。
- (3) 0.25mol/L の水酸化ナトリウム NaOH 水溶液 200mL 中には、NaOH は何 mol 含まれるか。また、NaOH の質量は何 g か。
- (4) 0.20mol/L 硫酸水溶液の質量パーセント濃度は何%か。ただし、水溶液の密度は $1.05g/cm^3$ とする。
- (5) 10%硫酸水溶液を用いて、0.50mol/L の水溶液を 100mL つくりたい。10%硫酸水溶液が何 g 必要か。

【4】硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ を用いて、 0.10mol/L の硫酸銅(Ⅱ)水溶液 100mL を調整した。次の問いに答えよ。

(1) 必要な硫酸銅(Ⅱ)五水和物は何 g か。

(2) 0.10mol/L 硫酸銅(Ⅱ)水溶液 50mL 中には、銅(Ⅱ)イオン Cu^{2+} は何 g 含まれるか。

【5】 0.100mol/L のシュウ酸水溶液のつくり方として正しいものを、次の①～⑥から選べ。ただし、シュウ酸の結晶は $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ で表される。

- ① シュウ酸の結晶 9.00g を 1000mL の水に溶かす。
- ② シュウ酸の結晶 9.00g を水に溶かして 1000mL にする。
- ③ シュウ酸の結晶 9.00g を 991.0g の水に溶かす。
- ④ シュウ酸の結晶 12.6g を 1000mL の水に溶かす。
- ⑤ シュウ酸の結晶 12.6g を水に溶かして 1000mL にする。
- ⑥ シュウ酸の結晶 12.6g を 987.4g の水に溶かす。

【6】質量パーセント濃度が98%の濃硫酸の密度は 1.8g/cm^3 である。次の問いに答えよ。

- (1) この濃硫酸のモル濃度は何 mol/L か。
- (2) 3.0mol/L の硫酸水溶液 100mL をつくるのに必要な濃硫酸の体積は何 mL か。
- (3) この濃硫酸を水で希釈して、質量パーセント濃度が7.0%の硫酸水溶液を 700g 作りたい。希釈するときに必要な水の質量は何 g か。

(2006年 大阪工業大)

■発展問題■

【1】分子量 M のステアリン酸 w [g] を有機溶媒に溶かし、全体積を 100mL にした。この溶液 v [mL] を静かに水面に滴下し、溶媒を蒸発させて単分子膜を形成させた。面積を測定すると、 S_1 [cm²] であった。

- (1) 単分子膜を形成したステアリン酸の物質量は何 mol か。
- (2) ステアリン酸分子の断面積が S_0 [cm²] のとき、単分子膜中の分子数は何個か。
- (3) この実験から求められるアボガドロ定数 (単位/mol) の値はいくらか。
- (4) 単分子膜の密度 d [g/cm³] とすると、ステアリン酸分子の長さは何 cm か。

【2】(2007年 近畿大)

- (1) 密度が 0.94g/mL で、質量パーセント濃度が 36%のエタノール水溶液のモル濃度はいくらか。
- (2) 質量モル濃度が 4.0mol/kg の水酸化カリウム水溶液 60g には、水酸化カリウムは何 g 含まれているか。また、この水溶液に水 40g を加えたら、密度が 1.17g/mL の水酸化カリウム水溶液となった。この水溶液のモル濃度はいくらか。

【3】(2000年 愛知学院大)

標準状態で 470.4L のアンモニアをすべて、 1.0L の水 (水の密度は 1.0g/cm^3 とする) に溶解させたら、溶液の密度は 0.90g/cm^3 であった。アンモニア水のモル濃度を求めよ。

【4】

$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 1mol を 1kg の水に溶かした。この溶液の質量モル濃度を求めよ。

V. 【化学の基本法則と化学反応式・物質質量】

○質量保存の法則…ラボアジエ（フランス）

「化学反応の前後において、物質の総質量は変化しない。」

○定比例の法則…プールのスト（フランス）

「ある化合物を構成する成分元素の質量比は、その製法の如何を問わず、常に一定である。」

(例)炭素を燃焼させてできる二酸化炭素も、動物の呼吸中に含まれる二酸化炭素も、炭素と酸素の質量比は 3 : 8 である。

○倍数比例の法則…ドルトン（イギリス）

「2 種類の元素 A と B が化合して、いくつかの異なる化合物を作るとき、一定質量の A と B の質量の間には、簡単な整数比が成り立つ。」

(例)一酸化炭素と二酸化炭素中の炭素と酸素の質量比は、それぞれ 3 : 4 と 3 : 8 である。したがって、一定質量の炭素と化合する酸素の質量比は、一酸化炭素と二酸化炭素では、それぞれちょうど 1 : 2 の関係にある。

○気体反応の法則…ゲーリュサック（フランス）

「気体どうしの反応では、反応に関する気体の体積の間には、同温・同圧のもとでは、簡単な整数比が成り立つ。」

(例)水素と酸素が反応して水蒸気を生じるとき、反応した水素と酸素および生成した水蒸気の体積比は、同温・同圧のもとでは 2 : 1 : 2 となる。

■化学反応式■

○物理変化と化学変化

物理変化：物質の種類が変化せず、その状態だけが変わる変化。(溶解, 融解, 蒸発など)

化学変化：ある物質がもとと異なる物質に変わる変化。

化学反応：化学変化の過程。

- | | | |
|---|----|---------------------------------|
| { | 分解 | ：1つの物質から2種類以上の物質が生じる変化。 |
| | 化合 | ：2種類以上の物質からそれらとは異なる1つの物質が生じる変化。 |
| | 合成 | ：簡単な物質から複雑な物質をつくること。 |

化学反応式：反応する物質（反応物）と反応してできた物質（生成物）との関係を、化学式を用いて表したものを。

○化学反応式の作り方

(i) 反応物を左辺に、生成物を右辺に書き、両辺を「→」で結ぶ。

(ii) 各原子の数が左辺と右辺で等しくなるように、化学式に係数をつける。

また、係数は最も簡単な整数比で表し、係数が1になるときは省略する。

- ①目算法 ②未定係数法（※最終手段）

(iii) 触媒は反応式に加えない。

<例題>

(1) メタン CH_4 と酸素 O_2 が反応して、二酸化炭素 CO_2 と水 H_2O が生成する
化学反応式

(2) エタン C_2H_6 を完全燃焼させたときの化学反応式を書け。

(3) 塩素酸カリウム KClO_3 に酸化マンガン(IV)を加えて熱すると、塩化カリウムと酸素に分解した。このときの化学反応式を書け。

(4) 次の化学反応式の係数 $a \sim e$ を定めよ。

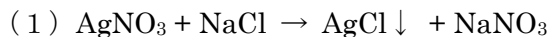


■イオン反応式■









水に溶け、しかも水中で(完全に)電離しているものは、イオンに分けて書き、それ以外のものは化学式のままで書く。その上で、左右両辺に同じイオンがあるときは、そのイオンを消去する。イオン反応式では、左辺の電荷の和と右辺の電荷の和も等しくなっている。

cf. 水中で完全電離する物質(強電解質)：強酸，強塩基，水溶性塩

<例題> 次の各反応をイオン反応式で表せ。



■化学反応式の表す意味■

	CH_4	+	2O_2	→	CO_2	+	$2\text{H}_2\text{O}$
分子数の関係	1		2		1		2
							
物質量の関係	1		2		1		2
							
質量の関係 (質量保存の法則)	16		2×32	=	44		2×18
体積の関係 (標準状態) (気体反応の法則)	22.4		2×22.4		22.4		36ml

■化学反応の量的計算■

化学反応において、反応物や生成物の質量や気体の体積に関して量的関係を求めるには、物質量を反応式の係数比に比例させて計算するのが最も便利である。

- ① 与えられた物質の質量(g) → 物質量(mol), または,
標準状態の気体の体積(L) → 物質量への変換は, 次のように行う。

$$\text{物質量 [mol]} = \frac{\text{質量 [g]}}{\text{モル質量 [g/mol]}} = \frac{\text{標準状態の気体の体積 [L]}}{22.4 \text{ [L/mol]}}$$

- ② ①で求めた物質量と化学反応式の係数比から, 求める物質の物質量がいくらになるかを求める。
③ 求める物質の物質量から, 題意に応じて, 物質量(mol) → 質量(g),
または物質量(mol) → 標準状態の気体の体積(L)への変換を, 次のように行う。

$$\begin{aligned}\text{質量(g)} &= \text{物質量 [mol]} \times \text{モル質量 [g/mol]} \\ \text{標準状態の気体の体積 [L]} &= \text{物質量 [mol]} \times 22.4 \text{ [L/mol]}\end{aligned}$$

○反応式による気体の体積関係の計算

同温・同圧のもとでは, 同体積の気体は同数の分子を含む(アボガドロの法則)ため, 気体どうしが反応する場合には, **体積比=物質量の比=係数比**の関係が成り立つ。この場合に限り, **体積比=係数比**の関係だけで量的計算を行うことが出来る。なお, 液体や固体の体積は, 気体の体積に比べて著しく小さいので, 計算上, 無視してよい。

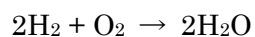
原子量 H=1.0, He=4.0, C=12, N=14, O=16, F=19, Na=23, Mg=24, Al=27, P=31, S=32, Cl=35.5, Ar=40, K=39,
Ca=40, Fe=56, Cu=64, Zn=65, Ag=108, Ba=137, Pb=207, アボガドロ定数 $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$

<例題 1> (質量・体積関係の計算)

標準状態のプロパン(C_3H_8) 5.6 L を空气中で完全燃焼させた。

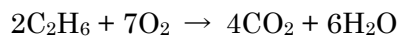
- (1) この反応で生成する二酸化炭素の質量は何 g か。
- (2) 燃焼に必要な酸素の体積は、標準状態で何 L か。

【1】水素と酸素が反応すると水が得られる。下の各問いに答えよ。



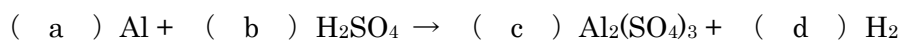
- (1) 0.50mol の水素は何 g の酸素とちょうど反応するか。また、このとき生じる水は何 g か。
- (2) 標準状態で 5.0L ずつの水素と酸素を反応させた。反応せずに残る気体の名称を記せ。また、その体積は標準状態で何 L か。

【2】標準状態で 5.6L のエタン C_2H_6 を完全燃焼させると、二酸化炭素と水が生じた。
下の問いに答えよ。



- (1) この燃焼によって、水は何 mol 生成するか。
- (2) この燃焼に必要な酸素の体積は、標準状態で何 L か。
- (3) 標準状態で 11.2L の二酸化炭素を得るには、エタンは何 g 必要か。

【3】アルミニウムに希硫酸を加えると、水素が発生し、硫酸アルミニウム $Al_2(SO_4)_3$ が生じる。下の問いに答えよ。



- (1) 係数(a)~(d)を求めよ。ただし、係数が 1 の場合には 1 と記せ。
- (2) 1.2g のアルミニウムと反応する硫酸は何 g か。
- (3) 標準状態で 1.4L の水素を得るために必要なアルミニウムは何 g か。

<例題 2> (過不足のある問題)

亜鉛は、希塩酸に溶けて水素を発生する。亜鉛 6.5g を 15%希塩酸 73g に溶かしたとき、次の問いに答えよ。

- (1) 発生する水素は、標準状態で何 L か。
- (2) 計算上、あと何 g の亜鉛を溶かすことができるか。

【4】 3.9g のアセチレン C_2H_2 と標準状態で 11.2L の酸素を燃焼させた。次の問いに答えよ。

- (1) この変化を化学反応式で表せ。
- (2) 反応終了後、反応せずに残る気体は何か。また、その質量は何 g か。
- (3) 生成した二酸化炭素は標準状態で何 L か。また、生成した水は何 g か。

<例題 3> (気体の体積関係の計算)

水素と一酸化炭素の混合気体 80mL に、酸素 100mL を加えて完全燃焼させたら、反応後に 90mL の気体が残った。はじめの混合気体中には、水素と一酸化炭素がそれぞれ何 mL ずつ含まれていたか。ただし、気体の体積はすべて標準状態で測定した値とする。

【5】メタン CH_4 とエタン C_2H_6 の混合気体を、十分な酸素の存在下で完全に燃焼させたところ、標準状態で 1.12L の二酸化炭素と 1.62g の水が得られた。次の問いに答えよ。

- (1) メタンの完全燃焼を化学反応式で記せ。
- (2) エタンの完全燃焼を化学反応式で記せ。(3) 燃焼前の混合気体中のメタンとエタンの物質量の比を求めよ。
- (4) この混合気体を完全燃焼させるために消費された酸素の体積は、標準状態で何 L か。

【6】窒素 3.0L と水素 5.0L を混合して触媒を加えたところ、一部反応してアンモニアが生じ、反応前と同温・同圧で体積は 7.0L になった。反応後の気体には何が何 L ずつ含まれているか。

＜例題 4＞（混合物の純度の計算）

不純物を含んだ大理石（主成分は炭酸カルシウム CaCO_3 ）1.0g をとり、十分量の希塩酸と反応させたところ、二酸化炭素が標準状態で 196mL 発生した。この大理石の純度は何%か。ただし、この不純物は塩酸とは反応しないものとする。

【7】カーバイド CaC_2 が水と反応するとアセチレン C_2H_2 と水酸化カルシウムになる。不純なカーバイド 2.5g と水との反応で標準状態のアセチレン 0.70L が発生した。カーバイドの純度は何%か。

<例題5> (原料と最終生成物に関する質量計算)

純度 80%の硫黄鉱石 1kg を燃焼させて二酸化硫黄とし、さらにこの二酸化硫黄を酸化して三酸化硫黄に変え、これを水と反応させて 95%の濃硫酸を製造した。これらの反応はすべて完全に進行したものとして、得られる濃硫酸は何 kg か。

■ 発展問題 ■

【1】炭素と水素のみからなる化合物 5.8mg を完全燃焼させたところ、水 9.0mg が生じた。このとき、標準状態で何 mL の二酸化炭素が生成したか。

【2】ある金属 M 0.20mol と十分な量の塩酸の反応で、標準状態の水素 6.72L が発生した。金属を M と表して、この金属と塩酸の反応の化学反応式を記せ。

【3】炭酸ナトリウム水溶液を濃縮すると、無色の十水和物の結晶が析出する。

この結晶 5.72g を水に溶かして、密度 1.095g/cm³、質量パーセント濃度 20.0%の塩酸を少しずつよく混ぜながら 5.00mL 加えたところ、二酸化炭素が発生した。
発生した二酸化炭素をすべて捕集して、十分な量の石灰水に通すと白色沈殿が生じた。ただし、二酸化炭素は水に溶けないとする。

- (1) 下線部の反応はまず、炭酸水素ナトリウムが生じる反応、続いて二酸化炭素が生じる反応と 2 段階で起こる。それぞれの化学反応式を記せ。
- (2) 下線部の反応で発生した二酸化炭素は標準状態で何 mL か。
- (3) 得られた白色沈殿の化学式を示せ。また、その質量は何 g か。

【4】硫酸と塩酸の混合水溶液がある。これに 0.020mol の塩化バリウムを含む水溶液を加えたところ、硫酸バリウムの沈殿 2.33g が生じた。この沈殿を除いたろ液に 0.060mol の硝酸銀を含む水溶液を加えたところ、塩化銀の沈殿 7.17g が生じた。
最初の混合水溶液中の硫酸と塩酸はそれぞれ何 mol か。

【5】水素，メタンおよび酸素の混合気体 120mL を完全に反応させ，十酸化四リンで水を吸収したところ，その気体は 42mL になった。この残った気体を水酸化ナトリウム水溶液に通じると，酸素のみが 30mL 残った。最初の水素とメタンの物質量の比はいくらか。