

目 次

第 1 講	純物質と混合物・単体と化合物	2
第 2 講	物質の三態と粒子の熱運動	10
第 3 講	原子の構造と電子配置・イオン	18
第 4 講	周期表と元素の性質	26
第 5 講	化学結合	34
第 6 講	結晶の分類と性質	42
第 7 講	物質量	48
第 8 講	化学反応式と量的関係	54
第 9 講	酸・塩基と pH	64
第 10 講	中和反応と塩	70
第 11 講	中和滴定	78
第 12 講	酸化・還元	86
第 13 講	金属のイオン化傾向と電池	94
第 14 講	物質の利用（無機物質）	100
第 15 講	物質の利用（有機化合物と高分子化合物）	106

第5講 >>> 化学結合

基礎学習

1 イオンからなる物質

陽イオンと陰イオンの静電的な引力(クーロン力ともいう)による結びつきを〔1〕という。

一般に,〔2〕元素の陽イオンと〔3〕元素の陰イオンの結合は〔1〕である。

〔1〕によりできた結晶を〔4〕といい,次のような性質がある。

- ・融点が〔5〕。
- ・硬いがもろく^{くだ}砕けやすい。
- ・固体のままでは電気を通さないが,加熱して〔6〕にした^り,水に溶かして〔7〕にすると電気を通すようになる。

〔4〕は全体として電的に中性なので,陽イオンと陰イオンは電荷を打ち消すような数の比で結合する。〔4〕は,イオンの種類と数の比を示した〔8〕という化学式で表す。〔4〕の名称は陰イオンが先だが,〔8〕は陽イオンを先に書く。次に,名称から〔8〕を書いてみよう。

《例1》 塩化ナトリウム

Na^+ と Cl^- ⇐名称から陽イオンと陰イオンのイオン式を書く

$(+1) \times 1 + (-1) \times 1 = 0$ ⇐陽イオンと陰イオンの電荷を打ち消す数の比を調べる

NaCl ⇐その数の比を元素記号の右下に書く(1は省略)

《例2》 酸化アルミニウム

Al^{3+} と O^{2-} ⇐名称から陽イオンと陰イオンのイオン式を書く

$(+3) \times 2 + (-2) \times 3 = 0$ ⇐陽イオンと陰イオンの電荷を打ち消す数の比を調べる

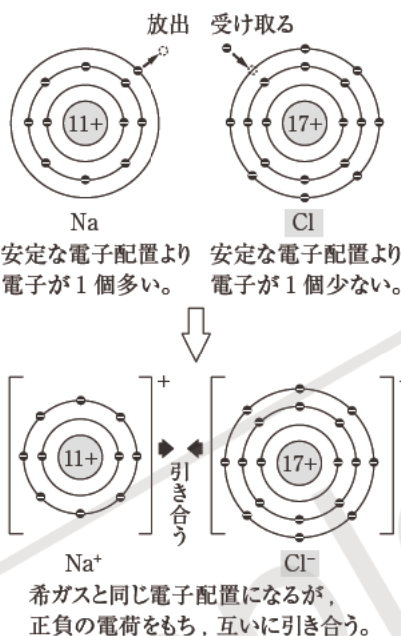
Al_2O_3 ⇐その数の比を元素記号の右下に書く

《例3》 硫酸アンモニウム

NH_4^+ と SO_4^{2-} ⇐名称から陽イオンと陰イオンのイオン式を書く

$(+1) \times 2 + (-2) \times 1 = 0$ ⇐陽イオンと陰イオンの電荷を打ち消す数の比を調べる

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ⇐多原子イオンの数が2以上のときはカッコを付ける



⇔一般に,陽イオンは金属元素のイオンであり(例外は NH_4^+),陰イオンは非金属元素のイオンなので,金属元素と非金属元素の両方を含む化合物はイオンからなる物質である。

⇔液体や水溶液にするとイオンが自由に動けるので,電気を通すようになる。

⇔《例1》

Na^+ と Cl^- が1:1の数の比で結合しているが,この1は省略する。

⇔《例2》

Al^{3+} と O^{2-} であるから,2:3の数の比で結合して電荷を打ち消す。

⇔《例3》

NH_4^+ の数の比が2なので,カッコを付けて2を書く。

解答 1 ① イオン結合 ② 金属 ③ 非金属 ④ イオン結晶 ⑤ 高い
⑥ 液体 ⑦ 水溶液 ⑧ 組成式

2 共有結合と分子

原子が電子を出しあい、共有することによってできる結合を、〔1〕という。〔2〕元素の原子が〔1〕してひとまとまりになった粒子が〔3〕である。〔3〕は、原子の種類と数を示した〔3〕式という化学式で表す。

元素記号の周囲に最外殻電子を点で表した式を〔4〕という。希ガス以外の非金属元素の原子には、対をつくってない最外殻電子がある。この電子を〔5〕

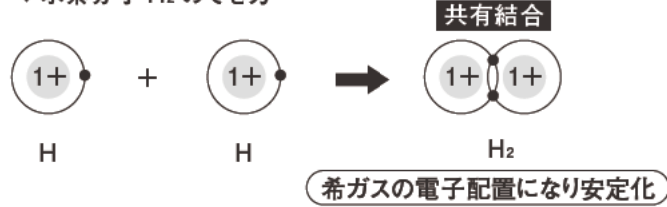
という。原子は互いに〔5〕を出しあって共有することで、〔1〕をつくる。このとき原子間につくられた電子対を〔6〕という。これに対して、原子間に共有されていない電子対を〔7〕という。

1対の〔6〕を〔8〕とよばれる1本の線で表した化学式を〔9〕という。〔6〕が1対の〔8〕が1本の結合を〔10〕結合という。同様に、2対の結合を〔11〕結合、3対の結合を〔12〕結合という。

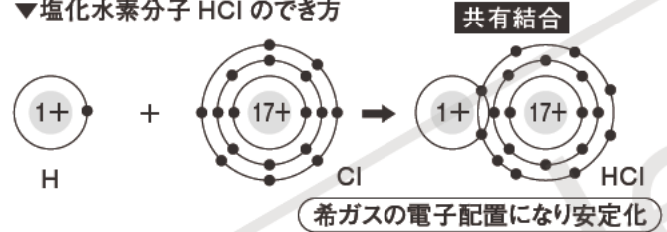
〔9〕を書くときは、1個の原子から出ている〔8〕の数、すなわち〔13〕を知っていると便利である。〔13〕は、Hが1、Cが4、Nが3、OとSが2、ハロゲン(F、Clなど)が1である。

片方の原子が〔7〕を提供してできた〔1〕を、特に〔14〕という。たとえば、アンモニウムイオン NH_4^+ の4本のN-H結合のうちの1本は、アンモニア NH_3 のN原子が〔7〕を水素イオン H^+ に提供してできた〔14〕である。〔14〕は、でき方は違うが、できてしまえばほかの〔1〕と区別できない。したがって、アンモニウムイオンの4本のN-H結合はどれも同じである。

▼水素分子 H_2 のでき方



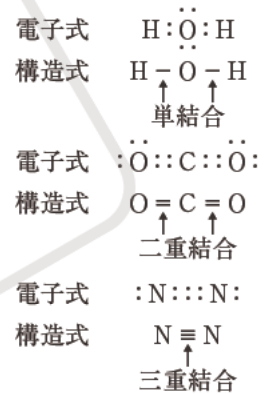
▼塩化水素分子 HCl のでき方



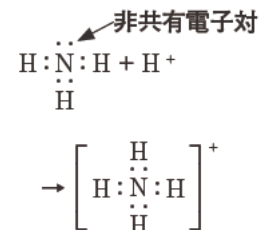
↔ 分子中の各原子は希ガスの原子と同じ電子位置になるので、最外殻電子の数は、H原子なら2個、それ以外の原子なら8個である。

↔ H_2 , N_2 , H_2O , NH_3 , HCl などは分子式である。

↔ 電子式と構造式の例を次に示す。



↔ アンモニウムイオンの生成を電子式で次に示す。

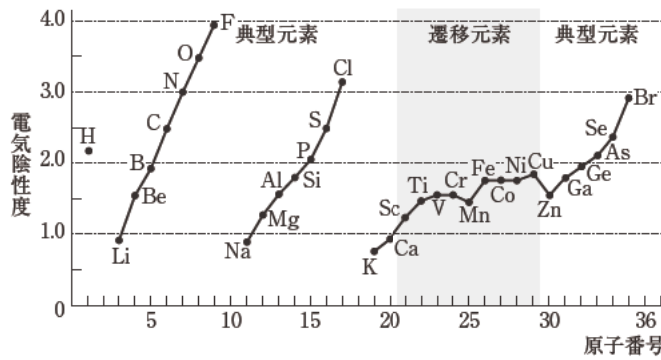


解答 2 ① 共有結合 ② 非金属 ③ 分子 ④ 電子式 ⑤ 不対電子 ⑥ 共有電子対 ⑦ 非共有電子対
 ⑧ 価標 ⑨ 構造式 ⑩ 単 ⑪ 二重 ⑫ 三重 ⑬ 原子価 ⑭ 配位結合

3 極性

共有結合している原子が共有電子対を引きよせる強さを表した数値を〔1〕という。

同一周期の元素では右に行くほど、同族の元素では上に行くほど、〔1〕の値

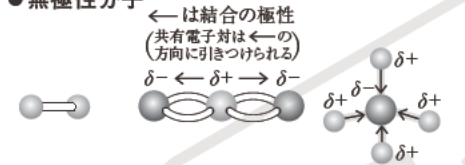


は大きくなる。共有結合をつくらな〔2〕の原子には値がない。

共有結合では、電気陰性度の大きい原子の方に共有電子対が引きよせられ、電荷のかたよりを生じる。これを結合の〔3〕という。同種の原子が共有結合している場合には結合に〔3〕はないが、〔1〕が異なる原子が共有結合をつくると結合に〔3〕を生じる。

結合の〔3〕が打ち消されず、全体として電荷のかたよりをもつ分子を〔4〕という。これに対して、結合に〔3〕がないか、結合に〔3〕があってもそれが打ち消される分子は、全体として電荷のかたよりが無い。このような分子を〔5〕という。

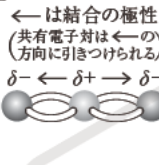
●無極性分子



結合に極性がない



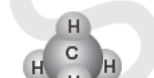
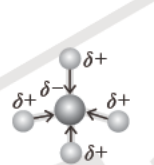
水素 H_2



結合の極性が打ち消される

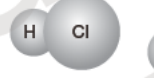
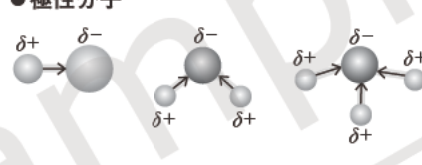


二酸化炭素 CO_2 (直線形)

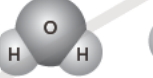
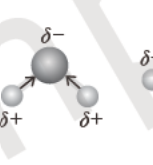


メタン CH_4 (正四面体形)

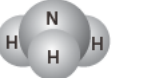
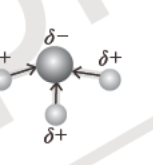
●極性分子



塩化水素 HCl (直線形)



水 H_2O (折れ線形)



アンモニア NH_3 (三角錐形)

電気陰性度は、同一周期では、アルカリ金属で最小、ハロゲンで最大の値をとる。特に、フッ素 F は全元素中で電気陰性度が最大である。希ガスには値がないことにも注意。

二酸化炭素の分子は直線形、メタンの分子は正四面体形なので、どちらも結合の極性が打ち消されて無極性分子になる。主な分子の形は覚えておくこと。

左図の δ はギリシア文字でデルタと読み、“わずかな”を意味する。 $\delta+$ はわずかに正の電荷を、 $\delta-$ はわずかに負の電荷を帯びていることを意味している。

4 金属結合

金属では、原子の電子殻の一部が重なりあい、価電子はその部分を移動するため特定の原子に固定されず、金属全体を自由に移動できる。このような電子を〔6〕といい、すべての金属原子に〔6〕が共有されてできる結合を〔7〕という。金属を表すには、Fe や Al のように元素記号だけを書いた組成式を用いる。



金属に電圧をかけると〔6〕が移動するので、金属には電気伝導性が〔8〕。また、金属に力を加え原子の位置がずれても〔7〕は保たれるので、金属は変形するが砕けにくい。

金属は変形しやすいが砕けにくいので、展性(たたくと箔状に薄く広がる性質)や延性(引っ張ると線状に長く延びる性質)がある。

- 解答 3 ① 電気陰性度 ② 希ガス ③ 極性 ④ 極性分子 ⑤ 無極性分子
 ⑥ 自由電子 ⑦ 金属結合 ⑧ ある

基本問題演習

1 右の表を参考にして、次の(1)~(12)のイオン結晶の組成式を書け。

- (1) ヨウ化カリウム
- (2) 硝酸銀
- (3) 硫化銅(II)
- (4) 硫酸鉄(II)
- (5) 硫酸バリウム
- (6) 塩化マグネシウム
- (7) 塩化亜鉛
- (8) 炭酸ナトリウム
- (9) 塩化鉄(III)
- (10) 酸化アルミニウム
- (11) 水酸化カルシウム
- (12) 硫酸アンモニウム

	価数	名 称	イオン式
陽 イ オ ン	1	ナトリウムイオン	Na ⁺
		カリウムイオン	K ⁺
		銀イオン	Ag ⁺
		アンモニウムイオン	NH ₄ ⁺
	2	マグネシウムイオン	Mg ²⁺
		カルシウムイオン	Ca ²⁺
		バリウムイオン	Ba ²⁺
		亜鉛イオン	Zn ²⁺
		銅(II)イオン	Cu ²⁺
		鉄(II)イオン	Fe ²⁺
3	アルミニウムイオン	Al ³⁺	
	鉄(III)イオン	Fe ³⁺	
陰 イ オ ン	1	塩化物イオン	Cl ⁻
		ヨウ化物イオン	I ⁻
		水酸化物イオン	OH ⁻
		硝酸イオン	NO ₃ ⁻
	2	酸化物イオン	O ²⁻
		硫化物イオン	S ²⁻
		硫酸イオン	SO ₄ ²⁻
		炭酸イオン	CO ₃ ²⁻

2 次の(1)~(4)の分子の共有結合のようすを、元素記号のまわりに最外殻電子だけを・で書いた電子式、および構造式で表現し、《例》にならって書け。

《例》 水素 H₂ 電子式 H:H 構造式 H-H
 水 H₂O 電子式 H:Ö:H 構造式 H-O-H

- (1) 塩素 Cl₂
- (2) 塩化水素 HCl
- (3) アンモニア NH₃
- (4) メタン CH₄

ヒント

↔ イオン結晶の組成式を書く手順は次の通りである。

1. 名称から陽イオンと陰イオンのイオン式を考える。
2. 陽イオンと陰イオンの電荷を打ち消す数の比が何:何かを調べる。
3. その数を元素記号の右下に書く。ただし、1は書かない。また、多原子イオンの数の比が2以上なら、カッコでくくってから数を書く。

この問題は、イオン式が表で与えられているので、それほど難しくないとと思うが、本当なら表を見ないで組成式を書けないといけない。この表に出ているイオン式ぐらいは暗記しておこう。

ヒント

↔ 電子式は共有結合を表現するときよく利用される。原子の電子式を書くには、元素記号の4方向(上下左右)に1個ずつ・を書く。最外殻電子が5個以上の原子は、4方向にもう1個ずつ・を書き、電子2個で対をつくる。



対をつくっていない電子は、他の原子と電子を共有して共有電子対をつくり、最外殻電子を8個(H原子は2個)にする。たとえば、O原子は6個のうち4個は対をつくっていて、残りの2個が電子を共有する。そのため、原子価が2価なのである。

応 用 問 題 演 習

1 次の文章中の [ア] ~ [ウ] に当てはまる語の組合せとして正しいものを、右の表の①~⑦のうちから一つ選べ。

カリウムの単体は [ア] 結合でできている。塩素分子は [イ] 結合でできている。カリウムと塩素の化合物である塩化カリウムの結晶は [ウ] 結合でできている。

	ア	イ	ウ
①	イオン	イオン	共有
②	イオン	共有	イオン
③	イオン	共有	共有
④	金属	イオン	イオン
⑤	金属	イオン	共有
⑥	金属	共有	イオン
⑦	金属	共有	共有

2 電気陰性度、および分子の極性に関する記述として正しいものを、次の①~⑤のうちから一つ選べ。

- ① 共有結合からなる分子では、電気陰性度の小さい原子は、電子をより強く引きつける。
- ② 第2周期の元素のうちで、電気陰性度が最も大きいのはリチウムである。
- ③ ハロゲン元素のうちで、電気陰性度が最も大きいのはフッ素である。
- ④ 同種の原子からなる二原子分子は極性をもつ。
- ⑤ 酸素原子と炭素原子の電気陰性度には差があるので、二酸化炭素は極性分子である。

㉓ 次の a～c に当てはまるものを、それぞれの解答群①～⑤のうちから一つずつ選べ。

a. 非共有電子対をもたない分子

- ① 塩素 Cl_2 ② 二酸化炭素 CO_2 ③ フッ化水素 HF
④ 水 H_2O ⑤ エチレン C_2H_4

b. 最も多くの価標をもつ原子

- ① 窒素分子中の N ② フッ素分子中の F ③ メタン分子中の C
④ 塩化水素分子中の Cl ⑤ 水分子中の O

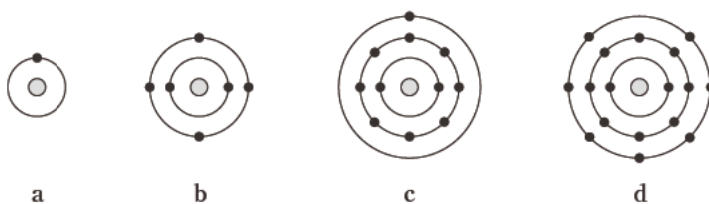
c. 二重結合をもつ直線形分子

- ① H_2O ② CO_2 ③ NH_3 ④ C_2H_2 ⑤ C_2H_4

Sample

問題 1

右の図に示す電子配置をもつ原子(a～d)が結合してできる分子として、安定には存在しないものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、中心の丸(●)は原子核を、その外側の同心円は電子殻を、円周上の黒丸(●)は電子を、それぞれ表す。



- ① 2個の a からなる分子
- ② 2個の a と 1個の c からなる分子
- ③ 1個の a と 1個の d からなる分子
- ④ 1個の b と 4個の d からなる分子
- ⑤ 2個の d からなる分子

問題 2

分子の形について誤りを含む記述を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 二酸化炭素分子は直線形である。
- ② メタン分子は正四面体形である。
- ③ アンモニア分子は平面形(平面構造)である。
- ④ エチレン分子は平面形(平面構造)である。
- ⑤ 水分子は折れ線形である。

問題 3

水分子1個に含まれる陽子の数 a 、電子の数 b 、および中性子の数 c の大小関係を正しく表しているものを、次の①～⑦のうちから一つ選べ。ただし、この水分子は ^1H と ^{16}O からなるものとする。

- ① $a = b = c$ ② $a = b > c$ ③ $c > a = b$ ④ $b = c > a$
⑤ $a > b = c$ ⑥ $c = a > b$ ⑦ $b > c = a$

問題 4

化学結合に関する記述として誤りを含むものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① アンモニウムイオンの4個のN-H結合の性質は、互いに区別できない。
② エチレン分子の原子間の結合は共有結合である。
③ 塩化ナトリウムの結晶はイオン結合からなる。
④ 金属ナトリウムでは、ナトリウム原子の価電子は、金属全体を自由に動くことができない。