

第3章 粒子の結合

1 イオン結合とイオンからなる物質

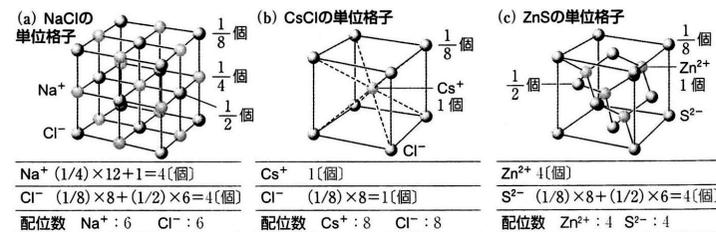
A イオン結合

() 陽イオンと陰イオンが () で引き合っ
 ている結びつき
 イオン結合でできている物質を () という。

陽イオンや陰イオンの粒子が規則正しく並んでできている。

- () イオンのとる規則正しい配列構造
- () 繰り返しとなる最小単位の構造

結晶格子は何種類かある



() 粒子が何個の粒子と接しているか表した数

単位格子の中にある粒子の数え方

単位格子の角にある粒子 () 個 () 個の単位格子に 1 個の
 粒子がまたがっている

単位格子の辺の真ん中にある粒子 () 個 () 個の単位格子に
 1 個の粒子がまたがっている

単位格子の中央にある粒子 () 個

イオンの電離

イオンどうしがイオン結合してできている物質は水中でイオンに分かれる性質を
 もつ。これを () という。

- () 水に溶けたとき電離する物質
- () 水に溶けても電離しない物質

B イオンからなる物質

() イオンからなる物質に含まれる元素の数を最も簡単な整数比で
 表したもの 分子式と似ている

分子式との違い

分子式 物質の粒子が一個一個の単位に分かれていて、
 物質の実際の姿と化学式が完全に一致する

組成式 物質の粒子が一個一個の単位に分かれておらず、
 物質の実際の姿と化学式が完全に一致するわけではない

あまり気にすることはない

イオンからなる物質の例

- 塩化ナトリウム NaCl (食塩の主成分)
 - 塩化カルシウム CaCl₂ (豆腐のにがり・融雪剤など)
 - 炭酸カルシウム CaCO₃ (チョークの原料・卵の殻や貝殻の主成分) など
- 陽イオンと陰イオンの組み合わせで何十・何百種類もある。

日本語と欧米の言語では修飾の順が逆

<p><i>The house that Jack built</i></p> <p>This is the cat that killed the rat that ate the malt that lay in the house that Jack built.</p>	<p>ジャックが建てた家</p> <p>これはジャックが建てた家に 置かれていた麦芽を食べたラットを 殺した猫。</p>
---	--

*Mother Goose (aka Nursery Rhymes)*の話より。英米で親しまれている伝承童謡で
London Bridge Is Falling Down や *Humpty Dumpty* などのもその一つ。

組み立て方

組成式 () イオンを先、() イオンを後に書く。
 正電荷と負電荷の数が () ように数字を添える。

イオンからなる物質は電氣的に中性

名称 語尾にある「～イオン」「～化物イオン」を外し、組成式とは逆の順に
 並べる。

イオンからなる物質の名称・組成式の組み立ての例

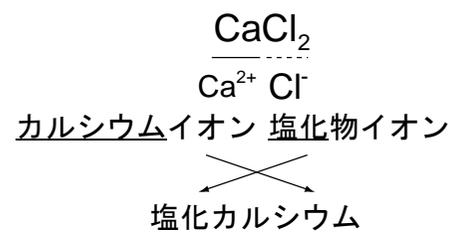
CaCl₂ 塩化カルシウム

陽イオンの価数 × 陽イオンの個数 = 陰イオンの価数 × 陰イオンの個数

となるように Ca²⁺と Cl⁻が結びついて「塩化カルシウム」ができることを考える。

イオンどうしが結びついてできた「塩化カルシウム」は電気的に中性なる。

カルシウムイオンの価数 = 2、塩化物イオンの価数 = 1 より、カルシウムイオンの数は () 個、塩化物イオンの数は () 個となる。カルシウムイオン Ca²⁺ 1 個に対して塩化物イオン Cl⁻は 2 個が結びつかなければならない。よって Ca²⁺ : Cl⁻ = (:) の比となる。



問い 次のイオンの組み合わせでできる物質の組成式と名称を記せ。

(1) K⁺と Cl⁻

(2) Mg²⁺と CO₃²⁻

(3) Al³⁺と OH⁻

(4) NH₄⁺と SO₄²⁻

イオンの生成とエネルギー

() 原子から電子を 1 個取り去って 1 価の () イオンにするのに必要なエネルギー () 1 価の陽イオンから電子を 1 個取り去って () 価の陽イオンにするのに必要なエネルギー

イオン化エネルギーが小さい 陽イオンになり () 大きい 陽イオンになり ()

() 原子が電子を 1 個受け取って 1 価の陰イオンになる際に原子が放出するエネルギー

練習 次の物質の化学式（組成式）を答えよ。

ヒント 物質が何イオンからできているのか考え、組成式を組み立てる。

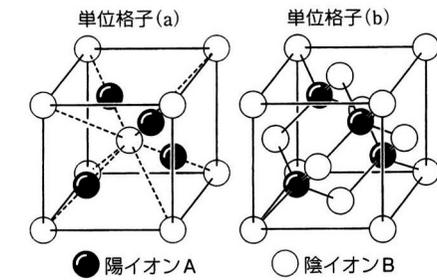
フッ化カルシウム	_____	硫化銅	_____
酸化鉄 (III)	_____	水酸化鉄 (II)	_____
塩化マグネシウム	_____	硫酸	_____
硫酸カリウム	_____	炭酸バリウム	_____
硝酸バリウム	_____	水酸化カリウム	_____
リン酸カリウム	_____	硝酸	_____
硫酸アルミニウム	_____	酸化カルシウム	_____
硝酸銀	_____	酸化銅 (II)	_____
硫化水素	_____	塩化水素 (塩酸)	_____
炭酸ナトリウム	_____	水酸化鉄 (III)	_____
水酸化カルシウム	_____	水酸化ナトリウム	_____
硝酸マグネシウム	_____	酸化銀	_____
ヨウ化鉄 (II)	_____	塩化亜鉛	_____
酸化アルミニウム	_____	硫酸銅 (II)	_____
塩化銀	_____	硝酸ナトリウム	_____

発展例題 5 イオン結晶と組成式 化学

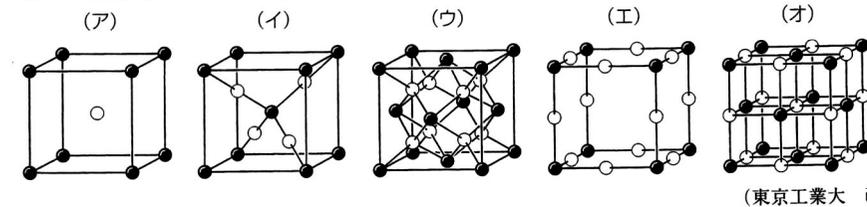
問題 58

右図に、陽イオンAと陰イオンBからできたイオン結晶の単位格子(a)と(b)を示す。次の各問に答えよ。

- 単位格子(a)と(b)に含まれる陽イオンAと陰イオンBの個数は、それぞれいくらか。
- 単位格子(a), (b)をもつイオン結晶の組成式を、それぞれ求めよ。



58. イオン結晶と組成式 次の(ア)~(オ)は、Aイオン●とBイオン○からなるイオン結晶の単位格子である。AB₂の組成式で表されるものをすべて選び、記号で記せ。



2 分子と共有結合

A 分子

() 複数の原子が結びついてできている粒子
電荷を ()

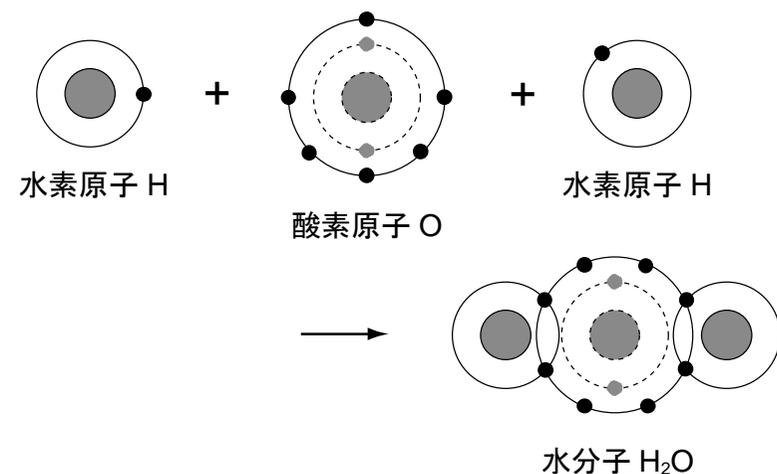
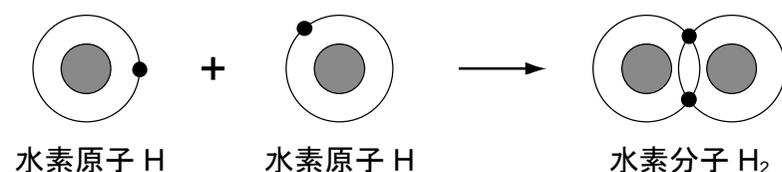
() H_2O 、 CO_2 など分子の構造を表した式

B 分子のなりたち

例 水素分子 H_2 2個の水素原子 H が結びついてできている。

それぞれの原子の電子殻が重なりあって一つの電子殻になる。

2個の原子の間で、それぞれに所属する () を出し合って2つの原子間で共有される。



2個の原子間で、それぞれの価電子が共有されることで結びつくことを () という。

共有結合している原子の一つ一つに注目すると、その電子配置は () の電子配置と同じになる。

C 電子式

毎回ボーアモデルをかいていては大変なので、実際の構造を表すときは () が用いられる。

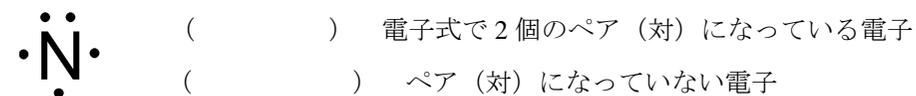
原子の電子式

元素記号のまわりに価電子の数（周期表の左から数えて何列目か）だけ「 \cdot 」（点）をかいて示す。点の表しは

- (1) 1個目から4個目までは上下左右に1個ずつ散らして示す。
- (2) 5個目からは(1)の電子の隣に添えて2個のペアとして示す。

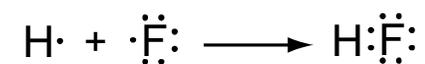
表 原子の電子式

価電子数	1	4	5	6	7
原子	水素 H	炭素 C	窒素 N	酸素 O	フッ素 F
電子式					
原子		ケイ素 Si	リン P	硫黄 S	塩素 Cl
電子式					



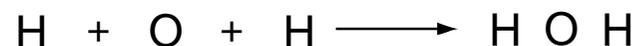
分子の電子式

原子の電子式を組み合わせて表す

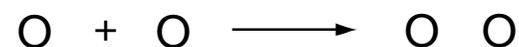


分子の電子式例

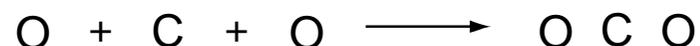
水 H₂O



酸素 O₂



二酸化炭素 CO₂



共有電子対と非共有電子対

- () 電子対のうち共有結合に関わるもの
- () 電子対のうち共有結合に関わらないもの

例 水

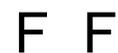


分子の電子式をかくときのルール

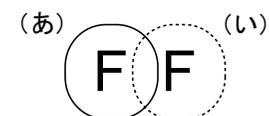
- () 共有結合している原子の周りには
共有結合電子対と非共有電子対を合わせて
決まった数の電子「・」がある
水素原子 () 個 ()
他の原子 () 個 (L殻、M殻など)

分子の電子式のかき方

- (1) 原子を並べてかく。



- (2) オクテット則にあてはまるように電子の「・」をかき足す。



オクテット則より

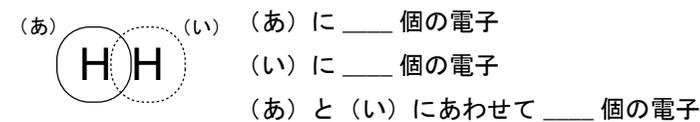
- (あ) の枠の中には () 個の価電子を (a)、
- (い) の枠の中には () 個の価電子を (b)、
- かく。また、
- (あ) と (い) の枠の中には合計 () 個の価電子を (c)
- かく。(フッ素原子の価電子数 () × 2 = 14)

- (a) (b) (c) の条件すべてを満たす書き方は

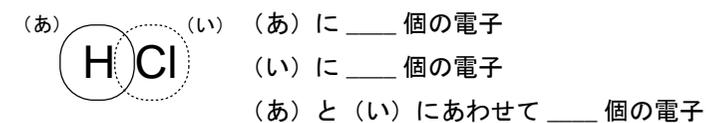


電子式の例

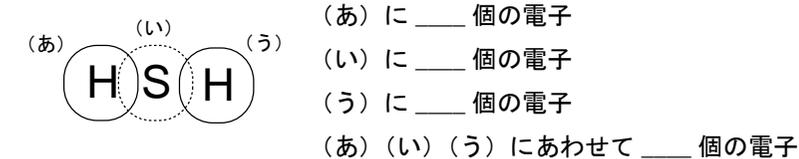
水素 H₂



塩化水素 HCl



硫化水素 H₂S



D 構造式

() 共有電子対 1 対につき 1 本の線 (-) () で表し、
 非共有電子対や不対電子を省略した式
 共有電子対が 2 対・3 対のときはそれぞれ
 2 本の線 (=) ・3 本の線 (≡) をかく

表 構造の式の例

分子	電子式	構造式
水素 H ₂	H:H	H H
水 H ₂ O	H:Ö:H	H O H
二酸化炭素 CO ₂	Ö::C::Ö	O C O

電子式	構造式	結合の名称	結合の長さ
:X:X:	X-X		()
:X::X:	X=X		↑ ↓ ()
:X:::X:	X≡X		

分子の構造式の例

物質	構造式	物質	構造式
水素 H ₂	H-H	メタン CH ₄	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$
酸素 O ₂	O=O	メタノール CH ₃ OH	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$
窒素 N ₂	N≡N	エタン CH ₃ CH ₃	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
水 H ₂ O	H-O-H	エタノール CH ₃ CH ₂ OH	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
二酸化炭素 CO ₂	O=C=O	アンモニア NH ₃	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{N}-\text{H} \end{array}$

構造式を覚える必要はない。原子ごとの規則性を覚えれば化学式から自分で構造式を組み立てることができる。

規則性 原子ごとに価標を何本もつか決まっている。

炭素 C ならば () 本 窒素 N ならば () 本

酸素 O ならば () 本 というように

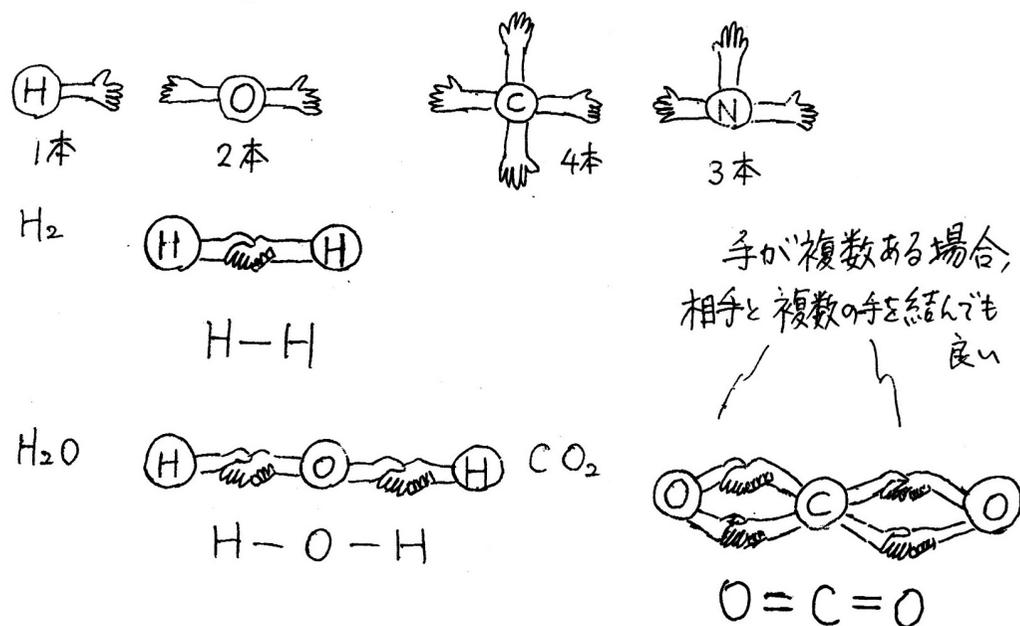
この数を () という。

原子価はその原子を電子式で書いたときの () に当たる。

原子と原子価

原子の種類	原子価	構造式の一例
H F Cl Br I (1族と17族)	価	H- F- Cl- Br- I-
C Si (14族)	価	$\begin{array}{c} \\ -C- \\ \end{array} \quad \begin{array}{c} \\ -Si- \\ \end{array}$
N P (15族)	価	$\begin{array}{c} \\ -N- \\ \end{array} \quad \begin{array}{c} \\ -P- \\ \end{array}$
O S (16族)	価	-O- -S-

原子価は「手の数」にたとえられる。結合は「手を結ぶこと」。



構造式を考えるときは手がすべてふさがるように
(何かの原子との結合に必ず使われるように) 原子どうしを線で結ぶ。

問い 次の物質の構造式を記せ。

(1) ヨウ素 I ₂	(2) フッ化水素 HF
I I	H F
(3) シアン化水素 HCN	(4) 過酸化水素 H ₂ O ₂
H C N	
(5) アンモニア NH ₃	(6) 四塩化炭素 CCl ₄

分子の電子式を考えるときは、一旦構造式をかいてから電子式に直すと楽である。

- 電子式→構造式
- ・共有電子対1対を1本の線にする
 - ・非共有電子対を省略する

- 構造式→電子式
- ・価標1本を2つの点にする
 - ・オクテット則にそって非共有電子対をかき足す

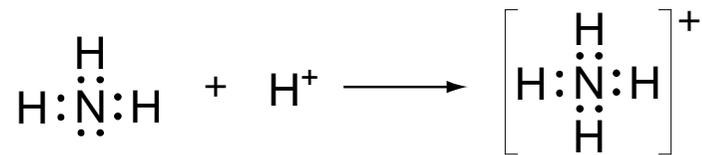
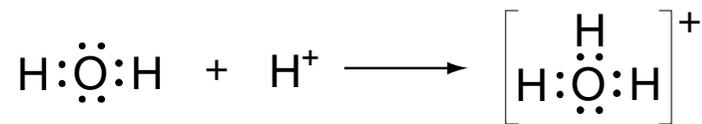
E 配位結合

() 2つの粒子(イオン・分子など)のうち、一方のみが
非共有電子対を出してできる結合
←→ 共有結合は2つの粒子が対電子を出しあって結合する

配位結合してできる物質の例



H_3O^+ 、 NH_4^+ のできる仕組み



配位結合によってできた結合は、もともとあった他の共有結合と全く同じ結合となり、
区別はできない。

錯イオン 金属イオンにアンモニア分子 NH_3 やシアン化物イオン CN^- が

配位結合することでできるイオンのこと。

ドラマでよく出る毒物に青酸ソーダ・青酸カリウムがある。それぞれ正式名称をシアン化ナトリウム NaCN ・シアン化カリウム KCN という。これが胃に入ると胃酸の塩化水素 HCl と反応して、シアン化水素 HCN の気体が発生する。これが肺に入ると、シアン化物イオンが血液の中のヘモグロビン(鉄イオン)と配位結合し、酸素の運搬が阻害される。酸素が運ばれることが阻害されるので窒息する。

3 分子の極性と分子間にはたらく力

A 電気陰性度と極性

() electronegativity

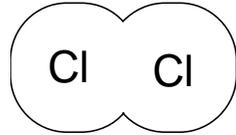
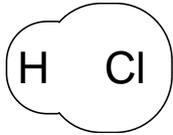
原子が電子を引きつける強さの度合い

共有結合している原子間では、電気陰性度の()い原子側に電子対が偏(かたよ)っていて、一方は電子の密度が高く、一方は電子の密度が低くなる。

() polarity 共有結合している原子間に生じる電荷の偏りのこと

極性がある・極性 電荷の偏りがある(電子密度に高い・低い部分がある)

極性がない・無極性 電荷の偏りがない(電子の密度が一定)

		
電気陰性度の大小	Cl Cl	H Cl
極性の有無		
分子の極性		

原子間の極性は次の矢印を使って表す。

電子の密度の()側 \longrightarrow 電子密度の()側

分子の極性

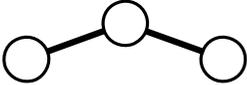
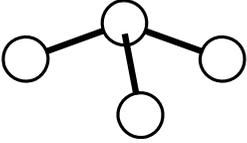
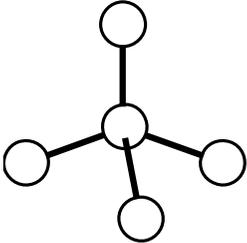
- () 極性のない分子
 例 () () ()
- () 極性のある分子
 例 () () ()

極性・無極性分子の区別は、分子全体を見たときに極性が打ち消されているか否かで判断する。

二酸化炭素分子（無極性分子）	水分子（極性分子）
	
OとCの結合間 極性が () 分子全体 極性が () 極性が () ため	HとOの結合間 極性が () 分子全体 極性が () 極性が () ため

分子の形と極性

以下の代表的な分子の形とその分子例は必ず覚えておく

分子の形	分子例	
直線形  原子の分子 二酸化炭素	水素 H ₂	塩化水素 HCl
	二酸化炭素 CO ₂	
折れ線形 (V字型) 	水 H ₂ O	
三角錐形 	アンモニア NH ₃	
正四面体形 	メタン CH ₄	

電気陰性度の大小

周期表の同じ周期では（ ）側ほど、同じ族では（ ）側ほど

電気陰性度が大きい傾向がある。

電気陰性度大きい＝（ ）性 電気陰性度小さい＝（ ）性

分子の形

分子の形は原子・共有結合・非共有電子どうしが最も離れる形になる。

未知なる分子の形を予想するには分子模型を組み立てるのが最も良い方法であるが、左記の代表的な分子の形と分子例を覚えておき、そのどの分子に該当するか判断することである程度予想ができる。

問い 次の分子の形を答え、極性分子と非極性分子に分類せよ。

<p>(1) 窒素 N_2 似ている分子（ ） 分子の形（ ）形</p>	<p>(2) フッ化水素 HF 似ている分子（ ） 分子の形（ ）形</p>	<p>(3) 硫化水素 H_2S 似ている分子（ ） 分子の形（ ）形</p>
<p>(4) 二硫化炭素 CS_2 似ている分子（ ） 分子の形（ ）形</p>	<p>(5) 四塩化炭素 CCl_4 似ている分子（ ） 分子の形（ ）形</p>	

