入門化学05

配位結合、分子間力、金属結合、結晶の種類、アモルフォス

シマエナガ

アカゲラ

クロツグミ

アオジ

5月の鳥

5月14日の課題 (1)

水酸化ナトリウム20gを水に溶かして容量を1Lにした場合のモル濃度(mol/L) を求めよ。

水酸化ナトリウム(NaOH) 1 mol の式量は

23+16+1＝40

従って水酸化ナトリウム20gは

20(g)/40(g/mol)=0.5 mol である。

これが１L に溶けているので、モル濃度は

20(g)÷(23+16+1) (g/mol)÷1(L)

＝0.5 mol/L　である。

5月14日の課題 (2)イオン結合と共有結合について文章で説明しなさい。

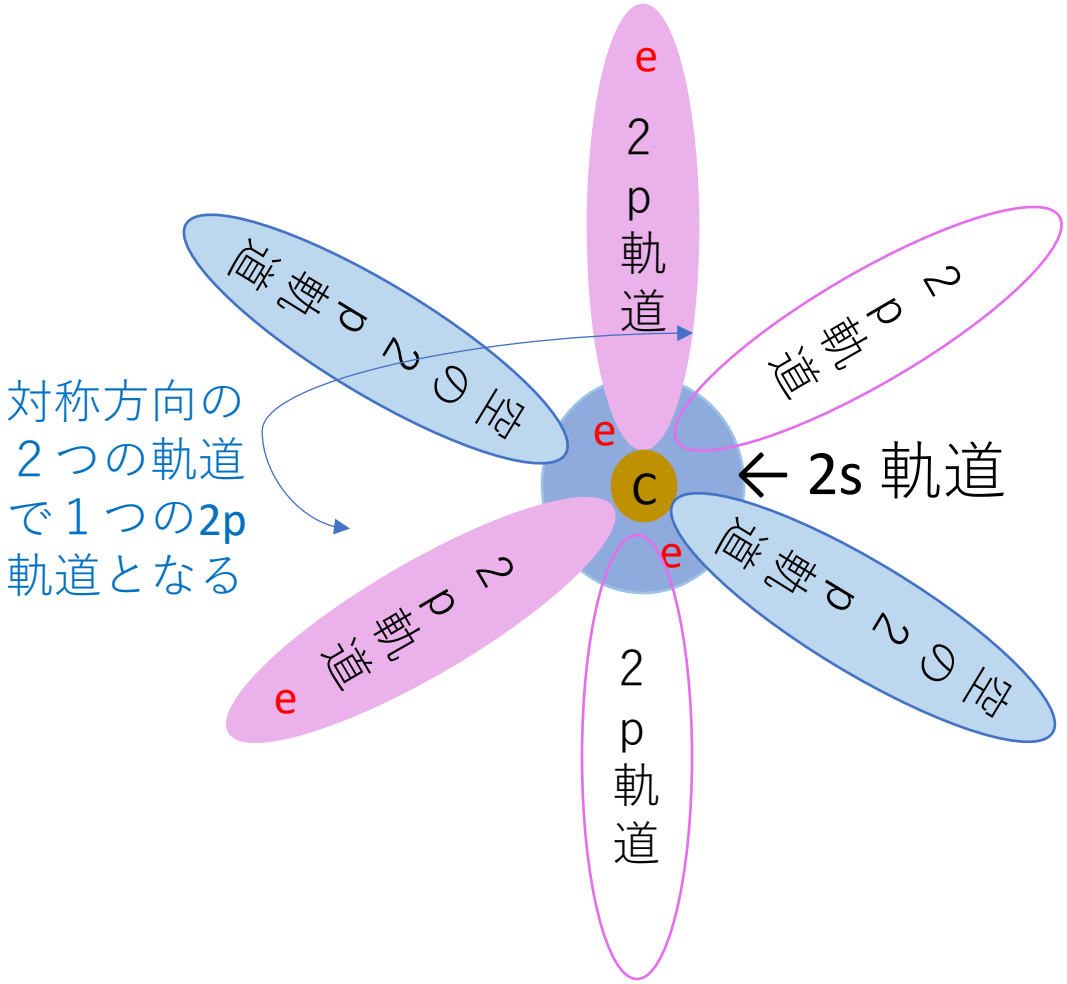
- 陽イオンと陰イオンが静電的な力（クーロン力）によって引き合ってできる結合をイオン結合という。水中では両イオンを離すことができる。
- 不対電子を持つ原子どうしが接近すると両者の不対電子は組み合わさって対をなし、両方の原子核の間に共有される。原子間に共有された電子対を、共有電子対といい、共有電子対によってできる結合を共有結合という。水に溶かしても共有結合は切れない。

電子殻と軌道（復習）

- K 殻、L 殻、M 殻などの内部構造には、副殻として、s, p, d, f,・・と呼ばれる軌道がある。
- K 殻内の電子は s軌道 1 個内に存在する。
- L 殻内の電子は 2s軌道 1 個と2p軌道 3 個内に配置される。s 軌道は球状、p 軌道はプロペラ状。

- 詳しくは教科書24ページの「参考」にある図や説明を読んでください。

（例）炭素原子の基底状態



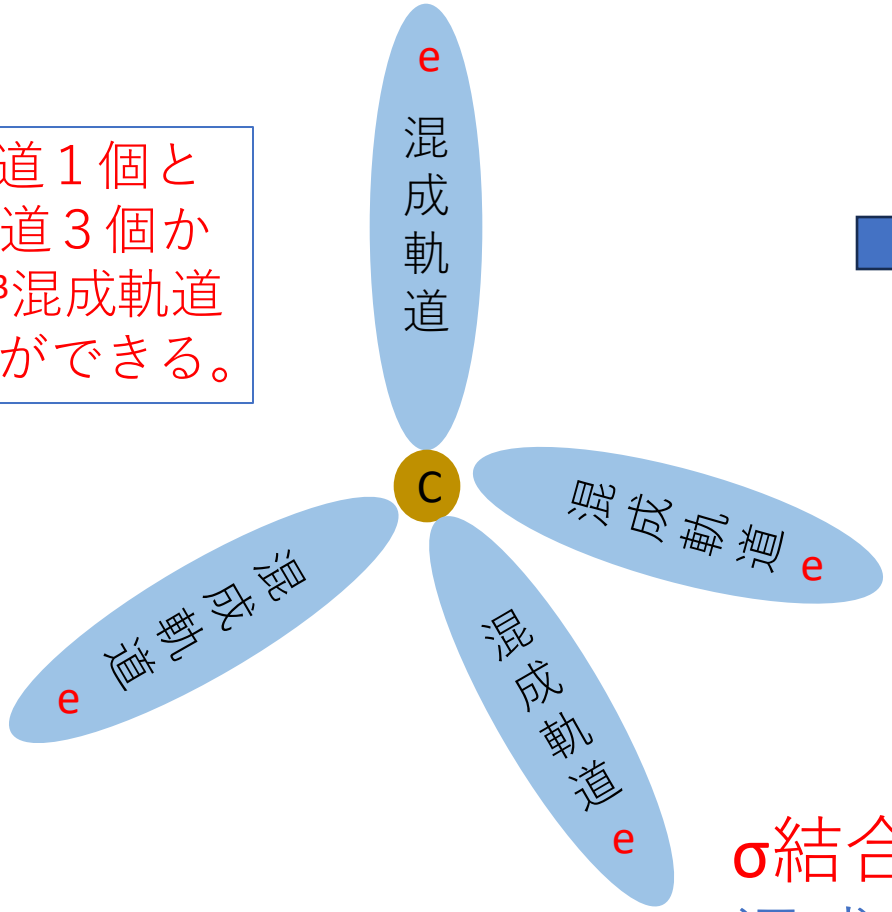
この電子配置では炭素が４本の共有結合を作れることが説明できない。

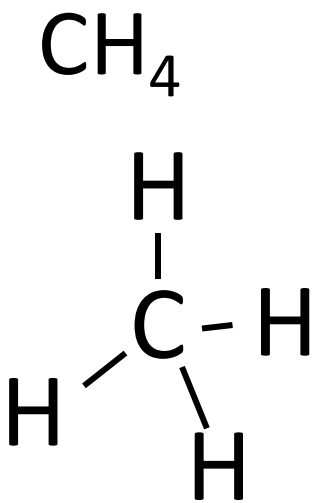
2s軌道の２個の電子のうちの１個が空の2p軌道に移り、混成軌道を形成する。

e は電子を表す

混成軌道：sp^3混成軌道

2s軌道１個と2p軌道３個からsp^3混成軌道４個ができる。





CH_4

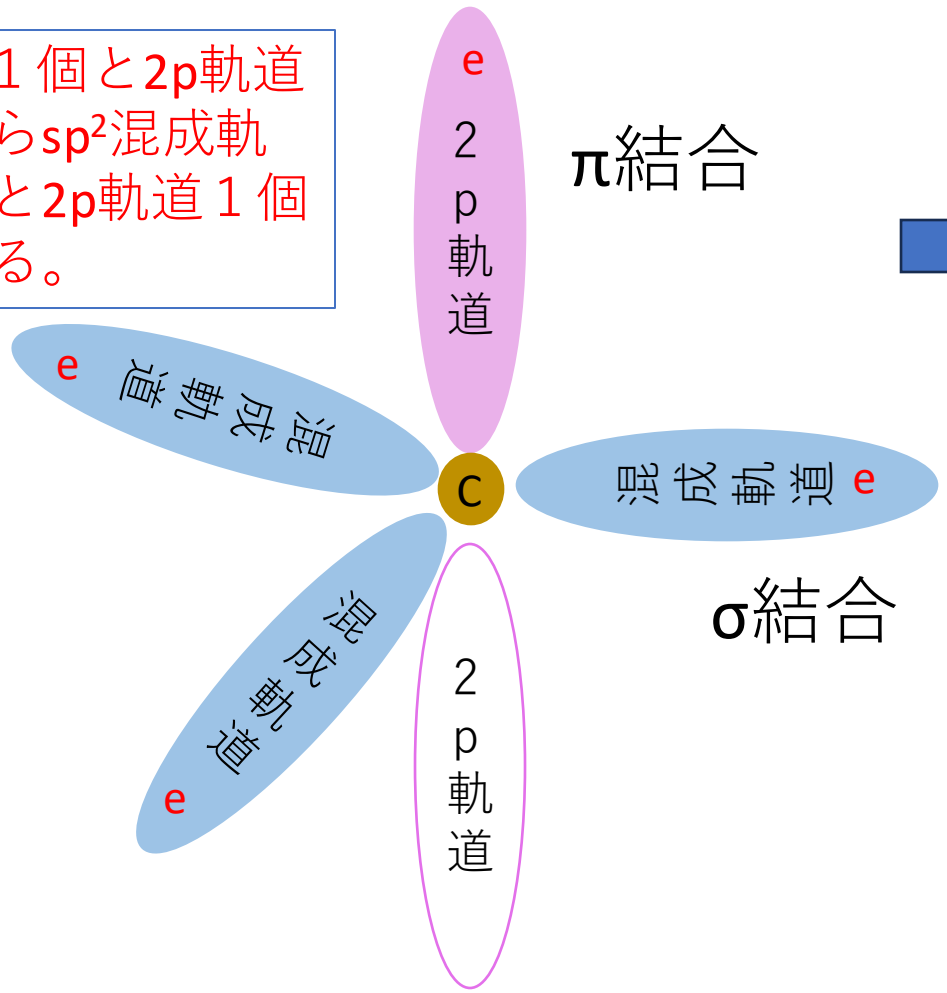
メタン

σ結合

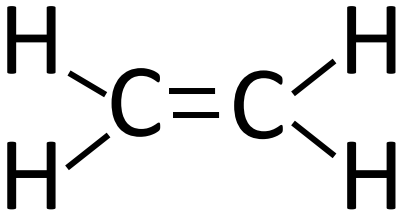
混成軌道が作る共有結合のこと

混成軌道：sp^2混成軌道

2s軌道１個と2p軌道３個からsp^2混成軌道３個と2p軌道１個ができる。

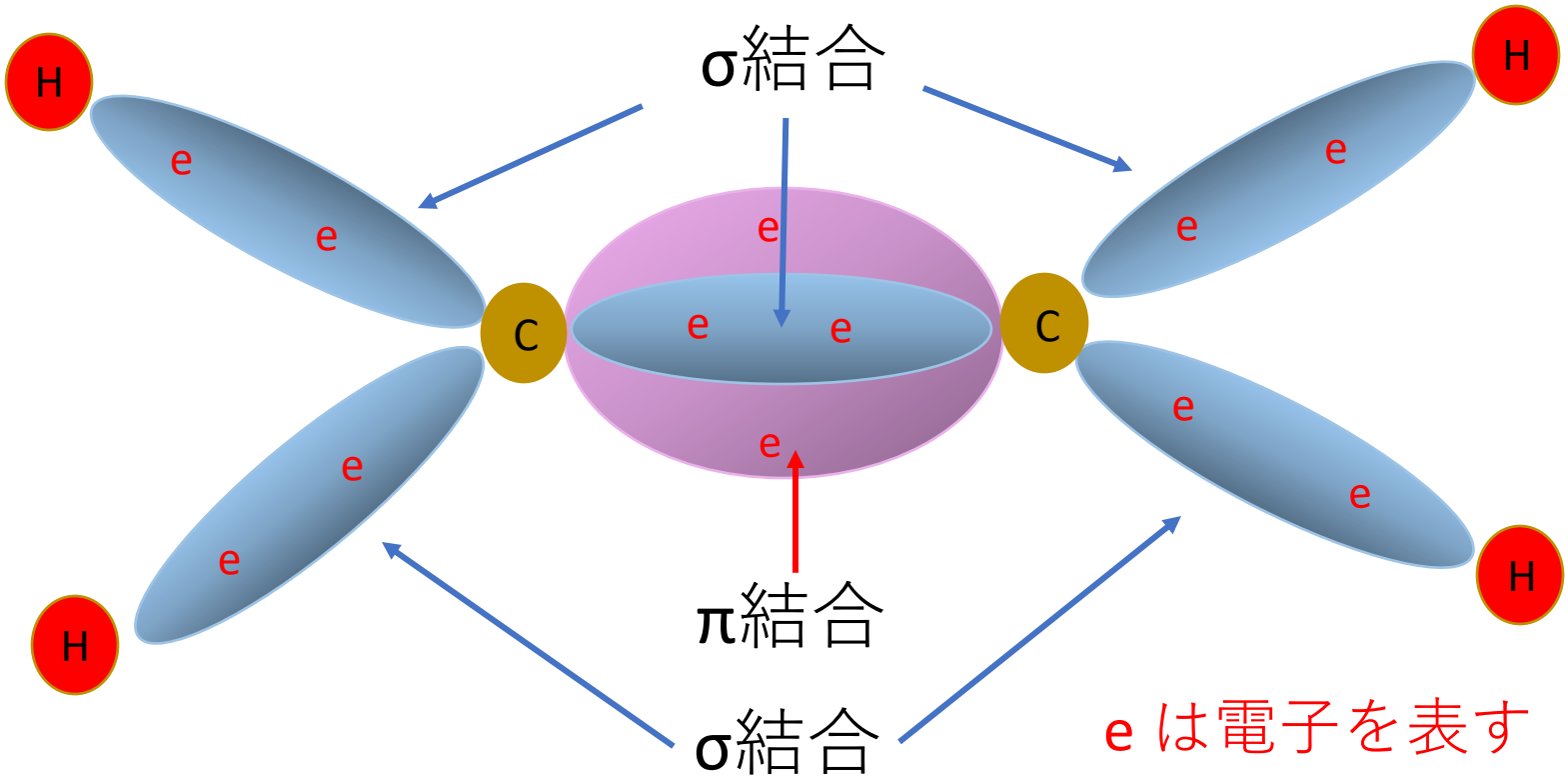


C_2H_4



エチレン

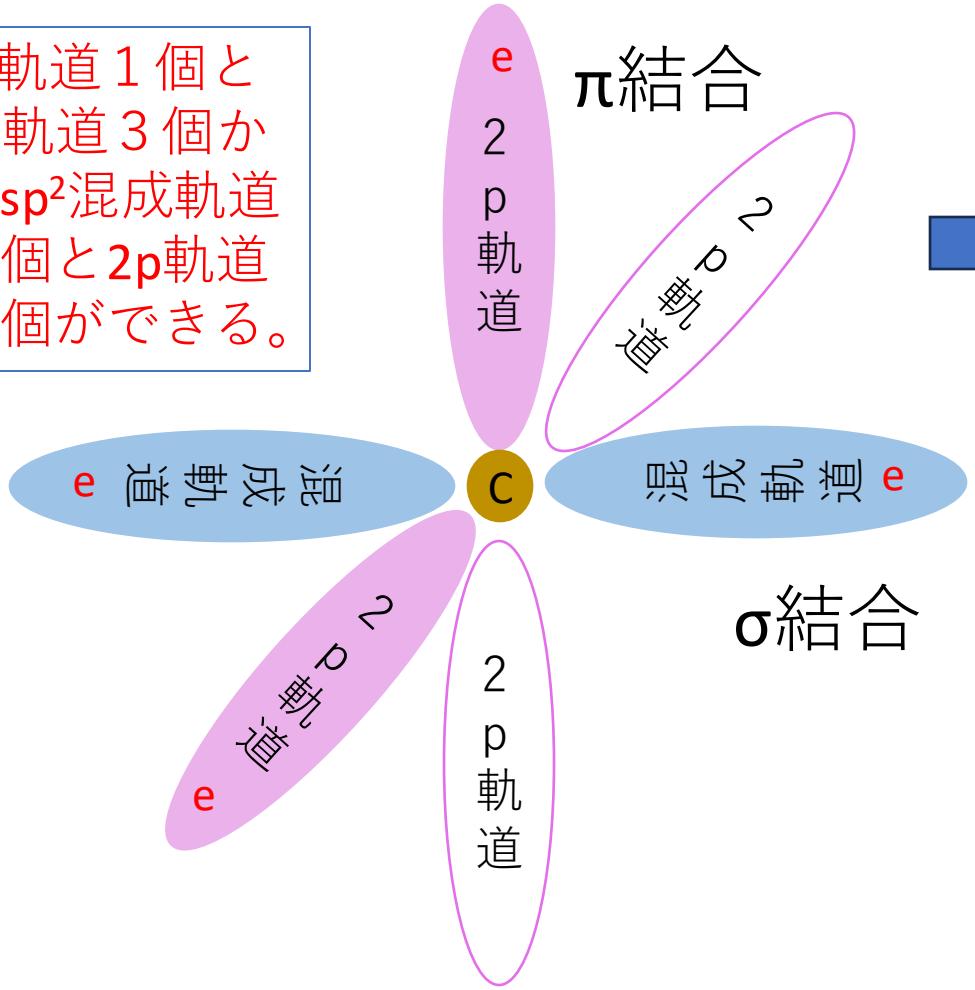
sp^2混成: σ 結合3個とπ 結合 １個
エチレンの場合



e は電子を表す

混成軌道：sp混成軌道

2s軌道１個と2p軌道３個からsp²混成軌道２個と2p軌道２個ができる。

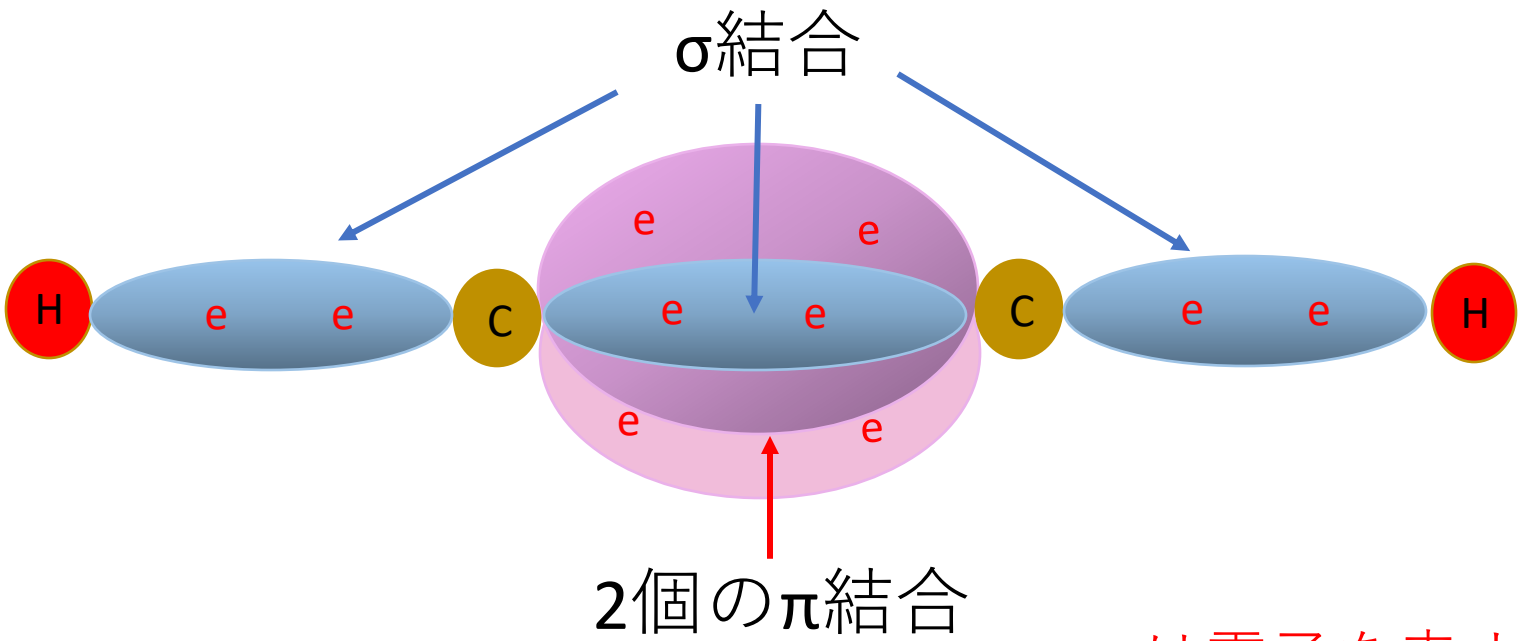


C_2H_2

H−C≡C−H

アセチレン

sp混成：σ結合２個とπ結合２個
アセチレンの場合



e は電子を表す

第１章　物質の構造

第4節　化学結合と結晶

1. イオン間の結合
2. 共有結合
3. 配位結合　今日はここから
4. 分子間力
5. 金属結合
6. アモルフォス

配位結合　p.68

- 一方の原子の非共有電子対が他方の原子に提供されてできる共有結合を、とくに配位結合という。
- アンモニアや水の分子の非共有電子対が、H^+に提供され共有されると、安定なアンモニウムイオンNH_4^+や、オキソニウムイオンH_3O^+ができる。

配位結合

非共有電子対

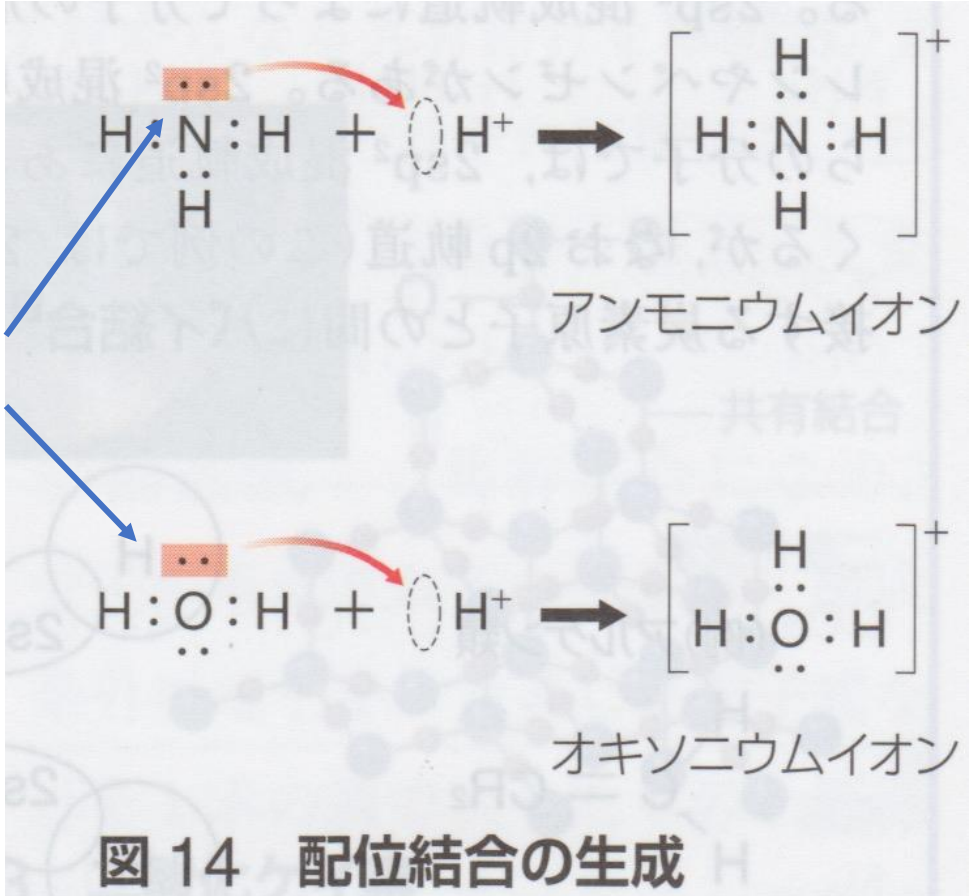


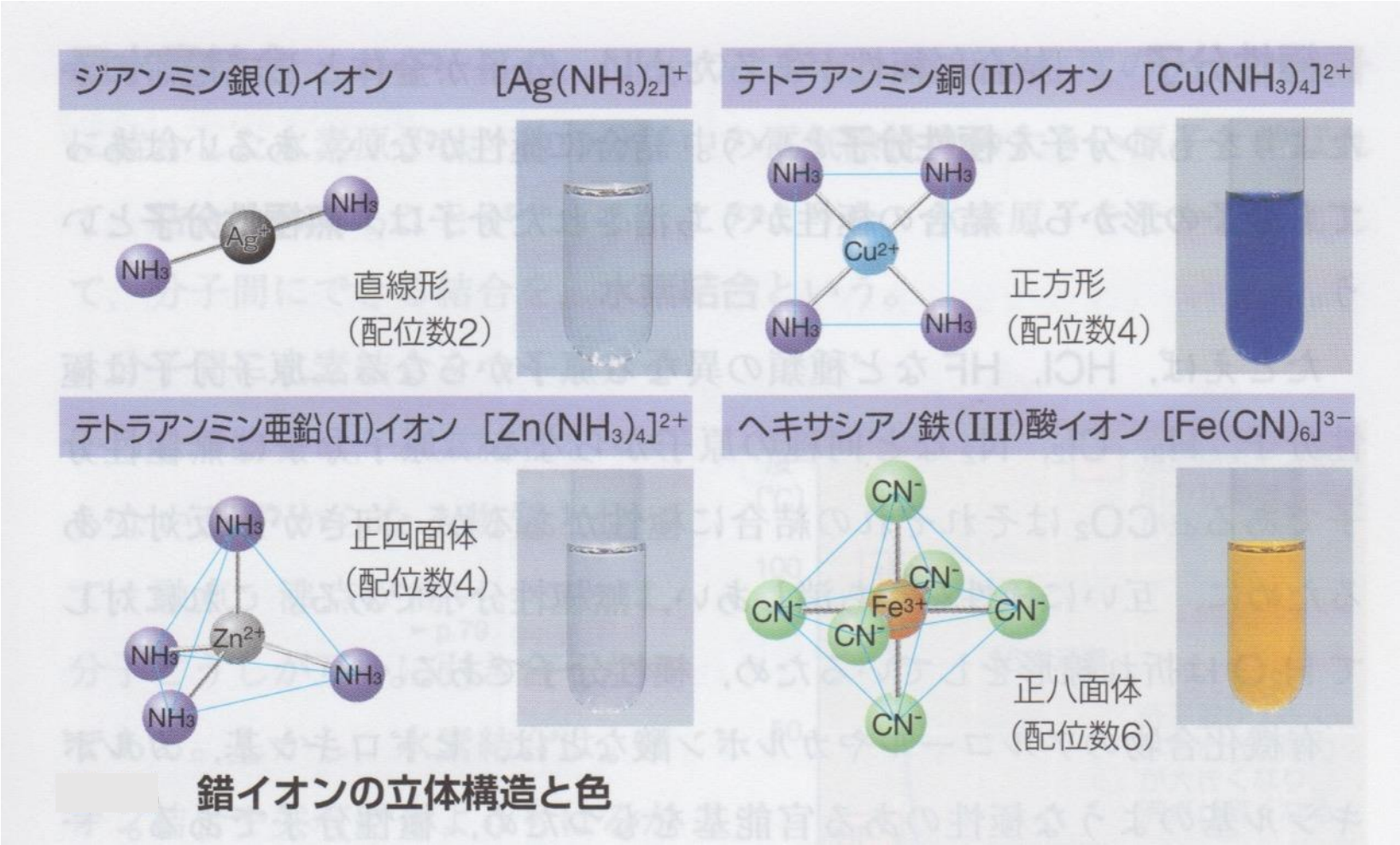
図 14　配位結合の生成

非共有電子対が他の原子・イオンの空の軌道にはまりこむ。

錯イオン p.68 下

- 金属イオンに、非共有電子対をもつ分子または陰イオンが配位結合してできたイオンを錯イオンという。
- 配位する分子としては、NH_3, H_2O
- 配位する陰イオンとしては、CN^-, Cl^-, OH^- などがよく知られている。

錯イオン

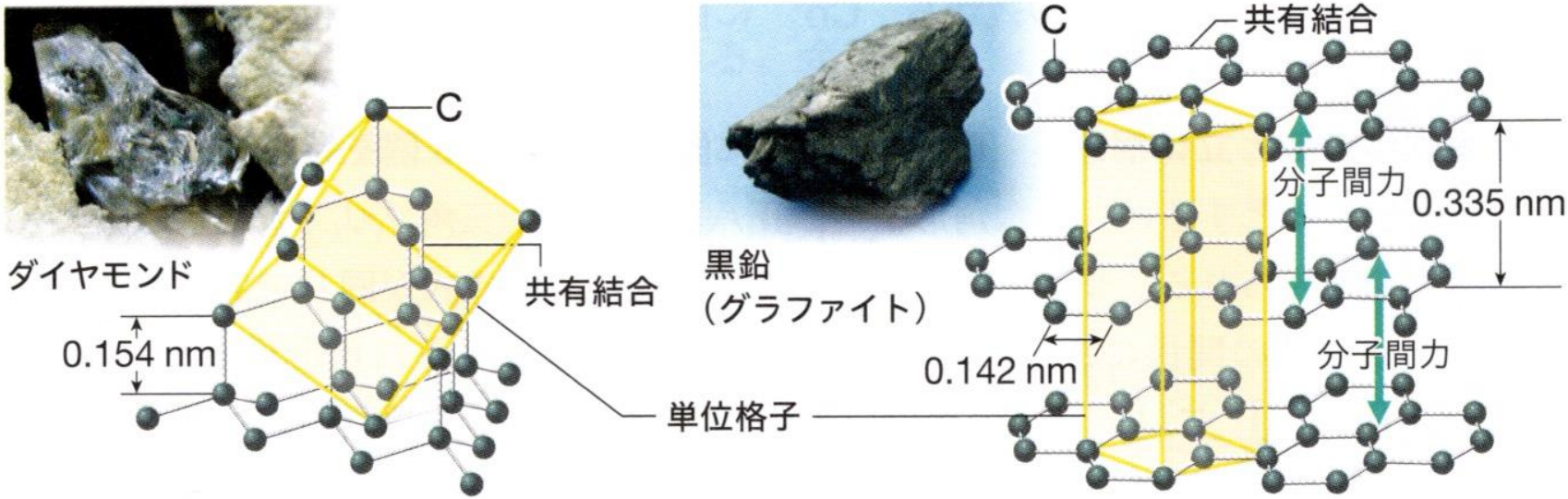


錯イオンの立体構造と色

共有結合の結晶　p.70- 71

- 共有結合によって原子が規則正しく配列してできた結晶を、共有結合の結晶という。
- ダイヤモンドと黒鉛の違いについて。
- ダイヤモンドは非常に硬く電気を通さない。
- 黒鉛はすべすべしてやわらかい。また、電気をよく通す。　何故か？
- p.70　図18 ダイヤモンドと黒鉛
- ダイヤモンドは正四面体の立体構造 (sp^3)、
  黒鉛は正六角形平面構造 (sp^2)

ダイヤモンドと黒鉛の結晶



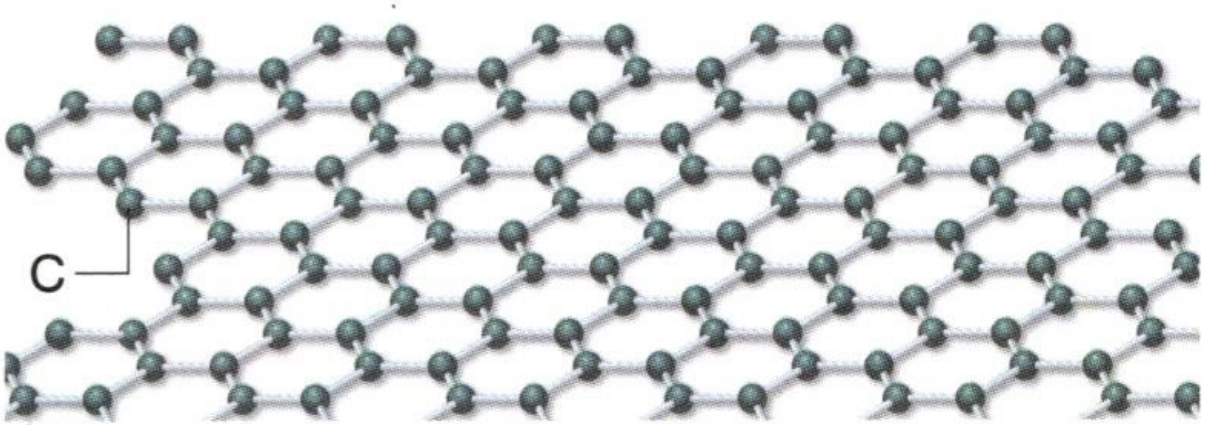
▲図18　ダイヤモンドと黒鉛

正四面体の立体構造 (sp^3)

正六角形平面構造 (sp^2)

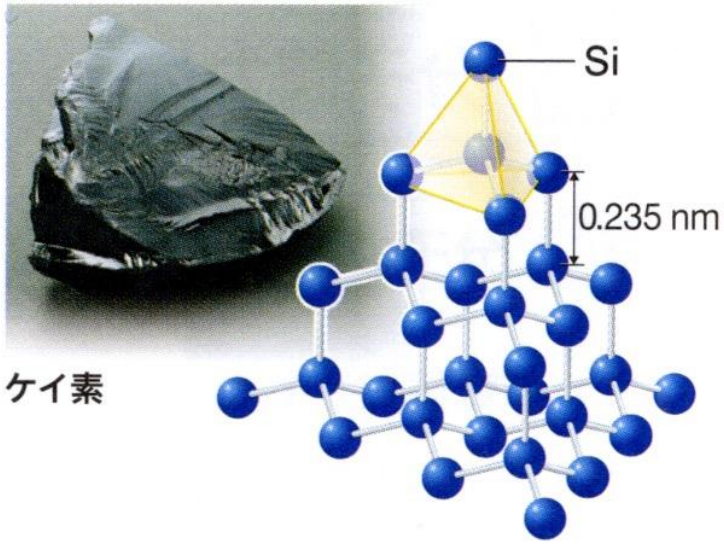
グラフェン

黒鉛の層の１枚をグラフェンと呼ぶ。
ほとんど透明。化学的に安定。電気をよく通す。

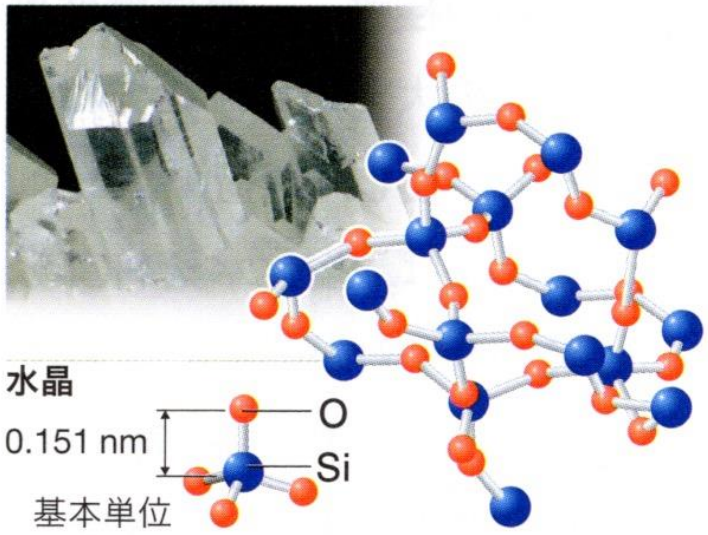


グラフェン・レイヤーの構造

ケイ素と二酸化ケイ素の結晶構造



▲図19　ケイ素 Si の結晶構造



▲図20　二酸化ケイ素 SiO_2 の結晶構造

高純度なケイ素の結晶
太陽電池や集積回路に使われる

分子間力　p.72-

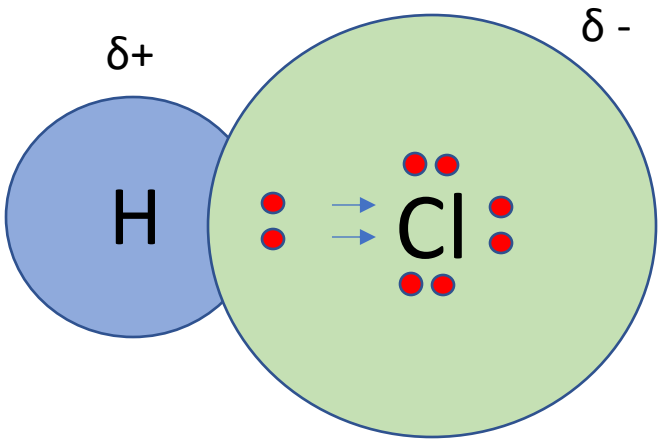
A. 電気陰性度と極性
B. 分子間力と水素結合
C. 分子からなる結晶

結合の極性　p.72

電気陰性度の差が大きい２原子間の共有結合では、電気陰性度の大きい原子の方に共有電子対が引きつけられ、一方の原子にかたよって存在し、電荷のかたよりを生じる。

これを結合の極性という。

例：図17 塩化水素分子



共有電子対が塩素原子の側に引き寄せられる。

電気陰性度　p.72-73

共有結合している原子間で、原子が共有電子対を引きよせる度合いを数値で示したものを電気陰性度という。値が大きいほど、共有電子対を引きよせる力が強い。

図21 元素の電気陰性度

および裏表紙見返し参照

図21左　周期律表上の元素の電気陰性度

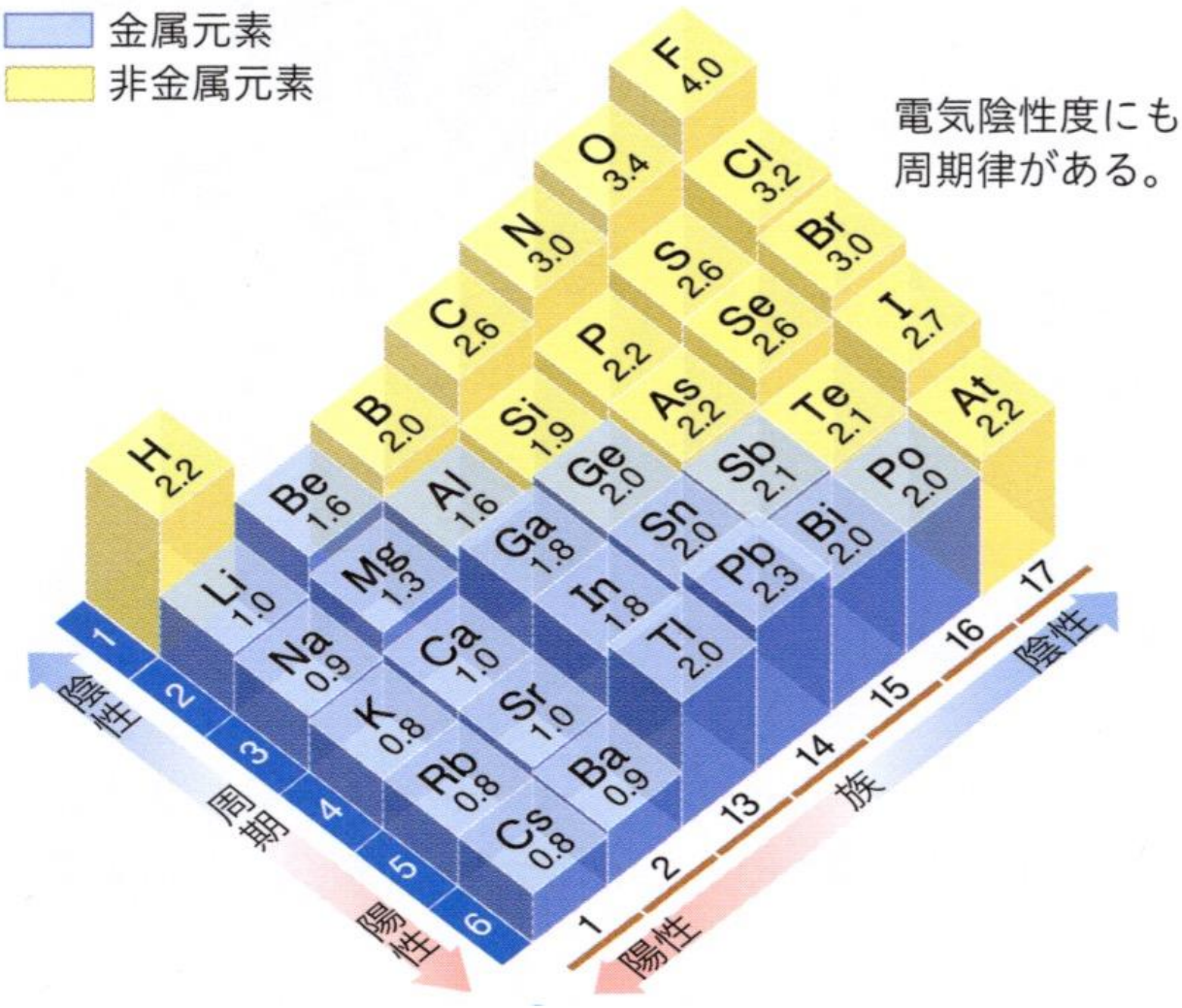
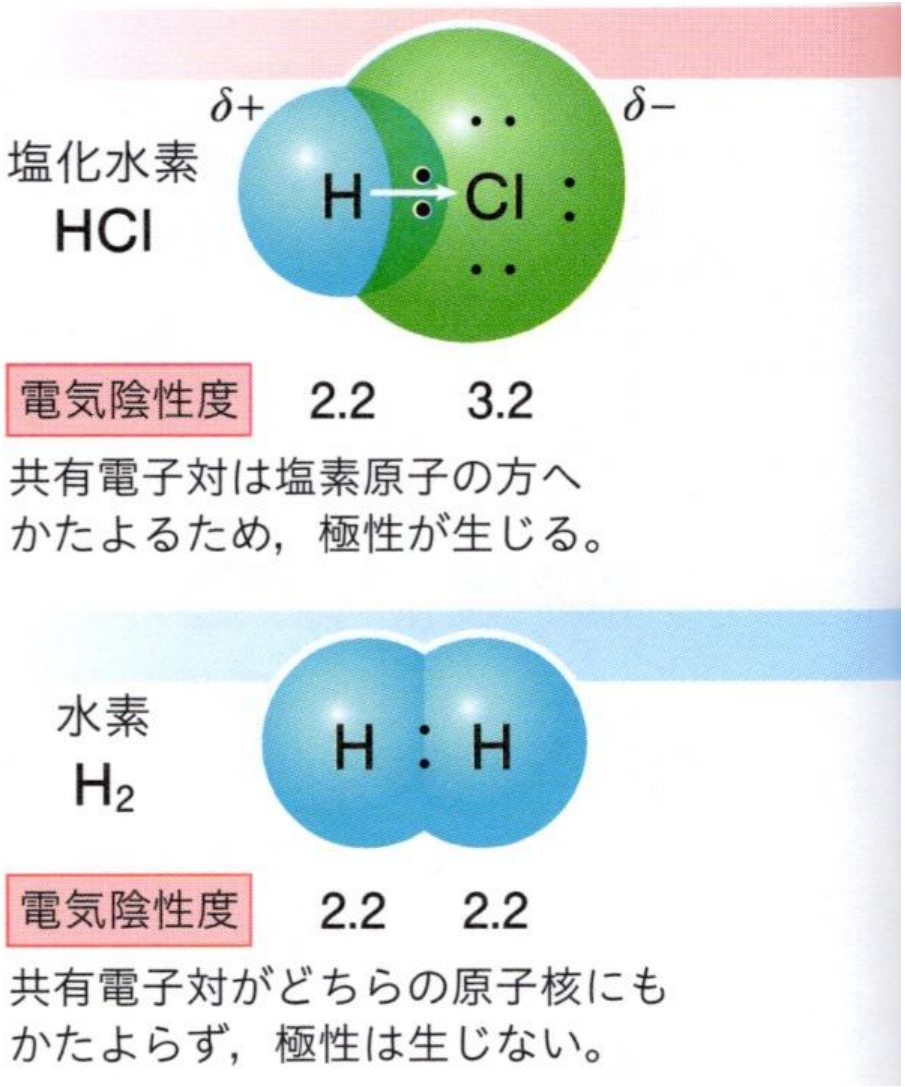


図21右　分子上の電子のかたより



極性分子　p.73

結合に極性があるために、分子が全体として電荷のかたよりを持つ分子を極性分子という。

結合に極性がない、あるいはあっても分子の形から、結合の極性が打ち消された分子は、無極性分子という。

p. 73 図22 分子の極性　参照

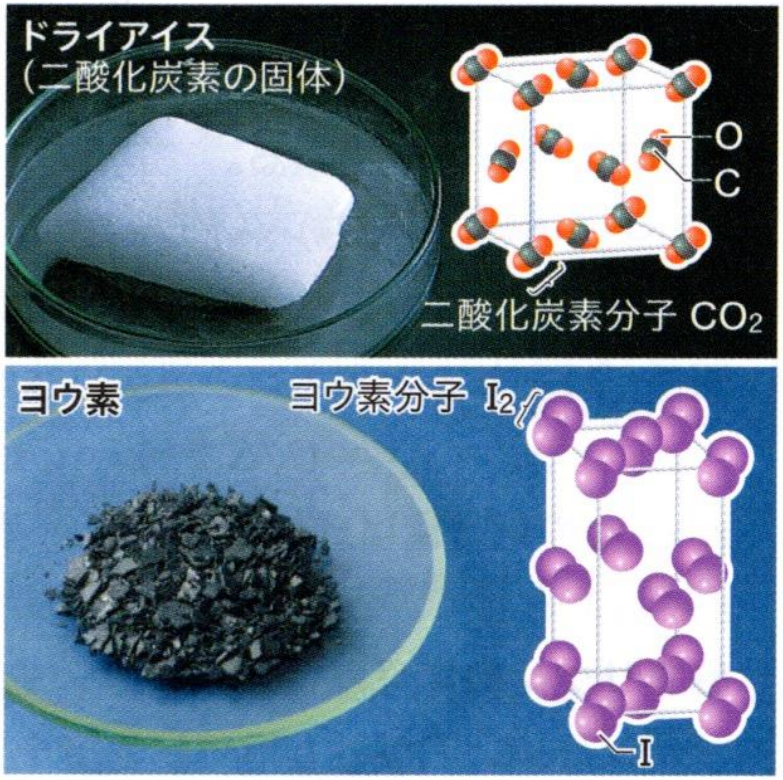
分子の極性

無極性分子
H H
水素
Cl Cl
塩素
二酸化炭素
（直線形）
メタン
（正四面体形）
ベンゼン
（正六角形）
極性分子
水
（折れ線形）
塩化水素
アンモニア
（三角錐形）
メタノール
分子の極性　→は共有結合の極性（電子対は，→の方向にかたよっている）

分子からなる結晶　p.74

- 分子間力により分子が規則正しく配列してできた結晶を分子結晶という。
- ドライアイス　CO_2
- ナフタレン　$C_{10}H_8$
- ヨウ素　I_2
- 固体のアルゴン　Ar
- 固体の窒素　N_2

分子結晶の構造

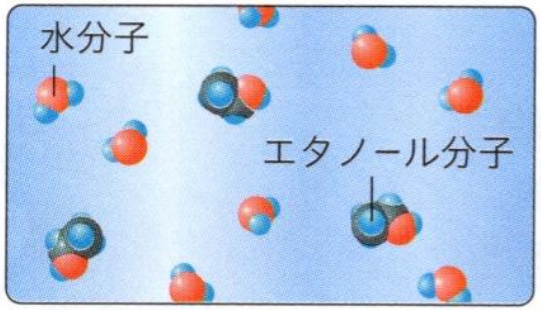


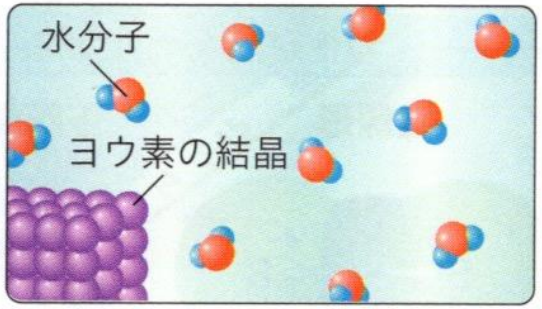
(線は分子の位置関係を示す)

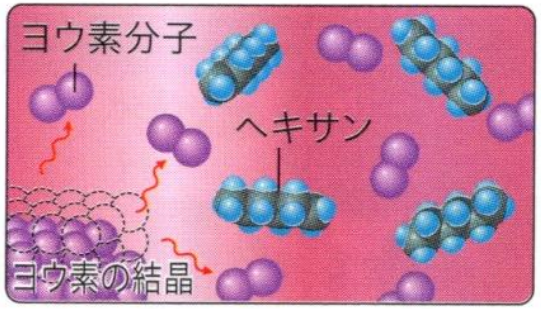
▲図23　分子結晶の構造　ドライアイス，ヨウ素 I_2，ナフタレン $C_{10}H_8$ は昇華しやすい分子結晶である。グルコース(ブドウ糖) $C_6H_{12}O_6$，固体のアルゴン Ar や窒素 N_2 も分子結晶である。

分子間力と溶解しやすさ

溶媒：極性分子　水 H_2O 溶質：極性分子 エタノール C_2H_5OH	溶媒：極性分子　水 H_2O 溶質：無極性分子 ヨウ素 I_2	溶媒：無極性分子 ヘキサン C_6H_{14} 溶質：無極性分子　ヨウ素 I_2
エタノール分子中で極性をもつヒドロキシ基（−OH）と極性をもつ水分子は，電荷のかたよりによって引きあう。そのため，互いによく混じる。	極性分子である水分子どうしは，電荷のかたよりによって引きあっている。そのため，無極性分子であるヨウ素は水分子間に入れない。	無極性分子であるヘキサンとヨウ素は電荷のかたよりがない。そのため，分子の熱運動で互いによく混じる。





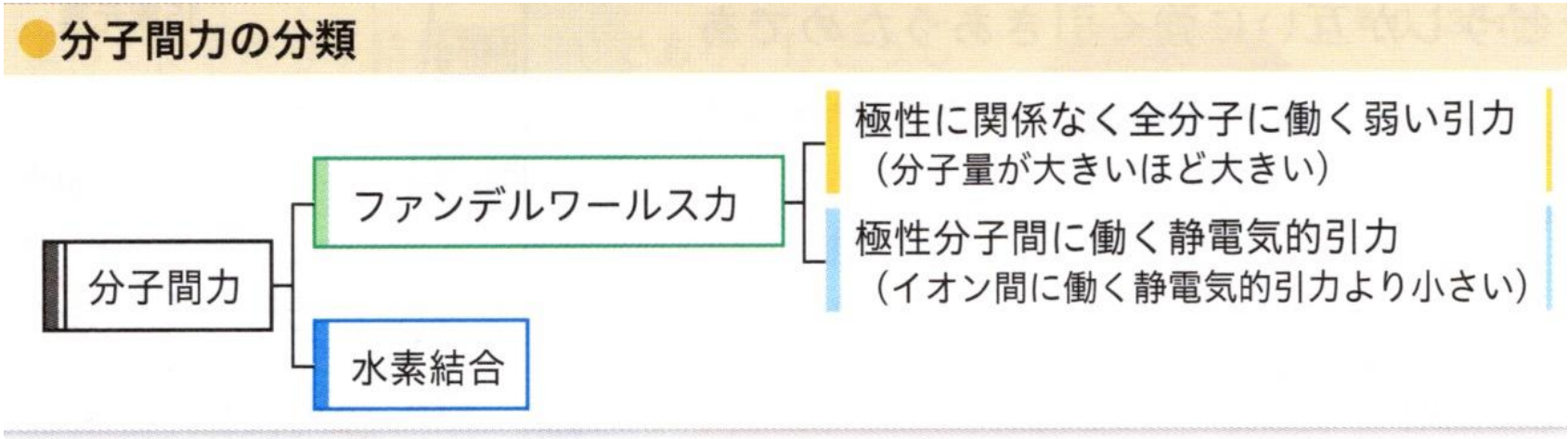


分子間力と溶解しやすさ

p.74 参考

	組み合わせ 1	組み合わせ 2	組み合わせ 3
溶媒	極性分子	極性分子	無極性分子
例	H_2O	H_2O	ヘキサン
溶質	極性分子	無極性分子	無極性分子
例	エタノール	ヨウ素	ヨウ素
溶けやすさ	よく溶ける	溶け合わない	よく溶ける

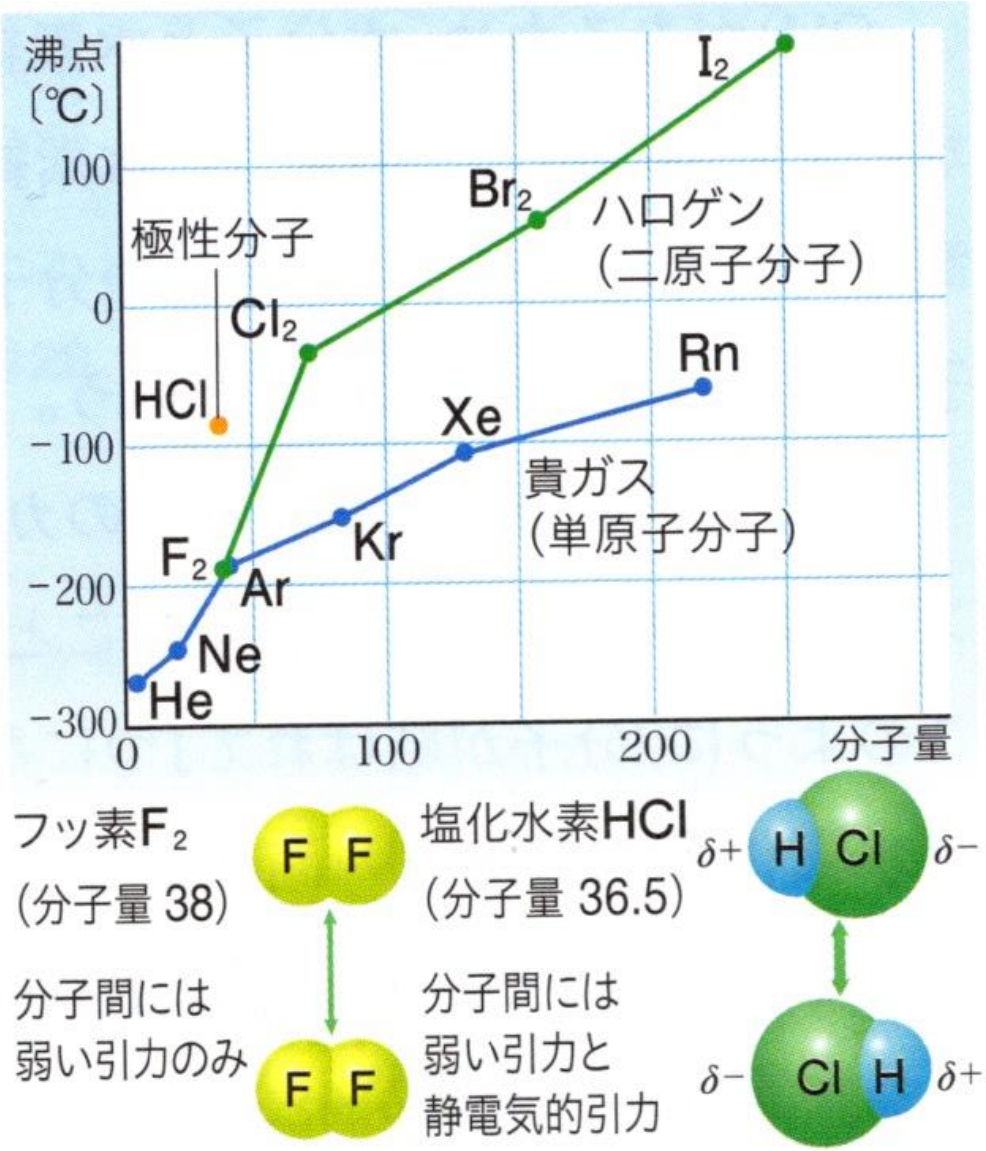
分子間力の分類


分子間力の分類
分子間力
ファンデルワールス力
水素結合
極性に関係なく全分子に働く弱い引力
（分子量が大きいほど大きい）
極性分子間に働く静電気的引力
（イオン間に働く静電気的引力より小さい）

ファンデルワールス力 p.75

- N_2, CO_2, I_2, Ar などの無極性分子どうしには非常に弱い引力が働く。このような力をファンデルワールス力という。このような分子間に働く弱い力を分子間力という。
- 分子間力は、イオン結合、共有結合の力よりもはるかに弱い。
- また、極性分子の場合には、分子間に静電的な引力が働くため、分子間力はさらに強くなる。

分子間力と沸点



▲図24　分子間力と沸点（出典：化学便覧 改訂5版）

水素結合　p.75 下

HF, H_2O, NH_3 のように、電気陰性度の大きい原子に結合した水素原子は、他の分子中の電気陰性度の大きい原子と結ばれて、結合を作ることができる。

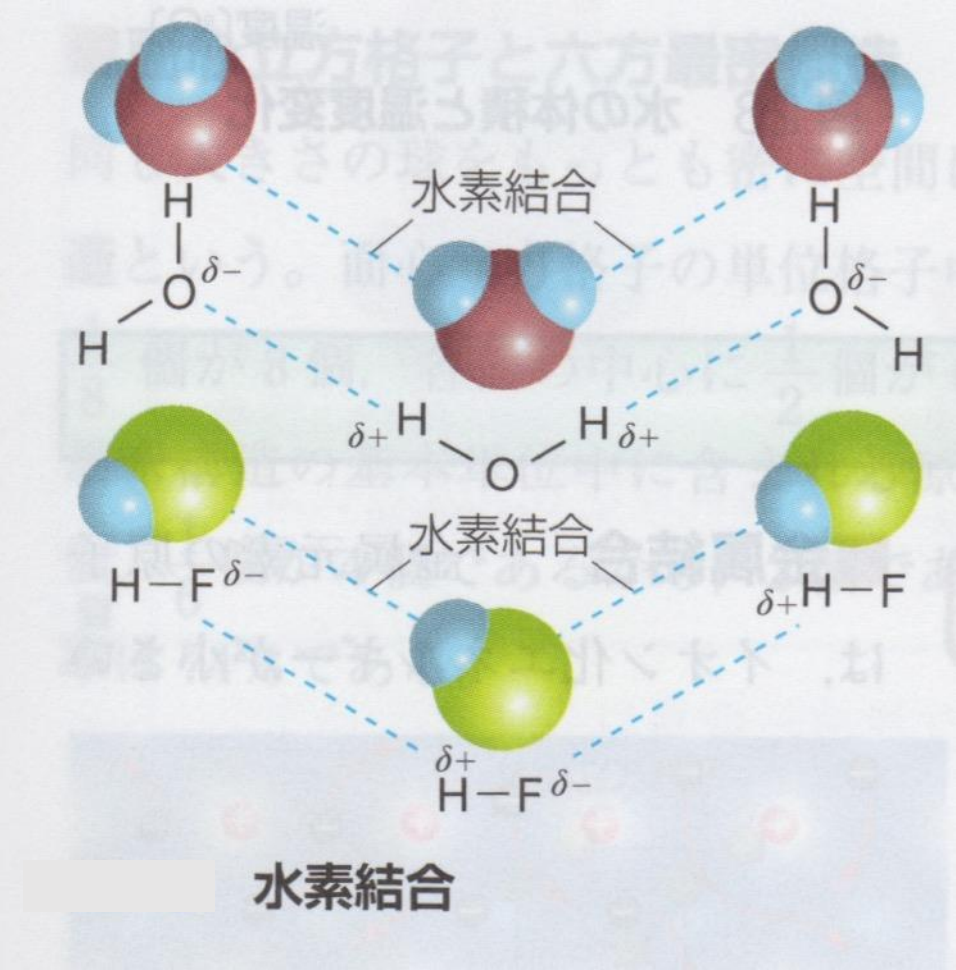
このような、水素原子をなかだちとして、分子間にできる結合を、水素結合という。

水素結合は、イオン結合や共有結合よりもはるかに弱く切れやすい。

図28 水素化合物の沸点　参照

水素結合

他にも図25, 26, 27参照



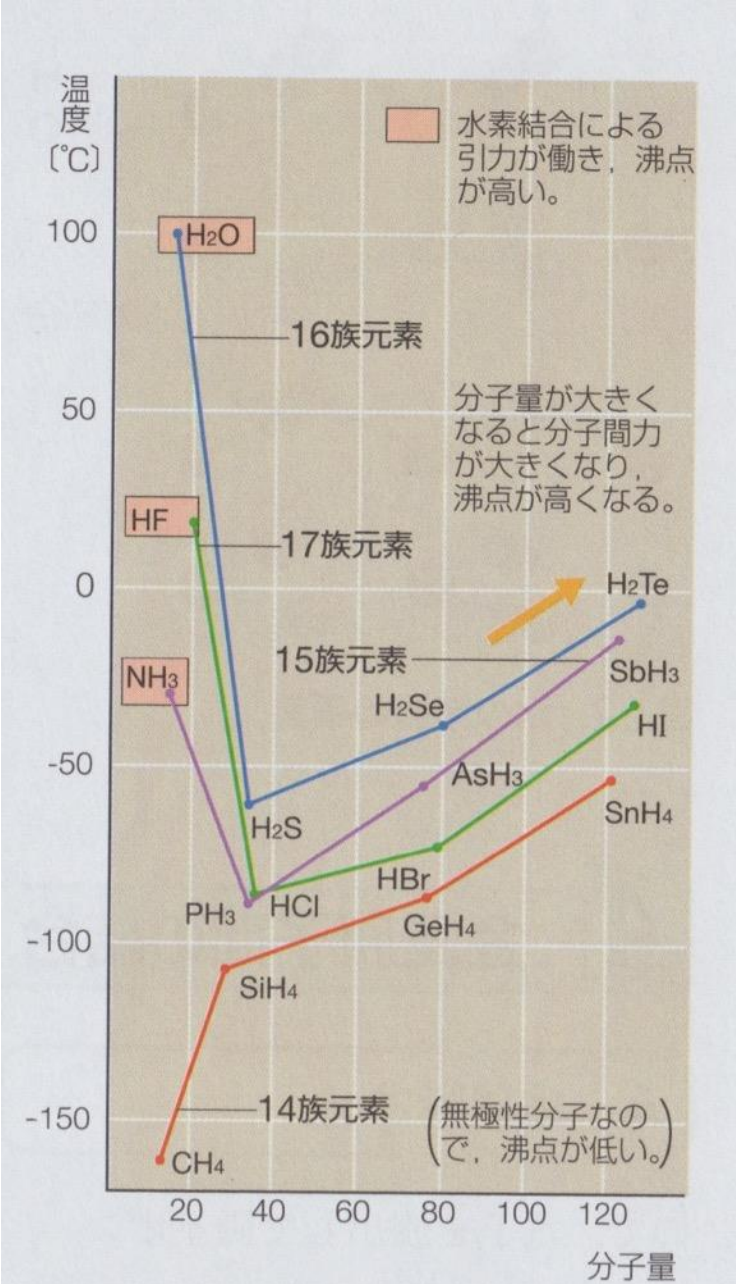


図28 水素化合物の沸点

水素化合物の沸点 p.76

14族	15族	16族	17族
低沸点 CH_4	NH_3	高沸点 H_2O	HF
SiH_4	PH_3	H_2S	HCl
GeH_4	AsH_3	H_2Se	HBr
SnH_4	SbH_3	H_2Te	HI

いったん低下

分子量増大とともに上昇

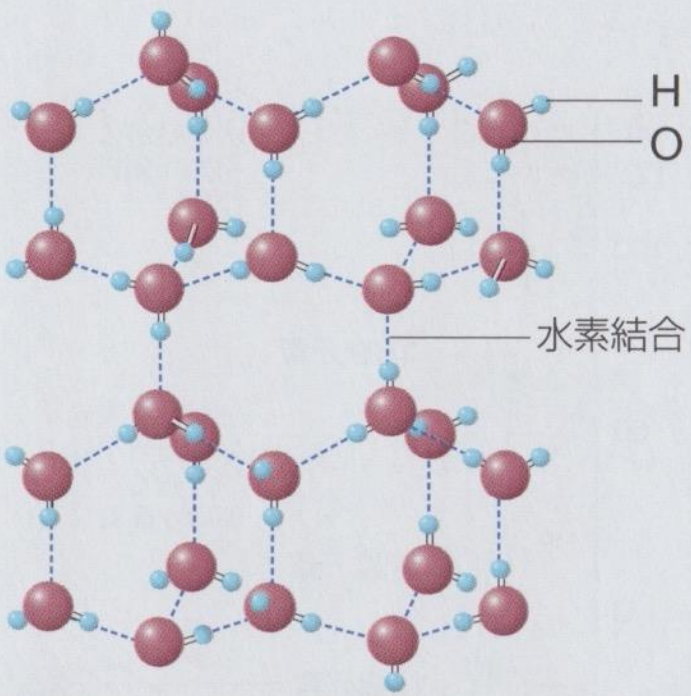
HF, H_2O, NH_3 のように、電気陰性度の大きい原子に結合した水素原子は水素結合を作りやすいので沸点が高くなる。

CH_4は無極性分子なので沸点が低い。

氷の結晶構造　p.76参考

- 氷の結晶は、水素結合に都合の良い位置に水分子がおさまり、ダイヤモンドの結晶に似た隙間の多い構造をもつ。
- ０℃で氷が水になるとき、結晶の規則的な分子の配列が崩れ、すきまに水分子が入りこみ、体積が減少する。

氷の結晶構造　氷の体積と温度変化



氷の結晶の構造

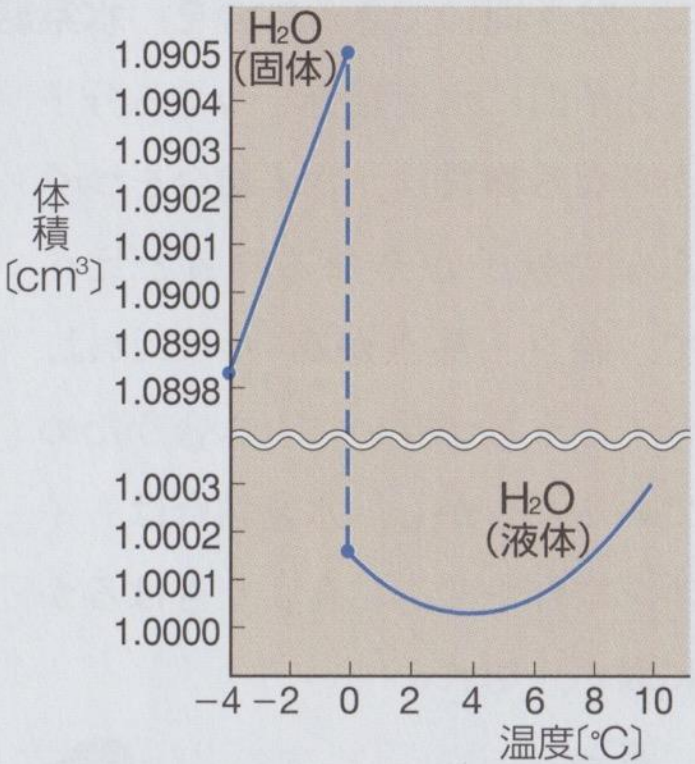


図29　水の体積と温度変化

金属原子間の結合 p.80 -

A. 金属結合

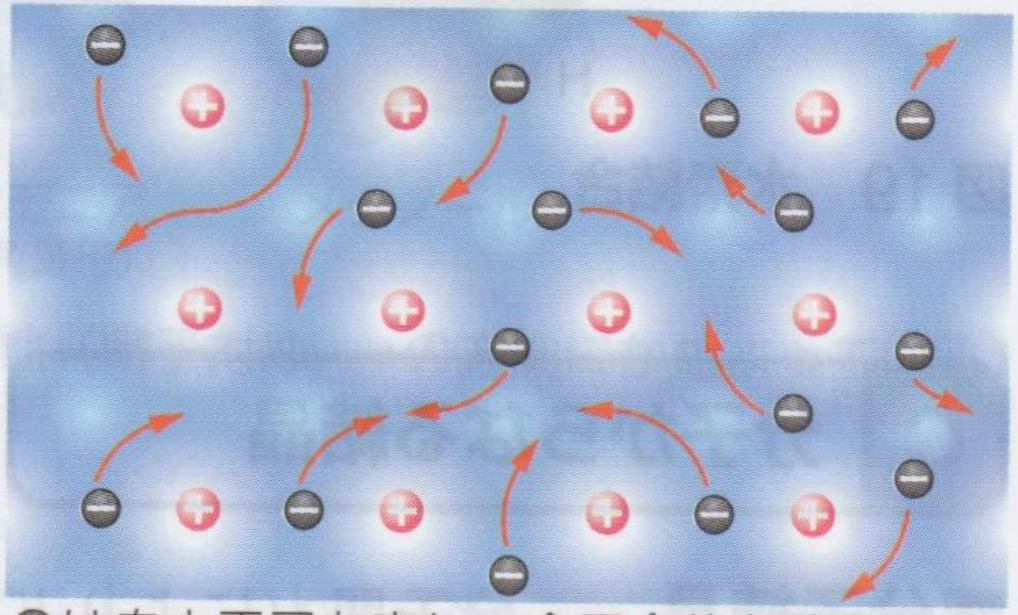
B. 金属の結晶

C. 金属の特徴

金属結合 p.80

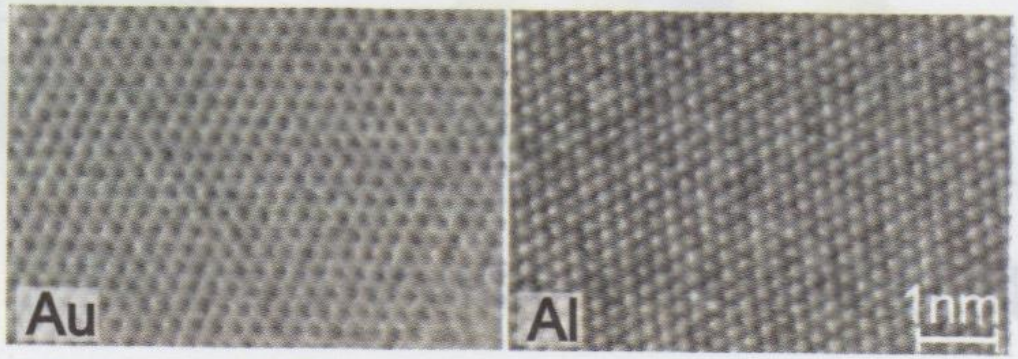
- 金属元素の原子はイオン化エネルギーが小さいので、電子を放出して陽イオンになりやすい。
- 金属原子の価電子は、離れやすく、特定の原子に固定されず、金属全体を自由に移動できる。
- このような電子を自由電子という。
- 自由電子がすべての金属原子に共有されてできる結合を金属結合という。

金属結合



⊖は自由電子を表し，金属全体を移動する。

図30　金属結合と自由電子



金属の電子顕微鏡写真[1]

金属結晶　p.80中

- 金属の結晶は、金属原子が金属結合によって、規則正しく整列して結晶格子の構造になっている。
- 金属の結晶は、物質全体にわたり分子が存在しないため、金属を化学式で表すときは、Na, Alのように、組成式を用いる。

金属の性質　p.80 中

① 金属光沢がある。

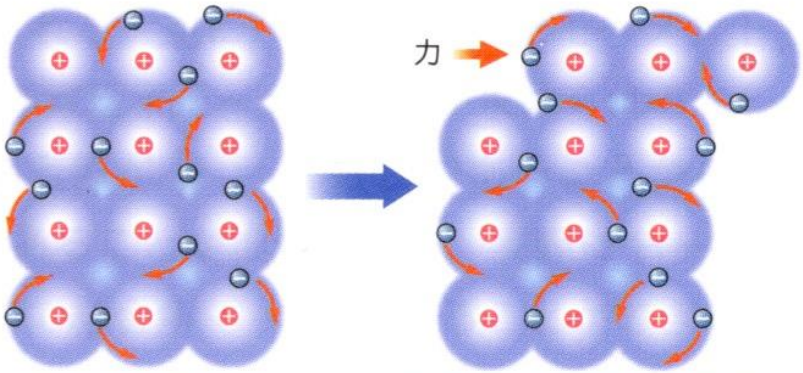
② 熱伝導性・電気伝導性が大きい。

③ 展性や延性を示す。

④合金を作ることができる（p.81 ）。

- ２種類以上の金属を溶かし合わせるか、金属に非金属を溶かし込んだものを合金という。
- 合金はもとの金属に無い優れた性質を持つようになる。

金属の性質　展性と延性



合金　　p.81参照

- 合金とその利用例　　p. 81 表 5 参照
- 合金の構造による分類　　p. 81 参考記事

結晶性合金

a. 置換型固溶体（黄銅など）

b. 侵入型固溶体（鋼など）

c. 金属間化合物

（形状記憶型合金、水素吸蔵合金、超伝導合金など）

アモルフォス合金（異なる金属が不規則に配列。

非晶質で、耐食性があり、強度が高い。）

合金とその利用例

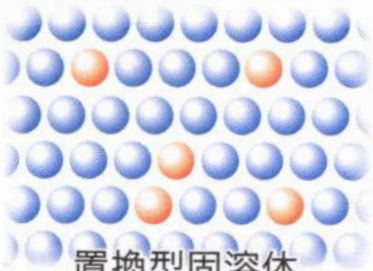
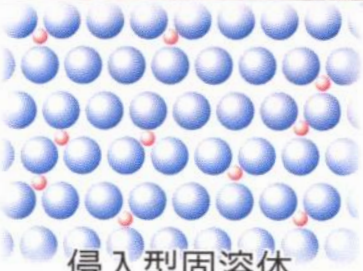
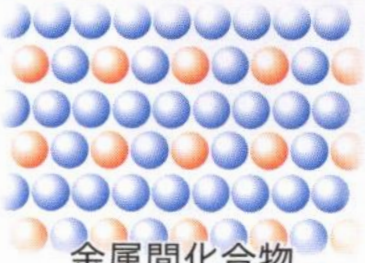
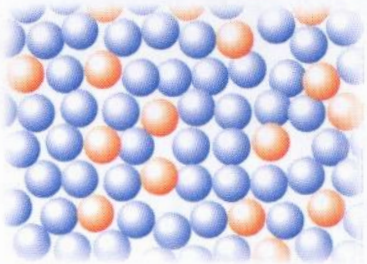
▼表 5　合金とその利用例

合金	成分(下線は主成分)	性質	利用例
ジュラルミン	Al-Cu-Mg-Mn	軽くて強度が高く，加工性に優れる。	航空機，鉄道車両，ノートパソコンの本体
チタン合金	Ti-Al-V	比較的軽量で，強度があり，耐食性にも優れる。人体に無害である。	航空機や車体フレーム，人工骨，人工関節
鋼	Fe-C	純鉄に比べて強度が高く，加工性，耐酸化性に優れる。	建築物，橋梁，自動車のフレーム
ステンレス鋼	Fe-Cr-Ni-C	鋼よりさびにくく，薬品に強い。	流し台，包丁，鉄道車両
ニクロム	Ni-Cr	高温や薬品に強い。電気抵抗が大きく電気を流すと発熱する。	電熱器，ドライヤー
青銅(せいどう)(ブロンズ)	Cu-Sn	鋳物にしやすく，耐食性があり美しい。	銅像や釣り鐘などの美術工芸品

合金とその利用例

黄銅（真ちゅう）	Cu-Zn	美しいだけでなく，丈夫でさびにくく，加工性がよい。	装飾品，金管楽器，硬貨，ファスナー
形状記憶合金	Ti-Ni（組成は TiNi）	強度や耐食性に優れ，変形しても加熱や冷却によって元の形に戻る。	メガネや自転車のフレーム，温度センサー
水素吸蔵合金	Ni-La（組成は$LaNi_5$）	熱や圧力の変化で水素を吸収・放出できる。	ニッケル水素電池の負極
超伝導合金	Nb-Sn（組成はNb_3Sn）	ある温度以下で電気抵抗が 0 になる。	MRI（核磁気共鳴画像法）用マグネット
アモルファス合金	Fe-Si-B Fe-Cr-P-Cなど	非晶質で，耐食性があり，強度が高い。	小型モーターギア，スポーツ用品

合金の構造による分類　図

結晶性合金			アモルファス合金
 置換型固溶体	 侵入型固溶体	 金属間化合物	
金属原子の位置に他の原子が不規則に置き換わっている。	金属の結晶格子のすき間に，小さい原子が入り込んでいる。	異なる金属が一定の比率で，規則的に整列している。	異なる金属が不規則に配列している。

金属の結晶格子 p.82 図31

金属の結晶格子は、

① 体心立方格子

② 面心立方格子

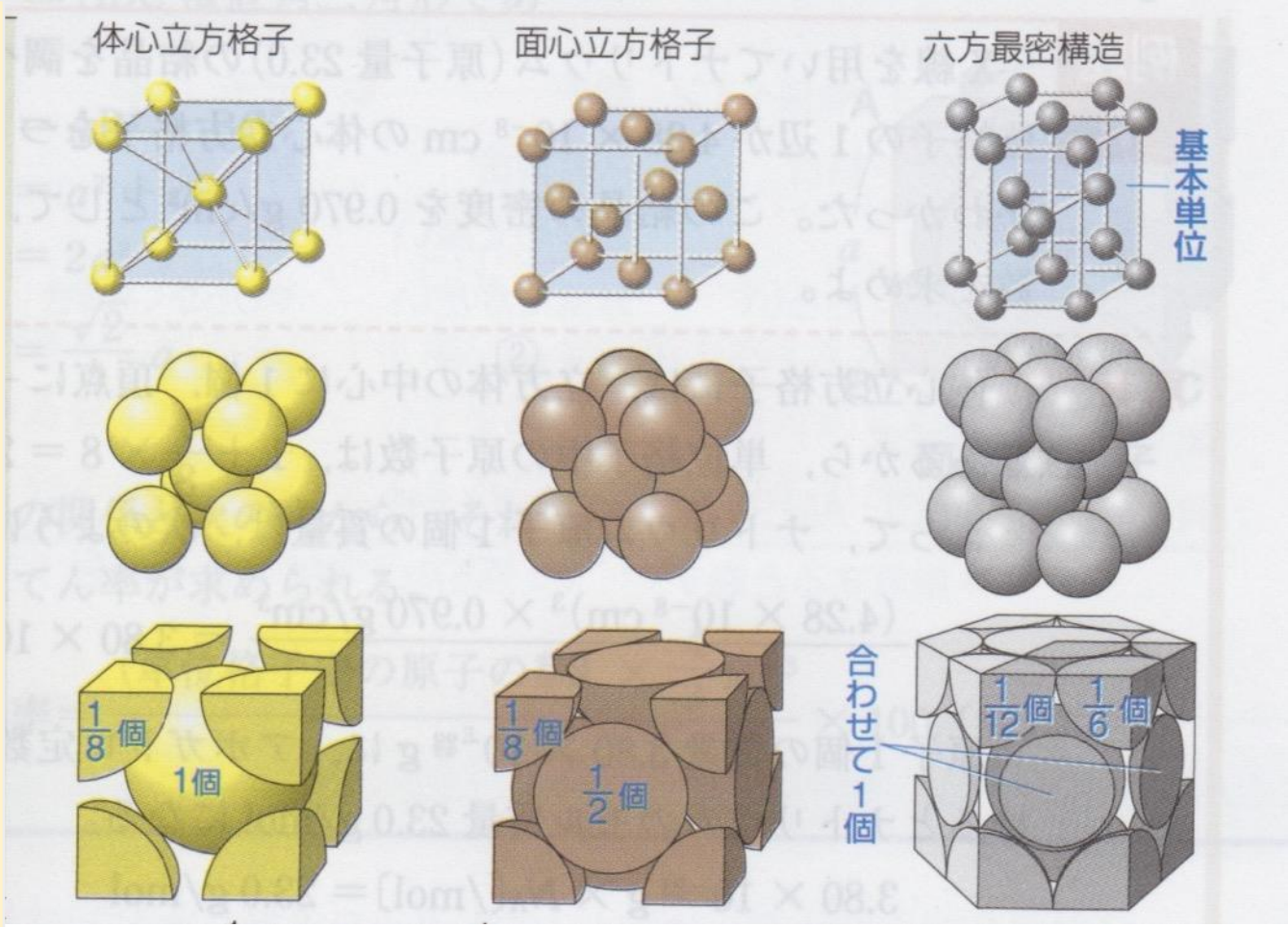
③ 六方細密構造

のいずれかである（次ページ図31）。

これらの結晶格子の構造の詳細については、p.84-85の文章（参考記事）を参照してください。

金属の結晶格子 p.82 図31

単位格子の構造



結晶の種類と性質（まとめ）

結晶は、結晶を構成している粒子の結合の種類により、

① 金属の結晶

② イオン結晶

③ 分子結晶

④ 共有結合の結晶

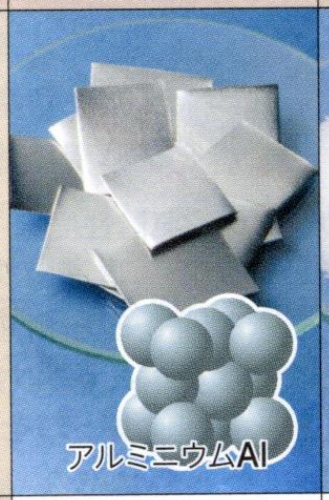
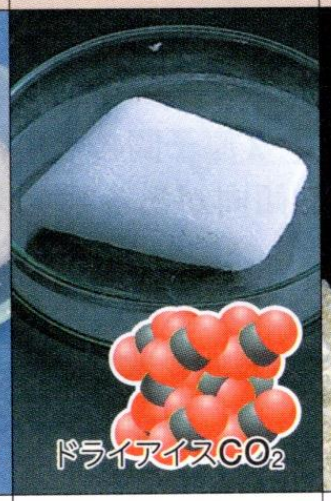
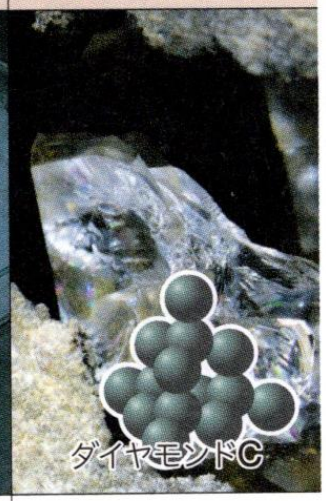
に分類できる。

これらの特徴については、

p.88 表1 結晶の種類と性質　を参照してください。

さまざまな結晶

▼表1　さまざまな結晶

	金属結晶	イオン結晶	分子結晶	共有結合の結晶
結晶例				
構成粒子	金属原子 (自由電子を含む)	陽イオンと 陰イオン	分子	非金属原子

結晶の種類と性質

	イオン結晶	分子結晶	共有結合結晶	金属結晶
構成粒子	陽・陰イオン	分子	原子	金属原子と自由電子
粒子間の結合	電気的な引力	分子間力	共有電子対	自由電子
一般的な性質	極めてかたく融点・沸点も高い。もろくへき開する。	やわらかく融点、沸点が低い。昇華しやすい。	極めてかたく融点も極めて高い。	延性・展性があり、熱伝導性が大きい。融点が高い。
	固体状態では電気を通さないが、融解状態では通す。	固体は電気を通さない。融解しても電気を通さない。	水に溶けにくく電気を通さない。黒鉛は電気を通す。	金属光沢がある。電気伝導性がよい。
物質の種類	金属元素と非金属元素からなる。	非金属元素の単体または化合物。	原子価の多い非金属元素 (CやSi)	金属元素の単体または混合物（合金）。
物質の例	NaCl, Na_2CO_3, Al_2SO_4 、他多数。	ヨウ素、ナフタレン、ドライアイス	ダイヤモンド、黒鉛、水晶、シリコン	銅、金、鉄、他多数。

アモルフォス（非晶質）p.88

- 固体を形成する粒子の配列に規則性がみられず無秩序なものを一般にアモルフォス（非晶質）という。
- 英語：amorphous 無定形の、非結晶質の

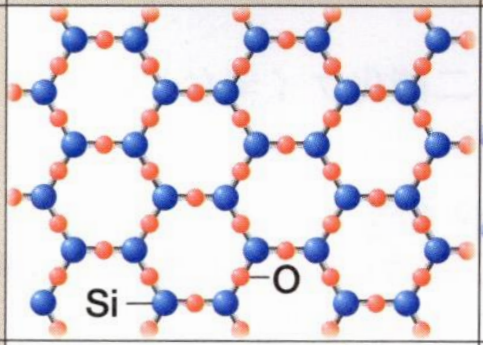
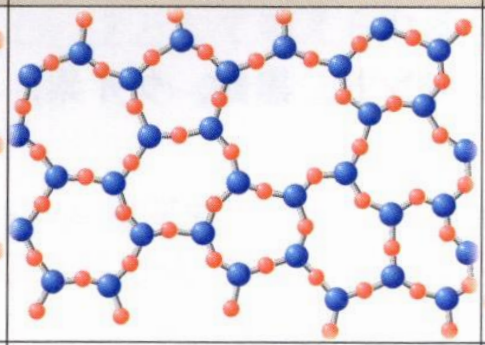
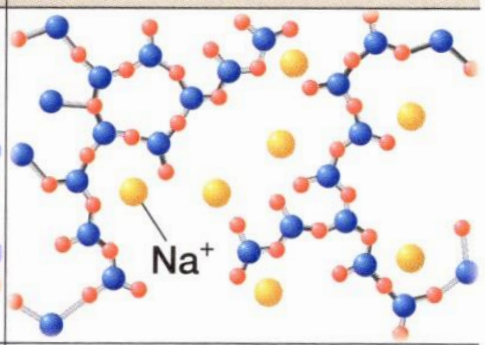
例：

- ガラス（石英ガラス、ソーダ石灰ガラス）
- 土壌中の粘土鉱物のうち、アロフェンなど。

液晶は液体だろうか、それとも結晶だろうか？

結晶質と非晶質の例

▼表 6　結晶質と非晶質の例

種類	結晶（結晶質の固体）	アモルファス（非晶質）固体	
例	石英	石英ガラス	ソーダ石灰ガラス
構造			
おもな組成	SiO_2	SiO_2	Na_2O-CaO-SiO_2

地球の構造と化学組成（参考）

半径 (km)	主要元素成分	状態	化学結合の主形態
内核 (1222)	Fe	固体	金属結合
外核 (3480)	Fe	液体	金属結合
マントル (6350)	Mg, Si, O	固体	イオン結合
地殻 (6371)	Si, Al, Ca, O	固体	イオン結合
海洋 (6371)	H, O	液体	水素結合
大気 (>6371)	N, O	気体	共有結合
参考：人体	O, C, H, N	液体, 固体	イオン結合, 共有結合
参考：宇宙	H, He	気体	分子間力

5月中下旬の畜大キャンパスの花

クロユリ

サクラソウ

エゾムラサキ

タチツボ
スミレ

ツボスミレ

カキドオシ

出席確認メールのお願い

出席確認のため、授業終了後、当日中に筒木宛にメールを送ってください。送り先は；

kiyoshi@tsutsuki.net

メールのタイトルは、「入門化学出席確認、学籍番号、氏名」としてください。

メールの本文には、簡単で良いので授業の感想などを書いてください。

別途、課題を出すことがありますが、その際は、別のメールで送ってください。課題の締め切りは次の週の月曜日とします。

5月21日課題

分子間力、水素結合、金属結合について、その特徴と例を文章で説明しなさい。

kiyoshi@tsutsuki.net

メールのタイトルは、「入門化学5/21課題、学籍番号、氏名」としてください。

締め切り：5月26日（月）