

### 共有結合: 非金属同士の結合

- どちらも電子が足りないので、電子を共有して辻褃をあわせる。原子の電子軌道の考え方を、分子に拡張する。
- 水素原子が2個接近して、共有結合する場合を考える。2つの原子核が近づくことで、最外殻電子(水素の場合はもともと1個しか電子がない)の閉じこめられる空間が広がるとともに、原子核との相互作用が強まる。これは、膜の振動で言えば、膜を長く拡げることに対応する。膜の定在波の形は変化するが、おおよそ丸い膜をつなげた形で近似できる。節の無い丸い膜を2つ連結すると、節の無い、より振動数の少ない定在波と、節が1つある、振動数の多い定在波の2つができる(もちろん、ほかにもいろんな形の、節の多い定在波はいくらでも考えられる)。節のない方は、膜面が大きくなった分、振動数が少なく、結合前よりも安定であり、節のある方は、結合前よりも不安定(高エネルギー)になる。
- 一方、2つの原子から電子を持ちよるので、外殻電子の電子数が2個になるが、1つの軌道に2個まで電子が入れるというルール(パウリの排他原理)のため、2個の電子はどちらもより安定なほうの軌道(結合軌道)に入れる。結果的に、結合する前よりも安定になるので、水素は共有結合する。
- もしHe原子2個が同じように結合しようとした場合、電子が4つあるので、結合軌道に2個、その上の節がある軌道(反結合軌道)にも2個電子を入れざるをえなくなり、エネルギー的にみて、結合しても安定にならない。このため、Heは共有結合しない。
- より電子が多い原子の間で共有結合ができるかどうかは、核がどれぐらいの距離に接近した時に、どんな定在波ができるか、2つの原子の電子を下の軌道から順に入れていった時に、どこまで電子が入るか、結果的に結合前よりも安定になれるかどうか、といったことを検討する必要がある。理論的に(コンピュータを使って)予測は可能だが、簡単ではない。
- ただし、簡便に結合のしかたを推定する方法がある。後日説明する。

### 共有結合の特徴

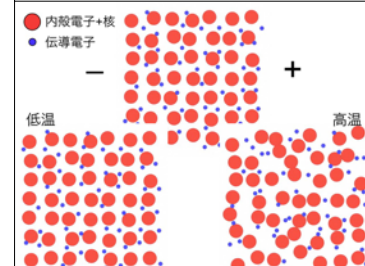
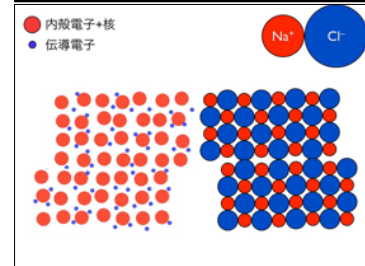
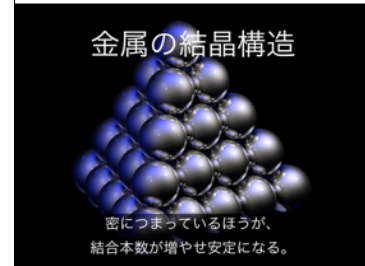
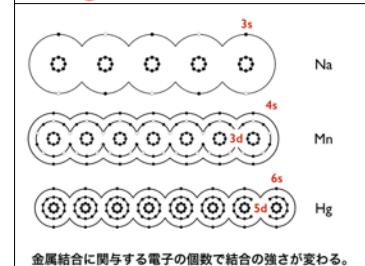
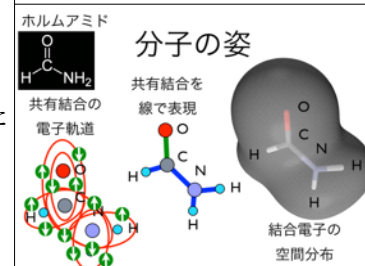
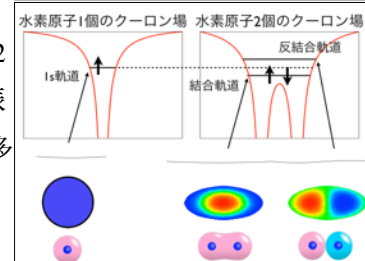
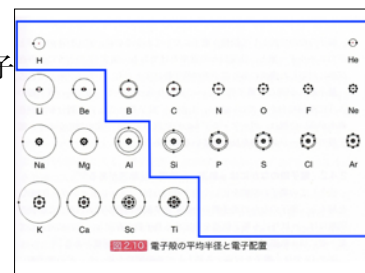
- 分子を作る結合。化学結合。非常に強い。共有結合が分子の姿を定める。
- 電子は2つの核の間に局在して自由に動けないので、電気を伝えない。
- 結合が強いので非常に硬い。
- 結合に方向性があり、配位数が少ないため、結晶構造はすきま多い。

### 金属結合: 金属同士の結合

- 周期表にある元素の8割は金属元素。
- 最外殻電子の軌道がひろがっているので、軌道が重なりあい、電子がいくつもの原子をまたがって移動できるようになる=伝導電子(自由電子とも言う)
- 伝導電子がある→電気伝導性、熱伝導性にすぐれる。
- 核配置を変えても結合が維持される→延性、展性、合金
- 密度高い。Fe 8 g cm<sup>-3</sup>、Au 19 g cm<sup>-3</sup>、U 19 g cm<sup>-3</sup>、Os 23 g cm<sup>-3</sup>。
- 高温では、電子がスムーズに流れず、電気抵抗上がる。

### 水素結合: 分極による結合

- Hが、OやSやNやハロゲン(Cl, Br, I)と共有結合すると、電子をはぎとられ



る=分子内分極

- 正に帯電した水素と、近くにある別の分子の孤立電子対の間にクーロン力が働く。イオン結合に似ているが、分子全体は電気的に中性を保つ。結合のもとになっている分極の電荷が小さいので、結合は弱く、大きなエネルギーを加えなくても、結合を切れる。DNAも、タンパク質も、水素結合を切るだけで解体できる。生物が機能するためには、水素結合が不可欠である = 生体分子の機能を司る結合

- 水と結合を作る = 水素結合性の分子は水に溶ける。

**ファンデルワールス力: 双極子の間の結合**

- 水素結合よりさらに弱い分子間力。双極子の間に働く力(双極子: 一つの物体に正負の電荷が離れて存在する状態)引力の大部分が斥力と相殺するので、非常に短距離にしか働かない。
- どんな分子の間にも働く。希ガス分子のように、球対称で電荷の偏りのない分子でも、一時的に電子分布が偏ることで、分極が生じ、それが相手分子に分極をひきおこして、引力が働く。(ロンドン分散力)
- 弱いとは言え、接触面積を増やせば、相互作用を高めることができる。接着剤、やもりの吸盤など。



**先週の練習問題と解答例**

**練習問題1**

次の元素の最外殻電子の軌道を調べよ

金Au、銀Ag、銅Cu、鉄Fe、ナトリウムNa、炭素C

→ 周期表を参照。Au: 5d, Ag: 4d, Cu: 3d, Fe: 3d, Na: 3s, C: 2p.

**練習問題2**

次の分子や結晶を作る結合の種類は?: CaF<sub>2</sub>(ホタル石)、水銀、CCl<sub>4</sub>(四塩化炭素)

カルシウムCaと水銀Hgが金属元素、フッ素Fと炭素Cと塩素Clが非金属元素。CaF<sub>2</sub>(ホタル石): 金属と非金属なのでイオン結合。水銀: 金属元素同士の結合なので金属結合。CCl<sub>4</sub>(四塩化炭素): 非金属同士なので共有結合。

**練習問題3**

イオン結晶では、陽イオンとクーロン力で強固なイオン結合を作っているため、一般に融点が非常に高い。しかし、何らかの方法で、イオンの半径を大きくすれば、イオン間距離が伸び、クーロン力が弱められて、融点を下げられるはずである。イオンの半径(結合距離)をNaCl(融点800°C)の何倍にすれば、融点を0°C以下にできるか。イオン結晶の融点(絶対温度)はイオン結合距離に反比例するものとする。

イオンの大きさをx倍にすれば、イオン間距離はx倍になる。イオン結合は正味の正負電荷の間のクーロン相互作用なので、イオン結合の強さが1/x倍になる。融点がイオン結合の強さに比例すると考えると、融点は1/xになる。800°C=1073K、0°C=273Kなので、273 / 1073 ≒ 1/4。つまり結合距離を4倍にすれば良い。

なお、ビデオにあったように、実際には融点は結合の強さだけでなくイオンの形にも依存する。形がいびつな分子は、きれいに整列することが難しく、結晶になりにくい=液体になりやすい。

