

教養物理化学

第5回 結合と周期表

今日の目標

- 共有結合と金属結合
- 弱い結合
(水素結合、ファンデルワールス力)
- 周期表

2. 共有結合

- 非金属同士の結合
 O_2 , N_2 , H_2O , CO_2 , ...
 - 電子が足りないものの同士の結合。
- 分子を作る結合

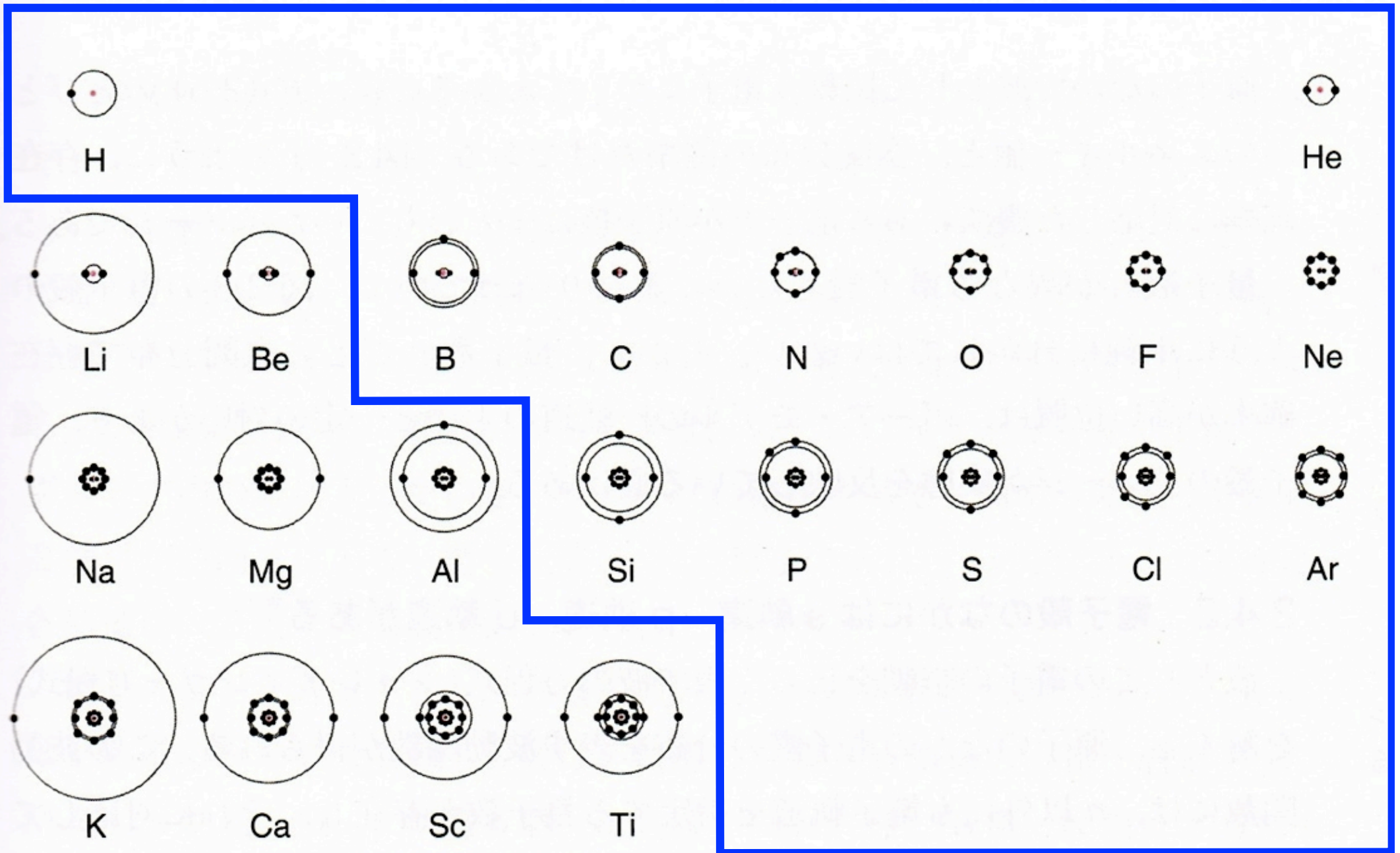
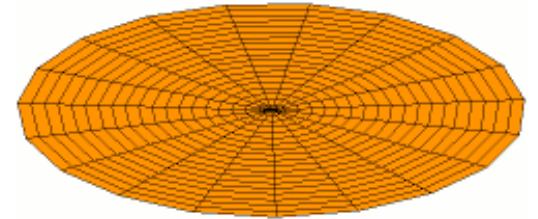
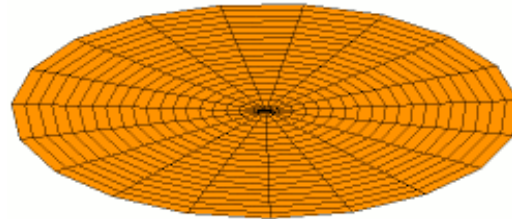
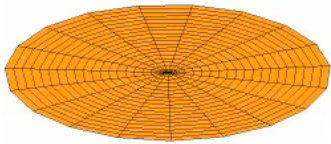
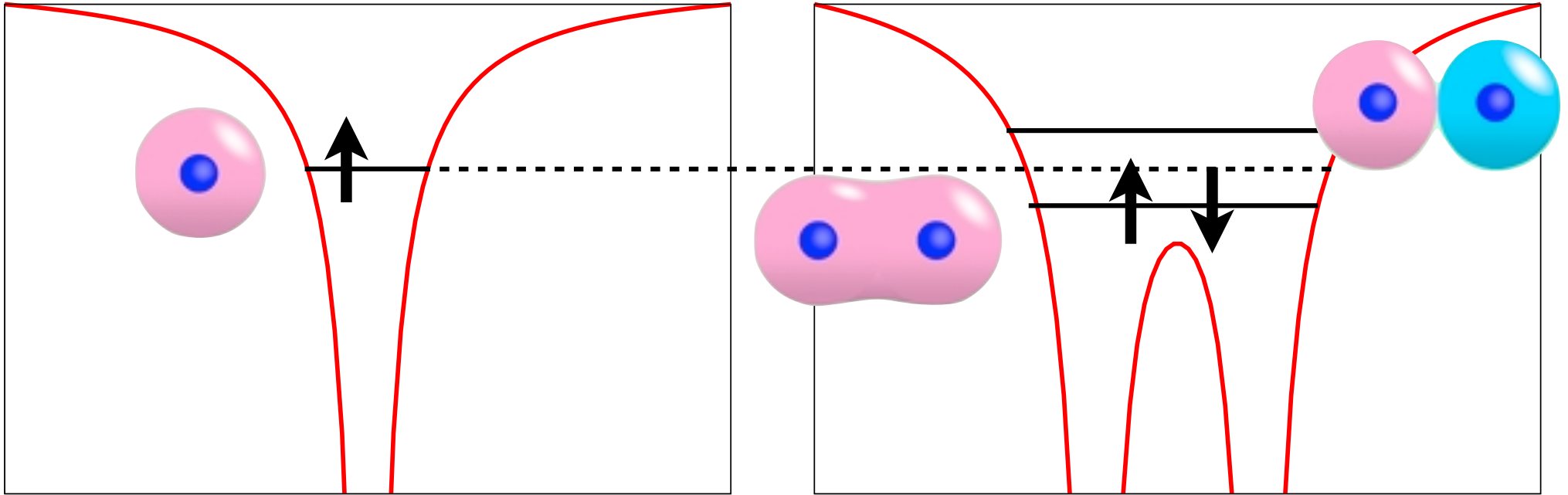


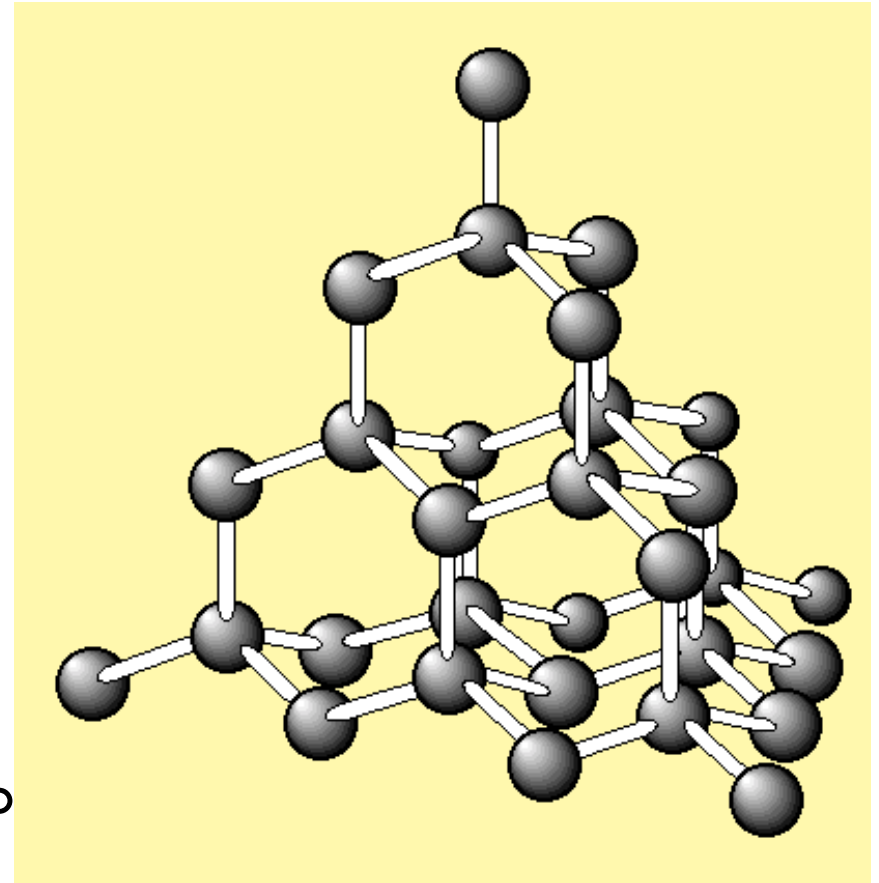
図 2.10 電子殻の平均半径と電子配置

水素原子1個のクーロン場 水素原子2個のクーロン場



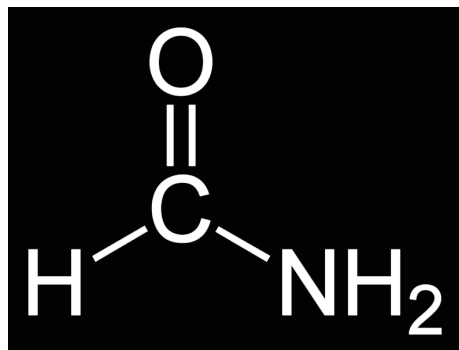
共有結合の特徴

- 分子を作る結合。
- 非常に強い。
- 方向性がある。
- 結晶構造はすきま多い。

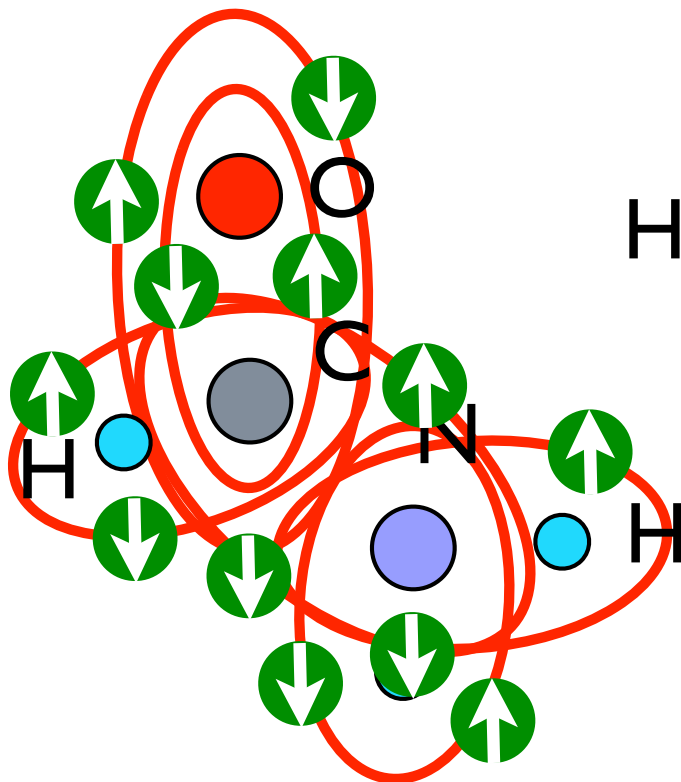


ダイヤモンド結晶

ホルムアミド

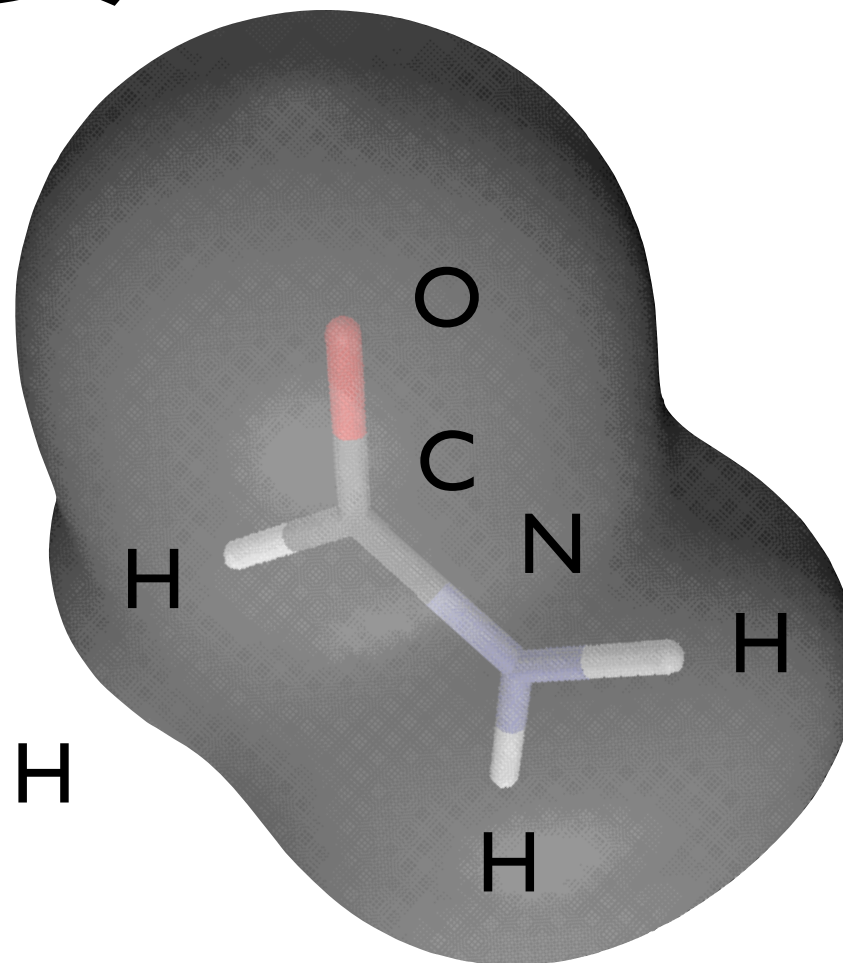
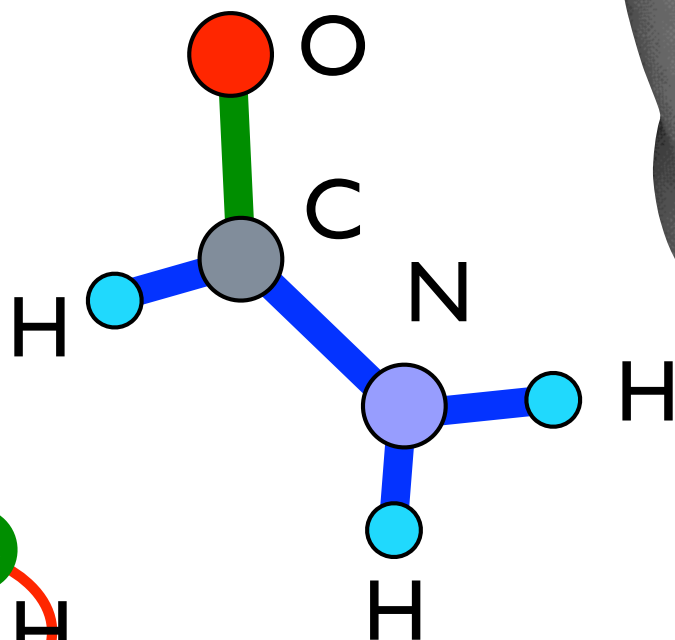


共有結合の
電子軌道



分子の姿

共有結合を
線で表現



結合電子の
空間分布

3. 金属結合

- 金属原子同士の結合
- 電子が余っているもの同士の結合

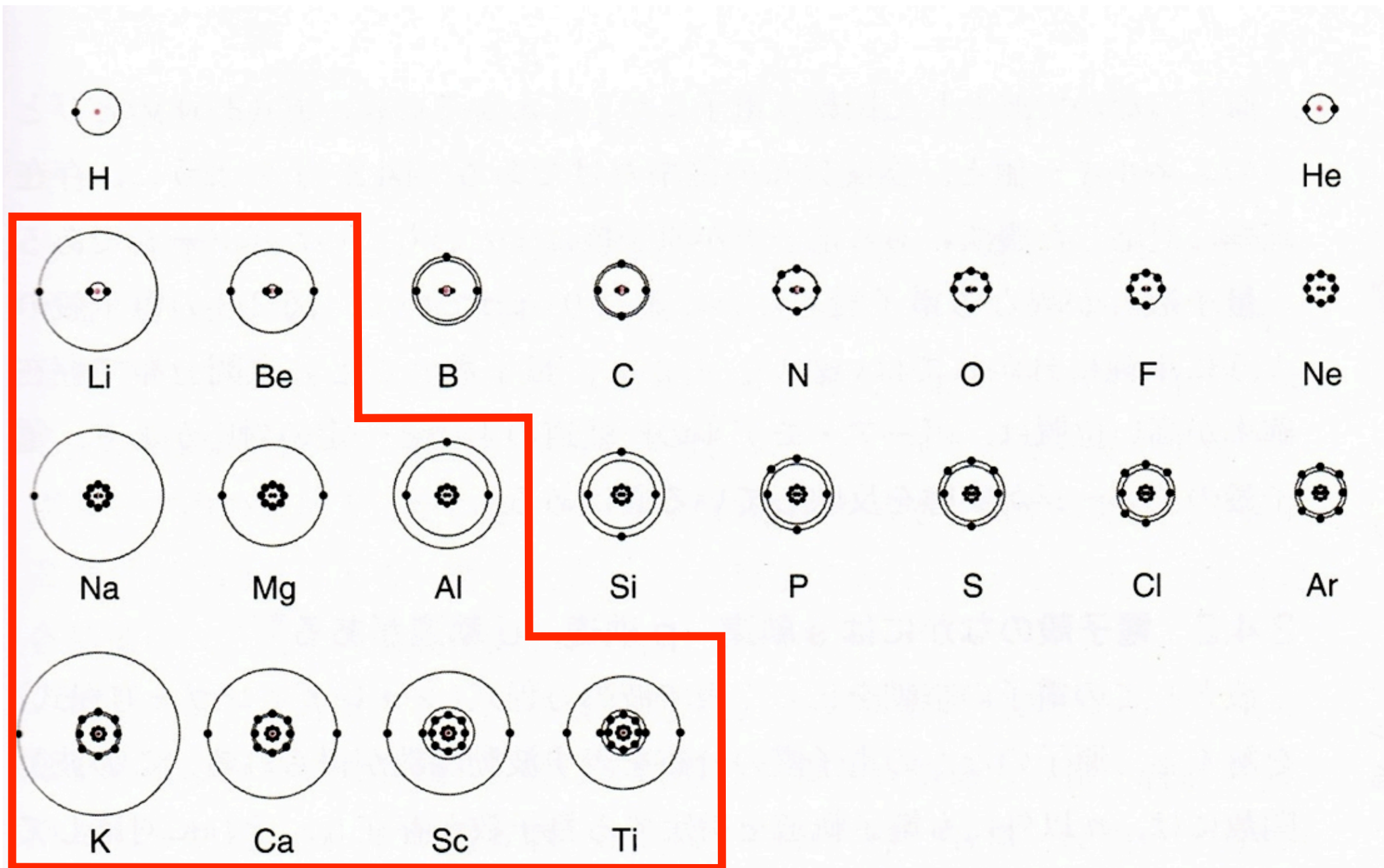
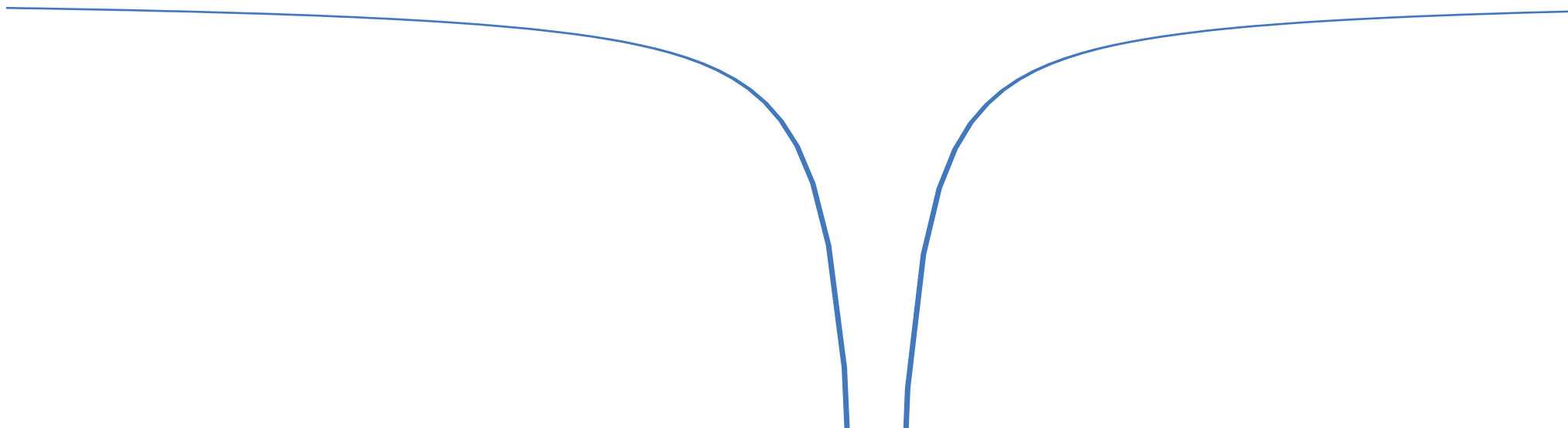
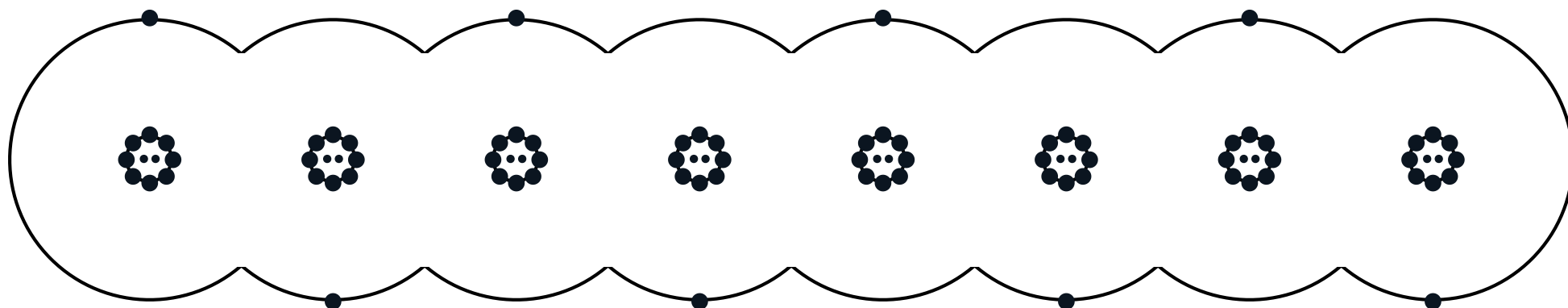
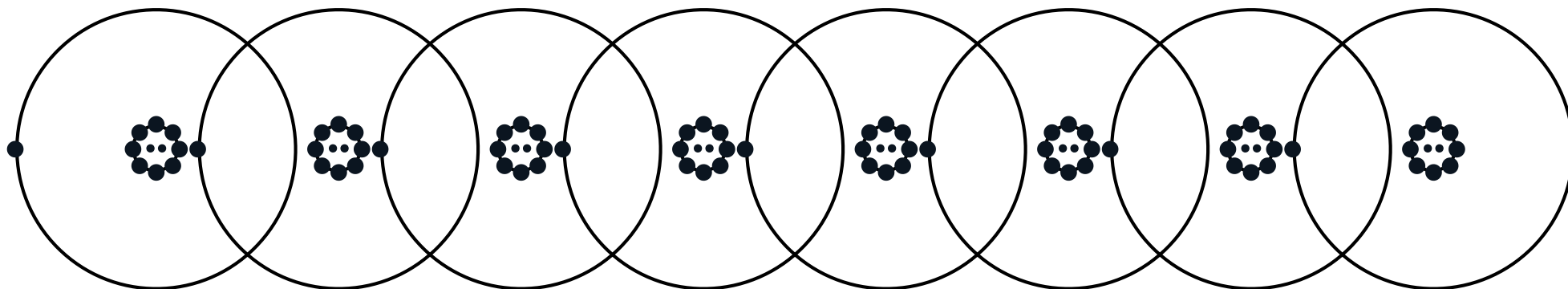
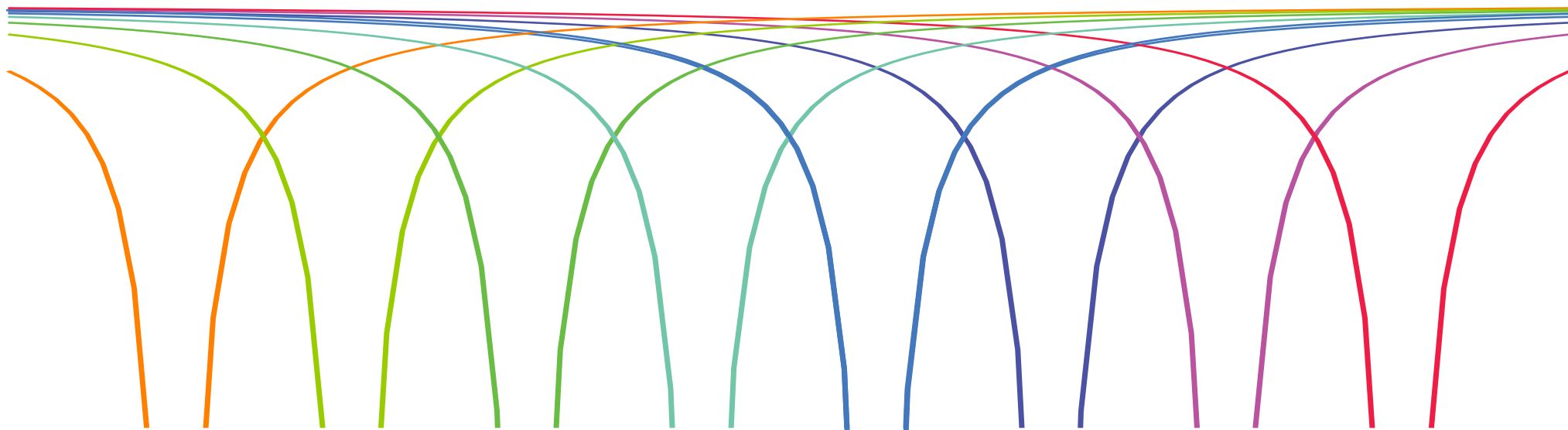
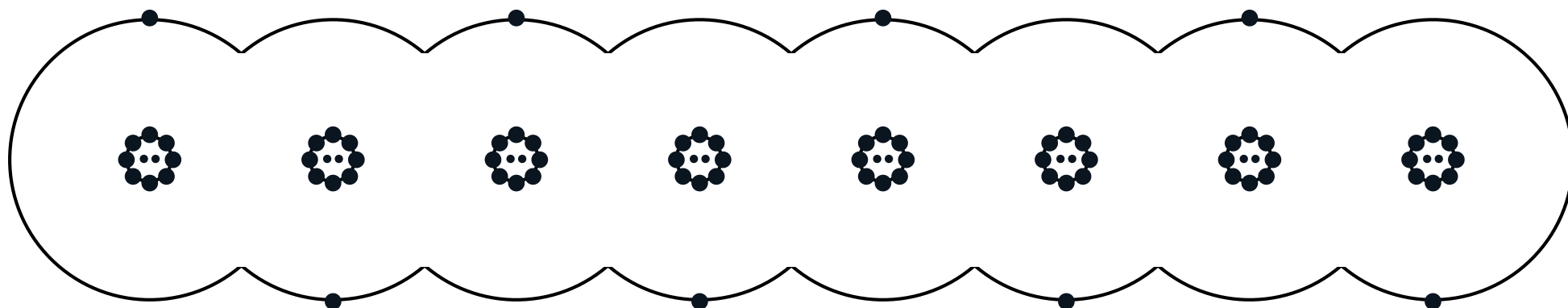
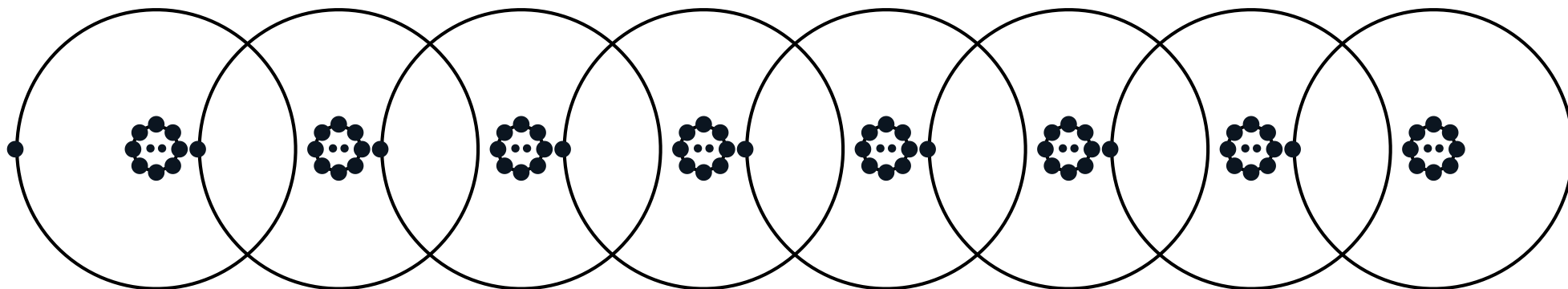
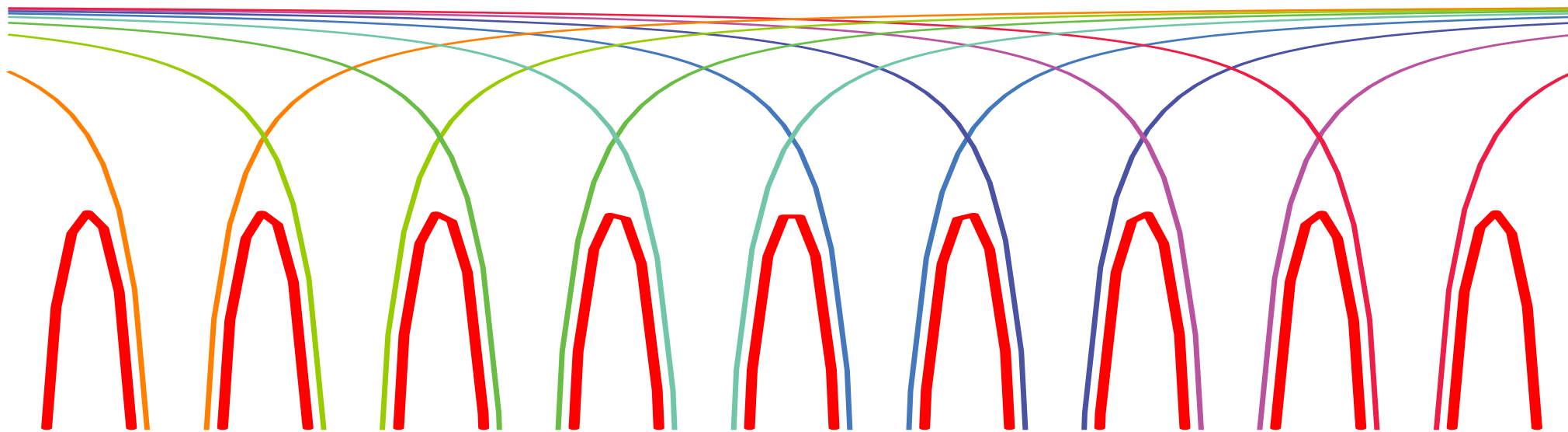
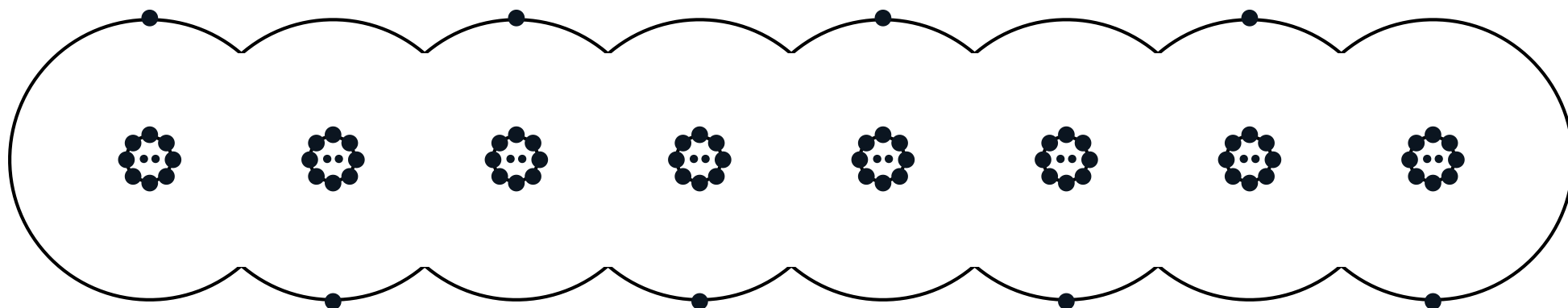
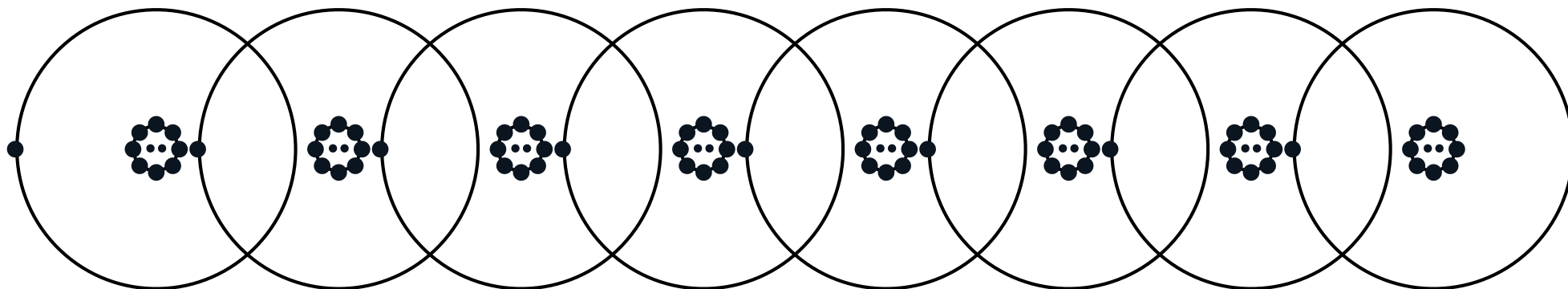
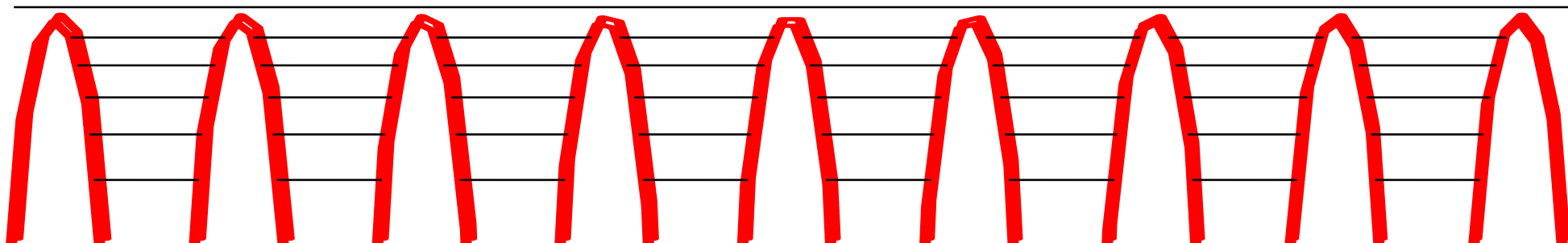
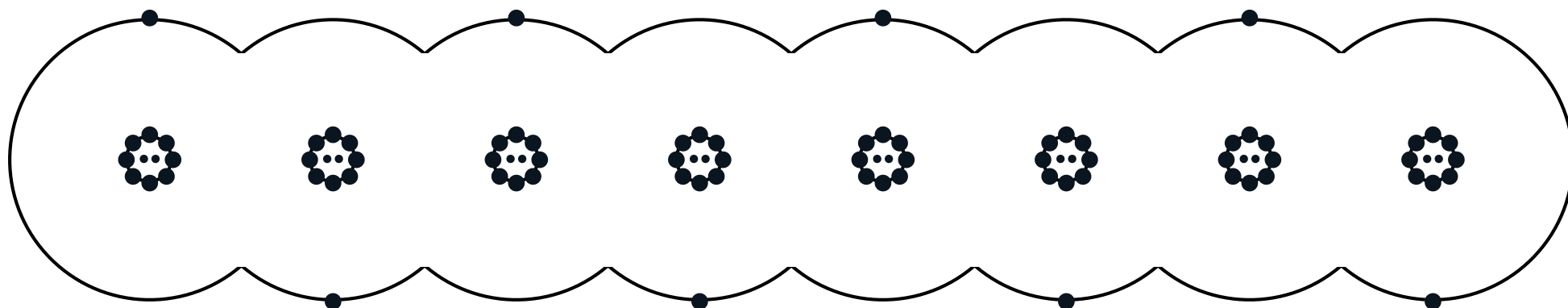
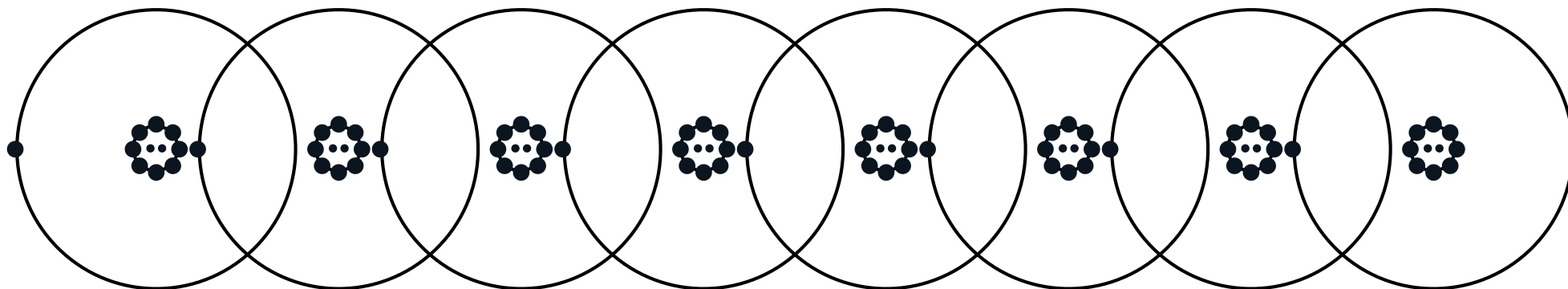


図 2.10 電子殻の平均半径と電子配置

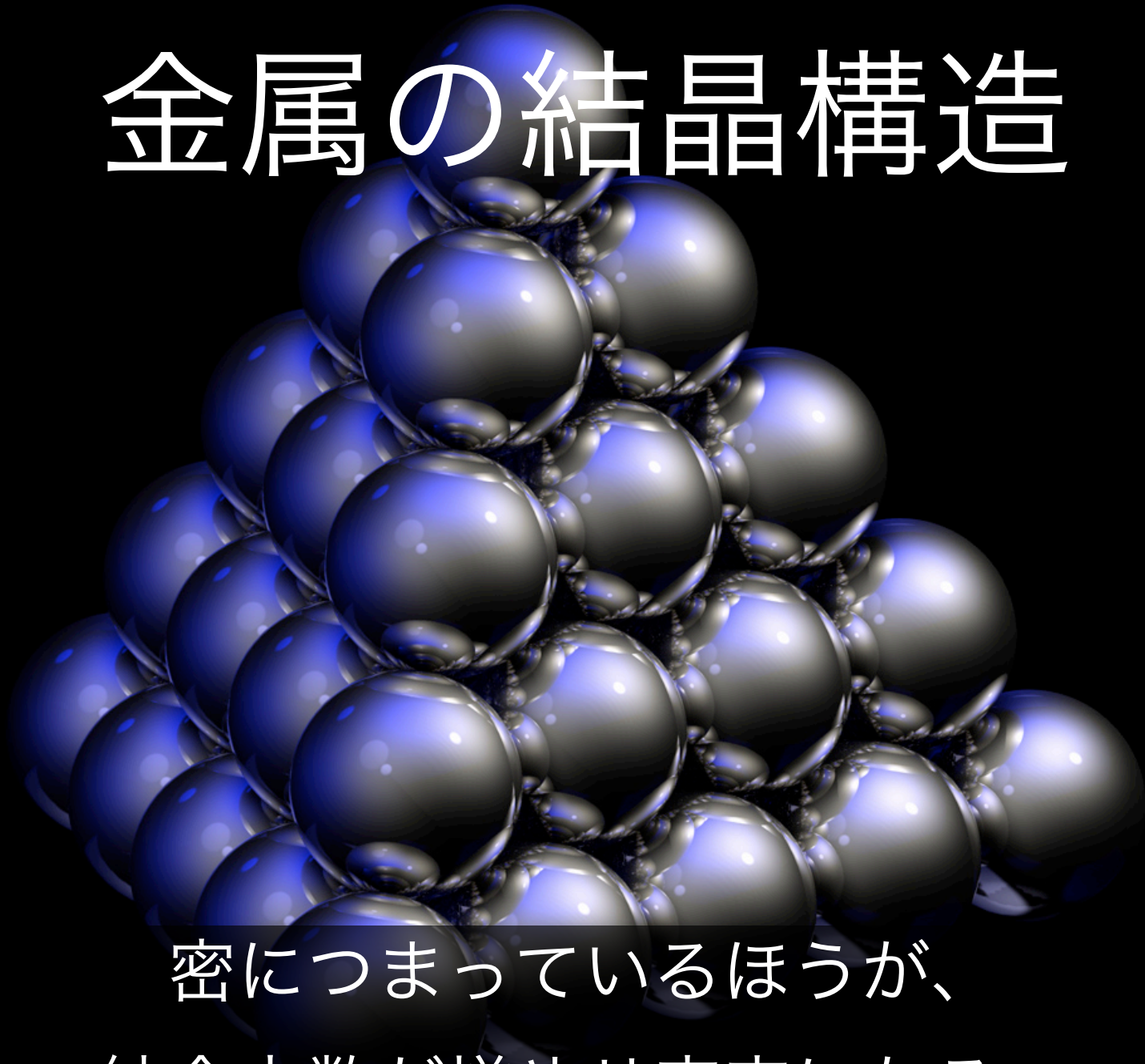








金属の結晶構造



密につまっているほうが、
結合本数が増やせ安定になる。

金属結合の特徴

- 自由電子を持つ。
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
- 温度が上がるほど、電子がスムーズに流れなくなり、電気抵抗上がる。

練習問題I

- 金は展性が大きく、1gの金を1m²にまでひろげることができる。この薄い金箔の厚みは原子何層分か。
金の密度は20g cm⁻³、金原子一層の厚みは0.25nmとする。

弱い結合

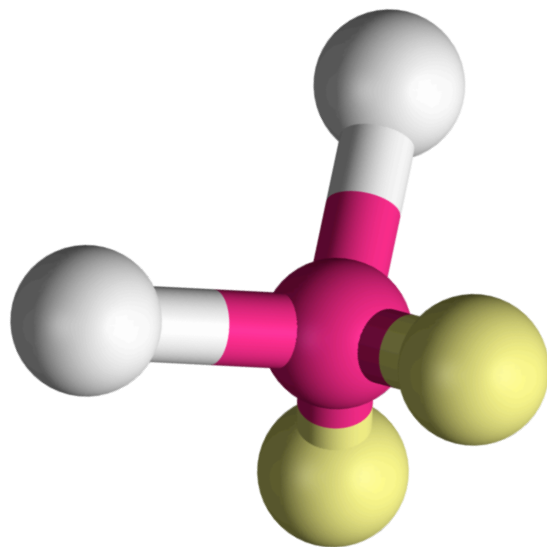
水素結合

ファンデルワールスカ

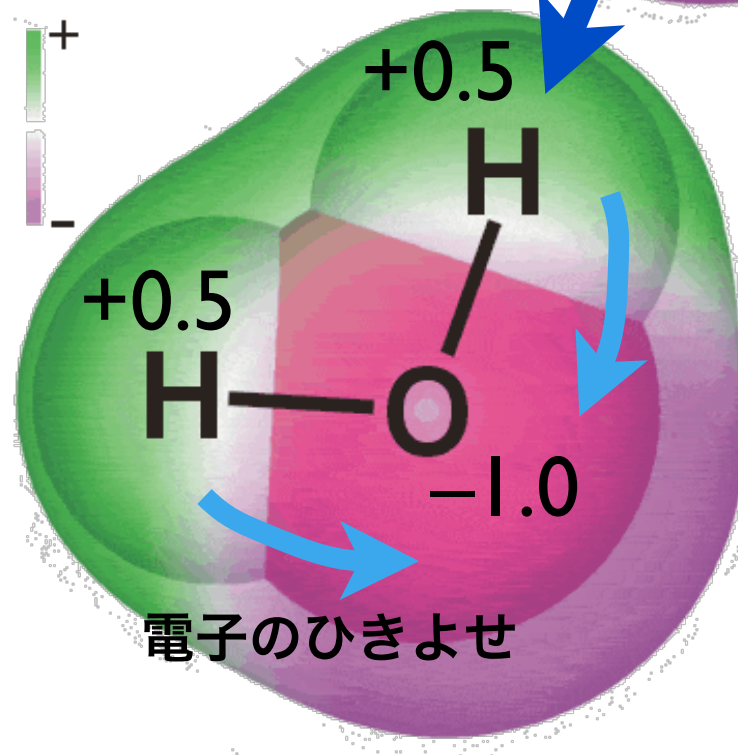
水素結合

- 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。

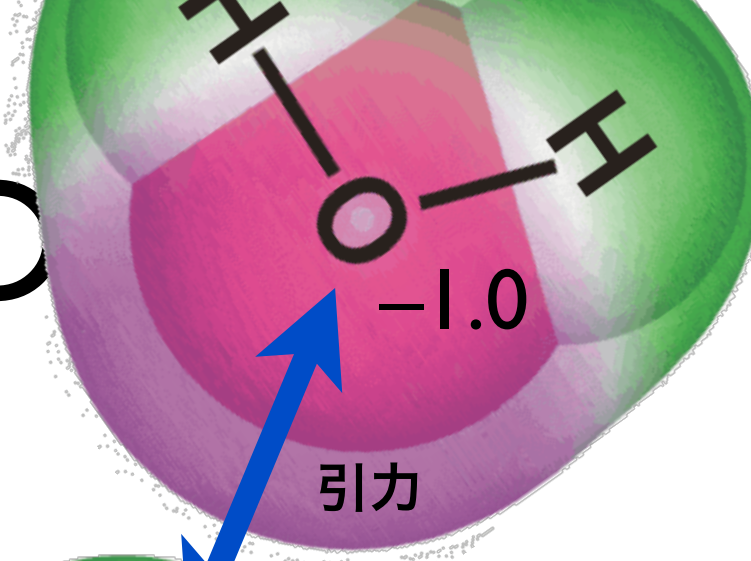
例: 水 H_2O



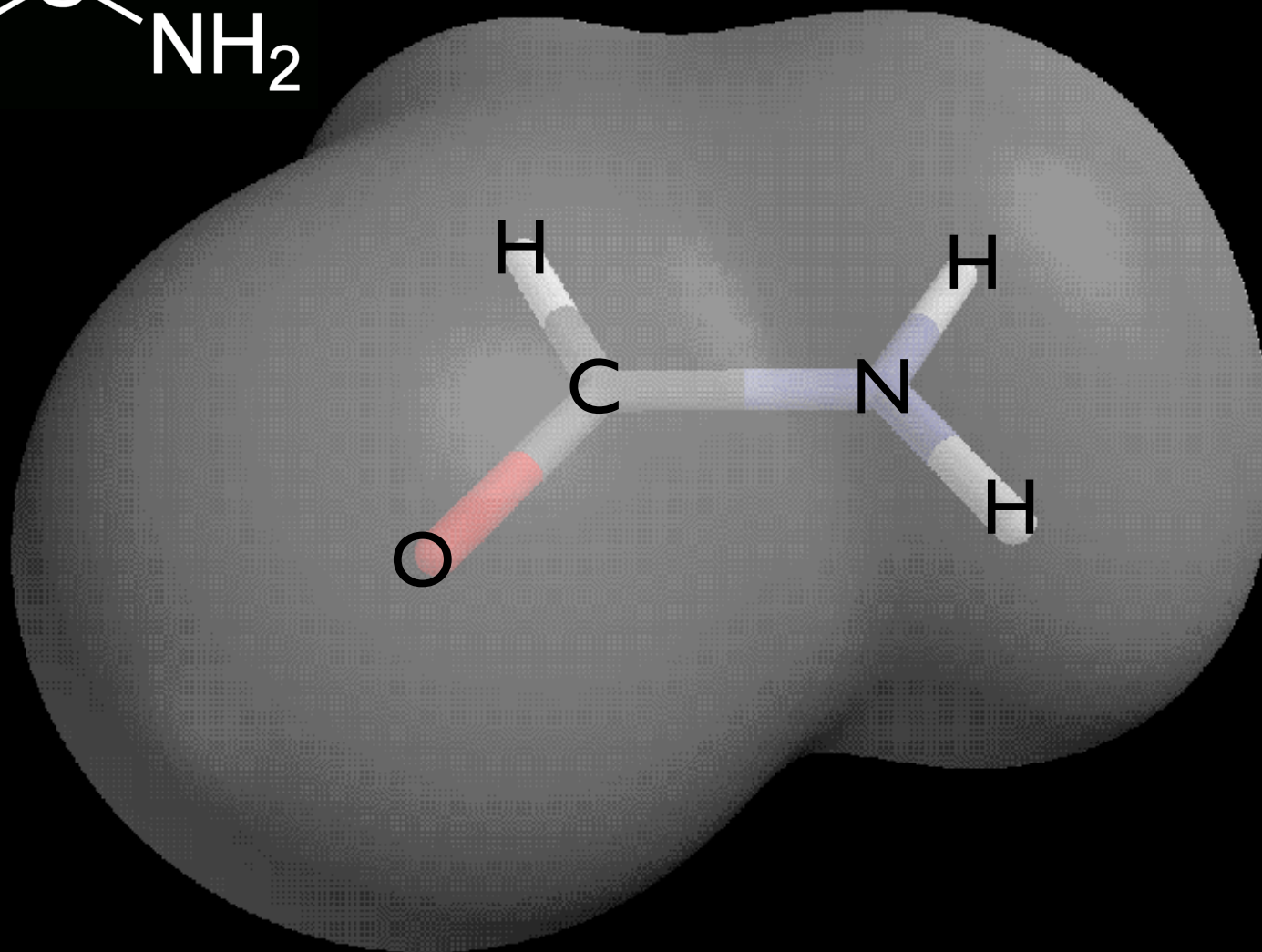
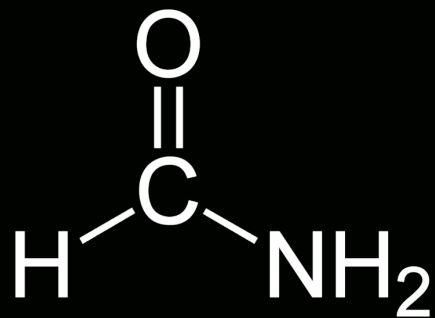
分子の構造



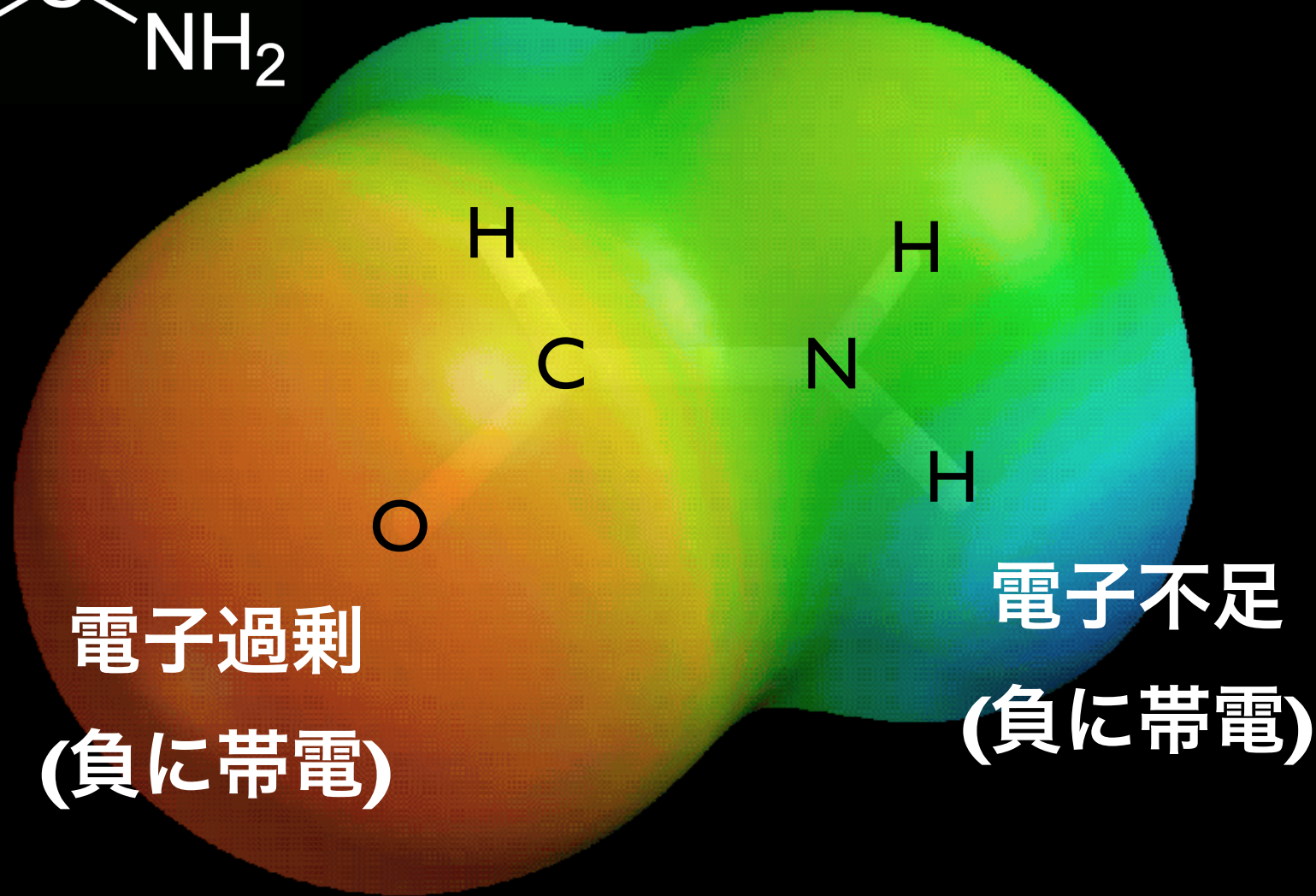
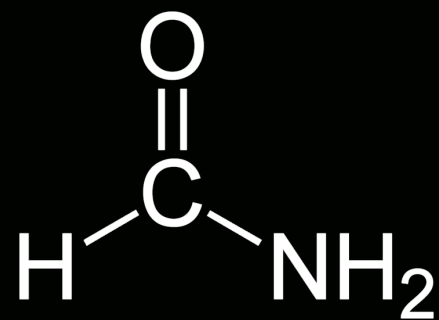
電荷分布



ホルムアミドの電子分布



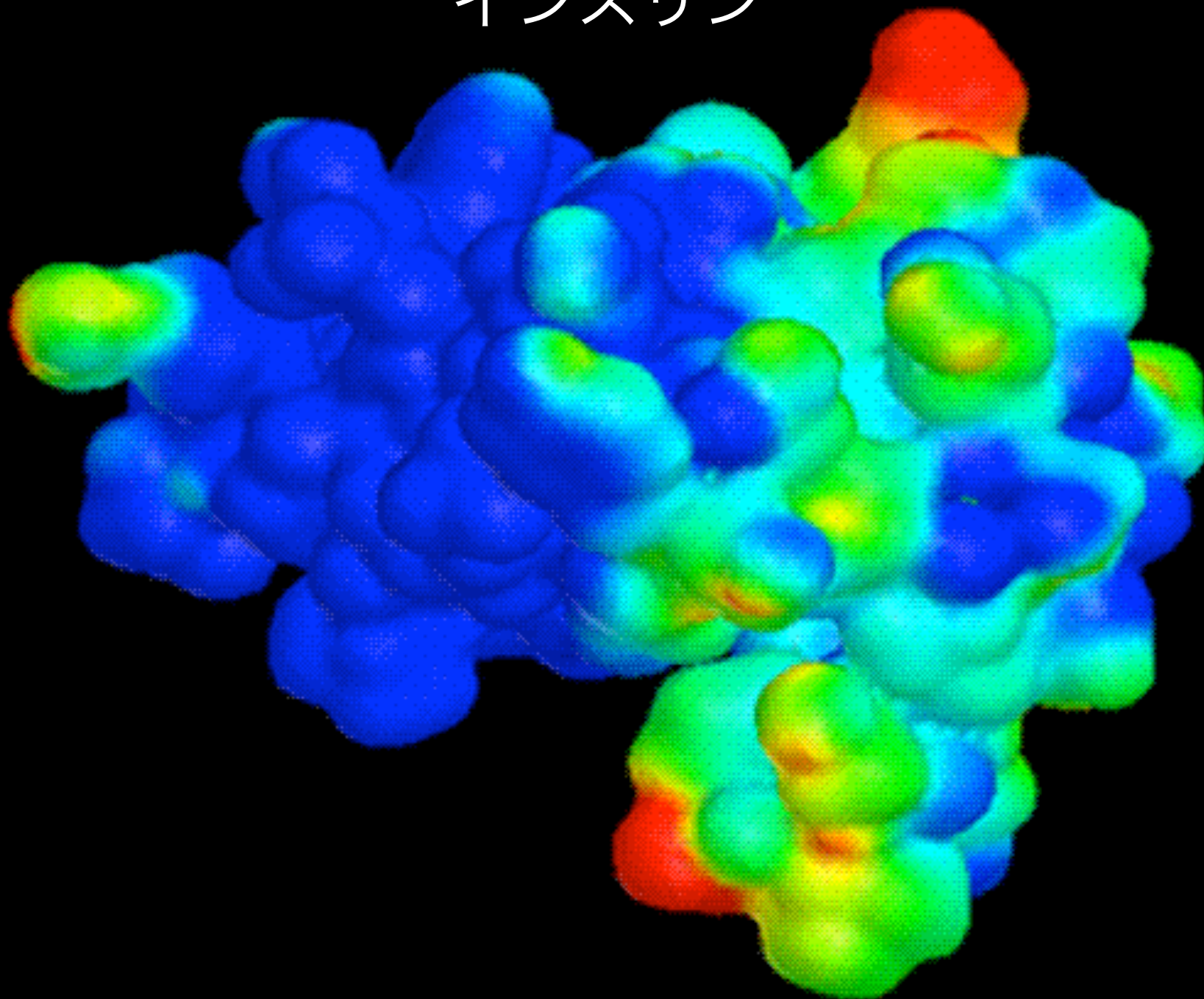
ホルムアミドの電子分布



電子過剰
(負に帯電)

電子不足
(負に帯電)

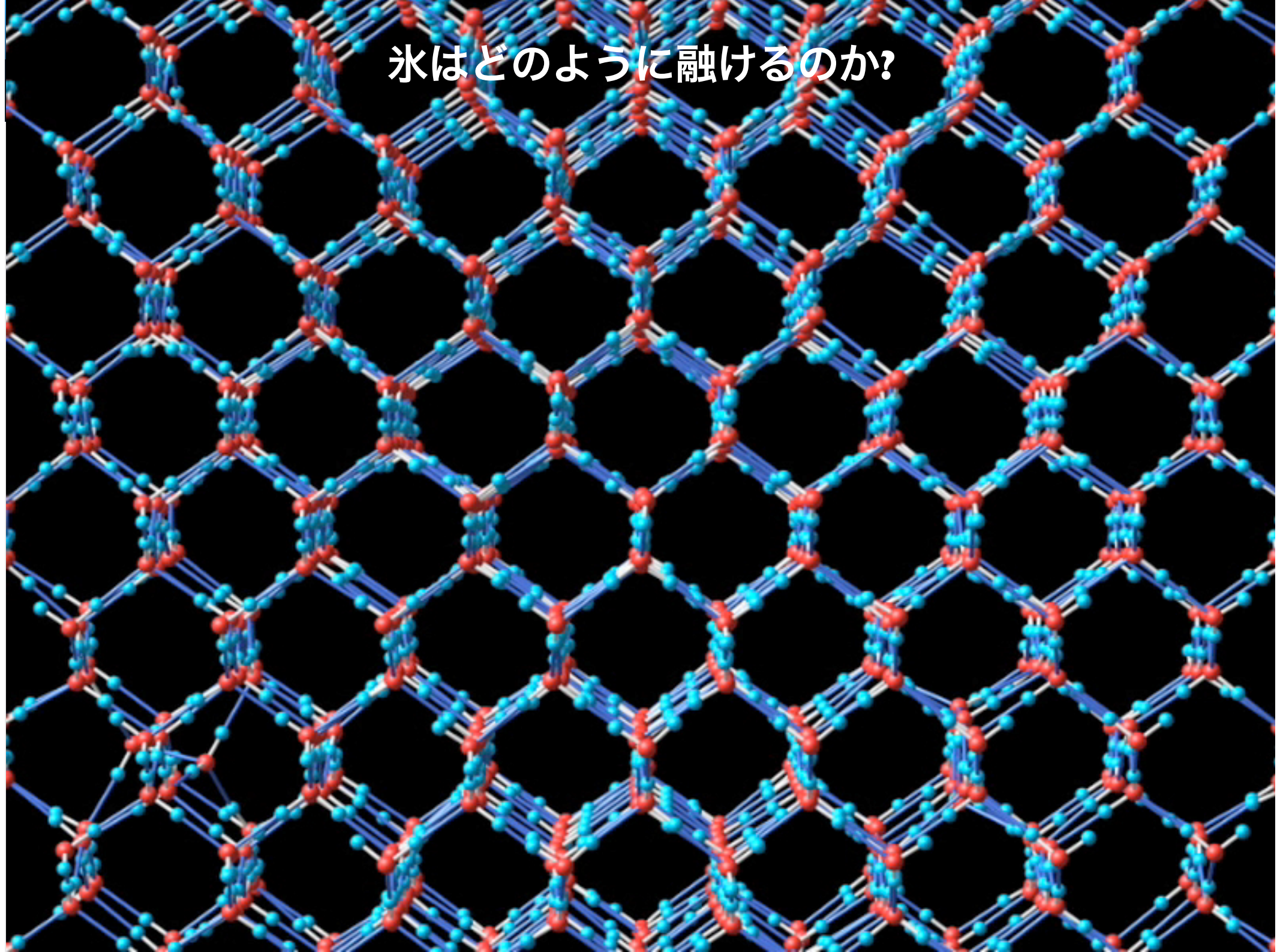
インスリン



結合の強さ

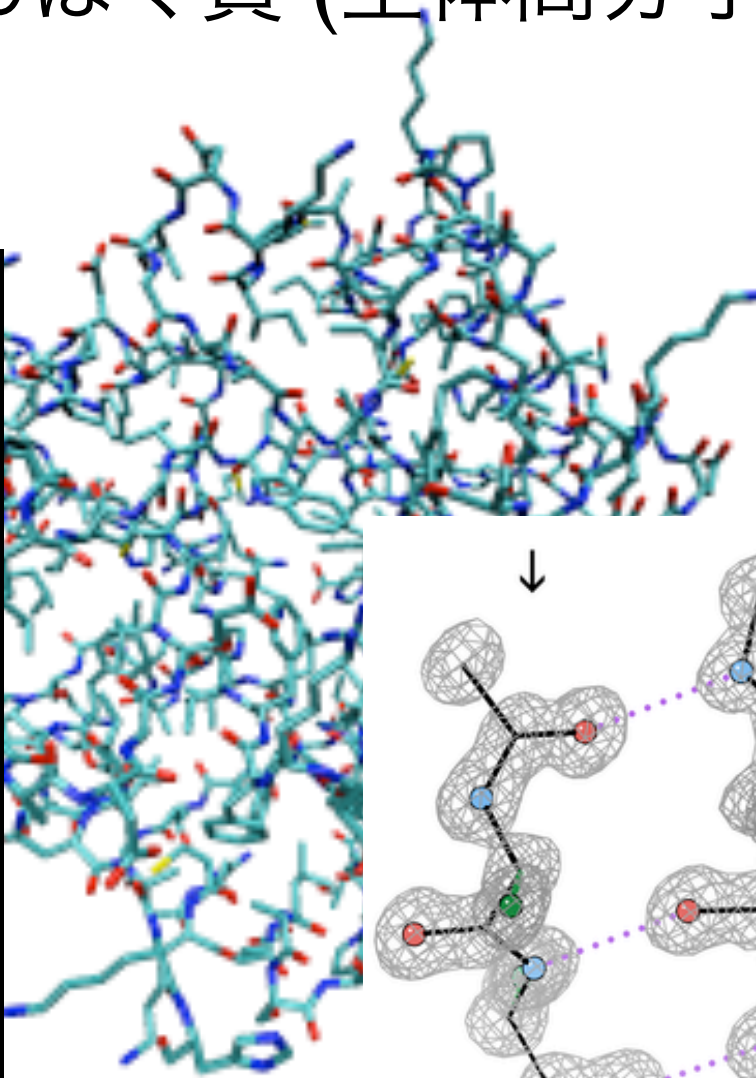
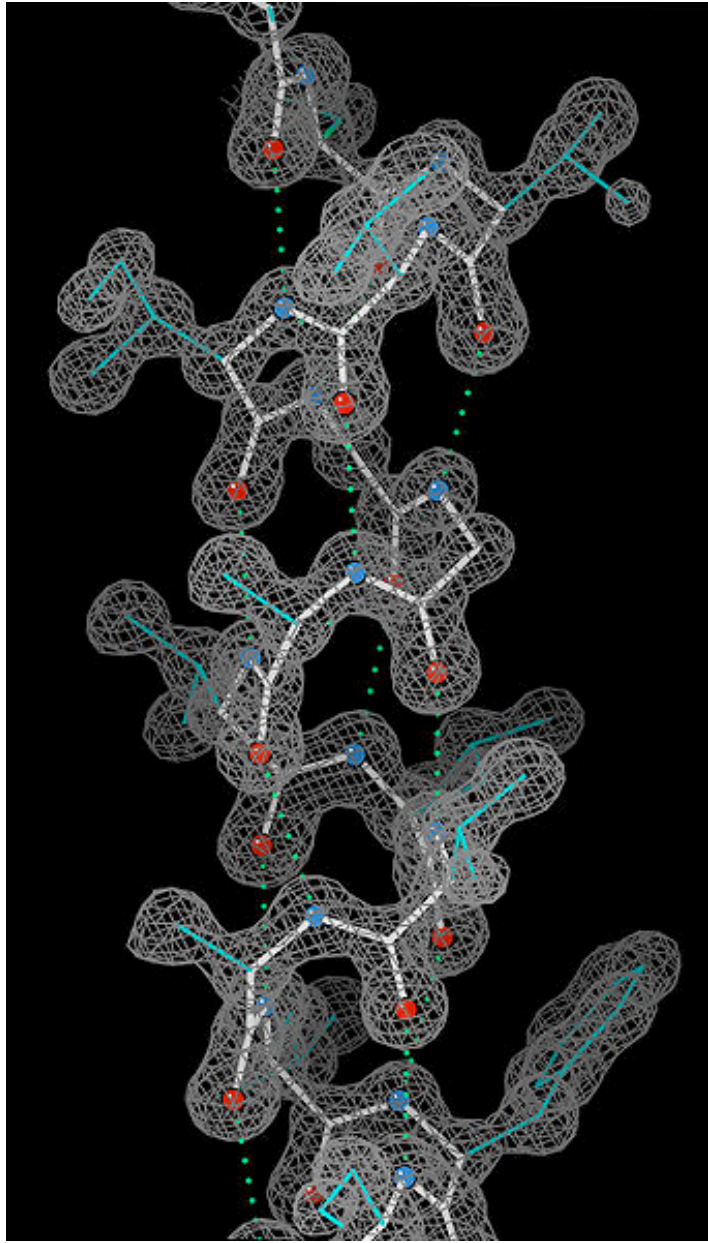
- 電荷と電荷の間に働く力はクーロン力
相互作用エネルギーEは距離rに反比例
$$E = (e_1 \cdot e_2) / r$$
- 分子の間の距離を長くするか、
電荷を小さくすれば、融点は下がる。

氷はどのように融けるのか?

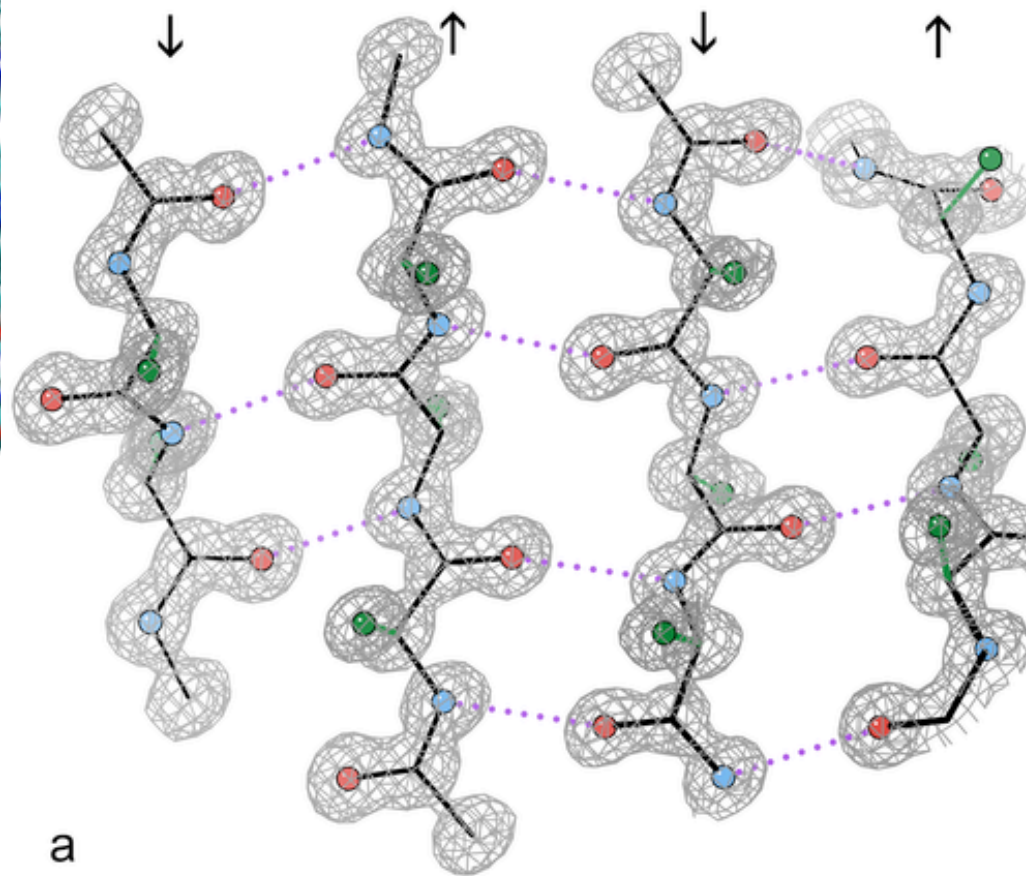


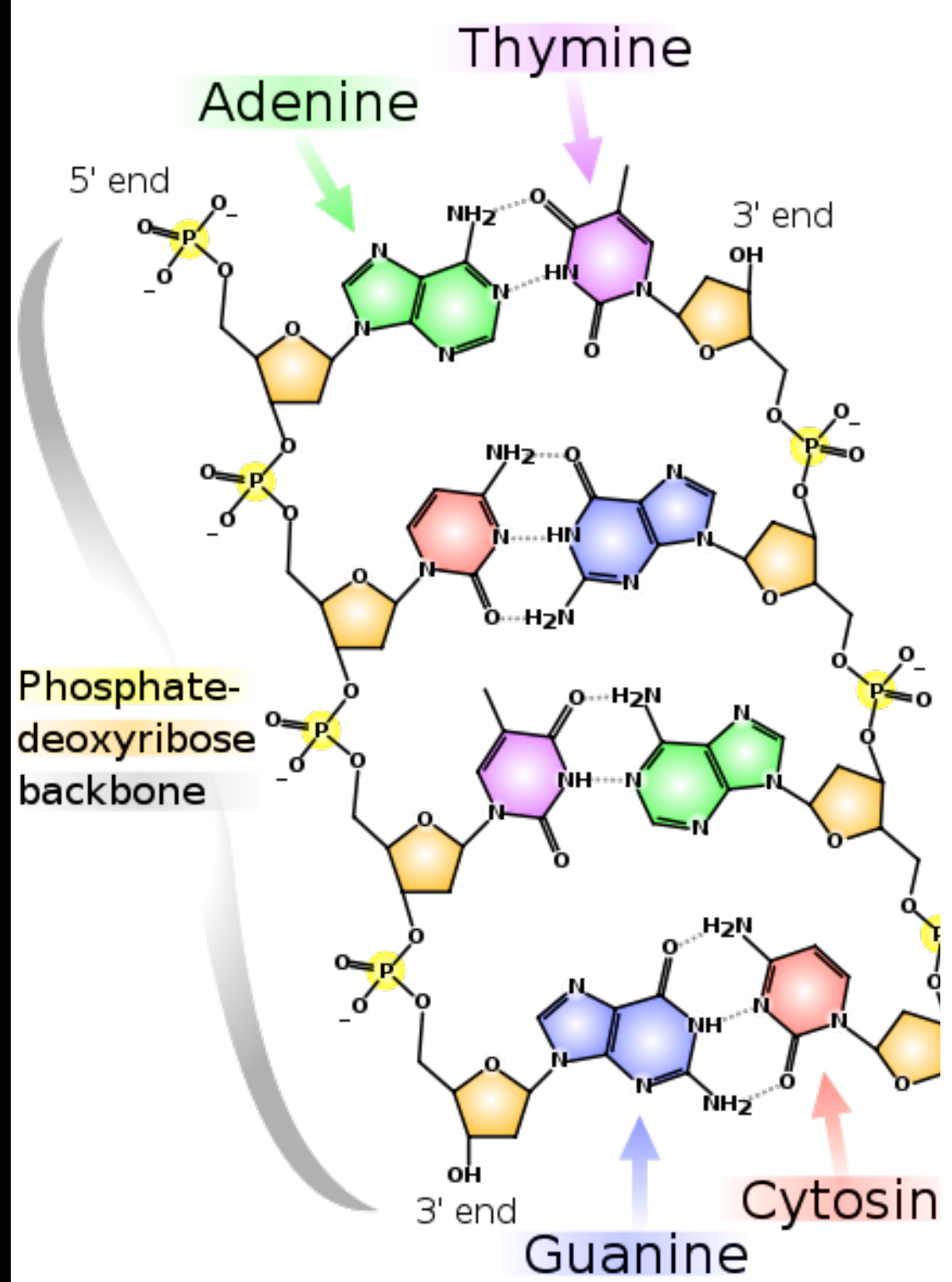
たんぱく質 (生体高分子)

α ヘリックス



β シート





水素結合の特徴

- 大きなエネルギーを加えなくても、結合を切れる。
= 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。

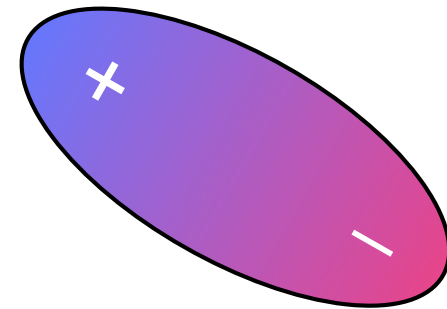
練習問題2

- イオン結合性の物質も、水素結合性の物質も水によく溶ける。次の水溶性物質が、イオン性か水素結合性かを推測せよ。

砂糖、塩 NaCl 、エタノール、重曹 NaHCO_3

ファンデルワールス力

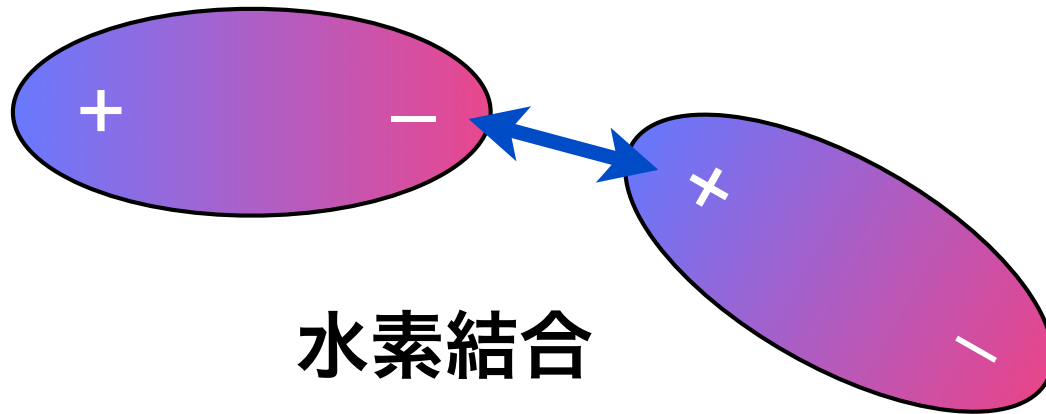
- 水素結合よりさらに弱い分子間力
- 双極子の間に働く力
- どんな分子の間にも働く



双極子

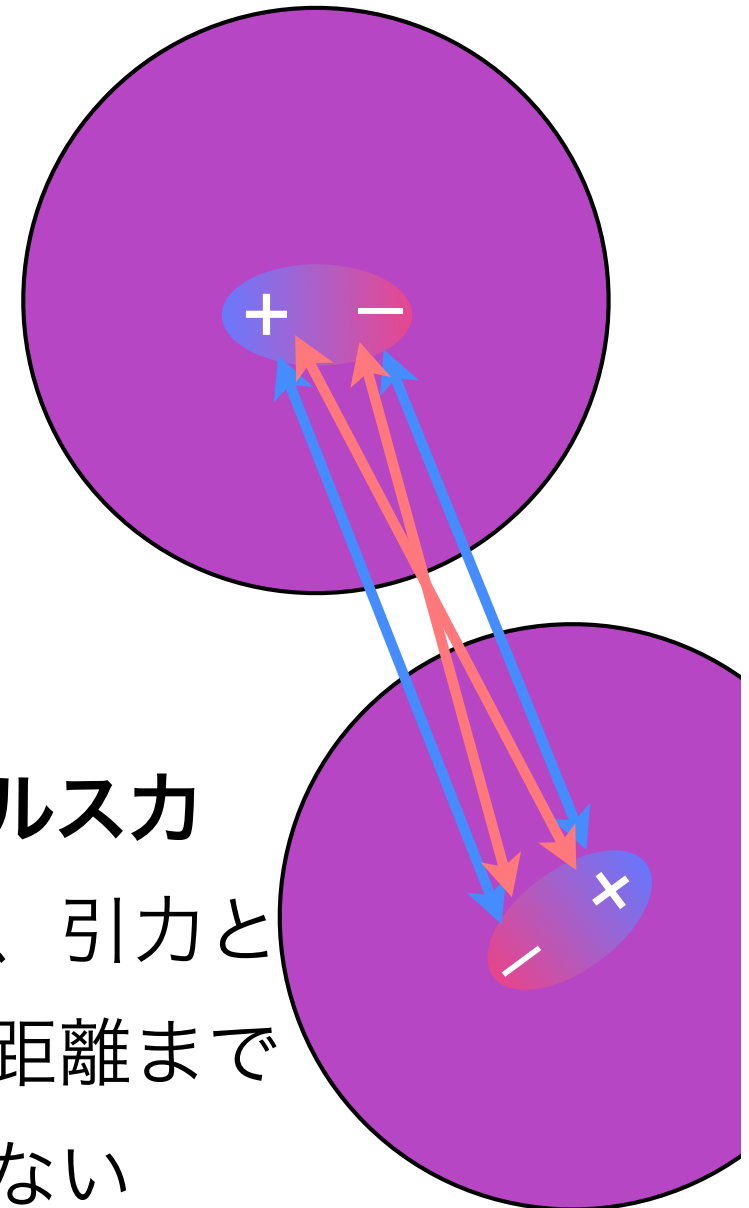
一つの物体に正負の電荷が
離れて存在する状態

水素結合との比較



水素結合

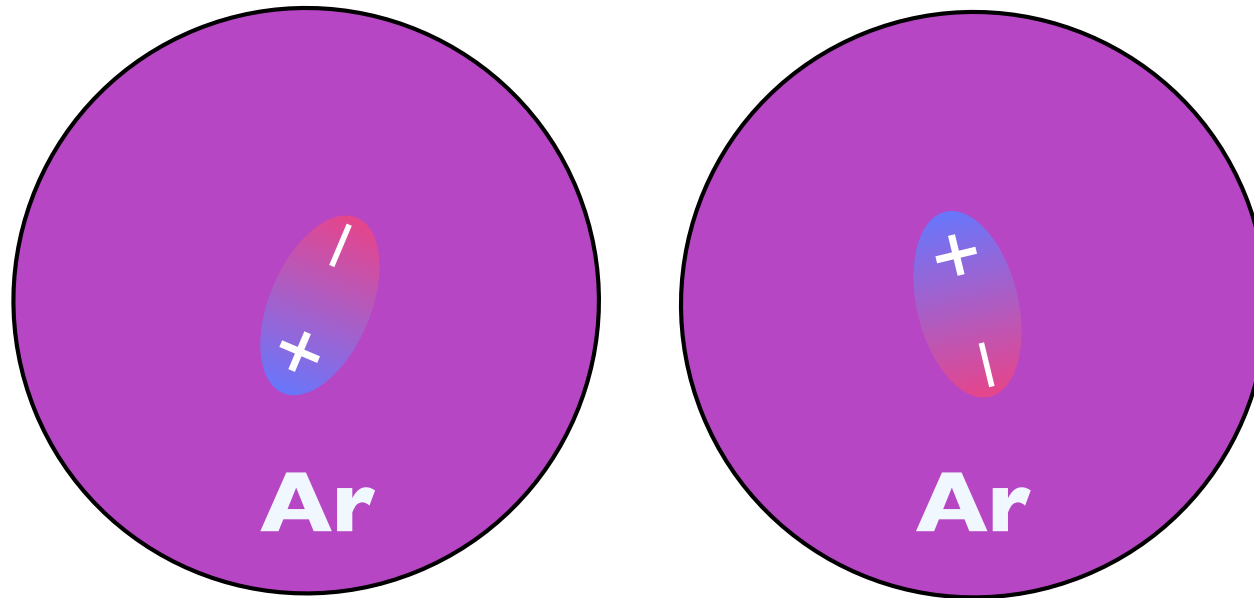
分極が大きく、正負の部分
電荷が直接相互作用する。



ファンデルワールス力

分極が小さいため、引力と
斥力が相殺し、近距離まで
しか力が及ばない

どんな分子でもファンデルワールス引力は働く



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によって、分極が生じて、引力が働く。

(ロンドン分散力)

結合の強さ比較

- イオン結晶

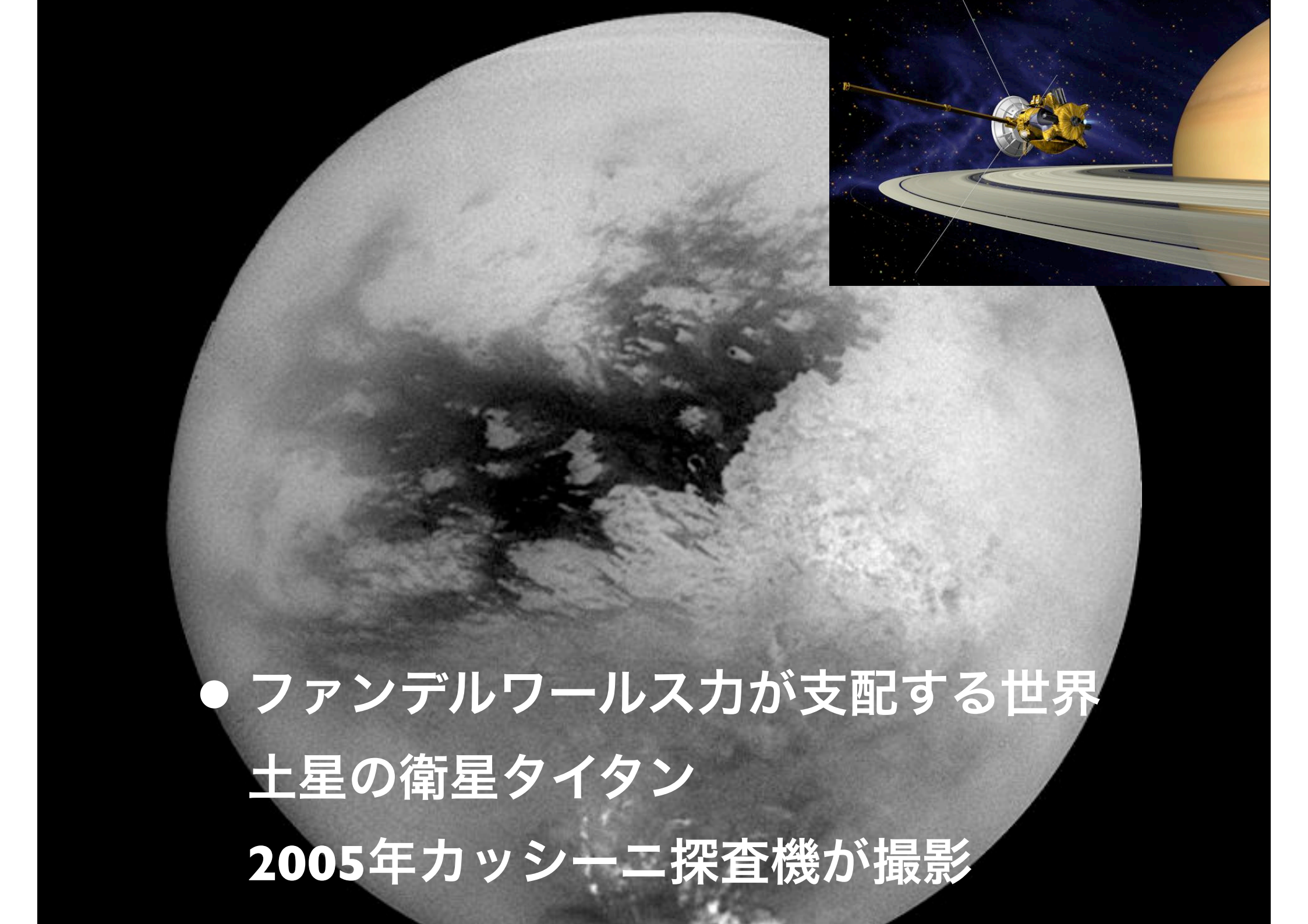
食塩 融点 800°C

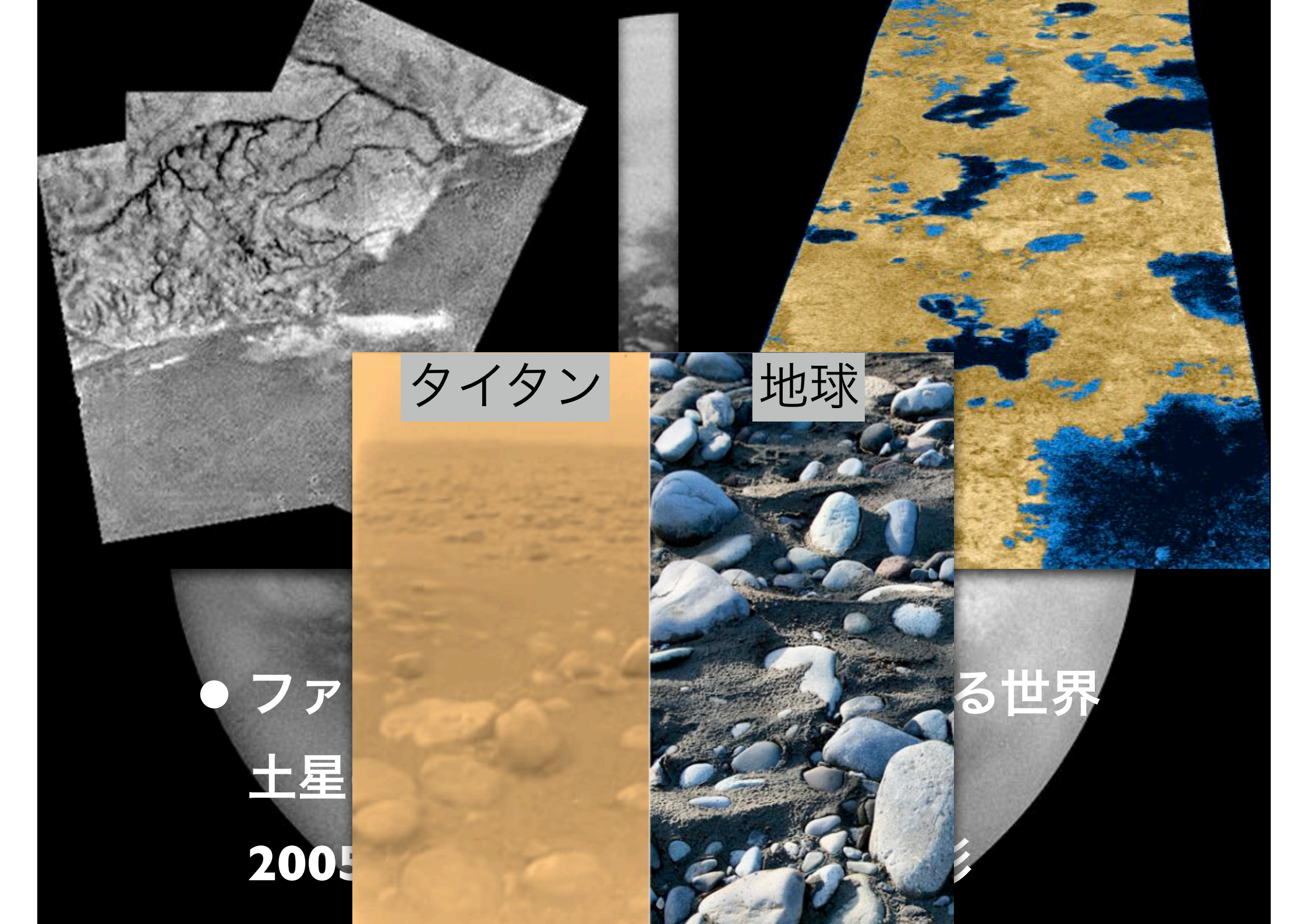
- 水素結合結晶

氷 融点 0°C

- ファンデルワールス結晶

固体酸素 融点 -183°C

- 
- ファンデルワールス力が支配する世界
土星の衛星タイタン
2005年カッシーニ探査機が撮影



タイタン

地球

● ファ
土星
2005

る世界



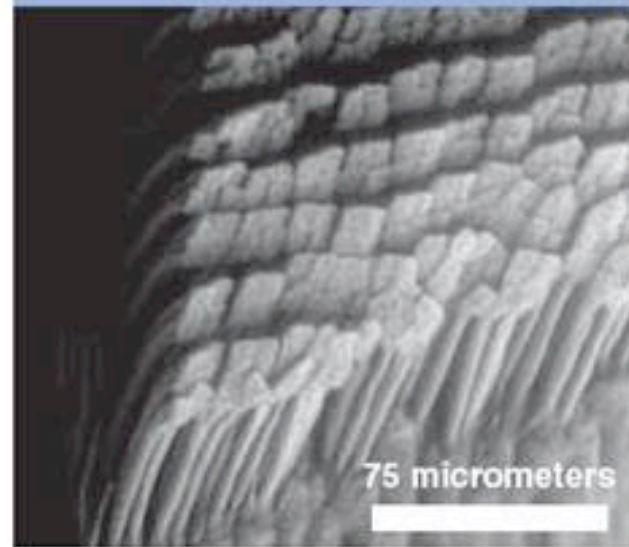
macrostructure



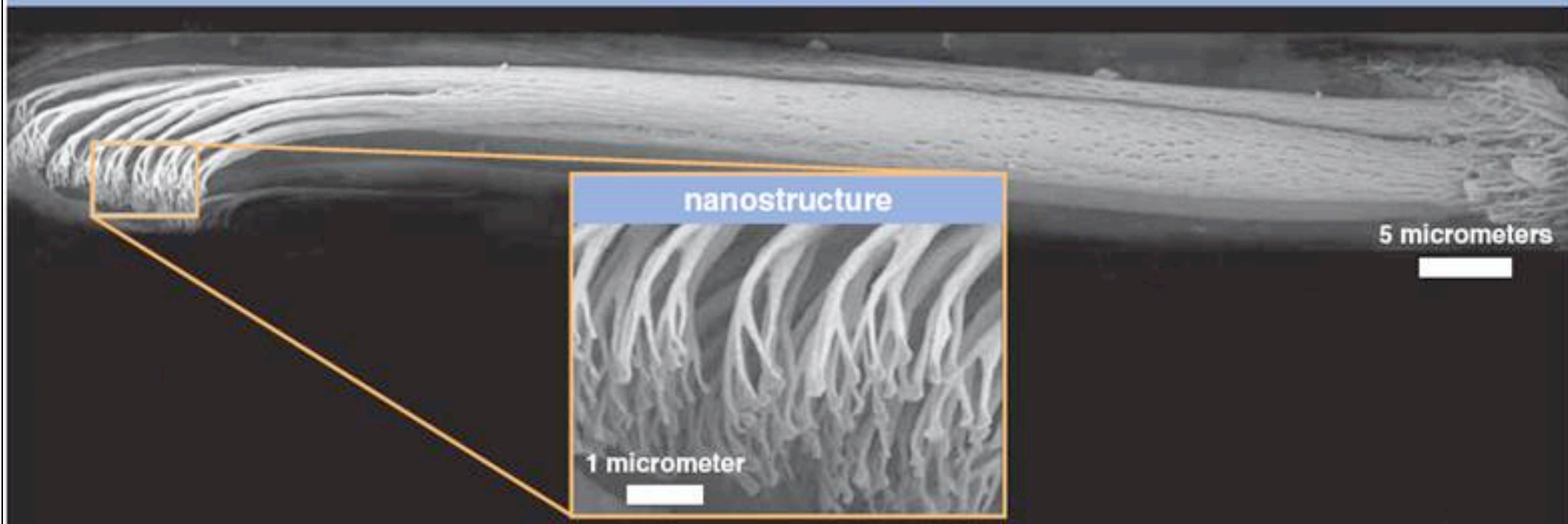
mesostructure



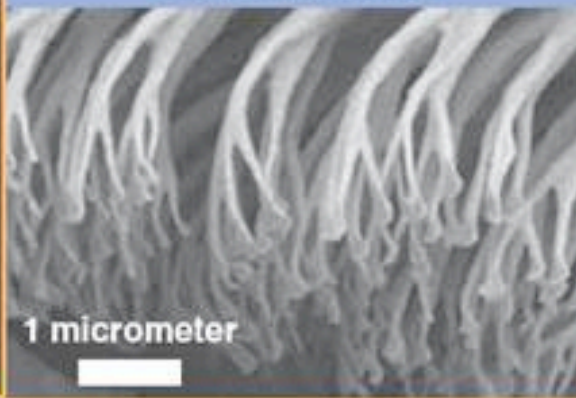
microstructure



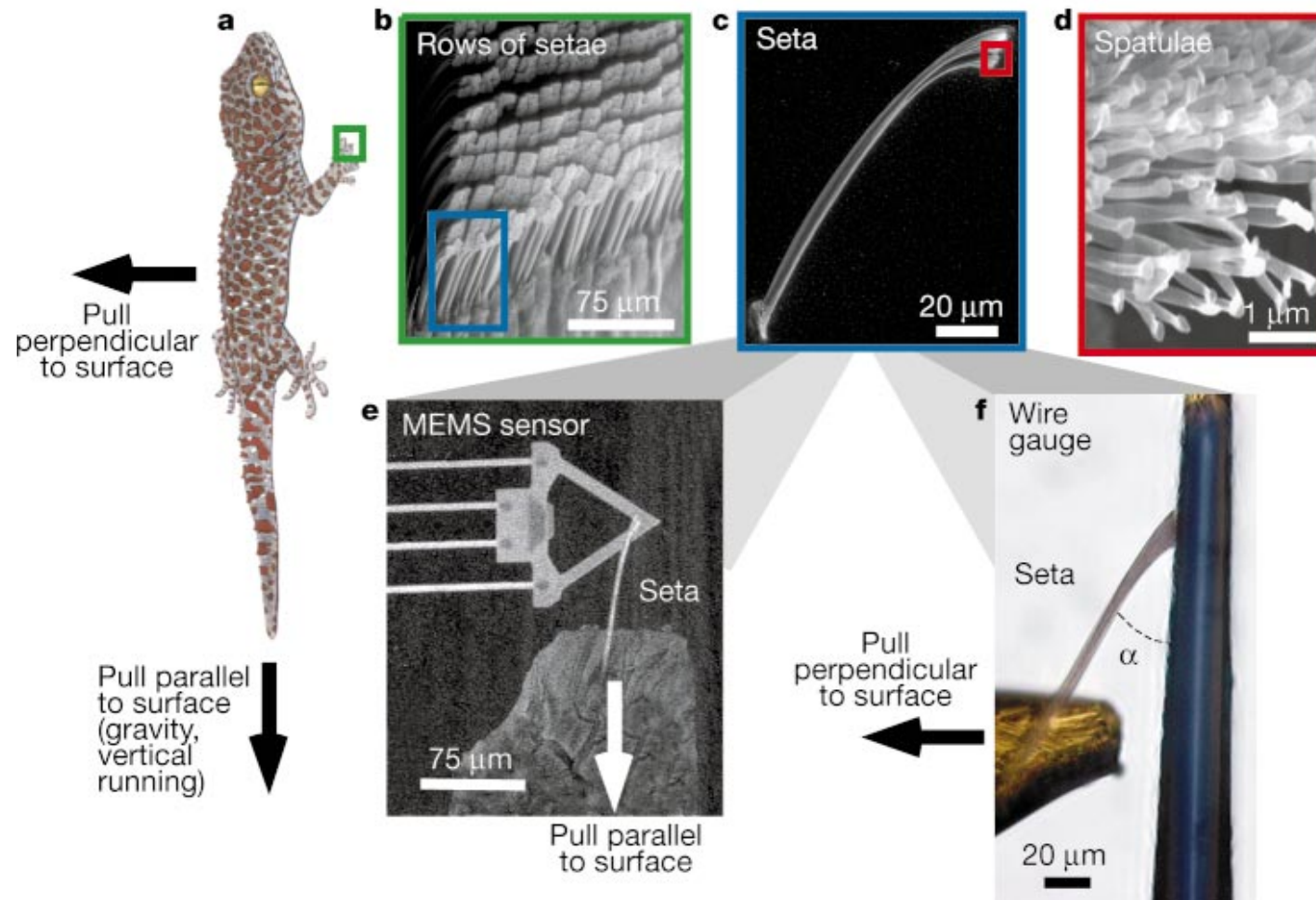
fine microstructure



nanostructure



Lessons to nature



Gecko setae and apparatus for force measurement. **a**, Tokay gecko (*Gekko*) with toe outlined. **b–d**, SEMs of rows of setae from a toe (**b**), a single seta (**c**) and its terminal branches of a seta, called spatulae (**d**). **e**, Single seta attached to a microelectromechanical system (MEMS) cantilever⁷ capable of measuring force pro-

duction during attachment parallel and perpendicular to the surface. **f**, Single seta attached to an aluminum bonding wire capable of measuring force production during detachment perpendicular to the surface. Angle between setal stalk and wire represented by α .