

高大連携講義 第 4 回は、理学部化学科の水谷泰久先生です

化学結合は「ばね」と同じようなものと考えよ！

物質は分子や原子からできていることは誰でも知っている。原子どうしが互いに結びついて物質が構成されるのだが、この結合は、のりで硬く接合したようになっているのではなく、バネのように力を加えると原子間距離が変化する、まさに「バネ」でつながっている状態と同じなのです。このような原子どうしの結合を上手く利用して面白い現象が起こせるのだ。

図 1 に示す水分子 H_2O は、水素と酸素とでは電子の親和度が異なるため水素原子より酸素原子のほうにより強く電子が引き寄せられる。そのため酸素原子側がマイナス(負)、水素原子側がプラス(正)の電気を帯びて水分子は分極する(極性分子)。この水分子に上向きの電界(上が負、下が正となる)をかけると、図 2 の矢印向きの電気力が生じて、水分子が変形し縦に伸びる。逆に下向き電界を加えると電気力が逆となり、図 3 のように水分子は縦に潰れる。これは音楽で使われる「おんさ」と同じ変形振動で、特定の振動数¹で振動することが知られている(固有振動という)。この振動のリズムに合わせて電界を変化させてやると水分子が共鳴して激しく振動する(加熱される)。電子レンジはこの水分子の振動を利用したものなのだ。水分子のリズム(固有振動)に合う電波を使うから、水分子だけを温めることができるがリズムが合わないお皿は加熱されないのだ。

この原理は化学分析装置にも使われている。高分子化合物の C-C や C-H の単結合、C=C の二重結合などの振動に対応する電磁波を当ててやると共鳴によりその電磁波だけを吸収する。吸収する電磁波の振動数から「結合の存在」を特定できるのだ。この原理を用いた分析装置が「赤外線吸収分析装置」というものなのだ。(赤外線も電磁波ですよ！)

化学結合をダイナミックにとらえて(物理学の発想)考えることで化学の姿がより深くなるのだ。くっついたり離れたりする化学結合には、このダイナミックな発想(物理学)が欠かせない。

高校物理学で説明すれば、フックの法則「バネの力 f はバネの変形(伸びや縮み) x に比例する(バネ定数 k のとき、 $f = -kx$)」と、ニュートンの運動法則「物体の加速度 a は加えた力 f に比例し、質量 m に反比例する($f = ma$)」の2つの関係式と、微積分学を使うのだ。

バネ定数 k のばねと質量 m のおもりでは、振動数が $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$ 、周期²が $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ になる。振動数や周期はバネ定数 k と質量 m だけで決まる固有の値(振幅に無関係)になるのだ。固有振動数は、バネが硬いほど大きく、重い物体ほど小さくなる。重い自動車の乗り心地が良い理由だ。設計が良くても軽自動車にない大型乗用車の価値がここのなのだ(燃費は悪いのが欠点だが)。

数学や物理は自然科学の基盤の知識だから、化学・生物の研究分野でも重要になるのだ。(志)

1 単位時間に振動する回数をいう。通常は1秒間の振動の回数で、単位はHz(ヘルツ、ドイツ語の心臓に由来する単語)。
2 1回振動する時間をいう。周期は振動数と逆数の関係になっている。通常では周期の単位は秒を使う。

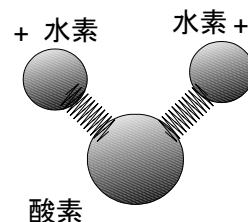


図 1 水分子(極性分子)

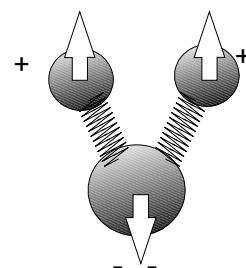


図 2 水分子(縦に伸びた)

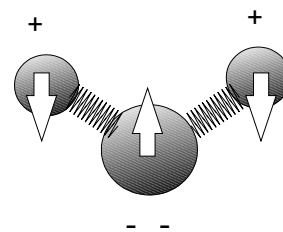


図 3 水分子(縦に潰れた)