

化学教材の視覚化（実験）

土田 悠貴 川上 一弘 木藤 聡一 国本 浩喜 千田 齊
金沢大学大学院自然科学研究科物質工学専攻
yuki.tsuchida@hotmail.co.jp

1. はじめに

現代社会は多くの機能性物質や化学反応を応用した科学技術によって支えられている。また、われわれの身近なところでも様々な化学反応が起こっている。初等教育から高等教育の化学教育において、化学反応は試験管の中だけで起こっているのではなく、身近なところでも起こっていることを認識させることが重要な課題となっている。

学生にとって化学反応に対する理解を妨げている一つの要因は、反応にともなう色や温度の変化や、光の発生などの五感で感じられる巨視的な現象と分子や原子、イオンなどの間で起きている微視的な現象のイメージが結びつかないことにある。この二つを何らかの方法で関連付けることが必要になる。

2. 問題の改善案

電子顕微鏡その他の高性能な機器を用いても見ることでできない世界を図やアニメーションなどで説明したものを用意し、ライブラリー化する。学生はこれを予習や復習の際に視聴することによって、知識不足を補うことができ、化学に対する理解がより深まると考えられる。

また、化学の講義においても、学生が理論的な反応機構などを文字や音声だけで理解することは容易ではない。たとえば、『原子や分子は非常に小さく目に見えない。そして、原子や分子はその速度に違いはあるものの絶えず振動、回転、並進といった運動を行っている』とか『化学反応によって化学的変化が動的に起こっている』というような言葉だけでは理解しにくい化学の基本的な概念の説明を教科書と黒板と講義者の声だけ

で行っているのが現状である。化学の基本的な概念や化学反応のメカニズムについてアニメーション（図 1）やムービー、分子グラフィックス等を用いて解説を行うことが可能となるならば、学生の理解もより深まると考えられる。

ここでは、配位結合の講義を例に、用いる補助教材などを説明する。今回、配位結合の講義を選んだ理由として、配位結合により説明される化学反応には、反応過程において様々な色変化や沈殿物の生成など視覚的に反応の進み具合を判断できるものが多いため、これらを説明する際にムービーやグラフィックスなどの手法を用いることが極めて有効となると考えたからである。

（1）反応過程のムービー

本学の教養的科目の化学実験で実際に行われている $K_3[Fe^{III}(C_2O_4)_3] \cdot 3H_2O$ の合成とその結晶作成実験の様子を実験手順にしたがって撮影した。

この実験は反応の進行とともに色が鮮やかに変化し、どの時点でどのような反応が起こっているか判別しやすい。また、生成する結晶は鮮やかなエメラルドグリーンで見た目に美しいといった特徴がある。

（2）分子グラフィックスとアニメーション

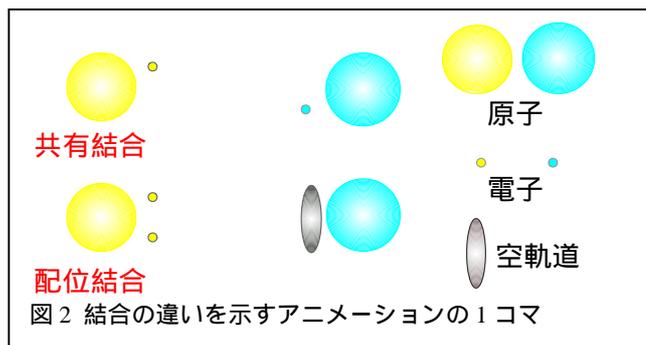
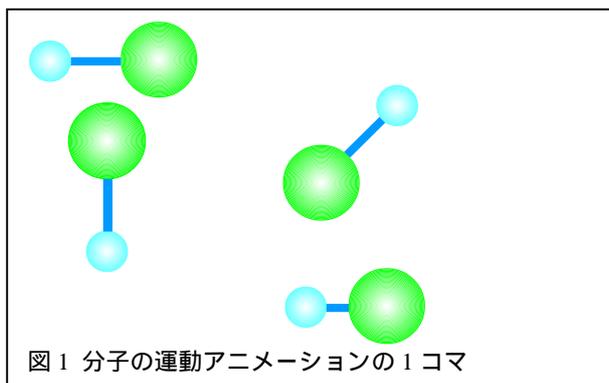
配位結合と共有結合の違い、中心金属の電子配置や混成軌道、さらには反応機構などを示した。

理解しがたい概念を誰でも理解できるよう、しかも興味を持って視聴できるよう工夫した。

3. 配位結合の講義

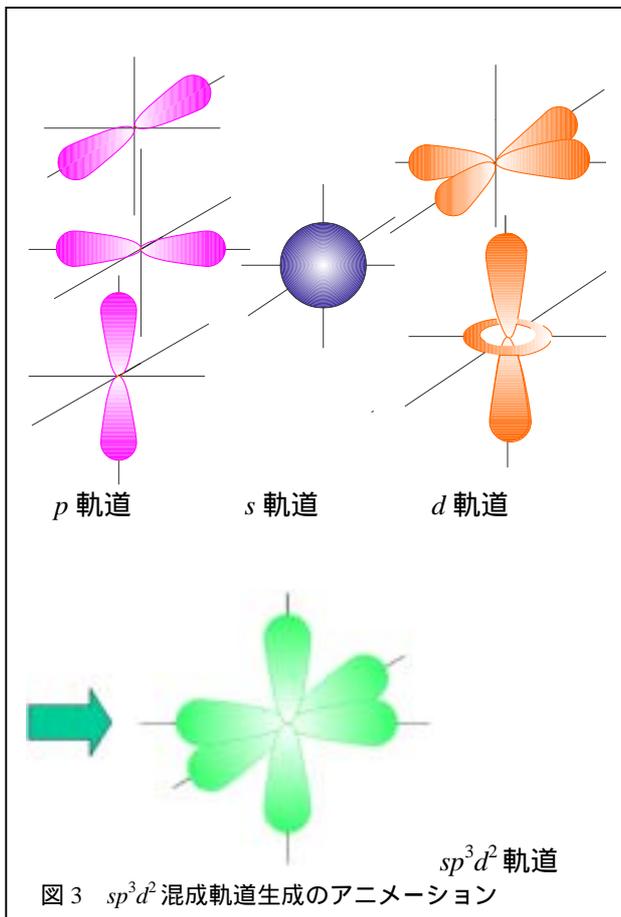
最初に上記 2.（1）のムービーを視聴させてから講義に入る。

通常の共有結合では二つの原子が互いに不對



電子を共有しあって化合物を生じる。これに対し、配位結合では二つの原子間において、一方の原子のみから電子を供与されて結合を生じる。この化学結合の違いを示すアニメーションを作成した(図2)。

配位結合をする化合物中では、化合物中のひとつの原子が、普通の原子価の理論で考えられるより多くの結合を作っており、配位化合物あるいは錯化合物と呼ばれている。 $K_3[Fe^{III}(C_2O_4)_3] \cdot 3H_2O$ の場合、1個の4s軌道、3個の4p軌道と2個の4d軌道から6個の空軌道が生じる。これらの軌道はそれぞれエネルギー準位が異なるのでそのまま結合を生じると等価な結合とならない。そのため、等価になるためにはこれらの軌道が混成する必要がある。すなわち、 $[Fe^{III}(C_2O_4)_3]^{3-}$ が生じるためには sp^3d^2 混成軌道を使うことになる(図3)。これらの説明を図3のように分子グラフィックスとアニメーションを用いて行えば錯化合物の構造を理解するのも役立つと考えられる。



ここで、時間があれば最初のムービーの実験内容を詳細に検討する。実験では最初に塩化鉄(III)水溶液(図4)とアンモニア水を反応させ、水酸化鉄(III)の沈殿を生成する。これをシュウ酸水素カリウム溶液に溶解していくと、溶液は無色から緑色に変わり、この時点で錯化合物が生成したことがわかる(図5)。これを静置すると緑色結晶(図

6)が得られる。塩化鉄(III)水溶液とアンモニア水の反応、シュウ酸水溶液と水酸化カリウム水溶液の反応、錯化合物生成反応など説明した分子グラフィックスとアニメーションを作成した。



図4 塩化鉄(III)水溶液



図5 錯化合物の水溶液



図6 錯化合物の結晶

4. まとめ

上に配位結合の講義について例示したが、この講義に限らず、次のような手法を進めれば講義内容の理解に役立つであろうと思われることを列挙すると

実験で示することができるものは、講義の最初にその実験手順に従って撮影したムービーを視聴させる。

実体験できない原子、分子などの大きさや形、またそれらの運動の様子をグラフィックスやアニメーションを使って示し、基礎的な概念の解説を行う。

理論的な概念もグラフィックスやアニメーションを使ってできるだけわかりやすく解説できるよう工夫する。

化学反応でどのような変化が起きているかを三次元動画を使って示す。

理論的な説明が一通り終わった後で時間があればの実験内容の説明をする。

などが考えられる。これらをライブラリー化しWeb上に置くことによって、予習や復習等の際に自由に視聴することができるようにしておく。

化学は実際に物に触れ、変化を観察することが大切なことはいうまでもないが、それと同時に微視的变化を認識させることが大切である。上に示したような視覚化教材を使用することによって実際には体験できない現象を擬似的に体験させることはある程度可能であると考えられる。どこまで理解させることができるかは、教材の良し悪しにかかわるので、学生からのアンケートなどをもとに絶えず改良していく努力が求められる。