

# 授業で用いる化学分野の模型

鳥山 由子 （元筑波大学教授）

化学変化に伴う原子や分子・イオンなどのイメージを描くための模型のいくつかを紹介する。

## 〔模型を使うときの配慮事項〕

- ① 基本的に、模型を操作することを通して理解させる。
- ② 生徒 1 人ずつに 1 セットの模型を用意し、自分で操作させる。
- ② 模型は、「説明のための手段」にすぎないことを常に意識させる。  
(原子や分子は、どんなに視力が良くても、顕微鏡でも見えないものである。)  
(「説明の手段」にすぎないことを実感させるために、身近な日用品を使った模型も有効である。)

## 〔化学分野の模型の実例〕

### 1. 化学式・化学反応式の説明模型

市販の事務用マグネットボタン（またはマグネットシートを切ったもの）と、ホワイトボード（生徒 1 人に 1 枚）を用いて、以下の状態に対応する模型をホワイトボード上に作成させる。

#### （1）原子と単体

例：水素原子と水素分子の違いをモデルで表す。

#### （2）化合物

水、二酸化炭素、アンモニア等の化合物をホワイトボード上に表す。

結合角や距離は無視し、2 種類以上の原子がつながって化合物ができていることが理解できていれば良い。

#### （3）化学反応式

中学校で初めて学習する化学反応式をホワイトボード上に表す。

このとき、原子の種類と数は反応の前後で変わりがないことを理解して、ホワイトボード上に、左辺右辺に分けて反応に関わる物質を表現する。

例：  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

#### （4）日用品を使ったモデル

視覚に障害がある生徒は、「原子や分子は小さい」と聞いても、「目が見える人なら顕微鏡で見えるのか」と思ってしまうことがある。

そのような誤解を避けるために、誰にも見えないことを明確に伝えることが必要である。また、実在の原子の形は模型の原子の形と同じだと思い込まないために、あえて、原子の形とはほど遠いが洗濯ばさみやクリップなどの日用品を原子に見立てて、その組み合わせで分子モデルを生徒自身に作らせることも有効である。

## 2. 原子の電子配置、イオン、共有結合、配位結合

### (1) 原子の電子配置

電子配置を表すボーアのモデルに対応した同心円を描いた円形の紙（点字使用者のために、同心円は裏からルレットで描き、触って分かるようにする）をホワイトボードに載せて中心にマグネットボタン（原子核）を置く。この紙の同心円の線上に、マグネットボタン（電子に見立てる）を置いて、水素から、アルゴンまでの電子配置を表す。

### (2) イオンの電子配置

ナトリウムイオン、塩化物イオンの電子配置を、上記の模型で説明する。正イオンの場合は原子に比べて電子が欠けていること、負イオンの場合は原子に比べて電子が多いことを電子配置モデルの作成を通して理解する。

### (3) 共有結合

最外殻の電子の配置を表すための円形の紙（K殻、L殻、M殻に応じて半径を大きくしたもの）をホワイトボード上に置く。

その丸い紙の縁（円周）をK殻~M殻に見立てて、最外殻の電子をマグネットボタンを配置する。

水、水素分子、酸素分子、アンモニア、二酸化炭素の電子の配置をモデルで作成し、電子対を共有することで結合ができることを理解する。

### (4) 配位結合

(3) で作成したアンモニア分子のモデルの孤立電子対に、プラスイオンである水素イオン（電子を一つも持たない）が電氣的に引き合っ、アンモニウムイオンを作る配位結合を模型で表す。この場合、窒素原子4つの水素原子との共有電子対は、結果として4カ所とも同じであるが、アンモニアができる場合の共有結合（電子が窒素と水素からそれぞれ提供された）と、アンモニウムイオンになるときの配位結合（アンモニア分子から2つの電子が供給された）との違いを理解する。

### 3 有機化学で用いる分子模型

#### (1) 市販されている有機化学用模型（HGS分子構造模型）の活用

市販品は原子の種類が色分けされているので、黒玉（炭素）はそのまま、赤玉（酸素）には小さい紙片を各面に貼り、緑玉（窒素）の表面は紙やすりで擦って触感で違いがわかるようにして用いる。

#### (2) 分子構造モデルセット1箱を各生徒に与えるのではなく、以下の例のように必要なパーツを各生徒に1式ずつ与えて自分で操作させる。その際、パーツの散逸を防ぎ、探しやすくするためにトレイの中で操作をさせる。

#### 例1 鎖状炭化水素の構造

- ① メタン、エタン、プロパンの分子は組み立てたものを観察する。
- ② ブタンについては、水素を省略して炭素4個で骨格のみを作る。  
(炭素が4個以上になると異性体ができることに気づく)
- ③ 炭素5個（ペンタン）、炭素6個（ヘキサン）について、炭素のみで骨格を作り、何種類の異性体ができるかを考える。  
(この段階で教科書の図と比較して、平面に描かれた構造式と、立体的な模型との関連を理解させる。)

#### 例2 エステル結合（脱水縮合）

- ① 教師があらかじめ組み立てた酢酸の分子模型とエタノールの分子模型を1セットずつ生徒に与える。生徒は、各分子のどの部分（H と OH）が結びつくか、模型を触って考える。
- ② ①の模型上で脱水縮合を実行し、酢酸エチルと水ができることを理解する。また、酢酸エチルの構造を、分子模型を触りながら音声で読み上げる。さらに教科書に示された構造式や示性式（構造を読み上げたときと同じ）と比較して、分子の構造を表す方法を理解する。
- ③ 授業は実験を中心に進める。各実験の後で必ず、上記 ①、②に準じて、反応前の物質（模型）から反応後にできた物質（模型）を生徒が自分で作って理解する。さらに、構造式を確認し、実験ノートは示性式でまとめる。（教師は生徒のノートを必ず点検して定着させる。)

#### 例3 複雑な分子構造を簡略化する

HGS分子構造模型でベンゼン等の芳香族の模型を作ることは可能であるが、能率化のために、いったんベンゼン環の構造が理解できた後は、簡略模型（六角形の板に6つのジョイント棒があるもの）を用いる。

#### 4. 元素の周期表の構造を理解するための工作

元素の周期表にはいろいろな形がある。

ここでは、教科書に掲載されている「長周期型」の周期表の構造を理解しやすくするために、点字を用いる生徒でもできる「半立体型周期表作り」を紹介する。

- (1) 現在、高等学校教科書に掲載されている元素の周期表は、1 族（アルカリ金属）から 1 8 族（希ガス）までが横軸として並んだ長周期型周期表である。この周期表を原子の電子配置のパターンに応じて構造を理解するために、次の 3 つのパーツに分割して考える。

- ① 典型元素 1 族、2 族、1 3 族～1 8 族
- ② 遷移元素 3 族～1 2 族（ただし③を除く）
- ③ ランタノイド、アクチノイド

- (2) 印刷された周期表の余白部分（元素が入っていない部分）を切り取る。

周期表を、上記 ① ② ③ の 3 部分に切り分ける。

ただし、実際には、①と②は切り離す必要はなく、2 族と 3 族の間（第 4 周期で言えば、**Ca**と**Sc** の境目、および**Zn** と**Ga**の境目）を谷折りにして、さらに、7 族と 8 族の間（第 4 周期で言えば、**Mn** と **Fe** の境目）を山折りにして、2 族と 1 3 族（第 2 周期・第 3 周期で言えば、**Be** と **B**, **Mg** と **Al** が隣同士で並ぶように、裏からセロハンテープなどで止める。こうすると、典型元素が一続きになり、遷移元素が飛び出した形になる。

典型元素の紙を丸めて、1 族と 1 8 族が隣同士になるように、セロハンテープなどで止める。こうすると、典型元素が円筒形に並ぶ。本当は、原子番号の順に円筒形の上部から「らせん階段」を下りるように回ってくると一回りしたところで同族元素の下に来るわけであるが、1 族と 1 8 族の接合部分は上下に枠の半分だけずれていることを頭の中で理解する。

上記作業のうち、セロハンテープで止める作業は生徒が行う。このことにより、周期表の典型元素と遷移元素の関係が電子配置の上で理解しやすくなる（ランタノイド、アクチノイドは、元々別表になっている。この段階では、3 族の第 6 周期、第 7 周期のそれぞれ一つの枠（部屋）に 1 5 ずつの元素が入るという構造がわかればよい）。