

栄養士教育における化学物質の立体構造の教育効果

中西（増野） 亜実

Understanding three-dimensional conformation of molecules in dietitian training programs

Tsugumi NAKANISHI-MASUNO

Abstract

There has been a growing need for dietary education to realize high quality of life. Total design of dietary inevitably requires scientific knowledges of chemical reaction at digestion and absorption of food at a molecule level. Three-dimensional conformation of molecules, polymers, and protein substances is helpful for students to understand visually how and why they react with each other in human body. Here, a case example in dietitian training programs using molecular modeling kits is shown.

Keywords: Molecular model (分子模型), Stereochemistry (立体化学)

1. はじめに

本校の食物栄養学科においては、栄養士養成を目的として専門科目、教養科目を充実させている。その中でも栄養士免許取得のための必修科目として、調理学、食品学、栄養学、生化学、解剖生理学がある。前者の3つにおいては、家庭では「料理を作る、食事」という形で非常に身近な分野であり、ひと昔前までは「家庭科」の裁縫、掃除とならぶひとつの単元であったかもしれない。しかし、近年、糖尿病に代表される現代病が蔓延していることから、食事が単なるエネルギー摂取ではなく、「栄養士」「栄養教諭」による栄養バランスのよい食事指導、いわゆる食育が注目され始めている。

調理学、食品学、栄養学を理解するには、

化学の知識が必須である。なぜなら、カルシウム、グルコサミン、DHA など、CM でよく耳にする食品に関する単語は、それぞれ、 Ca^{2+} 、 $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_5$ 、 $\text{C}_{22}\text{H}_{32}\text{O}_2$ というふうに化学式に置き換えることができるからである。さらに言い換えると、料理の各手順は、すべて化学反応で表すことができる。したがって、食品に含まれる物質を化学的に理解することができなければ、調理による物質変化を議論したり、予測することができない。

化学反応は、立体構造がベースとなっているのだが、高校の化学ではなかなかそこまで掘り下げる時間もなく、ノートには化学反応式が羅列される。例えば、炭酸水素ナトリウムの分解反応は、以下のように表される。



この化学式を単純に丸暗記している人も多いのではないだろうか。この化学反応は加熱することにより反応が進行する。食材に加えて、加熱すると、二酸化炭素が発生し、パンやケーキを、ふくらませることができる、すなわち、調理の際にみられる反応と同じである。

学校で学んだ化学と、暮らしの中に存在する化学との間には深い溝がある。教育学における科学離れとも関係するが、日常において観察される事象は分かりやすいが、その事象が起きる理由を考える場合、肉眼では見えない分子レベルの反応を想像する必要がある。その世界は、自分とは無関係に存在するとして「実感として事象をとらえにくい」ことが示唆されている。(池田・田中 2009)

栄養士必修科目のひとつである「生化学」は、生体内における化学反応のことである。生体内では、調理のように、高温で加熱することはできない。体内では、酵素がその役割を担っている。加熱してエネルギーを加えるのではなく、酵素によって反応エネルギーそのものを下げるのだ。酵素は、タンパク質でできており、酵素反応は、酵素と基質(反応物のことを、酵素反応では基質とよぶ)の立体構造の認識によってのみ起こる。これを「カギとかぎ穴の関係」という。

食品成分表には、食品に含まれる栄養素の含有量が示されている。これまでは、この含有量を中心に献立が決められていた。しかし、昨今においては、どれだけの栄養素が人体に有用に働くかが重要なポイントとして注目され始めている。ヒトが食事をする時、食べ物は食道を通過して胃で消化され、小腸で吸収される。しかし、食品成分表に書かれた栄養素がすべて吸収されるわけではない。調理方法によって、吸収率が異なる。そして、吸収という化学反応もやはり吸収する側と吸収される側の立体構造によって制御されている。

したがって、栄養士を目指す学生にとって物質を化学式に置き換え、その立体構造を頭

の中で組み立てることは、調理学、食品学、栄養学を本質的に理解することにつながる。

科学離れを解消するため、様々な教育ツールが開発されている。例えば、バーチャルリアリティ(VR)による空間認知である。理科の天文分野において太陽系シミュレーションを用いた月の満ち欠けの学習に実践された例がある。(久保田2007)。また、東京書籍(株)出版の高校化学では、冊子体教科書に記載されている分子構造式にiPadなどの電子機器をかざすことで3Dの分子モデルを視覚化することができる。

しかし、VRやiPadでの分子モデルは、3次元的な視覚情報を補うことはできるが、触覚を刺激することはできない。本研究では、大阪夕陽丘学園短期大学の教養科目のひとつである「化学」で、立体構造の認識の強化のため分子模型を用いて実習形式で授業を行ったので報告する。

2. 方法と結果

2.1. 分子模型を用いた立体構造の認識

2017年度前期教養科目、化学の受講者(2クラス、それぞれ54名、56名)を、7、8名ずつ8つのグループに分けて行った。使用した模型は、[丸善 HGS 分子構造模型 C 有機化学学生実習用セット] および [丸善 HGS 分子構造模型 B 型有機化学用セット]である。

各班に、4種類の原子、炭素(黒)2個、酸素(赤)2個、窒素(青)1個、水素(水色)6個、結合を表すスティック 1.10\AA 4本、 1.54\AA 4本、二重結合用の曲線2本、不對電子対を示す羽根型2つずつを配布した。

課題は、メタン、水、アンモニア、二酸化炭素の順に組み立て、正しい立体構造ができていれば、配布プリントに立体的なスケッチをするというものである。黒板には各課題を和名で書くのみとした。本実習以前の授業ですでに化学式、電子式、構造式の違いについて説明してある。また、正四面体構造や直線

型など、3次元における立体構造についてもスライドや黒板の図を各自ノートに板書させている。

まず最初に、メタンを課題とし、教科書やノートを見直すように指示した。化学式と構造式が分かると組み立てを始めるのだが、分子模型を触るのが初めての学生が多いため、炭素原子と窒素原子を混同する班が30%あった。また、結合距離を考慮していない班が50%あった。2種類の結合を配布し、1.10 Åは水素と結合する場合、1.54 Åはその他の場合に使用すると板書で説明したのだが、1.10 Åと1.54 Åを混同して使用していた。この2点を口頭で指摘するとすべての班で正しい構造を構築できた(図1)。

2番目の課題は、水である(図2)。60%の班が間違えて狭結合角(図2-c)や直線型(図2-d)をもつ水を構築していた。不対電子対の存在を板書にて説明し、最も電子同士の反

発の少ないより広い空間を占有できる四面体構造に修正を促した。その結果、水が折れ線型になることに80%の学生が納得した(図2-b)。さらに、分子間に形成される水素結合を板書に示しながら、2つの水分子の模型を使って立体的に組み合わせた。水素結合の結合角と結合距離から、液体の時より固体の時の方が体積が増すことを説明した。例として、製氷皿に水を入れて冷凍庫で凍らせると表面が盛り上がる現象と関連付けて理解を促した。

3番目のアンモニアは、100%の班で正しい構造を構築できた(図3-a)。さらに水の例と同様に不対電子対を考慮することができた班も40%あった(図3-b)。

4番目の二酸化炭素は、2重結合を有する分子である。それに対してここまでの3つの構造は単結合のみで構成される分子である。二重結合には2本の曲線を用いてなければならない(図4-a)。ここでは、特に二重結合の構築方法を説明せずに構築させたところ、10%の班(各クラス1班ずつ)は、正しい構造を構築できたが、90%の班が全く分からなかった。何も構築しなかったり、単結合で表現しようとした(図4-b)。そこで、二重結合には2本の結合用スティックを使うよう指示したところ、20%の班が正しい構造を構築することができた。

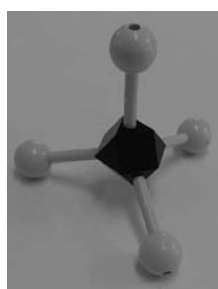


図1 メタン

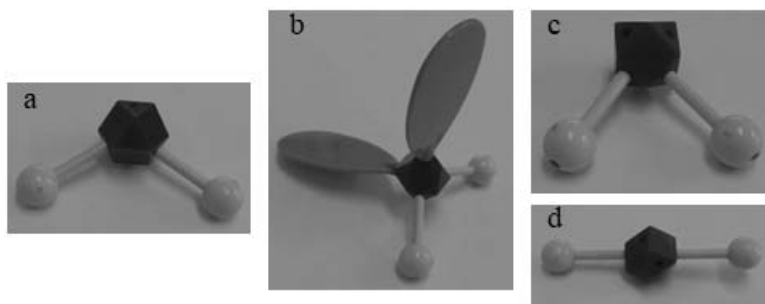


図2 水

- a 基本の模型
- b 不対電子対を羽根で表示した模型
- c 結合角が狭くなっている間違った模型
- d 結合角が広がっている間違った模型

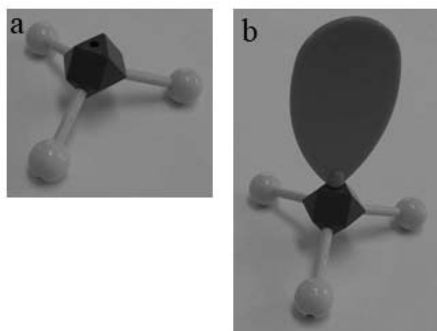


図3 アンモニア

- a 基本の模型
- b 不対電子対を羽根で表示した模型

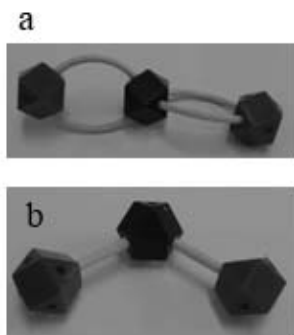


図4 二酸化炭素

- a 基本の模型
- b 二重結合が単結合になっている模型

2.2. 分子模型のスケッチ

4種類の正しい分子模型を構築できた班から、スケッチをさせ、レポートとして提出させた。その結果、正しくスケッチできていたのは、約95%であった。明らかに不正解を思われるスケッチは、立体構造を2次元にとらえてしまっていたり、結合距離を考慮せずに描かれたものであった。

スケッチをする際に学生たちは分子模型を回転させ、どの角度から描くかを決めていた。グループ内で、結合距離や結合角に関する議論も聞こえてきた。この実習で、板書では分かりづらい3次元の結合角や結合距離について学生に認識を促すことができた。

3. まとめ

今回は、低分子を用いた研究授業であったが、今後はRNAやタンパク質などの高分子についても立体構造を主とした授業展開を考えている。ただ、今回用いた分子模型で高分子を構築するのは困難が予測されるため、3Dプリンターを用いて模型を作成することを検討している。RNAやタンパク質の立体構造は、データバンク (Protein Data Bank : <https://www.rcsb.org/pdb/home/home.do>) に登録され一般に公開されているので、その座標データから構築すればほぼ実物と変わらない構造ができると考えている。

4. 参考文献

- 1) 池田・田中. 2009「脳と心の科学」Cognitive Studies, 16 (3), 281-295.
- 2) 久保田ほか. 2007「太陽系シミュレーションを利用した月の満ち欠け学習の実践と効果」科学教育研究. 日本科学教育学会. vol.31, no.4, p.248-256. 7