

2年生特別研究

46 化学分野1「分子間に働く相互作用」

(1) 研究開発の概要

今年度の特別研究の教材開発にあたり、まず水分子間に働く水素結合を題材に選んだ。それは昨年度の経験から、高等学校で学ぶ化学の多くの分野に関係する基礎概念を印象づけることはもちろんのこと、水という馴染みのある物質と最先端科学の関係、さらには我々のセンサーとして味覚と分子間相互作用など、多くの経験を生徒に認識させることができる考えたためである。

(2) 研究開発の経緯

この特別研究は、名古屋大学理学研究科の大峯巖教授の講演「水、水、水、この豊かな物質」をメインに据えている。また大峯先生の講演に先立って、生徒にその講演の理解を助けるよう授業で「水素結合」に関する十分な説明を加え、かつ定期考査での出題範囲に設定し、生徒への定着を図った。

さらに昨年度の「超分子化学」で実施した実験のダイジェスト版を実施するとともに、水素結合を経験させることも行った。

ただし大峯先生の専門は物理化学であるため、その講義の内容は抽象性が高くなることが予想された。昨年度に行った評価には「多くの生徒が抽象性の高い概念を嫌う傾向が見られる」という事実もあったので、より分かりやすい身近な経験をさせることが必要と考えた。

その反省に立って、分子間相互作用という観点から「味覚」をテーマに設定し、味覚修飾植物であるギムネマやミラクルフルーツの研究では第一人者である東京医科歯科大学特別講師の島村光治先生に講義をお願いし、実際に味覚修飾物質を体験しながら、生徒の実感に訴える機会とした。

(3) 仮説（ねらい、目標）

この特別研究のねらいは、いくつかある。まず生徒に対する効果という観点からは、以下の6つがあげられる。

ア 大峯先生の講義を聴くことで、科学研究のダイナミズムを実感する。

イ 同じく大峯先生の講義により、水というありふれた物質にも、未知の領域が多くあることを実感する。

ウ 味覚修飾物質を経験することで、人間の味覚がセンサーによって成り立っていることを実感する。

エ 事前実験を通して、水素結合に関係した事象が身近にいくらでもあることを実感する。

オ すべての経験を通して、科学が知的に面白いことを実感する。

カ 高等学校で学ぶ化学が、そのまま最先端の化学に直結していることを実感する。

(4) 研究の方法および内容

ア 対象生徒 2年理系生徒全員（約220名）

イ 実施日時 平成17年6月

ウ 実施内容

(ア) 水素結合に関する解説と定期考査への出題

(1) 水素結合に関する事前実験

水分子の特徴を理解する

極性分子の代表例である水分子の構造を理解したうえで、静電気による水流の曲がりを確認した。

コンピューターシミュレーションによる水素結合の視覚化

理科ネットワークのコンテンツにある水のシミュレーション、名古屋大学情報文化学部の笹井教授から提供していただいたシミュレーションを通して、水分子間に働く水素結合の様子をグラフィカルに確認させた。

水素結合の強さを実感する。

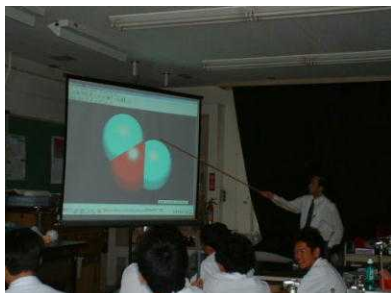
タルク粉を水面に撒き、そこに洗剤を垂らす。その時に生ずるタルクの動きを観察することで、水分子間に働く水素結合の強さを実感する。また表面張力もあわせて理解させた。

モルタルウによる氷の模型作成

氷の基本構造を理解するために、モルタルウを用いて氷の結晶模型を作成した。これにより、水素結合が正四面体方向に伸びていることを理解させた。

単分子膜法によるアボガドロ数の測定

単分子膜法によるアボガドロ数の測定を通して、分子間の相互作用と分子膜のできる理由を理解する。また、実際の測定を通して、アボガドロ数に近い数値が求まることを確認させた。



水分子の構造



水流を曲げる



膜の面積を測定する

- (ウ) 大峯教授による講演「水、水、水、豊かな水の世界」
(3年生の特別講演の項と重なるので省略)

- (I) 島村講師による講義「味覚修飾植物について」
ギムネマを体験する

甘味受容体を完全に阻害するギムネマの葉をなめたところで、砂糖やチョコレートを食べてみる。

味覚とは

- ・味覚とは舌や咽頭部などに分布した味蕾による水溶液に含まれる溶質のセンシングである。
- ・味蕾の数や分布位置は生物によって異なっている。たとえば蝇の味蕾は手にある。またナマズの味蕾は体の表面に分布している。
- ・それは個々の生物の生き残り戦略で、その機能が異なってくる。

味覚の種類について

- ・甘味はエネルギー源としての物質を判別するためのもの。
- ・苦みは毒物を判別する。小さな子供がピーマンなどの苦い野菜を嫌うのは、それなりの理由があることに注意する。
- ・酸味は食べ物が腐っているとき、生ずる有機酸を判別するためのもの。
- ・旨味は身体に必要なアミノ酸やタンパク質を摂取するために必要となる。

また、幾つかのアミノ酸を同時に摂取すると、相乗効果で旨味を強く感じる。

・最近ファーストフードでの食事が多いが、それでは味蕾を再生するときに必要な亜鉛が不足する。日本食を見直すことで、味覚障害を予防しよう。

味覚修飾植物について

- ・ギムネマに含まれるギムネマ酸は、我々の味覚のうち甘味を感じるセンサーに蓋をしてしまう。栽培は容易である。
- ・ミラクルフルーツは、酸味を甘味と感じさせてしまうミラクリンを含むアフリカ原産の果実である。
- ・クルクリンは水を甘く感じさせる性質を持つ。



島村光治先生



ギムネマの葉を口にする生徒達

味覚修飾物質の可能性について

味覚修飾植物の研究をはじめたのは高校生のときであった。それはまだ誰も手をつけていない分野であったからで、これからの発展や応用が大いに期待される。今のところの応用としては、糖尿病の食事療法や味覚教育への展開が考えられている。今日の講義に触発されて、君たちが斬新なアイデアを出してくれることを期待する。

(5) 検証（生徒のアンケート結果より）

ア 島村光治講師の講義に対する生徒の反応から
講義後のアンケートの結果を図1に示す。

a 講義はよく理解できましたか？

b 講義の内容に興味はもてましたか？

この2問から始まり、講義の内容の理解度をチェックするものであるが、ほとんど全員が「よく理解できた」「非常に興味を持った」と答えている。

この講義の狙いである「実体験を伴った分かりやすい講義を生徒に聞かせることで、理科を学習するための円滑な導入が図れたと思われる。

ここで特徴的なことは、男子よりも女子のポイントが全般的に高いことである。昨年の調査でも見られた「感覚的な刺激に対する女子生徒の応答性の高さ」がここでも表われている。

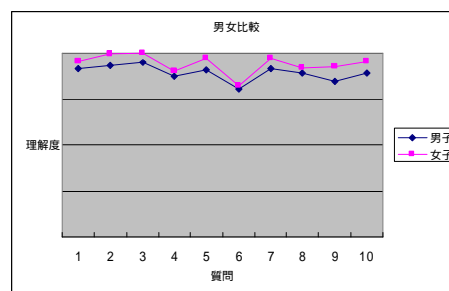


図1 アンケート結果から

島村先生の講演に関しても当初の狙いが十分に達成されたと思われる。お忙しい中、貴重な講演をしていただいた島村先生に、この場をお借りして感謝の意を表したい。

(6) 成果と反省

ア 事業内容全体の評価

本校のように対象生徒が全員という規模の大きい実施形態においては、やはり生徒のモチベーションをどのように維持するのかが大きな問題となる。見て面白い、日頃の授業の内容がよく分かるようになる、自分の知らないことに接することができる、最先端の学問に触れることができるなど、多くの生徒が対象となるだけに、個々の生徒が魅力を感じない部分は様々である。今回の事業は、そのすべての要素を含むものとして、位置づけることができる。

実施後のアンケートでも、6割の生徒が「講義を理解することができた」、また9割近くの生徒が「実験が面白かった」と答えている。ただ講義でも実験でも、抽象度の高い内容になると、「理解できた」と答えた生徒の割合は半分以下になることは問題である。

なお、この事業の結果については、SSHに関する本質的な評価として、部で改めて詳細に報告する。

イ 今後の課題

昨年に行った「超分子化学」では、報告書には「大きな可能性を秘めている」と記して、いろいろな展開が考えられることを示した。今回の教材は、そのひとつの実践であるが、その鍵になるのが「分子間相互作用」である。

「水素結合」や「分子間力」という基本的な現象を持つ豊かな世界を、いかに我々がイメージできるのか、すべての問題はそこに掛かっている。その内容が教科書の中の文字である限り、生徒に提示できる教材は黒板の文字のみで止まるのは当然の帰結である。今後も、身近でありつつサイエンスの奥深さを実感できるような教材開発を続けていく必要性がある。