

生きる力を培う理科指導の在り方

- 「溶液の性質」の単元指導を通して -

斐太高等学校 森下 眞弓

1 はじめに

入学当初の1年生は、中学校において実験中心に授業が行われてきているせいか、理科の授業に対してはかなりの期待を持って望む生徒が多い。しかし、多くの学校においてそうであるように、現教育課程では1年時に、化学の理論分野の計算やモルの概念を教えることになり、理科嫌いや理科は難しい教科であるという先入観を持つ生徒を増やしてしまっているのではないだろうか。本校においても、中学と高校の授業で最もギャップが大きい科目は化学であり、化学を難解な科目と捉えている生徒が少なくない。このことをあげて、高校理科教育の責任と言い切ってしまうつもりはないが、科学に対する興味を失わせることなく、観察力、知識、理解力・・・等を高めることが高校における理科教育の責任であることは否定できない。そのことを実現させるためには、教師は、日頃の授業において、生徒が学習内容を生徒自身の頭の中でイメージとして捉えられ、実生活との関わりがある実感が得られるよう、意識して授業を進めていく必要があるのではないだろうか。

その中で具体的に必要になるのは、限られた授業時間内で、実物や現象を観察させ、学習したことをもとに現象等を論理的に説明できる力を培うよう仕組む工夫であったり、感動や新しい体験を通して科学的な見方、考え方を身につけられる実験等の工夫であると考える。

2 指導者の意図

「溶液の性質」の単元で学ぶ内容は、生活の様々なところで見かける現象と深い関わりを持っている。しかし生徒にとって、個人差もあるが、学習内容を生活へ結びつけていく過程や、学習したことをもとに生活の中で観察できる現象を説明することは、適切なくつつかのヒントが与えられないと困難な場合もある。そこで本単元の授業においては、ヒントとなるような典型的な現象を見せたり、生活のなかで体験していることを再認識させたり、また実際に体験させたりすることにより、学んだ内容が生活の中で生きた知識となることを、そして生徒自らが、現象を科学的に説明しようとする姿勢を身につけることを目的として指導を試みた。

3 単元案

授業内容	自然の事物・現象を見る	問題を見いだす	解決法
溶液と溶解度	溶解のしくみ	・水に溶解する物質と溶解しない物質	・何が溶解性を決めるのか。
	濃度	・何故モル濃度が重要か	・日常の食品のなかの溶液 ・汚れと汚れを落とす物質の関係
	固体の溶解度		・%濃度とモル濃度の違い
	気体の溶解度	・溶解していた気体が溶けきれずに発生する現象	・気体が溶解すると体積はどうなるのか。
			・炭酸飲料を風船に入れ、加熱する

		はよく観察できる現象であるが、溶解する現象を目の当たりにすることは少ない。		・ペットボトルに水と二酸化炭素を入れて激しく振る。
溶液の性質	沸点上昇	・蒸気圧降下を実際に示す現象	・溶液で濡れた布と水で濡れた布はどちらが乾きやすいか。 ・蒸気圧差がある溶液が共存するとどんな変化が起きるか。	・蒸気圧降下と蒸発しやすさで考える
	凝固点降下	・融雪剤・不凍液等での活用 ・凝固点降下の法則性を実際に実験で確かめる	・何故凍結しないか。何故雪が溶けるか。 ・身近にある溶液はどれくらいの凝固点か。	・凝固点降下度の法則性へ発展させて考える ・凝固点を実際に測定 <酒類の凝固点測定>
	浸透圧	・なめくじに塩、 ・青菜に塩 ・サラダ用のレタス等の処理	・それぞれの現象は何故起きるのか	・生物の細胞膜は半透膜である ・植物細胞の細胞壁は全透性である
コロイド	コロイド粒子 コロイドの性質	・チンダル現象が見られることでコロイド粒子が生成していることを知る。コロイドを示す	・コロイド粒子とは何を指すのか。	・粒子の大きさのレベルだけでコロイド粒子と名付けている。 ・レーザー光線によるチンダル現象の利用 <様々な演示実験>

4 授業の展開及び生徒の活動

溶液と溶解度

【溶解のしくみ】

水・有機溶媒に対する様々な物質の溶解性の違いはどのように整理できるかを、水への物質の溶解の仕組みを示すことで、整理をしていく。さらに、日常生活における汚れを落とす溶媒の選び方を考えさせ、実際に示す。

<演示実験>

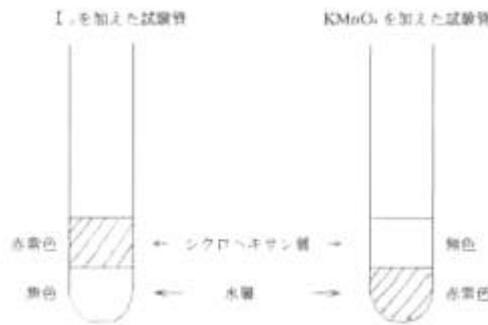
水層とシクロヘキサン層の試験管にヨウ素（分子性物質）と過マンガン酸カリウム（イオン性物質）の結晶を入れて、溶解性の違いを観察する。（図参照）

ヨウ素のエタノール溶液をつくり、水で薄めるとうがい薬と同様な溶液ができる。しかし、溶液の色はヨウ素の分子の色を示していない。

何故か コロイドまで疑問を暖めておく

水性マジック・油性マジック・ボンドの汚れに対して水・アルコール・シクロヘキサンはそれぞれいずれに対して溶剤として有効かを実際に示す。

<展示実験> ①分子性物質とイオン性物質の溶解の比較



【濃度】

何故、物質の反応は溶液中で行う場合が多いのか、即ち溶液における反応の有効性を認識させようとして、反応物質の濃度はモル濃度の値から判断できることを理解させモル濃度の計算演習を行う。

<例> 10%の食塩水と10%のショ糖水溶液のモル濃度の違いを実際に計算させることで、日常生活で用いる質量%濃度の値は、物質の粒子の濃度を表せないことを気づかせる。

【固体の溶解度】

日常の体験から、温度の違いによる固体の溶解度の違いは抵抗無く受け入れられるようである。しかし、その体験感覚の大きな原因は、「温度差による反応速度の違いであること」に対しても触れておく。

溶解度の計算演習は、量の比例関係の認識力を高めるには非常に有効な材料である。また、計算力を養うこともできる。

【気体の溶解度】

先ず、気体が溶解するということは、一体何が起きているかをきちんと理解させる必要がある。何故、体積がなくなるかを理解させないと、気体の溶解に対するクリアな認識が得られない。

ヘンリーの法則は日常の現象を説明する事で納得する生徒が多いが、案外、温度による影響を固体と同じと予測する生徒がいる。そのため、炭酸飲料をガスコンロにかけ加熱するという操作をイメージ化させて記憶させると効果的である。

何故、気体の溶解度は固体の場合とは異なるのかを質問する生徒は非常に少ない。時間があればそれを生徒に投げかけ、自分なりに考えるよう課題とする。しかし、未だに、それに対して、考えを出してきた生徒はいない。一方、何故炭酸飲料水を振ると二酸化炭素が出てくるのかという質問は非常に多い。

溶液の性質

【沸点上昇】

先ず、溶液の沸点上昇の事実を日常生活の現象から拾い出すことを行う。

中学では、「べっこう飴づくり」や「カルメ焼きづくり」を行っている場合が少なくない。そのとき、火から降ろす温度がおおよそ何度であるかを案外覚えている。正確でなくとも100より高いということがわかればよい。また、加熱すればするほど水分がなくなって温度が上昇し120、130となる。それが沸点上昇であり、沸点上昇度の法則性であるということで納得する。みそ汁やスープも同様に沸点上昇が起きており、煮詰まれば煮詰まるほど温度が高くなっていることを認識させる。同時に、水はどれだけガスコンロにかけておいても温度が上昇することはないこと(純物質の沸点は一定)も重要である。

沸点上昇の原因である蒸気圧降下も同様に日常生活の現象から拾い出すために次の2問を出題する。

設問 海水浴で濡れた水着を海水で濡れたまま絞って干した場合と、水で十分すすいでから絞って干した場合どちらが先に乾くか。

設問 テーブルの上に、何も溶けていない水をこぼしてそのままにしておいた場合とジュースをこぼしてそのままにしておいた場合、どちらが先に乾くか。

設問 に対しては次の演示実験で試してみる。

< 演示実験 >

飽和食塩水と純水に、それぞれ1枚の布(1辺3cmの正方形)を浸して絞った後、ドライヤーで送風しながら乾かしてみる。

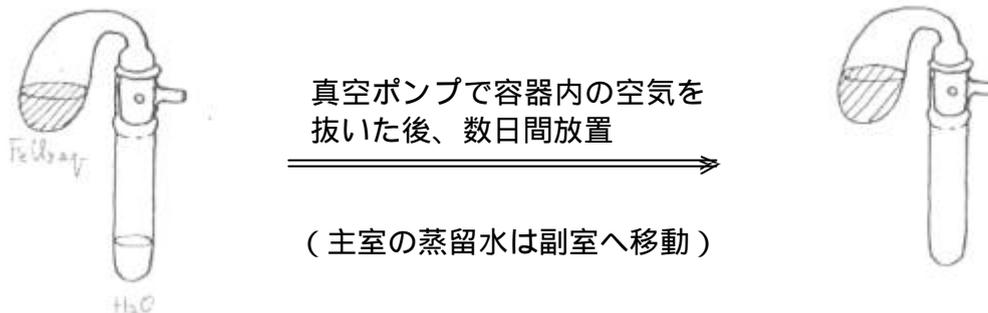
乾燥したかどうかは、あらかじめそれぞれの液に塩化コバルトを少量加えて着色しておき、布の色の变化(赤紫 青)で乾燥したことを確認できる。

(実験結果) 純水に浸した布の方が完全に青変した時点でも、飽和食塩水に浸した布は赤紫である。従って水ですすいでから干した方が先に乾くことがわかり、溶液(飽和食塩水)の蒸気圧降下の意味が認識できた。

設問 に対しては、日常経験からテーブルなどにこぼしたジュースはいつまでもベタベタしている(濃くなればさらに乾きにくくなる=蒸気圧降下が大きくなる)ことを話すことで理解を得られる。

ここまでで、蒸気圧降下の事実を認識できたものとして、次の実験の結果がどうなるかを予測させ、数日間で起きる変化を観察させた。

< 実験 > ツンベルク管の主室に蒸留水、副室に塩化鉄 $FeCl_3$ の飽和水溶液を入れた後、容器内の空気を真空ポンプで抜きそのまま放置しておく。各クラスの壁に固定しておき様子をみた。



(生徒の予測) ヒント無しでは、何が起きるか見当がつかない生徒がほとんどであるが、一つの系で圧力(蒸気圧)の差が生じれば蒸気は圧力の高い方から低い方へ移動することを説明すると、純水が減少することまではかなりの生徒が予測するが、上記のことを予測する生徒はクラスで数名程度である。

(実験結果) 4クラス中1クラスは、図のように、完全に主室の蒸留水は副室へ移動した。2クラスは半量ほど移動した。

1クラスでは、ほとんど変化がなかった。(誰かが副室を回して空気を入れてしまったらしい)

なお、筆者が行った3回の実験では、3回ともにすべての蒸留水が溶液に移動してしまった。

【凝固点降下】

凝固点降下の事実は、様々な日常体験を意識させることで説明することができる。

さらに、身近にある酒類（アルコール水溶液）を材料に、濃度と凝固点降下の関係を実験を通して確認することを行った。酒類の主な溶質はアルコールであり、その濃度は酒の種類の違いで大きく異なり凝固点降下の差ははっきり現れてくる。同時に生徒にとって興味ある物質であることから、格好の材料といえる。またこの実験からは、凝固点降下の入試問題でよく出題される過冷却現象や凝固による温度上昇を、そして氷の結晶が成長する様子を非常にはっきり観察できるという意味で効果が大きい実験である。

<実験>

酒類（日本酒、焼酎、ウイスキー、ウオッカ）の凝固点をドライアイス（アルコール溶液を寒剤として測定した。凝固点と認識する温度を設定する方法は科学的ではない実験ではあるが、同じ溶液であれば濃度の違いで凝固点降下に違いがあることをはっきり認識できた。また、厳寒の冬に水が凍っても酒は凍らないという生活の中での利便性も認識できた。

（実験結果）約80%のグループが、次の温度範囲で凝固点（実験値）であると判断した。なお、理論的 t の欄は、酒類をエタノールのみ（水溶液としてラウールの法則に当てはめて計算した値である

溶液	%濃度	質量モル濃度	凝固点（実験値）	理論的 t
水	0	0	0 ~ - 3	0 K
日本酒	15	3.84	- 5 ~ - 8	7.1 K
焼酎	25	7.25	- 12 ~ - 15	13.4 K
ウイスキー	40	14.49	- 25 ~ - 28	26.8 K
ウオッカ	50	21.74	- 38 ~ - 41	40.2 K

なお、この実験結果（凝固点降下度）を質量モル濃度との関係でグラフ化すると比例関係があると言えそうであるが、%濃度との関係では比例関係が認められなくなり（当然なことではあるが）、溶液の性質は溶質の質量モル濃度に左右されることの認識にもなる。

【浸透圧】

日常生活において浸透現象は数多くある。それらすべてに対して自分自身で理論的に説明できることを主な目的とする。従って浸透現象が起こる理由を、先ず拡散の原理を確認することから行う。

<授業で扱う浸透現象の例>

ナメクジに塩 青菜に塩 漬け物 サラダ用のレタスを水につける
長湯をすると指先にしわが生じる

<観察>

卵殻を食酢で溶かした裸の生卵を水に浸しておくと大きく膨張した卵ができる。これは説明できる生徒が多い。

（裸の生卵を造る過程を見せ、化学反応式を書く練習をさせることもできる。）

この生卵を小さくするためにはどうすればよいかを考えさせる。

実際行ってみるが小さくならない、何故だろうか自分なりの説明を考えてみる（課題）

コロイド

【コロイド粒子】

先ずコロイド粒子の大きさが、いかに今まで扱ってきた溶液の溶質の粒子の大きさと違いがあるのかを、紙面上に描くことで認識させる。そういう認識があつて初めて、コロイド粒子の帯電やブラウン運動やチンダル現象という、溶液には見られない性質が出てきても不思議でないという納得の状況がえられるようだ。

< 演示実験 >

- (1) 様々なコロイドをつくり、それらのチンダル現象を見せる。このことから、コロイド粒子というのは粒子の化学的性質ではなく、大きさでコロイド粒子と定義できることを印象づける。

< 例 >

牛乳、豆乳、ゼラチン、石鹼・洗剤の水溶液、煙
イオウのアルコール溶液からイオウのコロイド溶液の生成
水道水から塩化銀のコロイドの生成
水酸化鉄()のコロイドの生成
空気のコロイド粒子の生成

ペットボトルに半量ほど水を入れ、蓋をした後激しく上下に振動させ空気と水を混合する。しばらく放置し、水の中に気泡が見られなくなつてからレーザー光線を入射させるとチンダル現象が見られる。

- (2) 水酸化鉄()およびゼラチンのコロイド溶液で次の現象を見せる。

透析 凝析・塩析 親水コロイドの保護作用

5 考察

本校でこの分野を教えるのは8年ぶりである。以前は2年生が対象であったせいか(現在は1年生を教えている)生徒の観察力・知識・理解力、論理的思考力等は以前より落ちているような実感を得る。中学の実験中心の授業は、理科の授業に対する好奇心や期待を持たせることはできたのかもしれないが、実験を通して論理的に結果を説明し、それを知識として押さえていくという過程がないまま進んでしまっていたのではないだろうか。

というのは、生徒に何故そうなるのか、何故そういうことが言えるのかという質問をすると、とたんに押し黙ってしまったり、また、答える場合も論理的な説明にはなっていない場合が多いと感じるからである。さらに、「理科というのは答え(結果)を覚えればよい科目だと思っていた」といいきる生徒が少なくなく、論理的説明を求められることに戸惑いを感じる生徒が多いのである。

そのような状況を認識した上で、化学の授業においては、先ず理解することを徹底重視し、次に学習したことをもとに、日常体験や現象を論理的に説明する姿勢を持たせることを意識して臨んでいる。具体的には上記で表したように、生活で体験していることと授業内容との関連づけを様々な場面で印象づけることを行ったり、短時間で実物や現象を観察させる工夫をすることである。

また化学の実験は生徒にとって往々にして、面倒で面白くない実験であったり、わけがわからないという印象を持たせてしまう実験であったりする。そういう実験ばかりであると、逆に実験が弊害となるおそれもある。化学に対して積極的に興味を持たせるために、時には実験をすることが楽しかったり、感動できる新しい体験があったりするものを工夫する必要性を感じる。そのような工夫のヒントは、案外生徒の質問から得られる場合が多い。例えば、本単元で行った「酒類の凝固点測定」の実験は、「車の不凍液って何が入っているの?」、「それってどういうタイプの物質?」という生徒の質問に答えているうちに思いついたのである。

6 まとめ

今回、この分野での試みを行ったことで、果たして生徒に生きる力を培うことができたかどうかは疑問であるが、少なくとも、生活の中で生じた疑問を質問する生徒が増えてきたり、自分の頭で考え、説明する姿勢を持ち始めた生徒が少しずつ多くなってきた実感を得ている。また、実験道具を教室に持っていくと、今日は何をやるのかとのぞき込んだり、道具をいじったりする生徒が増えてきたのは嬉しいことであり、授業をやる気にさせてくれる。そのことが、結果的に目的につながっていくのではないかと思い、今後もこのような試みを行っていこうと考えている。