

酸・塩基の単元における問題解決学習

— 生きる力の育成を目指して —

大垣南高等学校 伊藤一則

1 はじめに

理科離れよりもむしろ、子供たちが学問的あるいは知的な関心をもって問題を真剣に考える姿勢が希薄になっているという「知離れ」が生じている。

学ぶことに興味を持ち、様々な体験をする中で、未知のものを知る感動を味わったり自由な発想を持って様々なことを構想しつつ、知的好奇心を高めていくことが必要。

一方的に教え込むことになりがちであった教育から、自ら学び自ら考える力や創造性の基礎となる力の育成を目指した教育にその基調を変えていく必要がある。

(中教審一次答申第3部第4章より抜粋)

私たちが3年間に及ぶ研究を始めたとき、最初に読み合わせをしたのは中教審一次答申である。というのは、現在進められている教育改革の精神はすべてこの中にあると言われているからであった。そしてこの精神を生かすべく、新しい理科指導の在り方を模索していくことになったのであるが、1年目は研究の方向性を探りつつ、結果として1時間の授業でできる問題解決能力を養うための実験を試みたが、その詳細は平成10年度の集録に記載してある。そして2年目には研究の方向性やテーマも決まり、一つの単元全体を通じて問題解決能力を育成するための授業実践をするということになった。

問題解決能力を育成するといっても、基礎基本事項を定着させなければ、問題解決能力を発揮することもできない。今までと変わらぬ授業時間数の中で目的を達成するには、今までのスタイルも保持しつつ、興味を持たせ、考えさせる時間も取り入れなければならない。限られた授業時間の中で新しい取り組みを加えるためには、結局は精選しかない。

以下に記すのは、「酸・塩基」の単元について、どうしてよいか戸惑う中で、今までの講義形式の授業をほんの少しだけ手を加えながら、2年間実践を試みてみた結果である。

2 指導者の意図

酸・塩基の単元についてはすでに中学校で探究的に学習し、酸とは何か、などについて科学的なものの見方を重視した指導方法がとられているようである。いわば、実験結果を予想し、実験をして実際に得られた結果から結論を見出すような授業展開がなされているが、その一方で、生徒はそれを探究的にとらえているかどうかはあやふやであり、むしろ一時的にはその流れを暗記するものの、定着せず、さらに深く学習するための基本知識が欠如しているように思われる。

そのような点を踏まえて、今までの高校の講義式の授業から少しでも脱却すべく、問題解決能力を養うために次のような試みを行った。いずれも1時間の授業においてほんの数分程度の試みであるが、生徒が考え、納得し、自然の摂理に興味をもつようにできないものかと試行錯誤しながら展開した。

限られた時間の中で一通りの授業内容を盛り込み、かつ問題解決能力を意識した展開にするにはそれなりの時間も必要であるので、中学校で学んでいる内容を参照し、考えた結果、最初の授業に中学校で学習したことを復習し、すでに学んできたことは短時間で切り上げることとした。

また、すでに中学校の教科書が問題解決的な展開になっているので、同じことを高校化学で繰り返さないような配慮もした。

3 単元案

時限	授 業 内 容	自然の事物・現象を見る	問題を見出す	解決法を考える
1	中学の復習	③万能 pH 試験紙の変色	①酸性・アルカリ性の尺度は	②液性を表現するには pH を用いる
2	おもな酸塩基		①思いつく酸・塩基をすべてあげてみよう	②酸とは水素イオン + 陰イオン
3	酸・塩基の価数	①塩酸と硫酸の比較	②なぜ中和量が違うのか	③酸性の強さを表現するには $[H^+]$
4	酸・塩基の強弱と電離度	①塩酸と酢酸の比較 (大理石との反応)	②なぜ酸性の強さが違うのか	③電離度の違いから $[H^+]$ を知る
5	水のイオン積と pH		①酸性中性塩基性はどのように決まるのか	②化学平衡を理解
6	pH と指示薬	③水に 1 滴の水酸化ナトリウム水溶液を入れると	②中和の確認のためになぜいろいろな指示薬が使えるのか	①酸性の強さを表現するには (pH)
7	中和の量的関係		①酸・塩基の価数と中和との量的関係は	②酸の価数と物質量の積を考える
8	中和滴定		①正確に滴定するには	②すべてのものに精度が必要
9	滴定曲線		①なぜこのような曲線になるのか	② pH の変化の特性 (指数的变化)
10	実験	食酢の中和滴定		

単元案について

酸・塩基の単元はどの教科書も指導の流れはほぼ同じであり、今回の授業展開も今までと異なるものではない。この単元案はそのような従来の流れは当然展開した上で、今回取り入れた数分程度の問題解決に相当する部分だけを記載したものである。

各項目の①～③の番号はその時限の中で取り上げる順序を示したものである。

「自然の事物・現象を見る」という項目は、実際に授業の中に取り入れた演示実験であり、それをきっかけに問題点を見出す展開としたり、理論の確認として位置づけたりした。

「問題を見出す」は、教師から投げかけた問題点、または直接に教師が投げかけなくとも生徒の中に自然に湧き起こるであろう、或いはあってほしいと思われる疑問点を掲げた。

「解決法を考える」は、前記の「問題点を見出す」に対する答またはその授業の結論である。また、特に第 6 限までの授業では継続して「酸性度」をテーマに、順に解決していくよう組み立てた。

4 授業の展開・流れと生徒の活動

第1限 中学の復習とpH

酸・延期については中学でかなり学習しているので、中学の教科書をプリントし、復習をした。

生徒の反応を見ると、酸が電気伝導性をもっていることから電離していること、すなわちイオンが存在し、酸性の基になっているのは水素イオンであることや、酸性の特徴としてBTB溶液を黄変させることなどは知っているようである。また、塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和も扱っており、中和と中性になることや、質量パーセント濃度を2倍にした塩酸を中和するには、一定の濃度の水酸化ナトリウム水溶液が2倍必要になるということも学習しているようだ。

この時間に中学の復習を完了するとともに、酸性度の強さをあらわすpHについて下記のように紹介した。

教師：ところで、酸性や中性、アルカリ性の強さを表す数値として、pHというものがあり、新聞などにも時々出てきますが、聞いたことのある人、手を挙げて。

生徒：(3分の1ぐらい手を挙げる)

教師：pHというのは、中性を7という数値で表し、小さくなればなるほど酸性が強く、大きくなるとアルカリ性が強くなる数です。例えば酸性雨等の新聞記事ではpHが4前後の雨が降ったなど出てきます。あるいは中学校の教科書に出てくる胃液はだいたいpHが2ぐらいです。pHを簡単に調べるには万能pH試験紙を使う方法があります。今ここにある塩酸、食酢、水酸化ナトリウム水溶液で調べてみることにします。(pHの測定をする)

今のところはpHは7が中性ということを知っておいてください。しかし、なぜ7が中性なのかはちゃんと意味があります。数時間先にはそれがわかると思うので楽しみにしててください。

第2限 おもな酸塩基

酸・塩基とは何かということから始め、オキソニウムイオンのこと、炭酸やアンモニア水の電離にも触れたのは従来の流れである。一通りの説明を終えた上で、次のように展開した。

教師：今日の授業で出てきた酸以外にどんな酸があるか、思いつくものを言ってなさい。

生徒：クエン酸、アミノ酸、乳酸、リン酸etc・・・(これ以上発言はない)

教師：ヒントとして、「酸とは水中で水素イオンを生じるもの」だよ。

生徒：(無言)

教師： F^- 、 Br^- 、 I^- というすでに学習したイオンに水素イオンを結びつければ酸になる。つまり、フッ化水素の水溶液も酸と考えてよい。それじゃ他には？

生徒：(クラスによって発言のないところもあるが) 硫化水素。

教師：そうです。そのように考えることが大切です。そうすれば今後もっといろいろな陰イオン、例えば ClO^- などというものがでてきても、そこから $HClO$ という酸を想像することができるようになるのです。つまり、酸とは水素イオンと陰イオンに電離するものであるということをもう一度理解してください。

このように理解することが、酸・塩基の確かな理解と今後の応用に役立つのではないかという感想をもっている。なお、その後の展開として、塩基の場合も陽イオンと水酸化物イオンとの組み合わせによって種々の塩基が考えられることを告げた。

第3限 酸塩基の価数

教師：今日は最初に実験をしますが、後で答えてもらうので、よく見ていてください。
1 mol/ℓ の塩酸と硫酸をそれぞれ 5 ml ずつ試験管に取ります。これらを同じモル濃度の水酸化ナトリウム水溶液で中和します。フェノールフタレインを数滴加えておきますのでこれが赤くなる点が中和です。(塩酸の中和を行う)

○○君体積を読みとってください。

生徒：10です。

教師：はい、そのとおり。つまり、加えた水酸化ナトリウム水溶液は 5 ml であり、同じ濃度の塩酸と水酸化ナトリウム水溶液ならば同じ体積で中和するということです。中学校でも同じ様なことをやったと思いますが、そのときはパーセント濃度でやったはず。モル濃度を使うと、中和の関係もたいへんすっきりとしたものになる訳です。では次に硫酸を同じように中和させてみます。どれぐらい加えれば中和するか、できれば想像してみてください。(硫酸の中和を行う)
○○さん、体積を読みとってください。

生徒：15ml です。

教師：はい、そうです。つまり加えた水酸化ナトリウム水溶液は 10 ml であり、先ほどの塩酸の場合とくらべて 2 倍量を必要としました。なぜそうなったか、考えのある人は答えてください。

生徒：(大抵は無言、おそらく表現の仕方がわからないのであろう。そこで指名する)
硫酸はエイチツーだから。

教師：答え方は不完全ですが言いたいことはわかります。つまり、硫酸 1 分子は電離して 2 個の水素イオンを生じる。だから、同じ濃度で同じ体積の塩酸と較べると 2 倍の数の水素イオンが存在することになります。すなわち、硫酸のはたらきの方が 2 倍であるということになり、このような酸を 2 価の酸といいます。

この後、酸性の強さは酸の濃度ではなく、 H^+ の濃度が重要であるということから、この段階で水素イオン濃度の説明もした。例えば 0.1 mol/ℓ の硫酸が完全に電離したと仮定すると $[H^+] = 0.2 \text{ mol/ℓ}$ 、 $[SO_4^{2-}] = 0.1 \text{ mol/ℓ}$ 等である。これを同じ濃度の塩酸と比較すると $[H^+] = 0.1 \text{ mol/ℓ}$ であり、硫酸の方が水素イオンが 2 倍であることが表現できると締めくくった。

第 4 限 酸塩基の強弱と電離度

教師：前回の実験は同じ濃度の塩酸と硫酸を比較しましたが、今日は塩酸と酢酸を比較してみたいと思います。前回説明したようにこれらは共に 1 価の酸です。しかし、同じ価数ならばまったく同じでしょうか？そこでまずこれらを石灰石と反応させてみます。なお、準備してある塩酸は 1 mol/ℓ、しかし食酢は約 0.7 mol/ℓ ですからみんなにインチキだといわれるのもいやですから、塩酸を薄めて、食酢とほぼ同じ濃度にしたいのですが、どれぐらい薄めたらよいでしょうか？○○君どう思いますか。

生徒：塩酸を 7 とってそれを水で薄めて 10 の体積にする。

教師：さすがです。よくわからない人はもう一度モル濃度を復習してみてください。ではそのようにしてうすめた塩酸と食酢に石灰石を入れてみます。・・・明らかに反応の激しさが違います。これは塩酸の方が酸性が強いからです。(全員に試験管を回覧させる) 最初の授業で pH を測定しましたが、その結果からも塩酸の方が酸性が強いという結果が出ていたことを思い出してください。では、どうして同じ濃度なのに酸性の強さが違うのか？

生徒：(無言)

残念ながら生徒からの発言を引き出すことはできなかったが、発言の有無にかかわら

ず、疑問を持ち、解決したいと考えてくれればよいと思う。その後の授業は酢酸が水中でごくわずかしき電離していないということから説明し、弱酸・弱塩基、電離度へとつなぐごく普通の授業を展開した。

第5限 水のイオン積とpH

今回の授業はこれまでのような対話形式が困難である。というのは電離平衡という化学Ⅱで詳しく学ぶべき要素が多分に含まれているからである。そこで、目標としては平衡の概念をやさしく理解させることとした。

水のイオン積は公式として活用することに重きを置くという受験対策的な指導法もあるだろうが、しかし、ここでは、何故そうなるのかということが大切であると考えて指導した。

生徒が発言する場面はなかったが、教師の話に耳を傾け、それを個々の生徒が個に応じて受け止め、平衡概念を核心までつかんで納得した生徒もあるだろうし、水のイオン積の式を公式として覚えるだけの生徒もあるだろう。生徒の発言の場はなくとも、考え、感動するところがあれば、私たちが目指している方向へ向かっていると思う。

第6限 pH・指示薬

授業の前半は、ここまでの大きなテーマであったpHの説明した。生徒が発言するような場面は設定できなかったが、こちらの説明に対し、今までの流れがかなり深く理解できた者、そこまではいかずともまずまず意味が理解できた者など、個に応じた理解ができたのではないかと思う。

後半の指示薬においては、変色域の説明後、以下のように展開した。

教師：フェノールフタレインはpHが 8.3ぐらいから変色し、10で完全に赤くなるといことがわかったと思います。ところでみんなの頭の中に疑問が生じていませんか？例えば塩酸と水酸化ナトリウム水溶液が中和すると中性になるのですが、フェノールフタレインが変色するのは、pHが 8.3以上、つまり中性を越えてからしか変色をしないということになる。フェノールフタレインを使って中和点を調べることに問題はなかったのでしょうか？

生徒：（無言）

教師：このことを解決するために実験をします。ここに水があります。これは中性であり（本当は微酸性であるということに触れる場合も有る）、ちょうど中和が完結したときと同じ液性であるということも言えます。この中にフェノールフタレイン溶液を数滴加えてみます。・・・当然無色のままです。しかし、ここへ水酸化ナトリウム水溶液を一滴だけ加えてみます。・・・変色がみられます。したがって、塩酸に水酸化ナトリウム水溶液を加えていくときに、指示薬としてフェノールフタレインを用いると、厳密に言えば中和点で変色をしないけれども、一滴過剰に加えれば変色する。つまり誤差は一滴以内ということになる訳です。メチルオレンジを使った場合も、中和の一滴前ぐらいで変色し、ほとんど差はない。いずれ詳しく学習しますが、中和点の前後はpHが激しく変化するというふうに理解してください。つまり、フェノールフタレインでもメチルオレンジでも、変色をするときの水酸化ナトリウム水溶液の体積にはほとんど差がないということです。

このような展開の中にも生徒との具体的な対話はないが、考え、理解する姿勢はあったように思う。

第7限 中和の量的関係

この時間の前半は中和の化学反応式の書き方である。後半は、中和の量的関係について、次のように展開した。

教師：化学反応式を書けば、中和の量的関係がわかるということは理解できたと思い

ますが、もう少し考えを進めてみたいと思います。(黒板に書いてある様々な中和の反応式を示しながら)このような反応式をいちいち書かなくても、中和する酸と塩基のモル関係を知ることはできないでしょうか?別の言い方で言うと、これらの反応式に付いている係数に何か一定のルールはありませんか?

生徒: 2価の酸と1価の塩基の中和ならば係数比が1:2、2価の酸と3価の塩基の中和ならば係数比が3:2というように価数によって係数が変わる。

教師: そうですね。つまり、反応式に付いている係数と価数は逆の比であるということですね。するとそれは式で表すということになりますね。

{(酸の価数):(塩基の価数)=(塩基のモル数):(酸のモル数) と板書}

この比例式を内項の積=外項の積を用いて書き直せば

(酸の価数)×(酸のモル数)=(塩基の価数)×(塩基のモル数)

となりますが、さて改めてこの式をよくながめ、なぜこの式が成立するのか。

この式の左辺と右辺は何を意味するのか、よく考えてください。

生徒: 酸のモル数×価数でその酸に含まれる水素イオンのモルがわかります。

教師: そうです。よくできました。例えば硫酸という2価の酸が5モルあれば、水素イオンは10モルあるということが中和にとっては大切なんです。(以下略)

この時間のまとめとして、酸塩基の中和は $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ と締めくくった。

第8限と第9限は別紙の資料に提示する。

5 考察

この単元の指導を通じて気がついたことは、生徒はこちらから問いかければ、けっこう挙手するものだという事、そして私自身が今までやってきた講義形式の授業とは異なる授業もあるという新発見をしたということである。講義形式の場合は生徒は静かに聴いて、ノートに書くだけであるが、いろいろと問いかけると、生徒の表情が今までと異なることに気がつく。さらに、自分の意見を言ったり、他人の意見を聞くことにより、納得し、自然法則が理解できて感動する子がいるような感じさえ覚える。いろいろなものを見せながら、どうしてだろうと考えることがいかに大切であるかを思い知らされたような気がする。

今回こちらが意図するような考え方や発言を生徒から引き出すことができなかった場面もあるが、日頃からこのような指導をしていけば、こちらから問いかけなくとも生徒が主体的に疑問をもち、それを投げかけてくれるだろう。それが理想的であると思う。

今後の見通しとして、このような授業が生み出す恩恵は捨てがたいものがあり、軌道にのれば化学に対する興味も増し、主体的に考え、さらに主体的に学習することも可能になると思われる。私自身の反省として、今まではとりあえず試験に出るようなことはすべて話しておかなければという焦りがあったが、そのことがかえって化学を難しい学問にし、化学嫌いをつくり、受験のための実力養成以前の問題であったことを痛感する。

6 まとめ

問題解決能力を養うための単元指導というテーマに沿って以上のような実践をした訳であるが、教師の数だけ指導法はさまざまにあると思う。例えば、それを生徒に見せるだけでも感動や問題意識を持つというようにすばらしい教材を考案すればそれに勝るものはない。今回の実践では何も目新しい教材はなく、平凡ではあるが、今自分が勤務する学校の実状に合うように試みたものである。

わずかな試みであったが、長年やってきた講義形式の授業が身に付いているので自分を変えろということは大変なことであった。今回の試みが十分とは言えないまでも新しい発見ができたことをきっかけに、今後も少しずつでもよいから問題解決能力育成の時間を増やしていき、最初に掲げた中教審の答申のねらいに近づいていきたいと考える。