

自ら考える理科指導の在り方

- 緩衝液の実験指導を通じて考える力を育成する指導 -

岐阜北高等学校 高谷 信吾

1 はじめに

最近授業で実験を行っていて、実験書をよく読まない。考えて実験していない(ただ機械的に実験をこなしている)。実験自体は楽しそうにやっているのであるが、その後の考察などは真剣に取り組まない等々をよく感じる。国際教育到達度評価学会の発表に「日本の中学生は数学、理科で成績上位の勉強嫌い」という指摘があったが、現実の生徒を見ていてもわかるような気がする。

本シンポジウムでは「生きる力」を培うための授業実践をもとに、今後の高等学校理科教育の在り方を研究する」をテーマに3年間の研究を行ってきた。私は今年度のみの参加であるが、その意義をふまえ、自分自身が感じている問題点の解決につなげていければと思いながら研究を進めた。

2 指導者の意図

緩衝液の単元は本来単元「酸・塩基」のところで扱われるべき内容である。それが「化学平衡」とともに化学に移行された。内容の難易度を考えれば仕方がないことではあるが、そのために、生徒にとって知識がつながっていかず、単発的な現象ととらえがちである。また、入試問題等では難しく、わかりにくい範囲のようである。そこで、緩衝作用の確認実験をする中で、酸・塩基との関係を気付かせ、自分の中の知識が構築されていく喜びを味わうことはできないかということを考えてみた。

緩衝作用を確認する実験手段を考えさせる。

生徒の考えた実験手段を行ってみる。(教師側からの指導を加えながら)

実験結果を考察させ、実験手段についての考察、実験結果から酸・塩基(中和反応・中和の滴定曲線)との関わりを考えさせる。

以上の流れの中から、自分で考え、問題を解決していくという経験を積ませたいと考えた。

3 単元案

化学 第1編 反応の速さと化学平衡 化学平衡
電解質溶液の化学平衡 3. 緩衝液とその作用

時限	内 容	自然の事物・現象をみる	問題発見	問題解決
1	緩衝液とその作用	・モデル図による、緩衝作用の説明。		
2	実験	生徒実験		
3	「緩衝作用の確認」	・各種溶液の酸・塩基の滴下によるpH変化の測定・ 各種溶液の希釈によるpH変化の測定	・強酸、強塩基も緩衝作用を持つのか。	・希釈実験 ・滴定曲線との関係
4	まとめ			

4 授業の展開及び生徒の活動

第1限 緩衝液とその作用

〔授業展開・流れ〕

- ・どのような水溶液が緩衝液となるかを説明する。
- ・緩衝作用とはどんな作用で、どのような原理で起こるかをモデル図を用いて説明する。
- ・どのような場面で緩衝作用が利用されているかを説明する。
- ・平行の移動によって緩衝作用が起こっていることを理解させる。平衡定数の式から式変形させ、緩衝溶液のpHがどのようにして求められるかを理解させる。

〔生徒の活動〕

- ・興味を持ちつつも、理解できていない様子である。モデル図を見ても、何となく理解できるが、うまくつかめないといった感想が聞かれた。
- ・式変形からも、「わかるんだけど、よくわからない」といった矛盾した感想が聞かれた。

・授業後に緩衝液について生徒に課した課題と解答例（一部）

Q 1 緩衝液とはどういう溶液ですか。

- A 1
- ・少量の酸・塩基を加えてもpHが変化しない溶液
 - ・pHを一定に保つ溶液
 - ・希釈してもpHが変わらない溶液
 - ・少量の酸・塩基を加えても希釈しても、pHがあまり変化しない溶液
 - ・弱酸や弱塩基とその塩の混合溶液で、少量の酸や塩基を加えてもpHがあまり変化しないもの
 - ・酸や塩基とその塩の混合溶液で、少量の酸や塩基を加えてもpHがあまり変化しないもの
 - ・どれだけ酸・塩基を加えてもpHが変化しない液
 - ・pHが一定の液体
 - ・その溶液のpHを変化させても、もとのpHに戻る弱酸・弱塩基の塩の水溶液のこと

Q 2 緩衝作用はどのような原理で起こるのでしょうか。酢酸と酢酸ナトリウムの混合水溶液を例にして答えなさい。

- A 2
- ・酢酸と酢酸ナトリウムの混合水溶液に強酸を加えると、加えた強酸と加える前の混合水溶液のpHが同じように減少していくのでpHは変わらない。
 - ・混合溶液は酢酸と酢酸イオンの濃度の大きい状態になっており、酸が加われば酢酸イオンと反応し、塩基が加われば酢酸と反応してpHを保つ。
 - ・平衡の移動によりpHがあまり変化しない。

Q 3 緩衝作用はどのような実験をすれば確認できる。実験方法を考えなさい。

- (1) 少量の酸、塩基を加えてもpHの値は大きく変化しないことを確認する実験（対照実験も考えなさい）

- A 3
- ・酢酸 + 酢酸ナトリウム + 指示薬に酸やアルカリを滴下していく
 - ・一定量の酢酸、酢酸ナトリウムを用意し混合し緩衝液とする。指示薬を加え、pHを調べる。塩酸を用意し、ビュレットで少しずつ加えていき、その量とそれに対する指示薬の色の変化を観察する。水酸化ナトリウムについても同様に行う。

- (2) 希釈してもpHは変わらないことを確認する実験。

- A 3
- ・いろいろな液体を薄めながらpH試験紙で調べる。
 - ・緩衝液を希釈しながらpHを測定する。比較のために塩酸や水酸化ナトリウム水溶液も行う。

Q 4 緩衝液はどんなところで利用されるか考えなさい。

- A 4 ・利用ではないが血液。
 ・酵素反応。反応条件の調節のため。

第2、3限 実験

〔授業展開・流れ〕

- ・課題の生徒の解答をふまえながら、教師の意見を伝えながら実験を行わせる。

実験1 希釈によるpH変化の測定（詳細は別添資料）

強酸(HCl)と弱酸(CH_3COOH)、強塩基(NaOH)、塩の水溶液(酢酸ナトリウム水溶液)、緩衝溶液(酢酸と酢酸ナトリウムの混合溶液)、ポカリスエットについて、希釈しながらpH測定を行い緩衝作用について比較検討する。

実験2 酸の滴下によるpH変化の測定（詳細は別添資料）

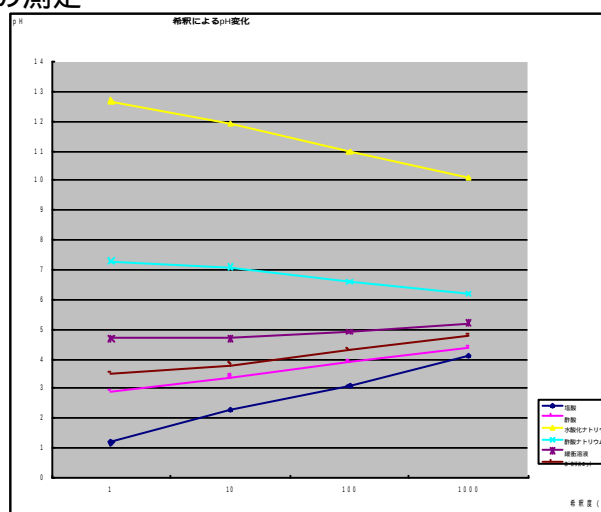
強酸(HCl)と弱酸(CH_3COOH)、強塩基(NaOH)、塩の水溶液(酢酸ナトリウム水溶液)、緩衝溶液(酢酸と酢酸ナトリウムの混合溶液)、ポカリスエット、純水について、塩酸、水酸化ナトリウム水溶液を滴下しながらpH測定を行い緩衝作用について比較検討する。

〔生徒の活動〕

- ・実験は単純作業であり、実験目的も明確に伝わっているので簡単に行くかと思っていたが、特に1時間目の希釈実験では希釈操作が多かったので手間取った。しかし、生徒の感想の中には、改めて希釈の意味を理解できたものがあったり、ホールピペット、メスフラスコを初めて使用したもの(中和の実験では一部の者しか経験できなかった)など、様々な効果があった。

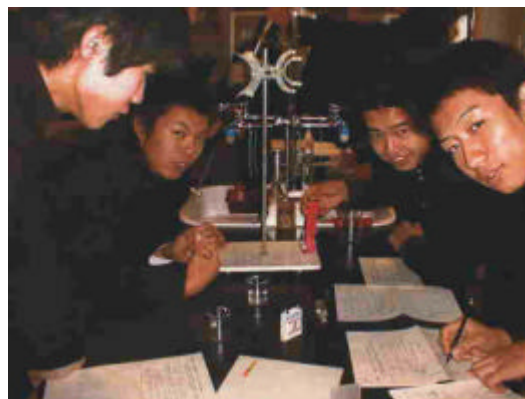
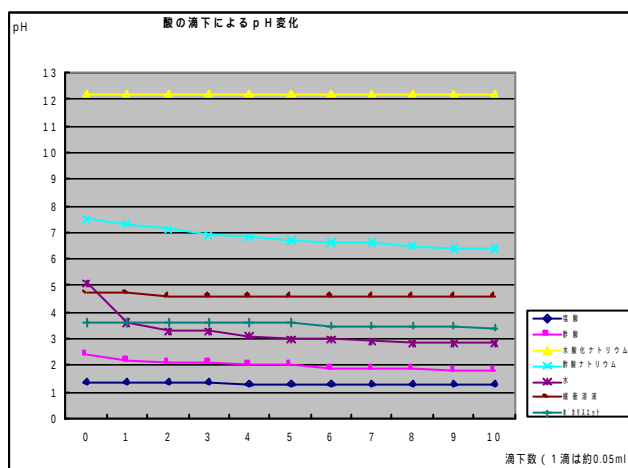
実験1の結果 希釈によるpH変化の測定

	1	10	100	1000
塩酸	1.2	2.3	3.1	4.1
酢酸	2.9	3.4	3.9	4.4
水酸化ナトリウム	12.7	11.9	11	10.1
酢酸ナトリウム	7.3	7.1	6.6	6.2
緩衝溶液	4.7	4.7	4.9	5.2
ポカリスエット	3.5	3.8	4.3	4.8



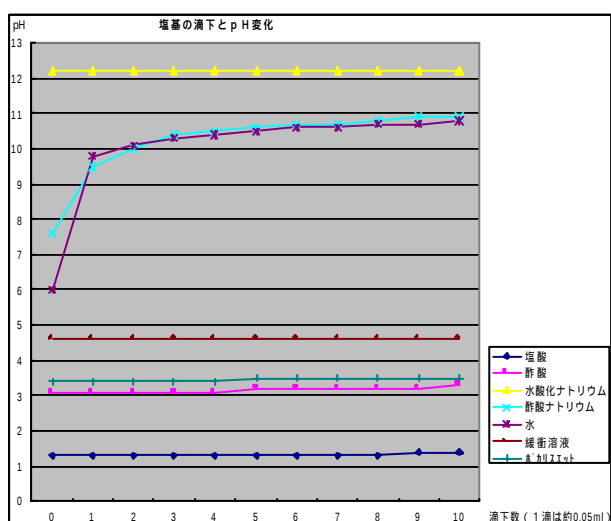
実験 2 (1) 酸の滴下による pH 変化の測定

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
塩酸	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
酢酸	2.4	2.2	2.1	2.1	2	2	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8
水酸化ナトリウム	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2
酢酸ナトリウム	7.5	7.3	7.1	6.9	6.8	6.7	6.6	6.6	6.5	6.4	6.4
水	5.1	3.6	3.3	3.3	3.1	3	3	2.9	2.8	2.8	2.8
緩衝溶液	4.7	4.7	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
ホカリスエッ	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.4



(2) 塩基の滴下による pH 変化の測定

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
塩酸	2.6	2.6	2.7	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9	2.9	3	3
酢酸	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.3
水酸化ナトリウム	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2
酢酸ナトリウム	7.6	9.5	10	10.4	10.5	10.6	10.7	10.7	10.8	10.9	10.9
水	5.3	9.8	10.1	10.3	10.4	10.5	10.6	10.6	10.7	10.7	10.8
緩衝溶液	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
ホカリスエッ	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5



結果

- 1 希釈による pH 変化
 - ・塩酸、酢酸、酢酸ナトリウム、水酸化ナトリウム水溶液は希釈すればするほど、pH の値は 7（データは 6）に近づいた。
 - ・緩衝溶液や p° 加シットは pH の値はほぼ一定に保たれた（→緩衝作用）。
- 2 酸(HCl)の滴下による pH 変化
 - ・塩酸、水酸化ナトリウム水溶液の pH 変化はほとんどなし。
 - ・酢酸は強い酸性になる。
 - ・酢酸ナトリウム、水の pH の値は小さくなる。
 - ・緩衝溶液や p° 加シットの pH 変化はほとんどなし（→緩衝作用）。
 - ・一滴あたりの体積は約 0.05ml なので、10 滴加えても量的には少ないので、強酸、強塩基の pH 変化は少ない。
- 3 塩基(NaOH)の滴下による pH 変化
 - ・塩酸、水酸化ナトリウムの pH 変化はほとんどなし。
 - ・酢酸も pH 変化はほとんどなし。
 - ・酢酸ナトリウム、水の pH の値は大きくなる。
 - ・緩衝溶液や p° 加シットの pH 変化はほとんどなし（→緩衝作用）。
 - ・一滴あたりの体積は約 0.05ml なので、10 滴加えても量的には少ないので、強酸、強塩基の pH 変化は少ない。
 - ・酢酸は中和により酢酸ナトリウムが生成し、緩衝溶液となるため大きな pH 変化をしない。
- 4 その他(新たな疑問)
 - ・強酸、強塩基は少量の酸、塩基の滴下では pH 変化が少ないことから、緩衝作用を示すと考えていいのだろうか。
 - ・酢酸ナトリウムの pH の値が理論値よりも小さかったり、水の pH が 5.8~6.0 ぐらいになってしまうのはなぜだろうか。

考察

緩衝溶液は少量の酸・塩基の滴下では理論通り、大きな pH 変化が見られず、理論通りの結果が得られた。しかし、強酸、強塩基も大きな pH 変化を見せず、緩衝作用があるように考えられる。しかし、希釈においては緩衝溶液は pH 変化が見られなかったにもかかわらず、強酸・強塩基は pH 変化が見られ、この点において緩衝作用を示さないことがわかった。滴定曲線で水平に近いラインのところ、緩衝作用であったり、緩衝作用的な挙動を示すところである。

実験後のアンケート

- 1 今回の実験は緩衝作用について、対照実験をしながらその作用を確認するという目的であったが、理解できたか。
 - ・理解できた。
 - ・希釈実験でよく理解できた。
 - ・実験しているときはよくわからなかったが、表・グラフにまとめて理解できた。
 - ・正確に実験ができ、いろいろなものを比較することで、よく理解できた。
 - ・よく考えれば当たり前のことなのだけど、やってみて改めて理解することができた。
- 2 実験方法と実験結果について感想を述べよ。
 - ・一滴一滴の滴下は慣れるまで苦労した。しかし、結果としてでてくると実験操作の正確性というのはとても大事だと感じた。
 - ・pH 変化はもっと大きくでと思っていたが、意外に小さいので不思議に思った。
 - ・強酸や強塩基など対照実験と思っていたので、pH 変化が小さいので驚いた。
 - ・ p° 加シットが酸性だとは知らなかった。

- ・地味な実験だった。
 - ・自分のイメージとはだいぶ違っていた。
 - ・滴定曲線の意味がよくわかった。
 - ・ビュレット、ホールピペット、メスフラスコ等は中和滴定の実験で利用したのだけれど、自分では扱わなかったが、今回は、利用回数が多かったので、初めて扱った。うれしかった。
 - ・はじめに、自分たちでどのような実験方法をしたらよいのかを考えたので、取り組みやすかった。
- 3 はじめに、自分で緩衝作用を確認する実験方法を考えたが、その方法と実際に行った実験を比べてどう思いますか。
- ・pH指示薬でpH変化を調べるのではないかと考えたので、これくらいのpH変化では、pH指示薬では役立たないと思った。
 - ・もっと複雑な実験方法を考えていたので、意外と簡単な方法でできるんだなあと思った。
 - ・対照実験を行うことで、いろいろなことがわかった。NaCl aqもやればよかったのでは。
 - ・自分では実験を考えることができなかったが、今回実験をやってみて、疑問をそのまま具体的な形にしてみればよいということがわかった。
 - ・比較することは大事だと思った。
 - ・指示薬を入れて、ビュレットで滴下して色の変化を見るというのを考えたが、pHを正確な値で調べ、また、他のものと比較することにより新たに知ったこともあったし、ちゃんと実験結果を得られたので、自分の考えはまだ浅かったと思った。

5 考察

この単元は生徒には「わかるような気がするけれどもいまいちわからない」といった不思議な単元である。この実験実習を通して、生徒たちはアンケートにあるようにいろいろなことを考え、さらに緩衝液については回答者40名中、4人ほど理解できなかったと答えたものがいたが、大半の生徒は肯定的に理解をしてくれた。

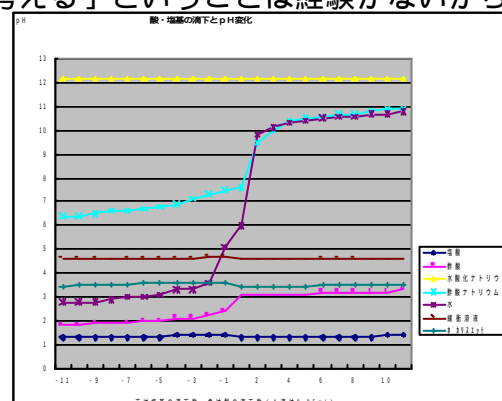
簡単な実験方法ではあるが、それを考えることは生徒には難しかった。何故なら化学の実験は今までも行ってきたが、「実験方法を考える」ということは経験がないからである。

生徒の中には実験2と3のグラフを合わせて示して検討しているものがいた。

ちょうど右図のようなグラフになる。

緩衝作用自体をよく示しているし、緩衝液ができるところがよくわかる。

また、pHに対する概念や、滴定曲線に対する概念も理解しやすい。



6 おわりに

「わかる」ということは知識が有機的に結合していくことである。高校化学の中における実験の位置づけは既習内容の経験による確認という位置づけが大きい。その実験の中には異なる単元の内容が含まれている。そういうことに気がついたとき、知識が自分の頭の中でつながり、「わかる」ということになっていく。そういう経験を積むことが「自分で考える」「問題を解決する」という力を身につけ、「生きる力」を培っていくのではないだろうか。教科指導における「実験」の位置づけというものを我々教師側もさらによく考え検討していかなければいけない。