

1. 背景

高校化学では、酸・塩基の単元における電離度・電離定数・加水分解定数の学習は問題演習が中心である。座学に偏らないで生徒実験で得られたデータから電離度・電離定数・加水分解定数を求め理解を深めさせたい。pHは生徒の誰もが知っているが、授業時数や器具の関係で測定する機会は少ない。pHの測定値は生徒が持つ溶液の液性に対するイメージと異なることが多いので実際に測定を行う意味がある。例えば、中和生成物の塩の水溶液が必ずしもpH=7の中性でないことを授業で扱うが、生徒がそれを測定し塩の加水分解を確かめる機会はないので知識が定着しにくい。

そこで酸・塩基・塩に関する実験を系統的に区分し、全体を通して実施することにより、pH、酸・塩基・塩の種類と液性との関係、電離度と電離定数、緩衝溶液の性質などを統一的に理解させる実験教材の開発を試みた。実験のテーマは3つからなり、①は数種類の酸・塩基・塩のpHを測定する。それぞれの濃度からpHを計算し、実験結果との比較を行う。②は酸・塩基を使いpHを測定し、電離度・電離定数をコンピュータの表計算ソフトで求める。③は緩衝液を使い、一定量の酸と塩基を加えてpHを測定し、変化が少ないことすなわち、緩衝作用を確認する。これらの実験を連携して実施することで深い学びを得られると考える。

2. 実験準備について

2-1 簡易pHメーターの選択

簡易pHメーターの価格には7,000円～45,000円と大きな幅がある。測定のための試料量は0.1 mL程度で可能なものもある。分解能は0.01 pHまたは0.1 pHである。測定範囲は機種により異なり、広いものではpH 0～14まで測定可能である。3点校正・2点校正または1点校正で使用可能である。簡易pHメーターの電極はガラス製のものが多いが、シリコン製のもの（シリコンチップISFET）もあり、後者のほうが耐久性に優れている。センサーの大きさも異なり試験管に入るもの、ビーカーにある程度まとまった量の溶液を入れる必要のあるもの、センサー部分に微量を滴下するものなどいろいろなタイプがあるため、実験の目的に合わせて選択する必要がある。pH測定が確定するまでの時間も機種により異なる。



写真1 各種簡易pHメーター

写真1は市販されている簡易pHメーターのいくつかを示す。それぞれの仕様、メーカーなどを以下に記す。

① 防水型ポケットpH計S2K333(シリコンチップ), pH 2.00～12.00, 分解能0.01 pH (株)アイスフェトコム

②～⑦はガラス電極

② LAQUAtwin, pH 0.00～14.00, 分解能0.01 pH, (株)HORIBA

③ DPH2, pH 0.0～14.0, 分解能0.1 pH, (株)アタゴ

④ pH-6011A, pH 0.00～14.00, (株)カスタム

- ⑤ 72788デジタルpH計, pH 1.0~14.0, (株)シンワ
- ⑥ sk-632, pH 2.00~12.00, (株)佐藤計量器製作所
- ⑦ Checker HI98103 S, pH 0.0~14.0, 分解能0.1 pH, (株)ハンナインストルメント

①はシリコンチップ製で割れにくく、10 mL程度の小さなビーカーにとった少量の試料溶液に浸けるか、センサー部分に試料溶液1滴を滴下して測定することが出来る。反応も早い。②はセンサー部分が皿状になっており少量の溶液を滴下して使用する。校正は①②ともに目薬瓶に入った校正液を滴下するタイプで容易である。⑦は形状が細長く試験管に入れられるので使いやすい。その他はセンサー部分が太いためビーカーに溶液を入れる必要がある。価格は4万円台から7千円までで高価格順に並んでいる。pHが少数2位まで表示されるものは①②④⑥, 少数1位まで表示されるものは③⑤⑦である。

2-2 マイクロピペット・マクロピペットの選択



写真2 各種マイクロピペット・マクロピペット

- 上：ニチリョウNichipetEXPlus II 可変1~10 mLまで計量可能
- 中：ニチリョウNichipetEXPlus II 可変0.1~1 mLまで計量可能
- 下：ワトソンNEXTY 1 mL固定

本実験では正確な希釈によって所定濃度の溶液を準備する必要がある。そのためにはホールピペットと安全ピペッターを用いて、溶液の体積を正確に測り取り、メスフラスコ内で希釈するべきである。しかし、これらの器具の扱いに不慣れた生徒が大半であるためマイクロピペット・マクロピペットを用いメスフラスコで希釈することとした。

2-3 調整済み試薬



写真3 調整済み試薬

- ① 0.1 mol/L 酢酸
- ② 0.1 mol/L アンモニア水溶液
- ③ 1M 酢酸・酢酸ナトリウム緩衝液
- ④ アンモニア性塩化アンモニウム緩衝液
- ⑤ 1 mol/L 塩酸
- ⑥ 0.1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液

写真3は市販の調整済み試薬のいくつかを示す。調整済み試薬を用いることで生徒が希釈する回数が減り、授業時間の短縮を図ることが可能である。

3. 酸・塩基・塩の水溶液のpH測定 (実験1)

3-1 器具・試薬

試験管またはビーカー（pHメーターの形状によっては試験管に入らない）、ガラス棒、万能試験紙、簡易pHメーター

0.1 mol/Lの水溶液

酸 HCl, CH₃COOH

塩基 NH₃, NaOH

塩 NaHSO₃, CuSO₄, Na₂SO₄, NH₄Cl, NaCl, CH₃COONa, NaHCO₃, Na₂CO₃

3-2 実験1の方法

- (1) 表計算ソフトの表1（黄色の着色部が空欄のもの）をあらかじめ生徒のタブレット型コンピュータに配信しておく。塩については酸と塩基の強弱を考え、酸性・中性・塩基性を予想し、酸・塩基については強弱を含めて考えておく。
- (2) 試験管またはビーカーに水溶液を採る。
- (3) ガラス棒で万能試験紙に各水溶液を1滴つけ、現れた色を色見本と比較し、pHを測定する。
- (4) 水溶液を(3)の万能試験紙の実験結果に基づき、pHの小さいものから順に簡易pHメーターによる測定を行う。異なる溶液を測定するときはしっかりイオン交換水で洗い共洗いをを行う。また、値が安定しないときは長めに溶液に浸けておく。
- (5) 測定の結果を下記表1にまとめる。酸・塩基・塩の酸性・中性・塩基性の予想と、測定結果と比較する。

3-3 実験1の結果

表1 酸・塩基・塩のpH測定（記入表）

	万能試験紙	pHLaqua	S2K333	酸	塩基	液性
塩酸						
硫酸水素ナトリウム						
酢酸						
硫酸銅						
塩化アンモニウム						
硫酸ナトリウム						
塩化ナトリウム						
酢酸ナトリウム						
炭酸水素ナトリウム						
炭酸ナトリウム						
アンモニア						
水酸化ナトリウム						

表2 酸・塩基・塩のpH測定（記入例）

	万能試験紙	pHLaqua	S2K333	酸	塩基	液性
塩酸	1	0.98	1.16	強酸		酸性
硫酸水素ナトリウム	1	1.35	1.44	強酸	強塩基	酸性
酢酸	3	2.74	2.84	弱酸		酸性
硫酸銅	4	3.96	4.07	強酸	弱塩基	酸性
塩化アンモニウム	7	4.92	5.00			

表2に実験の測定結果一部を示す。これらの結果を用い2年時には測定値から計算を行う。1年では化学基礎で塩の加水分解を学習し、液性を予想する。予想結果と測定結果が一致す

ることを確かめる。

3-4 まとめ

塩の加水分解（1年生・化学基礎）について

弱酸の塩や弱塩基の塩を水に溶かすと、電離で生じた弱酸や弱塩基のイオンの一部が水分子と反応して他の分子やイオンを生じる変化が起こるため、中和生成物の塩は同じ濃度にも関わらず、pHが異なる。このことから加水分解するか、しないかがわかる。

加水分解定数の計算（2年生・化学）について

実験1で測定したpHの値と教科書の練習問題で行った計算結果を比較する。

塩のpH計算は下記の式を用いた。

$$Kh = Kw/Ka \quad Kh = Ch^2$$

$$pH = -(\log_{10}Ka + \log_{10}Kw - \log_{10}C)/2$$

Kh：加水分解定数，Kw：水のイオン積，Ka：酸の電離定数，C：溶液の濃度，h：加水分解度（加水分解する割合）

弱酸の電離定数Ka [mol/L]，弱酸の塩の濃度C [mol/L]，加水分解定数Khを与えることでpHの計算が行える。化学の学習が実験に基づいていることを実感させる。

教科書（数研出版 化学）¹⁾の例題と実験結果の比較

例題7 酸・塩基の水溶液のpH

次の水溶液のpHを少数第1位まで求めよ。ただし、水のイオン積は

$$Kw = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2 \text{ とする。} \log_{10}1.6 = 0.2, \log_{10}2 = 0.3$$

(1) 0.10 mol/L酢酸水溶液（電離度0.016）のpH

$$[H^+] = C \times \alpha = 0.10 \text{ mol/L} \times 0.016 = 1.6 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$pH = -\log_{10}(1.6 \times 10^{-3}) = 2.8$$

(2) 0.2 mol/Lアンモニア水（電離度0.010）のpH

$$[H^+] = Kw/[OH^-] = (1/2.0) \times 10^{-11}, pH = \log_{10}2 - \log_{10}10^{-11} = 11.3$$

(1) から計算結果はpH 2.8，実際に0.1 mol/L 酢酸水溶液の測定結果は，pH 2.74～2.84である。

(2) の問題は0.2 mol/Lであるため，0.1 mol/L アンモニア水の計算結果は $-\log_{10}(1 \times 10^{-11}) = 11$ ，測定結果はpH 11.56～11.91であった。

教科書の例題の計算結果と実験による測定値を比較することによって，生徒は物質のpHを現実のものとして実感し，実験の意義や楽しさを感じることが出来た。これは実験レポートや授業を通じ確認できた。

教科書（数研出版化学）¹⁾の問題 塩のpH

酢酸ナトリウム水溶液のpHについて

問A 0.03 mol/L酢酸ナトリウム水溶液のpHはいくらか。ただし，酢酸の電離定数はKa = $2.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ ，水のイオン積はKw = $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ とする。 $\log_{10}3 = 0.5$

$$Kh = Kw/Ka = 1.0 \times 10^{-14}/2.7 \times 10^{-5} = 3.7 \times 10^{-8}$$

$$pH = -0.5(\log_{10}Ka + \log_{10}Kw - \log_{10}C) = 8.5$$

酢酸ナトリウム水溶液の濃度が0.10 mol/Lの計算結果は，pH 8.75である。

計測値は，約pH 8となった。酢酸ナトリウムは試薬をあけると，酢酸の強いにおいがするため，酢酸を含んでいることがわかる。そのため，pHが下がっている。

教科書（数研出版化学）¹⁾の問題 塩のpH

塩化アンモニウム水溶液のpHについて

問B 塩化アンモニウム水溶液の加水分解定数Khを，アンモニアの電離定数Kbと水のイオン積Kwを用いて表せ。また，25℃，0.0092 mol/L塩化アンモニウム水溶液のpHを求めよ。ただし，Kb = $2.3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ ，Kw = $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ とす。 $\log_{10}2 = 0.3$

$$Kh = Kw/Kb = (1.0 \times 10^{-14})/(2.3 \times 10^{-5}) = 4.3 \times 10^{-10}$$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log_{10}\sqrt{CKh} = -\log_{10}\sqrt{CKw/Kb} \\ &= -\log_{10}(\sqrt{4.0 \times 10^{-12}}) = 5.7 \end{aligned}$$

実験結果は0.1 mol/Lで、pH 4.92～5.02であった。計算結果はpH 5.18でほぼ一致した。教科書の問題演習の結果を実験で確認することが出来た。

4. 酢酸水溶液・アンモニア水の電離度及び酢酸・アンモニアの電離定数とpH（実験2）

4-1 器具・試薬

器具 ビーカー，メスフラスコ，紙製のウエス（産業用ワイパー），簡易pHメーター，イオン交換水

試薬 0.1 mol/L 酢酸水溶液，0.1 mol/L アンモニア水

4-2 実験2の方法

酢酸の電離定数を求める実験は教科書³⁾に記載されているが塩基であるアンモニアについては実験例がない。そこで同様の方法で実験ができるかどうかを検討した。

- (1) 市販の0.1 mol/L 酢酸水溶液をA液とする。A液10 mLをマクロピペットでとり，メスフラスコを用いて100 mLに希釈する。これをB液とする。
- (2) B液10 mLをマクロピペットでとり，メスフラスコを用いて100 mLに希釈する。これをC液とする。
- (3) C液10 mLをマクロピペットでとり，メスフラスコを用いて100 mLに希釈する。これをD液とする。
- (4) 簡易pHメーターの電極を少量のD液で洗い，紙製のウエス（産業用ワイパー）で軽くふいてからD液に浸す。簡易pHメーターの指針が安定したらpHを読み取る。
- (5) 電極をC液で洗い，同様にC液に浸してpHを測定する。
- (6) 同様にB液のpH，A液のpHを測定する。
- (7) タブレット型コンピュータに配信の表計算ソフト表3で， $[H^+]$ ， $[CH_3COO^-]$ から電離度，電離定数を求める。
- (8) アンモニア水を酢酸と同様に希釈しpHの値から電離度と電離定数を求める。

4-3 実験2の結果

表3 酢酸水溶液の電離度・酢酸の電離定数

酢酸モル濃度	pH	電離度	電離定数 [mol/L]
0.1		$= (10^{-B2})/A2$	$= A2 * C2 * C2$
0.01		$= (10^{-B3})/A3$	$= A3 * C3 * C3$
0.001		$= (10^{-B4})/A4$	$= A4 * C4 * C4$
0.0001		$= (10^{-B5})/A5$	$= A5 * C5 * C5$

表4 酢酸水溶液のpH測定（測定例）

酢酸モル濃度	pH			
	堀場	S2K333	ハンナ	計算値
0.1	2.79	2.84	3.0	2.79
0.01	3.34	3.40	3.5	3.28
0.001	3.88	3.95	4.2	3.78
0.0001	4.57	4.82	4.6	4.28

表4より，高濃度の場合は計算結果と測定値が一致するが，低濃度になると簡易pHメーターの測定値が計算値より高くなるため計算値と測定値の差異が大きくなった。

pH（測定値）とそれに基づいて計算した電離度との関係をプロットすると、図1のグラフのようになり同濃度では、計算値の方が高い傾向が見られた。誤差原因としては、簡易pHメーターはイオン濃度の低い溶液では測定値が安定しないことが考えられる。さらに実験方法の改善を検討する。

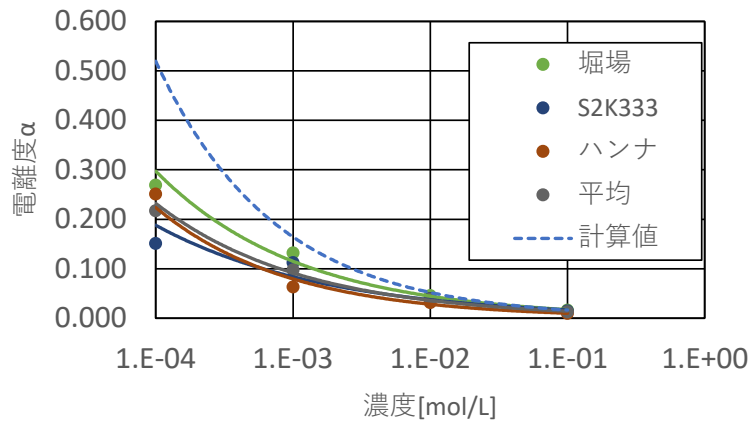


図1 酢酸水溶液の濃度と電離度（測定値および計算値）の関係

図1において $\alpha = \sqrt{Ka/C}$ で計算した結果が青色の破線である。酢酸のような弱酸の電離度は低濃度になるほど電離度が大きくなることが知られている。表4に示したように測定値はどのpHメーターでも低濃度溶液のpHが計算値より高いため、測定値から求めた α が下方に大きくずれた。原因は上記と同様にイオン濃度の低い溶液では測定値が安定しないためと考えられる。しかし濃度Cが小さくなるほど、電離度 α は大きくなることは確認できた。

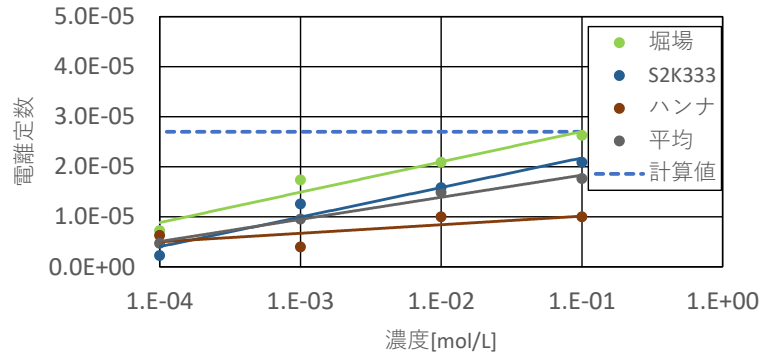


図2 酢酸水溶液の濃度と酢酸の電離定数（計算値および測定値）の関係

図2に示すように、電離定数の値は温度が変化しなければ青色の破線のように濃度にかかわらず一定である。しかし、表4に示したように測定したpHが、低濃度になると、計算値より高くなるため、測定したpHを使って計算した電離定数は濃度に対して減少してしまった。

表5 アンモニア水の濃度と電離度・電離定数

アンモニアモル濃度	pH	電離度	電離定数 [mol/L]
0.1		$= (10^{-(14-B2)})/A2$	$= A2 \cdot C2 \cdot C2$
0.01		$= (10^{-(14-B3)})/A3$	$= A3 \cdot C3 \cdot C3$
0.001		$= (10^{-(14-B4)})/A4$	$= A4 \cdot C4 \cdot C4$
0.0001		$= (10^{-(14-B5)})/A5$	$= A5 \cdot C5 \cdot C5$

表6 アンモニア水の濃度とpH（測定例）

アンモニア モル濃度	pH			
	堀場	s2k333	ハンナ	計算値
0.1	11.10	11.18	10.9	11.18
0.01	10.60	10.67	10.4	10.68
0.001	9.90	10.08	9.8	10.18
0.0001	8.37	8.80	8.7	9.68

表6より、高濃度では計算値と測定値が一致するが、低濃度ではpHが計算値より小さくなった。イオン濃度の低い溶液では簡易pHメーターの測定値が安定しないためpHが低く出て誤差が大きくなった。その結果、測定したpHに基づきグラフを作成すると、次の図3に示すように測定値から計算した電離度は計算値より低く、その傾向は低濃度でより顕著に表れた。解決方法としては簡易pHメーターでイオン濃度の低い溶液を測定するには測定値を安定させるため、測定時間を長めにとる、イオン濃度が極端に低い溶液のpH測定は避けるなどの実験方法の改善を検討する。

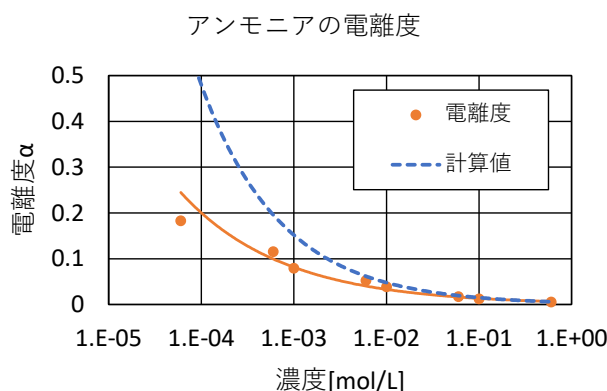


図3 アンモニア水の濃度と電離度（測定値及び計算値）の関係

図3の電離度は $\alpha = \sqrt{Kb/C}$ で計算した。アンモニア水の電離定数は $Kb = 2.3 \times 10^{-5}$ を用いた。アンモニアのような弱塩基でも電離度は低濃度ほど大きくなることをこの実験で確かめた。

酢酸と同様の理由で簡易pHメーターの特性上、表6に示したようにイオン濃度が低い溶液のpHの測定値が安定しないためpHが計算値より低く計測された。その結果、図3に示すように測定値に基づく電離度が計算値より小さくなった。しかし濃度Cが低くなるほど電離度 α が大きくなる傾向は確認できた。

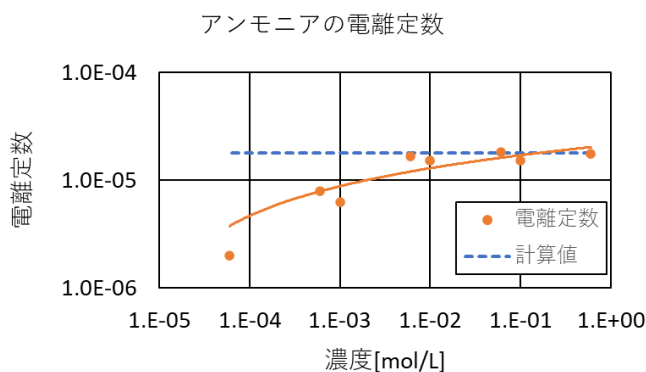


図4 アンモニア水の濃度と電離定数の関係（測定値及び計算値）

低濃度のアンモニア水では、pHが計算値より低く計測されたため（表6）、電離定数が濃度に対して一定とならず、低濃度ほど小さくなる傾向が見られた（図4）。低濃度では簡易pHメーターの安定性が下がるので測定時間を長くする、極端な低濃度のpH測定は避けるなど検討する。

4-4 電離度・電離定数について

酸や塩基の電離度 α は物質の種類だけでなく温度や濃度によっても異なる。塩化水素のような強酸の電離度は濃度によらず1に近いが、酢酸のような弱酸やアンモニアのような弱塩基では濃度が小さくなるほど電離度は大きくなる。

酢酸やアンモニアは弱酸・弱塩基であるため電離度は1よりも小さく、強酸・強塩基のように水素イオン濃度が元の水溶液の濃度に比例しないことがわかる。

電離定数は濃度によって変化しないことが明確に確かめられるよう実験をさらに検討する。

5. 緩衝液のpH変化と緩衝作用（実験3）

5-1 器具・試薬

ビーカー、メスフラスコ、紙製のウエス（産業用ワイパー）、簡易pHメーター、マイクロピペット、マグネチックスターラー

1 mol/L酢酸緩衝液、アンモニア緩衝液、1.0 mol/L水酸化ナトリウム水溶液、6 mol/L塩酸、1.0 mol/L食塩水

5-2 実験3の方法

- (1) 1 mol/L酢酸緩衝液100 mLをビーカーにとる。マグネチックスターラーで攪拌しながら、1.0 mol/L水酸化ナトリウム水溶液をマイクロピペットで添加し、写真4のように簡易pHメーターをビーカー内の溶液に挿したままで連続してpHを測定する。



写真4 緩衝液に水酸化ナトリウム水溶液を滴下しpH測定

- (2) 緩衝作用を持たない塩化ナトリウム水溶液に1.0 mol/L水酸化ナトリウム水溶液を添加しpHを測定し緩衝液のpH変化と比較する。
- (3) タブレット型コンピュータに配信した表計算ソフトを使い、グラフを作成する。緩衝液と食塩水のpH変化を比較する。
- (4) 酢酸と同様にアンモニア緩衝溶液100 mLをビーカーにとる。6 mol/L塩酸をマイクロピペットで添加しpHを測定する。

5-3 実験3の結果

緩衝溶液のpH変化

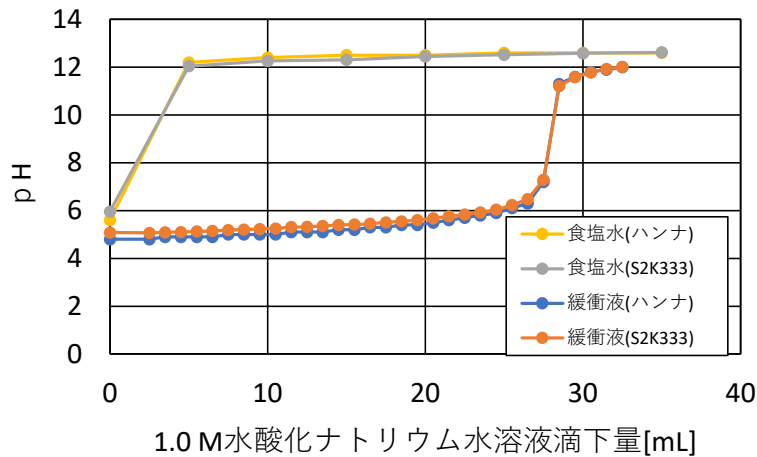


図5 酢酸緩衝液(pH4.57)と食塩水のpH変化

図5より酢酸緩衝液100 mLに対して1.0 mol/L水酸化ナトリウム水溶液を25 mL添加するまではpHが一定に保たれ、緩衝作用が確かめられた。図5は1年で行う食酢の中和滴定での滴定曲線に類似している。弱酸(酢酸)に強塩基(水酸化ナトリウム)を加える中和滴定にはpHの変化が小さい範囲がある。その範囲では、弱酸(酢酸)と弱酸と強塩基の中和で生じた塩(酢酸ナトリウム)による緩衝液となっており、pHの変化が小さい。図5では25 mLを超えるとpHは大きく変化した。

一方緩衝作用のない溶液では水酸化ナトリウム水溶液を添加した時どのようなpH変化がみられるか緩衝液と比較した。食塩水は1.0 mol/L水酸化ナトリウム水溶液を5 mL添加しただけでpHが極めて大きく変化した。

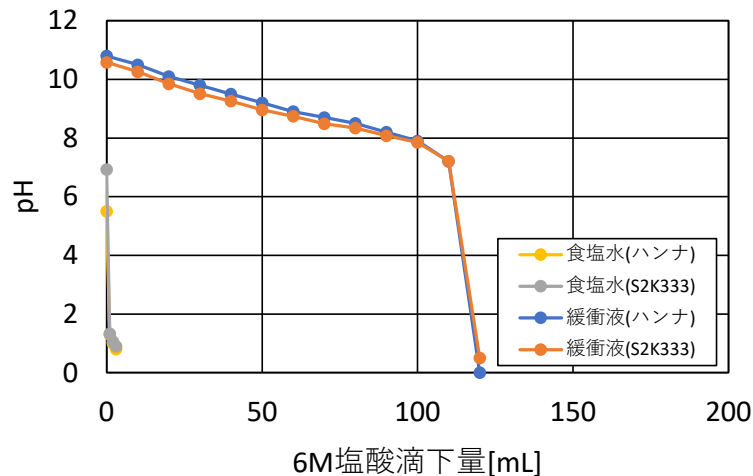


図6 アンモニア緩衝液(pH 10.58)と食塩水のpH変化

アンモニア緩衝液は100 mL中に NH_4Cl 7 g, アンモニア水57 mLを含むため、pHは10.5~8の範囲でさらに下がりやすく緩衝作用が確認できた。6 mol/L塩酸を100 mL加えるとpHは大きく下がった。一方、食塩水は6 mol/L塩酸を1 mL添加しただけで大きく下がった。

5-3 緩衝液のまとめ

弱酸とその塩又は弱塩基とその塩の混合水溶液は少量の酸や塩基を加えても、pHが大きく変化せず、ほぼ一定に保たれることが確認できた。緩衝作用がない溶液とのpH変化を比較するために食塩水に酸や塩基を加えるとpH変化が著しく大きいことが確かめられた。

6. 全体のまとめ

酸・塩基・塩の水溶液のpH測定（実験1）のまとめ

(1) 塩の水溶液は中性を示すものばかりではない。

塩の加水分解により、液性が異なる。もとの酸と塩基の強弱により予測ができた。

(2) 同じ濃度の酸又は塩基でもそのpHは電離度の大小で異なる。

(3) 実験結果から加水分解定数を求められる。

酢酸水溶液・アンモニア水の電離度及び酢酸・アンモニアの電離定数とpH（実験2）のまとめ

(1) 酢酸やアンモニアの電離度 α は、濃度 c が小さくなるほど大きくなる

(2) 電離定数は温度が変化しなければ濃度に無関係で一定である。

(3) 酢酸だけではなく、弱塩基のアンモニアでも実験が可能であることが分かった。

緩衝液のpH変化と緩衝作用（実験3）のまとめ

(1) 緩衝液は、食塩水などの溶液と比較し、酸や塩基を添加してもpH変化が起こりにくい。

(2) 今後は班ごとに緩衝液を作成し、緩衝作用を確認する実験を行う。

実験1から3のまとめ

(1) 計算問題の結果と実験の測定結果がほぼ一致した。

3つの実験を3年生最後に総まとめとして実施する、または学年ごとに分割して実施することが可能である。

謝辞

本研究は第61回（令和4年度）下中科学研究助成金によって実施いたしました。この場をお借りして、御礼申し上げます。

参考文献

1) 辰巳敬，他：改訂版化学p. 179(2017). pp176～186.

2) 佐野博敏，他：スクエア最新図説化学改定9版，p67，pp142～143(2021).

3) 西山隆造：図解 基礎化学実験法(Ⅲ)分析化学・物理化学分析，pp21～30(198

4) 中島哲人：化学と教育，pp396～397，54巻7号(2006).

5) 吉田尚之：化学と教育，pp460～461，59巻9号(2011).

6) 全国理科教育大会 和歌山大会 口頭発表

iPadを活用した高校化学における酸・塩基・塩に関する実験教材の開発
－pHと電離度・電離定数・緩衝作用－



井上 みどり
いのうえ みどり

< 略歴 >

- 1958年 東京都生まれ
- 1977年 私立跡見学園高等学校卒業
- 1978年 日本大学理工学部工業化学科入学
- 1982年 日本大学理工学部工業化学科卒業
- 1982年 日本大学大学院理工学研究科工業化学専攻博士前期課程入学
- 1984年 日本大学大学院理工学研究科工業化学専攻博士前期課程修了
- 1984年 日本大学豊山女子高等学校 教諭（理科）
- 1990年 日本大学習志野高等学校 教諭（理科）
- 現在に至る

< 研究発表 >

- 令和4年度 第66回日本大学理工学部学術講演会（口頭発表）、「千葉県のかん水とヨウ素を使った実験教材開発－ヨウ素の溶解性と酸化還元滴定－」.
- 令和3年度 第65回日本大学理工学部学術講演会（口頭発表）、「次亜塩素酸を使った高校化学実験教材－次亜塩素酸水から学ぶ洗浄・殺菌・漂白－」.
- 令和元年度 第63回日本大学理工学部学術講演会（口頭発表）、「高校化学における実試料を用いたアミノ酸の定量実験開発－発酵調味用中の旨味の成分であるアミノ酸の定量－」.
- 平成30年度 第62回日本大学理工学部学術講演会（口頭発表）、「ヨウ素を学び地域や世界に目を向ける。－ヨウ素定量実験と輸出統計を使った文理融合教材の開発－」.
- 令和5年度 全国理科教育大会・和歌山大会（口頭発表）、「iPadを活用した高校化学における酸・塩基・塩に関する実験教材の開発－pHと電離度・電離定数・緩衝作用－」.
- 令和4年度 全国理科教育大会北海道大会（口頭発表）、「発酵食品を使った高校化学の知識を活用した分析実験」.
- 令和3年度 全国理科教育大会・オンライン大会（口頭発表）、「金属樹から学ぶ酸化還元反応と析出金属の定量実験の開発－酸化還元反応の視覚化と金属の溶解と析出の定量実験－」.
- 令和元年度 全国理科教育大会・高知大会（口頭発表）、「ヨウ素を学び地域や世界に目を向ける－かん水を使ったヨウ素の定量を行う高校化学実験の開発」.

< 研究助成 >

- 令和5年度 科研費奨励研究，課題番号：23H05168，「芳香族化合物を活用した探求型高校化学実験教材－解熱剤を活用した成分分析－」.

- 令和5年度 中谷医工計測技術振興財団・科学教育振興助成, 「化学部生徒による千葉県のかん水を使ったヨウ素の研究Ⅱ」.
- 令和4年度 中谷医工計測技術振興財団・科学教育振興助成, 「化学部生徒による千葉県のかん水を使ったヨウ素の研究」.
- 令和3年度 武田科学振興財団高等学校理科振興奨励, 「発酵食品を使った高校化学の知識を活用した分析実験—科目横断型の実験教材の開発—」.
- 令和2年度 東レ理科教育賞・企画賞, 「製法の異なる次亜塩素酸水の成分の化学的検証」.
- 令和元年度 第58回下中科学研究助成, 「金属樹から学ぶ酸化還元反応と析出金属の定量実験の開発」.
- 平成30年度 科研費奨励研究 課題番号: 18H00213, 研究課題名: 「ヨウ素を学び地域や世界に目を向ける—かん水を使ったヨウ素の定量を行う高校化学実験の開発」
- 平成29年度 日本大学学術研究助成 「高校化学における実試料を用いたアミノ酸の定量実験の開発」.
- 平成29年度 中谷医工計測技術振興財団・科学教育振興助成, 「化学部生徒による化学実験教室実施の指導および大学教員による高大連携教育の計画と実施」.
- 平成29年度 武田科学振興財団高等学校理科振興奨励, 「未知試料分析を題材にした高校化学の知識を活用させるための実験開発」.
- 平成26~28年度 国立研究開発法人科学技術振興機構・中高生の科学部振興プログラム, 「化学の教科書の実験的検証 —置換フェノールフタレインに対する置換基の効果及び酸の違いによる滴定曲線の特徴—」.

<論文>

- 1) 井上みどり ; 「金属樹から学ぶ酸化還元反応と析出金属の定量実験の開発」, 研究紀要, 日本理化学協会 第53巻, pp53-56, (2021).
- 2) 井上みどり ; 「実験の広場 化学クラブただいま実験中」, 化学と教育Vol. 67, No. 09, (2019).
- 3) 井上みどり ; 「TCIメール 化学よもやま話 研究室訪問室訪問記 科学クラブを訪ねて 日本大学習志野高等学校化学部」, 177, (2018).
- 4) 井上みどり, 他2名 ; 「実験の広場 科学賞の受賞をたたえて 日本大学習志野高等学校化学部・サーモンのルミノール反応に対する触媒反応に関する研究」, 化学と教育, Vol. 65, No. 07, (2017).
- 5) 内海諭, 小高みどり, 磯崎昭徳 ; 「三ヨウ化物イオンの生成を利用する微量ヨウ化物及び臭化物イオンの吸光光度定量」, 分析化学, Vol. 34, No. 2, pp81-86, (1985).

<勤務校>

日本大学習志野高等学校
〒274-8504 千葉県船橋市習志野台7-24-24
電話 : 047-469-5555