

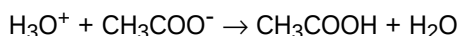
この実験では、身のまわりの物質で作った緩衝液が、強酸や強塩基の影響を打ち消すところを観察します。

イントロダクション

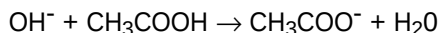
清涼飲料水用の粉末ジュース、ある種のアスピリンの製品、人間の血液には、緩衝液を含むという共通の性質があります。では、緩衝液とは何でしょう。化学では、酸または塩基をある程度加えても、pHが比較的安定している溶液のことを緩衝液といいます。血液の pHが 7.35と 7.45の間でなければならない人体では、この pHの安定性は重要です。清涼飲料水用の粉末でも、溶かすのに使う水の pHによらずに、味はほぼ一定になります。

緩衝液の成分は何でしょう。また、どう働くのでしょうか。Bronsted/Lowry の酸と塩基の定義を使って、緩衝液の調整方法を定義しましょう。緩衝液は、弱酸とその弱酸の塩、または弱塩基とその塩で構成されます。Bronsted/Lowry によれば、そのような溶液は、「共役酸 - 塩基対」と呼ばれます。人間の血液では、緩衝液は炭酸と重炭酸イオン($\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$)で構成されています。レモネード風味の粉末ジュースには、クエン酸とクエン酸ナトリウムの緩衝液を含んでいます。うまく調合された緩衝液には、少量の OH^- (水酸化物イオン)を中和する成分と、少量の H^+ (水素イオン)を中和する成分が含まれています。

この実験では、酢酸と酢酸ナトリウムを同量ずつ混ぜ合わせて、緩衝液を作ります。 HCl (H_3O^+)のような強酸をその緩衝液に加えると、酢酸イオンが酸と次のように反応します。



この反応の生成物である酢酸は、すでに緩衝液中に含まれています。 NaOH (OH^-)のような強塩基をその溶液に加えると、酢酸イオンが塩基と次のように反応します。



この反応の生成物は酢酸イオンです。このようにして、緩衝液は、加えられる酸や塩基の量が少ないうちはそれらを中和できます。

この実験の目的は、緩衝作用の現象を観察することです。緩衝液の定量分析は、後の実験にゆずりましょう。

⚠ 注意：つねにゴーグル、手袋、エプロンを着用すること！

実験で使用する酸と塩基は、肌や目に有害です。こぼしたらすぐに大量の水道水で洗い流してください。

必要な装置

- | | |
|---|---|
| ✓ CBL | ✓ 1.0 M HCl と 1.0 M NaOH 溶液 |
| ✓ 接続ケーブルのついた電卓 | ✓ 0.1 M HCl と 0.1 M NaOH 溶液 |
| ✓ CBL DINアダプターのついたVernier pHセンサー(PHA-DIN増幅器と7120B電極) | ✓ レモネード(粉末を溶かした清涼飲料水) |
| ✓ 1.0 M 酢酸 (CH_3COOH) | ✓ 指示薬 (オプション) |
| ✓ 1.0 M 酢酸ナトリウム (NaCH_3COO) | ✓ 50ml のビュレット：2本 |
| ✓ 1.0M アンモニアの水溶液 (NH_3 または NH_4OH) | ✓ 25ml のメスシリンダー：2本 |
| ✓ 1.0M 塩化アンモニウム溶液 (NH_4Cl) | ✓ スタンド, ビュレット・クランプ, クランプ |
| | ✓ 250ml のビーカー：数個 |
| | ✓ TI-GRAPH LINK (オプション) |
| | ✓ マグネチック・スターラーとスターリングバー (オプション) またはガラス棒 |

プログラム

プログラム PHを電卓にダウンロードして使用します。

装置の設定手順

図1にしたがって、次の手順で装置を接続します。

- ① それぞれの機器の下部にある入出力口を使って、接続ケーブルでCBLを電卓に接続します。ケーブルの端をきっちり押し込んでください。
- ② ビュレット・クランプをスタンドに取りつけて、ビュレット2本をクランプに取り付けます。
- ③ pHセンサーを、クランプを使ってスタンドのビュレットの下に取り付けます。
- ④ pHセンサーを CBL の上端にあるチャンネル1 (CH1)に接続します。
- ⑤ CBL と電卓の電源を入れます。
- ⑥ 必要に応じて、pHセンサーを補正します(本書の「はじめに」を参照してください)。

これで、CBL が電卓からの命令を受け取ることができます。

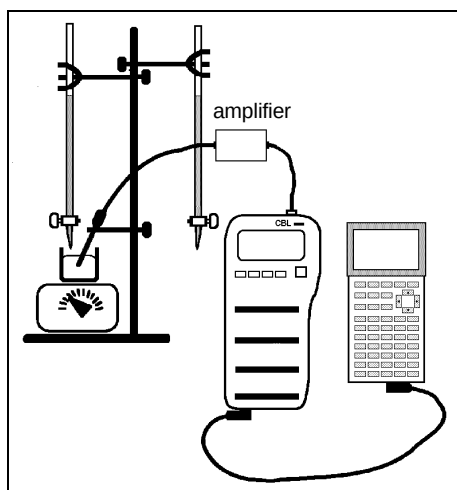


図 1: 装置の設定

実験手順

- ① ビュレットを1本は少量の酸で、もう1本は少量の塩基でゆすぎます。それから、1本のビュレットに 1.0M HCl を、もう1本のビュレットに 1.0M NaOH 溶液を入れます。
- ② 25ml のメスシリンダーを使って、酢酸を15ml と酢酸ナトリウム溶液を15ml 計ります。それを清潔な250ml のビーカーに入れます(色の変化によって pHの変化を調べたい場合には、ここでビーカーに指示薬を2～3滴落とします)。
- ③ pHセンサーを緩衝液の中に入れます。マグネチック・スターラーを使う場合には、マグネチック・スターラーの上にビーカーを置いて攪拌します。センサーが、回転するスターリングバーに接触しないようにします。
- ④ ビーカー、pHセンサー、ビュレットを配置します。
- ⑤ CBL の電源が入っていることを確認します。電卓でプログラム PHをスタートします。指示が表示されたら、センサーを接続したチャンネルの番号と、集めるデータの個数「35」を入力します。
- ⑥ 滴定を始めます。まず緩衝液の pHを計ります。「ML?」と表示されたら、「0」と入力します(体積：0 ml)。

Note : pHの値を調べるためには、CBL の **TRIGGER**を押します。「ML?」と表示されたら、加えた NaOH 溶液の体積を入力します。測定データは電卓の画面に表示され、**TRIGGER**をもう一度押すまで、プログラムは停止しています。表示される pHの値が安定するように、**TRIGGER**を押す間隔を2～3秒にします。

- ⑦ 指示が表示されたら、加えた NaOH 溶液の合計が10ml になるまで 1.0M NaOH 溶液を 1.0mlずつ加えます。つぎに、pHが大きく変化するまで塩基を0.5ml ずつ加えます。その時点では、緩衝作用が無くなっています。この後、さらに数回測定を続けます。測定が終了した後で、収集したデータ(容積：L5, pH：L4)の STAT PLOT を表示します。CBL の **TRIGGER**をもう一度押して、データの収集を終了します。

- ⑧ ビーカーの中の溶液を捨てて、洗います。
- ⑨ 酢酸／酢酸ナトリウムの緩衝液をもう1つ準備して、1.0M HClを使って実験します(②～⑧)。滴定の前には、忘れずに pHセンサーを水道水でゆすぎます。
- ⑩ アンモニア／塩化アンモニウムの緩衝液を作って、同様に実験します(①～⑨)。
- ⑪ ビュレットの酸と塩基を0.1M HCl と0.1M NaOH 溶液に変えます。レモネードを50ml 計って、それを0.1M NaOH 溶液で測定します(③～⑧)。
- ⑫ 50mlのレモネードのサンプルをもう1つ用意して、0.1M HCl で測定します(③～⑧)。

分析と結論

1. 酢酸／酢酸ナトリウムの緩衝液とアンモニウム／塩化アンモニウムの緩衝液の効果を比較してください。
2. アンモニア／塩化アンモニウムの緩衝液が、HCl と NaOH 溶液を中和するときの化学反応式を書いてください。
3. 普通に買うことができる物質を含む溶液で、緩衝液になりそうなものをあげてください。
4. 清涼飲料水の緩衝液としての有効性を検討してください。クエン酸／クエン酸ナトリウムの緩衝液が、他の緩衝液よりも効果が弱いのはなぜでしょう。

選択課題

重曹(NaHCO_3)の 1.0M 溶液を準備します。その溶液30ml を使って、緩衝液の場合と同様に実験します。緩衝作用はありますか。あるならば、化学反応式を書いて説明してください。

本実験の典型的データ

1. 酢酸／酢酸塩の緩衝液 - 1.0M NaOH溶液の滴定

mL	pH	mL	pH
0	5.63	14.1	6.81
1	5.72	14.2	6.89
2	5.65	14.3	6.77
3	5.72	14.4	6.97
4	5.70	14.5	6.98
5	5.86	14.6	7.12
6	5.97	14.7	7.17
7	5.90	14.8	7.23
8	5.97	14.9	7.28
9	6.16	15	7.52
10	6.22	15.2	10.31
11	6.16	16	11.22
12	6.20	17	11.41
13	6.41	18	11.41
14	6.77	19	11.46

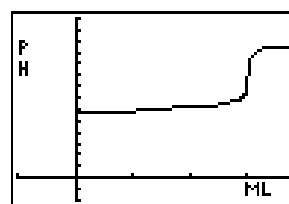


図 2 : pH – NaOH 溶液の体積 (ml)

2. 酢酸／酢酸塩の緩衝液 - 1.0 M HCl の滴定

mL	pH	mL	pH
0	5.65	11.5	4.68
1	5.54	12	4.58
2	5.40	12.5	4.52
3	5.49	13	4.53
4	5.43	13.5	4.50
5	5.20	14	4.43
7	5.06	14.5	4.10
8	5.04	15	3.68
9	4.89	16	3.40
10	4.81	17	3.15
10.5	4.91	18	2.97
11	4.74	19	2.90

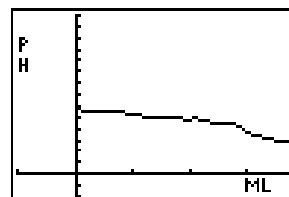


図 3 : pH - HCl の体積 (ml)

3. アンモニア／アンモニウム塩の緩衝液 - 1.0 M HCl の滴定

mL	pH	mL	pH
0	9.38	11	8.54
1	9.38	11.5	8.52
2	9.38	12	8.39
3	9.29	12.5	8.69
4	9.20	13	7.92
5	9.09	13.5	3.94
6	8.99	14	3.33
7	9.08	14.5	3.24
8	9.01	15	3.08
9	8.91	16	2.97
10	8.77	17	2.77
10.5	8.71	18	2.69

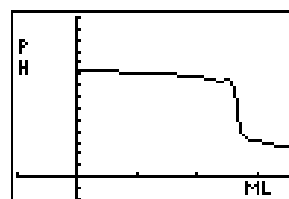


図 4 : pH - HCl の体積 (ml)

4. アンモニア／アンモニウム塩の緩衝液 - 1.0 M NaOH 溶液の滴定

mL	pH	mL	pH
0	9.22	11.5	9.94
1	9.31	12	10.16
2	9.45	12.5	10.14
3	9.43	13	10.27
4	9.53	13.5	10.54
5	9.43	14	10.74
6	9.54	14.5	11.21
7	9.65	15	11.48
8	9.68	15.5	11.56
9	9.75	16	11.72
10	9.77	16.5	11.67
10.5	9.97	17	11.76
11	9.99	18	11.73

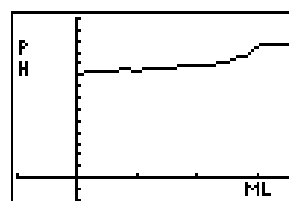


図 5 : pH - NaOH 溶液の体積 (ml)