

マイクロスケール実験の広場 (その5)

酸塩基に関するいくつかのスモールスケール実験

Some Small Scale Experiments on Acids and Bases

はじめに

著者らはいろいろなスモール/マイクロスケール化学実験教材を開発してきた。本報告では、プレートを使う酸塩基の実験教材を紹介する¹⁾。これらは、小学生～高校生対象の実験にいろいろ応用できる。

器 具

1. セルプレート

生化学などの実験用に使い捨て器具として広く使われているプレートには、6, 12, 24, 48, 96, 192 ウェルがある。ウェル数の多いものは、1つのウェルが小さく洗にくい。多くの実験に便利なのは、12 ウェルと 24 ウェルである。理化学器械店で1箱50枚入りで販売されている。1枚300円程度であるが、繰り返し使用するので安価に実験できる。

ポリスチレン製なので、有機溶媒は限定され、また高温(>60℃)にできないのが欠点である。キズが付きやすいので、沈殿が付着した場合には、化学的に溶かして除去する。プラスチック製器具共通の欠点として、試薬が付着しやすいので、使用後はできるだけ早く洗うべきである。ヨウ素のような無極性のものは内部に拡散して、除去しにくいので大過剰のヨウ化カリウム水溶液やデンプン存在下で使ったり、ウェル内部にプラスチックフィルムを敷くのがよい。

一方、試験管と比較すると次の長所がある：

- ① プレートの縦・横にそれぞれ試薬を設定し、12セルプレートでは4×3(24セルプレートでは6×4)通りの組み合わせの反応や変化をみることができる。
- ② プレートのウェルごとに試薬の量を変えて、混ぜ合わせる。通常は試験管1本で見える反応のいろいろな段階を静止画面のように再現することができる。
- ③ 混合して反応させる前の溶液と反応後のものをそれぞれ別のセルにとっておけるので、変化が明白にみられる。
- ④ 適切な実験ワークシートを用意しておくと、実験操作の説明、実験結果の記録、結果の比較に便利である。

2. スポイトびん

液体の試薬を各グループに小分けするには、30 ml 小児用投薬びんが便利である。0.5 ml ごと 2 ml までの目盛のついたスポイトがねじ口キャップに付随しているので、滴数を数えて加えることも、体積を指定して加えることもできる。ポリプロピレン製なので多くの試薬に使うことができる。1個30円程度で200本入りのケースで購入できる。小さくて場所をとらないので、すべての試薬を各グループに一びんずつ配布しておくことができる。試薬が付着しやすいので、各試薬びんには常に同じ試薬を入れて使うことが望ましい。半定量実験用の水酸化ナトリウム水溶液やアンモニア水は濃度が変わりやすいので、その都度つくる必要があるが、定性分析用の多くの水溶液は数年以上も連続して使うことができる。試薬を入れたまま保存しても場所をとらない。1回目は試薬の準備にある程度の時間が必要であるが、2回目からは、そのまま使用できるので準備が簡単である。

3. その他の器具

固体試薬の容器としては、フィルムケースやガラス管びんを使うことができる。管びんにはさまざまなサイズのものがある。少量の固体試薬の採取には、ファーストフード等で飲物のかきまぜに使われる細いプラスチック匙が便利である。これは

ウェル中の混合物の攪拌にも使うことができる。

ユニバーサル pH 試験液

プレートを使った実験では、ユニバーサル pH 試験液を使うと、pH を調べるのに便利で、また視覚的である。試験液は次のようにして調製できる。

東洋濾紙のユニバーサル pH 試験紙1巻(約5.8 g)を数センチに短く切り、95%エタノール 20 ml に浸し、色素を溶出させる。抽出液を試験紙から分離するには、ガラスフィルタとろ過嚢を用いて吸引ろ過するか、薄手のポリ手袋をして指で絞る。さらにエタノール 5 ml、ついで水 20 ml で抽出したのちに少量の水で数回抽出を行い、抽出液の全体積を 60 ml とする。この液に 0.1%チモールブルー溶液 3 ml を加えてユニバーサル試験液とする。このようにして得られた試験液は試験紙とほぼ同様に pH に応じて変色するので、ユニバーサル pH 試験紙の変色表を用いることができる。チモールブルーを加えるのは、pH 1 で変色表通りの赤色を出すためである。pH 8 の色調はやや変色表と異なるが、試験液の色の方が試験紙より美しく見やすい。冷蔵庫に保管して1年間使用できた。

この試験液は、24 ウェルプレートには、1, 2 滴、12 ウェルプレートには、2~4 滴程度を使う。

市販の pH 試験液は高価であり、変色表が1枚しか添付されていないので生徒実験には不向きである。東洋濾紙のユニバーサル pH 試験紙は広く使われており、多くの学校には変色表は十分にあるので、このように調製した試験液をグループに分けて使うことができる。

実 験 例

1. 指示薬の変色

12 ウェルプレートの1列の4ウェルに希塩酸、希水酸化ナトリウム水溶液、食塩水をそれぞれ5滴ずつ入れ、各行に4種の酸塩基指示薬溶液(メチルオレンジ、BTB、リトマス、フェノールフタレインなど)を1滴ずつ加え、軽く揺ると、指示薬の変色が明瞭に現れる。

2. いろいろな水溶液の液性

身近な水溶液(食酢、重曹、せっけん水等)の液性を予想させ、ユニバーサル試験紙(または試験液)で調べさせる実験は、12 ウェルプレートを使うと、試験管よりはるかに短時間でできる。

3. 正塩の加水分解

炭酸ナトリウム、硫酸ナトリウム、塩化アンモニウム、酢酸ナトリウム、硫酸銅(II)などありふれた塩の固体を少量ずつ12 ウェルプレートに取り、それぞれに純水10滴を加え、プレートを揺すって溶かす。それぞれの液性を予想させた後で、リトマス試験紙で調べる。

4. 酸と塩基の中和滴定

24 ウェルプレートと滴びん²⁾を使う。図1のようなワークシートを使う。図1のプレートの部分は実物と同じサイズにして、シートの上にプレートをのせて実験できるようにする。12個のウェルには0.10 mol/l HCl を8滴ずつ加えておく。ついでこれらのウェルに順に0.10 mol/l NaOH を0, 1, 2, …, 11滴加え揺すって混ぜる。ユニバーサル pH 試験紙または試験液で pH を調べる。この場合、強酸性を示す赤色と強アルカリ性を示す紫色のみが観察されることが多い。まれに中性付近の黄緑~青緑色のウェルが1つだけみられる。

強塩基による強酸と弱酸の中和滴定

試薬：

ユニバーサルpH試験紙または液、0.1mol/l 塩酸 (HCl)、0.1mol/l 酢酸 (CH_3COOH)、0.1mol/l 水酸化ナトリウム (NaOH) 水溶液

手順：

- ① A, B 2 行の12個のウェルに HCl を8 滴ずつ取る。
- ② NaOH を順に0, 1, 2, … 11 滴加え、揺すって混ぜる。
- ③ 各ウェルの pH を調べ記録する。
- ④ C, D 2 行の12個のウェルに CH_3COOH を8 滴ずつ取る。
- ⑤ NaOH を順に0, 1, 2, … 11 滴加え、揺すって混ぜる。
- ⑥ 各ウェルの pH を調べ記録するとともに、グラフ用紙に滴定曲線を描く。

		1	2	3	4	5	6
HCl 8 滴ずつ	A	0 滴	1 滴	2 滴	3 滴	4 滴	5 滴
	B	6 滴	7 滴	8 滴	9 滴	10 滴	11 滴
CH_3COOH 8 滴ずつ	C	0 滴	1 滴	2 滴	3 滴	4 滴	5 滴
	D	6 滴	7 滴	8 滴	9 滴	10 滴	11 滴

実験結果

HCl の滴定 の pH 値	0 滴	1 滴	2 滴	3 滴	4 滴	5 滴
	6 滴	7 滴	8 滴	9 滴	10 滴	11 滴
CH_3COOH の 滴定の pH 値	0 滴	1 滴	2 滴	3 滴	4 滴	5 滴
	6 滴	7 滴	8 滴	9 滴	10 滴	11 滴

考 察

1. 中和点はどこか。滴定曲線から求めよ。
2. 強酸と弱酸の滴定曲線はどのように違うか。
3. メチルオレンジを指示薬にして滴定するとどのような結果になるか。

図1 実験4のワークシートの例。

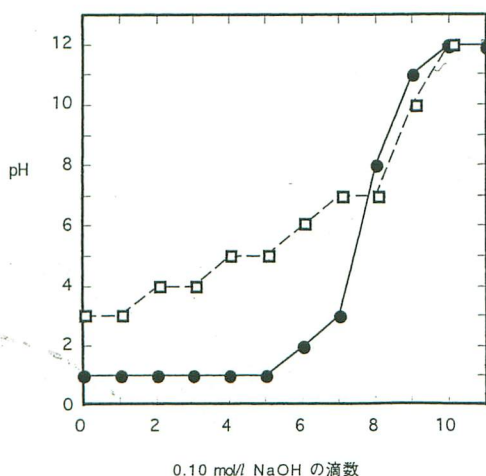


図2 実験結果から簡単に得られる pH 滴定曲線。

- 0.10 mol/l 塩酸の滴定曲線。
- 0.10 mol/l 酢酸の滴定曲線。

残り12個には0.10 mol/l 酢酸を8滴ずつ入れ塩酸の場合と同様に pH を調べる。この場合には赤、橙、黄等さまざまな色が中和点までに観察される。滴数と pH をプロットすると図2のようなグラフが得られる。

なお、この実験は半定量的なので、1滴の大きさが一定になるよう注意して滴下する必要がある。

考 察

以上いずれの実験も操作は簡単で、シートの説明を読むだけで失敗なく実験できる。

実験3では、塩の水溶液を使わずに固体を使ったが、これは生徒に「塩は固体である」ことを実感させ、さまざまな物質に触れさせるためである。

滴定曲線は通常ビュレット、ピペット、pH メーターを使った実験で作成する。いずれの器具も取り扱いに説明を要するが、実験4は説明なしに実験できる。このような簡単な実験でも、強酸と弱酸の滴定曲線の違い、指示薬の選択の意義を示すことができる。

きる。

いずれの実験も指示薬の色が視覚的である。

謝 辞

本研究は文部省科学研究費 06680166 および 09680184 により行ったものである。

文 献

- 1) 本報告の一部は、次の報告に含まれている。「高校化学におけるスモールスケール実験の開発」、荻野和子、東海林恵子、金和宏、田嶋智子、藤川卓志、平成9年度東レ理科教育賞受賞作品集（東レ科学振興会）、35～37（1998）。

荻野 和子（東北大学医療技術短期大学部）
田嶋 智子（聖ドミニコ学院高校）
東海林恵子（仙台育英学園高校）
金 和宏（宮城県第三女子高校）

[連絡先] 981-0944 仙台市青葉区子平町16-30（自宅）。