

水の電気分解でできる気体の体積比を示す マイクロスケール実験

Microscale Experiments on the Gases formed by the Electrolysis of Water



1 はじめに

水の電気分解は、中学校理科、高校化学の双方で扱う重要な概念であり、実験によって理解が深まる。電気分解で生じる気体の体積を示す実験は、通常 H 字管を用いた Hoffman 型電気分解装置が用いられるが、高価で扱いも簡単ではなく、生徒実験もしにくい。そこで、生徒実験が容易なマイクロスケールの装置を考案した。短時間でできるので、この実験を電気分解についての他の実験、

- ①電気分解により爆鳴気を発生、爆発させる¹⁾。
- ②電気分解の際個々の電極で起こっている反応を調べる²⁾。と組み合わせて効果的な授業が可能となろう。

①の実験は中国マイクロスケールケミストリーセンターの周寧懐教授が、しばしば国際会議等で演示している教材で、同教授が開発した中学生徒用実験キットを用いている。同キットに含まれる 6 ウェルのプレートを用いるが、通常の 12 ウェルセルプレートで実験できる。最近英文で発表された¹⁾が、日本で簡単に実施できる方法を紹介する。

2 水の電気分解により爆鳴気を発生、 爆発させる実験

1) 器具等：12 ウェルセルプレート (イワキ、コーニング等いろいろな会社のものがあるがどれでもよい)、プラスチックスポイト (ステムが一様に細い、しなやかに曲がるもの)、ステンレス待ち針 2 本、9 V 乾電池、1 mol L⁻¹ NaOH (安全のためには 1 mol L⁻¹ 硫酸ナトリウム水溶液でもよい)、点火用のマッチ、ライター等。水酸化ナトリウムを扱うので、保護眼鏡の着用と注意が必要である。

2) 実験操作：

ア. プラスチックスポイトに NaOH 溶液を肩のところまで吸い上げる。その際飛沫が飛ばないように、手に触れないよう注意する。

イ. 待ち針 2 本を互いに接触しないようにプラスチックスポイトの肩に刺す。

ウ. セルプレートの一つのウェルに水道水を九分目と洗剤 5 滴を入れる。

エ. プラスチックスポイトを同じセルプレートの一つのウ

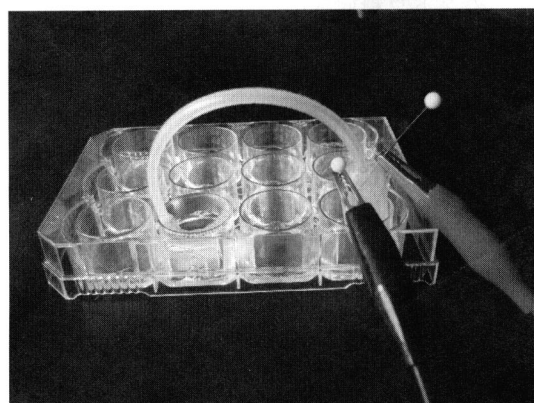


写真 1 プラスチックスポイト中の電解とプレートを用いた爆発。

ェルに立て、ステムを曲げて、先端を洗剤の入ったウェルに入れる。

オ. 待ち針を乾電池につなぎ、電解を開始する。

カ. 待ち針から気体の発生が観察され、洗剤の入ったウェルが泡で盛り上がる (写真 1 参照)。電解を止め、泡に火を近づけると大きな音で爆発が起こる。

キ. 再び電解して、泡が盛り上がったなら、点火する。爆発は何度でも繰り返すことができる。

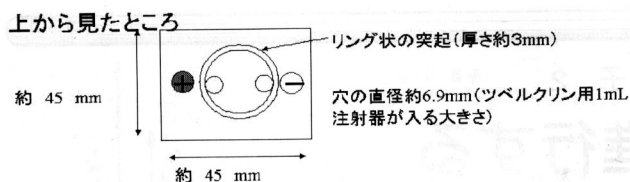
3) 特色：この実験は、僅かな量の気体が予想を越える大きな音で爆発するので、驚きと関心を惹起する。通常爆発をとまなう実験は危険であり、周到な予備実験が必要である。また、演示実験はできても生徒実験は難しい。それに対し本実験は、安全に爆発を体験させることができる。

4) 注意：本実験は「安全な爆発実験」であるが、火を使い、可燃性のプラスチック器具を用いている。必ず教員が十分に監督する、保護眼鏡をかける等の注意が必要である。

3 水の電気分解により発生する気体の 体積比を示す実験

上の実験では、大きな音の爆発が起こるが、これは電解で生じるのが水素と酸素が体積比で、2:1 の混合気体つまり爆鳴気だからである。これを確かめるマイクロスケール実験を簡単に行うことができる。

1) 器具等：12 ウェルセルプレート、1 mL ツベルクリン用プラスチック注射器 2 本、電解支持板 (図 1 参照)、デ



横から見たところ



図1 電解支持板 (透明プラスチック製 厚さ約2 mm)。
12ウェルプレートの一つの穴 (直径約20 mm) に固定できる
ようにリング状の突起を接着したもの。

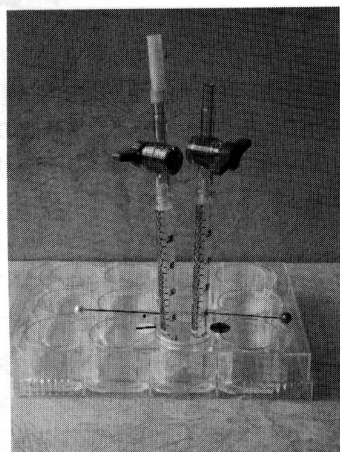


写真2 1 mL注射筒2本を電解支持板を用いてプレートのウェルに立て、電極となる待ち針2本を注射筒に刺す。

イスポーザブルプラスチック製二方活栓 (注射筒に合うもの。入手しにくければ三方活栓でもよい。以下二方活栓と略記) 2個, シリコンチューブ (内径3 mm, 長さ約6 mm) 2 mL程度のプラスチック注射器1本, ステンレス待ち針2本, 9 V乾電池, 1 mol L⁻¹ NaOH。

2) 組み立て: 電解支持板の二つの穴にツベルクリン用プラスチック注射器のシリンダーを下から通す。シリンダーの縁をカッターで適宜切り落とし, 12ウェルセルプレートの一つのウェルに写真2のように乗せられるようにする。注射器の先に二方活栓をつける。これらの注射器の0.80 mLの目盛のところに待ち針を刺し込んで電極とする。一度組み立てると, この器具は半永久的に繰り返し使うことができる。

3) 実験操作

- ア. セルプレートの一つのウェルにNaOH水溶液約3.5 mLを入れ, その上に注射筒付きの電解支持板を固定する。
- イ. 注射筒の上の活栓にシリコンチューブを用いて2 mL注射器を接続し, 活栓を開いて1 mL注射筒にNaOH水溶液を吸い上げ活栓を閉じる。
- ウ. 2本の注射筒をNaOH水溶液で満たしたら, 活栓を閉じチューブと2 mL注射器を外す。
- エ. 待ち針に乾電池を接続して電気分解を開始する。
- オ. 待ち針から気体の発生が観察される。注射筒の目盛で

気体の体積を読む。

- カ. 乾電池のプラス極に接続した待ち針からの気体(酸素)は, マイナス極に接続した方の気体(水素)の半分であることがわかる。
- キ. 待ち針を0.80 mLの目盛に刺してあるので, 水素が0.80 mL, 酸素が0.40 mLに達すると電解は終わる。
- ク. 実験を繰り返したいときは, 2 mL注射器を接続して注射筒を再び, 水酸化ナトリウム溶液で満たせばよい。
- 4) 結果: 30秒ほどで陰極と陽極の気体の体積が2:1であることが示される。数分で電解は終わる。

4 考 察

プラスチックピペット中の電気分解とそれにより生じた爆鳴気の爆発は, 例外なく興味を引く実験である。1セット用意すれば, 繰り返し実験できるので, 20名ほどに使うことができる。水酸化ナトリウム水溶液のかわりに硫酸ナトリウム水溶液を使ってもほとんど変わりなく大きな音が出る。ピペットへの液の吸い上げを生徒に行わせるときは, 安全の観点から硫酸ナトリウム水溶液を使うことが望ましい。

水の電解により生じる気体の体積比を調べる実験では, 硫酸ナトリウム水溶液ではうまく行かない。ステンレス待ち針を電極とすると, 硫酸ナトリウム中では, 電極の腐食が起こるためである。

いろいろな電極, 電解質を用いて電解によって発生する気体の体積比を求める実験については文献3に詳細に述べられている。

高校化学では, 電気分解の際, 陽極および陰極で生起する半反応も学習する。筆者らは, そのための12ウェルプレートを用いるマイクロスケール実験を報告した²⁾。上記の2種の実験に引き続き, 硫酸ナトリウム水溶液中での水の電解を実験すると, 陽極, 陰極で生起する半反応, 全反応について理解させることができる。その他の電解質水溶液の電解を組み合わせるとさらに効果的である。なお, 図1の電解支持板は, 12ウェルプレート中で炭素棒電極で電解する際にも使うことができる。

謝辞 本研究は文部省科学研究費特定領域研究17011005により行ったものである。

参考文献

- 1) Ning Huai Zhou, "Six Microscale Chemistry Experiments with Wellplate 6," in *Microscale Chemistry Experimentation for All Ages* (P. Schwarz, M. Livneh, M. Hugerat eds.), Academic Arab College for Education, (2006).
- 2) 荻野和子, 東海林恵子, 化学と教育, 46, 742 (1998).
- 3) 前川哲也, 化学と教育, 52, 169 (2004).

荻野 和子 Kazuko OGINO

(東北大学医療技術短期大学部名誉教授)

[連絡先] 981-0944 仙台市青葉区子平町16-30 (自宅)。