

ヨウ化カリウム水溶液の電気分解

一分光セルを用いたマイクロスケール実験

奥野晃久¹⁾, 芝原寛泰²⁾

1) 京都教育大学大学院 teru_okuno@yahoo.co.jp

2) 京都教育大学理学科 shiba@kyokyo-u.ac.jp

キーワード: マイクロスケール実験, 電気分解, プラスチック製分光セル

(受付: 2010年1月16日)

I. はじめに

1. 電気分解について

電気分解は、日常生活や工業において重要な技術である。日常生活では、鉄が錆びるのを防止するために、亜鉛めっきをした商品があり、工業的には銅の純度を上げるための電解精錬などに応用されている。このように、日常生活に密着した事象として、電気分解を学習することは重要である。

現行の中学校学習指導要領（理科）において、電気分解は、「物質の成り立ち」で扱われている。「熱や電流によって物質を分解する実験を行い、分解して生成した物質から元の物質の成分を推定できることを見いださせること」がねらいである（文部科学省，1999）。

つまり、電気分解は物質を分解するための、一つの方法として捉えられている。新学習指導要領では、「水溶液の電気伝導性を調べる実験を行い、とけている物質には電解質と非電解質があることを見いださせること」をねらいとしている（文部科学省，2008）。これは次の単元の、「電解質の水溶液中に電気を帯びた粒子が存在することを気付かせ、イオンの概念を形成させる」という学習につながる。

一方、現行の高等学校学習指導要領（理科）において電気分解は、酸化還元反応の例として取り上げられ、代表的な物質の電気分解については、ファラデーの法則を中心に扱われている（文部科学省，1999）。新学習指導要領においても同様の記述がなされている（文部科学省，2008）。つまり、高等学校化学においては、溶液中のイオンや回路中の電子の移動に注目して学習する必要がある。

2. 教材としての電気分解実験

中学校では、電気分解実験は、新学習指導要領の実施とイオンの概念の復活に伴い、より多くの学校で行われると予想される。高等学校化学では、従来から、電気分解実験が教科書に掲載されており、多くの実践例がある。

通常、多くの教科書で取り上げられているのが、塩化銅（Ⅱ）水溶液や水を電解質溶液として用いる電気分解である（図1）。塩化銅（Ⅱ）水溶液の電気分解の場合、炭素電極に直流電圧を印加し、陽極、陰極に析出する物質を同定する。陽極から発生する塩素は、塩

素特有のにおいや、ヨウ化カリウムデンプン紙との反応、脱色作用などによって同定する。陰極から析出した銅は、試験管の底などを使ってこすり、金属光沢があることで確認する（坂東ほか，2007）。

今回は、高等学校化学で扱われる電解質溶液のうち、ヨウ化カリウム水溶液を取り上げた。前述の塩化銅（Ⅱ）水溶液の電気分解実験とは異なり、陰極での反応に溶媒である水が関与する。このことを学習するためにも、ヨウ化カリウム水溶液を電解質溶液とした。



図1 中学校理科における電気分解実験（三浦ほか，2006 より転載）

3. マイクロスケール実験について

マイクロスケール実験とは、グリーンケミストリーの考え方に基づいて、環境に配慮し、実験廃棄物を少なくするために、通常の実験よりも $1/2 \sim 1/20$ にスケールを小さくした実験である。日本や海外などで、様々なマイクロスケール実験による教材開発や授業実践が行われている（例えば、京都マイクロスケール実験研究会ウェブサイト、マイクロスケール化学実験グループウェブサイトなど）。

マイクロスケール実験による電気分解実験は、セルプレートを使って行う実験が主であった。通常スケールの実験に比べて、「試薬の量が削減できる」「発生する気体の量が少ない」などのメリットは認められたが、電極付近の変化を観察するには、通電を一時中断しなければならなかった（奥野ほか，2008）。

そこで、本実験では、四方透明のプラスチック製の分光セルを電解槽として使うことで、実験中の電極付近の変化を明瞭に観察できるように改良した。反応が明瞭に観察できることで、実験を通して溶液中のイオンや回路中の電子の流れに、より注目できることを期待して、教材開発と授業実践を行った。

II. 実験器具

1. 分光セルについて

本実験で用いる分光セルは、プラスチック製分光光度計用セルとして市販されている。分光セルは、一般に吸光光度測定などの分光光学の実験で用い、石英やプラスチックを素材としたものが多い。石英製のセルは、主に紫外領域の波長を光源として使う実験で用いられ、高価である。一方、プラスチック製の分光セルは、可視光領域の波長を扱う実験で用いられ、1つ数十円と非常に安価である。

また、分光セルには、いくつか種類があるが、今回は電解槽として使うことを考慮し、四方透明のもの（12.5mm×12.5mm×45mm、図 2）を選んだ。分光セルは側面が平面で透明性がある。分光セルを支えるために専用のセルスタンドを用いた（図 3）。実験の際には、最大 12 個の分光セルを同時に立てることができ、配置によっては、対照実験も行うことができる。

2. 電極について

電極を固定するために、分光セルのふたに千枚通しで穴を開け、そこに炭素電極として、ホルダー芯（φ2mm）を挿入した。ホルダー芯とは、製図やデッサンに使われる、鉛筆の芯である。今回は、MITSUBISHI 社の UNI（濃さ HB、長さ 130mm、6 本入り 200 円）を 30mm 程度にし、利用した。1 本のホルダー芯から 2 セット（4 本）の電極ができる。これまでの実験で主に使用されていた実験用炭素棒は、長さ 75mm、φ5mm、10 本入りで 2300 円であり、ホルダー芯を使用の方が安価に教材を作ることができる（奥野ほか、2008）。

塩素が発生する電気分解の場合、炭素電極（図 4）に直接ミノムシクリップをつなぐと、ミノムシクリップの金属部分が腐食する。それを避けるために、炭素電極と、被覆を剥いだリード線をシリコンチューブで保護した（図 5）。

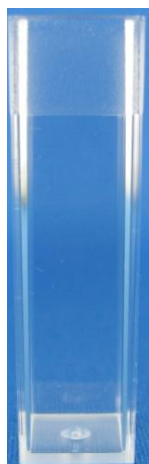


図2 四方透明の分光セル

（アズワン社、品名：ディスポセル、ポリスチレン製）

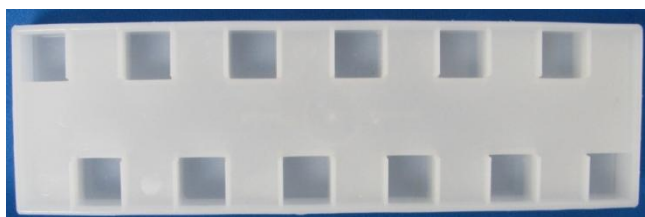


図3 セルスタンド

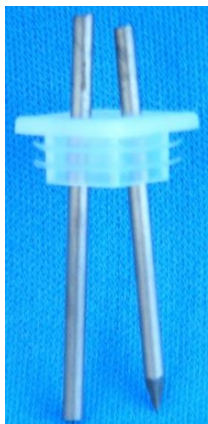


図4 分光セルのふたに
ホルダー芯を挿入した電極



図5 改良した電極

Ⅲ. 教材実験

通常、電気分解実験では、大型の電源装置や乾電池などを使用するが、本実験では、芝原（2006）で使われている方法に従い USB ハブを電源として用いた。出力は直流 5V であり、電気分解に十分な電圧と電流を得ることができる。大型の電源装置は個別実験には適さず、また、乾電池は電圧が降下するため、定常的に電力を供給することができないからである。

1. 実験器具

分光セル（ろ紙を挿入したもの）、炭素電極、ミノムシクリップ、USB 電源、セルスタンド

2. 試薬

0.1mol/L ヨウ化カリウム水溶液、フェノールフタレイン溶液、デンプン溶液

【デンプン溶液の調製方法】

可溶性デンプン 1g を蒸留水 100mL に溶かした。

3. 実験前の準備

分光セルにヨウ化カリウム水溶液を入れ、電気分解を行うと陽極側から出てくるヨウ素の色が分光セル一面に広がり、陰極側の変化を観察することが難しい。そこで、分光セルに対して対角線上に、ろ紙を挿入した（図 6）（荻野，1998）。これにより、陽極と陰極での反応が区別でき、色の変化や電極付近の反応の様子も観察しやすくなる。



図6 ろ紙を挿入した分光セル



図7 電気分解前の様子

4. 実験方法

- (1) ヨウ化カリウム水溶液にフェノールフタレイン溶液を滴下する（図7）。
- (2) 電極に 5V 直流電圧を印加し，1 分間電気分解を行う（図8）。
- (3) 電気分解後，陽極側にデンプン溶液を加える。デンプン溶液を加える際は，先を細く伸ばしたポリスポイトを使用した（図9）。これは，ポリスポイトの先を引き延ばして作製したもので，これにより小さな容器にも液体を入れやすくなり，便利である。

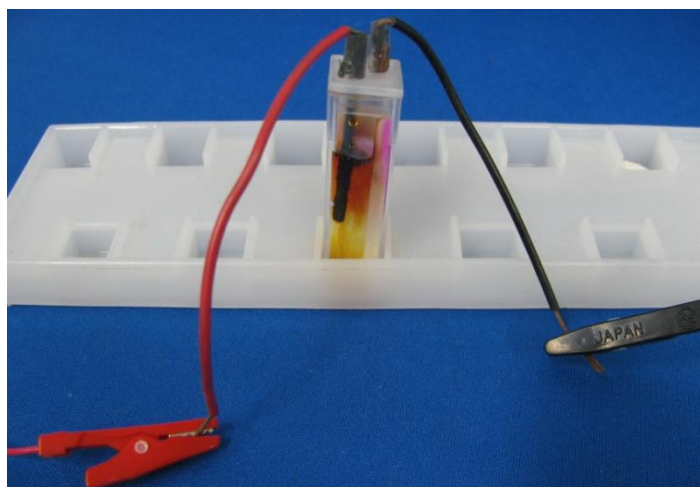


図8 ヨウ化カリウム水溶液の電気分解の様子

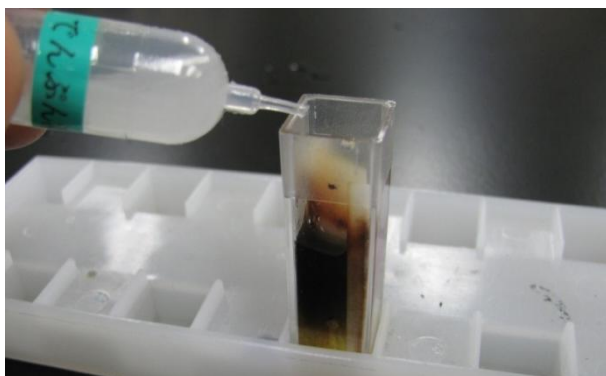
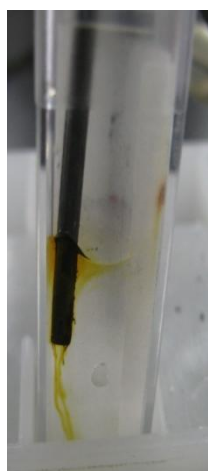


図9 先の細いポリスポイトと実際に使用している様子

5. 実験結果および考察

電気分解後の様子を以下に示す（図 10 a～c）。

陽極側



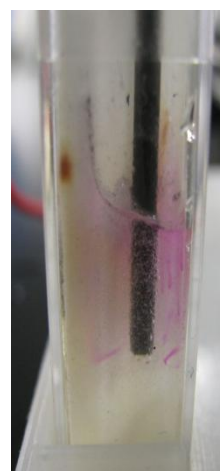
(a)

デンプン溶液
を加えた後



(b)

陰極側



(c)

図 10 ヨウ化カリウム水溶液の電気分解後

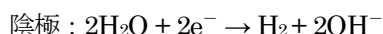
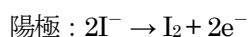
(a: 電気分解直後の陽極の様子, b: 陽極にデンプン溶液を加えた様子,
c: 電気分解直後の陰極の様子)

電圧を印加した約 1 分後に陽極側は褐色に変化した。その後、デンプン溶液を加えると青紫色を示した。これは電気分解によって析出したヨウ素が、デンプン溶液と反応し、ヨウ素デンプン反応を起こすためである。ヨウ素デンプン反応は、デンプンのらせん構造のすき間にヨウ素分子が入り込むことによって青紫色を呈する反応である（竹内ほか, 2007）。

陰極側は、赤紫色を呈した。これは、電気分解によって陰極付近に水酸化物イオンが増

加し、フェノールフタレイン溶液と反応するためである。ヨウ化カリウム水溶液の電気分解の場合、水溶液中には、電離によって生じたヨウ化物イオン、カリウムイオンおよび水分子が存在する。カリウムイオンはイオン化傾向が大きく、安定しているため、水溶液中では酸化や還元に関与しない。電極には炭素電極を使用しているので、電気分解を行うと、水分子が電子を受け取り、還元され、水酸化物イオンが増加する（卜部，2006）。

以上から、陽極、陰極の反応をまとめると次の通りである。



0.1mol/L 間隔でヨウ化カリウム水溶液を調製し、濃度を検討した。0.1～1.0mol/L の溶液では、どの濃度においても陽極側でヨウ素の析出、ヨウ素デンプン反応を確認し、陰極側でも、フェノールフタレイン溶液の変化と気体の発生が確認できた。よって最も低濃度である 0.1mol/L の溶液を用いた。

IV. 授業実践

2008 年 11 月 14 日、京都府立宮津高等学校の 2 年生 36 名を対象に実践（SPP 事業「マイクロスケールを用いた未知試料分析と電気分解実験」）を行った（図 11）。2 人 1 組、75 分間にヨウ化カリウム水溶液の電気分解を含む 3 種類の溶液で、電気分解実験を行った。

個別で実験を行うことで、生徒自身のペースで観察し、考察することができた。また、目の前でヨウ素が析出してくる様子や水素が発生している様子が観察できた。アンケートでは、約 90%の生徒がマイクロスケール実験を支持した。「自分のペースで実験が行える」、「個別に実験ができることによって、実験に大いに携われた」という感想を多く得た。分光セルについては、「コンパクトで扱いやすい」、「気体が発生していく様子を目の前で観察することができた」「小さくても観察しやすい」という意見が多くあり、電極付近の変化の様子が明瞭に観察できることが、電子やイオンの動きを考察することにつながったと考えられる。

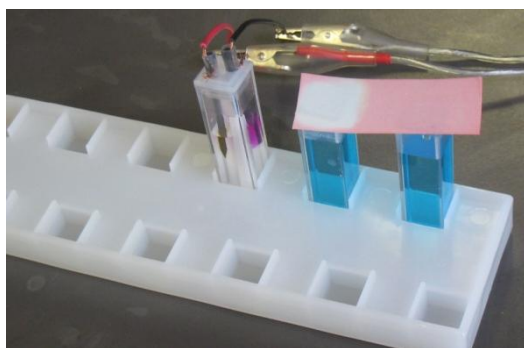


図 11 生徒実験の様子

一方で、「小学校からやってきていて手慣れているので、やりやすいのは通常スケールである」、「もう少し大きくてもいいと思う」という意見も見られた。通常スケールの実験に慣れている生徒にとっては、マイクロスケール実験に少し抵抗があるかも知れないので、通常スケールで使う実験器具や操作をマイクロスケール実験でも取り入れる必要があると考えられる。また、器具が小さくなるため、反応が見づらい部分もあるが、ルーペなどを使って観察すれば、しっかりと反応を見ることはできると考えている。

V. まとめ

分光セルを用いた電気分解実験は、従来のセルプレートを使った実験と比べて、実験中の電極付近での変化を明瞭に観察することが出来た。電極付近の変化を明瞭に観察できることが、電気分解において溶液中のイオンや回路中の電子の動きに注目できるのではないかと期待できる。今後はさらに実践的研究を行い、その効果を検証する必要がある。

新学習指導要領において、「さらに、使用する薬品の量をできる限り少なくしたマイクロスケールの実験など、使用する薬品の量を使用する薬品の量をできる限り少なくした実験を行うことも考えられる。」(文部科学省, 2008)「さらに、マイクロスケール実験など、実験に使用する薬品の量をできるだけ少なくする工夫も考えられる。」(文部科学省, 2009)という記述がある。このようにマイクロスケール実験は、学校現場に徐々に普及しつつある。しかし、実際の学校現場においては、まだまだ実践例が少ない。これまでの実践例を参考にして、マイクロスケール実験がさらに学校現場で普及するよう、今後も教材開発や改良を積極的に行う必要がある。

文献

- 坂東 舞・近藤恵子・芦田晃樹・芝原寛泰 2007. 塩化銅水溶液の電気分解実験 - マイクロスケール実験の応用 - . フォーラム理科教育, 8, 21-28.
- 三浦 登ほか 45 名 2006. 新しい科学 1 分野下. 東京書籍, 8 pp., 東京.
- 文部科学省 2008. 中学校学習指導要領解説 理科編, 110pp.
- 文部科学省 2009. 高等学校学習指導要領解説 理科編, 127pp.
- 荻野和子 1998. 高校化学におけるスモールスケール生徒実験 - 簡単にできる電気分解の実験. 化学と教育, 46, 742-743.
- 奥野晃久・芝原寛泰・井上 滋・石村英士 2008. 分光セルを用いた電気分解のマイクロスケール実験 - 電子およびイオンの動きに注目する教材 - . 日本理科教育学会全国大会発表論文集, 281pp.
- 芝原寛泰 2006. 中学理科におけるマイクロスケール実験の活用. 中学理科通信 2006 秋号, 教育出版, 8-16, 東京.
- 竹内敬人ほか 21 名 2008. 化学Ⅱ. 東京書籍, 167pp., 東京.
- 卜部吉庸 2006. 化学Ⅰ・Ⅱの新研究. 三省堂, 320pp., 東京.

本研究は科研費(基礎研究C 課題番号 20500753, 代表者 芝原寛泰)により実施された。