

## 中学校で行うマイクロスケール化学実験

### 1. はじめに

マイクロスケール化学実験（MCE）とは、従来の実験器具よりスケールを小さくすることにより、環境問題に配慮した化学実験として注目されている実験手法である。日本では東北大学名誉教授の荻野和子先生、国際基督教大学名誉教授の吉野輝雄先生が中心となり、普及活動に努めている。

マイクロスケール化学実験には主に、次のような特長（利点）がある。

- ① 試薬が少なく、実験器具が小さい。
  - ② 廃液などが少なく、環境にやさしい。
  - ③ 試薬が少ないため、危険が少ない。
  - ④ 持ち運びが便利である。
  - ⑤ 個人実験が可能である。
  - ⑥ 子ども達の環境問題への意識を高める。
- （[http://science.icu.ac.jp/MCE/ 参照](http://science.icu.ac.jp/MCE/)）

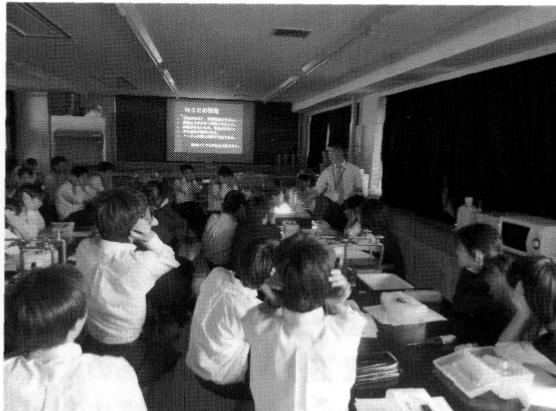
神奈川県立青少年センター科学部では、平成20年より小・中学校教員対象の研修や学生を対象とした講座でマイクロスケール化学実験のワークショップを取り入れ、3年間で45回のワークショップを実施し、658名の教員と323名の学生が体験した。この中で神奈川県立相模原中等教育学校（平成21年開校の中高一貫校）でも2年間で10回のワークショップを実施し、希望した258名が中学一年次にマイクロスケール化学実験を体験している。

これらの経験から、中学校の実験の中でも、特にマイクロスケール化学実験で行うと効果的であると思われる電気分解の実践例を紹介する。

### 2. 実践例

#### 実践例①「爆鳴気の実験」

水の電気分解によって発生する水素と酸素の混合気体である爆鳴気の爆発実験はマイクロスケール化学実験の利点を説明するのに適した実験である。また、爆発によって生徒の興味を惹きつけることができるため、まず水素の爆発の実験を演示実験で大きく見せた後、同じ実験を一人ひとりマイクロスケール化学実験で行った。



水素の爆発を観察する生徒たち

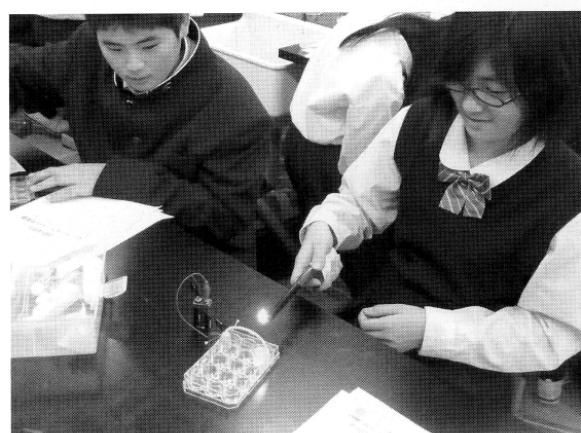
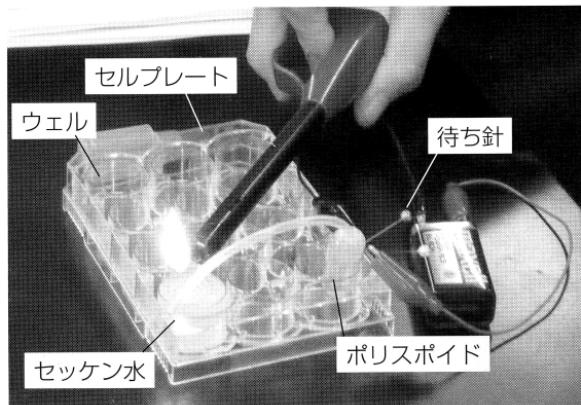
#### 【準備】

セルプレート ポリスピード セッケン水  
待ち針 9V 乾電池 導線  
1mol/L 硫酸ナトリウム水溶液（中性で安全なため、電解液として使用）

#### 【実験手順】

- 1) ポリスピードに硫酸ナトリウム水溶液を入れ、待ち針を電極として2本刺す。
- 2) セルプレートにポリスピードを固定し、ポリスピードの先端が入っているウェル（穴）にセッケン水を満たす。
- 3) 待ち針に9Vの乾電池をつなぐとすぐに電気分解が始まる。

4) 水素と酸素の混合気体（爆鳴気）の泡がセッケン水の表面にたまつたら、火を近付けると大きな音で爆発が起こる。



爆鳴気の泡に火を近づける生徒

### 実践例②「水の電気分解の実験」

硫酸ナトリウム水溶液中の水の電気分解での陽極と陰極のBTB溶液の色の変化を調べる。

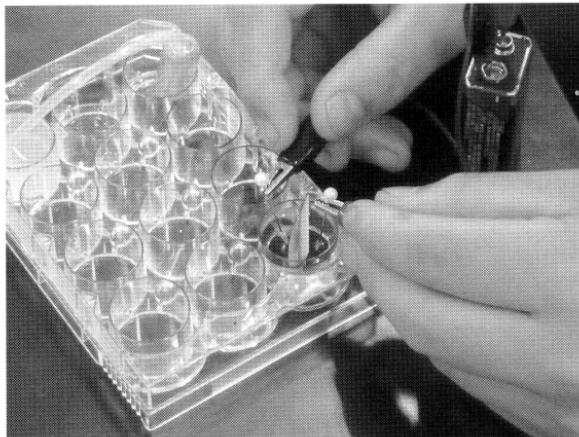
#### 【実験手順】

- 1) セルプレートのウェルの1つに硫酸ナトリウム水溶液を入れ、BTB溶液を数滴加え、ろ紙で仕切る。
- 2) 待ち針を電極にし、9Vの乾電池をつなぎ、ろ紙の両側に入れると電気分解が始まる。このとき待ち針どうしが触れないように気をつける。

#### 【実験結果】

陽極では  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$  という反応が起り酸性になるため、黄色になる。陰極では  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2$  という反応が起り、アルカリ性になるため、青色になる。

この実験では、両極とも初めはBTB溶液で緑色だった溶液が30秒程で色が変化するため、生徒達はとても興味を持って観察をしていた。



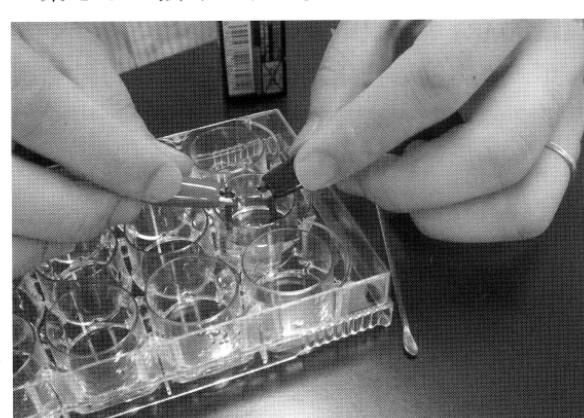
陽極と陰極の色の変化を観察する

### 実践例③「塩化銅水溶液の電気分解」

塩化銅水溶液の電気分解は廃液の量を減らすことができるため、マイクロスケール化学実験の利点を実感できる実験である。重金属類は流しに捨てられないことを伝えることによって、生徒達の環境への意識を高めることができる。

#### 【実験手順】

- 1) セルプレートに0.1mol/Lの塩化銅(II)水溶液を入れる。
- 2) 炭素電極を入れ、9Vの乾電池をつなぎ陽極と陰極での反応を観察する。
- 3) 陽極で発生した気体の臭いを確認する。
- 4) 陰極に析出したを物質をろ紙の上にのせ、薬さじで強くこする。



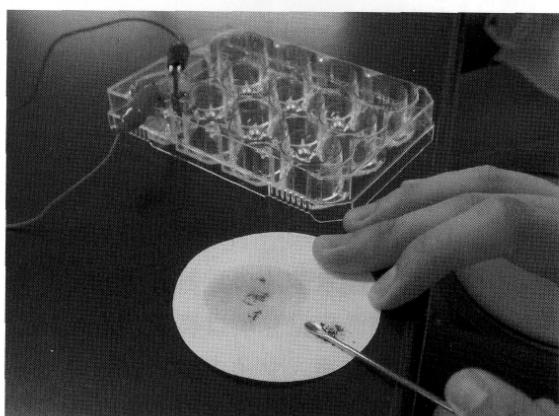
塩化銅水溶液の電気分解

## 授業実践例 中学校で行うマイクロスケール化学実験

### 【実験結果】

陽極では  $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$  という反応が起こり、塩素が発生する。陽極の炭素棒の臭いをかぐことによって、塩素臭を確認することができる。

一方、陰極では  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$  という反応が起こる。酸化され赤い物質が陰極に析出するが、ろ紙にのせ薬さじで強くこすると銅の金属光沢を観察することができる。



ろ紙上でこすり金属光沢を確認

この実験を平成21年度、神奈川県立相模原中等教育学校で実施した。この方法では、1人の生徒が使用する塩化銅水溶液は3～3.5mLであり、1回につき30名前後の生徒が一人ひとり実験をしても廃液の量は100mL程であった。実験終了後、生徒達は廃液の量を見て、マイクロスケール化学実験が、従来の実験方法より廃液の量を減らすことができる点にとても関心を持っていた。

### 実践例④「ボルタ電池の実験」

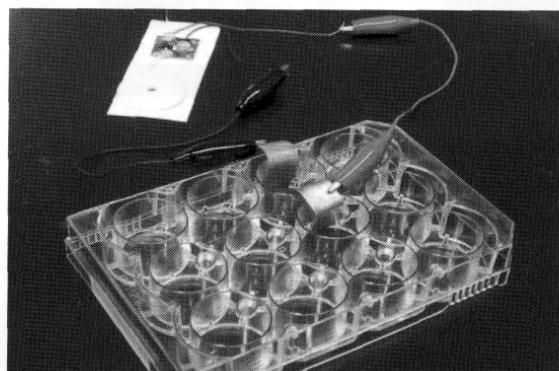
ボルタ電池の仕組みは、実際には複雑であったため、私が高校で化学を教えていた3年前には教科書にあまり記載されなくなっていた。代わりにダニエル電池を記載する教科書が増えたが、銅板と亜鉛板を硫酸に浸けただけで電流が流れるボルタ電池は、生徒達の興味を惹きつけるため、しばしば演示実験を行った。

マイクロスケール化学実験では、ダニエル

電池や鉛蓄電池など、様々な電池の実験を簡単に見せることができ、廃液も少なくて済むため、とても効果的である。

### 【実験手順】

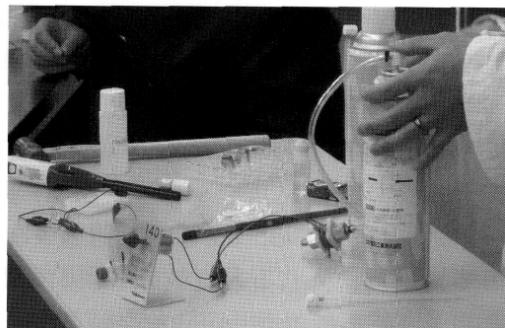
- 1) セルプレートの1つのウェル(穴)に銅板と亜鉛板を互いに触れないように固定する。
- 2) 電子オルゴールをつなぎ、希硫酸をウェルに入れる。
- 3) 銅板と亜鉛板が希硫酸に浸るとすぐに電子オルゴールが鳴り出す。



ボルタ電池

### 実践例⑤「燃料電池の実験」

燃料電池のキットは教材として販売されているが、1セット2万円以上するものが多い。講座では、このキットを使い演示実験を見せた後、マイクロスケール化学実験で一人ひとり燃料電池を作り、実験を行った。

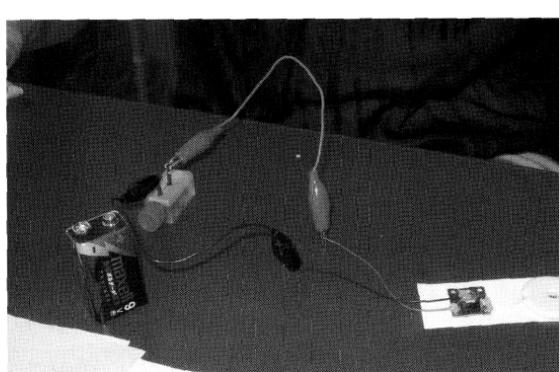
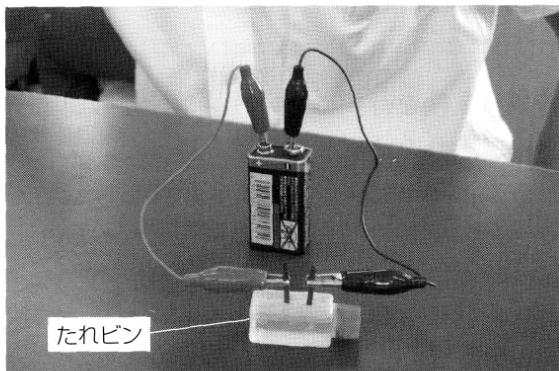


燃料電池の演示実験

### 【実験手順】

- 1) ソースのたれビンの同じ面に穴を4つ(2つは空気穴)開ける。
- 2) 穴の2つに鉛筆の芯(炭素棒)を差し込み、電極にする。

- 3) たれビンに電解液として日本茶を入れ、9Vの乾電池をつなぎ、3~4分間充電する。
- 4) 乾電池をはずし、たれビンを電子オルゴールにつなぎ、音が鳴ることを確認する。



### 【実験結果】

9Vの乾電池をつなぐと、電気分解が始まり、電極の鉛筆の芯からすぐに気体が発生する。日本茶では充電に時間もかかり、電子オルゴールにつないだときの音も小さく、安定しないが、日本茶の代わりに硫酸ナトリウム水溶液を使用すると充電も速く、電子オルゴールにつなぐと大きく、安定した音でメロディが流れる。また、この実験はセルプレートでも行うことができる。

ソースのたれビンを利用した燃料電池は触媒を使い水素と酸素を結びつけている従来のものとは反応機構が異なっている。しかし、ソースのたれビンという身近な物を使い、普段飲んでいる日本茶で電池ができることに子ども達は感動し、興味を持ち、様々な工夫を

するようになる。相模原中等教育学校の生徒達も、安定しないメロディの音に大喜びし、互いの燃料電池の音を比べあっていた。

### 3. 成果と課題

青少年センターでの3年間の様々な講座や教員研修の中で、マイクロスケール化学実験を紹介してきた。事業後のアンケートでは、「こんなに簡単で環境にも優しく安全な実験を知ることができ、とても良かった」という感想と、「どこでこのキットを手に入れられるのか」という質問を多くの方から頂いた。私は大日本印刷株式会社にキットを注文したが、個々の器具の購入方法はその都度お答えしてきた。その中で感じたマイクロスケール化学実験の課題の一つは、どの学校も予算が厳しく、生徒全員分の実験器具を揃えることが困難な点である。もう一つの課題はマイクロスケール化学実験による定量実験は、少量での操作が中学生には困難であり、時間もかかるため、限られた授業の時間の中で、実践することは難しい点である。

しかし、マイクロスケール化学実験は電気分解や沈殿反応などの定性実験において、実験や準備・片付けの時間を短縮し、廃液の量を減らすことができる優れた実験手法である。

全ての実験をマイクロスケールで行うではなく、その特性を理解し効果的に活用することで、教員と生徒達の双方に有益であると考える。今後も、マイクロスケール化学実験をより多くの先生方に知ってもらい、広く普及させていきたいと思う。



マイクロスケール化学実験キット