

理科高等学校 化学基礎 (様々な酸化還元反応)

○単元計画・構成

提案項目	内容
実施時期	3月ごろ
キーワード	燃料電池, 電気エネルギー, クリーン, エネルギー高効率
エネルギー教育実践パイロット校4つの課題との関連	C-2 現在は、エネルギーの安定供給確保に加え地球温暖化対策のため、石油を始めとする化石燃料への依存度の低減・非化石エネルギー（原子力・再生可能エネルギー）の導入拡大が求められていること。
単元計画・構成 (全13時間)	第1次 酸化と還元 (2時間) ・酸化還元の定義 ・酸化数と酸化還元 第2次 酸化剤と還元剤の反応 (3時間) ・酸化剤と還元剤 ・酸化還元反応の反応式 ・酸化還元滴定 第3次 金属のイオン化傾向 (2時間) ・金属のイオン化傾向とイオン化列 第4次 酸化還元反応の利用 (1時間) ・金属の精錬, 漂白剤と酸化防止剤 第5次 様々な酸化還元反応 (5時間) ・金属の製錬 (1時間) ・ダニエル電池 (1時間) ・マンガン乾電池, 鉛蓄電池 (2時間) ・燃料電池 (1時間) (本時案)
他の単元との関連	中学3年生「水溶液とイオン」(化学変化と電池) 「自然環境の保全と科学技術の利用」(「水溶液とイオン」から化学変化と電池について: 鉛蓄電池の充電・放電実験を通して)
子どもが獲得する見方や考え方	<エネルギー教育の視点> ・燃料電池は、水素と酸素を反応させて水を作りながら電気を取り出す装置であるため、クリーンなエネルギー源であることを理解する。 ・燃料電池は、火力発電と比べて高い効率で電気エネルギーをつくることのできるため、期待されているエネルギー源であることを理解する。
教師の持つ指導ポイント	<理科の視点> ・燃料電池の原理を理解する。 ・燃料電池は、水素と酸素を反応させて水を作りながら電気を取り出す装置であるため、他の電池とは異なり、燃料を供給し続ける限り電気を発生させることが可能であることを理解する。 ・燃料電池は、電気を取り出す過程で水しか排出されないクリーンなエネルギー源であることを理解する。
教師の持つ指導ポイント	<エネルギー教育の視点> ・燃料電池が、電気を取り出す過程で水しか排出されないクリーンなエネルギー源である上、高効率で電気エネルギーを取り出せるため、将来的にその利用が期待されているエネルギー源であることを理解させる。 ・燃料電池は、燃料である水素を得る過程(メタン1分子と水1分子から水素4分子と二酸化炭素1分子が生成する化学変化を利用して水素を得ている)で二酸化炭素が間接的に排出されるが、火力発電所よりも高い効率で電気エネルギーを取り出すことのできるため、使用する化石燃料を減らせ、それが二酸化炭素排出量の減少につながることを理解させる。 ・燃料電池の学習を通して、有限である化石燃料の利用について考えさせ、将来のエネルギーのあり方について興味・関心をもって自ら探究する態度を育てる。

<p>教師の持つ 指導ポイント (つづき)</p>	<p><理科の視点></p> <ul style="list-style-type: none"> 燃料電池の原理から、電気を取り出す過程で水しか排出されないクリーンなエネルギー源であることを理解させる。 燃料電池の原料である水素は一般的に次の化学変化によって得られることを理解し、間接的に二酸化炭素は排出されるが、火力発電所よりも高い効率で電気エネルギーを取り出すことができるため、使用する化石燃料を減らせ、それが二酸化炭素の減少につながることを理解させる。 $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2 \quad \text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ <ul style="list-style-type: none"> 身の回りにはさまざまな電池が存在し、それぞれの特性に応じて身の回りでどのように使われているのかについて興味・関心を持ち、自ら探究する態度を育てる。
<p>評価規準</p>	<p><エネルギー教育の視点> (自然事象への関心・意欲・態度)</p> <ul style="list-style-type: none"> 身の回りにあるいろいろな電池について興味を持ち、自ら調べようとしている。(科学的な思考・判断・表現) 身の回りの電気エネルギーがどのようにして供給されているのかについて見出し、身近な例を用いて説明することができる。(観察・実験の技能) 安全に配慮した実験操作を行うことができ、実験によって得られたデータおよび観察結果を正しく記録している。(自然事象についての知識・理解) 燃料電池の原理を理解するとともにクリーンなエネルギー源であることを理解している。 <p><理科の視点> (自然事象への関心・意欲・態度)</p> <ul style="list-style-type: none"> 身の回りにあるいろいろな電池について興味を持ち、いくつかの例を挙げながら自ら調べようとしている。(科学的な思考・判断・表現) 実験結果をもとに、燃料電池の原理を説明することができる。(観察・実験の技能) 安全に配慮した実験操作を行うことができ、実験によって得られたデータおよび観察結果を正しく記録している。(自然事象についての知識・理解) 燃料電池の原理を理解するとともにクリーンなエネルギー源であることを理解している。

なお、次のようなデメリットもあることも踏まえた授業展開をお願いいたします。

負極表面では、 $\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ という反応を低温（常温）で起こさねばならず、そのためには触媒として白金が必要です。しかし、たとえば、自動車用の燃料電池は、1台に約100gの白金を使用します。白金の価格は100gで約50万円ですので、自動車の価格を押し上げることになります。さらに、問題は、日本国内で使用している白金は現在30トンですので、仮にすべてを（実際には不可能ですが）、自動車用燃料電池にまわしたとしても、30万台分にしかなりません。年1,000万台以上（輸出分も含む）生産している現状では、白金触媒を使用している限り広く普及することは難しいです。また、メタンから水素を作らねばならず、そのためのエネルギーも含めて燃料電池のエネルギー変換率を算出すると、最大でも50%であり、これは、火力発電所でのエネルギー変換率とさほど変わりません。

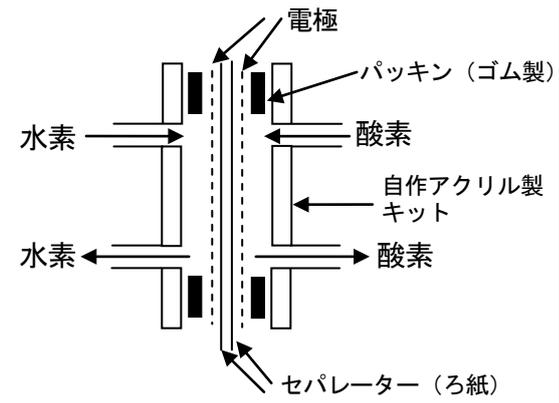
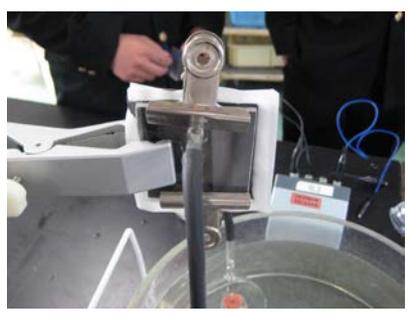
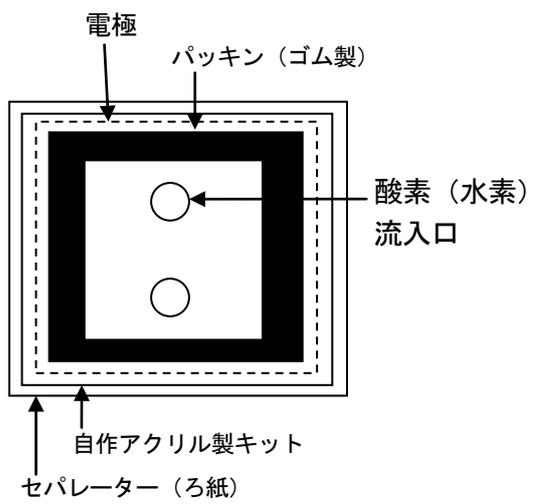
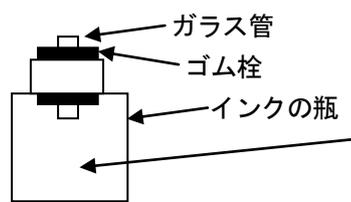
<参考資料>

荻野和子ら著『環境と化学 グリーンケミストリー入門』（東京化学同人，2009）

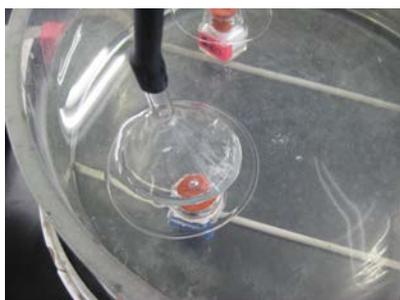
○本時の学習指導案（指導項目） 単元のテーマ名：様々な酸化還元反応

第5次 様々な酸化還元反応

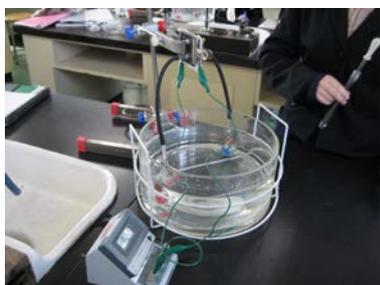
・燃料電池（13 時間目/全 13 時間）

学習過程	指導と支援 準備物、教師の働きかけ・関連資料、指導上の留意点
<p>1. 原理の説明</p> <p>負極：$\text{H}_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$ 正極：$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$ 全体：$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$</p> <p>2. 実験「燃料電池」</p> <p>①装置を組む（下図）</p>  <p>②装置をクリップで固定した後、酸素、水素それぞれの流入口にゴム管をつなぐ。ゴム管の先には漏斗をつけ、水槽中に沈める。</p> 	<p>指導と支援 準備物、教師の働きかけ・関連資料、指導上の留意点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・燃料電池は 1839 年に開発され、1960 年頃から本格的な研究が始められた。その後、人工衛星や潜水艇の電源として利用されるようになり、アポロ 13 号の事故では一躍有名になったなどの話題に触れてから、授業を始める。 ・現在は、リン酸型の燃料電池が最も開発が進んでいるが、本時の実験では、スペースシャトルなどの宇宙船の電源として使用されているアルカリ型の燃料電池で行う。そのため、アルカリ型での反応式で原理を説明する。 ・全体の反応式より、水しか生成されないことを確認させる。装置を横から見たものが下図である。 ・本実験では、気体発生には下図のような装置を用い、連続的に酸素と水素を供給できるようにした。  <div data-bbox="734 1646 1436 1892" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">  <ul style="list-style-type: none"> ●酸素の場合 過酸化水素水と酸化マンガン(IV)を入れる。 ●水素の場合 塩酸と垂鉛を入れる。 </div> <p>※過酸化水素の濃度は約 5 % ※塩酸の濃度は 4 mol/L、この濃度で発生しにくい場合には、硫酸銅(II)・五水和物を少量加えると発生しやすくなる。濃度を大きくしてもよい。</p>

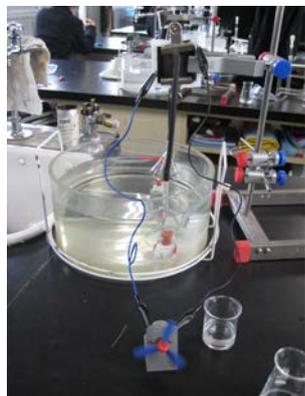
③気体発生装置を漏斗の下に置く(水中内)



④駒込ピペットを用いて、水酸化ナトリウム水溶液でろ紙をしめらせた後、電極をみのむしクリップではさみ、起電力を測定する。



⑤プロペラや電子オルゴールなどにつなぎ、電池としてはたらくことを確認する。



3. まとめ

※塩酸は濃度が大きいので取り扱いには注意する。
※水酸化ナトリウム水溶液の濃度は 2mol/L

<電極の作成法>

- ①自作アクリル装置に合わせたサイズのニッケルメッシュ金網を用意する。
- ②ニッケルメッシュ金網を 2 mol/L の塩酸に 5 分間浸し、表面の洗浄を行う。
- ③炭素棒を陽極に、ニッケルメッシュ金網を陰極にし、塩化白金酸水溶液に浸し、約 2 A の電流を 10 分間流し、ニッケルメッシュに白金メッキを行う。このとき、表裏とも均等にメッキするために、5 分経過したときに表裏の向きを反対にする。

<準備物>

- ・白金メッキしたニッケルメッシュ金網 (50×50mm) 2 枚
- ・アクリル板 (60×60×5 mm) 2 枚
- ・アクリルパイプ (直径 8mm, 長さ 50mm) 4 本
- ※アクリル板に穴をあけ、アクリルパイプを差し込み、アクリル専用接着剤で固定する。
- ・ゴム製パッキン (50×50mm) 2 枚
- ※中央を 40×40mm でくりぬいておく。
- ・2 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液
- ・ゴム管 2 本
- ・漏斗 2 個
- ・気体発生装置
(酸素: 5%過酸化水素水, 酸化マンガン (IV))
(水素: 4 mol/L 塩酸, 亜鉛)
- ・みのむしクリップ 2 本
- ・電圧計 1 個
- ・プロペラ (太陽電池用), 電子オルゴールなど

- ・各班の起電力を確認する。
- ・燃料電池と他の電池のとの違いについて考えさせる。
- ・燃料電池の利点について考えさせる。
- ・環境問題と関連付けて、燃料電池の有用性について考えさせる。

<参考資料>

B, Z, Shakhshiri 著, 池本勲訳『教師のための化学実験 ケミカルデモンストレーション7』(丸善, 1999)

気体発生装置は、気体ポンベで代用可能であるが、

- ・キットを作成することが手間である
 - ・ニッケルメッシュ金網と塩化白金酸水溶液が高価である
- などが解決できていない。

起電力は落ちるが、簡易的に行うのであれば、右のような装置でも可能である。しかし、白金線が高価である。

