

## 平成 28 年度科学館学習（化学分野）の授業開発（案）について

## 1 題材名 【化学変化とエネルギー —いろいろなエネルギーのすがた—】

## 2 ねらい

今回の授業開発では、化学変化によって生じるエネルギーを主題として展開する。特に、化学変化によって生じる熱エネルギーについては2学年で「発熱反応」「吸熱反応」の形で学習し、生徒にとっても馴染みの深いものである。また、化学変化によって生じる電気エネルギーについて、水素と酸素の化学変化によってエネルギーを生じる燃料電池を用いて実験学習を行うなど、様々なエネルギーのすがたについて実験を通して学ぶことで、エネルギーを身近に感じ、理科の学習内容と日常生活の結び付きに気付くことができると考える。

## 3 授業の流れ

## 【導入】

演示実験で、塩酸に金属（マグネシウムリボン）を入れ、水素を発生させる実験を行う。この実験は生徒が中学校 1 年生で行っている実験である。このとき、生徒は水素が発生することを学習するが、その際、温度の上昇があることは詳しく学習しない。この演示実験で、温度の上昇の原因となる熱の発生を確かめる。

## 【展開 1】化学変化と熱エネルギー

ねらいにも記述したとおり「化学変化と熱」の項目は中学校 2 年生で学習する内容となっている。しかし、この場面ではエネルギーの内容には触れず「発熱反応」「吸熱反応」という事象を表す言葉と化学変化には熱の出入りが伴うという学習内容となっている。（エネルギーは中学校 3 年生で学習）

この場面では熱がエネルギーの一種であることを含め、そのものが、実験学習後半の内容で「化学エネルギー」が変化したものであるということに結びつけることができるよう展開していきたい。

なお、実験の内容については、学校実験では「鉄粉の酸化（化学かいろ）」を発熱反応として、「水酸化バリウムと塩化アンモニウムの反応」を吸熱反応としてそれぞれ取り上げている。今回の実験学習では生徒にとって身近な物質であり、かつ生徒の興味を引く変化が観察できる実験として、発熱反応ではアルミニウム発熱剤を、吸熱反応ではクエン酸と重曹（炭酸水素ナトリウム）の混合物に水を加えた反応を取り上げること考えている。

○実験を通し、化学変化には熱の出入りを伴うことを理解する。

○熱はエネルギーの一種であることを理解する。

## 「実験 1」化学変化による熱の出入りを確かめよう」

## ①アルミニウム発熱剤の温度変化

東日本大震災ではライフラインが遮断され、仙台でも多くの市民が避難所生活を余儀なくされた。その際、避難所において食べ物などを温めるために使用されたのがアルミニウム発熱剤（通

称：モーリアンヒートパック）である。

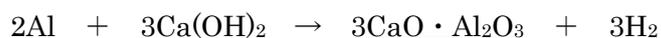
発熱剤の材料は生石灰（酸化カルシウム）、アルミニウム、食塩、水であり、生石灰は食品の乾燥剤として、アルミニウムは硬貨やアルミホイルとして身近な物質である。

生石灰と水だけでも発熱反応が起こるが、確認のため複数回実験を行った結果、温度上昇が不安定であり、その数値においてばらつきが大きかった。（最大 110℃、最低 60℃程度）その点、この発熱剤は安定して温度上昇が起こるとともに 5 分程度上昇した温度を保つことができ、生徒が操作に手間取った際も測定が容易であると考ええる。

反応としては次の 2 段階となる。



生石灰          水          水酸化カルシウム



アルミニウム                      アルミン酸カルシウム      水素

### 【実験装置及び実験方法】



実験装置の試作を行う際に注意した点は、アルミニウムの粉末が飛び散らないか、温度上昇が正確に測定できるか、攪拌が抵抗なくできるか、容器の耐久性（熱やアルカリに対し）である。

あらかじめ生石灰 1.25g、アルミニウム粉末 2.5g、食塩 0.75g を左図の容器に入れておく。生徒はこれに 10mL の水をふたを開けて加えたのち、ふたを閉めて攪拌棒を回し、1 分間よくかき混ぜる。瞬間的な反応はないが、徐々に体積が増加する。

攪拌後、温度計を設置し静置する。温度が上昇するにしたがって混合物の体積が増えてくる。様子を観察するとともに 30 秒毎に温度を測定する。

最終的には 100℃前後まで温度が上昇し、湯気が立ち始める。温度上昇により湯気が出てくるようすは生徒にとっても強い印象を与え、知的好奇心を高めるものになると考える。

### ②クエン酸と重曹（炭酸水素ナトリウム）の混合物に水を加えたときの温度変化

クエン酸、重曹とも家庭で器具の洗浄やお菓子作りなど、多くの場面で目にする身近なものである。これらを用いて吸熱反応を確認する。（温度測定は行わない）

反応は次の通りである。



クエン酸                  重曹                  クエン酸ナトリウム      水                  二酸化炭素

### 【実験方法】

二人一組になって実験を行う。

(実験をする生徒；A 実験を補助する生徒；B とする)

B がクエン酸，重曹を A の手のひらに薬品さじ一杯ずつのせ，A のもう片方の手のひらに水を 3mL 程度のせる。A は水温を感じ取る。

B は A の手のひらにあるクエン酸と重曹を混ぜる→温度の変化は体感できない。

A は手のひらの水にクエン酸と重曹の混合物を少しずつ加える→吸熱を体感する。

実験が終わったら A は手をよく水道水で洗い，A と B の役割を交代させる。

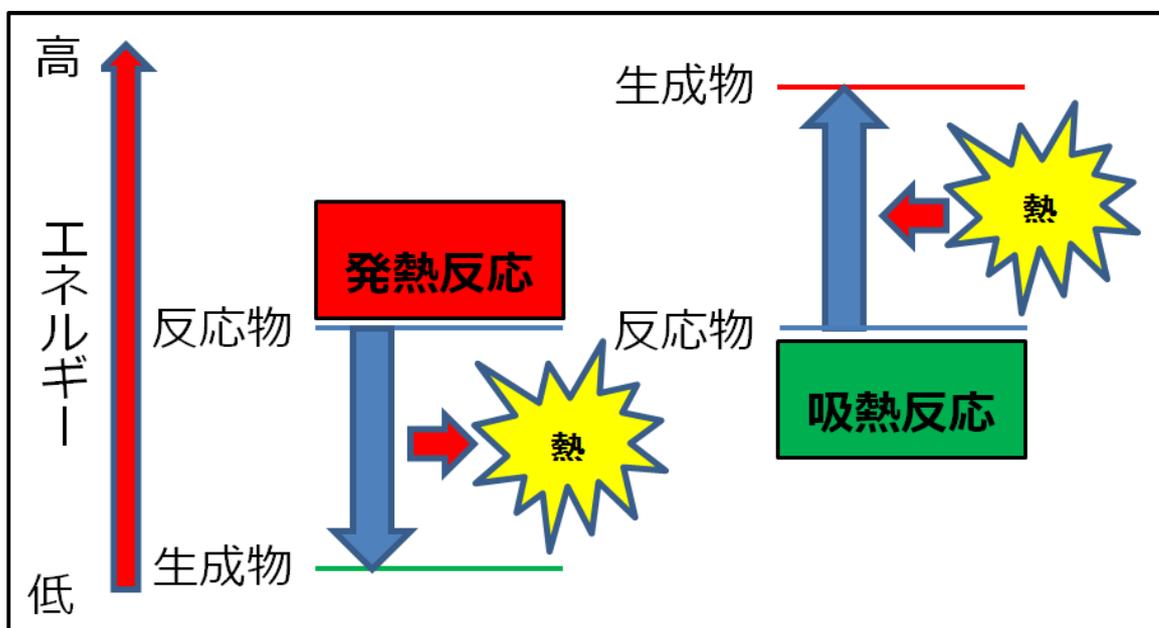
### ③なぜ化学変化で温度変化が起こるのか

温度変化の原因は「熱」の出入りであることを説明し，熱が出る（＝温度が上昇する）反応を発熱反応といい，熱が入る（＝温度が下降する）反応を吸熱反応ということの説明する。

### ④熱が他の物体にできること；エネルギー

熱によって温度が上昇すると，他の物体を動かすなど，他の物体のようすを変化させることができる。（例として，やかんから出る水蒸気によって風車を回す映像を見せる）

このように，他の物体を動かすなど，物体のようすを変化させる能力を「エネルギー」という。熱もエネルギーの一種であり「熱エネルギー」と呼ばれる。化学変化の結果，エネルギーが過剰になる場合は熱を放出し発熱反応となり，不足する場合は周りから熱を奪い，吸熱反応になる。



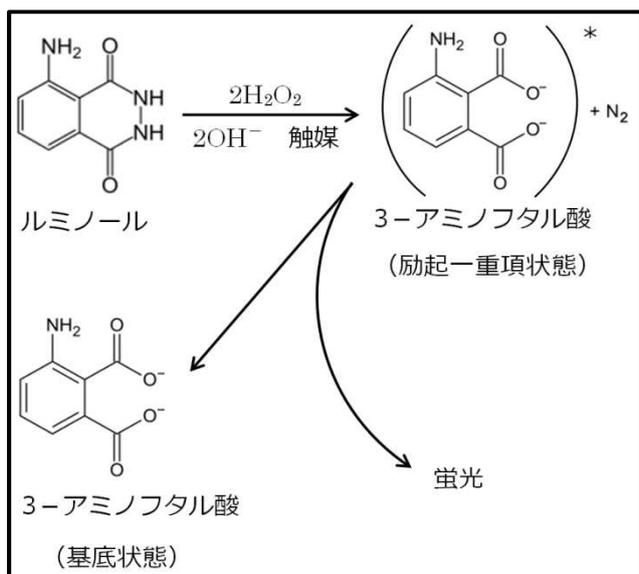
？化学変化で生じるエネルギーには，熱エネルギーの他に何のエネルギーがあるのだろう？

## 【展開2】化学変化と光エネルギー

### 「実験2」ルミノール反応を体験しよう

科学捜査で用いられるルミノール反応を体験することで、化学変化により光エネルギーが生じることがあることを学習する。

ルミノール、炭酸ナトリウム、炭酸水素ナトリウム、炭酸アンモニウム、硫酸銅を一定の割合で混ぜ、水溶液にしたものを「水溶液 A」、2%過酸化水素水を「水溶液 B」とし、暗所にて水溶液 A と水溶液 B を混合させることで発光現象を確認することができる。



#### 【参考】ルミノール反応のしくみ

ルミノール反応は、ルミノールが過酸化水素水によって酸化され、3-アミノフタル酸ができる反応である。この反応では硫酸銅中の銅イオンが触媒となる。

ルミノールが酸化されると、すぐに3-アミノフタル酸になるのではなく、3-アミノフタル酸の励起状態（電子的にエネルギーが高い状態）ができ、これが安定な3-アミノフタル酸の基底状態になる時に青色の蛍光が出る。

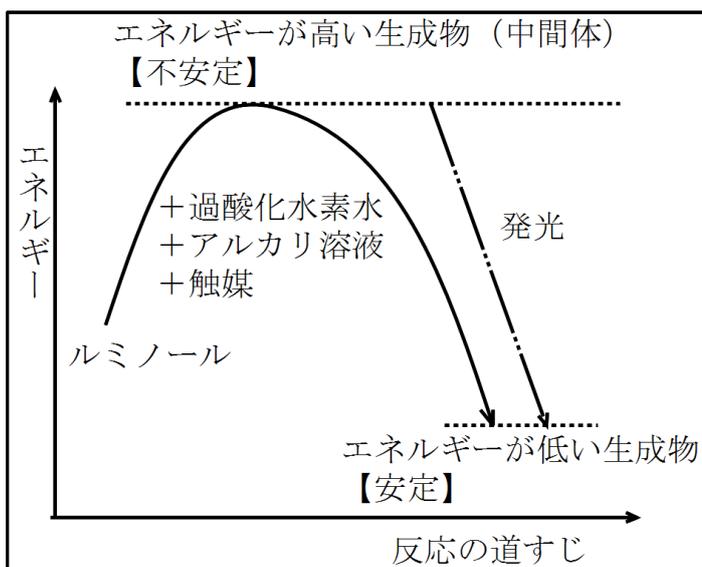
(実験学習では解説しません)

- 化学変化によっては、その反応によって発光が生じる場合があることを理解する。
- 光もエネルギーの一種であることを理解するとともに化学変化で様々なエネルギーが生じることを知る。

#### 【実験方法】

小型三角フラスコに、点眼びんに入れた水溶液 A を5滴滴下する。発光を見やすくするために実験室内の照明を消し、小型三角フラスコに水溶液 B を2滴加え、青色の蛍光を確認する。

ルミノールは過酸化水素水によって酸化され、新しい物質ができる段階でエネルギーが高い物質ができる。(中間体) このエネルギーが高い物質は不安定であり、エネルギーを放出しながら安定な物質になる。この放出されたエネルギーが光となって現れる。



### 【展開3】化学変化と電気エネルギー

私たちの生活にとって最も利用されているものは電気エネルギーである。電気エネルギーは熱エネルギーや光エネルギーよりも他のエネルギーに変換しやすく、使い道も多いからである。

ここでは化学変化によって電気エネルギーを得ることができるか実験を通して確認するとともに、その法則性（電圧を生じることができる液体の種類や金属板の+極，-極がイオン化傾向によるものであることなど）について確認する内容とする。

#### 「実験3」金属板と水溶液で電圧が生じるか確認しよう

##### 【実験方法】

銅板と亜鉛板の間に飽和食塩水（20%程度）を染み込ませたろ紙をはさみ（これをAとする），電圧が生じるかテスターで測定し，その値（電圧）をコンピュータの実験ソフトに入力する。

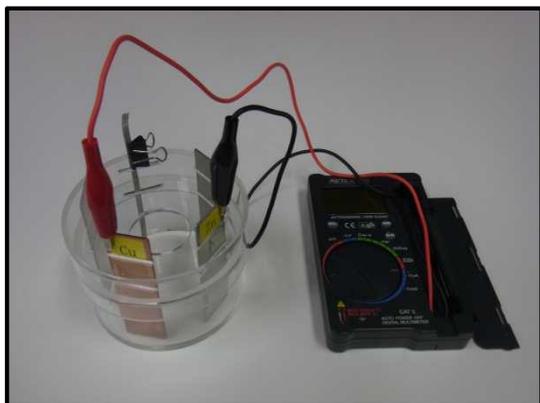
また，Aを2組，3組と重ねたときの電圧をテスターで測定し，その値をコンピュータの実験ソフトに入力する。実験結果はグラフで表され，Aの組数と電圧の大きさは比例することを確認する。

- 2種類の金属板の間に電流を流す水溶液をはさむと，電圧が発生し，電流が流れる事を理解する。
- 電圧が生じる場合，金属板の組数を増やすと電圧が大きくなる（比例する）事を理解する。

#### 「実験4」金属板の種類によって生じる電圧の大きさの違いを確かめよう

銅板，亜鉛板の他にアルミニウム板，鉄板，マグネシウム板（マグネシウムリボン）を準備し，金属の種類によって電圧は異なるのか，異なるのであれば5種類の金属の中でどの組み合わせが一番電圧を生じるのか実験を通して確かめる。

##### 【実験装置及び実験方法】



実験装置の試作を行う際に注意した点は，金属板がしっかり固定できるか（接触すると実験がうまくいかない），食塩水やうすい塩酸を一定時間入れて漏れないか（耐久性），電圧を測定するテスターが正確に動作するかである。

左図の実験装置に5%食塩水を入れ，金属板を上から差し込む。テスターを用いて電圧を測定し，得られた電圧の数値は全て実験ソフトに入力し，ソフトで自動的に最大の電圧が生じた組み合わせと数値を別画面で表示するようにする。

金属板の組み合わせにより電圧が大きく変化することや，+極になる金属と-極になる金属が決まっていることを，実験を通して確認する。

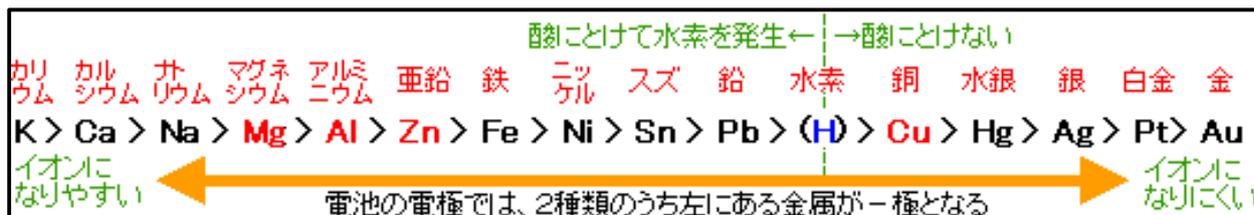
- 金属板の組み合わせにより，生じる電圧の大きさは異なる事を知る。
- 金属板の組み合わせにより，+極になる金属と-極になる金属が決まっている事を知る。

**? 金属板で電池を作った時、+極になる金属と-極になる金属は何によって決まるのだろうか?**

**【解説】イオン化傾向**

原子は+の電気を持つ「原子核」と-の電気をもつ「電子」が同じ数入っている。この中の「電子」が移動することで原子がイオンになる。原子が電子を失って+の電気を帯びたものを「陽イオン」、原子が電子を受け取って-の電気を帯びたものを「陰イオン」と呼ぶ。

金属の種類によって、電子の失いやすさは異なる。電子を失いやすいものほどイオンになりやすいといえる。金属をイオンになりやすい順番に並べると次のようになる。



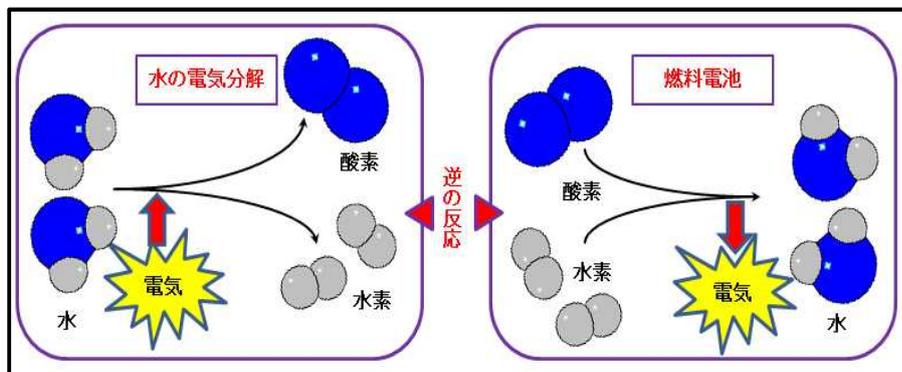
このように種類によってイオンになりやすいものとなりにくいものがあり、その順番をイオン化傾向と呼ぶ。イオンになりやすい金属が-極、イオンになりにくい金属が+極になる。つまり、イオンへのなりやすさが+極、-極を決めることになる。

○金属のイオンのなりやすさ（イオン化傾向）によって+極、-極が決まることを理解する。

**【展開4】燃料電池**

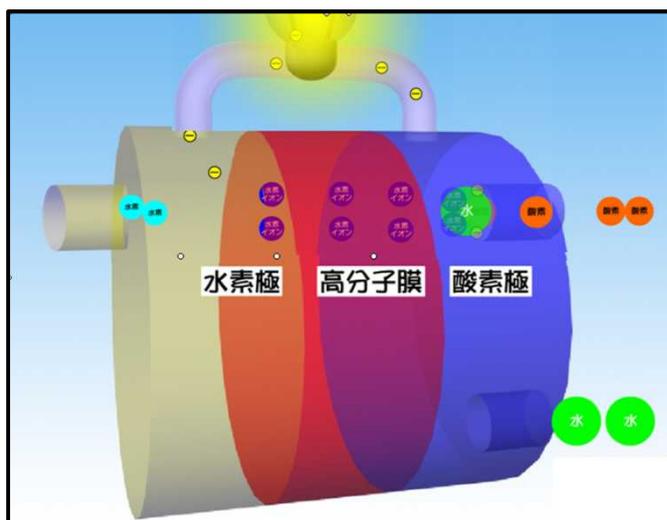
生徒は中学2年時の『化学変化と原子・分子』の中で「水の電気分解」について学習する。この逆の化学変化を利用する電池を「燃料電池」といい、これは中学3年で学習する。

燃料電池は乾電池などの1次電池や充電電池などの2次電池と異なり、電気エネルギーのもととなる物質を中に蓄えていない。乾電池等は発電等のための物質を本体の中に蓄えており、その化学反応が終了した時点で発電は停止するが、燃料電池は発電するための物質を外部から供給し、物質を供給し続ける限り連続的に発電することができる。乾電池を電気の貯蔵庫と例えるなら、燃料電池は発電所といえる。



今回の実験では水の電気分解で水素をとり出し、その水素を燃料電池に送り、空気中の酸素と反応させて電気エネルギーをとり出す。電圧を測定するとともに、LED・電子オルゴール・プロペラ（光電池モーター）が動作するかも確かめる。

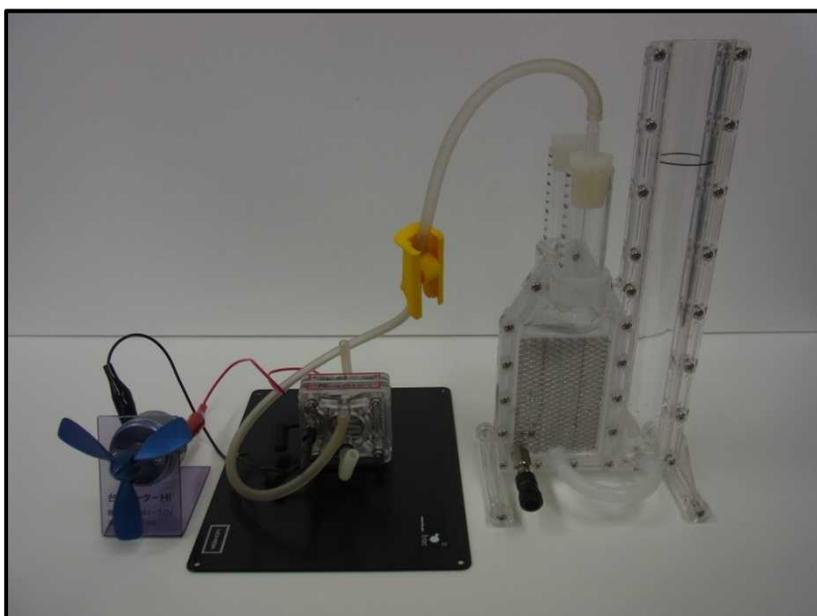
## 「実験5」燃料電池を体験しよう



はじめに、今回使用する燃料電池となる「固体高分子膜型燃料電池」のしくみを平易に説明する。陰極に送り込まれた水素ガス ( $\text{H}_2$ ) を水素イオン ( $\text{H}^+$ ) と電子 ( $e^-$ ) を触媒によって分解し、水素イオンだけが電池内の膜を通過する。電子は電極を通り、陽極で水素イオン、電子、酸素が触媒の働きによって反応し、水ができることを、実験ソフトを用いて説明する。

### 【実験装置及び実験方法】

#### ① 水の電気分解によって水素を得る



水の電気分解装置を用いて水素を発生させる。学校の実験では5~10%程度の水酸化ナトリウム水溶液で実験を行うが、水酸化ナトリウムは強アルカリ性であり、生徒の実態を把握していない中で使用することは難しい部分もある。また、廃液の処理や費用を考えなければならない。よって、今回の実験では水道水で水の電気分解が行える装置を使用する。

#### ② 燃料電池に水素を送り、燃料電池の動作を確認する

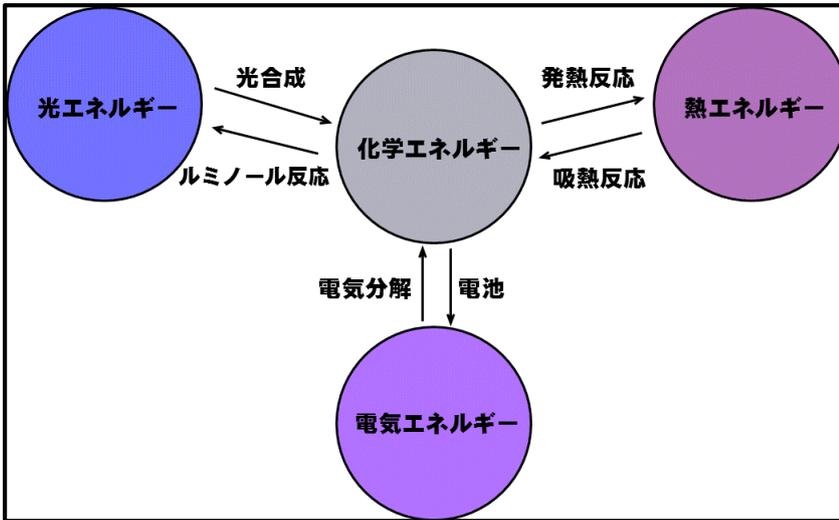
①にて発生させた水素を燃料電池に送り込み、空気中の酸素と反応させることで電圧が発生し、電気エネルギーが生じることを確認する。電圧を測定した後の動作確認には電子オルゴール、LED、光電池モーターのプロペラを用いる。

特に、光電池モーターの動作には比較的大きな電気エネルギーが必要である。燃料電池は高出力型 (1.5V-2A) のものを用いることとする。

○水素と酸素を反応させることにより、電気エネルギーが得られることを知る。

**? 今回の実験で得られた熱・光・電気のエネルギーは、何が変化したものなのだろうか?**

**【まとめ】化学エネルギー**



エネルギーの変換の例 (今回の実験内容をもとに記載)

私たちは、石油や天然ガスなどの燃料を燃焼させて得られる熱を、火力発電所では電気に変えたり、家庭では暖房や調理などに直接利用している。このように、燃焼をはじめ、化学変化を利用して熱や光、電気などが取り出せる状態になっているものは「エネルギーをもっている」といえる。このような物質がもっているエネルギーを「化学エネルギー」という。

今回の実験によって得ることができた熱エネルギー、光エネルギー

、電気エネルギーはすべて、物質がもっていた化学エネルギーが変化したものである。

私たちはエネルギーを目的にあったものに変換し、生活の中で使用している。しかし、元々のエネルギーを目的にあったエネルギーの形にすべて変えることは難しく、今後の課題となっている。