

水素エネルギー実験教室

2016.12.18

科学の進歩と共に

新しいエネルギー

仙台白百合女子大学 沼澤清一

まず、見てみてみて

袋の中は、
何？



2 物を燃やすはたらきのある気体

空気は、**ちっ素**、**酸素**、**二酸化炭素**などの気体が
混じり合ってできています。



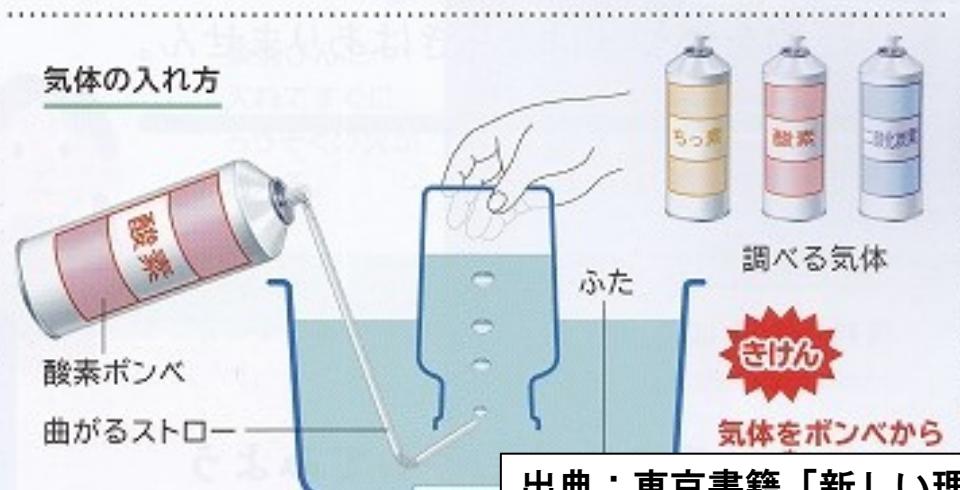
問題

物を燃やすはたらき
のある気体は、何だろうか。

どうして？

実験2

物を燃やすはたらき
のある気体を調べましょう。



出典：東京書籍「新しい理科」

①水で満たした集氣瓶を水中で逆さにする。

6年理科 物の燃え方と空気

空気中の气体の体積の割合
わりあい

二酸化炭素と
そのほかの气体

ちっ素

酸素



水素

空气中には存在しない

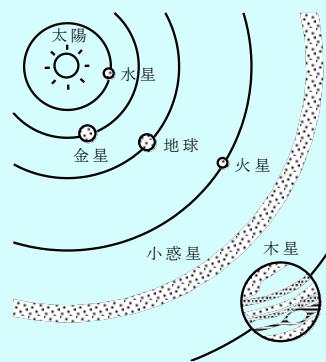
地球上で最も軽い気体

水素とは

原子番号1の元素で元素記号は

H

宇宙



質量では宇宙全体の
約70%を占める。

地球



化合物として存在
(水、化石燃料、有機
化合物など)



色 な
味 な
におい な

H

燃焼すると酸素と反応
して水になる。

実験 2 水に電流を流したときの変化

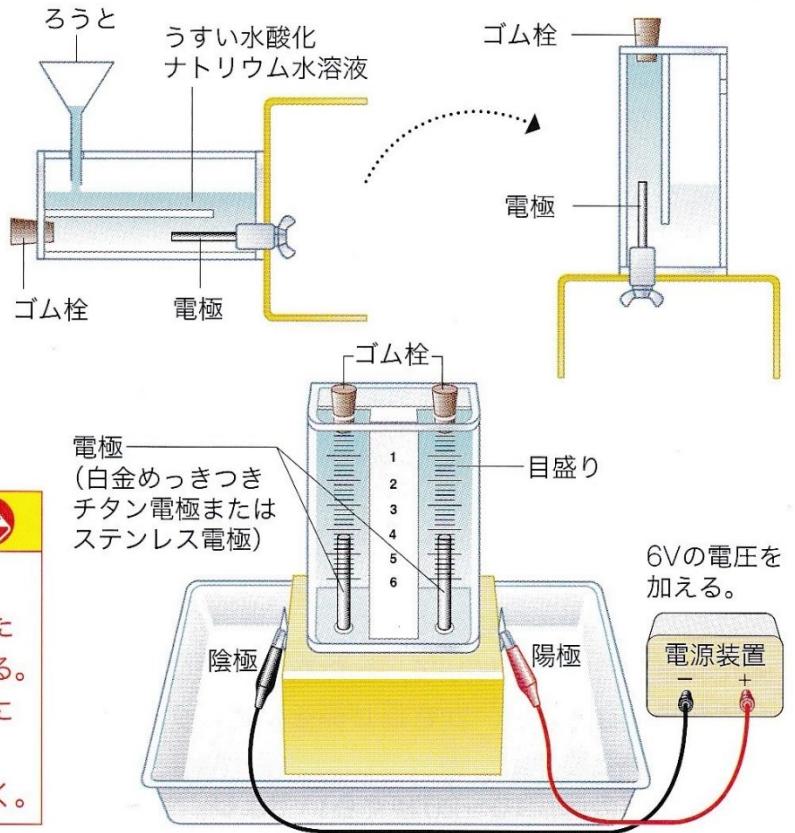
ステップ

1 水に電流を流す

- 電気分解装置の上部の2つのあなに軽くゴム栓をして、中に、うすい水酸化ナトリウム水溶液を入れる。
- 2つの電極と電源装置をつないで、電流を流す。 p.139



簡易型電気分解装置



注意



- 保護眼鏡をして実験を行う。
- 水酸化ナトリウム水溶液は、皮膚や衣類をいためがあるので、とりあつかいに注意する。目に入ったり、皮膚についたりしたら、直ちに多量の水で洗い流す。
- 残った水溶液は、決められた場所に集めておく。

» 準備

- うすい水酸化ナトリウム水溶液(水100cm³に水酸化ナトリウム5gをとかしたもの)
- バット
- 電気分解装置(簡易型)
- 電源装置
- クリップつき導線
- 線香
- マッチ
- ろうと
- ゴム栓

ステップ

2

発生した気体の性質を調べる

- ③ 気体が集まったら、電流を流すのをやめる。
- ④ 気体の集まり方を見比べた後、集まった
気体の性質を調べる。

💡 陰極側の実験が終わったら再びゴム栓を閉じ、

陰極側



陰極側には、火のついた
マッチを近づける。

陽極側



陽極側には、火のついた
線香を入れる。



注意



- マッチや線香を近づける前に、必ず
電源を切っていることを確認する。

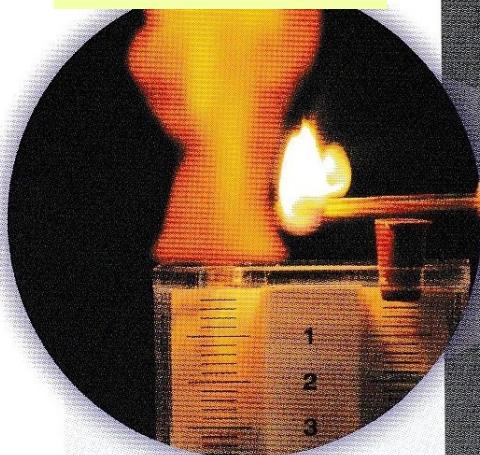
結果

- 気体の集まり方には、どのようなち
がいがあったか。
- 陰極側に火のついたマッチを近づけ
ると、どのような変化が見られるか。
- 陽極側に火のついた線香を入れると、
どのような変化が見られるか。

考察

- 陰極、陽極からは、それぞれ何とい
う気体が発生したと考えられるか。
- 水は、電流を流すと、どのように変
化するのだろうか。

陰極側

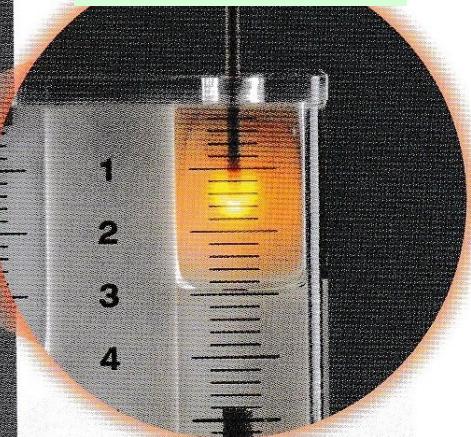


マッチの火を
近づけると,
ポンと音を立てて
燃える。

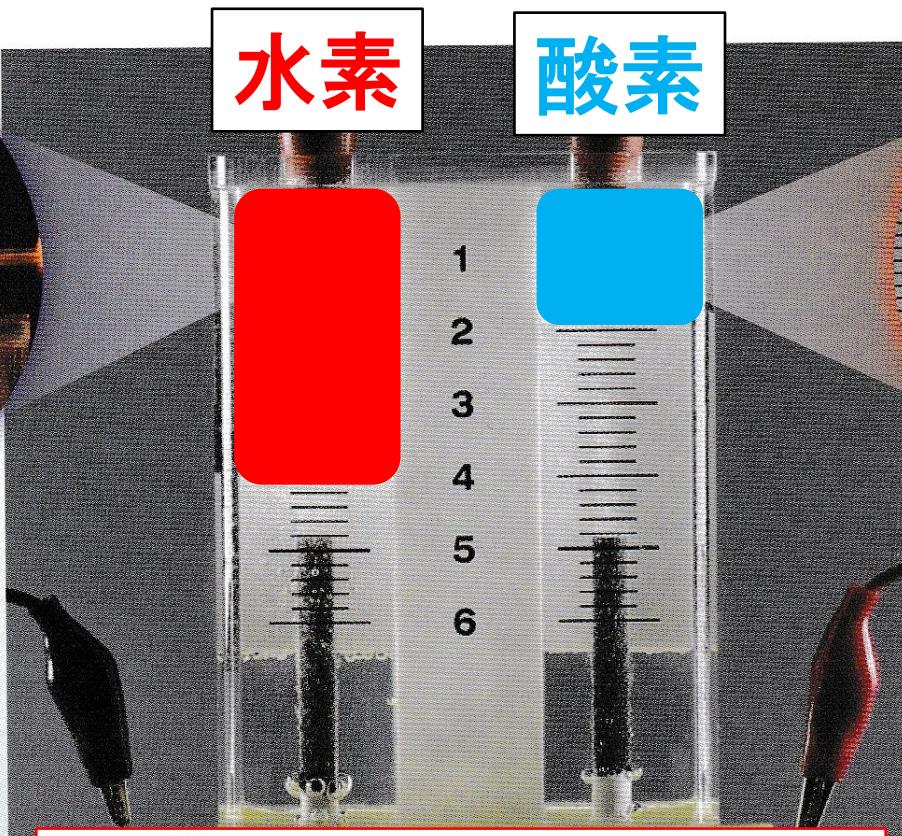
水素

酸素

陽極側



線香が炎を出して
激しく燃える。



電気分解 水は、電流を流すと水素と酸素に分解する。物質に電流を流して分解することを**電気分解**という。

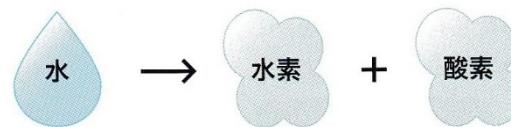


図1 実験2の結果の例(1)

酸素がかわる化学変化

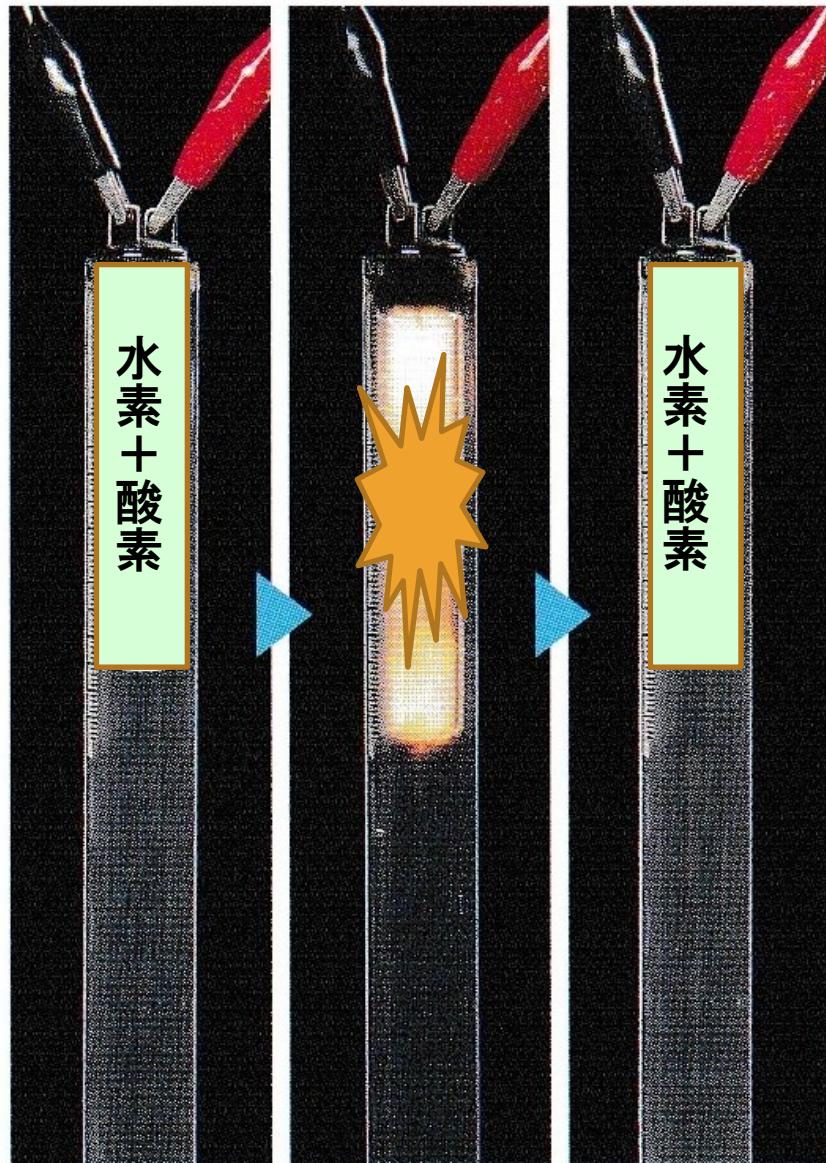
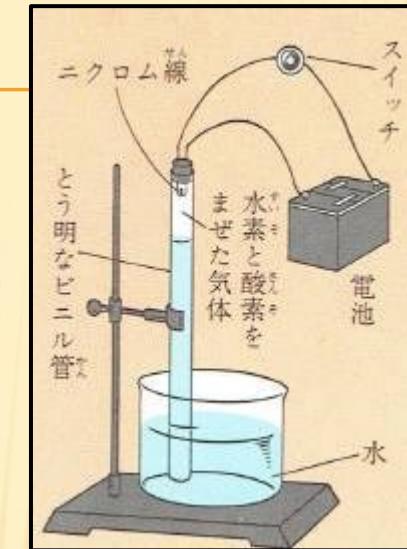
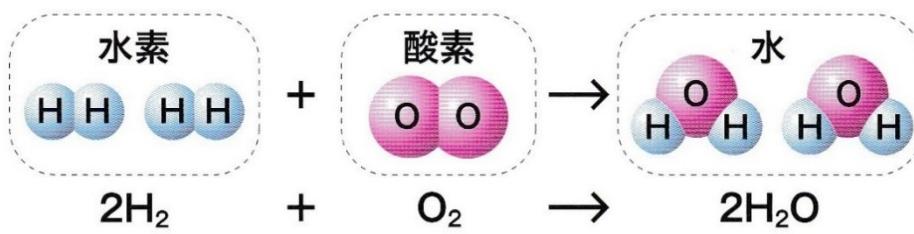


図2 水素と酸素から水をつく
る実験



= 水の合成

図2のように、水素と酸素の混合気体に点火すると、
爆発的に反応して水面が上昇する。これは、水素が酸化
されて、水ができるからである。



水の電気分解

電気分解

水は、電流を流すと水素と酸素に分解する。物質に電流を流して分解することを電気分解という。

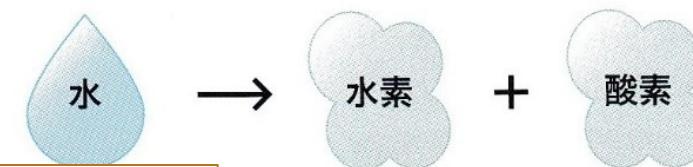
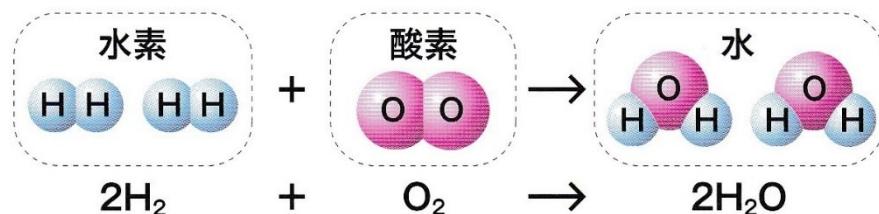


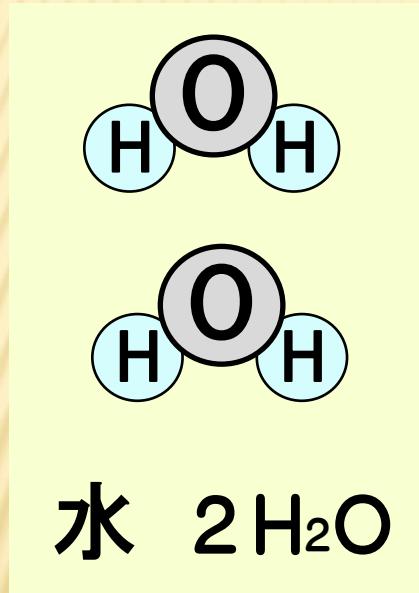
図2のように、水素と酸素の混合気体に点火すると、爆発的に反応して水面が上昇する。これは、水素が酸化されて、水ができるからである。



水の合成

ねんりょう

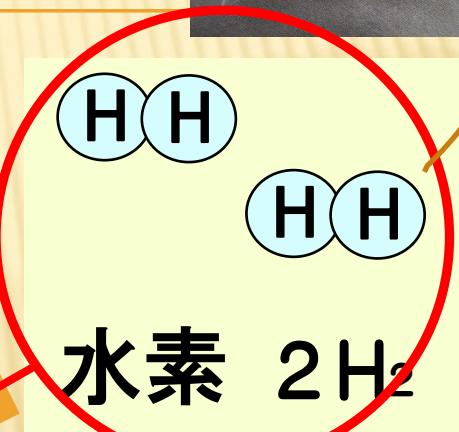
燃料電池 = 水の合成



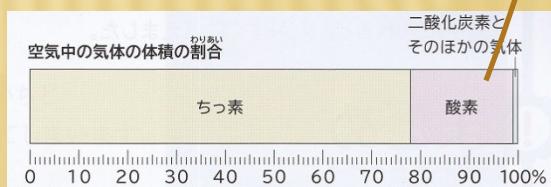
化学反応

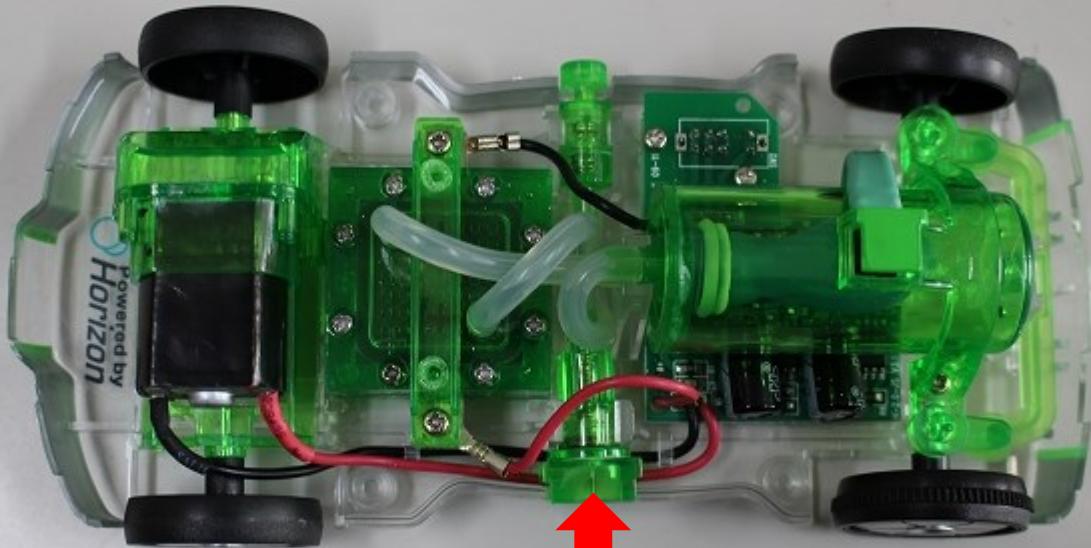
電気

熱



モーターで
車を動かす





水素を
入れます





チューブに
注射器を
さして

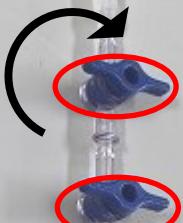
コックを
回す



水素を
注射器に
入れて

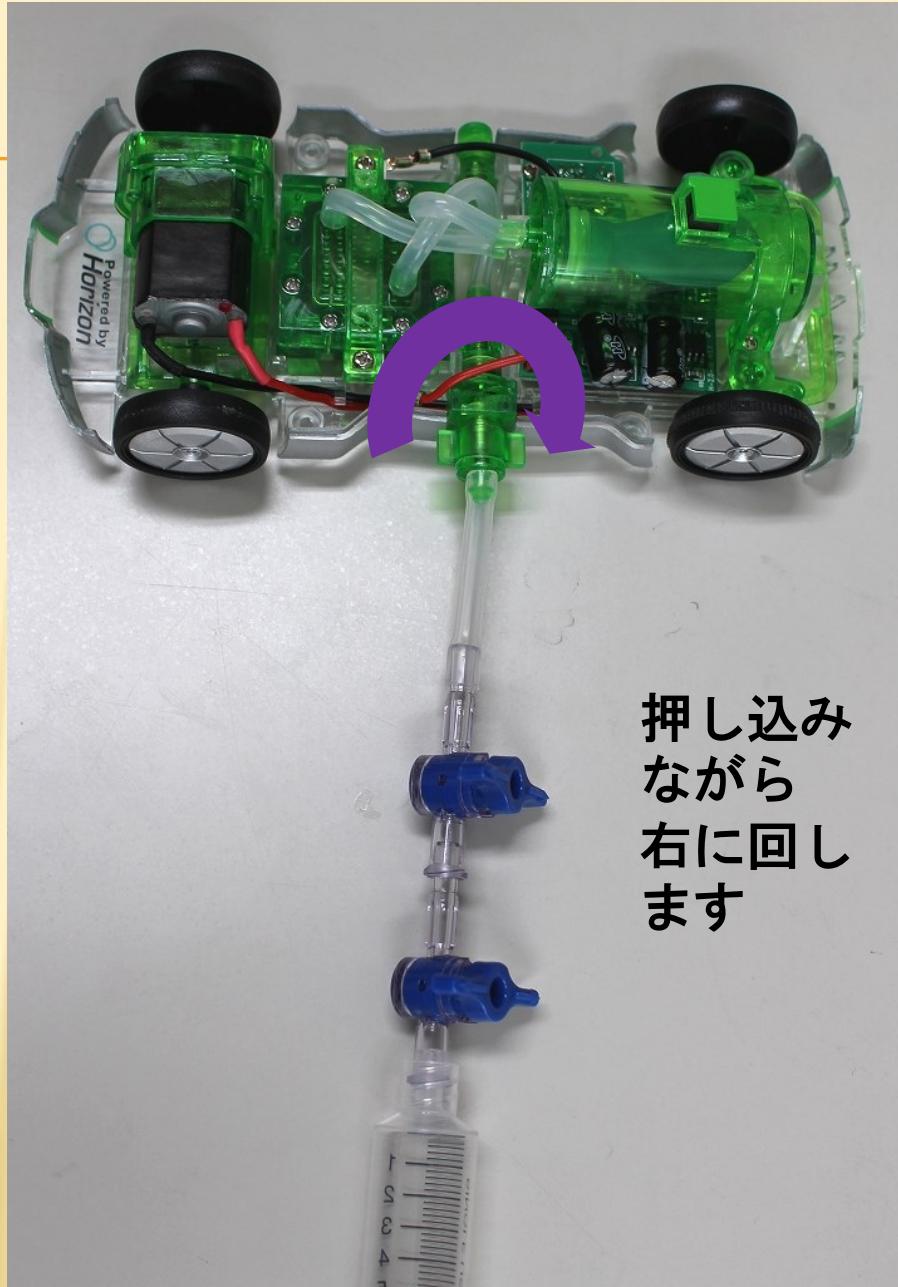
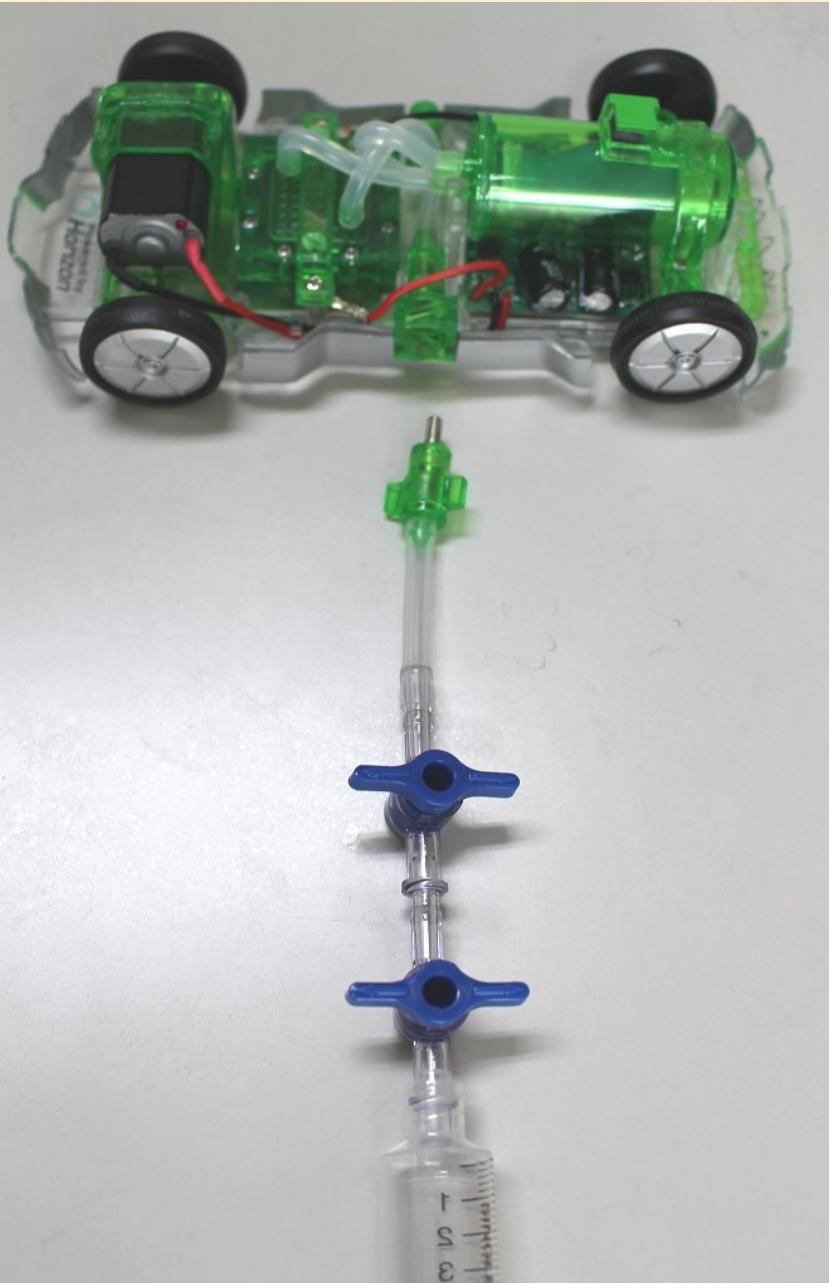


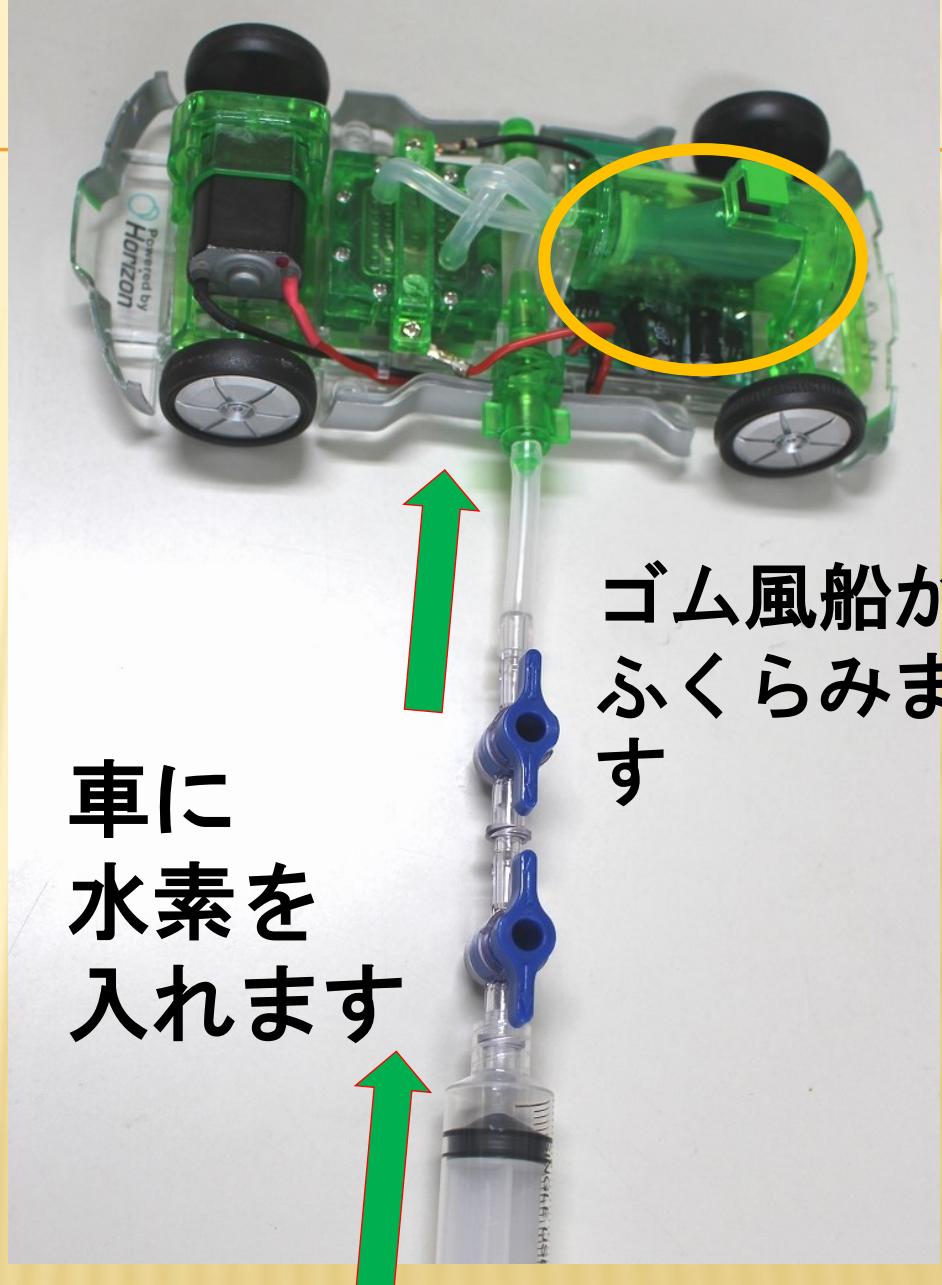
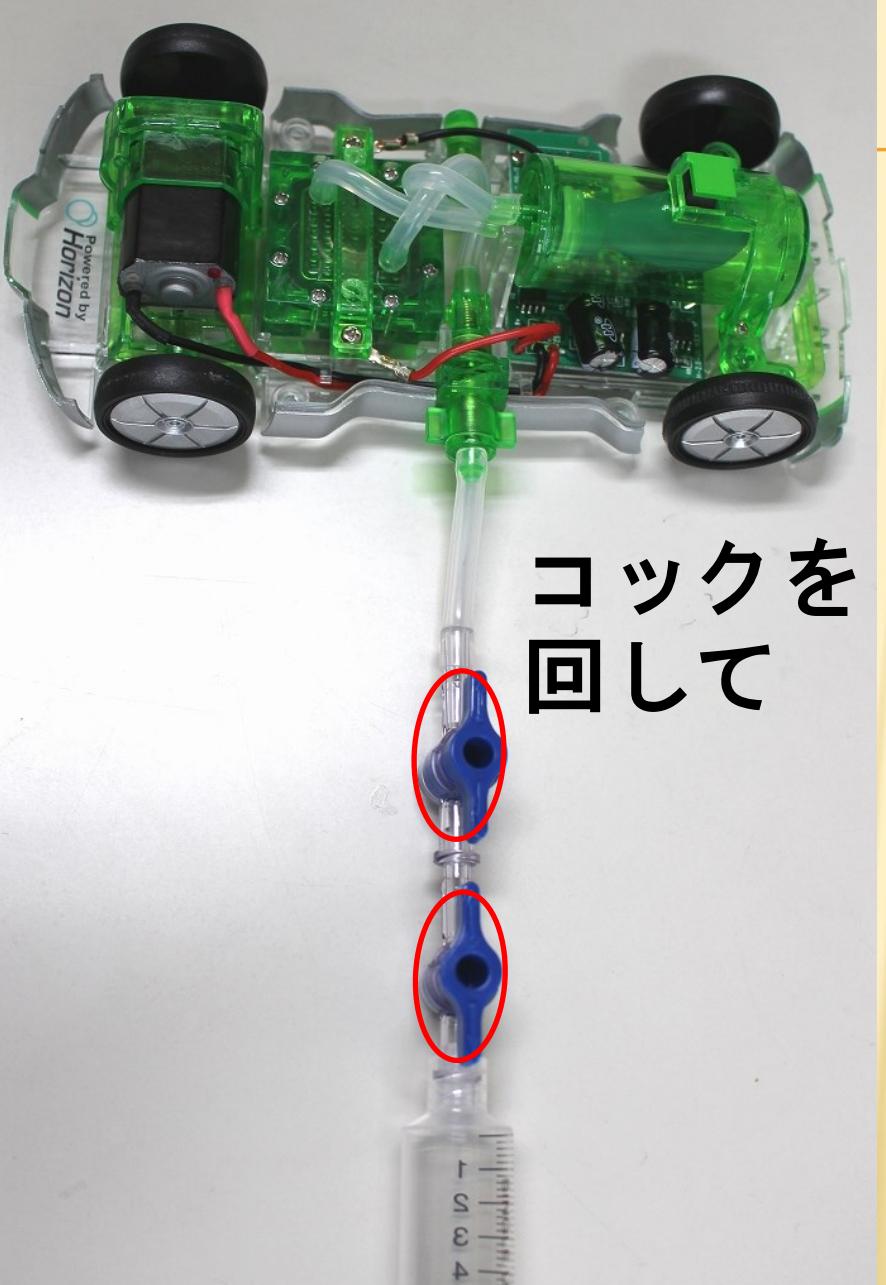
コックを
回してから



抜きます







リモコンで
動かしてみよう



では、
チャレンジ
タイム



水素エネルギー

研究 タイム

ねんりょう

燃料電池

今の実験では
二酸化炭素を
出していません

これまでの
エネルギーは
?

化石エネルギー

大昔の動物や植物が長い年月をかけて変化したもの

石炭
石油
天然ガス

化石燃料

化石燃料からとり出すエネルギーを化石エネルギーという

石炭ができるまで

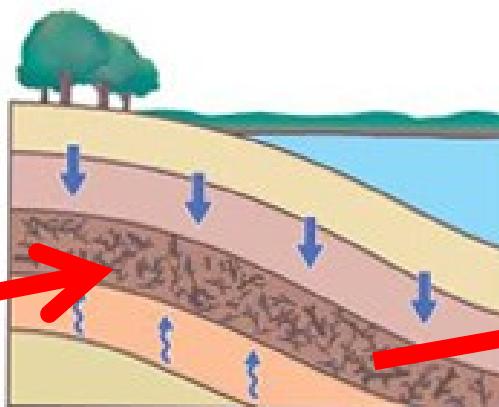
石炭は、もともと植物なのです。

約3億年前、植物が湖や沼の底に積み重なり（堆積）、地中で押しつぶされて、いろいろな分解作用や地中の熱と圧力などによって、石炭に変化しました。

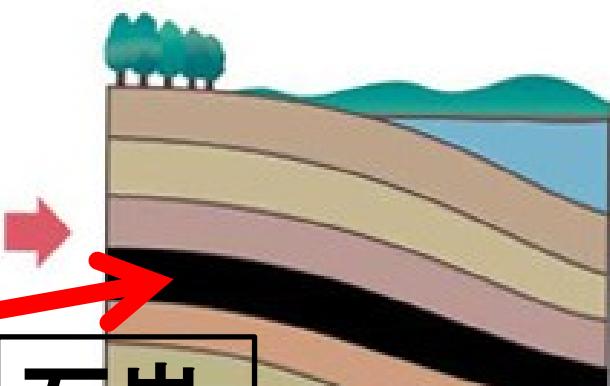
昔の植物



大昔



石炭

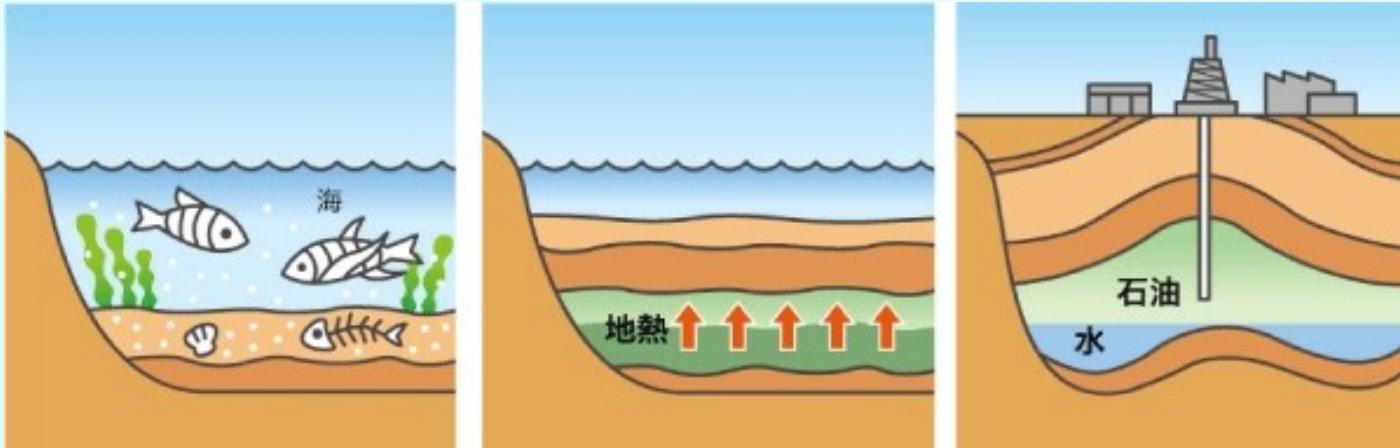


現在

石油ができるまで

石油は、もともと生物やプランクトンなどの動物です。それらが死んで海や湖の底に積み重なり（堆積）、地中で押しつぶされて、いろいろな分解作用や地中の熱と圧力などによって、液状の石油に変化しました。

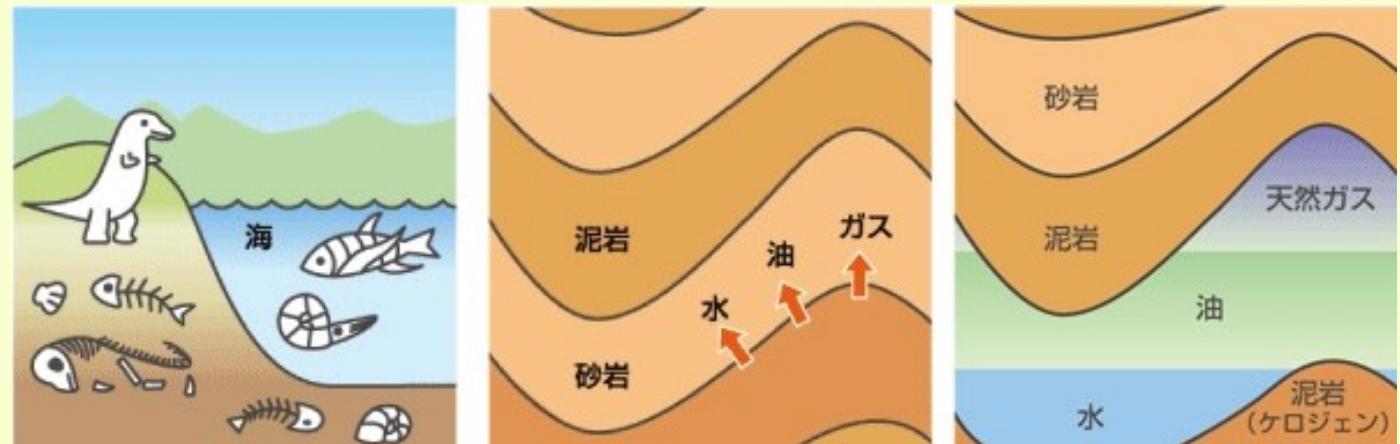
昔の動物



天然ガスができるまで

昔の動物

海の底に泥と一緒に生物の死がいが積み重なってできたケロジエンという岩が、地球の熱によって長い時間をかけて分解され、天然ガスがつくられたといわれています。



化石燃料は、燃やしてしまうとくりかえし使うことができません。

「**再生不可能エネルギー**」とも言われています。

化石燃料の残り年数

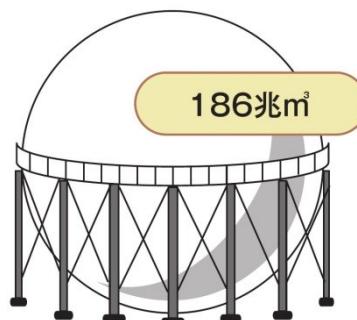
(2013年末)

53 年分



石油

55 年分



天然ガス

113 年分



石炭

化石燃料ではないけれど……限りのある資源

使用可能年数

(2013年1月)



化石燃料と地球温暖化

化石燃料



残りが
どんどん少なく
なっていく。

地球温暖化



燃やすと、
二酸化炭素が大気中に放出され、
地球温暖化の原因の一つになっている
(とされています)。

再生不可能 エネルギー

再利用できない

石炭

石油

天然ガス

ウラン（原子力発電）

二酸化炭素排出
温暖化

再生可能 エネルギー

何回もくりかえし利用できる

太陽光

水力

波力

バイオマス

水素（燃料電池）

自然の力を
エネルギーに

風力

地熱

4年理科 電気のはたらき

1 電気のはたらき

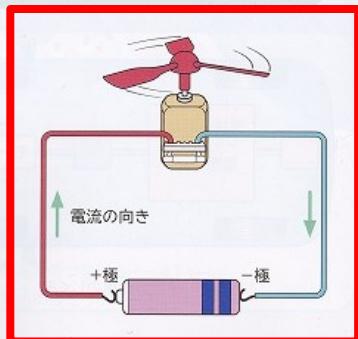


活動

モーターをかん電池につないで、モーターを回しましょう。



回路ができると、かん電池の+極からモーターを通して-極に電気が流れ、モーターが回ります。この電気の流れを電流といいます。

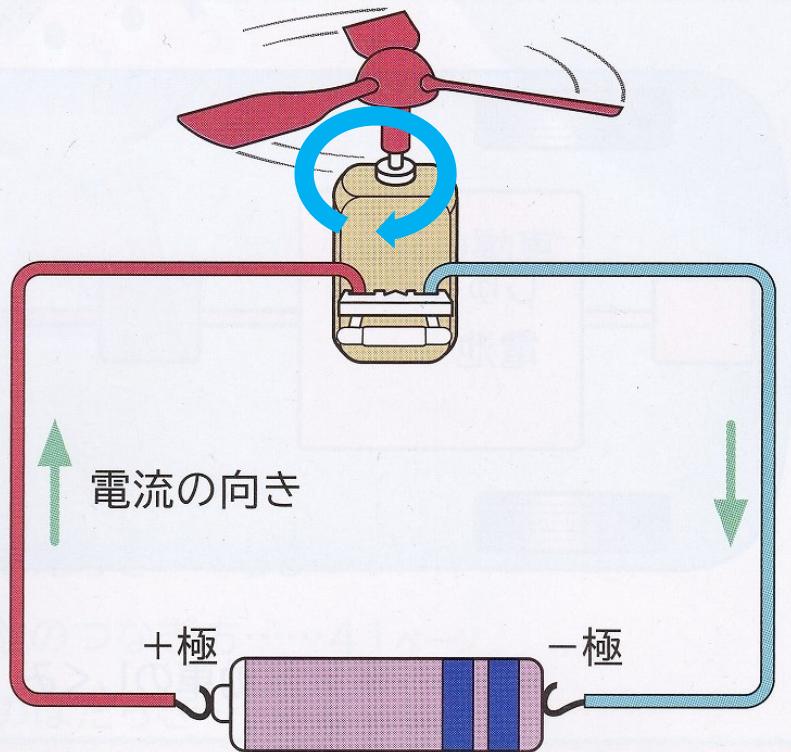


6年理科 電気と私たちの暮らし



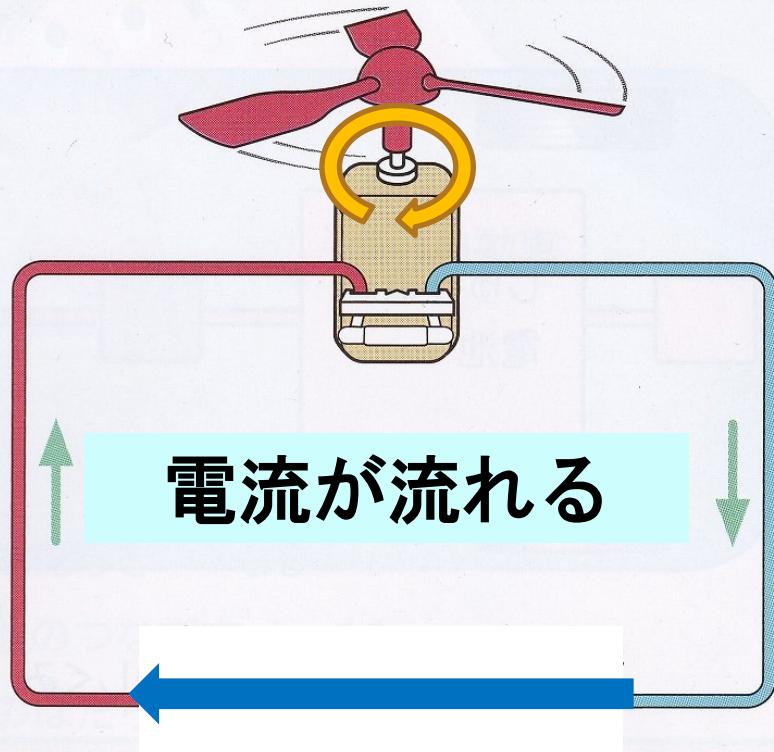
出典：東京書籍「新しい理科」

モーター
が回る



電気を使う

モーター
を回す



電気をつくる

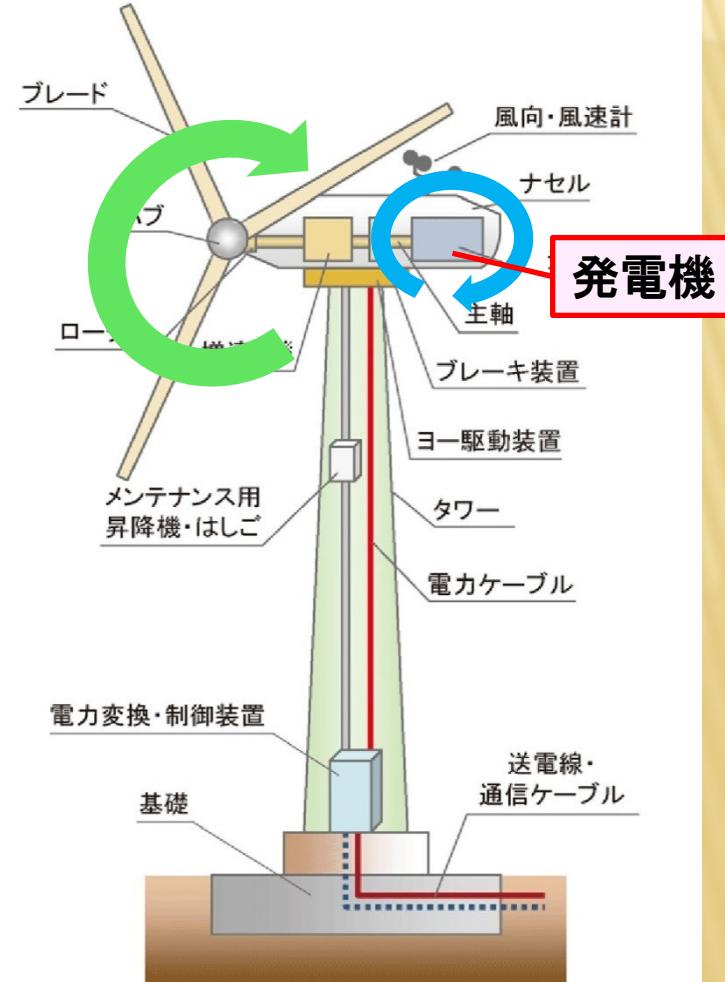
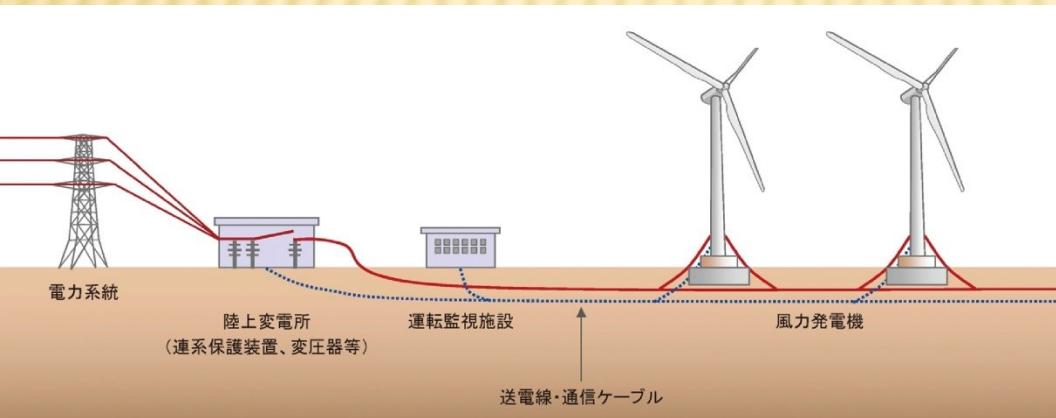
発電

電気をつくるって 結局何をしているの？

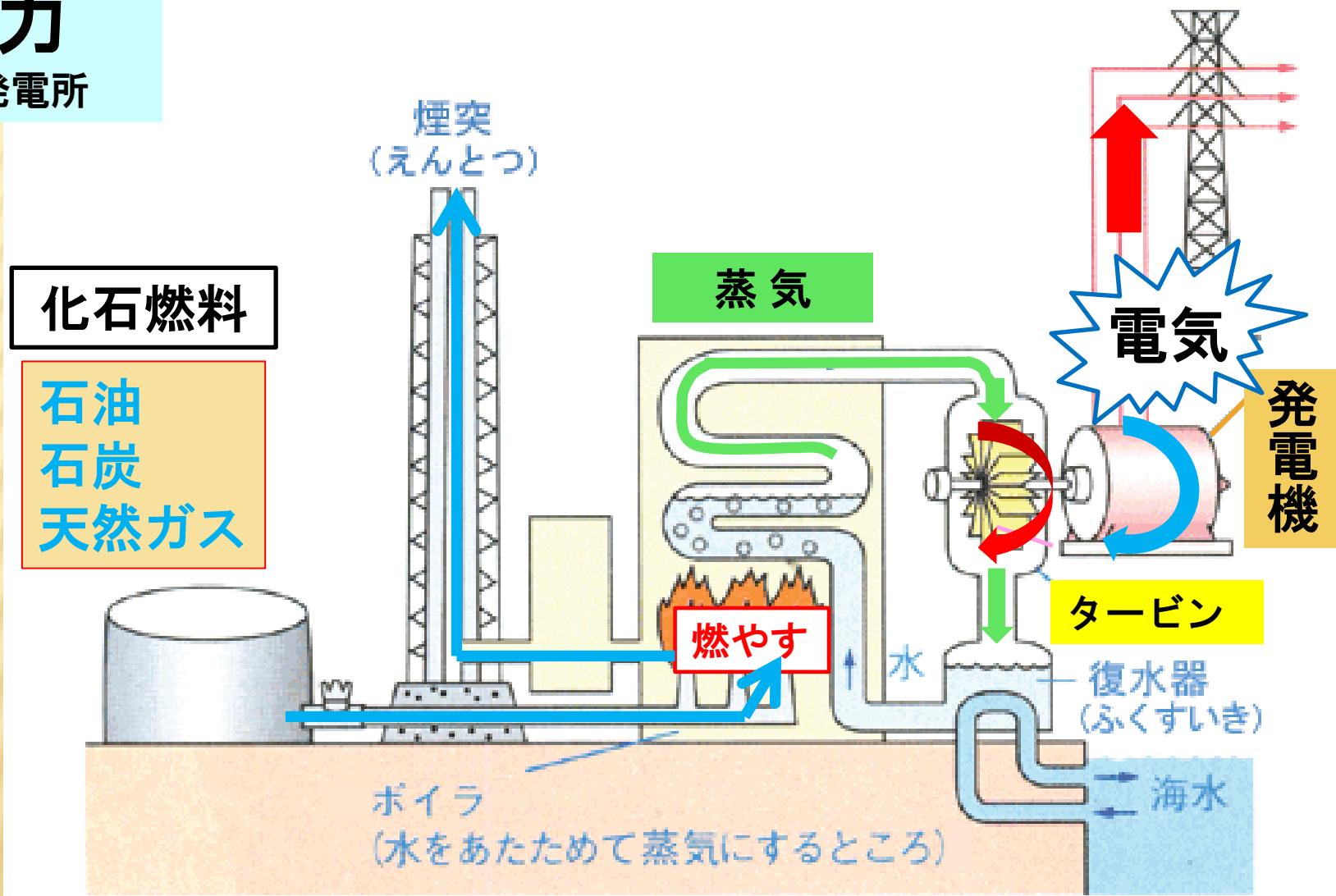
発電の仕方

風力発電所

風の運動エネルギーを風車によって回転エネルギーに変え、電気エネルギーに変換します。



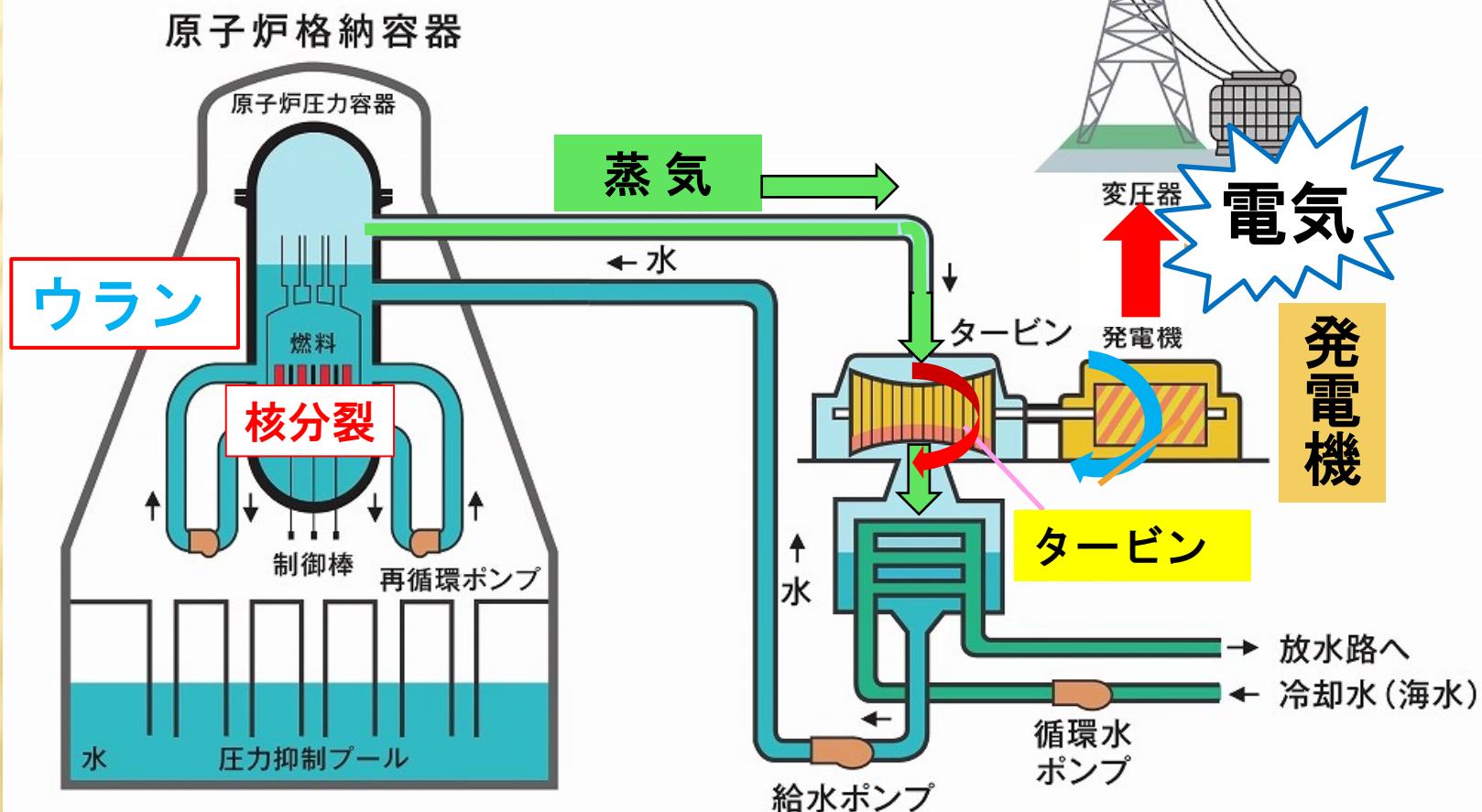
火力 発電所



原子力 発電所

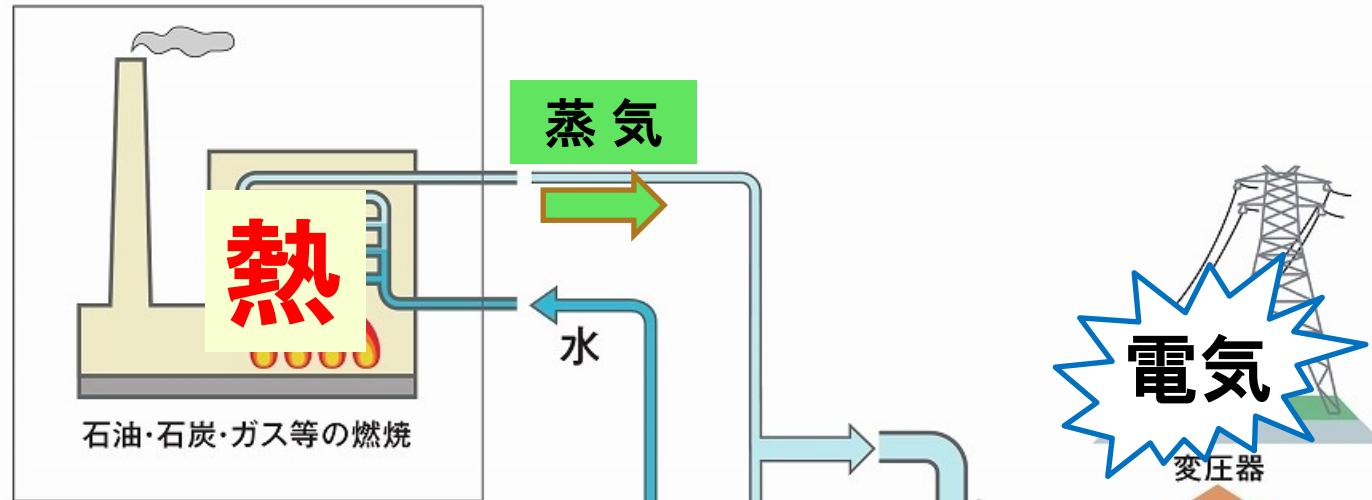


送電

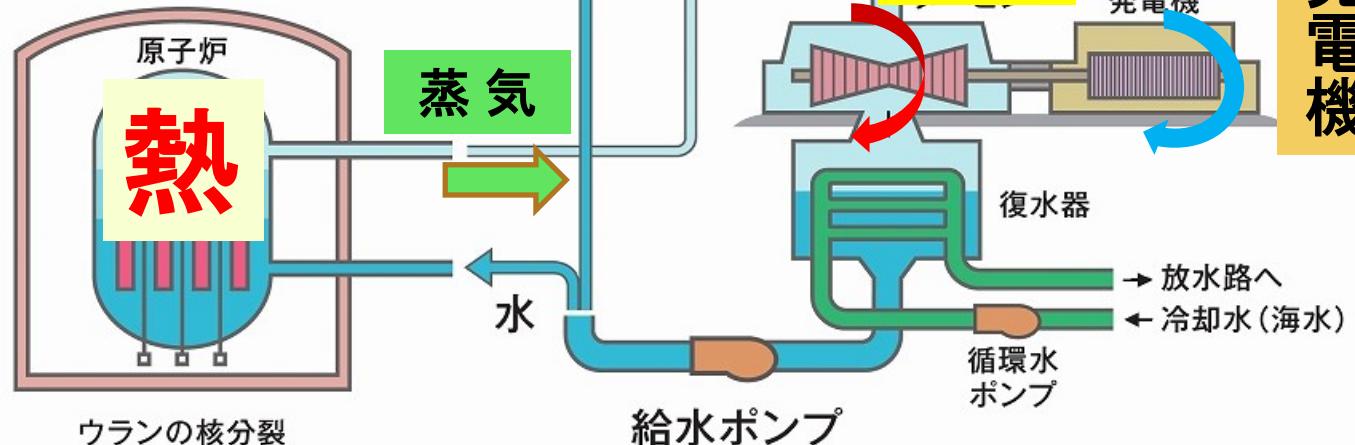


熱で蒸気をつくり タービンを回して 電気をつくっています。

火力 発電所



原子力 発電所



発電所で電気をつくるとは

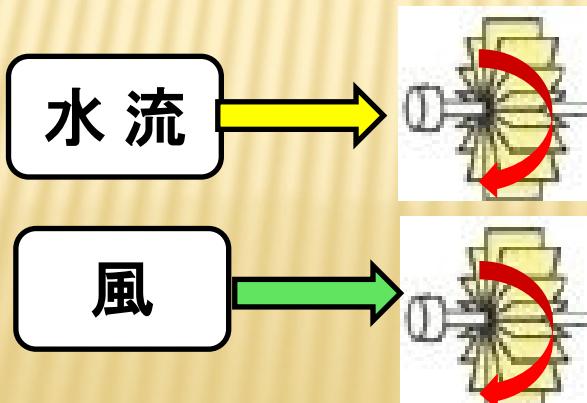
火力発電

原子力発電

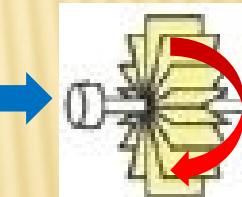
地熱発電

水力発電

風力発電



こちらは 手で



太陽光発電と
燃料電池 は
ちがいます

ねんりょう

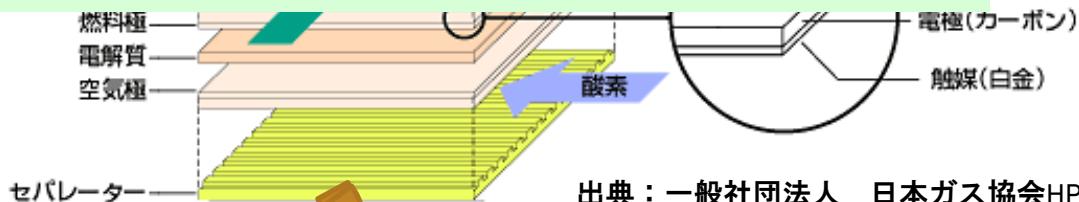
燃料電池 とは

水素と酸素を化学反応させて、電気をつくる装置です。

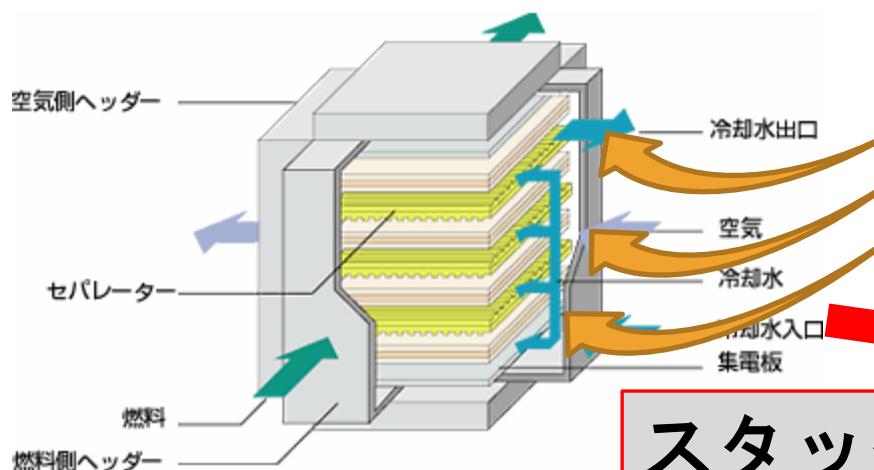
上
下

ひとつのセルが作れる電気は、電圧約0.7V（ボルト）です。そこで、大きな電気を作るために、セルを積み重ねます。乾電池を直列につなぐのと同じことです。

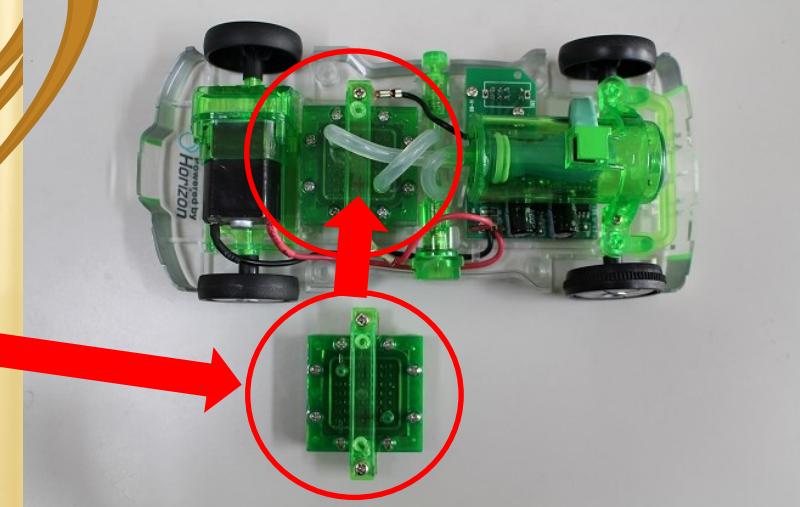
燃料電池



出典：一般社団法人 日本ガス協会HP

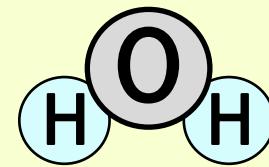
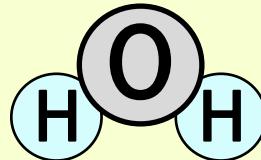


スタック

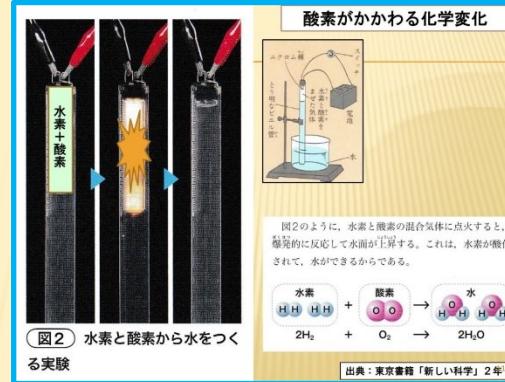


ねんりょう

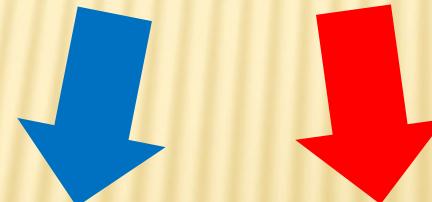
燃料電池 = 水の合成



水 $2\text{H}_2\text{O}$

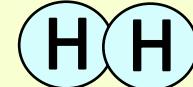
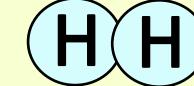


化学反応

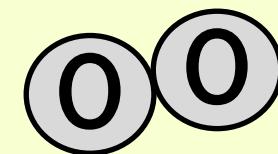


電気

熱



水素 2H_2



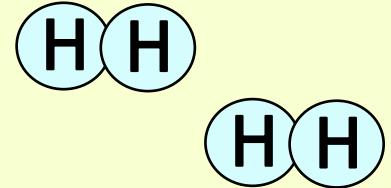
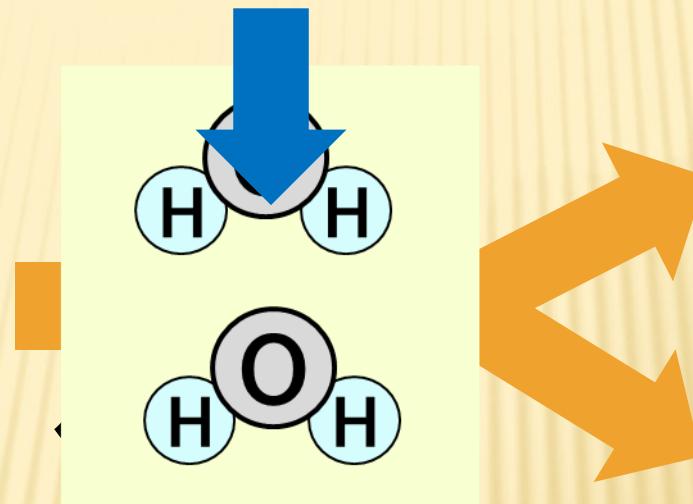
さんそ

酸素 O_2

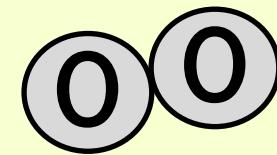
水の電気分解

中学2年生の理科で実験をします

電気



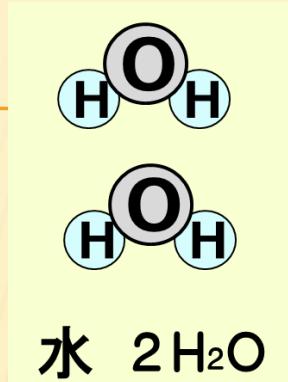
水素 2H_2



酸素 O_2



燃料電池



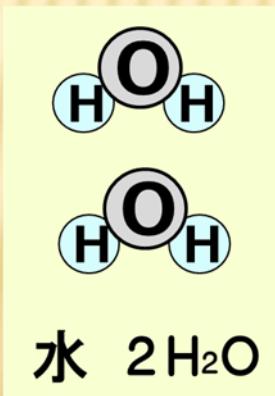
化学反応

電気

熱



水の電気分解



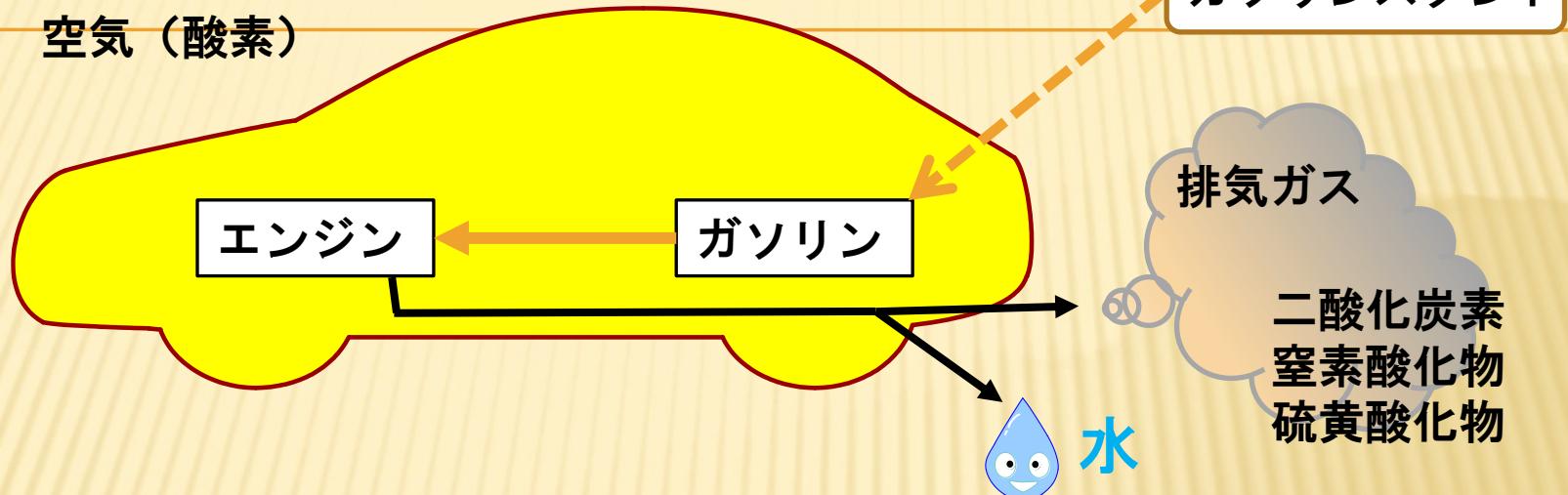
電気



化学反応

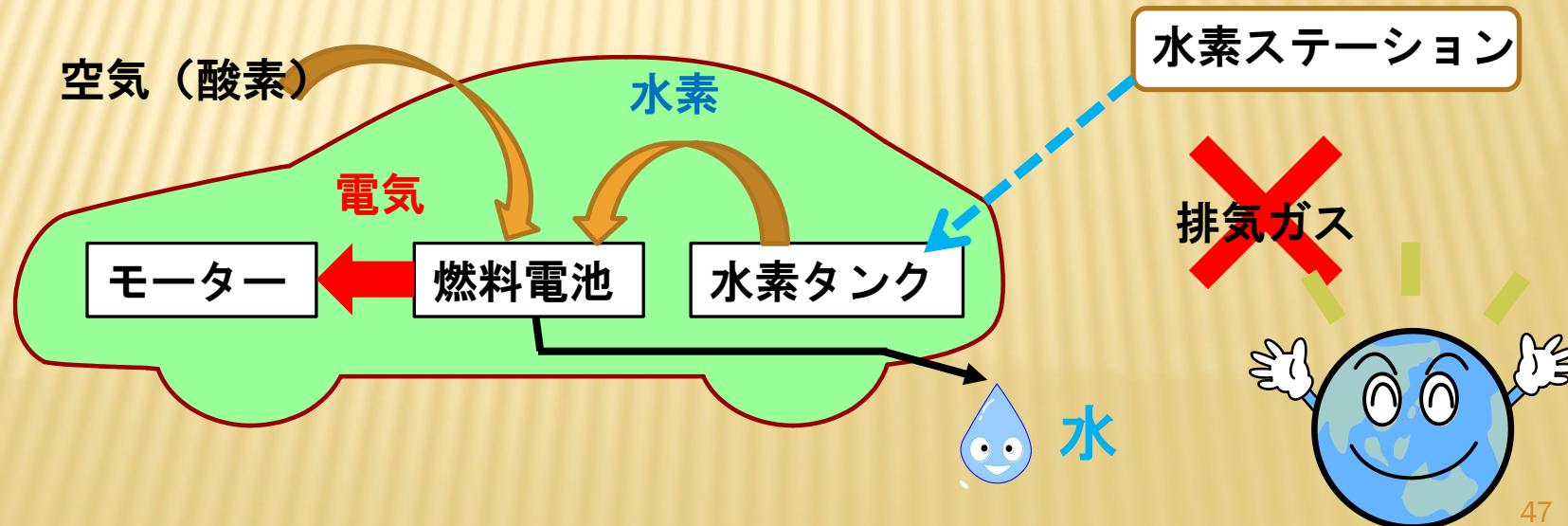
ガソリン自動車

空気（酸素）



燃料電池自動車

空気（酸素）



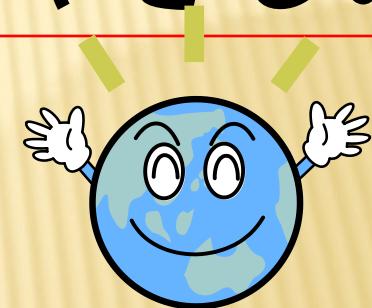
水素のエネルギー利用

クリーン

安全

地球にやさしい

排気ガス



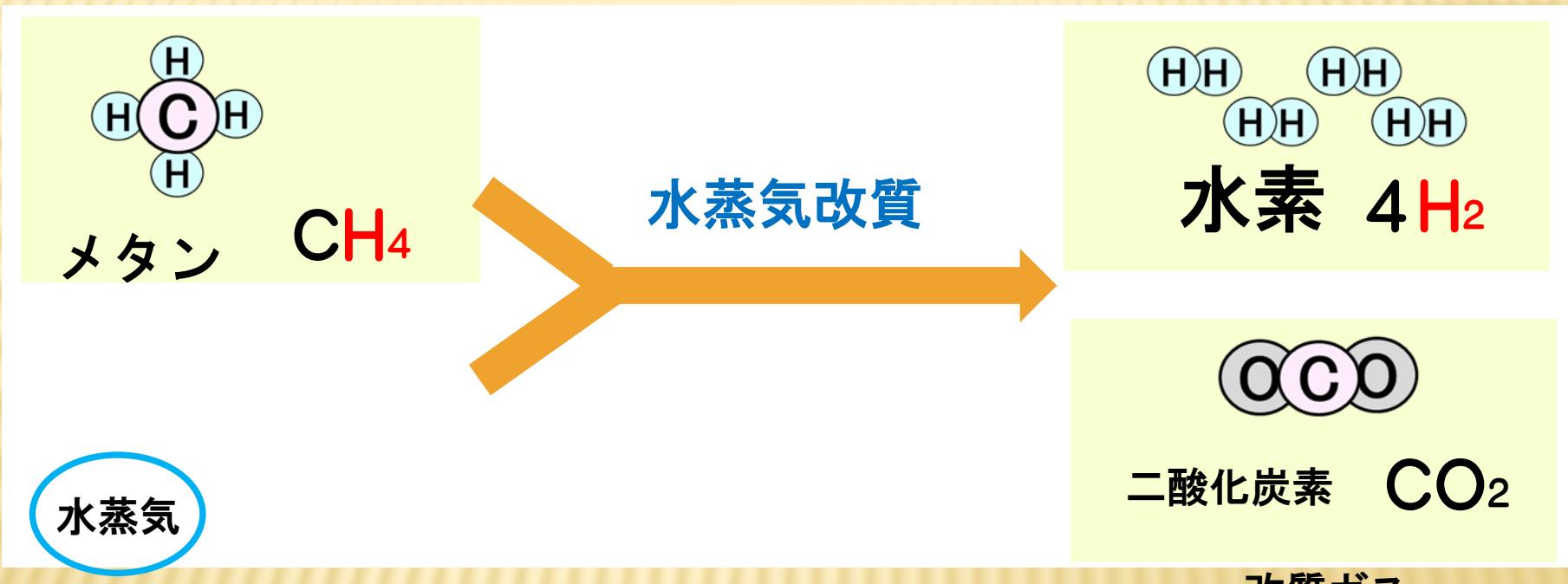
問題は

水素を何からつくるか

今のところ、

水素は 天然ガスからつくっています。

天然ガス メタン(CH_4)から水素を取り出す 水蒸気改質

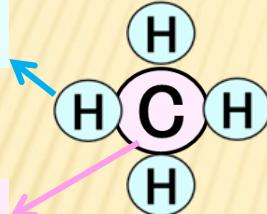


水蒸気改質は、炭化水素や石炭から水蒸気を用いて水素を製造する方法です。
水蒸気変成、水素改質、接触酸化とも呼ばれ、工業的には主要な水素製造法です。
現在、水素を燃料電池へ供給する手段として、小規模な水蒸気改質装置の研究が行
われています。

天然ガス

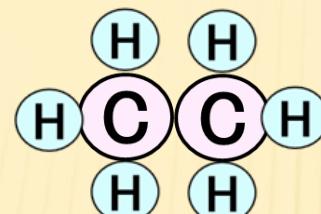
常温で**气体**の炭化水素化合物

水素

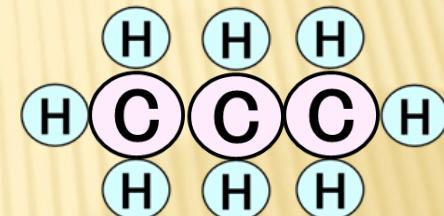
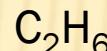


炭素

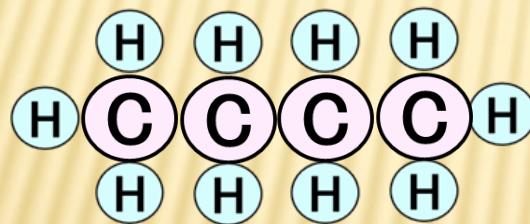
メタン



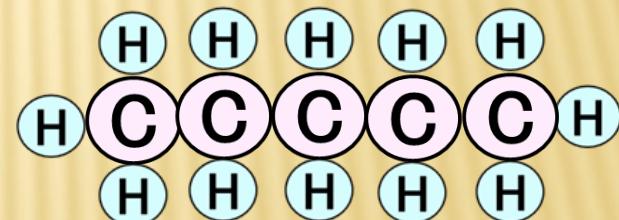
エタン



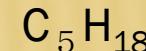
プロパン



ブタン

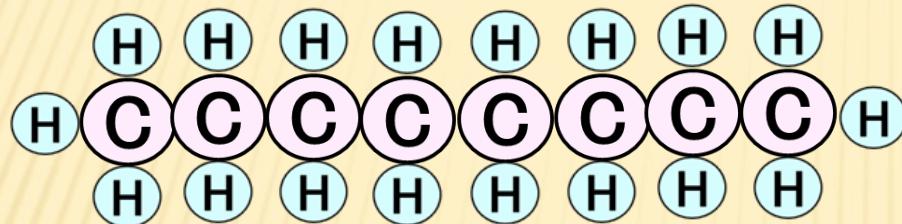


ペンタン

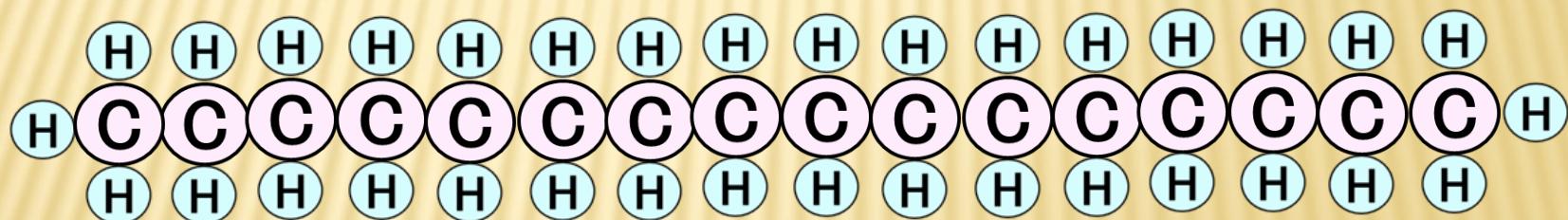
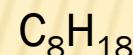


石油

常温で液体の炭化水素化合物



ガソリン



ディーゼル軽油



石炭

常温で**固体**の炭化水素化合物

(C) × 100



お手上げだああ～

(H) × 30~110

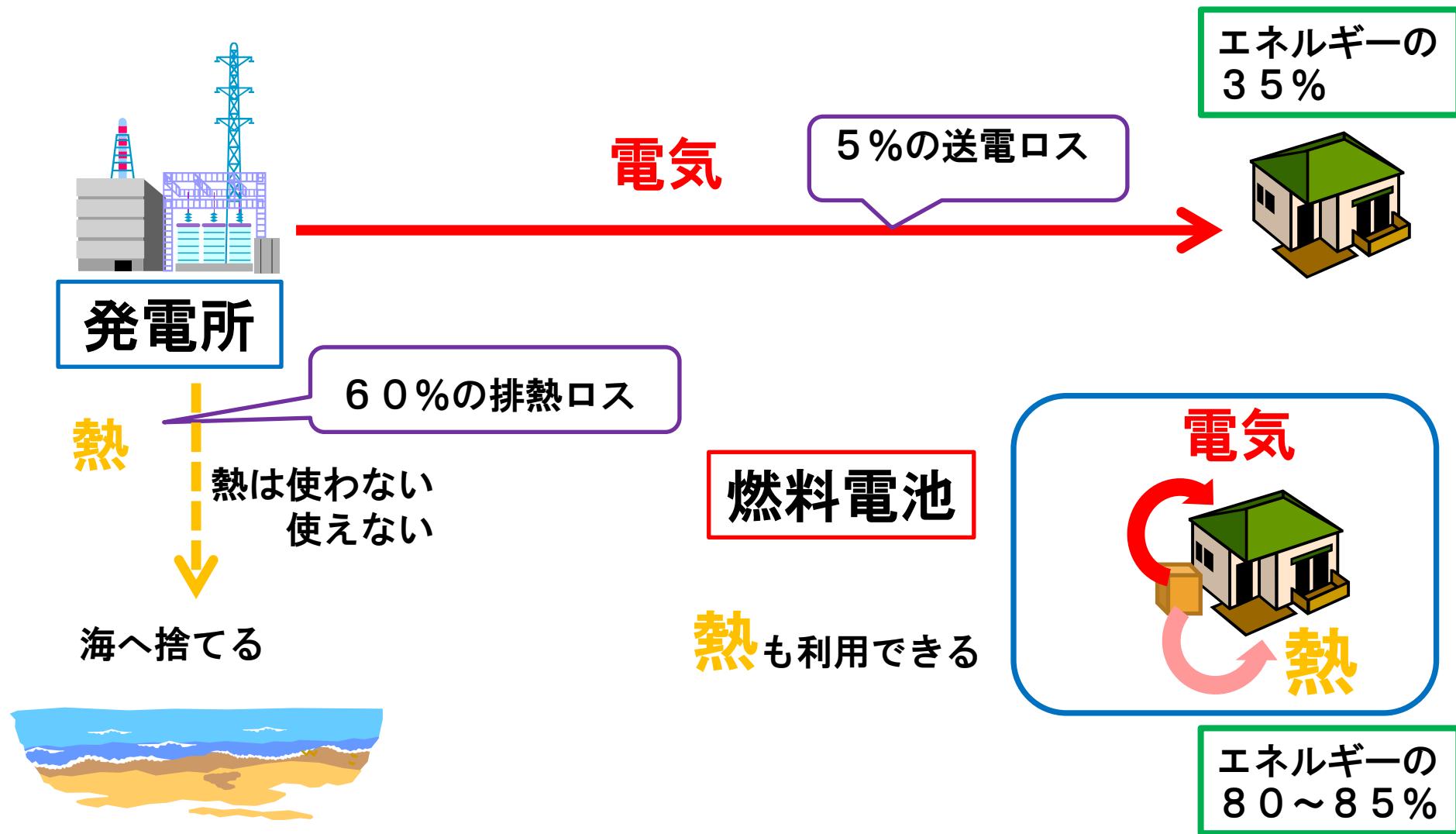
(O) × 3~40

(N) × 0.3~2

(S) × 0.1~3

化石燃料は
水素の宝庫だ

大規模発電所と燃料電池の比較

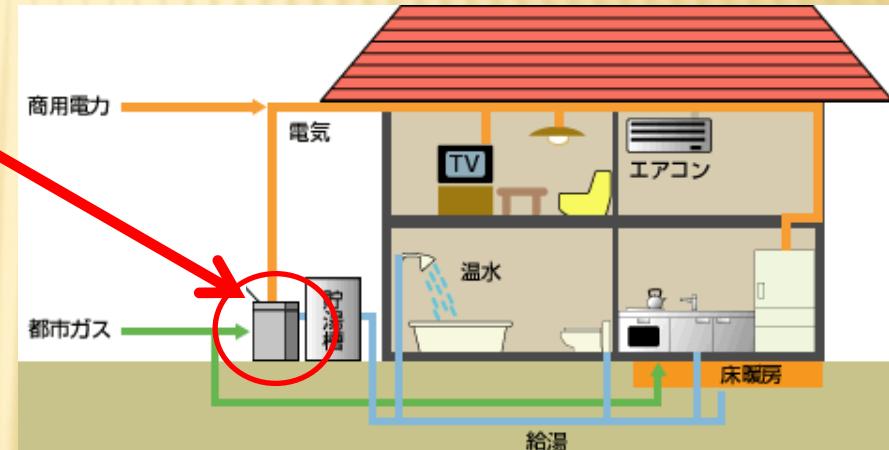
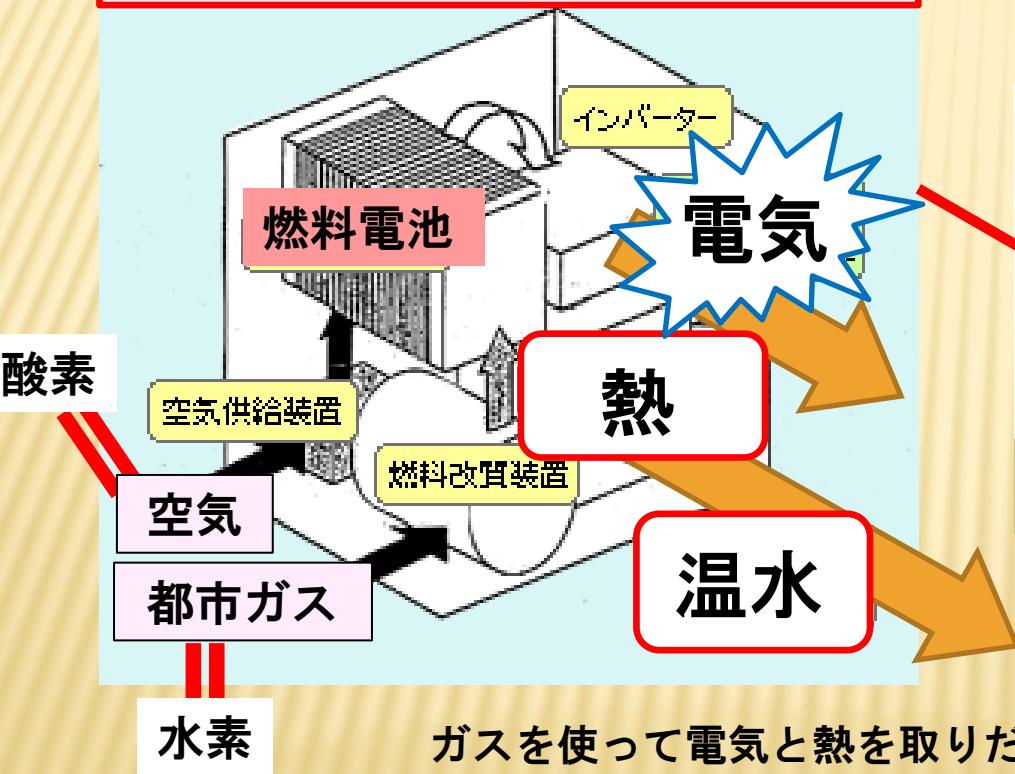


これからの エネルギー利用

コーチェネレーション

1種類のエネルギーから、電気と熱など、2つ以上のエネルギーを同時に取り出して利用する。

家庭用コーチェネレーションの構成



ガスを使って電気と熱を取りだし利用します。
これまでではガスのエネルギーの40%程度しか利用できませんでしたが、
70~80%のエネルギーが利用できるといわれています。

化石燃料から自然エネルギーへ

発電所
自動車

二酸化炭素排出

今まで

化石燃料

石炭 石油
天然ガス

限りのある資源

二酸化炭素排出

現在

化石燃料から
水素を取り出し

燃料電池

エネルギー効率が
高い

化石燃料を有効に使う

自然エネルギー

太陽光 風力
水力 波力
地熱 バイオマス

将来

水から
水素を取り出し

燃料電池

二酸化~~炭素~~排出

燃料電池の歴史

どんどん小型化
しています

1801 デービー卿(英)による原理の発見

1839 グローブ卿(英)が燃料電池による発電を公開実験により実証

1952 ベーコン(英)がアルカリ型燃料電池に関する特許を取得

1961 NASA(米)で燃料電池の研究が開始

ロケット

1965 ゼネラルエレクトリック(米)社製固体高分子型燃料電池が**ジェミニ5号に搭載**

1969 燃料電池を搭載した**アポロ11号**(米)が人類初の月面着陸に成功

1971 FCG-1計画（大容量燃料電池の商業化）開始

1981 ムーライト計画(日本)での燃料電池開発開始

1987 バラード社(カナダ)によるフッ素系イオン交換樹脂膜を用いた固体高分子型燃料電池開発

1996 ダイムラー・ベンツ社によるバラード社製燃料電池搭載車NECAR1の発表

2000 経済産業省/NEDOによる燃料電池普及基盤整備事業（ミレニアムプロジェクト）開始

2002 ホンダ、トヨタによる**世界初の商用燃料電池自動車の発売開始**

2003 東芝が一回の充填で5時間駆動するノートパソコン用燃料電池の試作機を公開

自動車

ノートパソコン

現在

我が国の燃料電池バスの実証

空港リムジンバス



東京空港交通（株）

羽田空港 ⇄
新宿駅西口／箱崎
(130 km/日)

2011.4～2013.9
計 40,000 km 走行
(2台のうち、より長期間運航されたバス)

高速道路走行あり

空港ランプバス



ANA 中部空港（株）

旅客ターミナル ⇄
旅客機
(20～30 km/日)

2011.4～2013.8
計 12,500 km 走行
(2台のうち、より長期間運航されたバス)

—

ターミナル連結バス



新関西国際空港（株）

エアロプラザ ⇄
LCC ターミナル
(14 往復・77 km/日)

2011.4～運行中
計 7,700 km 走行
(2013.12までの実績)

—

燃料電池自動車量産車・燃料電池自動車コンセプトカー

トヨタ FCV "MIRAI"

- ・2014年12月15日国内市販開始
- ・水素：70 MPa 対応
- ・航続距離約 650 km
- ・4名



ホンダ FCV CONCEPT

- ・2015年度市販開始
- ・水素 70 MPa 対応
- ・航続距離 480 km 以上
- ・5名



Hyundai Tucson FCEV

- ・2014年に米国でリース開始
- ・水素 70 MPa 対応
- ・水素を無料提供



現在

出典：各種資料より NEDO 作成

トヨタ自動車の燃料電池自動車MIRAIの記者発表



出典：
トヨタ自動車HP

お値段は？

試作段階

20年くらい前

1台 1億円

2002年12月 トヨタ、ホンダによる世界初の商用燃料電池自動車の発売開始

高すぎて個人では
購入できない

1台のリース料金

(月額)

トヨタ 120万円
ホンダ 80万円

2014年 12月15日 トヨタ自動車
燃料電池自動車の発売開始

1台 720万円

2016年 3月10日 ホンダ自動車
燃料電池自動車の発売開始

1台 766万円

HONDA CLARITY FUEL CELL

2016年3月10
日に日本で
リース販売を
開始

ホンダHPから



燃料電池パワートレインを、V6エンジンと同等
サイズまでコンパクト化し、世界で初めてセダ
ンのボンネット内に集約 5人乗りを実現

766万円 - ?万円
減税・補助金など

先進と上質が息づく、くつろぎの空間。



満タンで走行距離(参考値)約750km
一回当たりの水素充填時間は3分程度

また、可搬型外部給電器「Power Exporter 9000」を組み合わせることにより、
「走る電源」として一般家庭のおよそ7日分の電力を供給することができます。



■災害時の非常用電源として、
また平常時でも屋外イベントなどさまざまな場所で活躍できる。

主要諸元

定格出力：9.0kVA

出力電圧：AC100・200V（単相三線式）

周波数：50、60Hz（切替式）

重量：50.8kg 全長×全幅×全高：755×387×438mm

出力端子：100V×6口/200V×1口

「CLARITY FUEL CELL(クラリティ フューエル セル)」

まず、自治体や企業を中心に リースで

その後、製品の使用状態や、お客様、関連団体の
多様なご意見、ご要望を収集して、

個人販売 を行う予定

世界初
燃料電池パワートレインを
セダンのボンネット内へ



メカニズムの最小化が、
人のための空間を最大化する。



ホンダ デジタルカタログより

「CLARITY FUEL CELL(クラリティ フューエル セル)」

まず、自治体や企業を中心に リースで

その後、製品の使用状態や、お客様、関連団体の
多様なご意見、ご要望を収集して、

個人販売 を行う予定

大人5人乗り（世界初）
ゆったりと過ごせる
広い室内



現在

水素利活用技術の適用可能性



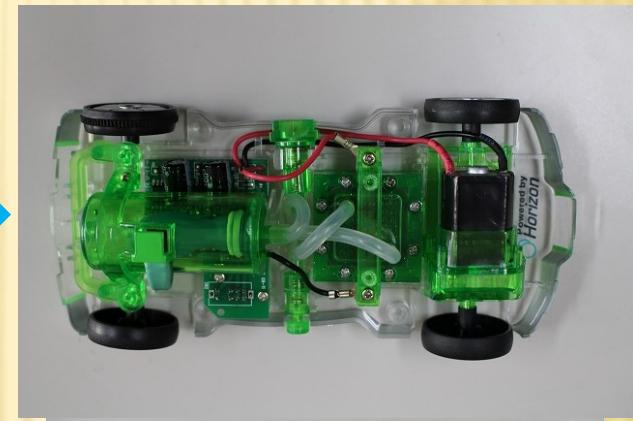
出典：経済産業省「水素・燃料電池戦略ロードマップ」2014年6月よりNEDO作成

電池自動車



420円

燃料電池自動車



30000円

次世代の理科の実験セットも
燃料電池自動車になる？！

では、
水素エネルギーを使った燃料電池自動車
とお別れの前に もう一度

チャレンジ
タイム



本資料の出典明記のない資料の著作権は沼澤清一にあります。

平成28年4月18日 一般社団法人教科書著作権協会 教科書利用許諾
許諾番号 第 12-436 号「科学の進歩と共に」
東京書籍 平成27年度 新しい理科 4 年P38 新しい理科 6 年P17,P171
申請者 仙台白百合女子大学 沼澤清一

授業を始める前に 準備する物

実験用気体（水素） 980（円）

1クラス 5グループで
20分間燃料電池車を動かすとき
使用する水素は

一缶で十分です！



最初に入れた袋の水素は、
使い切れません！



燃料電池自動車

H-racer 2.0 Horizon

¥29,800+税



ウチダ理科カタログvol.63 8-123-3017
ナリカ B10-2079
ヤガミ 55908



この水素ステー
ションが優れもの

必需品



水素ステーション
これは優れものです。

燃料電池車の動作確認は
直接
これを
車に接続して、水素を送っ
て行えます。

燃料電池車が動かない場合
①車体そのものに問題があるか
②水素がはいってないか
ほとんどどちらかです。

②の確認を行うことができます。

単三乾電池・精製水 使用

ビニール袋

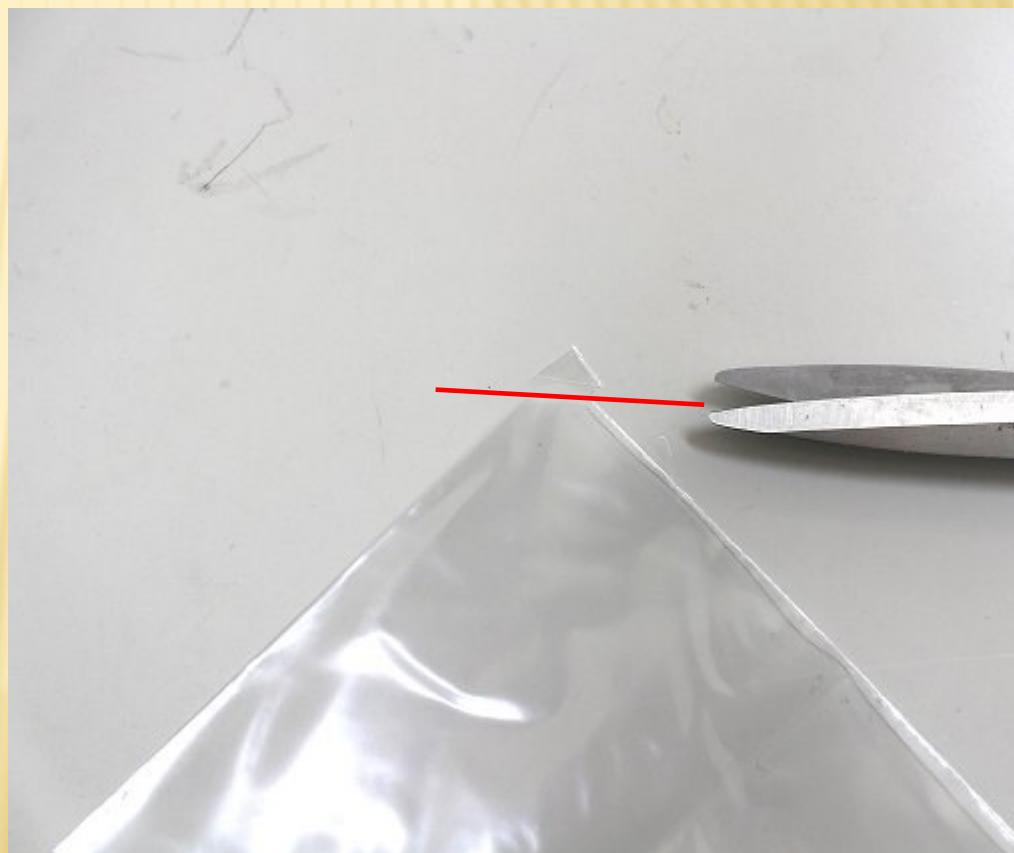
いろいろ試しましたが
透明で密封性の高い袋として
チャック付ポリ袋 が一番でした。





チャックの付いていない方を
数ミリ切り取ります。

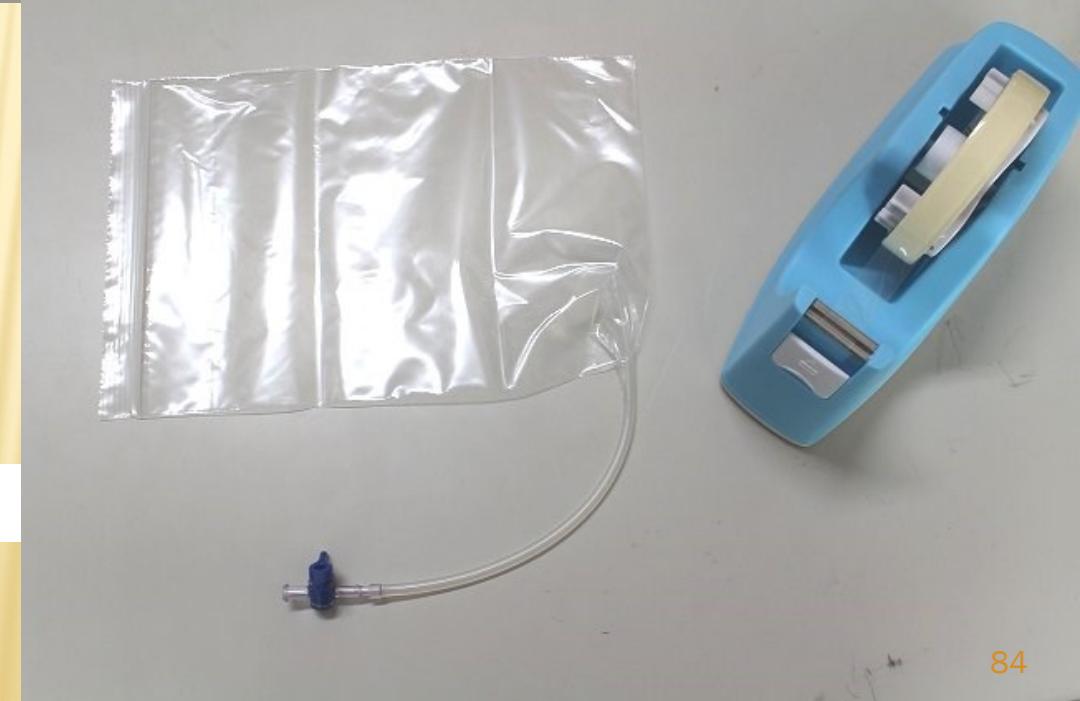
(一見、チャックの方に通す方が良さそ
うですが、上手く密封できません。)



チューブを通して

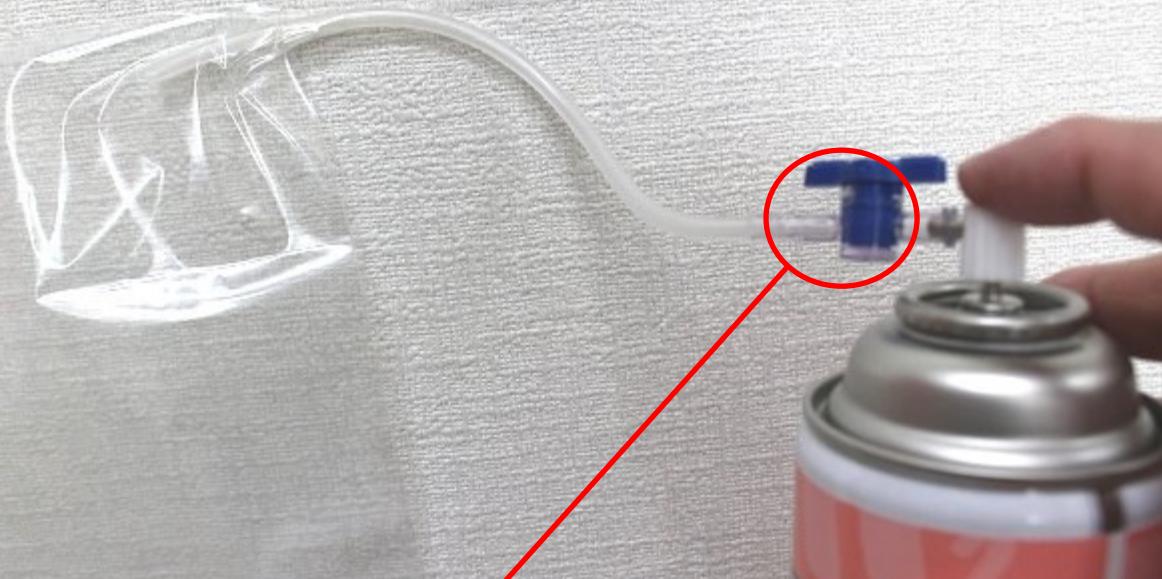


セロテープで密封します。



あとは、
水素ボンベから直接入
れるのですが、

この方法には
欠点がありました。



圧力が高いので
ここで水素が漏れてしまふようです。



水素ボンベから
直接チューブだけで入
れた方が良いようです。

接続に使用

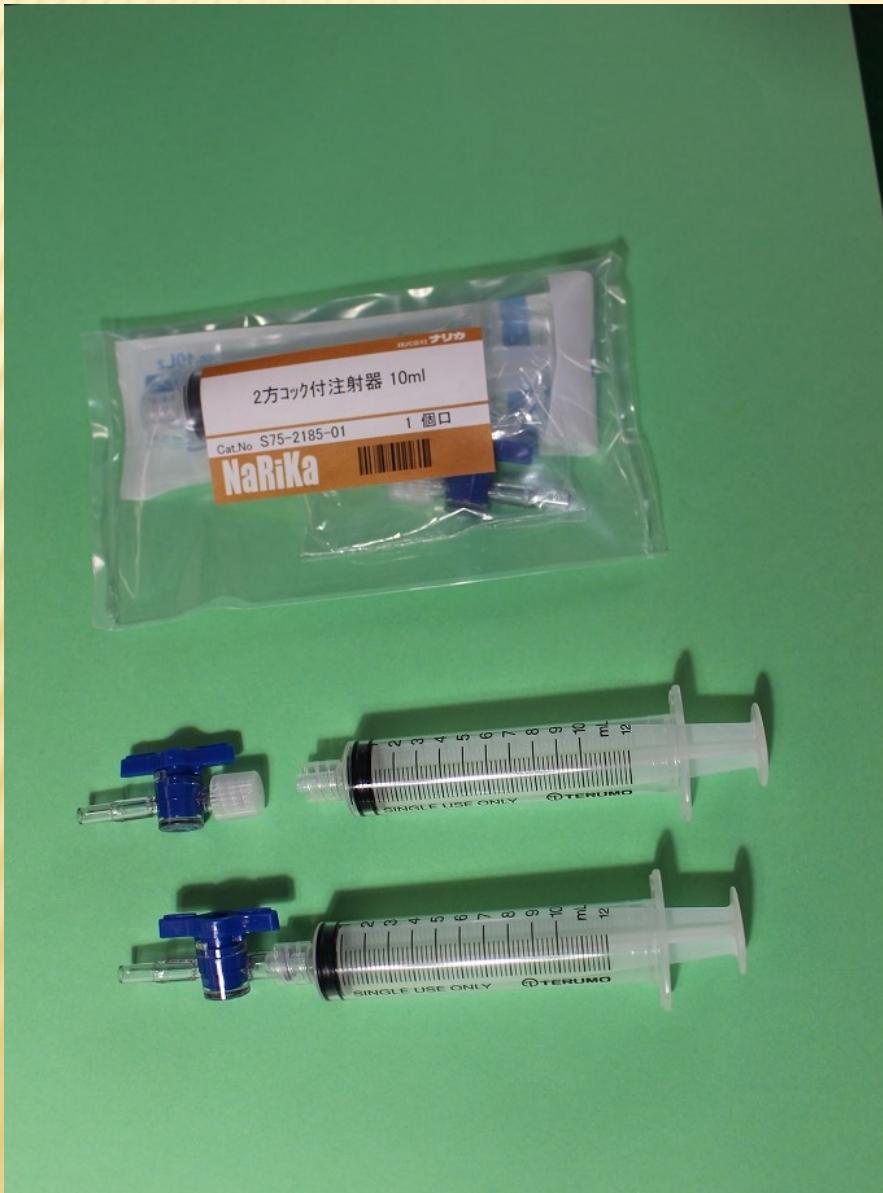


シリコン管
φ3 × 5 mm (10M)
1300円

コック



注射器



注射器は、
この
2方コック付注射器 10ml
ナリカ S75-2185-01 (700円+税)
が便利

準備・実験用に
50ml もあるとさらに便利



2方コック付注射器10ml
ねじ込みなので、はずれない

普通のものは
はずれやすい。こわれやすい。

ケースに入れて準備

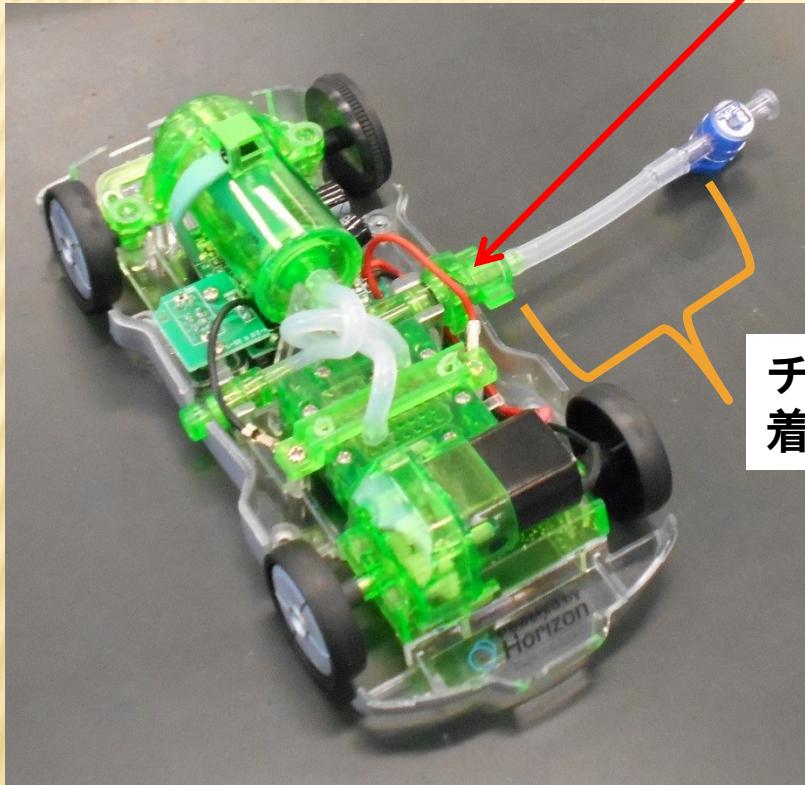


4人程度のグループが適当

授業で使う1セット



授業を行ってみて



この部分の着脱が難しいため

このまま走らせていましたグループが多かった

チューブを短くして
着脱しない方がやりやすい