

小学生のための「理科の王国」

2016. 5. 15

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、^そち^{さん}っ^そ素^に、^{さん}酸^か素^{たん}、^そ二^{さん}酸^か化^{たん}炭^そ素などの気体が
混じり合っていてできています。



どうして？

? 問題

物を燃やすはたらきのある気体は、何だろうか。



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」

6年理科 物の燃え方と空気

空気中の気体の体積の割合

わりあい

二酸化炭素と
その他の気体

ちつ素

酸素



水素

空気中には存在しない

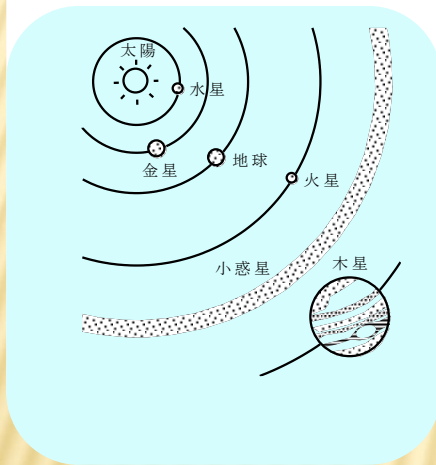
地球上で最も軽い気体

水素とは

原子番号1の元素で元素記号は



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)



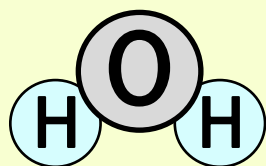
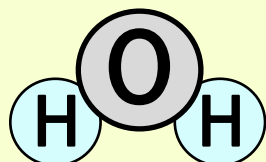
色	なし
味	なし
におい	なし



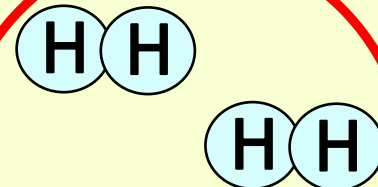
燃焼すると酸素と反応
して水になる。

ねんりょう

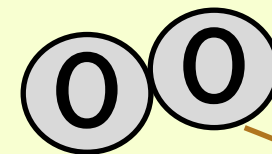
燃料電池



水 2H₂O



水素 2H₂



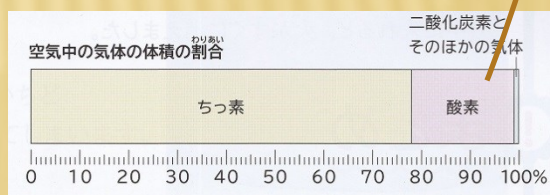
さんそ
酸素 O₂

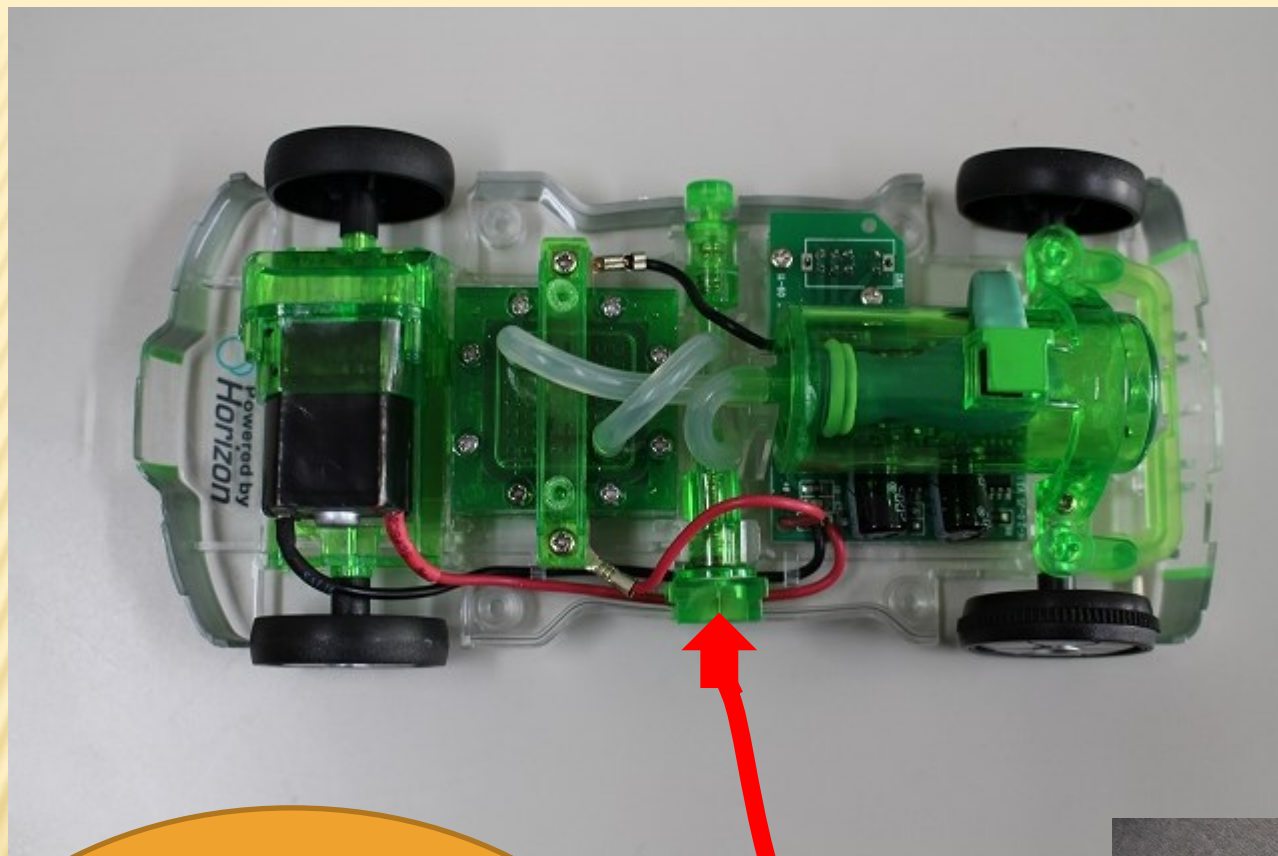
化学反応

電気

熱

モーターで
車を動かす





水素を
入れます







コックを
回す

水素を
注射器に
入れて



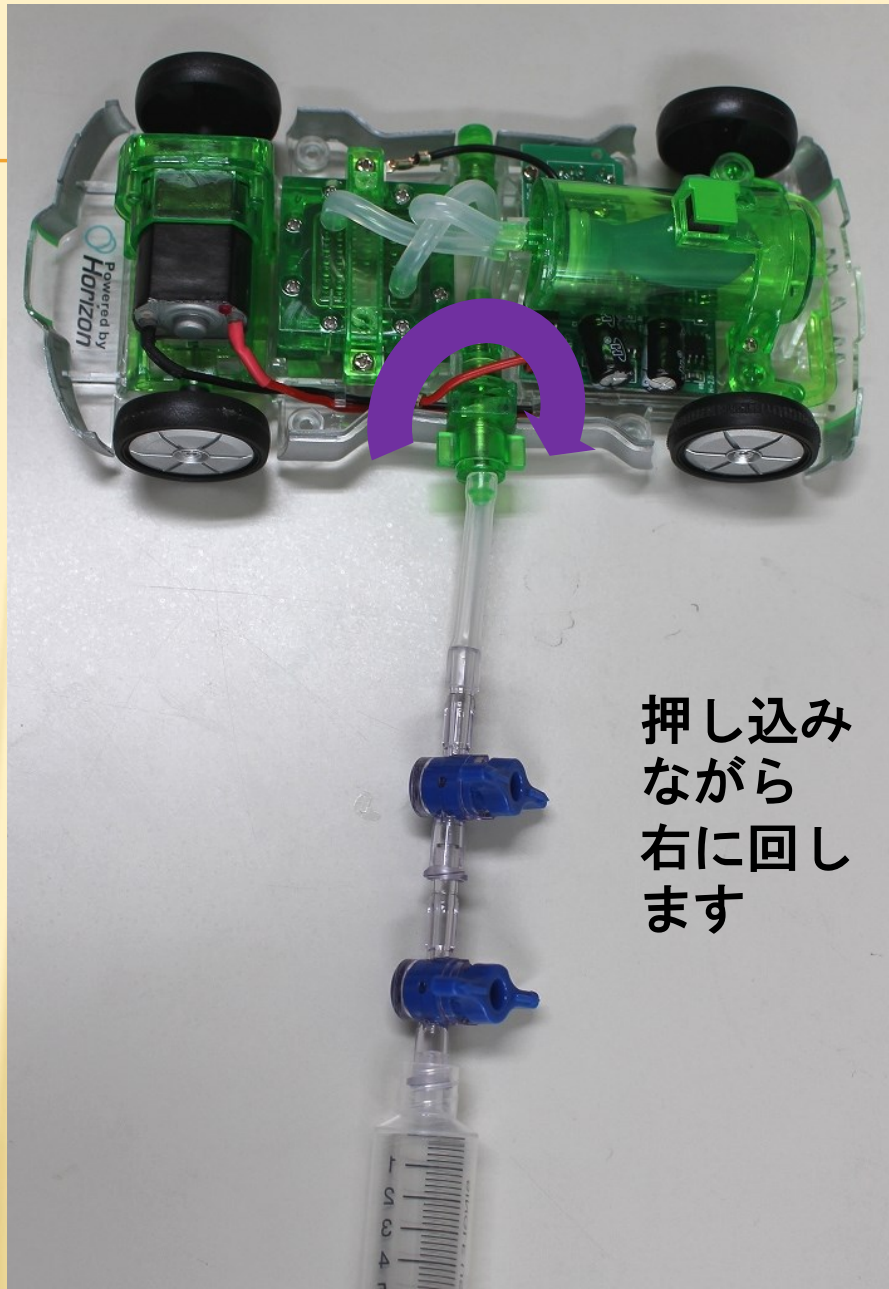
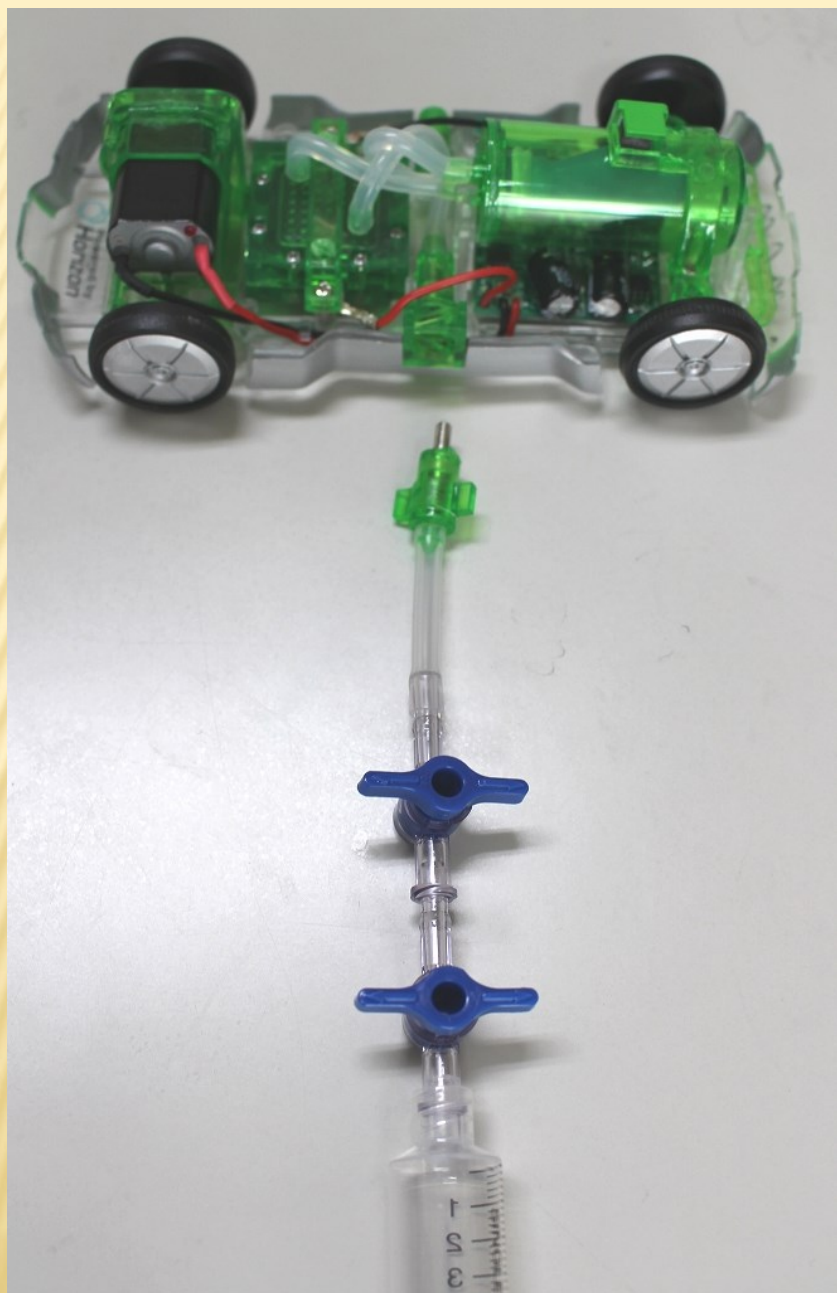


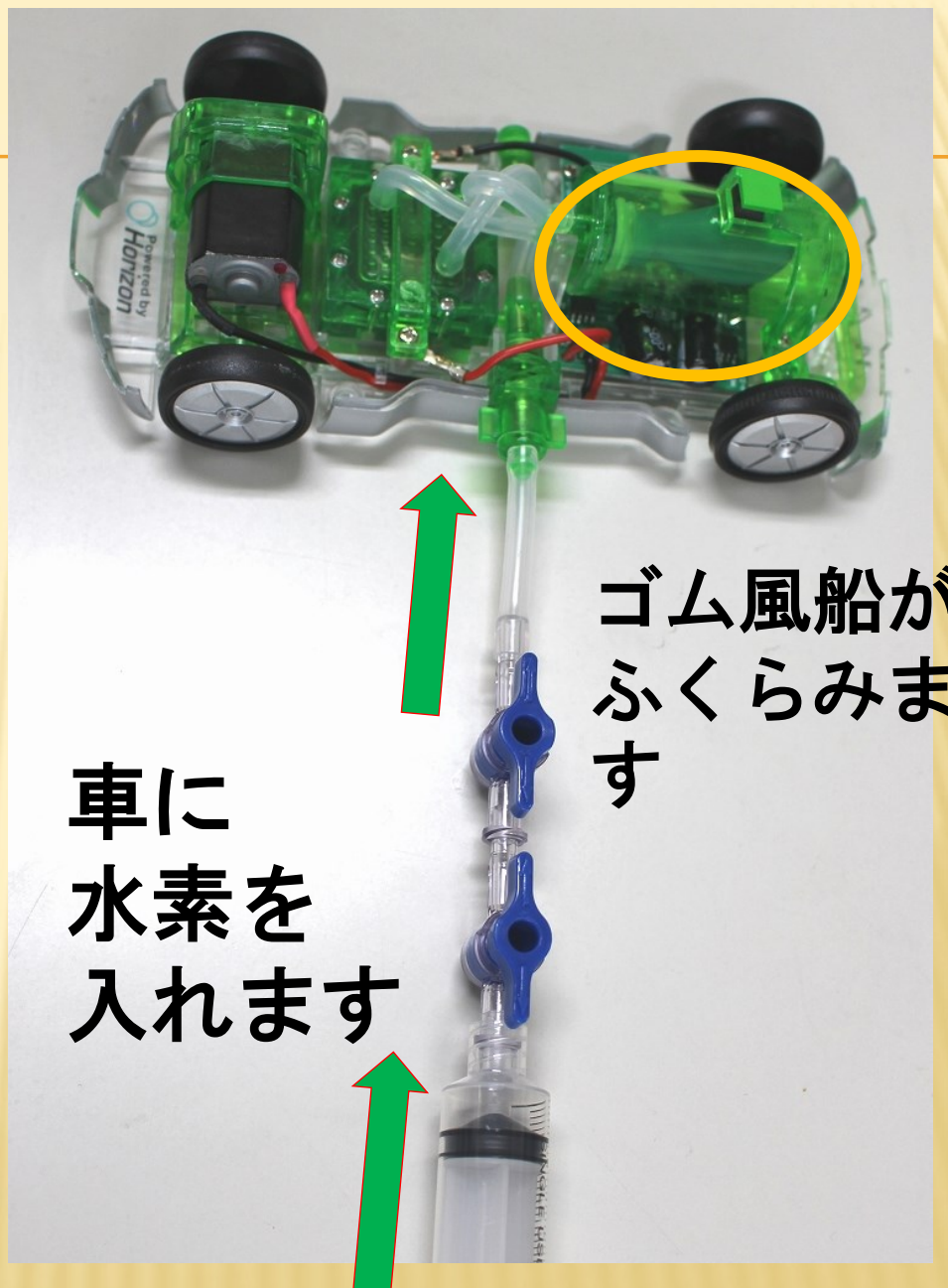
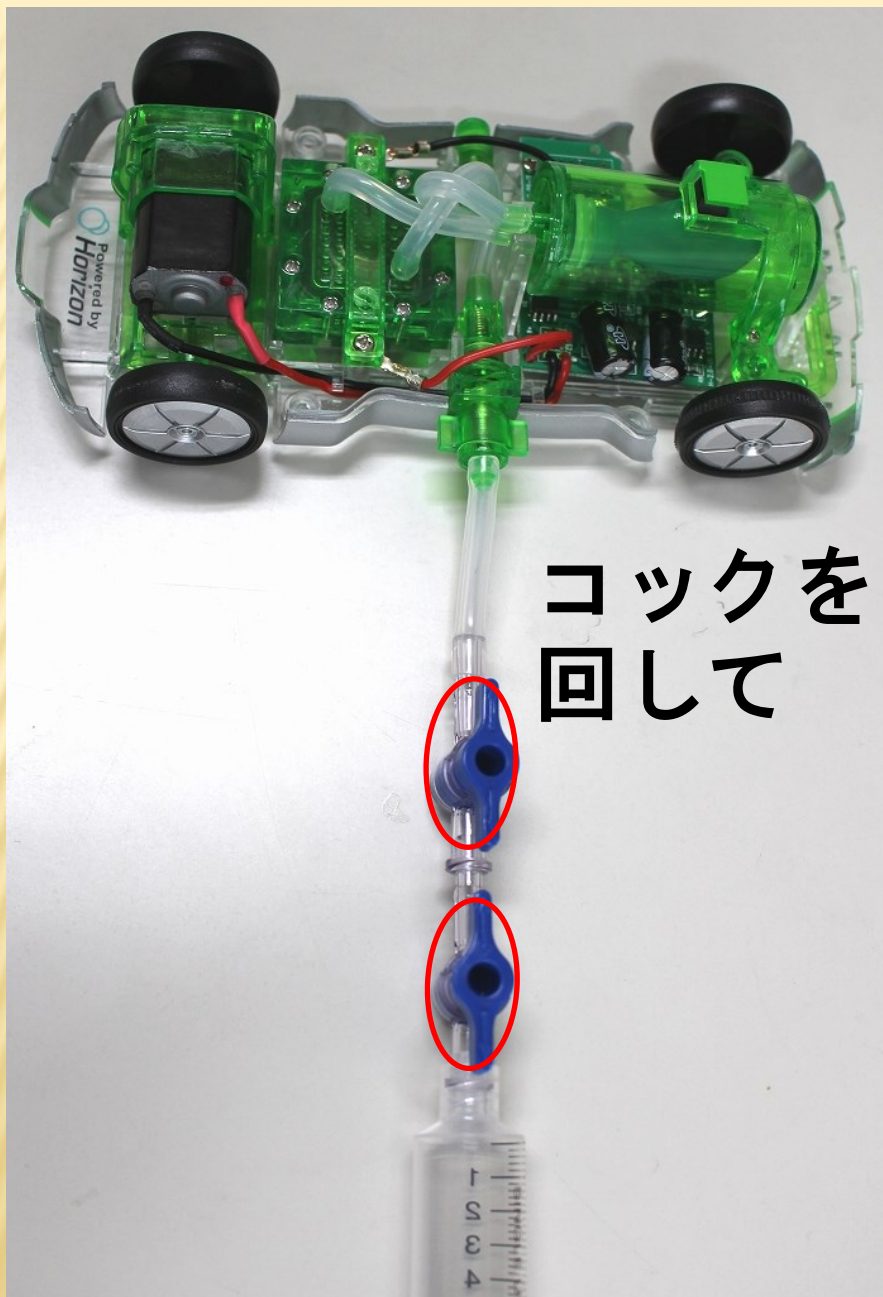
コックを
回して
から



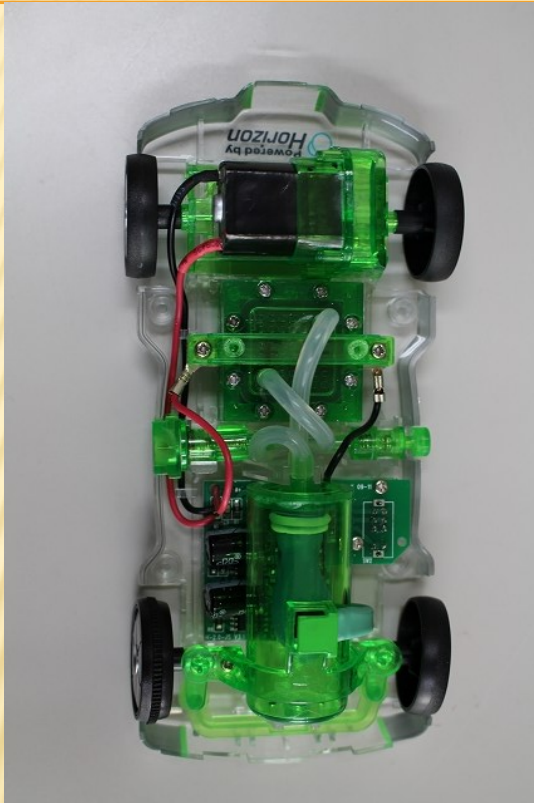
抜きます







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

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

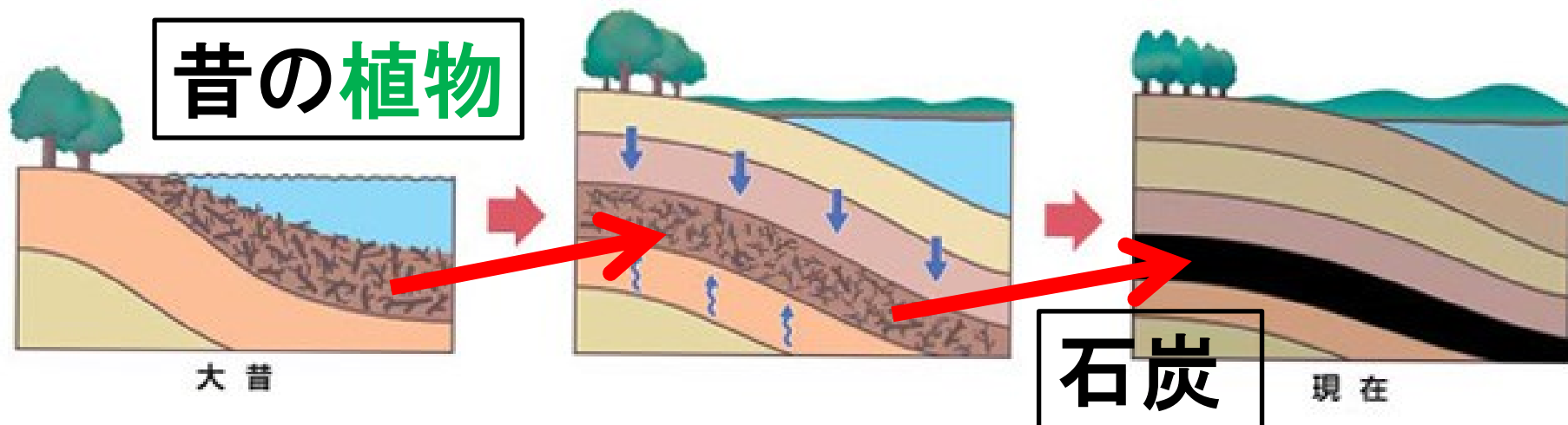
化石燃料

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。

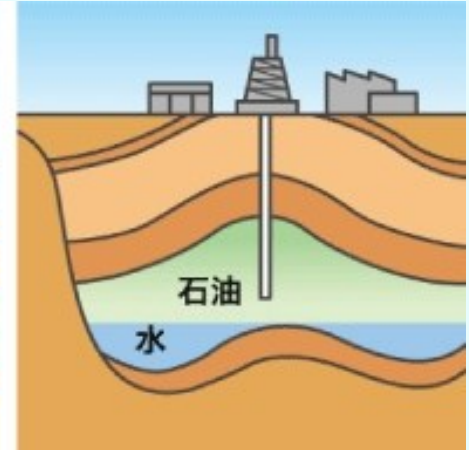
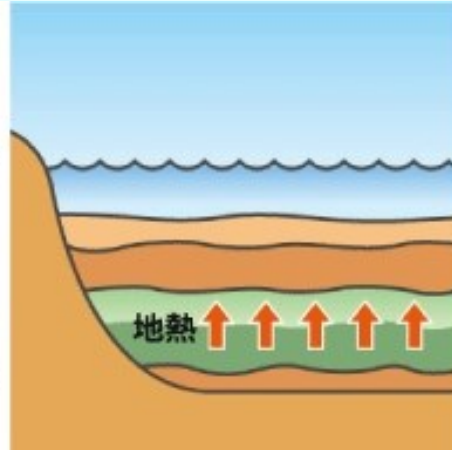
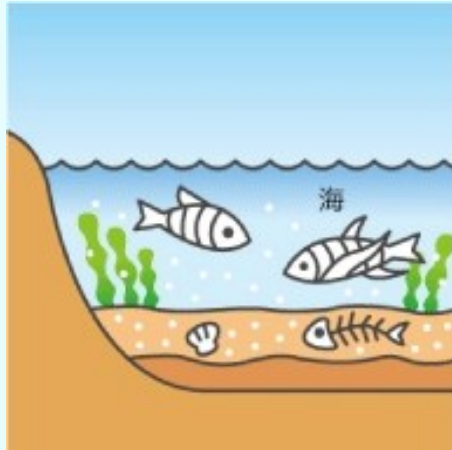


石油

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

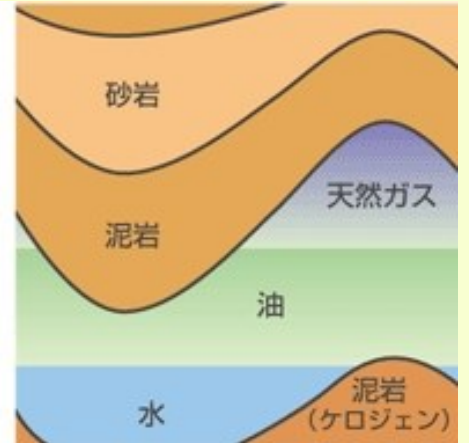
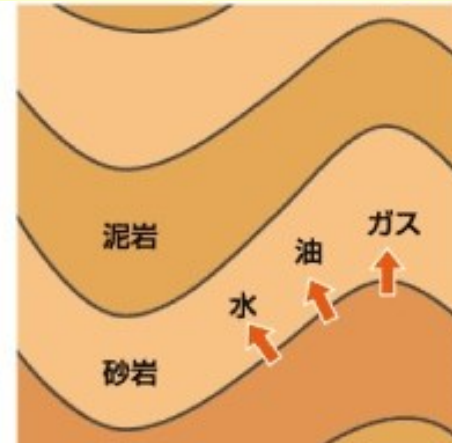
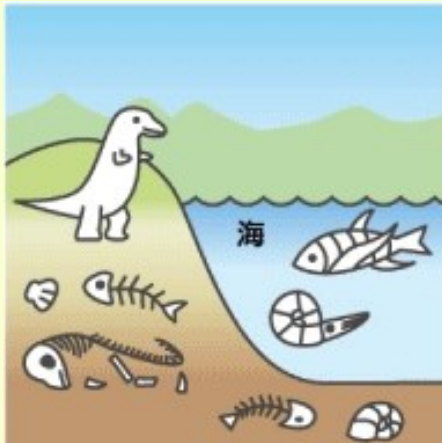


天然ガス

が

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

昔の動物



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

1兆6,879億
バーレル

石油

55 年分

186兆 m^3

天然ガス

113 年分

8,915億トン

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

消費する

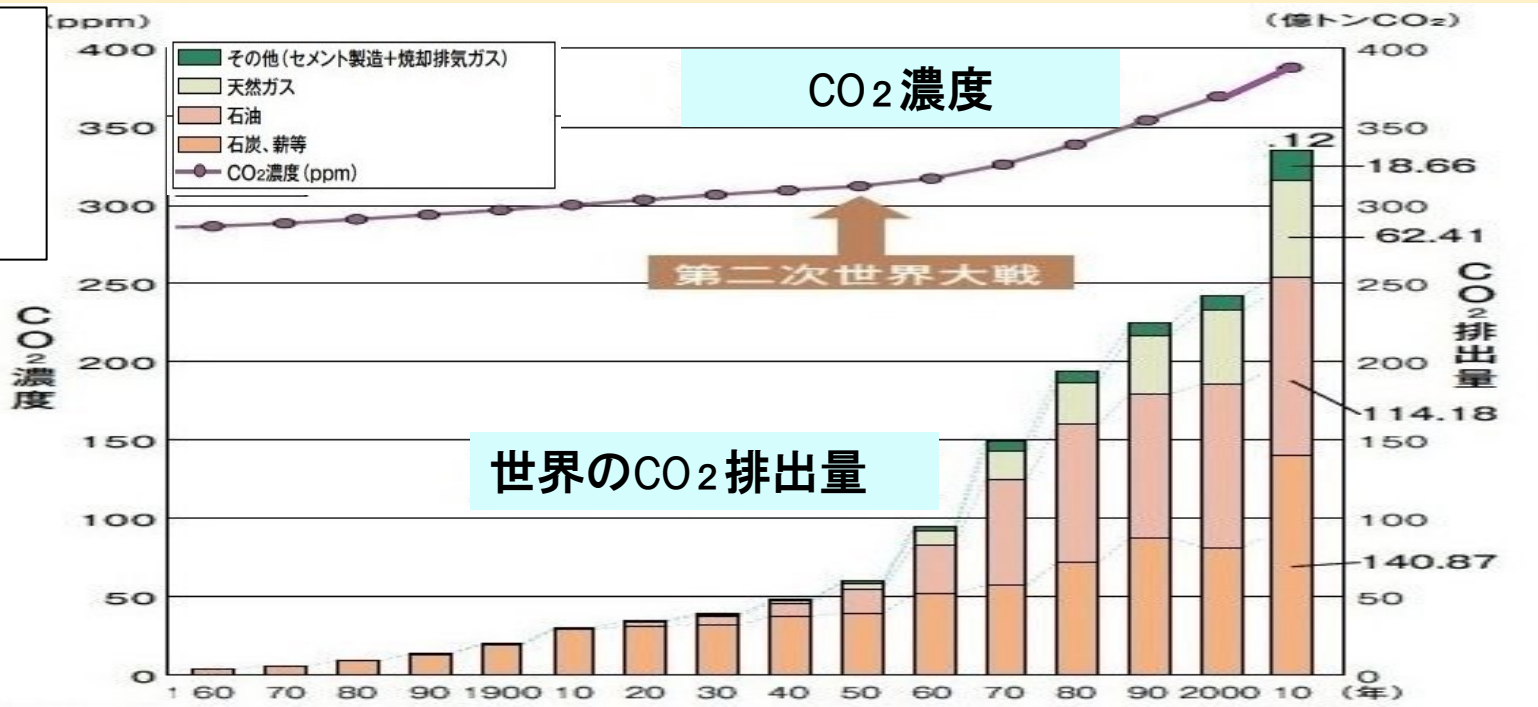
地球温暖化

残りが
どんどん**少なく**
なっていく。

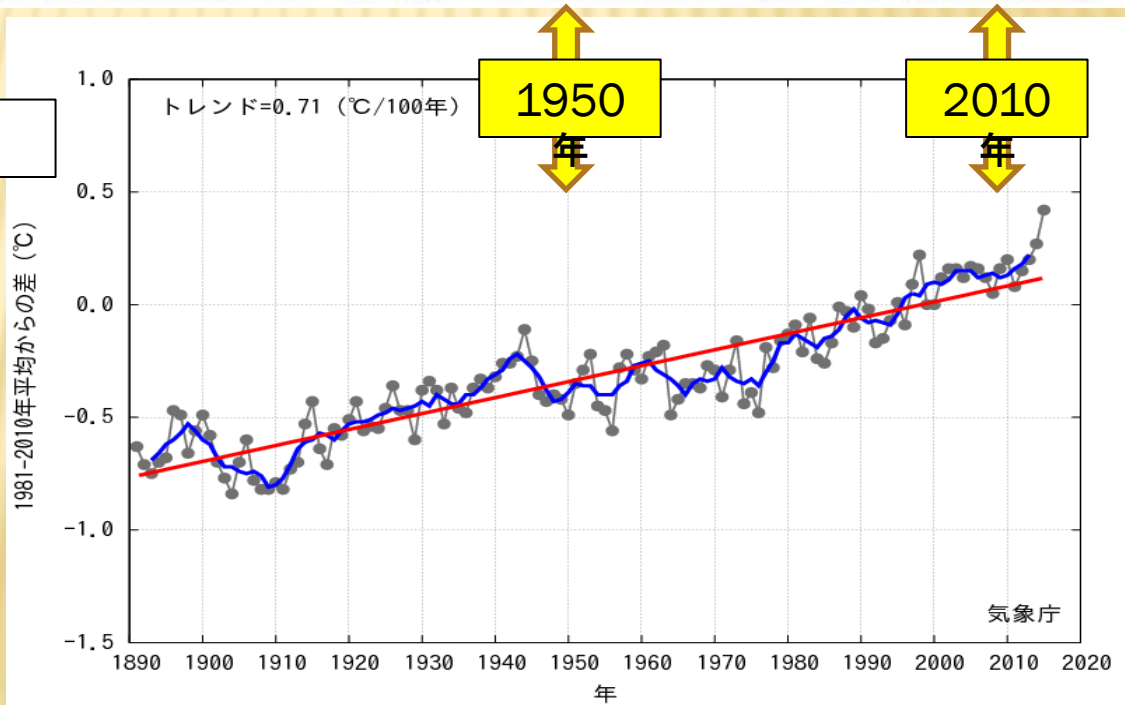
燃やすと、
二酸化炭素が大気中に放出され、
地球温暖化の原因の一つになっている
(とされています)。

化石燃料等からのCO₂排出量と大気中のCO₂濃度の変化

出典 CDIAIC 「Global Fossil-Fuel Carbon Emissions」他



世界の年平均気温遍歴



出典 気象庁HP

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

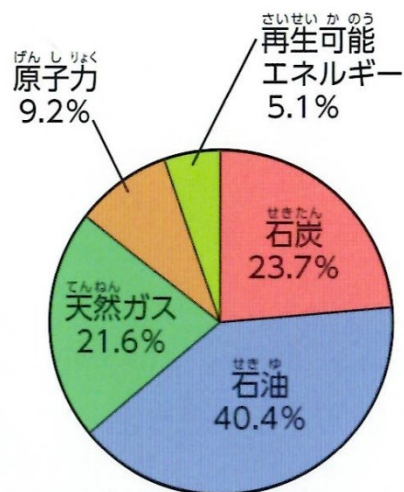
水素（燃料電池）

風力

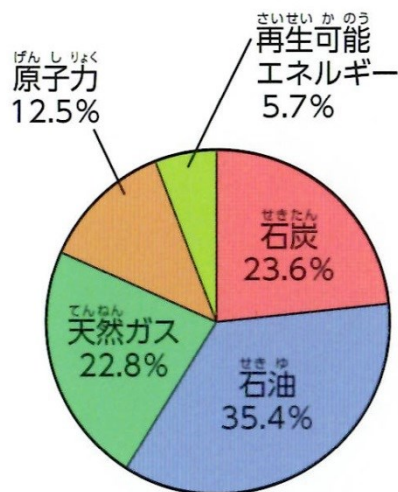
地熱

自然の力
を
エネルギーに

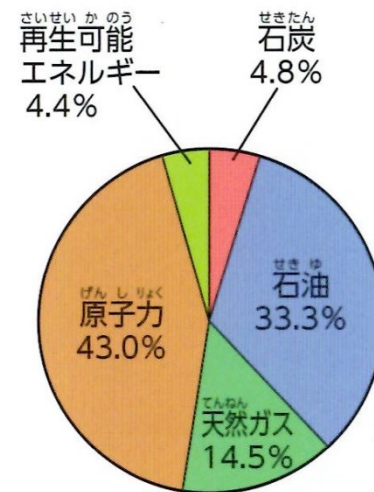
アメリカ



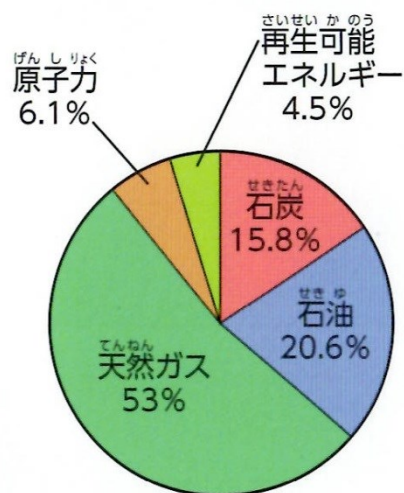
ドイツ



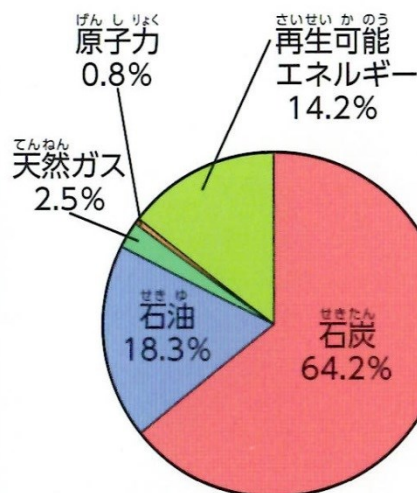
フランス



ロシア

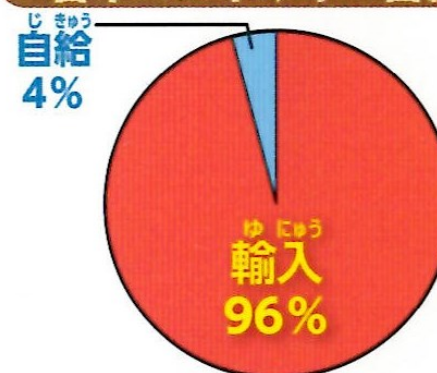


中国



日本

日本のエネルギー自給率



4 年理科 電気のはたらき

1 電気のはたらき



活動

きけん

回っているプロペラに、
指や物を近づけてはいけない。

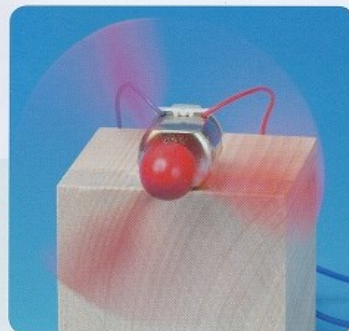
モーターをかん電池につないで、
モーターを回しましょう。



かん電池ボックス

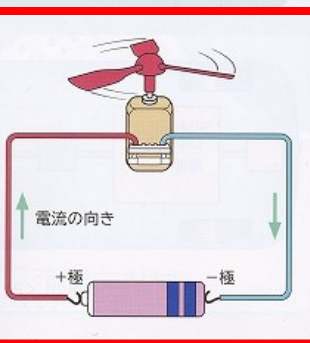
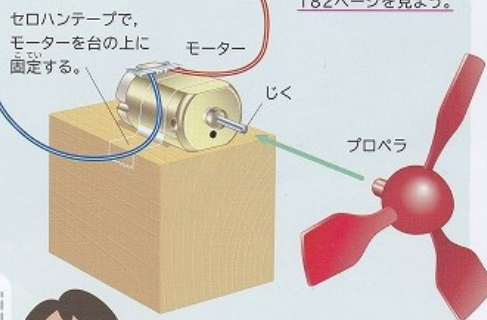
モーターの回る向きは、
まわりの友達と同じですか。

モーターの回る向きが、
人によってちがうよ。
どうしてかな。



モーターが回るようす

電池を使うときに
気をつけることは、
182ページを見よう。



6 年理科 電気と私たちのくらし

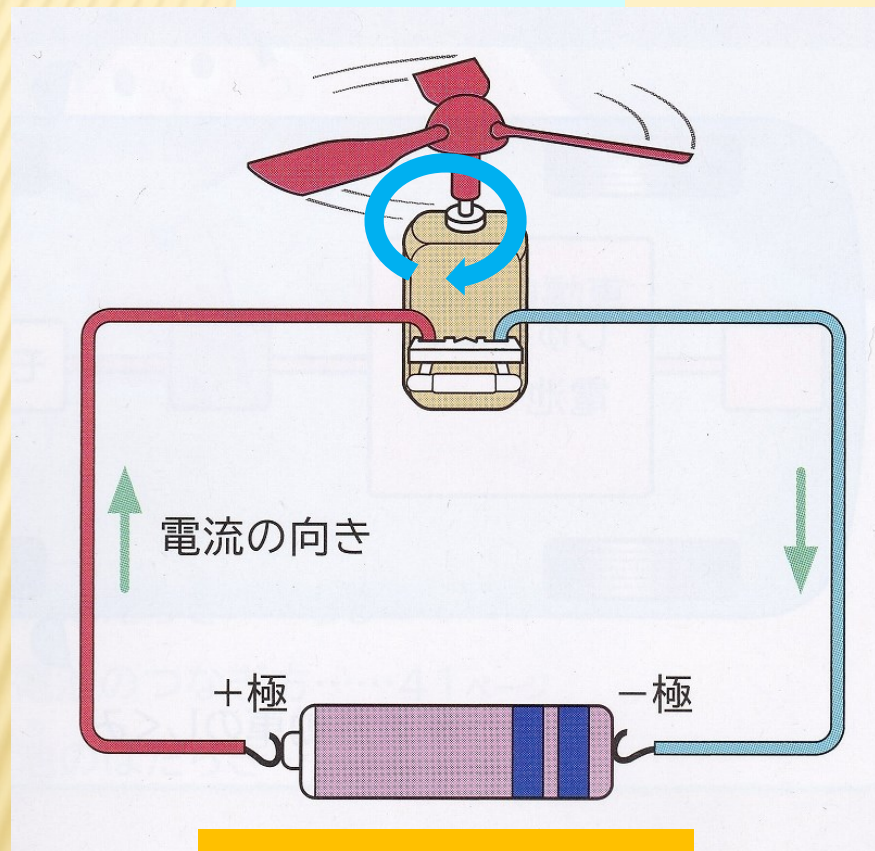


手回し発電機

中にモーターが入っていて、
ハンドルを回すと、
モーターのじくが回る。

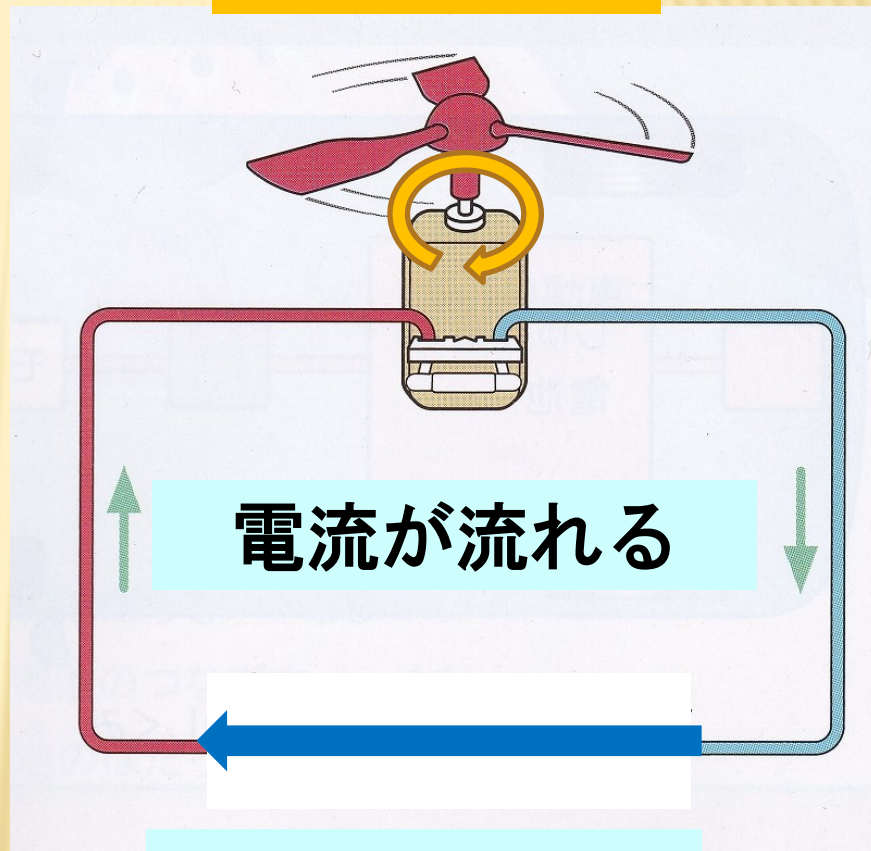
出典：東京書籍「新しい理科」

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

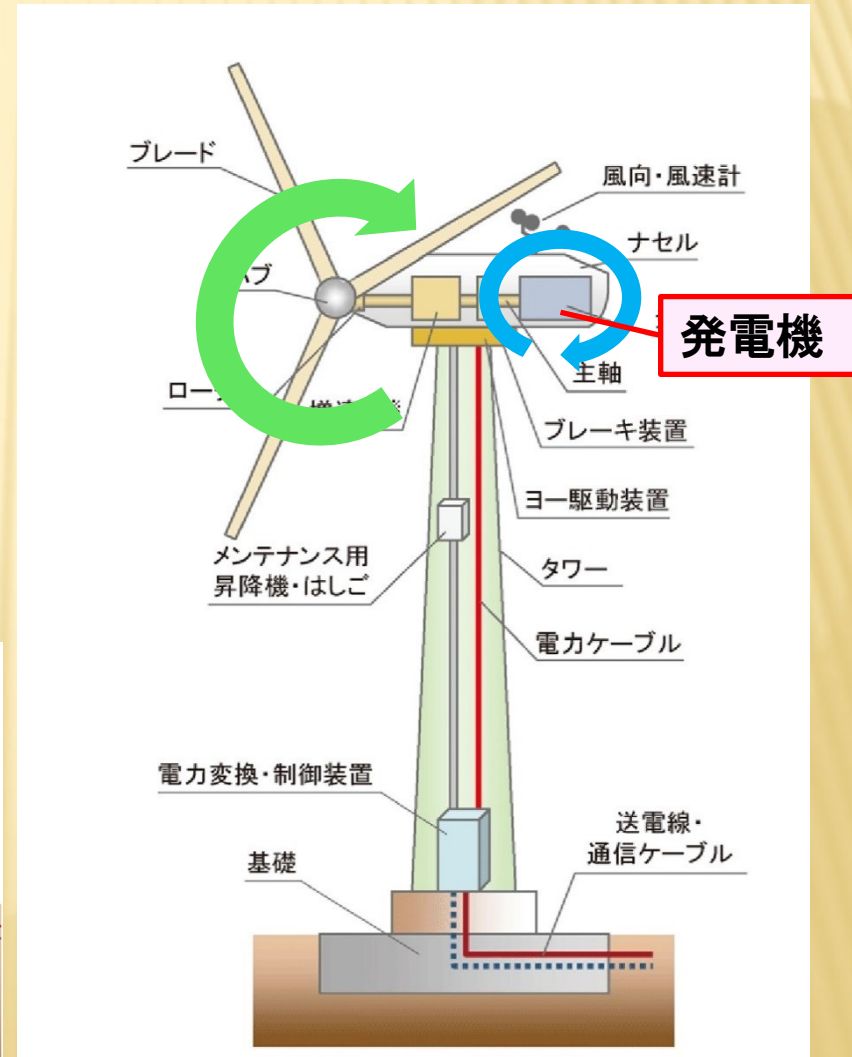
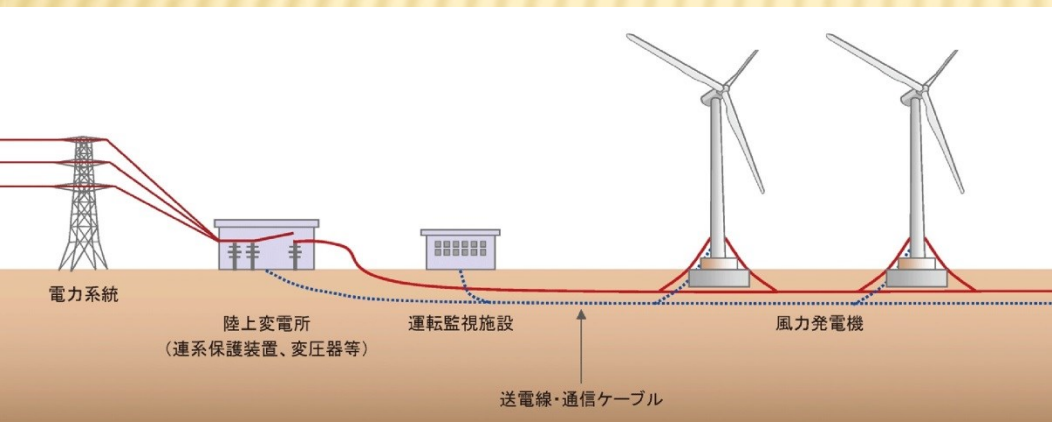
発電

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

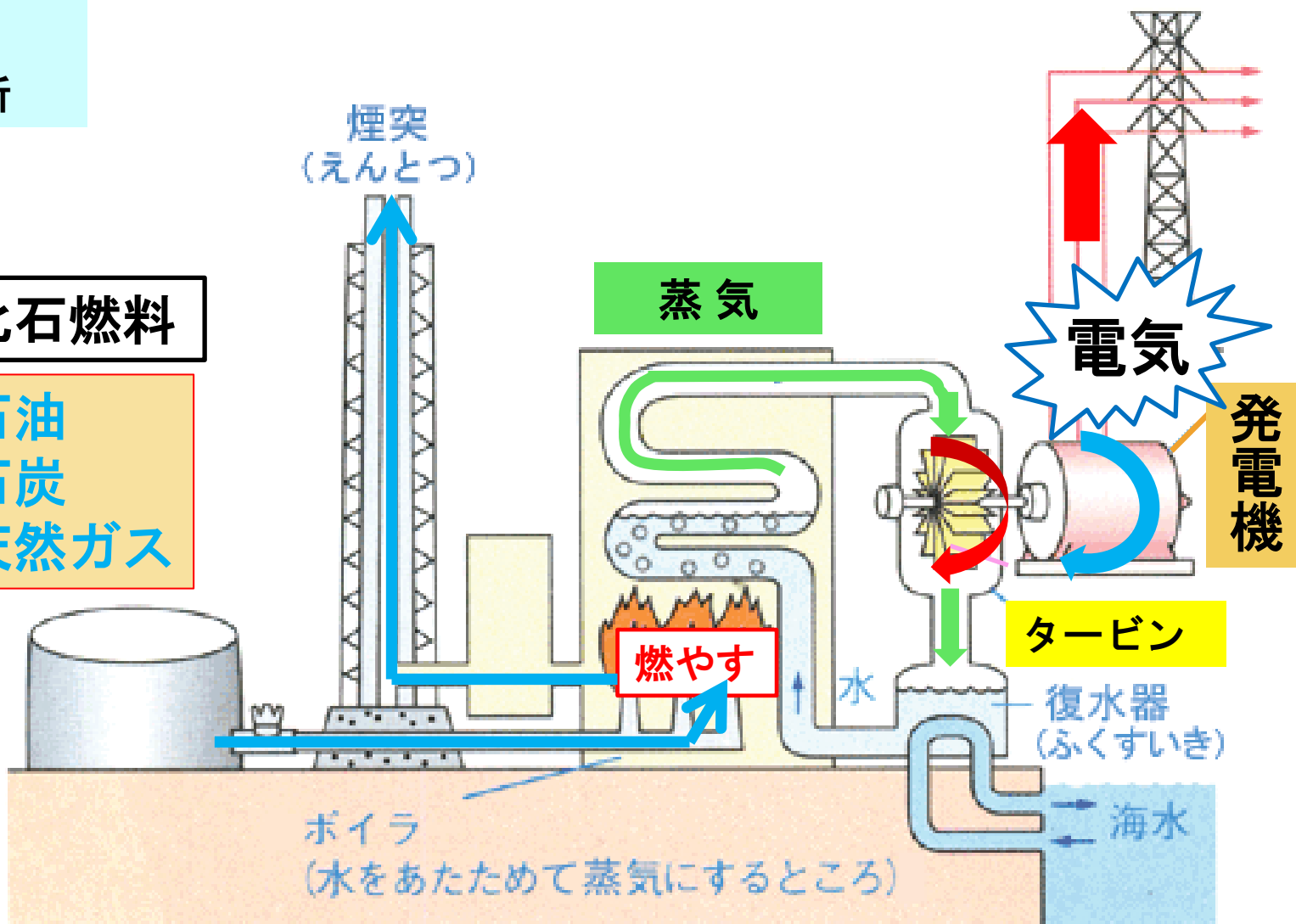
風の運動エネルギーを風車によって回転エネルギーに変え、電気エネルギーに変換します。



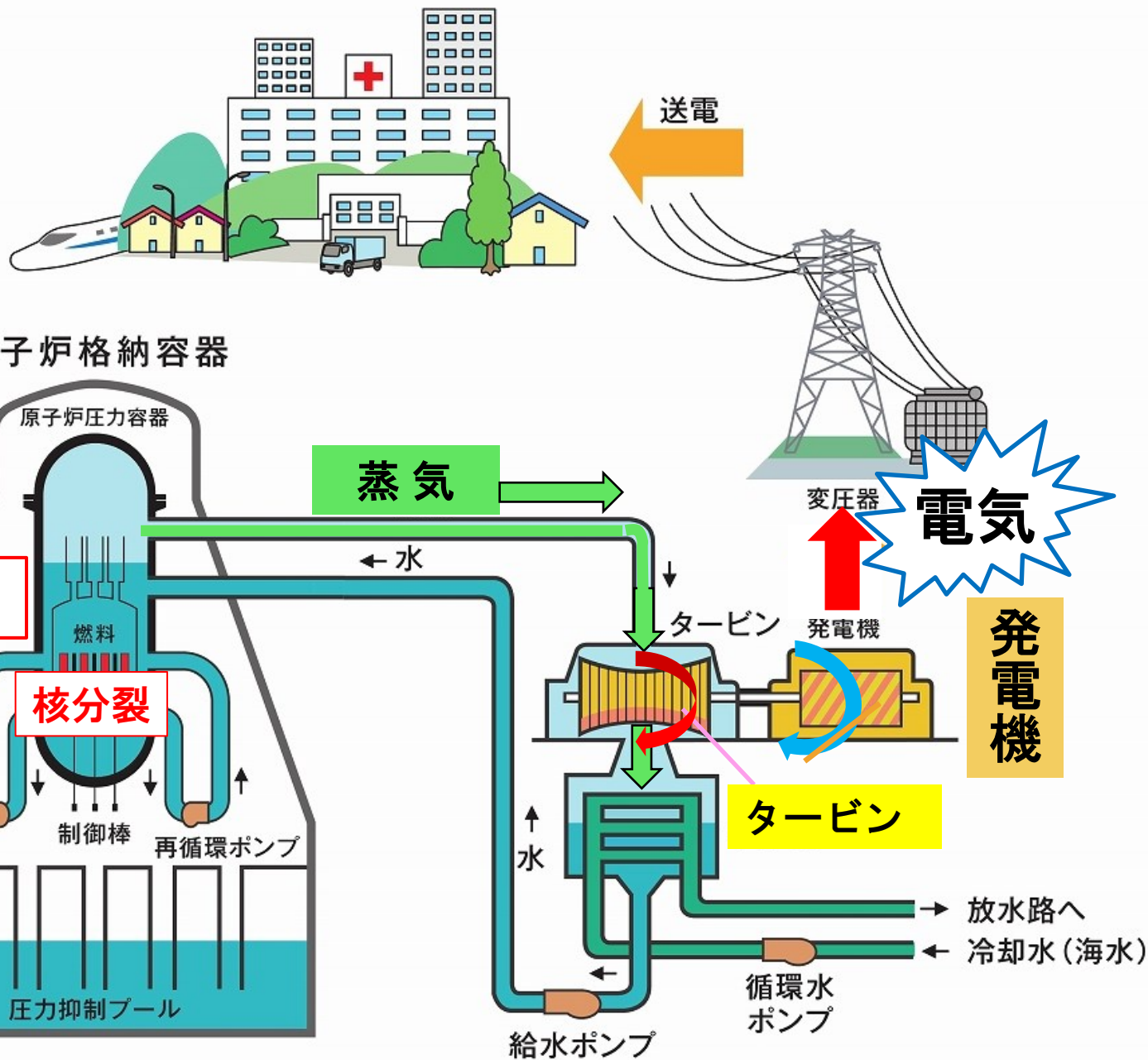
火力

発電所

化石燃料
石油
石炭
天然ガス

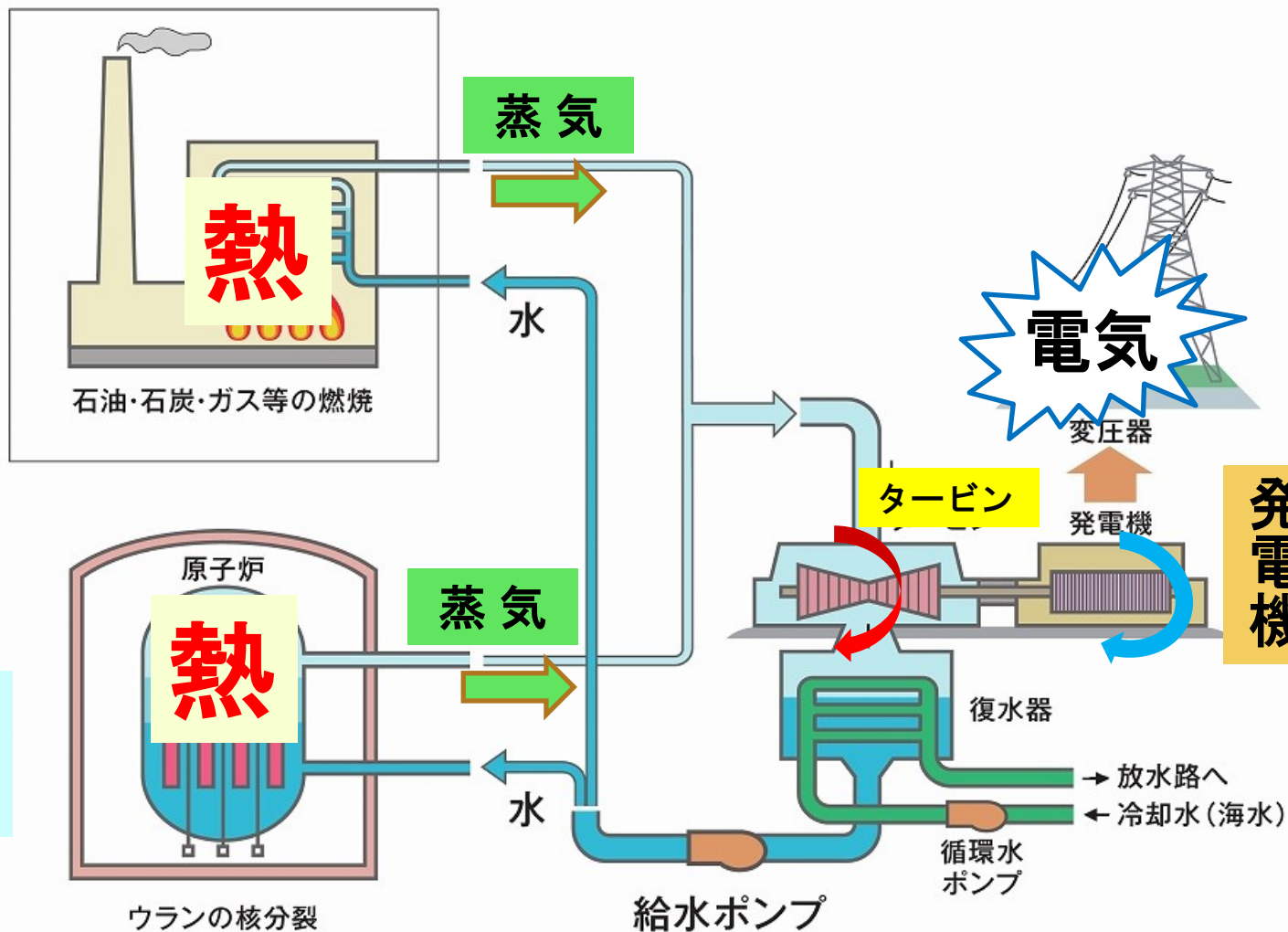


原子力 発電所



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



こちらは **手で**

火力発電

火

原子力発電

核分裂

熱

水蒸気

地熱発電

地熱

水力発電

水流

直接

風力発電

風

太陽光発電と
燃料電池 は
ちがいます

バイオマス発電

バイオマス発電は、木屑や燃えるゴミなどを燃焼する際の熱を利用して電気を起こします。発電した後の排熱は、周辺地域の暖房や温水として有効活用します。



バイオマス エネルギーの 種類



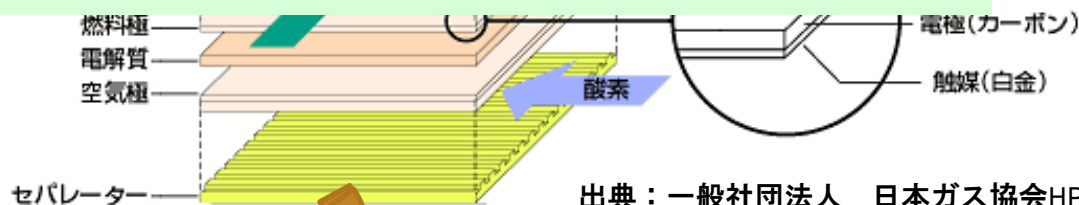
ねんりょう

燃料電池 とは

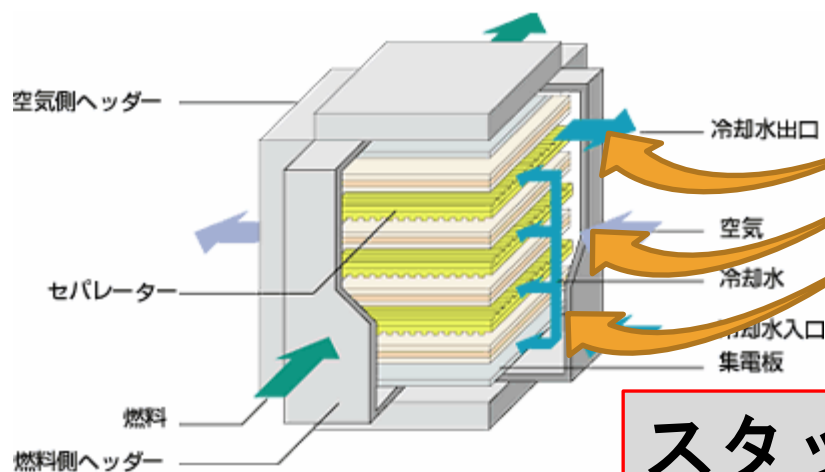
水素と**酸素**を化学反応させて、電気をつくる装置です。

セル

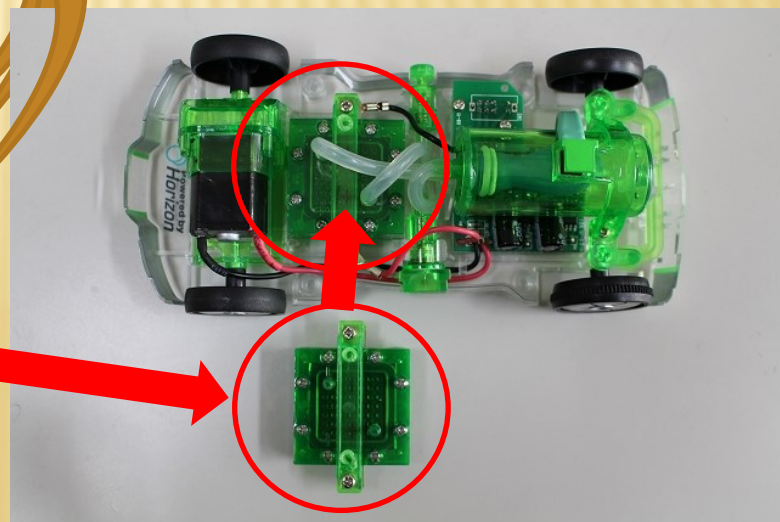
ひとつのセルが作れる電気は、電圧約0.7V（ボルト）です。そこで、大きな電気を作るために、セルを積み重ねます。乾電池を直列につなぐのと同じことです。



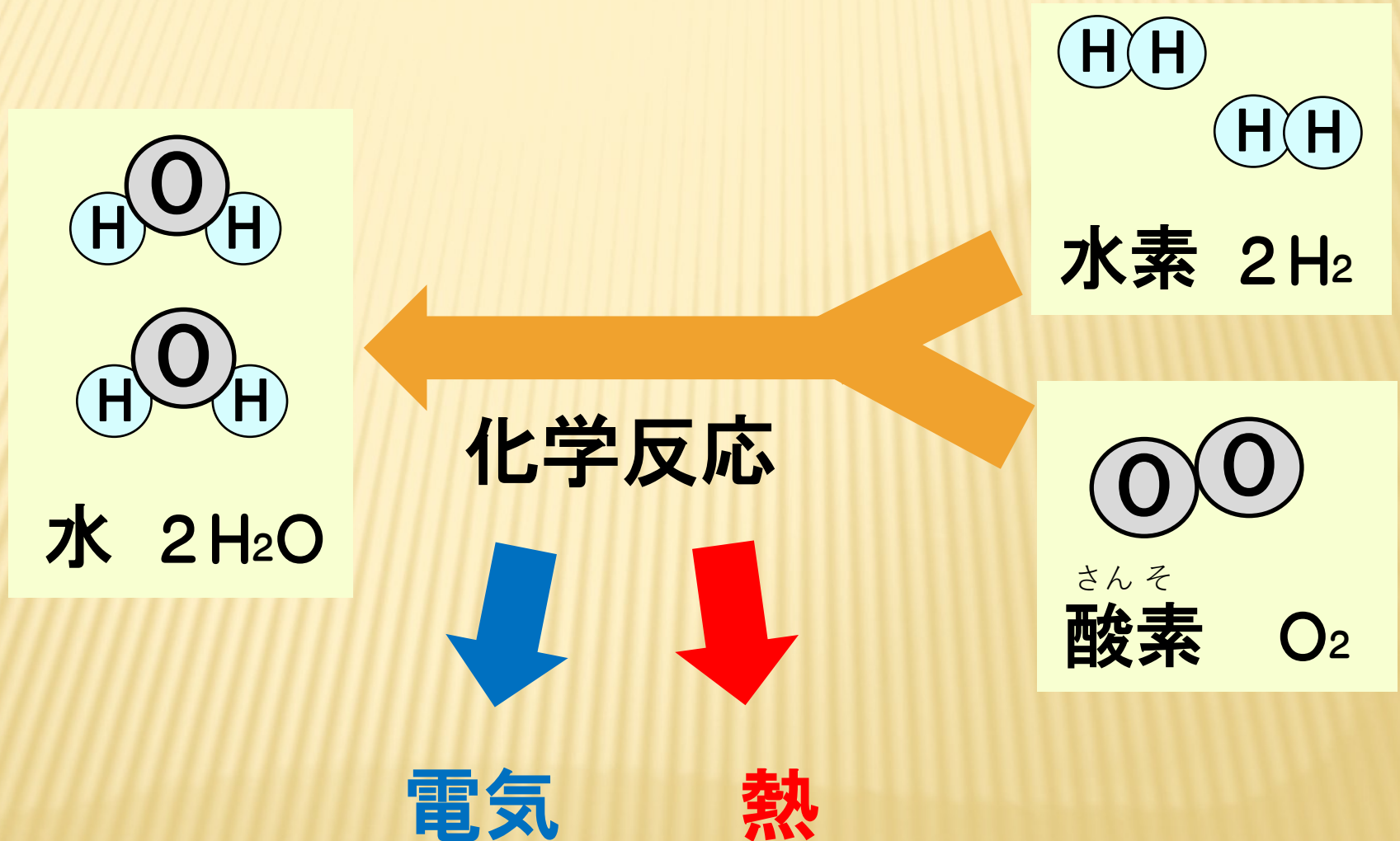
燃料電池



スタック

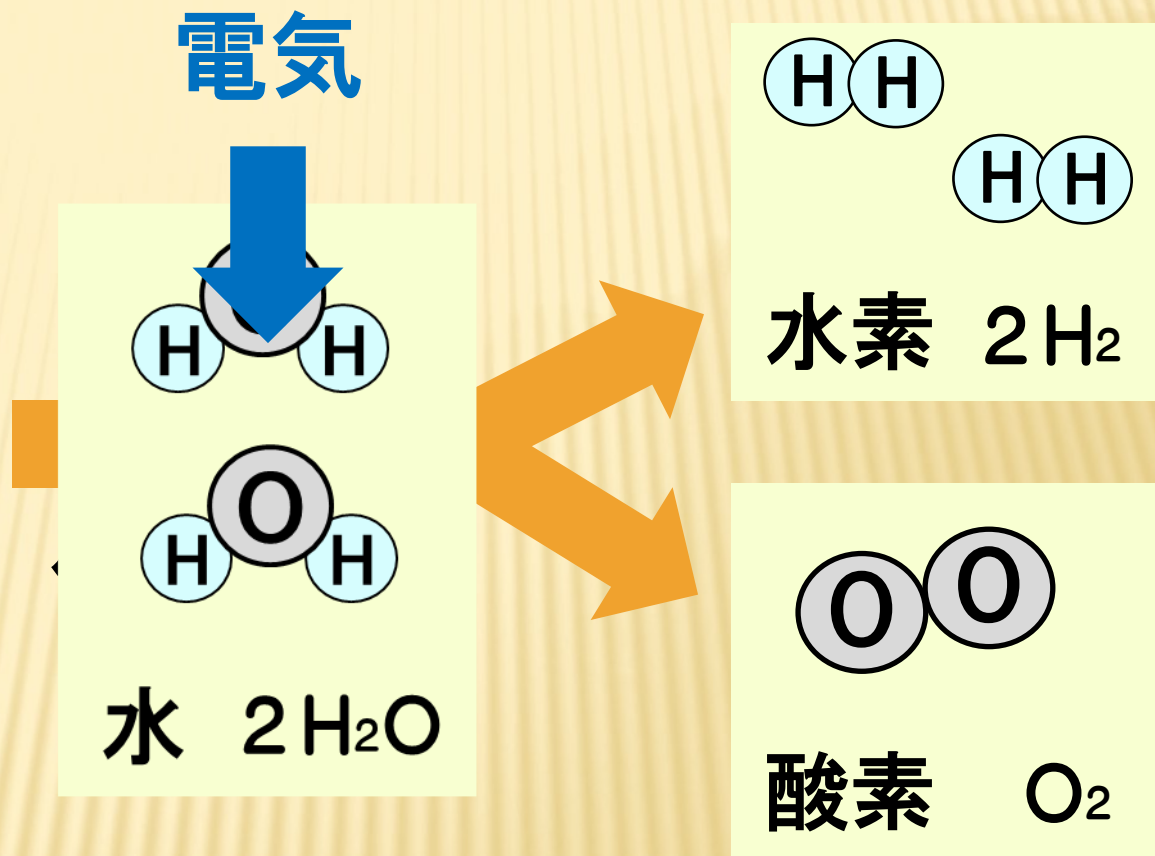


燃料電池

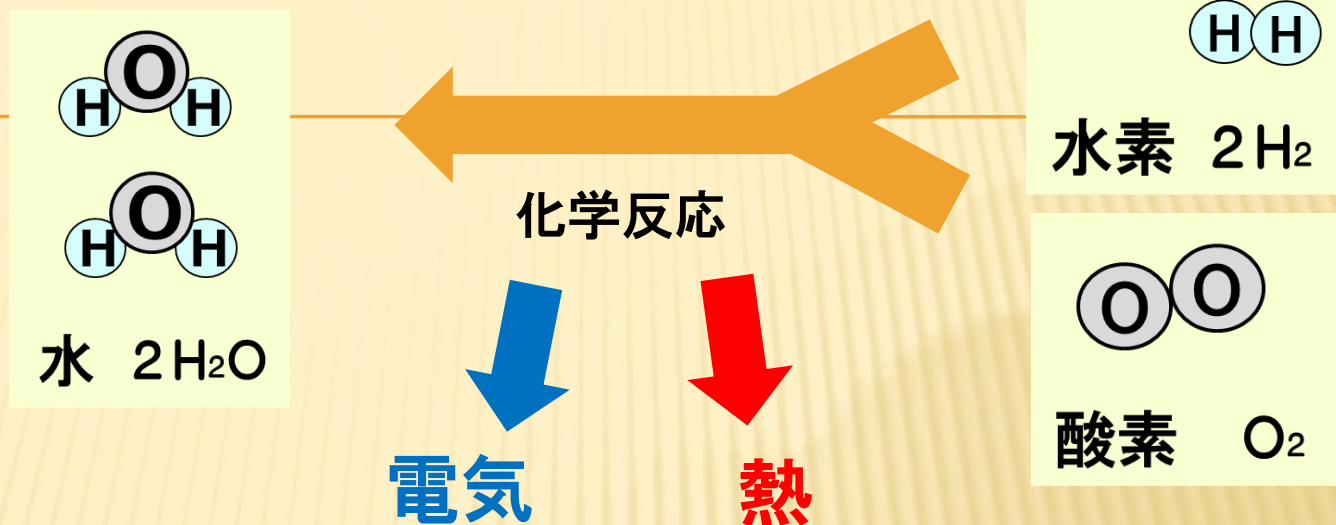


水の電気分解

中学2年生の理科で実験をしますよ！



燃料電池



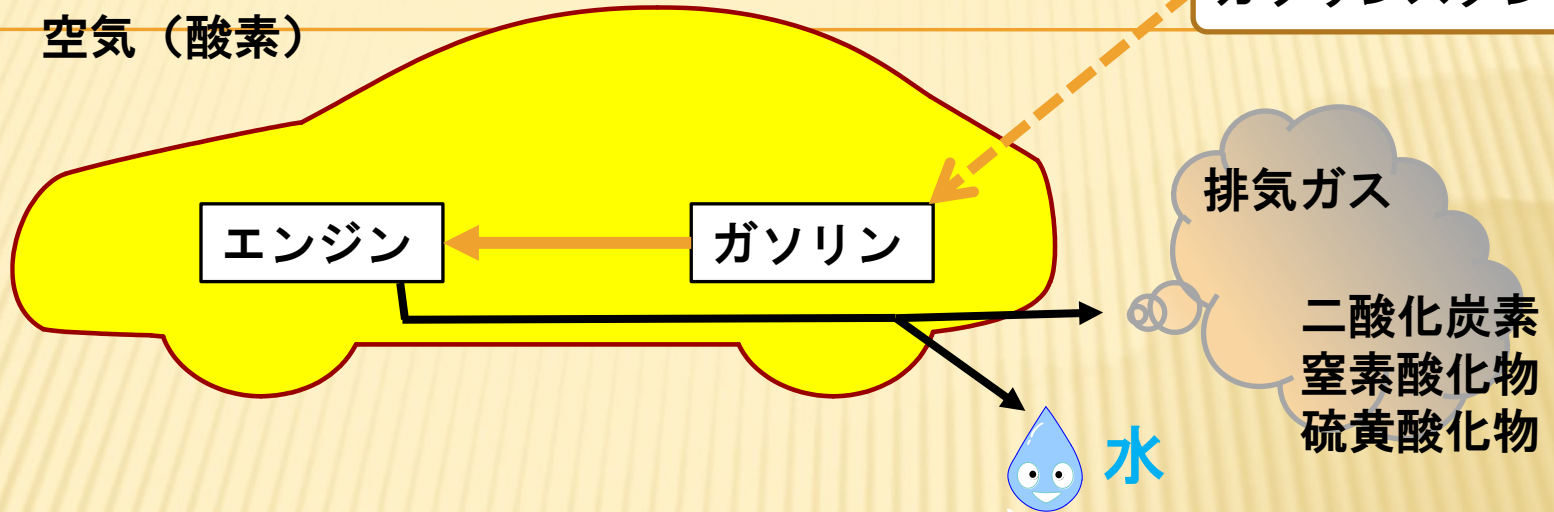
水の電気分解



ガソリン自動車

空気（酸素）

ガソリンスタンド

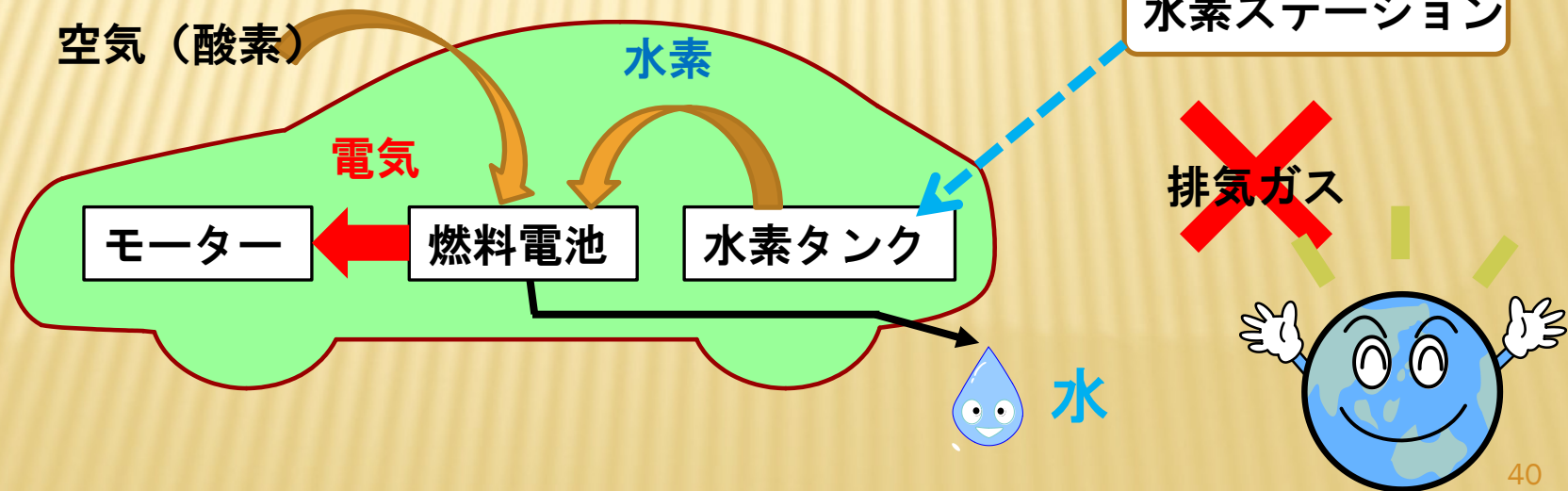


燃料電池自動車

空気（酸素）

水素

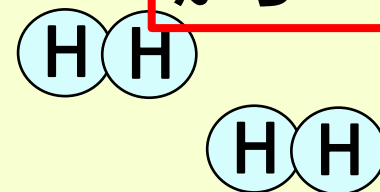
水素ステーション



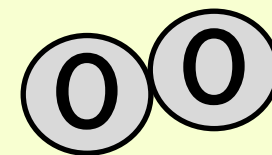
ねんりょう

燃料電池

天然ガス
から



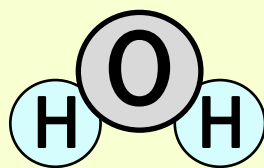
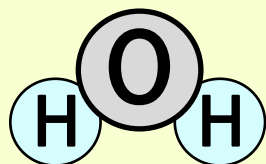
水素 2H_2



さんそ
酸素 O_2



化学反応



水 $2\text{H}_2\text{O}$



電気



熱

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



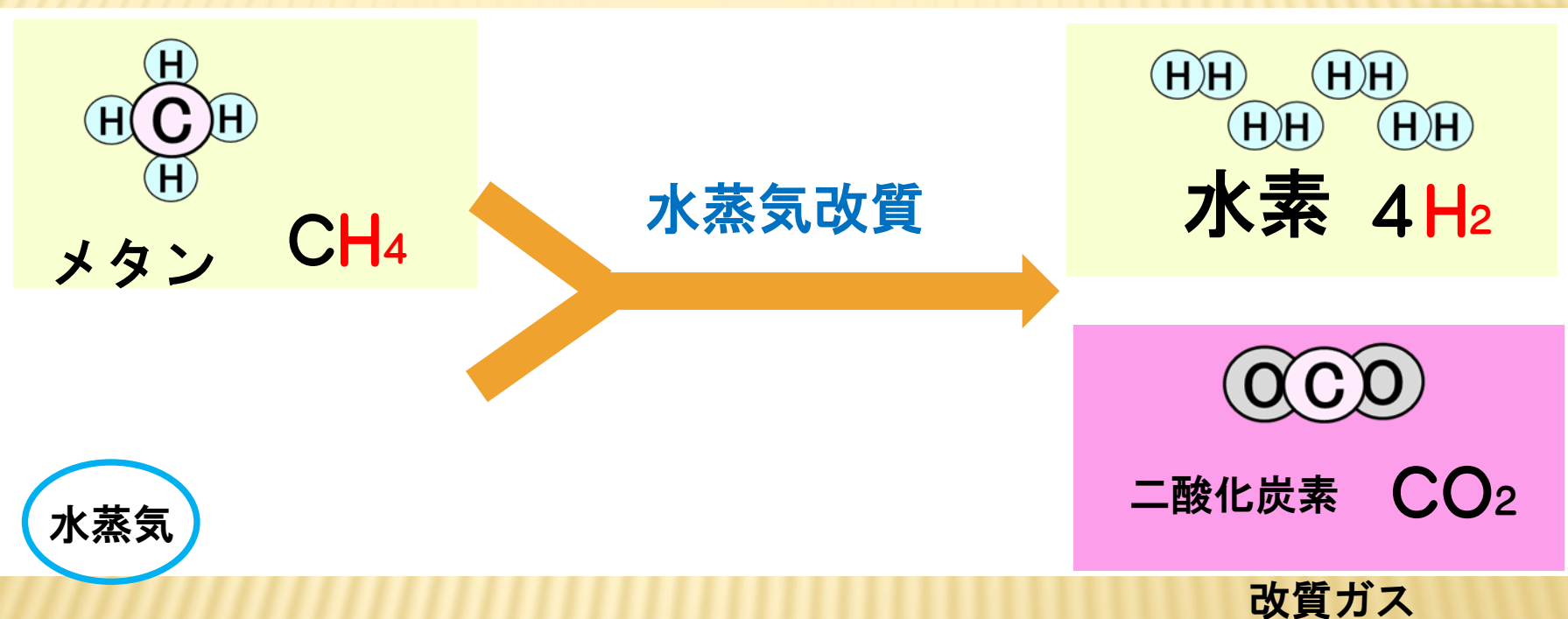
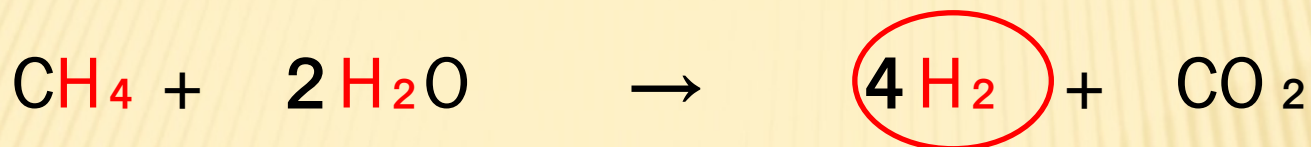
問題は

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(CH₄)から水素を取り出す 水蒸気改質



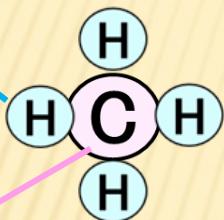
水蒸気改質は、炭化水素や石炭から水蒸気を用いて水素を製造する方法です。
水蒸気変成、水素改質、接触酸化とも呼ばれ、工業的には主要な水素製造法です。
現在、水素を燃料電池へ供給する手段として、小規模な水蒸気改質装置の研究が行われています。

天然ガス

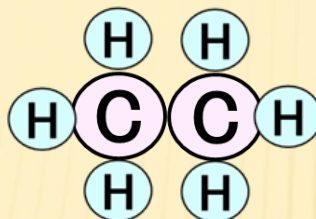
常温で**気体**の炭化水素化合物

水素

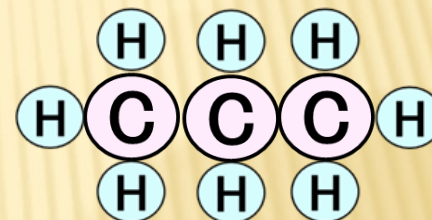
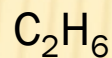
炭素



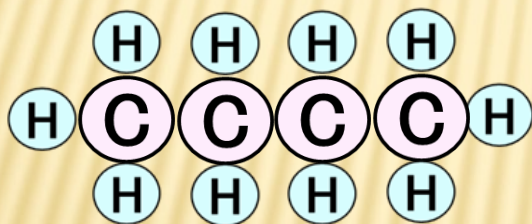
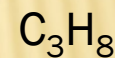
メタン



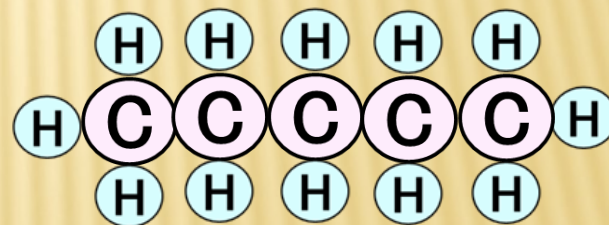
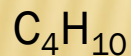
エタン



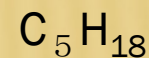
プロパン



ブタン

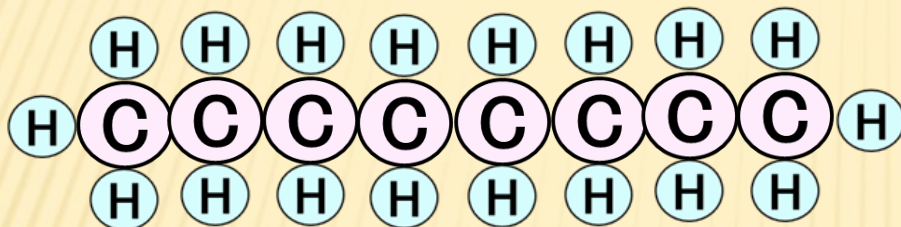


ペンタン

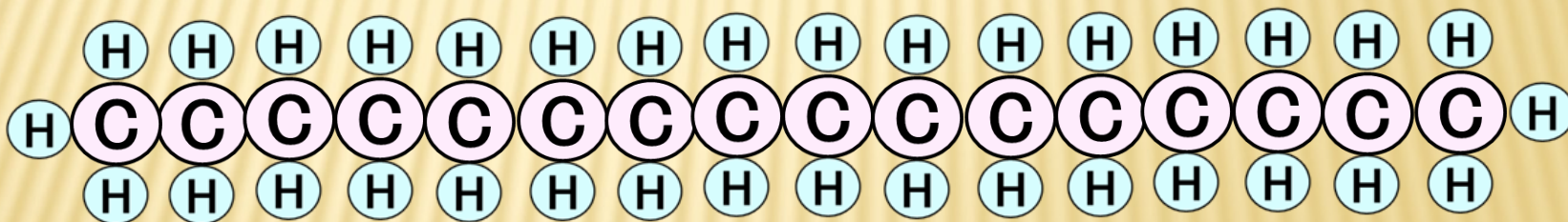
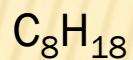


石油

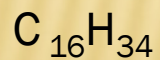
常温で液体の炭化水素化合物



ガソリン



ディーゼル軽油

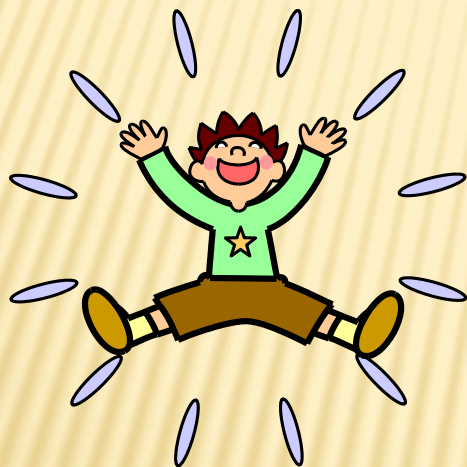


石炭

常温で**固体**の炭化水素化合物

C × 100

H × 30 ~ 110



O × 3 ~ 40

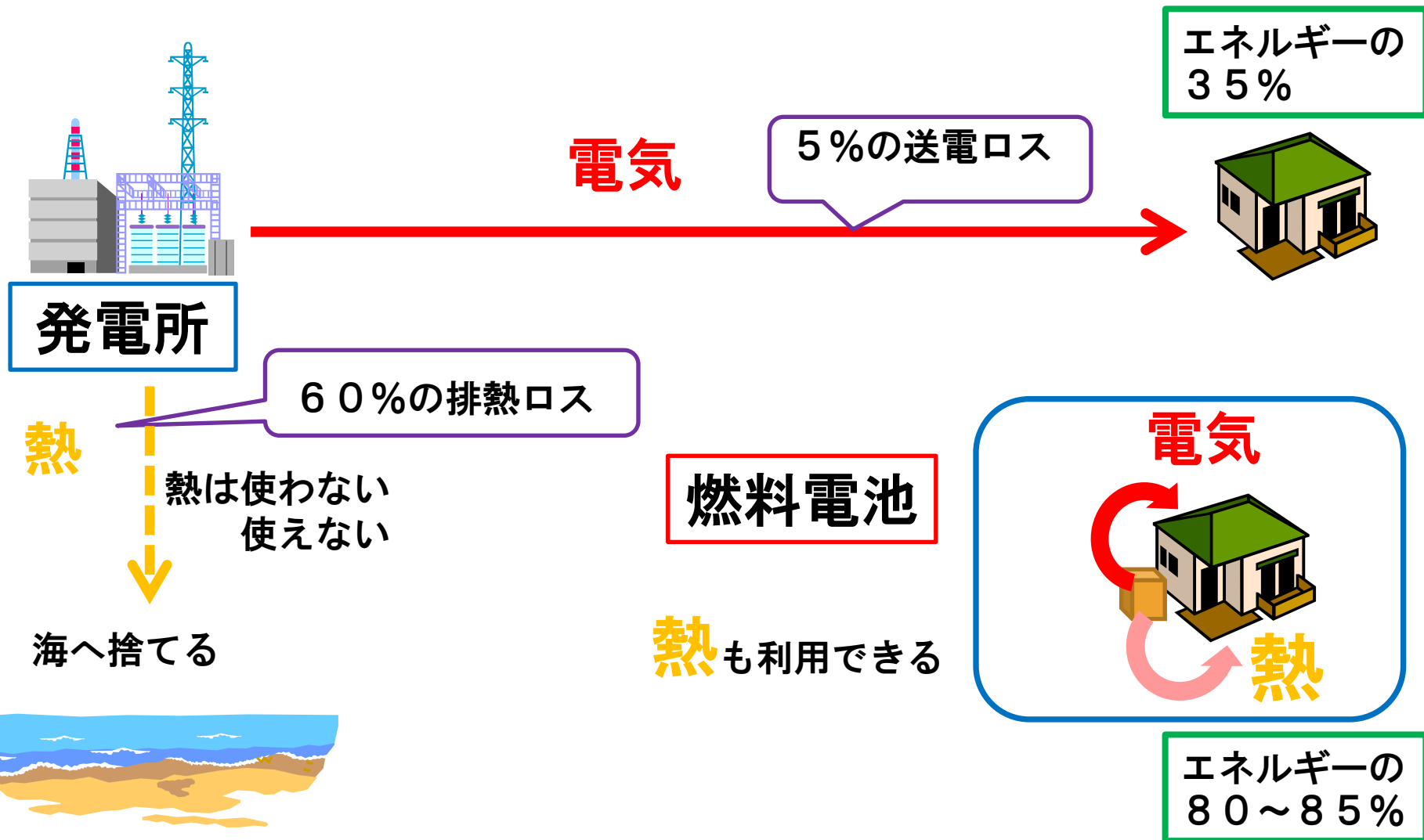
N × 0.3 ~ 2

S × 0.1 ~ 3

お手上げだああ～

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

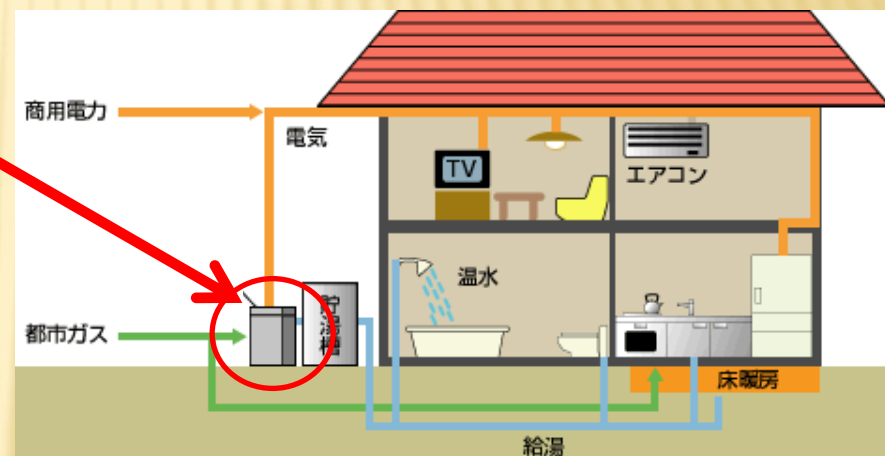
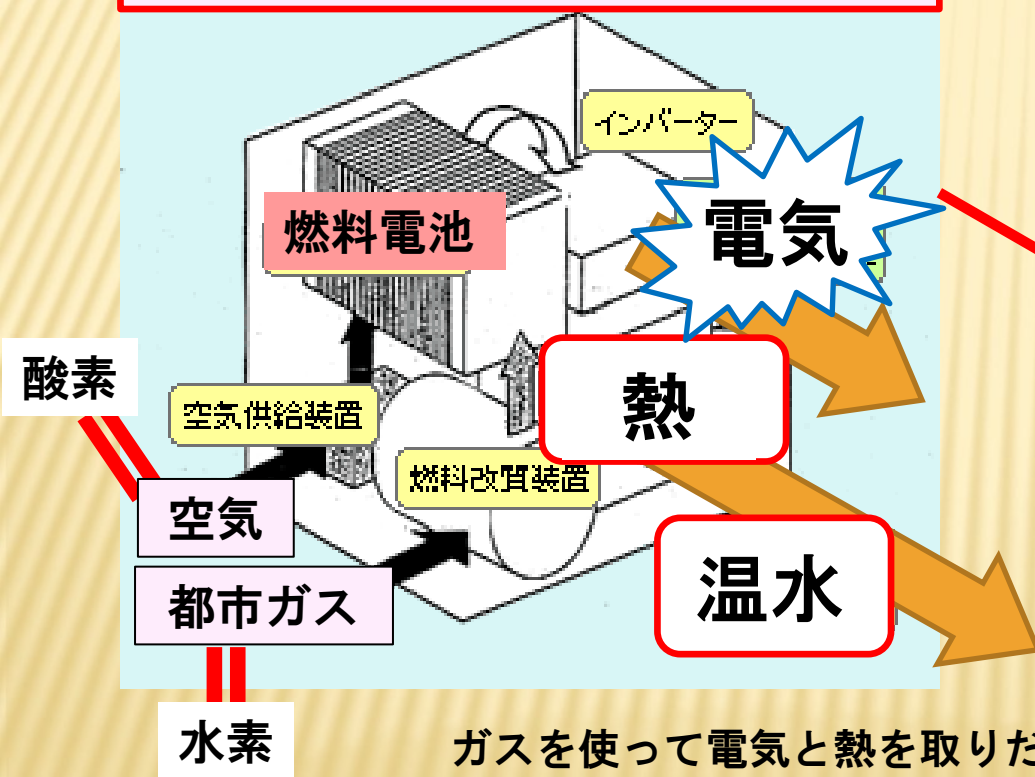


これからの エネルギー利用

コージェネレーション

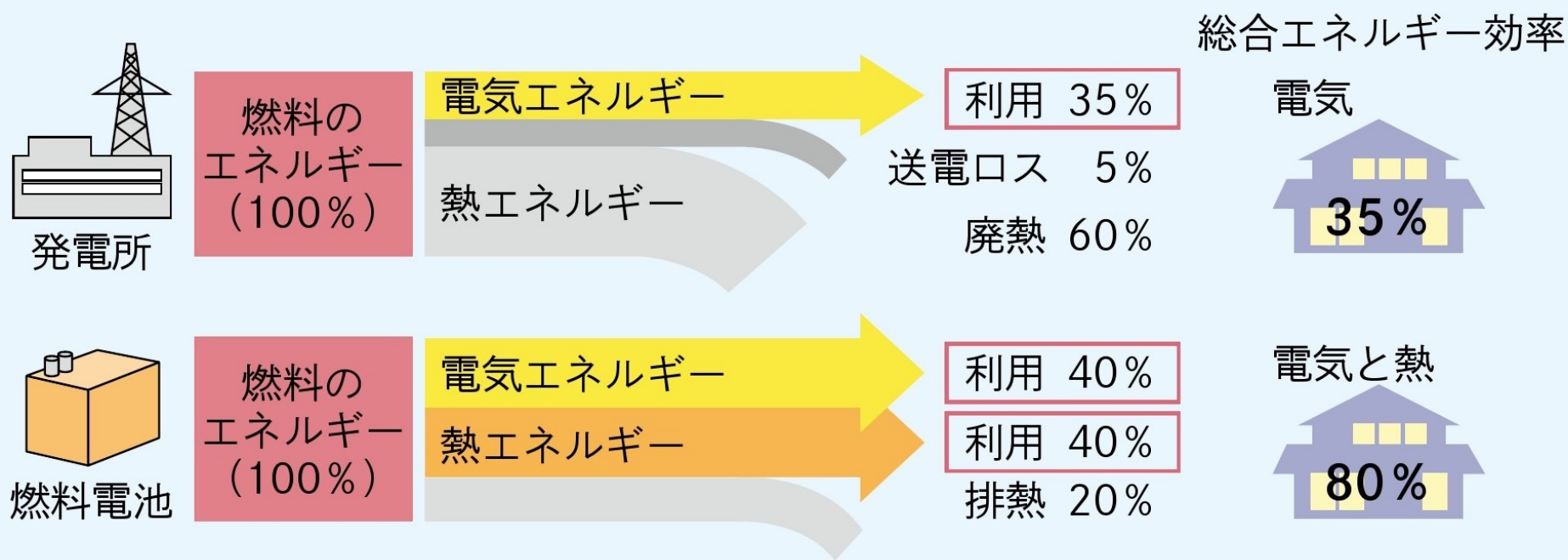
1種類のエネルギーから、電気と熱など、2つ以上のエネルギーを同時に取り出して利用する。

家庭用コージ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。

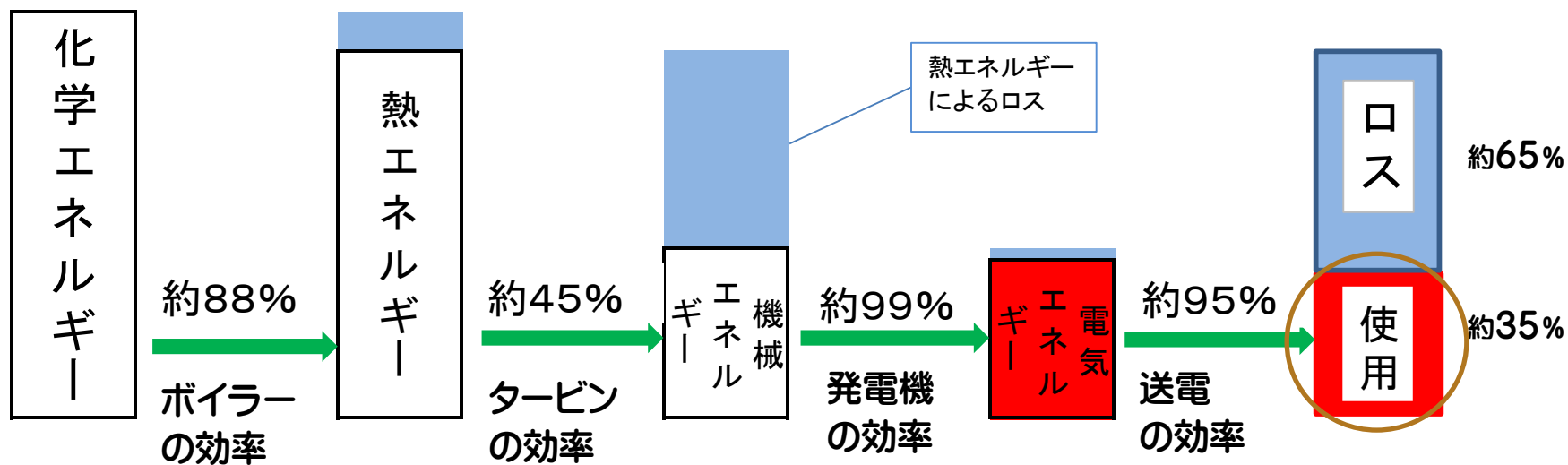
燃料電池のエネルギー効率



出典：NEDO 水素エネルギー白書

火力発電所

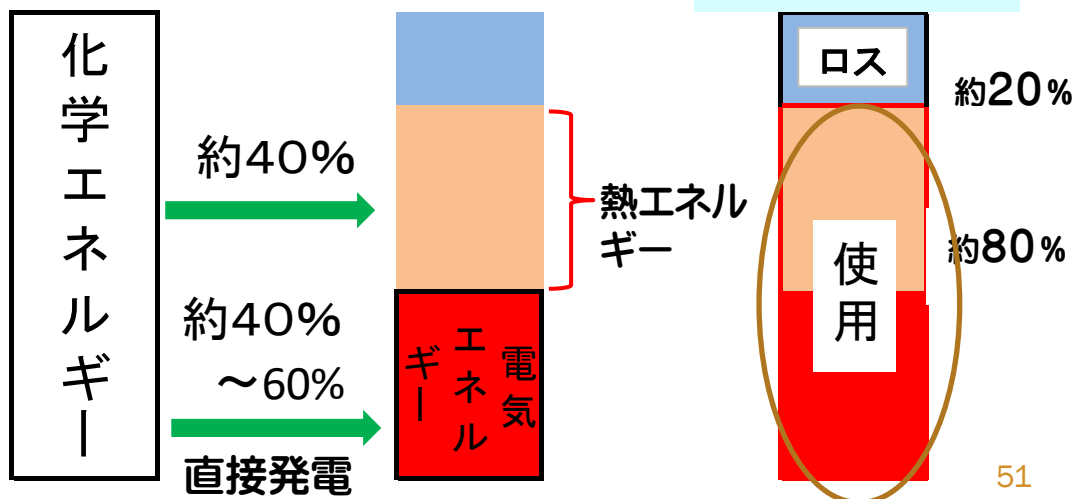
電気



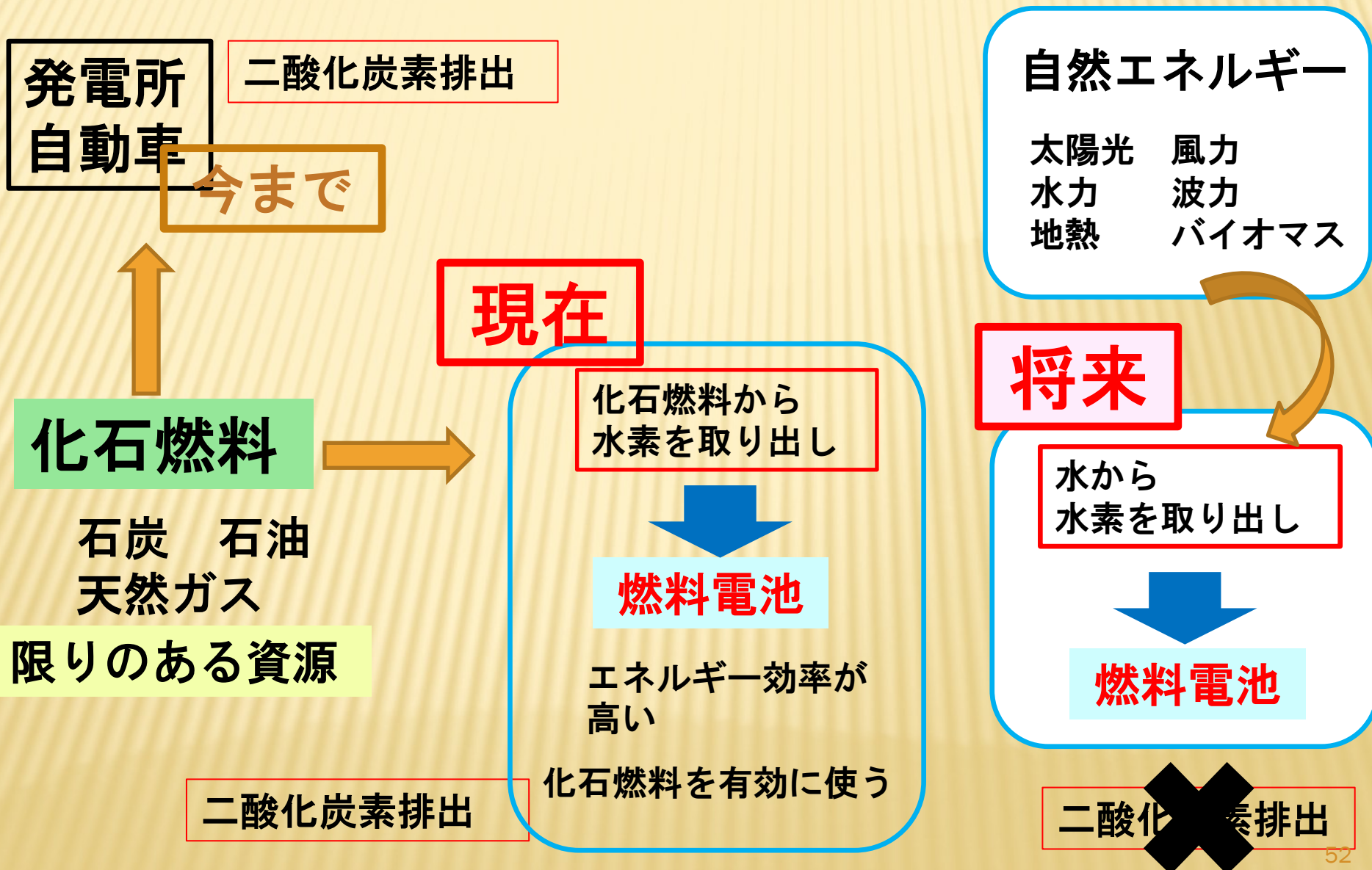
発電効率の比較

燃料電池

電気と熱



化石燃料から自然エネルギーへ



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임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**

自動車

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

ノートパソコン

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”	ホンダ FCV CONCEPT	Hyundai Tucson FCEV
・ 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	・ 2015 年度市販開始 ・ 水素 70 MPa 対応 ・ 航続距離 480 km 以上 ・ 5 名	・ 2014 年に米国でリース開始 ・ 水素 70 MPa 対応 ・ 水素を無料提供
		

出典：各種資料より NEDO 作成

現在

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

TOYOTA MIRAI

現在市販されている
唯一の燃料電池車

燃料、水素。



MIRAI

7 2 3 万円

減税・補助金など
ー202万円

だから
5 2 1 万円

未来へ進むエネルギーを育てるマガジン
H₂OPE創刊

水素社会と、
これからのエネルギーのはなし

MIRAIの
納期目安のご案内

うれしい優遇措置 MIRAIの
エコカー減税

メーカー希望小売価格

¥7,236,000 (消費税込み)

一充電走行距離(参考値) 約650 km

(JC08モード走行(リサイクルによるトヨタ認定値))

取扱販売店	TOYOTA	CONCEPT
	TOYOPET	KEI
	詳しくはこちら >	



HONDA CLARITY FUEL CELL

美しく。そして、堂々と。



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 ー ？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。

2016年3月10
日に日本で
リース販売を
開始

ホンダHPから



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

「つくる」 「つかう」 「つながる」

「つくる」

エネルギーの地産地消を推進。Honda独自の
Power Creator（高圧水電解システム）搭載パッケージ型水素ステーション。



SHS
Smart Hydrogen Station

スマート水素ステーション

「つくる」 「つかう」 「つながる」

「つかう」

究極のクリーン性能。
水しか出さない燃料電池自動車。



CLARITY
FUEL CELL
クラリティ フューエル セル

「つくる」 「つかう」 「つながる」

「 つながる 」

クラリティ FUEL CELLに可搬型外部給電器
「Power Exporter 9000」をつなげば、走る電源に。



POWER EXPORTER 9000

パワー エクスポーター

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。



「Power Exporter 9000」



7日分の電力供給

■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

「つくる」

エネルギーの地産地消を推進。Honda独自の
Power Creator（高圧水電解システム）搭載パッケージ型水素ステーション。



SHS
Smart Hydrogen Station
スマート水素ステーション

「つくる」「つかう」「つながる」で、
CO₂フリーの水素社会を現実にも。

「つかう」

究極のクリーン性能。
水しか出さない燃料電池自動車。



CLARITY
FUEL CELL
クラリティ フューエル セル

[トップページへ](#)

「つながる」

クラリティ FUEL CELLに可搬型外部給電器
「Power Exporter 9000」をつなげば、走る電源に。



POWER EXPORTER 9000
パワー エクスポーター

[詳しくはこちら](#)

「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



水素エネルギーに関する目標一覧

2030年頃

	2015 年頃	2020 年頃	2025 年頃	2030 年頃
家庭用燃料電池		累計台数 140 万台 ユーザーが 7、8 年で投資回収可能なコストの実現		累計台数 530 万台 ユーザーが 5 年で投資回収可能なコストの実現
業務・産業用燃料電池	2017 年 SOFC の市場投入			
燃料電池自動車	2015 年 乗用車市場投入 2016 年 バス市場投入		同車格のハイブリット車同等の価格競争力を有する車両価格の実現	次世代自動車（ハイブリット自動車、電気自動車、プラグインハイブリット自動車、燃料電池自動車、クリーンディーゼル自動車、CNG 自動車など）については、2030 年までに新車販売に占める割合を 5 割から 7 割とする
水素発電		自家発用水素発電の本格導入開始		新車販売の 5 ～ 7 割
水素輸送・貯蔵	ガソリン車の燃料と同等以下の水素価格の実現 100 ヶ所水素 ST 整備	ハイブリット車の燃料代と同等以下の水素価格の実現 自立的商用展開可能な ST コスト（整備・運営）〈現在の半額程度〉の実現	2020 年代半ば ・海外からの水素価格（プラント引渡価格）30 円/m ³ ・商業ベースでの効率的な水素の国内流通網拡大	海外からの未利用エネルギー由来水素の製造、輸送・貯蔵の本格化

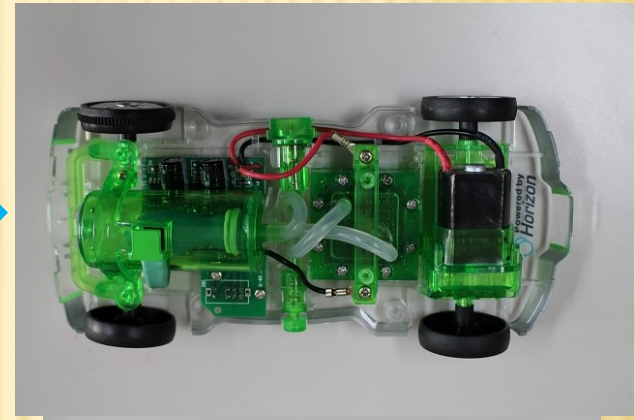
出典：経済産業省「水素・燃料電池戦略ロードマップ」「エネルギー基本計画」より NEDO 作成【参考資料 [1]、[2]】 2014.6

電池自動車



420円

燃料電池自動車



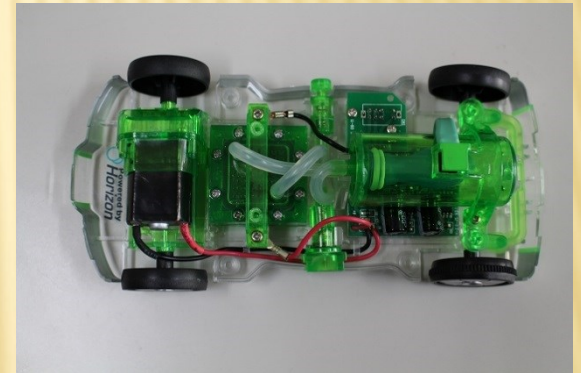
30000円

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



科学の進歩と共に

10年後の社会に向けて

科学は、これまでであったことを覚える、

= 過去の復習

だけではなく、

次の世代のものが創られつつある「今この時」の実感、

= 未来への夢の共有

がなくてはなりません。

皆さんは、10年後何をしているのでしょうか。

科学と共に成長していく瞬間を楽しんでいって下さい。

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、
使い切りません！

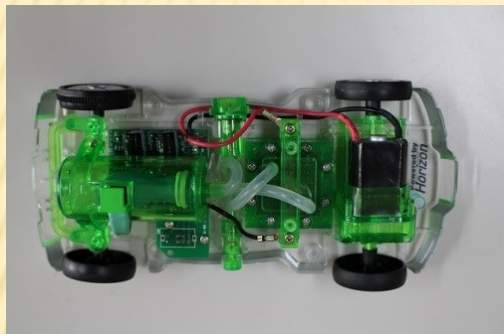


燃料電池自動車

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水素がはいっていないか
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

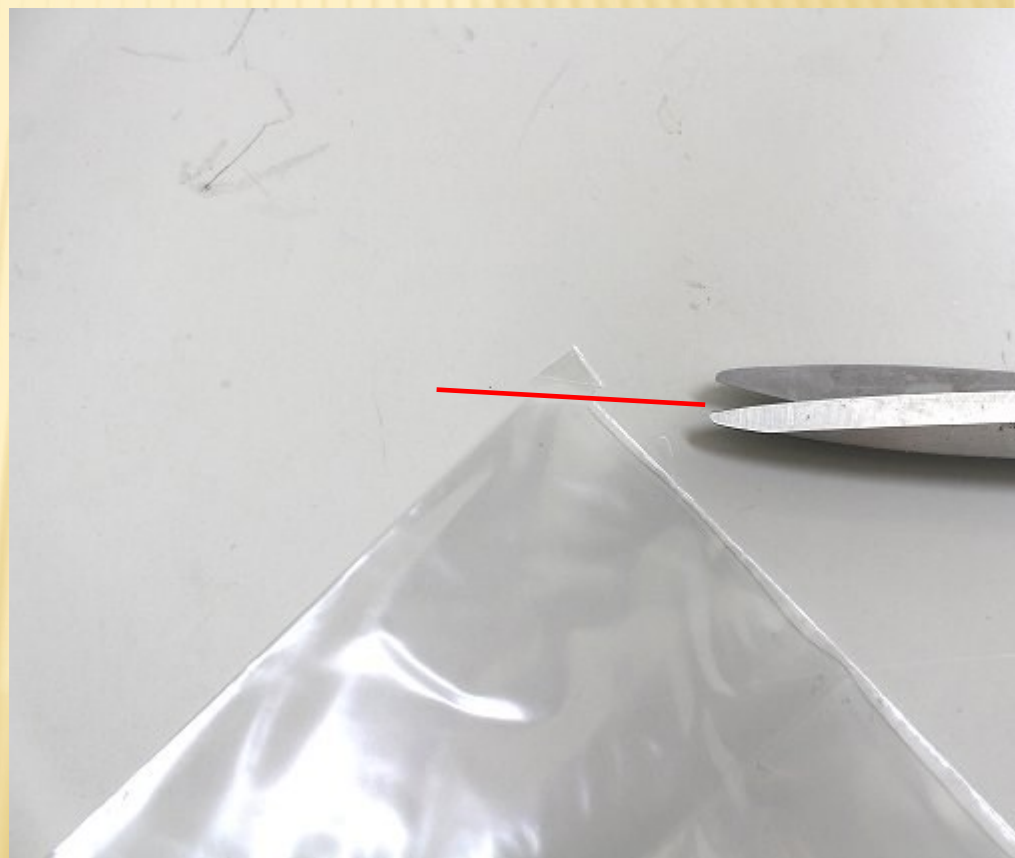
ビニール袋

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。

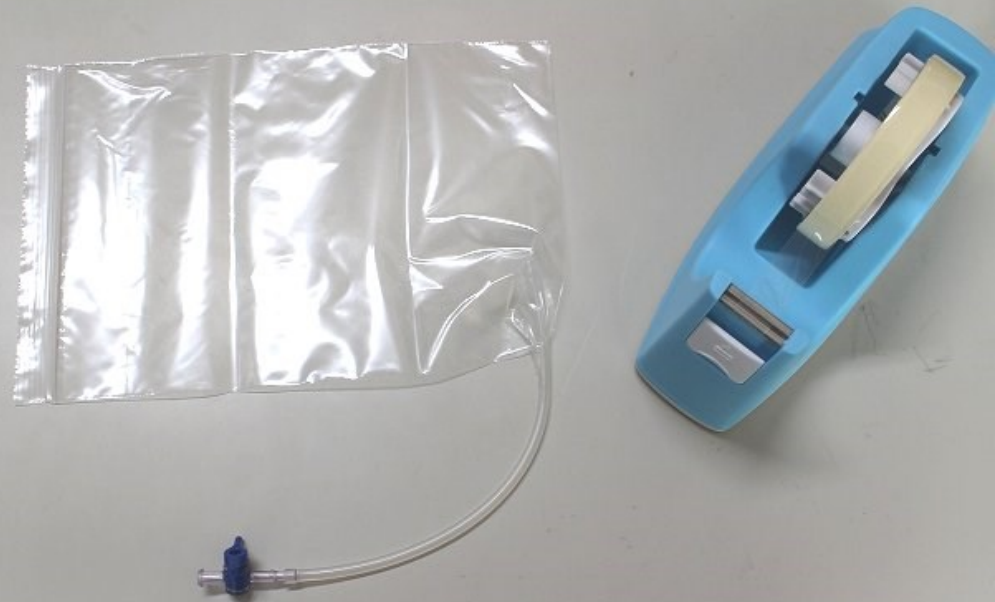
（一見、チャックの方に通す方が良さそうですが、上手く密封できません。）



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。



圧力が高いため
ここで水素が漏れてし
まうようです。



水素ボンベから
直接チューブだけで入
れた方が良いでしょう。

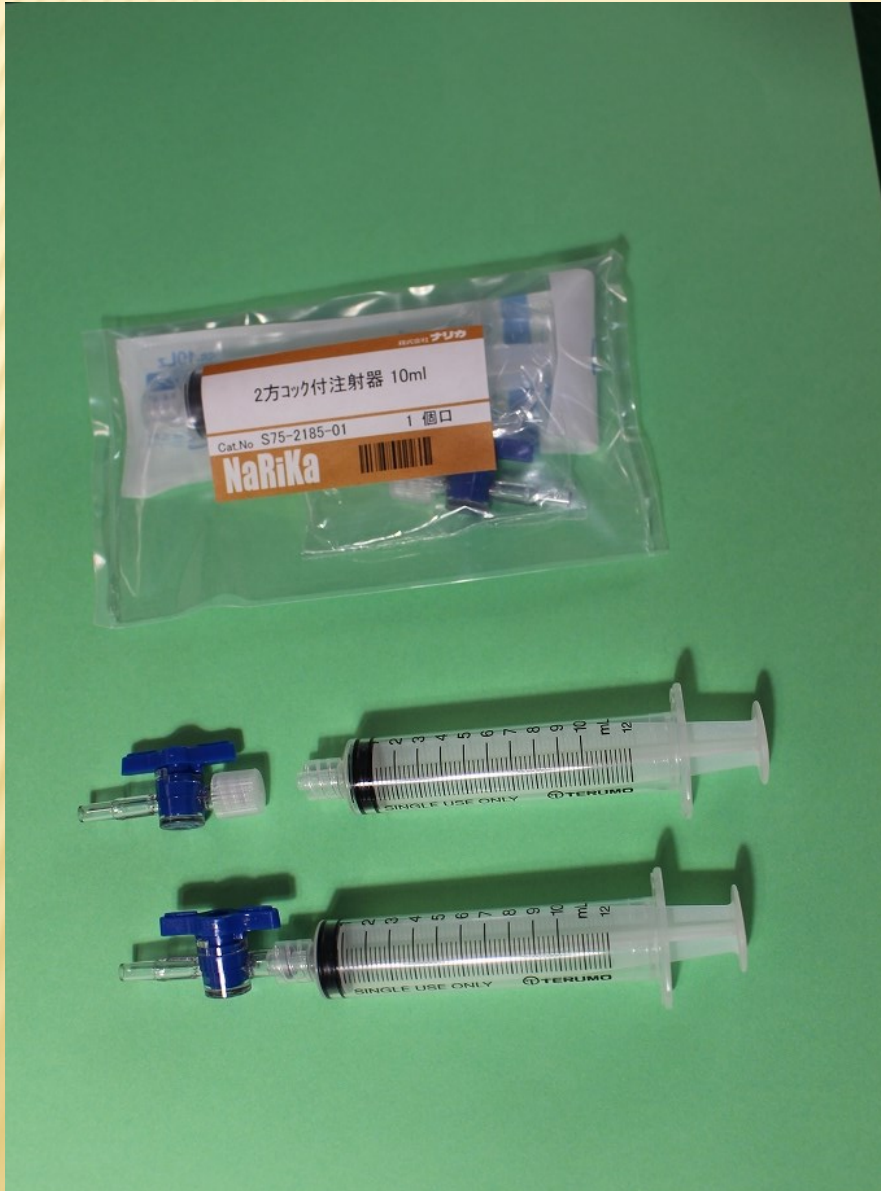
接続に使用

シリコン管
φ3×5mm (10M)
1300円



コック

注射器



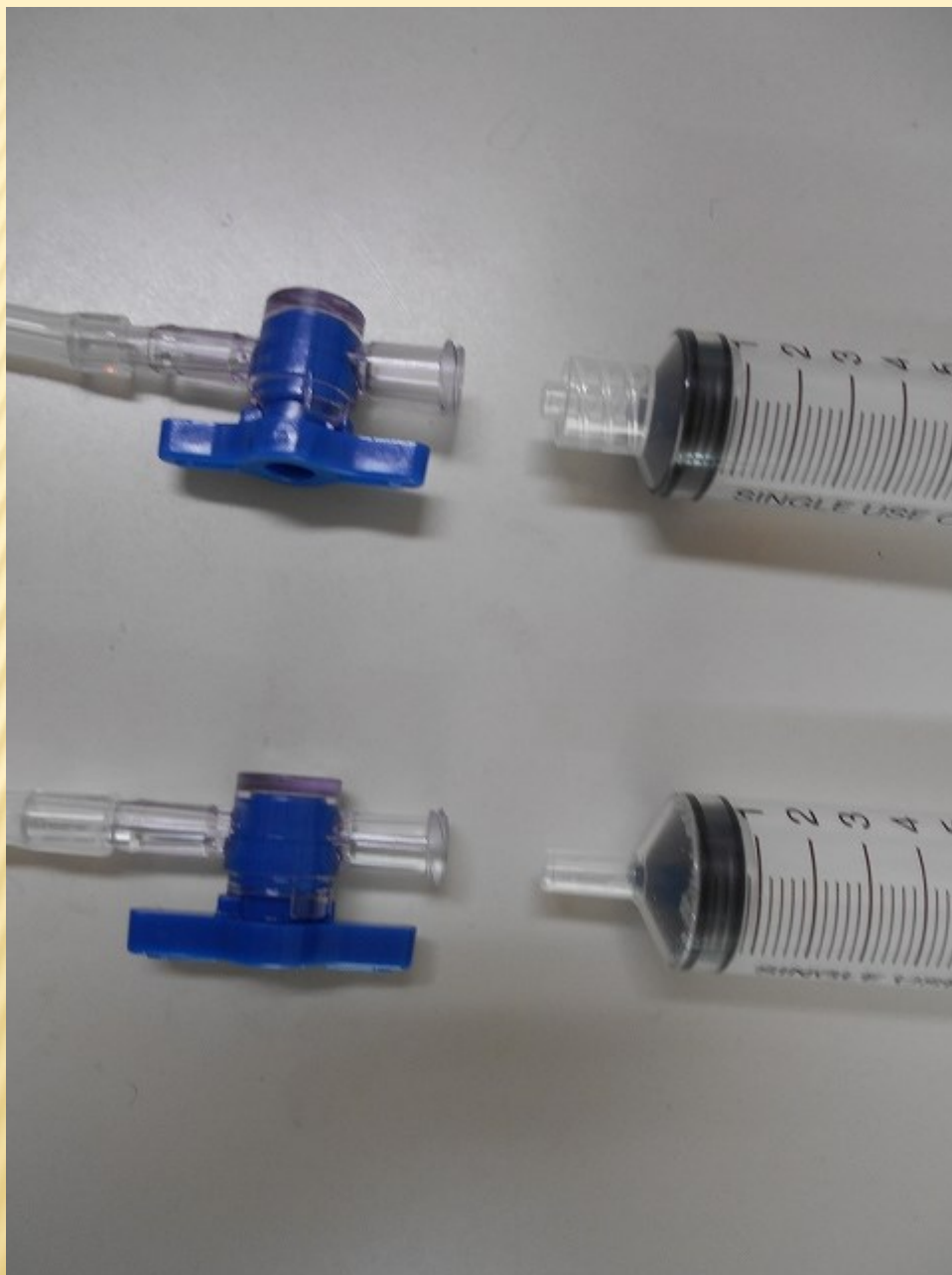
注射器は、
この

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

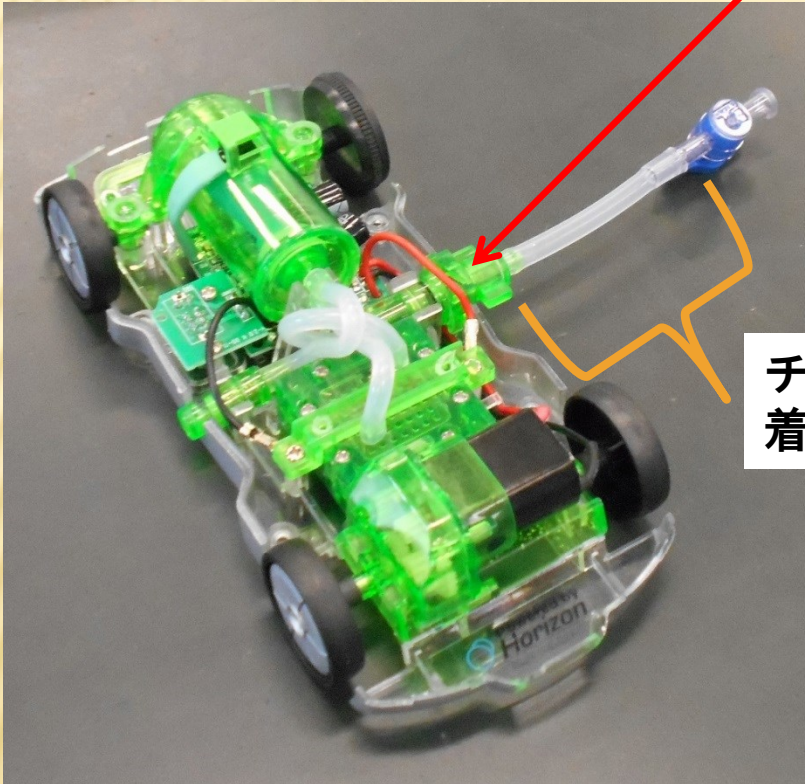
授業で使う1セット



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