

エネルギー教育博覧会 in Hiroshima

【レジュメ集】



Energy Education



平成 21 年 1 月 18 日

主催 経済産業省 中国経済産業局
後援 鳥取県教育委員会、島根県教育委員会、岡山県教育委員会、広島県教育委員会、
山口県教育委員会、広島市教育委員会、岡山市教育委員会、
中国地域エネルギーフォーラム

目次

10:00～10:05 開会の挨拶

経済産業省中国経済産業局

資源エネルギー環境部 資源エネルギー環境広報推進室 田中真佐子参事官

○体験コーナー

10:05～12:00 (エネルギー・コミュニケーターによる模擬授業)

テーマ1 電気の正体を探ろう! …… 1

(釣り糸で光ファイバーの仕組みを知ろう! +レモン電池, 手作りモーター)

(財)電力中央研究所 知的財産センター 吉光 司氏

テーマ2 新エネルギーを有効に使って, 地球温暖化を阻止しよう! …… 11

(風力または水力による発電実験)

(有)手島技術パートナーズ 手島清美氏

テーマ3 車エンジン・燃料電池・石油生産の仕組みを探ってみよう! …… 17

(エンジン模型, 自動車模型)

遊佐勝見氏

○教科等コーナー

13:30～14:00

「エネルギー教育のためのカリキュラム【素案】」のご紹介 …… 別冊参照

東広島市立高屋西小学校 生田一人校長先生

14:00～14:55

講演「来年度からのエネルギー教育のあり方」

～新学習指導要領に即したエネルギー教育の教材の選び方～ …… 26

広島大学大学院教育学研究科 角屋重樹教授

14:55～15:00 休憩

15:00～15:55

講演「来年度からのエネルギー教育のあり方」

～エネルギー問題をどう教材化するか～ …… 29

京都教育大学大学院教育学研究科 山下宏文教授

15:55～16:00 閉会の挨拶・ご案内

○情報提供コーナー

10:00～16:00

教材会社, 支援機関による関連教材の展示

エネルギー教育関連情報の展示

(株)小川晩成堂, (独) 科学技術振興機構, (株)ガステック, ケニス(株), 太陽科学,

中国地域エネルギーフォーラム 他

テーマ

電気の正体を探ろう！

(釣り糸で光ファイバーの仕組みを知ろう！ +レモン電池, 手作りモーター)

(財)電力中央研究所 知的財産センター 吉光 司 氏

Hz エネルギー教育博覧会 in Hiroshima
Ω

電気の正体を探ろう！ V

A
どうやって作られて、どのように使われているの Ω

平成21年1月18日(日) A
広島県立広島産業会館 W

V
電力中央研究所 吉光 司
Ω Hz

E-mail : t-yoshi@criepi.denken.or.jp

RIEPI 電力中央研究所



静電気(せいでんき)

↑	帯電列表
↑	−
↑	アクリル
↑	ポリエステル
↑	シルク
↑	革
↑	コットン
↑	人
↑	レーヨン
↓	ナイロン
↓	ウール
↓	+

B.C.600 ギリシャ タレスが発見
フリース

ウールの上にフリースを着ると
10,000V以上の静電気を生
じることがある

静電気は、コピー機やサラン
ラップなどの利用されている。

RIEPI 電力中央研究所

レモンで電池(でんち)をつくってみよう

準備(じゅんび)するもの
銅板(どうばん)4枚、亜鉛板(あえんばん)4枚、レモン2切り4個、
リード線、テスター、発光ダイオード、メロディーIC、ろ紙4枚

RIEPI 電力中央研究所

- 銅板(どうばん)と亜鉛板(あえんばん)の間
にろ紙をはさむ。
- これをレモンにさしこむ
- 銅板(どうばん)をテスターの+に、亜鉛板
(あえんばん)の-につなぎ、電圧(でんあつ)
を測(はか)ってみよう

RIEPI 電力中央研究所

どうしてレモンで電池が出来るのかな？

レモンなどの果汁は、乾電池に入っ
ている電解液と同じ働きをします。
2種類の金属をレモン果汁(電解液)
に浸し、導線でつなぐと、とけやすい
金属(この場合は亜鉛)がレモン果汁
にとけ出してプラスイオンになりま
す。そのとき、残されたマイナスの電
子は、とけにくい金属(この場合は銅)
の方へ導線を伝って流れていきます。
電流は電子の流れと逆の向きに流れ
ますから、銅がプラスの電極です。

RIEPI 電力中央研究所

- レモン電池(でんち)1個で何ボルトの電気(でんき)ができるか調(しら)べる。
- レモン電池(でんち)を2個直列(ちよくれつ)にしたら何ボルトになるか調(しら)べる。
- メロディーICを鳴(な)らすためにレモン電池(でんち)をいくつ直列(ちよくれつ)にする必要(ひつよう)があるか試(ため)す。
- 発光(はっこう)ダイオードを光(ひか)らせるためにレモン電池(でんち)をいくつ直列(ちよくれつ)にする必要(ひつよう)があるか試(ため)す。

電池の種類

一次電池	マンガン乾電池 アルカリ乾電池	電池のリサイクル 電池には、ニッケル[Ni]やカドミウム[Cd]、コバルト[Co]、鉛[Pb]など希少な資源が使われている。 電池の再利用の例としては、ニッケルと鉄の合金はステンレス(鉄、クロム、ニッケル)の材料として、また、カドミウムは新しいニカド電池の材料として活用されている。
充電できない電池	ニッケル系一次電池 リチウム電池 アルカリボタン電池 酸化銀電池	
二次電池	ニカド電池	
充電できる電池	ニッケル水素電池 リチウムイオン電池 鉛蓄電池 アルカリ蓄電池	

電気はどうやって作るの？

磁石 コイル

電線をぐるぐる巻いたのをコイルという

コイルの中で磁石を動かすとコイルに電流が流れる。
これを電磁誘導という。1831年ファラデーが発見

磁石の力を磁力と呼ぶ
磁力が働いている空間を磁界と呼ぶ

棒磁石の周りの磁界の様子

RIEPI 電力中央研究所

手回し発電機の中身

磁石 コイル

発電所

水力発電所
火力発電所
原子力発電所

流れ落ちる水の力(水力)、石油・石炭などを燃やした熱で作る蒸気(火力)、ウランが分裂する時の熱で作る蒸気(原子力)を利用し発電機を回し電気を作ります。

発電所で作られる電気は、3,300~1万8,000ボルトです。この電気を遠くまで効率よく送るため、変圧器により15万4,000~50万ボルトにして送り出しています。

RIEPI 電力中央研究所

水力発電所 南原揚水発電所・62万kW

発電機

RIEPI 電力中央研究所

電事連 資源・エネルギー

柳井LNG火力発電所
140万kW

The schematic diagram shows the flow from LNG ships to storage tanks, then through an evaporator to a boiler. The boiler produces steam that drives a turbine connected to a generator. The turbine is also connected to a compressor for the steam cycle. Cooling water is used in a condenser to return the steam to the boiler. The diagram is labeled with components like 'LNG船', '燃料タンク', '気化器', 'ボイラー', '蒸気', 'タービン', '発電機', '圧縮機', '凝縮機', '冷却水', '取水路', and '排水路'.

RIEPI 電力中央研究所
電事連 資源・エネルギー

島根原子力発電所 中国電力(株) 46万+82万kW (沸騰水形軽水炉)

The schematic diagram illustrates the PWR cycle. It shows a primary loop where water circulates between a reactor core and a steam generator. The steam generator heats a secondary loop of water, which turns a turbine. The turbine is connected to a generator. The turbine is also connected to a condenser, which is cooled by a tertiary loop of water. The condenser is connected to a pump that returns the water to the steam generator. The diagram is labeled with components like '原子炉', '蒸気発生器', 'タービン', '発電機', '凝縮機', '冷却水', 'ポンプ', '蒸気', '圧縮機', '取水路', and '排水路'.

RIEPI 電力中央研究所
タービン

電気をつくる
現在家庭に送られている電気は、原子力発電により31%、火力発電により60%、水力発電により8%が作られています。
現在の発電の中心は火力です。

電源別発電電力量 (平成17年度)

電源	割合
火力	60.0%
原子力	31.4%
天然ガス	24%
石炭	25%
石油	12%
水力	8.2%
その他	0.3%

RIEPI 電力中央研究所

世界のエネルギー資源確認埋蔵量

- 石油、天然ガス、石炭可採年数・確認可採埋蔵量/年産量……出典(1)
- ウラン可採年数・確認可採埋蔵量/2004年必要量(原子力発電実績(2.638TWh)に基づく)……出典(2)
- 高速炉サイクルの実用化によるプルトニウム利用によりウランの利用年数は約2570年になると算定されている。……出典(2)

資源	埋蔵量	可採年数
石油	1兆2082億バレル	41年
天然ガス	181.9兆m ³	63年
石炭	9,091億トン	147年
ウラン	474万トン	85年

RIEPI 電力中央研究所
出典 (1)BP統計2007 (2)URANIUM2005

世界の一人あたりエネルギー消費量

一人あたりエネルギー消費量 (2005年)

国	消費量 (石油換算トン)
カタール	8.4
アメリカ	7.9
ロシア	4.5
韓国	4.4
フランス	4.4
ドイツ	4.2
日本	4.2
イギリス	3.9
イタリア(世銀推定)	3.2
メキシコ	1.8
中国	1.7
ブラジル	1.3
インド	1.1
インド	0.5

出典: ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES 2004-2005
ENERGY BALANCES OF NON-OECD COUNTRIES 2004-2005

世界の人口とエネルギー消費量

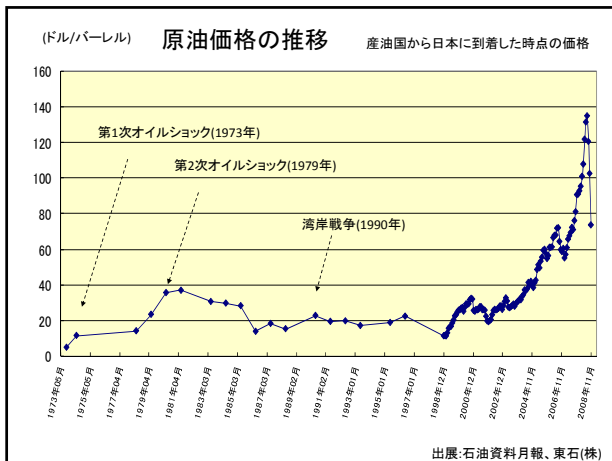
世界の人口 (2005年)

国/地域	割合
中国	20%
インド	17%
世界の人口	64.6億人
その他の国	48%
イギリス	1%
フランス	1%
ドイツ	1%
ロシア	2%
日本	2%

世界の一次エネルギー消費 (2005年)

国/地域	割合
アメリカ	20%
世界の一次エネルギー総供給量	114.3億トン(石油換算)
その他の国	38%
中国	15%
ロシア	10%
インド	8%
ブラジル	2%
イギリス	2%
カナダ	2%
フランス	2%
日本	2%

出典: World Population Prospects 2006 Revision (UN)
ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES 2004-2005
ENERGY BALANCES OF NON-OECD COUNTRIES 2004-2005



2007/8/17

史上最高気温 13熱中症死

40.9度
埼玉・熊谷、岐阜・多治見

CO₂削減 京都議定書きょう発効
日本「14%厚い壁」

家庭・オフィス、増加

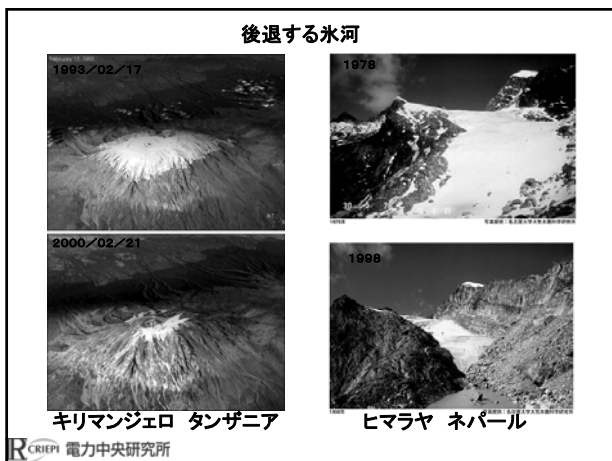
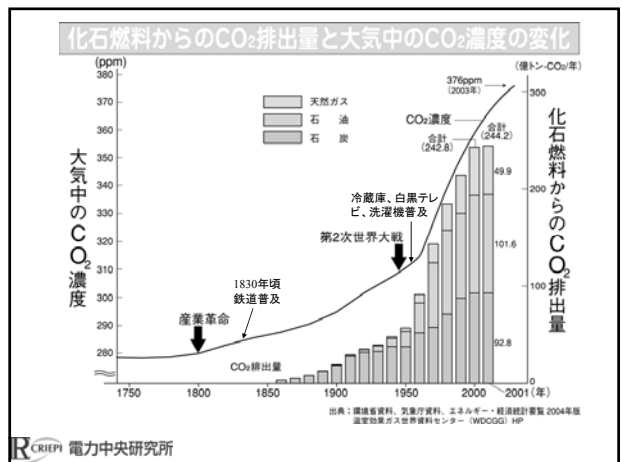
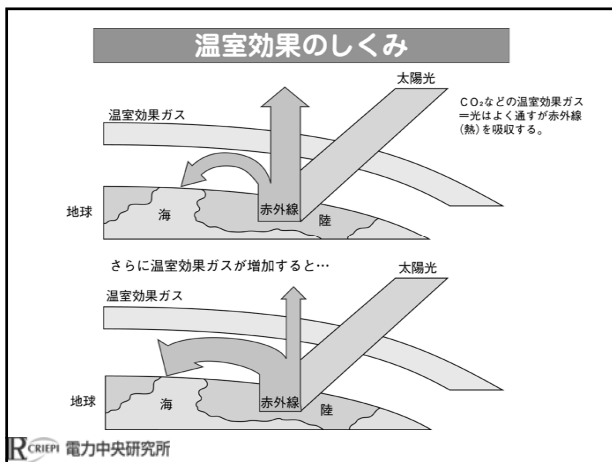
京都議定書
2005年2月16日発効

2050年の日本 真夏日100日
東アジア 東南アジア並み

人工海底山脈 CO₂を抑制
魚の繁殖と一石二鳥

温暖化で高波 30年後に消滅
移住迫られる先住民

沈む島
アラスカ



2008年04月20日 11月1日 大塚日

ツバル

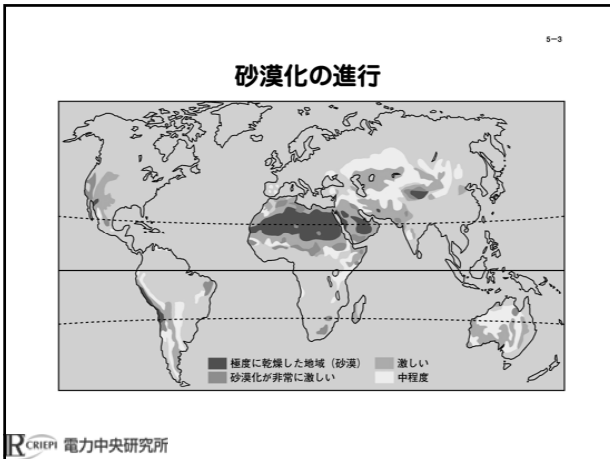
水びたし

温暖化で島が沈没?

ツバル国名誉総領事館HP
http://www.embassy-avenue.jp/tuvalu/index_j.html

地球の温暖化の影響により水没する島
出典: 全国地球温暖化防止活動推進センター
<http://www.jccca.or.jp/locke/09090902.html>

RRIEPI 電力中央研究所



地球の温暖化が進むと

- ・南極や氷河が溶け、海面の上昇や大潮の発生
 - 海拔の低い南国の島国が水没
- ・気象が不安定になり
 - 異常高温、洪水、干ばつが発生
 - マラリア、黄熱病、熱射病
 - 生態系が破壊する。
 - 農作物の生産に影響

R CRIEPI 電力中央研究所

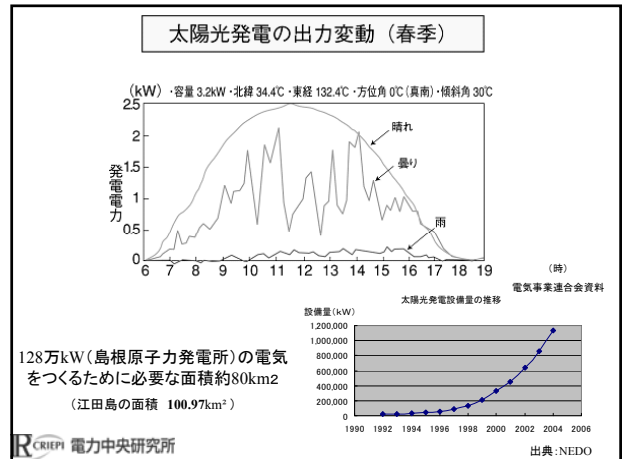
太陽光発電はいつ電気ができるの

期待されるエネルギー

5kw

屋根2面設置 3.48kw

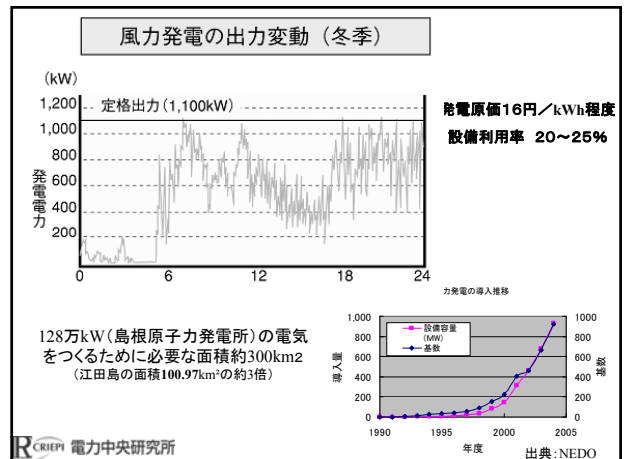
R CRIEPI 電力中央研究所



北海道 苫前町 風力発電

2010年の目標値 300万kW
現在の風車 747台 687,816kW

R CRIEPI 電力中央研究所



実験8 水の電気分解と燃料電池

● 酸素
○ 水素

電気分解
電気エネルギー → 水素分子 H₂ + 酸素分子 O₂

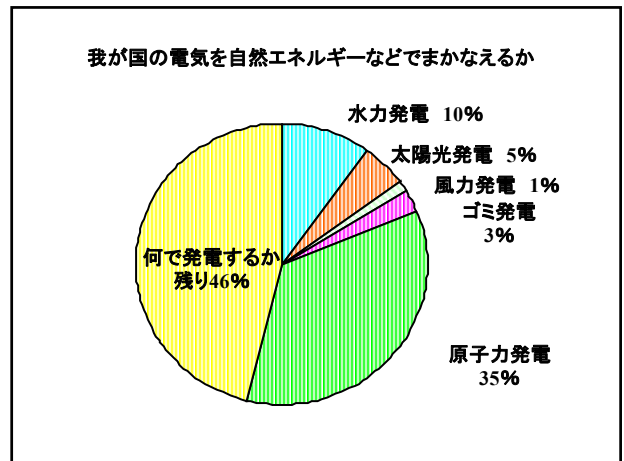
燃料電池
水素分子 H₂ + 酸素分子 O₂ → 電気エネルギー

水 H₂O

水の電気分解: 電気エネルギーを化学エネルギーに変換
 $\text{水 (2H}_2\text{O)} + \text{電気エネルギー} \rightarrow \text{水素 (2H}_2\text{)} + \text{酸素 (O}_2\text{)}$

燃料電池: 化学エネルギーを電気エネルギーに変換
 $\text{水素 (2H}_2\text{)} + \text{酸素 (O}_2\text{)} \rightarrow \text{水 (2H}_2\text{O)} + \text{電気エネルギー}$

RIEPI 電力中央研究所

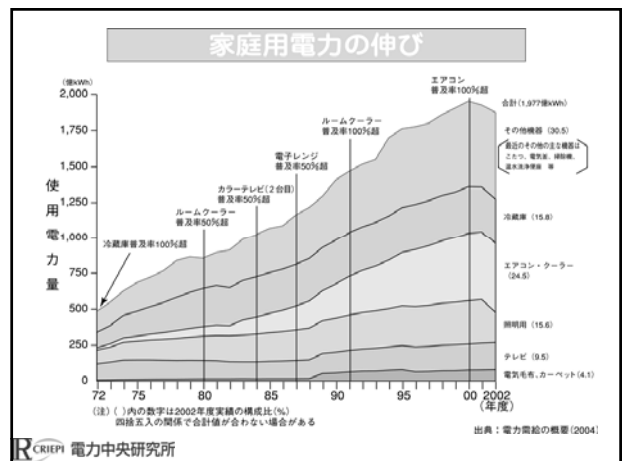
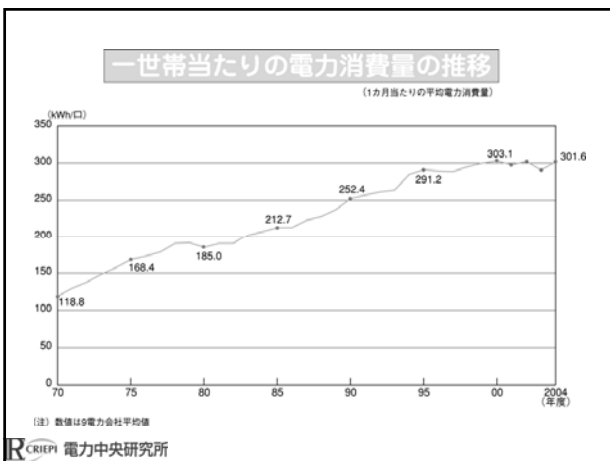
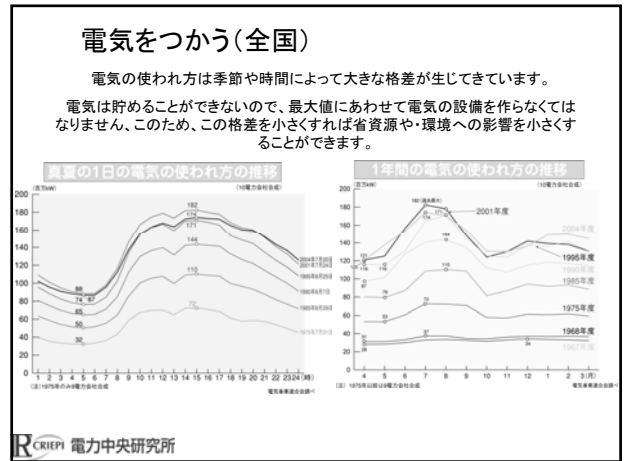


直流と交流

直流
乾電池の電気
常に一定の電圧
乾電池ではおよそ1.5Vの電圧を、電池の寿命が来るまで維持しつづける。

交流
電力会社から送られてくる電気
電圧の向きや強さがたえず変化
西日本では1秒間に電流の向きが60回変わる (周波数=60Hz)
東日本では1秒間に電流の向きが50回変わる (周波数=50Hz)

RIEPI 電力中央研究所



電気はどのような形で使われているか

- ・光として
照明器具など
- ・モーターのエネルギーとして
洗濯機、掃除機など
- ・熱として
電気ストーブ、ホットカーペットなど
- ・電子として
電話やパソコンなど

電気エネルギーを光エネルギーに変える



シャープペンの芯に電圧をかけると、電流が流れる。

シャープペンの芯は炭素でできているため、その抵抗と電流により高熱を発生し、発光する。

電圧: $E = \text{電流} \times \text{抵抗} : R$ オームの法則

電力とは、電流によって1秒間になされる仕事の量

電力: $P(\text{ワット}) = \text{電圧} : E \times \text{電流} : I$

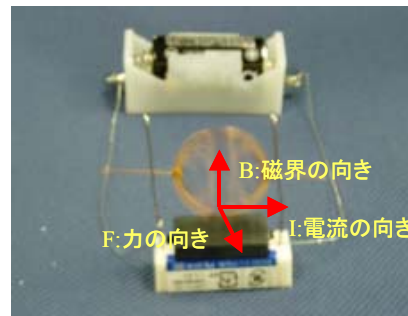
白熱電球は、フィラメントにタングステンを使用し、熱による損傷を防ぐため不活性ガスであるアルゴンガスが封入されている。

実用的な炭素フィラメント電球は1879年にエジソンとスワンによって発明された。

60W型白熱電球、蛍光灯、発光ダイオードの比較

	消費電力 [W]	寿命 [時間]	価格 [円]
白熱電球	53	1,000~ 1,500	100
蛍光灯	13	6,000~ 8,000	500
発光ダイオード	5	50,000 以上	10,000

モーターの仕組み



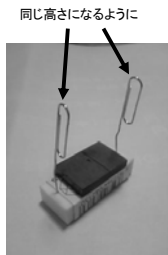
B: 磁界の向き

F: 力の向き

I: 電流の向き

モーターの作り方(1)

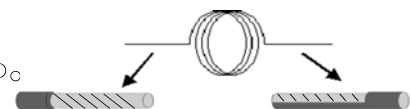
- 消しゴムの周りのビニールを取り、消しゴムの両端が出るようにケースを真中に持ってきます。
- 両面テープで磁石を消しゴムの真中に固定します。
- リード線の片側を電池ケースの端に巻き付けます。赤が+ (プラス)、青が- (マイナス) です。
- ゼムクリップの片方を延ばし、延ばした長い足をそれぞれ同じ高さになるように消しゴムの両端に刺し、リード線もう一端を巻き付けます。



モーターの作り方(2)

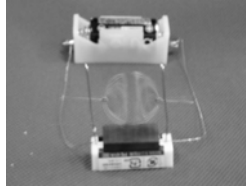
- エナメル線を片側7cmほど残して、7回半程度電池に巻きつけてコイルを作ります。両端に出た足は2~3回コイルに巻きつけ、中心線を通るようにコイルの外側に出しておきます。
- カッター (または紙ヤスリ) を使ってコイルの外側の線の被覆を削ります。片方は完全に、もう片方は半分だけ削ります。

軸は、クリップで支えられる部分を丁寧に削く



モーターの作り方(3)

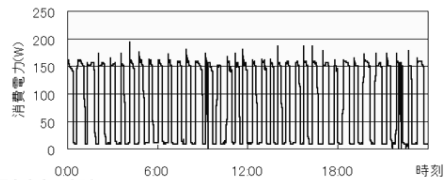
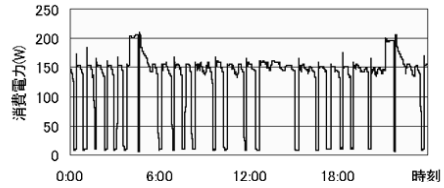
- 先ほど作った消しゴムの台にコイルを乗せます。この時、コイルの足が水平になるように微調整してください。また余分な足はニッパーで切り落としてください。
- 電池を電池ケースに入れ、少し指で勢いをつけてやるとコイルが回りだします。
- 回らない場合には、エナメル線の被覆を再度磨き、コイルのバランスを整えて下さい。



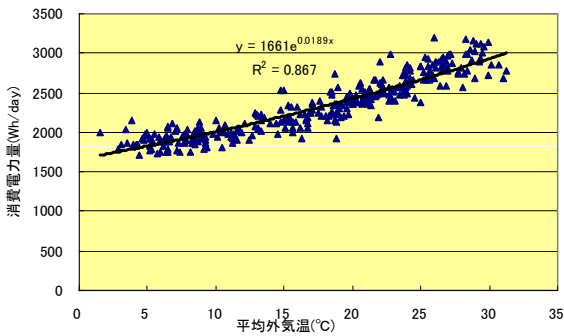
どうしてモータは回るのか

コイルに電流を流すと、その周りに磁界ができる。
この磁界と磁石による磁界によりコイルに力が働く

冷蔵庫の消費電力(夏)



冷蔵庫消費電力量と外気温(e)



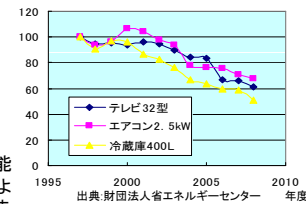
エアコン(11~17畳、4.0kWの例)		目標2008年度		
	星の数	販売価格	達成率	年間電気代
製品A	5	152,200円	103%	28,400円
製品B	1	77,600円	75%	39,200円

出典:財団法人 省エネルギーセンター



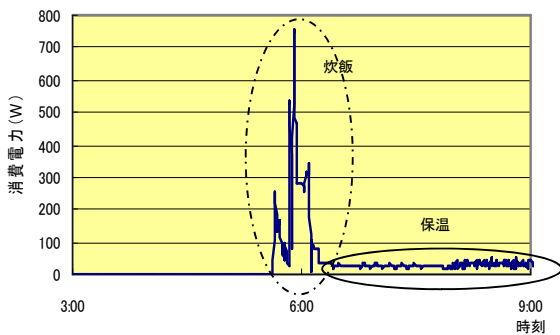
2006年10月から、商品の省エネ性能の情報を提供する事が省エネ法により定められ、エアコン、テレビ、冷凍冷蔵庫を対象として統一省エネラベルの貼付を開始した。

家電製品の消費電力量



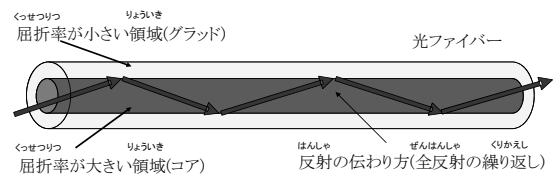
1995 2000 2005 2010
出典:財団法人省エネルギーセンター
冷蔵庫は統計の取り方が2006年より変更になったため一部推定
テレビは2006年より液晶のデータを利用

炊飯器(e)



光の性質

- 光は空気中では、まっすぐ進む
- 光は、空気から水など、ちがう物質の境目を通るときに曲げられたり、反射したりする性質があります



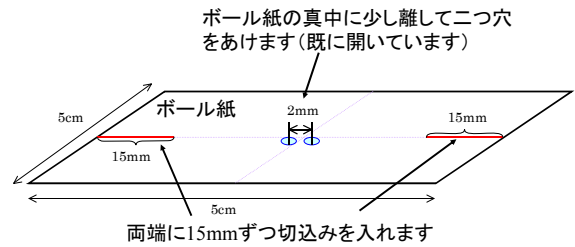
釣り糸ファイバーの作り方

• 準備するもの

- ボール紙(5cm角)
- 発光ダイオード
- 乾電池(ケース付き)
- 被覆線(赤、青各一本)
- ストロー(4cm)
- 釣り糸(ナイロン18号)5m程度
- カバーフィルム 2枚
- 銀テープ 2枚

RIEPI 電力中央研究所

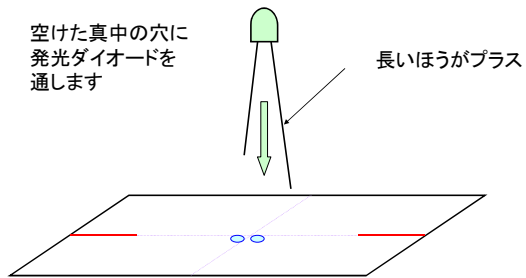
作り方(1)



RIEPI 電力中央研究所

作り方(2)

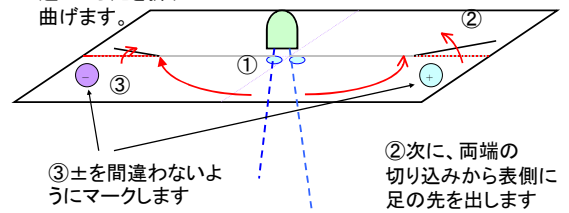
空けた真中の穴に
発光ダイオードを
通します



RIEPI 電力中央研究所

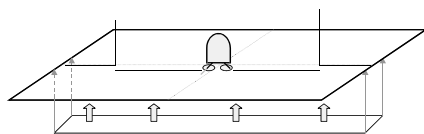
作り方(3)

①発光ダイオードを
通したら足を折り
曲げます。



RIEPI 電力中央研究所

作り方(4)



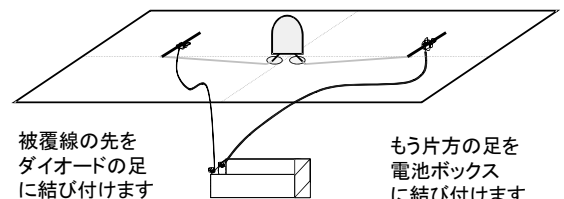
小さい方の透明フィルムを
底に貼り付けます

RIEPI 電力中央研究所

作り方(5)

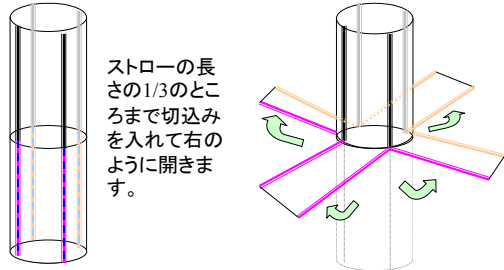
被覆線の青(-)
ダイオードの足の
短いほう(-)

被覆線の赤(+)
ダイオードの足の
長いほう(+)



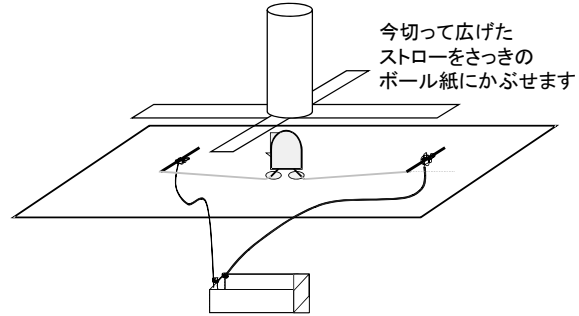
RIEPI 電力中央研究所

作り方(6)



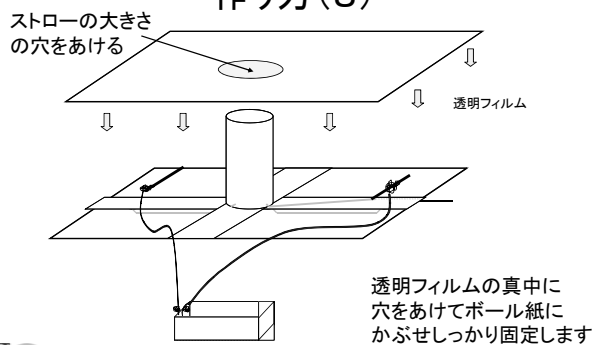
ストローの長さの1/3のところまで切込みを入れて右のように開きます。

作り方(7)



今切って広げたストローをさっきのボール紙にかぶせます

作り方(8)

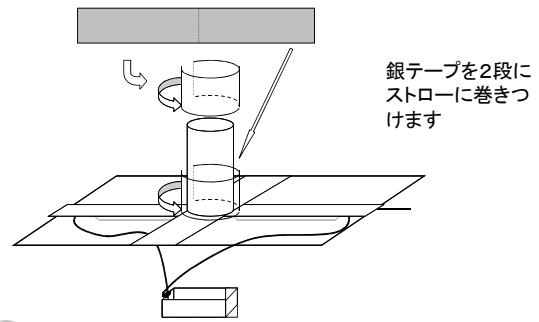


ストローの大きさの穴をあける

透明フィルム

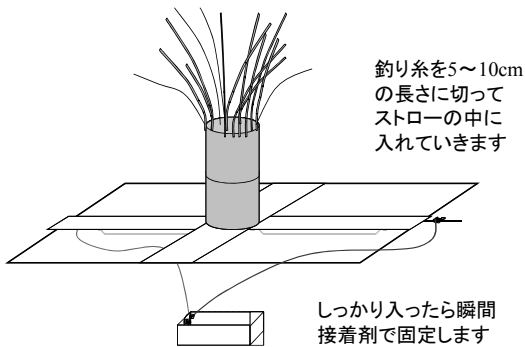
透明フィルムの真中に穴をあけてボール紙にかぶせしっかり固定します

作り方(9)



銀テープを2段にストローに巻きつけます

作り方(10)



釣り糸を5~10cmの長さに切ってストローの中に入れていきます

しっかり入ったら瞬間接着剤で固定します

2つの問題

- ・化石燃料をひ孫の代まで保たせるには
- ・地球の温暖化を防ぐには

この問題を解決するため、
私たちは何ができるか？

テーマ2

新エネルギーを有効に使って、地球温暖化を阻止しよう！

(風力または水力による発電実験)

(有)手島技研パートナーズ 手島 清美 氏

エネネギー教育
博覧会
in Hiroshima

風力や水力をつかって
電気をつくってみよう
トーマスも走るよ

エネルギーおじさん
手島 清美
平成21年1月18日(日)

電気はみんなの生活にどの
ように使われていますか

*では、電気は何から作ります
か？

*では、電気はどうやって作ります
か？

それでは、これから
お話とクイズと実験をしながら、
電気ができる仕組みをみんな
で考えてみましょう。

電気を作るのにひつよ
うな3つのもの

1. 仕事のもとになるもの
(エネルギー)
2. エネルギーをぐるぐるまわる
力に変える機械
3. ぐるぐるまわる力を電気に
かえる機械

1. 仕事のもとになる
もの(エネルギー)

◆エネルギーのもとになるもの
にはどんなものがありますか？
5つ以上あげられますか？

↓

◆風や水もエネルギーのもととなる
ものですね

2. エネルギーを ぐるぐるまわる力に かえる機械

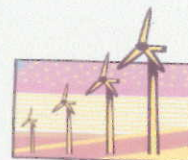
◆風のエネルギーをぐるぐる
まわる力にかえるものは
どれですか

かぜ
風をうけてぐるぐるまわす力を
ちから
だすものはどれですか？

(1)



(2)



(3)



(4)



風車発電(1)



風力発電(2)



(太陽電池と一緒に
おかれて
います)

3. ぐるぐるまわる力を 電気にかえる機械

磁石のはたらきには
どんなものがありますか？

3つあげてください。

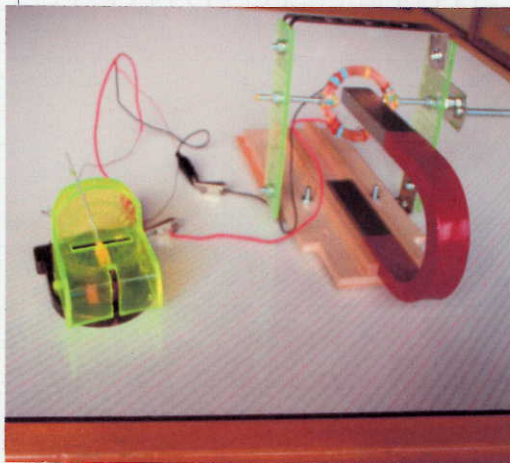
磁石のもつ力

1. 鉄を引きつける力
2. 南と北をさし示す力
3. 磁石の近くで電線を動かすと
電気が流れる

では電気を作るために必要な力
はどれでしょう？

電線の近くで磁石を動 かすと電気が流れます

(左の検流計の針が動きます)



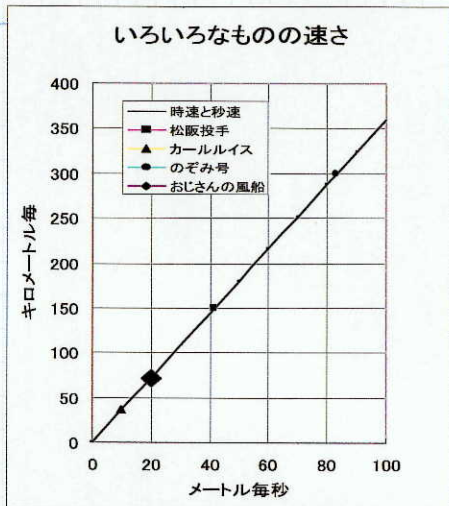
風船から出る風の スピードは？

- ◆この大きな風船の直径は約70
センチあります。
- ◆この風船から出る風の力を
かんじてください。

↓

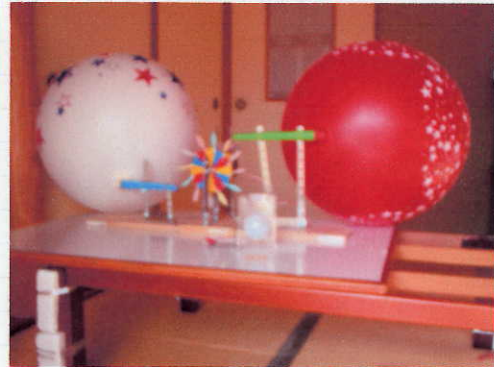
ではこの風船から出る風の
スピードはどのくらい
だとおもいますか

いろいろなものの速さ



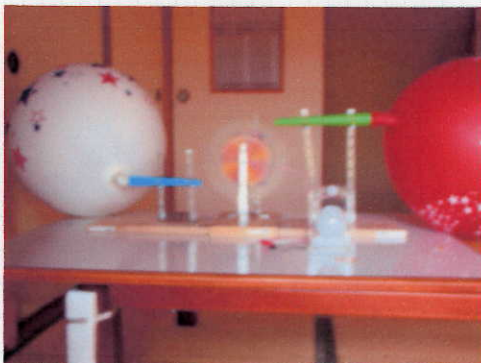
エネルギーおじさんが 作った風車発電

(1) 止まっているところ



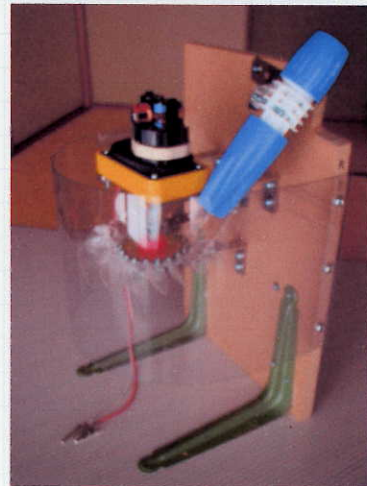
エネルギーおじさんが 作った風車発電

(2) 動いているところ

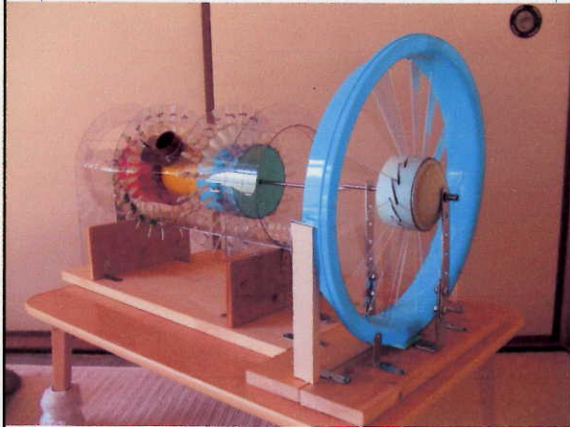


エネルギーおじさんが 作った水力発電

(1) 止まっているところ



エネルギーおじさんが 作ったジェットエンジン



エネルギーおじさん達 が作った機械



エネルギーおじさんは どこにいますか



ガスタービン設備試験運転施行記
於 三井造船神玉野事業所 昭和63年2月

大切なエネルギーは大 事に使いましょう

◆お話したように、電気をつくるには

1. 沢山のエネルギーと
2. 大きな機械と
3. 大勢の人たちの努力

◆が必要です。ですから電気をむだにしないように大切に使いましょう。

今日のお話のまとめ(1)

1. 電気を作るには
 - (1) 仕事のもとになるエネルギーと
 - (2) それをぐるぐるまわす力にかえる機械と
 - (3) まわす力を電気にかえる機械が必要です

今日のお話のまとめ(2)

2. たくさんの電気を作るには、大きな機械とたくさんの資源が必要です。

でも、電気を作る原理(もとになる仕組み)は今日お話したのとまったく同じです。

今日のお話のまとめ(3)

- 3 ですから、きょうみを持ってしっかり勉強すれば、いろいろなものを作ることができます。

みんなでがんばろうね。

テーマ3

車エンジン・燃料電池・石油生産の仕組みを探ってみよう！

(エンジン模型, 自動車模型)

遊佐 勝見 氏

石油の生産や限界と、化石燃料の利用により発生する環境問題を考えてみましょう。

・理解したいこと

太陽光等による光合成物が堆積・変化して石油・ガス等が生成したこと、それらを生産する仕組みを理解しましょう。石油などが残っている量は減りつつあり、次第に必要な量の確保が難しくなり、地球温暖化等も引き起こしていることを、注目してみましょう。

授業内容

1. 太陽光などによる光合成物が堆積・変化して石油・ガス等が生成したこと、それらを生産する仕組み。
2. 石油・ガス等は、中国やインド等で需要が増加しつつあり、一方残っている石油などの量が減りつつあるので、必要量の確保が難しく価格も高くなってきたこと。
3. 石油・ガス等が大量に利用されているため、地球温暖化による異常気象・その他、様々な問題が生じてきたことを理解し、皆で意見交換する。

1. 太陽光等による光合成物が堆積・変化して石油・ガス等が生成したこと、それらを生産する仕組みを理解しよう。

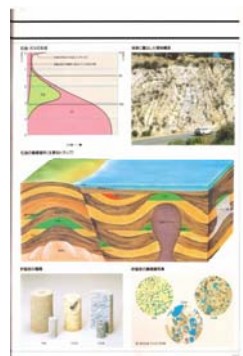
* 石油などが生成した過程について

・石油などは、主に**炭素と水素からできた化合物**(炭化水素)です。石油などが出来た原因については、有機物(生物)起源説と無機物(非生物)起源説がありますが、現在は**有機説が有力**になっています。
(参考)石油の中にはポルフィリン(赤血球の成分であるヘモグロビンやクロロフィル(葉緑素)とよく似ている)が含まれていて、それらは動物や植物の遺骸からできた可能性が高いことが根拠になっています。

・石油の根源となっている物質は、太古の時代(主に約1億年前の中生代白亜紀)に生息していた**プランクトン、藻類、陸上植物などの遺骸**です。これらの生物遺骸は泥と共に湖底や海底に沈積してから、バクテリアによって分解されメタンガスや堅い組織対になりました。これらは**地下深部に埋没**していき、さらに**熱によって化学分解し、油とガスを生成**しました(この変化は**熟成**と言われています)。

(参考)分解されにくい組織体は化石として残りました。それらを含む有機物全体は**ケロジェン**と呼ばれ、それを多く含む泥岩を**起源岩**と言います。

石油・ガスの生成・鉱床・貯留岩など



* 地下に埋蔵されている石油等を探し出し、生産する仕組み(参考)

- ・ * 原油は地下に液状で溜まっているのではなく、**地下約3,000m辺りの岩石(貯留岩—Reservoir rock, 堆積岩など)の隙間に溜まっています。**
- ・ 原油・ガスがどこにあるか探すには、事前調査を行ってから、地上・海上などで人工的に地震波を発生させ、その波が地層の境界面から戻ってくるのをとらえてデータとしてまとめ、原油などがあるかどうか判断します。有望であれば、**試験井**を掘って原油などがあるかどうか確かめます。
- ・ 原油を地下から掘出すには掘削装置(Rig)を使い、掘管の先端につけたビット(刃)を回転させて、掘削します。原油は管(チュウピング・パイプ)の内部を通して地表(海上)に上がってきます。圧力が高く原油が自噴する油田もありますが、普通の油田では圧力が弱く原油が上がってこないため、大量の水を地下に注入(圧入)したりして生産します。この方法は**水攻法**、**一次回収法**などと呼ばれています。なお、原油を生産したり輸送するには、数十本の生産用鋼管を地下約3,000mまで設置する必要があり、普通数年以上かかります。

油井の掘削とビット



海洋石油掘削リグの例 (ジャッキアップ型とセミサブマーシブル型)



石油基地への集積・海上輸送等

- ・生産された原油は、各生産井からパイプラインなどで石油基地に送られ、そこで必要な処理を施され(石油に随伴しているガスの分離・水や塩分の除去など)、大きな原油タンクに貯蔵されます。
- ・貯蔵された原油は、大型のタンカーに積み込まれて海上輸送され、日本の製油所の原油タンクに搬入・貯蔵されます。

<石油を輸送する巨大タンカー> (アラビア文字の形なども見てください)



2. 日本が輸入している産油国と輸入比率、石油価格の推移等 <中東産油国>



<日本への石油輸入国順位と輸入比率など>

- ・ 日本の原油の総輸入量・・・・・・15.3億バレル(2006年)
- ・ 石油輸入国順位と輸入割合
- ・ ① サウジアラビア・・・31%
- ・ ② アラブ首長国連邦・・・26%
- ・ ③ イラン・・・・・・12%
- ・ ④ カタール・・・・・・10%
- ・ ⑤ クウェート・・・・・・8%
- ・ ⑥ オマーン・・・・・・2%
- ・ 小計 89%
- ・ その他・・・・・・11%
- ・ 合計・・・・・・100%
- ・ (注)年度によって輸入比率は多少変動しています。

< 問題点 >

- * 日本の石油の輸入は、中近東の少数の産油国に頼っています。(輸入ソースが集中しすぎています。)
- * これらの中東産油国近辺の政治が不安定で、戦争も起っています。(1980—88年のイラン—イラク戦争。1990年イラクがクウェートに侵攻し、翌年に多国籍軍に制圧されました。2003年には米英軍がイラクを攻撃しました。)
- * 日本への原油輸送経路が長く、途中でタンカー事故等があると原油流出・一時的な輸入停止等が起こる可能性があります。
- * 日本の石油輸入依存度は99%で、ほとんど輸入に頼っています。(国内の自給率は1%)。また、近年は中国・インドなどの石油消費が増え続け、世界の総需要量がかなり増加しています。なお、日本の全エネルギー消費の内、石油が占める割合は約50%です。

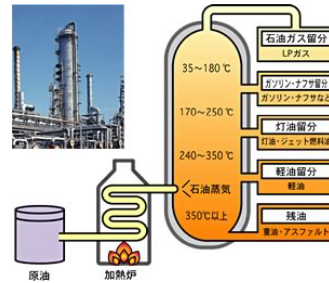
<精製(蒸留)>

- 原油は製油所で精製(蒸留)され、沸点(気体になる温度)の差により、ガソリン・灯油・軽油・重油・潤滑油等の石油製品に分けられます。
- 液体(石油)は蒸気の圧力が外圧(大気圧)に等しくなったときに沸騰するので、大気圧に近い状態で蒸留する常圧蒸留に加えて、低温度で沸騰しやすくする減圧蒸留装置もあります。

(参考)

- 製油所の常圧蒸留装置では、原油は加熱炉で約350℃に加熱され、主精留塔の下方中段に送られます。低沸点留分は気化して蒸気となって塔内を上昇し、高沸点留分は液体のまま下降します。蒸留塔では塔頂ほど温度が低くなるように制御されていて、高沸点分が上部のトレイから、低沸点分はそれらの下部のトレイから順に抜き出され、石油蒸気は沸点が低い留分から高い留分へと順に分けられていきます。沸点35～180℃でガソリン・ナフサ留分、170～250℃で灯油留分、240～350℃で軽油留分が抽出され、蒸留塔の底に残された残油が、重油やアスファルトになります。塔頂からはプロパンガスになるガス留分を取り出します。
- また、様々な装置・工程を経て、ナフサを原料としてガソリン基材、エチレン、プロピレン、ベンゼン・キシレン・その他の化学品原料も製造します。

常圧蒸留装置の仕組み



石油製品の貯蔵・配送

- 原油から精製されてできた石油製品は、油種ごとに製油所の製品タンクに貯蔵されます。それから、タンカー・タンク車(鉄道)・タンクローリー・パイプラインなどで全国各地に配送され、あるいは給油所で給油されて、消費者に利用されます。一部は海外向けにも出荷されています。

各国のエネルギー自給率



<石油価格の推移など> (参考)

- 原油価格の推移は、概略次の通りです。
- 1970頃までは1バレル(barrel)当りUS\$2-3で、1973年の第1次石油危機発生時にUS\$12程度まで高騰しましたが、その後は一桁台の価格に落ち着きました。(バレルは、英語で樽の意味で、約159リットルです)
- しかし、1978年以降は、イラン革命、イランイラク戦争などが勃発して価格が高騰し、US\$30前後の水準で推移しました。
- 1986年頃からは、湾岸戦争の時(1990-1991、イラクのクウェート侵攻により一時期約US\$40まで高騰)以外は、US\$20前後の価格が続きました。
- 2000年頃は、落ち着いた価格に戻りましたが、その後毎年上昇を続け、2008年1月にはUS\$100以上の高価格になりましたが、2008年秋の世界的な金融危機に伴い石油価格も下落し、最近の価格はUS\$ 100以下で推移しています。
- 2000年頃から、原油価格が上昇してきたのは、つぎの理由によるとみられています。
- 米国などの経済が好調な上、経済成長が著しい中国・インドなどで石油消費が増え続け、需要が増加してきました。
- 産油国は増産を続けてきましたが、供給の余力が少なくなってきました。
- 米国などでは石油精製能力に余裕がなく、また投資機会が石油取引市場にかなり投入され(特にNYMEXのWT原油)、価格の変動が大きいなくなりました。
- いずれにしても、原油価格は安く高値水準が続く大規模な値下がりはない、と予想されています。また、原油価格の高騰が続くと世界の経済活動にマイナスの影響を与えるとみられています。一方、原油価格の高騰は、二酸化炭素の排出が少ない代替エネルギーの開発を促進するので、地球温暖化の抑制に貢献すると期待されます。

*世界の石油の需要・供給見通しや日本に石油を長期的・安定的に確保する方策例について理解し、今後どうしたらよいか皆で考えてみましょう。

<日本に石油を長期的・安定的に確保する方策例>

- 産油国と人的交流・経済協力・投資事業などを進める。
- 石油の供給元を中近東だけに集中しないで、分散する。
- 日本の石油開発会社が、海外で石油を発見(探査、タンサ)し、生産する権利の契約(開発権益)を結び、開発する。
- 石油を備蓄する。(原油を輸入し、日本で備蓄する)
- 二酸化炭素の排出が少ない代替エネルギーの開発を進める。

- 上記の例のうち、どれが易しく、どれが難しいかを考えてみましょう。できれば、容易なので実行が進んでいる順に順番をつけてみましょう。
- また、上記以外の方法があるかなどについても、意見を出し合って考えてみましょう。

*** 石油を輸出している国では、どんな生活をしているのでしょうか？ <産油国の生活・食べ物など> (参考)**

- **食べ物**・・・禁じられている食べ物はなに？ お酒は飲めるでしょうか？
- **コーヒーと紅茶**・・・どんなコーヒーや紅茶を飲んでいると思いますか？
- **モスクとコーラン**・・・どんな宗教に関係するのでしょうか？
- **夏の気温**・・・日中には何度ぐらいになるのでしょうか？
- **イスラム暦**・・・日本で使っている太陽暦とは、どのように違うのでしょうか？
- **ペドウィン**・・・ペドウィンとは、誰のことですか？

3. 石油・ガスなどの化石燃料を大量利用しているため、地球温暖化による異常気象・その他様々な環境問題が生じてきたことを理解し、今後の取り組みなどについて皆で考えてみましょう

*** 石油・ガス等の化石燃料利用により発生する主な環境問題**

環境は広範囲の分野を含みますが、ここでは石油・ガスなどの**化石燃料を利用する場合に生じる環境問題**について考えてみましょう。

- 石油やガスを利用していると、どんな環境問題が発生していますか？例えば、自動車に乗ると、自動車はガソリンや軽油を燃料として走りますが、その時、主に**炭酸ガス(二酸化炭素)**、**硫黄を含むガス**、**窒素を含むガスの三種類のガスを排出**します。これらのガスは、車からだけでなく、発電所や工場などからも排出されています。
- 家庭で料理したり、オフロのお湯を沸かしたり、ストーブで暖房する時は、都市ガス・プロパンガス・灯油などを使っています。これらはいずれも燃えると**炭酸ガスと水(水蒸気)**を出します。灯油の場合は硫黄や窒素を含むガスも少量排出します。
- これらのガスが排出されると、どんな環境問題が発生するか、聞いたことがありますか？——石油やガスなどの化石燃料を利用すると発生する主な問題は**地球温暖化・酸性雨・大気汚染**などです。
- (なお、石油やガス利用以外に起因する環境問題には、オゾン層の破壊などがあります)

地球環境問題



4

*** 地球温暖化について**

- 人間の活動が活発になり、技術・産業・経済が著しく発展した19世紀から20世紀にかけて、人間が石油・石炭・ガスなどの化石燃料を大量に消費するようになってから、地球表面の**炭酸ガスなどの濃度が増えた**ために地球は暖かくなり、**異常気象・農産物生産の減少・その他の問題**が出てきたと言われています。
- 化石燃料を燃やすと**二酸化炭素**、**一酸化二窒素(N₂O)**・その他が発生し、特に二酸化炭素は大量に発生します。これらは**温室効果ガス**(メタンガスなども含む)と呼ばれ、熱のエネルギーが大気圏外に出ることを妨げ、地球の温度を上昇させます。(地球に届く**太陽エネルギー**のうち約3割は反射されますが、残りは大気と地表面に吸収されて熱に変わります。その熱は**赤外線**の形で宇宙に放射されますが、その一部は大気中の温室効果ガスに吸収されて(太陽エネルギーの一部が吸収されて)、生物が棲息できるように適度な温度に暖めています。

地球温暖化



5

<酸性雨>



6

種々の車エンジン・燃料電池の仕組みと、環境への影響を探ってみよう。

1. 車の模型を動かして見ましょう

ガソリンエンジン車、電気自動車、燃料電池車、その他

2. 種々の自動車エンジンの仕組みについて

- A. ガソリンエンジン
- B. ディーゼルエンジン
- C. 電気自動車
- D. ハイブリッド車
- E. 燃料電池車

3. 各種エンジンから排出されるガスなどと、それらの環境への影響について

4. 自動車や燃料源などのエネルギー・システムを比較して、どのシステムがよいか、皆で考えてみましょう。

1

1. いろいろな模型を動かして見ましょう

次のような模型を用意しています。

1. **ガソリンエンジンの模型**…シリンダー内部でピストンが上下運動して吸入→圧縮→燃焼→排気行程行うことや、それらがクランクシャフトに繋がって上下運動を回転運動に変わるようすが見られます。電池で動かすと、それらの運動がわかります。
2. **電池で走る車の模型**…本物の電気自動車は複雑な装置が備わっていますが、**電池を使う車模型**も同じように電気で走ります。学校などでも簡単な車模型をグループ毎に作れると思います。
3. **ラジコン模型車**…電池で走りますが、前後・左右の走行をコントロールできます。大小どちらかの模型を持参する予定です。
4. **燃料電池車の模型**…燃料電池に水素を注入して発電し、電気で走る車の模型です。工作用の簡単なキットも販売されていますが、燃料電池部分はやや高価です。

上記以外に**太陽電池車の模型**などもあります。あまり重くならないければ模型を持参します。

2

2. 種々の自動車エンジンの仕組みと排出ガスなど

2-A. ガソリンエンジンの仕組みについて

2-A-a ガソリンエンジンの原理

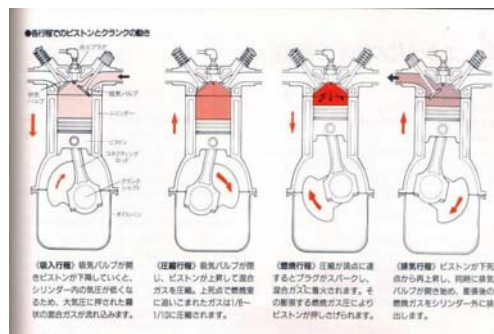
ガソリンエンジンは、長い間改良されてきて、取扱いが容易で、コストも低いので、**現在最も多く利用されている主力エンジン**です。そのエンジンが回転する原理は次の通りです。

1. ガソリンを一定の比率で空気と混合して**吸入**し、**圧縮**したところに着火すると、**燃焼**して急激な膨張が起こります。
2. この膨張する気体の圧力によってピストンが押され、その動きがクランクによって回転運動に変えられます。燃焼ガスは**排気**されます。
3. この回転運動は、駆動輪などによりタイヤに動力が伝えられて車が動きます。

上記でエンジンが回転するためには、吸入→圧縮→燃焼→排気の4行程(動作)が行われます。(スライド4 参照)

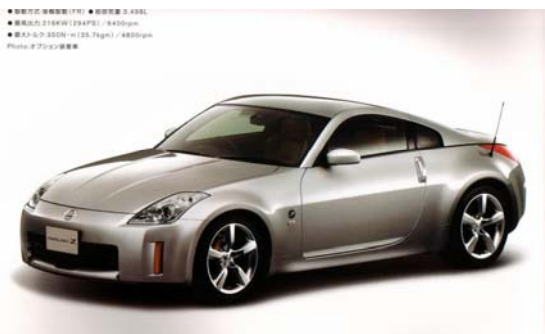
3

ピストンとクランクの動き



4

ガソリン車 (NISSAN FAIRLADY Z)



5

2-B. ディーゼルエンジンの仕組み等について

ディーゼルエンジンがガソリンエンジンと違う点は、主に次の通りです。

1. ディーゼルエンジンでは、**軽油を燃料**として、余熱と高い圧縮圧力(15-25:1)によって**自然着火**させます。(電気火花による点火はしません)
2. 燃焼システムや4サイクルの行程はガソリンエンジンと同じですが、**吸気行程では空気のみが吸入**し、圧縮行程の上死点手前で燃焼室に設けられた副室に**燃料を噴射**するようになっています。

ディーゼルエンジンの有利な点は、軽油は燃焼時間が長く熱効率が高いこと(燃費が良く経済的に有利です)、低い回転数で高いトルク(回転力)が得られること、排気量を大きくすることができることなどです。それで、**トラック・バス・4輪駆動車・船舶などの大型機関**に広く使われてきました。反面、騒音や振動が大きめなこと、エンジンの強度を強くするため重いこと、排気ガス中の炭素分・窒素酸化物が多いことなど不利な面もありますが、研究開発により改善されつつあります。

(参考)上記2.で副室に燃料を噴射するのは、**ノッキング**(ピストンが上死点に達する前に燃焼が始まってしまふこと)を起さないためです。また、改良の例として、**コモンレール式噴射**により、燃料を電子制御して(副室でなく)直接燃焼室に必要なに応じて噴射する方法や、排気ガスを浄化するために**フィルター(DPF)**を装着する方法などがあります。

6

ディーゼルエンジン



7

2-C. 電気自動車の仕組み

電気自動車は、ガソリンではなく、**電池**に蓄えた電気を使って**電動機を回転**させ、その出力を**制御装置**で制御して走行します。電池には、予め**充電器で充電**しておく必要があります。走行中は排出ガスを出しません。

主な装置は、次の通りです。

1. **電池**・・・現在実用化されているものは、鉛電池(PbO₂・Pb・H₂SO₄等から成る)、ニッケル・カドミウムやニッケル・メタルハイドライド電池、リチウムイオン電池があり、後者の2つはエネルギー密度や寿命が優れていますが高価です。(参考)エネルギー密度が大きいと、充電走行距離が長くなります。目標200km
2. **電動機(モーター)**・・・バッテリーから供給される電流が直流なので、**直流電動機**が使われてきましたが、最近では小型軽量でエネルギー効率がよい**交流電動機**が多く使われています。
(参考)その中でも、外側の円筒状の固定子でつくられた回転磁界と、内側の回転子(永久磁石)の磁界が同期して回転するようにした**永久磁石型交流同期型モーター**が主流です。
3. **制御装置**・・・アクセルペダルと連動して、電池から供給される**電気エネルギー**を調整し、**電動機の出力を制御**します。(参考)交流電動機を搭載している場合は、直流に変換する**インバーター**も内蔵しています。
4. **充電器**・・・通常200V・30Aで充電し、電池に**電気を蓄え**ます。

8

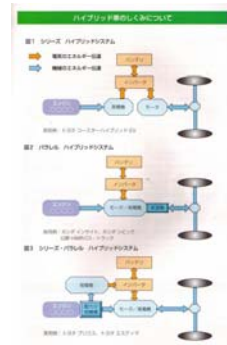
2-D. ハイブリッド車の仕組み

- ・ハイブリッド車は、複数の動力源(石油を燃料とする**エンジン**、**発電機**など)を**組合わせて**、状況に応じて動力源を同時にまたは個々に作動させて走行する自動車です。主に次の3方式に分けられます。
1. **シリーズ ハイブリッドシステム**・・・エンジンで**発電機**を動かして電気を起こし、その電気で**モーター**をまわして駆動する方式です。
 2. **パラレル ハイブリッドシステム**・・・エンジンと**発電機・モーター**の両方で駆動する方式です。発進時や加速時には主にモーターが、走行時や充電には主にエンジンが使われます。
 3. **シリーズ・パラレル ハイブリッドシステム**・・・**シリーズ方式とパラレル方式を組み合わせた方式**です。両方式を使い分けたり、両方を同時に作動したりして、細やかにエンジンの負荷を制御し、エネルギー効率を高めています。

(参考)車の発進時や加速時には、モーターが大きなトルク(駆動力)を発生して燃費も良くなりますが、一方エンジンは2000〜3000回転程度の高速走行になると大きなトルクを発生し、燃費も有利になります。ハイブリッド車は状況により、モーターとエンジンを使い分けて、排気ガスを少なくし、燃費を向上するようにしたものです。しかし動力源を複数もつためにシステムが複雑で重くなるので、小型軽量化と価格低減化を図っています。

9

ハイブリッド車のしくみ



10

2-E. 燃料電池車の仕組み

先ず**燃料電池**について理解してから、**燃料電池車の仕組み**について説明します。

2-E-a 燃料電池の仕組み

燃料電池は、水の電気分解の逆の反応を起こし、燃料とする**水素**と空気中の**酸素**から**電気**と**水**を取り出すものです。

(参考)化学式などを書いておきます。

- ・(空気極の反応) $1/2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$ (Oは酸素を表します)
 - ・(燃料極の反応) $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ (Hは水素、eは電子を表わします)
- (水素イオンは燃料極から電解質内を空気極に向かって移動し、電子を外部の回路で流れるようにすると、その電流を取り出して利用できます)

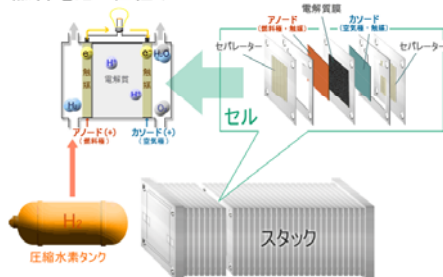
燃料電池は、ほぼ4種類に分けられますが、ここでは比較的開発が進んでいる**固体高分子形燃料電池(PEFC)**について主に説明します。PEFCは次のものから構成されていて、これらを一体化したものをセルと呼んでいます。

- ・セパレーター：燃料極：電解質膜：空気極：セパレーター
 - ・(水素極)
 - ・(アノード) (カソード)
- これらのセルを多数合わせた(積層した)ものが、電池となります。

11

燃料電池の仕組み

燃料電池の仕組み



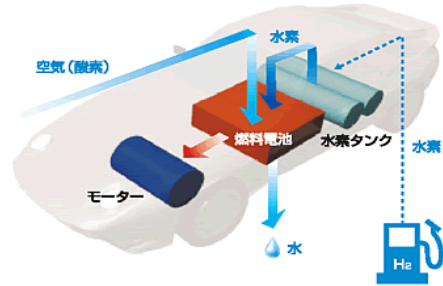
12

2-E-b 燃料電池車の仕組み

- 燃料電池車は、燃料電池で発電しながら電動機(モーター)を回転させ、その駆動力で走行する電気自動車です。それは主に次の装置から構成されています。
 - 直接水素形**燃料電池車の場合
水素を水素ステーションから供給してもらい、燃料電池で発電する場合です。
燃料電池—電動機—制御装置 // **水素タンク**
 - 燃料改質形**燃料電池車の場合
燃料ステーションからガソリン・メタノール等を供給してもらい、**車上で水素に改質**(その過程で炭化水素(CO₂等)も出します)、発電します。
燃料電池—電動機—制御装置 // **燃料タンク—改質装置**
- 燃料電池自体からは水だけを排出し、温暖化の原因となる二酸化炭素や大気を汚染する物質は排出しません。ただし、石油や天然ガス等から燃料となる水素を製造する時は、二酸化炭素などを発生します。水力や太陽電池などによる電気で水素を電気分解して製造する時は、二酸化炭素を発生しません。
- 燃料電池の課題は、材料として使用する白金(電極触媒)、電解質、セパレータの加工費等が高価なため、燃料電池の製造コストがまだまだ高いことです。

13

燃料電池車の構成 I (直接水素形)



14

燃料電池車 II (ベンツ等)



15

3. 各種エンジンから排出されるガスなどと、それらの環境への影響について

3-A. エンジンの燃料源などと排出ガス

エンジンの起動力の元になる燃料源などは、主に次のように大別されます。それらが燃えるときに排出されるガスについても付け加えておきます。

(1) 炭化水素(ガソリン・軽油など)・・・主に二酸化炭素・水(蒸気)を排出します。

(参考) 高温で燃焼すると、有害ガス(窒素酸化物/未燃焼の燃料(水素・炭素から成る)/粒子状物質(主に炭素粒子)なども排出します。

((参考) $C + O_2 \rightarrow CO_2$ $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$)

(2) 電気・・・電気自動車に充電する電源は、通常発電所で発電される電気が送電されてきたものです。排出ガスの割合は、発電機の種類や燃料などにより異なります。

(参考) 火力発電の場合・・・燃料は石油・LNGなので、二酸化炭素を排出します。原子力・水力・地熱・太陽光・風力発電の場合・・・二酸化炭素はごく僅かしか排出しません。しかし、地熱・太陽光・風力発電による発電量の割合は未だごく僅かです。なお、2002年の発電電力量の構成比率は、火力発電(石油・ガス)36%—原子力31%—火力(石炭)22%—水力9%—その他2%です)

16

3-A. エンジンの燃料源などと排出ガス(続き)

(3) 水素・・・燃料電池車の燃料源は水素(H₂O)です。

水素の製造法は次のように大別されます。

a. 化石燃料(石油、天然ガス、ナフサ等)を改質して製造する方法(製造する過程二酸化炭素を出します)。

b. 製鉄・石油化学・食塩製造(電気分解)等で水素を副生する方法(若干の二酸化炭素が出ますが、上記の改質法よりは、排出量が少ないです)。

c. 再生可能エネルギー(太陽光・水力・バイオマス等)から電力を得て、電気分解で水素を製造する方法(一般に二酸化炭素は出しません)。

燃料電池車は、次のように分けられます。

x. 直接水素形燃料電池車の場合・・・水素ステーションで車の水素タンクに水素を充填してから走行します。(水素ステーションには上記a. b. c. で製造された水素が運ばれて貯蔵されます。中長期には主にb.の副生水素が用いられそうです。長期的にはc.の水素を利用するのが望ましいのですが、普及するには今後10-20年程度はかかりそうです)。

y. 燃料改質形燃料電池車の場合・・・燃料ステーションで石油・メタノール等を燃料タンクに積んで、車上で水素に改質して走行します。(車が重くなり、改質過程では二酸化炭素を出しますが、既存のインフラを利用できるので、過渡的に利用される可能性があります)

17

3-B. 各々のエンジン、燃料源、排出ガスの一覧

(エンジン等)	(燃料源)	(排出ガス)
a. ガソリンエンジン	炭化水素(ガソリン)	二酸化炭素(CO ₂) その他有害ガス
b. ディーゼルエンジン	炭化水素(軽油)	二酸化炭素(CO ₂) その他有害ガス
c. 電気自動車	電気	車からはCO ₂ を出さないが、発電過程である程度のCO ₂ を出す。(排出量は少なめ)
d. ハイブリッド車	炭化水素(ガソリン、軽油)	二酸化炭素(CO ₂)など (上記a. b.より排出少ない)
e. 燃料電池車	水素	燃料改質型や副生水素を利用する場合はある程度のCO ₂ を出す。 再生可能エネルギーで製造する水素を使う場合は、CO ₂ を排出しない。

18

3-C. 排出ガスから起こる環境問題

- 上記のエンジンから排出されるガスなどにより、発生している主な環境問題を挙げておきましょう。

3-C-a 地球温暖化

人間の活動が活発になり、技術・産業・経済が著しく発展した19世紀から20世紀にかけて、人間が石油・石炭・ガスなどの化石燃料を大量に消費するようになってから、地球表面の炭酸ガスなどの濃度が増えたために地球は暖かくなり、異常気象(台風やハリケーンの大型化・豪雨や洪水の増加)・干ばつや乾燥による農産物生産の減少・海面上昇(氷河の溶解による)などの問題が出てきました。

19

地球環境問題とエネルギー



20

3-C-b 酸性雨

- 化石燃料が燃焼すると、燃料に含まれている硫黄や窒素が酸素と結合して酸化物となり、それらが大気中へ排出されると、大気中や雲の水分などと結合して硫酸や硝酸になります。

(参考) 硫黄 → 硫黄酸化物(SOx) → 硫酸(H₂SO₄)
窒素 → 窒素酸化物(NOx) → 硝酸(HNO₃)

- それらの汚染物質は雲などに取込まれ降雨時に酸性の雨となって、地表面に降ってきます。それらは酸性雨となる過程で大気中を移動しますので、国境を越える国際的な大気汚染となっています。

尚、硫黄化合物などは、火山の活動などによっても発生しています(日本では全体の約20%)

21

化石燃料が多量消費されている理由

地球温暖化などの問題があるにもかかわらず、化石燃料が多く消費されている理由は

- 他のエネルギーに比べて価格が安く、特に競争が激しい経済活動などに有利です。
- 化石燃料は使いやすい状態になっており、特に石油は液体なので貯蔵・輸送・利用するのが最も容易なエネルギーです。

しかしながら、石油やガスはいずれ埋蔵量が少なくなり、生産コストもだんだん高くなり(巨大油田が少なくなり、より深い所を掘削する必要があるためです)、また環境問題も深刻になる恐れがありますので、その利用が限られてくると考えられています。それで新エネルギーを開発したり、原子力エネルギーの代替エネルギーの利用を増やすよう検討されてきましたが、種々の課題もあり、なかなか進んでいない状況にあります。

22

ハイブリッド車 (TOYOTA ESTIMA HYBRID)



©2010 TOYOTA MOTOR CORP. All rights reserved. Toyota Motor Sales, U.S.A., Inc. (TMS) is a registered trademark of Toyota Motor Sales, U.S.A., Inc. in the U.S. and other countries. Toyota Motor Sales, U.S.A., Inc. is a registered trademark of Toyota Motor Sales, U.S.A., Inc. in the U.S. and other countries. Toyota Motor Sales, U.S.A., Inc. is a registered trademark of Toyota Motor Sales, U.S.A., Inc. in the U.S. and other countries.

23

4-B. 環境面などから、どのエンジン・システムが望ましいかを考えて、順番などをつけてみましょう。

<<例>> ①～⑥の順で、二酸化炭素排出割合が多くなります。

- ①直接水素型燃料電池車...水素の供給方法により、二酸化炭素(CO₂)の排出量が異なり、次の順で排出は多くなります。
 - a.再生可能エネルギーで電力を得て、電気分解で水素を製造する場合
 - b.各種類の製造過程で水素を副生する場合
 - c.化石燃料(石油、天然ガス、ナフサ等)を改質して製造する場合
 但し、水素ステーション等の整備に長期間かかる見込みです。
- ②燃料改質型燃料電池車...改質過程でCO₂を排出します。しかし、既存の化石燃料等の供給設備が利用できます。
- ③ハイブリッド車...CO₂排出量はまだまだ多めですが、既存のインフラが使えます。
- ④電気自動車...CO₂排出量はあまり多くないのですが、充電設備などを整備していく必要があります。
- ⑤ガソリンエンジン...CO₂は排出しますが、窒素や硫黄の酸化物の排出は少なくなりました。
- ⑥ディーゼルエンジン...燃料は軽油で、CO₂排出はガソリンより少ないのですが、窒素酸化物やPM(粒子状物質)の削減が課題になっています。

24

4-D. 地球温暖化問題等解決のための水素・燃料電池 エネルギー社会への移行について

- 最後に超長期的なエネルギー問題解決の方向について、まとめておきましょう。
- 地球上では、二酸化炭素ガスなどの放出増加に伴い、地球温暖化とそれに伴う異常気象の度合いが大きくなり、災害の規模も年々大きくなりつつあると考えられています。また、近年、主要エネルギー源(石油等の化石燃料)の供給不足・枯渇可能性が出てきて価格が高騰し、更に60億人を超えて増加している人口問題を抱えているので、その抜本的な対応策として、**エネルギーの転換**を迫られています。それは燃焼する時に二酸化炭素(CO₂)を放出する**化石燃料**から、それを放出しない**太陽光・水素**(燃焼時に無害の水を放出する)**風力等のエネルギー**に**転換**することです。
- **燃料電池**は水素(H)を燃料としますので、以上の目的に合っており、また**エネルギー効率(発電効率等)も高く**できます。
水素(2H₂) + 酸素(O₂) → 水(2H₂O) (水のみを排出します)

25

「来年度からのエネルギー教育のあり方」

～新学習指導要領に即したエネルギー教育の教材の選び方～

広島大学大学院教育学研究科 角屋 重樹 教授

新学習指導要領に即した エネルギー教育の教材の選び方

エネルギーとは

- エネルギーは物質のように実在する物ではない
- 「物体に 仕事『(力)×(距離)』をする能力がある」ときに
「物体はエネルギーを持つ」
↓
「物体が他の物体を動かす能力をもつ」

エネルギーの種類

- ① 力学的エネルギー
 - ② 熱エネルギー
 - ③ 電気エネルギー
 - ④ 化学エネルギー
 - ⑤ 光エネルギー
 - ⑥ 波のエネルギー
 - ⑦ 核エネルギー
- 位置エネルギー
運動エネルギー

保存則

- ① 力学的エネルギーの保存
力学的エネルギー =
(位置エネルギー) + (運動エネルギー)
- ② エネルギーの保存
エネルギーの総量は一定

小、中学校のエネルギー教育の意義

小学校：エネルギーの実感

- エネルギーの体感
- エネルギーの変換・保存の体感的理解

中学校：エネルギーを定式的にとらえる

- ① 基本的な概念を様々な現象に関係づける力
- ② 数量的データをもとに考察する力
- ③ 科学的に思考し、表現する力

小、中学校の各学年における

エネルギー教育の意義

第3学年

I 学習内容

- (1) 風の働き
- (2) (光の当て方)と(明るさ、暖かさ)
- (3) 地面の暖かさや湿り気の違い
- (4) 磁石に引きつけられる物
- (5) 電気を通す(つなぎ方、物)



II 教材観

- ① 風力や太陽光、磁石、電気などをエネルギーとして体感する
- ② 体感や観察によってエネルギーを感覚的にとらえる。
- ③ 自分の意志により、光や乾電池によるエネルギーを制御する。

第4学年

I 学習内容

- (1) 光電池の働き

II 教材観

- ① 太陽の光のエネルギーが電池として電気に変換される。



○ 光エネルギーは電気エネルギーに変換される。

- ② 光電池のエネルギーを化学エネルギーとしての電池と比べると、なくなる。

第5学年

I 学習内容

- (1) 振り子の運動
- (2) 電流の働き(磁化、極の変化、電磁石)

II 教材観

- ① 振り子の運動→位置エネルギーと運動エネルギーの関係



力学的エネルギーが保存

- ② 電磁石 → 電気と磁石の相互関係 → 発電機

第6学年

I 学習内容

- (1) 発電、蓄電
- (2) 電気の、光、音、熱への変換
- (3) 電気による発熱

II 教材観

- ① 電気エネルギーは、熱、光、音などのエネルギーに変換される。
- ② エネルギーは様々なエネルギーに変化するが、それは保存されている。

中学校第1学年

I 学習内容

- (1) 力とバネの伸び

II 教材観

- ① バネの弾性力による位置エネルギー



万有引力による位置エネルギー

- ② 力によりエネルギーが顕在化

中学校第2学年

I 学習内容

- (1) 電流がつくる磁界
- (2) 磁界の中の電流が受ける力
- (3) 電磁誘導と発電
- (4) 電気とそのエネルギー(電力量、熱量)

II 教材観

- ① 電流と磁界の相互関係の定式化
- ② 電流と磁界による発電
- ③ 電力量と熱量の関係の定式化

中学校第3学年

I 学習内容

- (1) 仕事とエネルギー
- (2) 力学的エネルギーの保存
- (3) 様々なエネルギーとその変換
- (4) エネルギー資源(放射線を含む)

II 教材観

- ① 仕事とエネルギーの関係
- ② 閉じた系におけるエネルギーの変換
- ③ エネルギーの保存

「来年度からのエネルギー教育のあり方」

～エネルギー問題をどう教材化するか～

京都教育大学大学院教育学研究科 山下 宏文 教授

エネルギー問題をどう教材化するか

京都教育大学 山下 宏文

<講演内容>

1. エネルギー環境教育とは

→ エネルギー問題に対応できる環境教育の必要性

2. エネルギー問題の教材化

①エネルギー環境教育のカリキュラム開発

- ・ エネルギー環境教育東京ワークショップの事例
→ 認識内容を、存在・有用・有限・有害・保全の五つの視点から構成する。
- ・ アメリカ・ウィスコンシン州エネルギー教育プログラムの事例
→ 四つのメインテーマ（12のサブテーマ）から102のエネルギー概念を構成する。

②エネルギー問題の教材化に向けて

- ・ 中学校における教材化例
→ 自然・地理・環境条件、歴史的条件、政治・国際・社会的条件、科学・技術、消費・日常生活の五つに対応した教材
- ・ 小学校における地球温暖化の教材化例
→ 北極からの手紙、ホッキョクグマの生態と地球温暖化、北極地方の人々と温暖化、温暖化のしくみや影響、温暖化防止のために（ぺんてる発行）

3. これからのエネルギー環境教育のあり方

- ・ 学力形成としてのエネルギー環境教育を
- ・ 将来の社会を展望するエネルギー環境教育を
- ・ 問題意識の共有と教育課程への明確な位置づけを

＜資料＞

『持続可能な社会に向けたエネルギー環境教育の実践』（国土社・2009.2 発行予定）より

1. エネルギー環境教育の目標 — 未来へのまなざしをもった人間形成

エネルギー環境教育が目指すところは持続可能な社会の実現である。持続可能な社会に向かって、エネルギーの問題を解決しながら持続可能な社会に相応しいエネルギー利用のあり方を創出してゆくための教育である。

(財) 社会科経済生産性本部・エネルギー環境教育情報センターが2006年に作成した「エネルギー教育ガイドライン」では、エネルギー教育（エネルギー環境教育）の目標を「持続可能な社会の構築をめざし、エネルギー・環境問題の解決に向けて適切に判断し行動できる人間を育成する」としている。また、この目標にもとづき学校教育におけるエネルギー教育の目標は、「持続可能な社会の構築をめざして、エネルギーやエネルギー・環境問題にかかわる諸活動を通じてエネルギーやエネルギー・環境問題に関する理解を深める共に課題意識を醸成し、その解決に向けて適切に判断し行動できる資質や能力を養う」となっている。

未来へのまなざし

こうしたエネルギー環境教育の目標を達成するためには、「未来へのまなざしをもった人間形成」を強く意識することが重要である。

本来、教育というものは、こらからのあるべき社会像を展望し、それに向かって進んで行かなければならないものである。現在の学校教育の関心は、もっぱら学力の向上に集中しているが、学力は「社会とのかかわり」で論じられなければならない、社会と切り離れたところでそれをとらえてもあまり意味はない。重要なことはこれからの社会を生きるうえで必要な学力とは何かを見極めることである。そのためには、明確な社会像の展望をもたなければならない。曖昧な社会像からは曖昧な学力観しか生じないのである。

これからのあるべき社会像といっても、不明確なこと、不確実なこと、不安定なことなどが多くあるのも事実である。しかし、明確になっている社会像もある。それは、「持続可能な社会」という社会像である。未来に向かって持続可能な循環型の社会を創出していかなければならないということは、全世界がめざす共通の社会像でもある。こうした社会の実現に向けて、地域環境や地球環境に対する関心と理解を深め、その問題解決のために実践行動できる人間形成を図ることが、こらからの教育の本質として問われねばならない。エネルギー環境教育においては、「未来へのまなざし」が強く必要である。

総合性の原理

未来へのまなざしを持ち、実践行動のできる人間形成を図るためには、そこに「総合性の原理」が貫かれていなければならない。ここでいう「総合性」とは、単に内容の学際的・総合的性格のみを意味しているわけではない。環境教育の三つの視点の総合こそが、総合性の原理の本質である。

環境教育の三つの視点とは、「環境について」、「環境の中で／からの」、「環境のために」のそれぞれの視点である。これらは「環境に対する正しい認識」、「環境をとらえる技能と感性」、「環境をよりよくする態度や行動」といったことと対応するが、これらの視点はそれぞれが個別にあるのではなく、三つが総合されたところに環境教育が成立するのである。単に認識を育てればよいと言うわけでもなく、調べる力が身に付けばそれでよいというわけでもない。「認識」と「学ぶ力」と「態度」が一体となり総合されなければならない。こうした総合によって初めて、「環境と自分とを一体的にとらえ、鋭い感性と認識力を用いて、環境システムをとらえ、環境問題や環境の質の向上について価値判断に基づく実践的解決行動をする人間的資質」すなわち「認識と価値判断に基づく実践的解決行動の人間的統合の資質・能力」という 21 世紀を生きる「知的市民性」6) が育つのである。

持続可能な社会を実現するという未来へのまなざしをもち、エネルギーの問題にかかわる認識と価値判断に基づいて実践行動のできる人間の育成が、エネルギー環境教育の目指すところである。

2. エネルギー環境教育の内容 — 認識内容の構造化を図る

エネルギー環境教育が扱う内容は、この教育が学際的・総合的であるということからも明らかなように、かなり広範囲で多岐にわたっている。認識内容が広範囲になればなるほど、全体像がぼやけてしまい、曖昧な認識や部分的な認識、あるいは誤った認識に留まってしまやすい。総合的な認識をしっかりとるようになるために、認識の構造化が必要である。そして、そうした認識の構造化を可能とするためには、認識内容を構造化しておくことが前提である。全体と部分という関係が明確になっていれば、部分を積み上げることによって全体を構築できるが、全体が不明なところで部分を積み上げても、それはいつまでも部分の寄せ集めにすぎない。

エネルギー環境教育の認識内容の構造化に関して、東京のエネルギー環境教育ワークショップが開発したモデルと、アメリカのウィスコンシン州のエネルギー教育プログラムを紹介しておくこととする。

エネルギー環境教育東京ワークショップが開発した認識内容の構造 1)

東京のエネルギー環境教育ワークショップでは、エネルギー環境教育の認識内容の構造化を図るために、エネルギーをとらえる視点として「存在」「有用」「有限」「有害」「保全」の五つを設定した。これら五つの視点から「エネルギー」をとらえると、次のような認識内容が現れてくる。

- ・存在 — エネルギーの存在や性質に関すること
- ・有用 — エネルギーの生活や社会における利用に関すること
- ・有限 — エネルギー資源の有限性に関すること
- ・有害 — エネルギーの利用に伴って生じる有害性に関すること

・保全 — エネルギーの保全に関すること

これらの内容は、まず、身のまわりのエネルギーの存在に気付くことから始まる。そして、自分たちの生活や社会において、エネルギーが重要な役割を果たしていることを確認する必要がある。そのうえで、エネルギー資源には限りがあることやエネルギーの利用によって廃熱・廃棄、環境破壊等の有害性も生じることに着目する必要がある。そして、「有限」という枠組みの中で、「有害」をいかに減少させ、「有用」を持続させていくかという「保全」の視点からの認識形成を図っていくこととするのである。

こうした五つの視点から、小学校から高等学校までを見通した概念形成の体系を一覧表にしたのが表1である。この概念形成の枠組みは、現在、改訂中であるが、基本的な構造に変更はない。

ウィスコンシン州のエネルギー教育プログラムにおける認識内容の構造 2)

アメリカでは、早くからエネルギー教育の体系的なカリキュラムを開発してきている。そのひとつにウィスコンシン州のエネルギー教育プログラム (K-12 Energy Education Program) がある。このプログラムは、州が産官学協働の非営利団体を設立し、そこで幼稚園から第12学年(高等学校)までの体系的なエネルギー教育のプログラムを開発し、普及、実施、評価まで行っていくというものである。

このプログラムにおいて、体系的な概念形成の枠組みが提示されている。その枠組みは、4つのメインテーマのもとに12のサブテーマを配し、さらにその下に102の形成すべき基本的概念を設定するというものである。4つのメインテーマと12のサブテーマは次のようになっている。

- メインテーマ1. 私たちはエネルギーを必要とする
 - ①エネルギーの定義
 - ②エネルギーに関する自然の法則
 - ③システムにおけるエネルギーの流れ
 - ④非生物のシステムにおけるエネルギーの流れ
 - ⑤生物のシステムにおけるエネルギーの流れ
 - ⑥人間社会を含めた生態系におけるエネルギーの流れ
- メインテーマ2. エネルギー資源の開発
 - ⑦エネルギー資源の開発
 - ⑦⁺再生可能エネルギー資源の開発
 - ⑧エネルギー資源の消費
- メインテーマ3. エネルギー資源の開発効果
 - ⑨生活・生命・人生の質
 - ⑩環境の質
- メインテーマ4. エネルギー資源の利用管理
 - ⑪エネルギー資源の利用管理

⑫エネルギー資源の開発と利用の未来展望

これらのメインテーマ及びサブテーマの下に、形成すべき具体的概念が示されることになるが、その一例としてメインテーマ3の⑩環境の質における具体的概念を示すと次の通りである。（（）内の数字は対象学年の範囲）

- ・エネルギー資源の開発や利用は身の回りの環境の状態を変化させる。（K-4）
- ・急激なエネルギー資源の開発と利用は環境の急激な変化をもたらすこともある。（5-8）
- ・ウィスコンシン州の環境はエネルギー資源の開発と利用で変わり続ける。（5-8）
- ・再生可能エネルギーの使用は環境への影響が少ない。（5-8）
- ・環境の回復より保護の方が費用、エネルギーともかからない。（9-12）
- ・再生可能エネルギーの技術の開発、製造、流通及び据え付けに環境絡みの費用と便益がある。各技術とその適用（例えば集中と分散）ごとに特有の費用と便益が伴う。（9-12）

こうした具体的概念がそれぞれのサブテーマの下に設定され、その合計が102となるのである。

こうした、概念形成の枠組みや具体的概念を明確にすることにより、認識の構造化が図られ、エネルギーにかかわる総合的な認識が可能となる。

3. エネルギー環境教育の方法 — 探求型の学習を重視し子ども主体性を発展させる 子どもの主体性の確立

エネルギー環境教育の学習方法は、環境教育の学習方法と基本的に同じである。この学習においては、こどもの「主体性」をいかに確立していくかということが重要である。ここでいう「主体性」とは、学習主体である子どもの生き方やあり方にかかわることであり、「生きる力」としての「自ら課題を見付け、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する資質や能力」に直接かかわることである。

子どもは、これまでの社会を見直し、これからは持続可能な社会を構築する市民として生きていかなければならない。今日の地域社会や地球社会において、最も重要な課題のひとつは、エネルギーの問題の解決である。そのためには、社会を構成する一人ひとりが問題の所在を自覚し、地球益・人類益といった観点にたって行動しなければならぬ。

こうした主体性を確立させるためには、学習にあたり次のような諸点からの検討をしておくことが必要になる。

- ・子どもは現実の社会生活の中で、「エネルギー」に対してどのようなイメージや認識をもっているか明らかにするとともに、学習主体がどのような関心や知識、解決への意欲をもっているかを明らかにしておくこと
- ・現在のエネルギーの問題が、日常的、地域的、地球的レベルでどのような問題構造を有しているのかを明らかにするとともに、それらの問題が学習主体と直接・間接にどうかかかわっているかを明らかにしておくこと

主体性の原理を確立するためには、学習者が主体性をもって学習を進めていくことであ

る。主体性をもって学習するためには、学習者の関心や問題意識が明確にされなければならない。したがって、そうした学習者の関心傾向や問題意識、知識や行動に関してしっかり把握しておくこと、すなわち「エネルギー」に対する学習主体の意識、認識、行動の様態がどのようなになっているかを明らかにしておくことが必要である。

また、学習の出発点における学習者の関心や問題意識は、「あるもの」ではなく「喚起すべきもの」である。主体性は、動機づけられるべきものあるいは学習によって拡大していくものであり、決して最初から存在するわけではない。関心や問題意識を喚起するためには、現在のエネルギーの問題と学習主体の密接なかかわりを浮き彫りにし、自分自身の問題として意識させることである。そのためには、エネルギーの問題の構造を明確にし、それらと学習主体とのかかわりを具体的に提示することができなければならない。曖昧な問題意識は、曖昧な認識形成や態度形成に留まってしまう。

学習者の主体性は、学習による学習者の意識、認識、行動などの変容をたえず評価していくことによって期待することができる。学習前の学習者の意識、認識、行動の様態を明らかにしておくことは、その後の変容をきちんととらえるための前提となる。そして、エネルギー環境教育を通して、学習者の主体性はエネルギーの問題の解決に向けての価値観や態度、行動力の形成といった人間形成に向かっていくことにならなければならない。

探求型学習の重視

子どもの主体性は、問題をつかむ、予想する、調べる、話し合う、表現する、発展するといった一連の探求型学習を重視することによって発揮できる。その中で子どもは、自ら「学び方」をも獲得していくことになるのである。「調べる」活動では、特に、体験、観察、測定、調査、実験等の具体的活動が重視されなければならない。こうした探求型学習を基本としつつ、子どもの発達段階に応じて、体験型学習、参加型学習、問題解決型学習等を組み込んでいくことが必要となる。体験型学習は、子どもの経験の再構成を図ることを目的とした学習で、自然体験や社会体験を通しての自然やエネルギーとの対話や人とのふれ合いなどを重視する。また、この体験型学習は学習の動機づけや興味・関心の喚起といった点からも重視されなければならない。参加型学習は、エネルギーにかかわる活動や行動を通して、環境保全の意味や重要性を考えると、その具体的な方法を身に付けることを意図する学習である。さらに、問題解決型学習は、子ども自らが見つけたり感じたりした問題を子ども自ら追求し、追求していく過程で培われた思考や価値判断に基づいて実践的行動へと発展させ、子ども自らが問題解決に取り組んでいく学習である。

学習方法においては、小学校の低学年は体験型学習を中心とし、それ以降は探求型学習を基本としながら行動型学習や問題解決型学習にも取り組み、高等学校では問題解決型学習の要素を強めるといった発達段階に即した発展が必要である。

関係機関との連携

エネルギー環境教育の方法において、関係機関と連携するということも積極的に推進する必要がある。エネルギーに関係する企業やNPO、行政や研究機関等においては、学校

教育との連携に極めて積極的な機関が多い。こうした機関には専門的知識や技能をもった人材が豊富に存在する。学校では準備できないような機器や機材なども備えている。また、国内外のエネルギー事情に関する最新のデータや新しい技術開発の動向にも詳しい。さらに、学習用のカリキュラムや教材まで用意しているところもある。こうした関係機関を積極的に活用することにより、エネルギー環境教育の学習をより充実させることができる。

関係機関との連携において重要なことは、学習の意図の共有である。連携に対する意思の疎通である。何のための連携か、カリキュラムのどの部分にかかわるのか、どんな知識や技能を求めているのか、その学習の目標は何かといったことに対する明確な共通理解が必要である。そして、あくまでも教育の主体は、学校であり教師である。連携機関は教育目標を効果的・効率的に達成するための支援者であり、教師の意図のもとでこそ役割を果たすことができるということを忘れてはなるまい。こうした連携にあたっての前提条件を踏まえれば、連携先に「おまかせ」といったことはあり得ないし、また「企業の見地」が授業に持ち込まれることもない。

エネルギー環境教育を進めるにあたって、関係機関との連携を上手に位置づけることが求められている。

<注>

1) 佐島群巳, 高山博之, 山下宏文編『エネルギー環境教育の理論と実践』, 国土社, 2005, pp.76-81.

2) 原口博之・碓多香子「アメリカ ウィスコンシン州のKEEPカリキュラム」, エネルギー環境教育研究会編『持続可能な社会のためのエネルギー環境教育～欧米の先進事例に学ぶ～』, 国土社, 2008, pp168-187.

<参考文献>

佐島群巳, 山下宏文, 石原淳, 鈴木真, 伊原浩昭「エネルギー環境教育の体系化に関する研究」, 帝京短期大学紀要, N0.14, 2006, pp.97-114.

山下宏文編著『エネルギー環境教育Q & Aワーク』, 明治図書, 2008

海外におけるエネルギー環境教育

Trends of Energy and Environmental Education in Foreign Countries



山下 宏 文*
Hirobumi Yamashita

1. はじめに—欧米におけるエネルギー環境教育の分類

海外といっても、欧米の先進諸国に限られることであるが、これらの国々では早くから教育において「エネルギー」の問題に取り組んできた。その取り組みは、我が国と比べればかなり先行しているとしか言いようがない。近年では、「持続可能な開発のための教育」といった考え方が国際的に浸透しつつあり、特に欧州の先進国などではこの観点から「エネルギー」の問題の扱いをさらに重視しようとしている。

欧米の先進国のエネルギー環境教育の取り組みをその特徴で見ると、おおよそ3つに分類することが出来る。

まず、フランスのように、まさに「エネルギー」の問題を中心としたエネルギー教育を展開しようとするタイプである。スウェーデンはこのタイプから出発した。

スウェーデンは、1980年の原子力発電をめぐる国民投票以後、教育における「エネルギー」の問題の扱いを重視してきた。そのころの教科書をみると、自然科学系、社会科学系の何れの科目においても「エネルギー」に関して詳しく記述されている。また、総合的な科目の教科書でも「エネルギー」に関する内容を大きく扱っている。これらの教科書における記述の特徴としては、「事実やしくみの説明を中心とし、価値的な方向づけをしない」「トレードオフの関係を必ず提示する」「原子力発電に関する内容を詳しく扱う」「将来の社会を見据える」といったようなことが指摘できる。

フランスとスウェーデンの原子力発電に対する政策は、フランスは原子力中心、スウェーデンは脱原子力というように正反対であるが、教育におけるスタンスは共通する。政策を教育に持ち込むのではなく、あくまでも国民が選択する上で必要な知識や態度の形成を図るということである。「エネルギー」の「かしこい選択」をするためには、

それに見合うだけの知識や資質が不可欠であるという認識である。

次がドイツのように「エネルギー」の問題を環境教育のひとつの重要な内容として位置づけ、環境教育の一環として展開しようとするタイプである。イギリスがこのタイプに分類できる。

イギリスは、1970年代初頭の環境教育の草創期から、「エネルギー」の問題を環境教育の重要な内容として位置づけてきた。例えば、1960年代の末に開発された大学入試資格試験(Aレベル)のための「環境学習」教授要目では、環境学習の内容として、4つのセクションを設けているが、その第1のセクションは「自然の中でのエネルギーの流れと資源の限界」となっている。その後、セクション2「生態系」、セクション3「環境の中での有機体としての人間」、セクション4「フィールドスタディ」となっている。このように、イギリスの環境教育では、「エネルギー」は環境を認識するための基本的事項として扱ってきているわけである。

ドイツが環境教育として「エネルギー」の問題を重視し始めたのは1980年代後半であり、イギリスに比べるとやや遅れる形となる。しかし、ドイツの場合は、環境をよくしていくためには「エネルギー」の問題への対応が不可欠であり、日常生活において省エネ実践ができる態度形成が必要であるという捉え方を前面に出している。

3つ目のタイプはアメリカである。アメリカは、環境教育として「エネルギー」の問題を捉えるというより、国家戦略という観点を意識しつつ、科学教育や技術教育の中で「エネルギー」の問題を重視してきた。また、連邦レベルや州レベルでエネルギー教育の体系的なプログラムも開発している。連邦レベルではNEED (National Energy Education Development) のプログラム、州レベルではウィスコンシン州のKEEP (K-12 Energy Education Program) などが知られている。こうしたプログラムを通して、幼稚園から高等学校までを一貫したエネルギー教育が行えるようになってきている。

欧米の先進国におけるエネルギー環境教育の取り組みの

*京都教育大学教育学部教授

〒612-8522 京都市伏見区深草藤森町1

E-mail: mountain@kyokyo-u.ac.jp

特徴を3つに分類してみたが、以下ではそれらの分類を代表する「フランス」「ドイツ」「アメリカ」のそれぞれの国における取り組みを詳しく見てみたい。

2. フランスにおけるエネルギー環境教育

エネルギー資源に乏しいフランスは、国家的にエネルギー教育（エネルギー環境教育）を重視し、積極的に取り組んできた。フランスの教育は、社会的な課題に対して敏感に反応するが、エネルギー問題にも早くから対応してきた。

フランスがエネルギー教育を重視するようになるのは1970年代の後半からである。オイルショックやアメリカの原子力発電所の事故などを通して、エネルギー問題への関心が教育においても高まってゆく。1980年代になると脱原子力で登場したミッテラン政権下、エネルギーの安全保障に関する政策論議を経て、フランスは原子力中心のエネルギー政策へと転換してゆく。そうした中で「エネルギー教育」はまさに教育的課題として大きくクローズアップされることになる。1990年代になり、国内におけるエネルギー問題が落ち着いてくると、社会的にも教育的にもエネルギー問題への関心は低下してくる。しかし、2000年代になり地球温暖化の問題や持続可能な社会の構築といった課題が大きく浮上してきたことで、エネルギー教育の重要性が再び注目され、その実践の徹底が促されるようになっていく。

フランスのエネルギー教育は、教育課程や教科書に明示して展開するというのが特徴である。教育課程における「エネルギー」の扱いは、次のようになっている。

○小学校高学年（8～10歳）

科学－使用可能なエネルギー源の簡単な例示，エネルギー消費と節約，太陽光発電暖房器についての概念

○中学校（11～14歳）

生命科学・地球科学－臓器の作用とエネルギーの必要性，地球の内部活動

技術－エネルギー（機械の動きで活用されるさまざまなエネルギー）

総合的テーマ－エネルギー，環境

○高等学校（15～17歳）

生命科学・地球科学－地球の熱機構，機構の働きとエネルギー，エネルギー保存の法則からのアプローチ，原子核反応

歴史・地理－人間社会と環境，19世紀半ばから1939年までのヨーロッパと北米における工業時代，第5共和政下のフランス，フランスと領土

公民・法律・社会－市民権と科学・技術の発展，市民権と新しい正義と平等の要請，市民権とEUの創設，市民権とグローバリゼーション

科学（技術課程）－エネルギー補給，社会常識，電気配

線の法規

地理・歴史（技術課程）－今日の世界，現代科学・テクノロジー・コミュニケーションの進歩

2005年の中学校科学分野の教育課程の改訂において、「総合的テーマ」という科目が必須で創設された。その目的は次のようになっている。

「生徒が中学校教育を修了した時に、自分の生きている世界を総括的にイメージできるようになっていることが求められる。このイメージは、個人にとっても社会にとっても必要な問題を学習することによって得られる。共通な知識の習得という目的を明確にすることで、生徒は学習科目間の密接な関係を認識でき、また総合的な視点から現代社会の現実を分析することができるようになるのである。」

この目的に基づいて、6つのテーマが設定されている。6つのテーマとは、「エネルギー」「環境と持続可能な発展」「気象学と気候学」「科学的視点からの世界の統計的考察様式」「健康」「安全」であるが、「エネルギー」が第1のテーマ、「環境と持続可能な発展」が第2のテーマとなっている点に注目したい。すなわち、現在のフランスの教育においては、「エネルギー」や「環境」にかかわることがらを重視し、「持続可能な社会を目指す教育」を前面に打ち出していることが読み取れるのである。また、第3のテーマである「気象学と気候学」というのも「地球温暖化」と密接に関わっている。

総合的テーマとしての「エネルギー」の扱いに関しては、「エネルギーやエネルギー資源に関わる問題は公平な考えを必要とする重要な社会的課題であること」、さらに「地球の未来のために世界的規模でのアプローチが必要であること」といった認識に基づくとしている。そして、「将来、選択しなければならないときに、市民として見識のある議論ができるように、この分野での知識を持つことが望ましい」となっている。

中学校における総合的テーマ「エネルギー」の位置づけは、小学校からの継続・発展として、さまざま分野の用語を使用しながら「まとまりのあるエネルギーのイメージをつくりあげ、エネルギー概念理解の基礎をつくる」ことである。小学校では、主に、エネルギー資源について学習し、中学校では、エネルギー資源とエネルギー変換の概念を中心に学習する。そして、これらの概念が「生命体の機能の仕方を理解すること、機械や経済構造を分析すること」に不可欠であり、持続可能な発展の視点から安全、環境、社会経済の問題を合理的にとらえる基礎でもあると述べられている。

この科目は、科目独自の時間枠をもって行われるのではなく、その他の科目の中で総合的に展開することを求めている。つまり、単に自然科学分野の科目だけに限定される

のではなく、人文・社会科学分野などの科目においても「エネルギー」の内容を総合的に扱わなければならないのである。こうした扱いは位置づけを曖昧にしてしまう危険性も孕んでいるのだが、それを「必修」とすることで回避しようとする強い姿勢も感じ取れる。総合的テーマ「エネルギー」の内容は、科学・技術的だけではなく、歴史的かつ地理的にもとらえられなくてはならないとし、教科の枠組みを超えるまさに総合的な扱いを求めている。

このようにフランスでは、そもそも教育課程の中に「エネルギー」の問題を意識して位置づけ、将来の社会を担う子ども達が、市民として国民としてそれを認識し、その解決や選択に対して判断できるようにしようとしているのである。それは、フランスの教育がそのときどきの社会における課題を敏感に意識し、社会に生きる力を子ども達に身に付けさせようとしているからに他ならない。

3. ドイツにおけるエネルギー環境教育

ドイツは連邦制のため、教育のあり方もそれぞれの州によって違いがある。そこで、ここではノルトラインベストファーレン (NRW) 州のエネルギー環境教育のあり方について紹介する。これをドイツ全体の動向としてとらえてもさほど支障はないと思う。

ドイツの教育は、極めてボトムアップ的である。州ごとに教育課程は定められているが、そこで示された目標の達成に対して、内容や方法の選択に対する学校や教師の裁量は大きく認められている。そのため、州が策定したエネルギー環境教育の系統的なカリキュラムがすでにあり、それに基づいて実践が行われるというのではなく、学校ごとに子どもや地域の実態に合わせた独自の実践を行うという形となる。その代わりに、学校 (教師) を支えるための行政や関係機関の密接な連携体制が整えられている。

例えば、デュッセルドルフ市では、市の環境課が中心となって、50-50プロジェクトという取り組みをおこなっている。これは、学校が行った省エネ活動によって生じた節約費用の半分を学校に戻すという制度である。学校は、子どもとともに単に省エネ活動をするだけではなく、それをエネルギー環境教育の一環として位置づけることが求められる。学校がエネルギー環境教育を行うために、市はエネルギー環境教育の専門家も学校に派遣する。学校は、エネルギー環境教育を教科の中や課題学習として位置づけ、その学習を省エネ活動へと結びつけていくことになる。2005年現在で、市内の幼稚園から小学校、中等学校までの学校のほぼ半数が参加していた。

幼稚園では、エネルギーの節約を体験的・経験的に身に付けていくことを重視する。「エネルギー保安官」となる子どもを任命し、その子どもを中心に、電気、熱、水の節

約に取り組む。絵本や紙芝居、ぬりえやゲームなどの教材を通して、エネルギーの節約に関心をもたせていく。登園した子ども達に、停電の状況をつくりだし、電気が使えない生活を体験させたりもする。こうした学習を、市から派遣されるエネルギー環境教育の専門家と密接に連携して行っている。

小学校 (6~9歳) では、ザッハウントーリヒトという総合的性格の教科があり、そこでエネルギーや環境について学ぶようになっている。ここでも体験や具体的な活動を重視した学習が行われ、「風で動く車をつくろう」や「家庭の中でどのようにエネルギーを節約するか」など、身近なエネルギーに関して学んで行くとともに、日常生活における省エネ活動に結びつけられて行く。

中等学校 (10~18歳) では、総合制かギムナジウムなどの校種による扱いの違いはあるが、基本的には、理科や社会のような教科の中で「エネルギー」に関する内容を学ぶとともに、テーマ学習のような形で探究型の学習を取り入れてゆく。中等教育の後期は、グループなどによるテーマ研究が中心となる。テーマ研究の例としては、蛍光灯の「スターター」を使用することでどのくらいの電気使用の節約が可能となるかという研究や1日の校内における電気の使用場所と使用量の変化を調べ、電気の節約をいかに図るかという研究などがあった。

こうした取り組みを支援しているのは行政だけではない。州の委託によってエネルギー利用に関するコンサルティングを行っているエネルギーエージェンシー NRW や NRW 州の自然保護アカデミーなどの機関も学校のエネルギー環境教育を支援するようになっている。エネルギーエージェンシーは業務の中で「エネルギー学校プロジェクト」というものを位置づけ、学校における省エネ活動とエネルギー環境教育の推進を図っているし、自然保護アカデミーでも、学校へ出向いてエネルギー環境学習を行うような態勢を整えている。

また、エネルギー学習を行うための施設などもある。例えば、オフフォーヘンの「エネルギーの館」では、エネルギーについて体験的、実感的に学べるような設備を用意し、指導員が子ども達の指導に直接あたるようになっている。

ドイツにおけるエネルギー環境教育は、具体的な省エネ活動へと向かう「省エネ」教育の性格が強いように思われる。しかし、だからといってエネルギー問題の限られた部分しか扱っていないのかということではなく、原子力発電の問題やエネルギー資源の確保などについても、学習の中では扱っている。エネルギーに関する学習を環境教育の重要な部分として位置づけ、よりよい環境をつくるためには一人ひとりの省エネ活動が欠かせないという方針が、ドイツのエネルギー環境教育には貫かれているようである。

4. アメリカにおけるエネルギー環境教育

アメリカは、環境教育として「エネルギー」の問題にあまり関心を向けて来なかった。環境教育としては、もっぱら「生物多様性の維持」といったような生態的な問題が中心であった。こうした環境教育のあり方は、日本と共通していると言える。

しかし、環境教育として「エネルギー」の問題を扱ってこなかったから、アメリカの教育はこの問題を軽視してきたといつてよいかというところではない。科学教育や技術教育として、この問題を重視して来ているのである。特に、1960年代後半から70年代にかけて欧米で始まったSTS (Science, Technology & Society) 教育は、科学や技術を社会的文脈の中でとらえ、子どもの科学的、技術的リテラシーを育成しようとするものであるが、こうした考えを取り込んだ科学教育や技術教育において、エネルギーの問題が重視されないわけがなかった。

また、1980年には連邦議会の決議によって全米エネルギー教育開発プロジェクト (The National Energy Education Development Project) も進められており、そのための専門機関が設立されている。専門機関では、エネルギー教育に取り組む教師、行政機関、企業等のネットワークを形成し、エネルギー教育の指針の作成、プログラムの提供、教師のためのワークショップの開催などを行いエネルギー教育の普及に努めている。

NEEDプロジェクトは体系的なエネルギー教育のプログラムを提供しているが、それは幼稚園 (5歳) から第12学年 (17歳) までを対象とするもので、「エネルギーの科学」「エネルギー資源」「電気」「効率と保存」「総合」といった内容を5つのステップとして、具体的な操作や実験、ゲームや表現活動などを通して学ぶようになっている。

さらに、州レベルで積極的な取り組みをしているところもある。ウィスコンシン州では、1995年からKEEP (K-12 Energy Education Program) という産官学協働の非営利団体を設立し、幼稚園から第12学年 (高等学校) までの体系的なエネルギー教育のプログラムの開発、普及、実施、評価という取り組みを始めている。この取り組みを通して、州内の学校におけるエネルギー教育の普及及び改善を図ろうとするのである。

KEEPのエネルギー教育のプログラムの特徴は、概念形成の枠組みとその概念形成を図るための学習活動を具体的に提示していることである。

概念形成の枠組みとしては、4つのメインテーマのもとに12のサブテーマを配し、さらにその下に102の形成すべき具体的概念を設定する。4つのメインテーマと12のサブテーマは、次のようになっている。

メインテーマ1. 私たちはエネルギーを必要とする

- ①エネルギーの定義
- ②エネルギーに関する自然の法則
- ③システムにおけるエネルギーの流れ
- ④非生物のシステムにおけるエネルギーの流れ
- ⑤生物のシステムにおけるエネルギーの流れ
- ⑥人間社会を含めた生態系におけるエネルギーの流れ

メインテーマ2. エネルギー資源の開発

- ⑦エネルギー資源の開発
- ⑦+ 再生可能エネルギー資源の開発
- ⑧エネルギー資源の消費

メインテーマ3. エネルギー資源の開発効果

- ⑨生活・生命・人生の質
- ⑩環境の質

メインテーマ4. エネルギー資源の利用管理

- ⑪エネルギー資源の利用管理
- ⑫エネルギー資源の開発と利用の未来展望

これらのメインテーマ及びサブテーマの下に、形成すべき具体的概念が示されることになるが、その一例としてメインテーマ3の⑩環境の質における具体的概念を示すと次のようである。()内の数字は対象学年の範囲)

- ・エネルギー資源の開発や利用は身の回りの環境の状態を変化させる。(K-4)
- ・急激なエネルギー資源の開発と利用は環境の急激な変化をもたらすこともある。(5-8)
- ・ウィスコンシン州の環境はエネルギー資源の開発と利用で変わり続ける。(5-8)
- ・再生可能エネルギーの使用は環境への影響が少ない。(5-8)
- ・環境の回復より保護の方が費用、エネルギーともかからない。(9-12)
- ・再生可能エネルギーの技術の開発、製造、流通及び据え付けに環境絡みの費用と便益がある。各技術とその適用 (例えば集中と分散) ごとに特有の費用と便益が伴う。(9-12)

こうした具体的概念がそれぞれのサブテーマの下に設定され、その合計が102となるのである。こうした、概念形成の枠組みと具体的概念を明確にしていることがKEEPの特に優れたところであると言えよう。

また、こうした概念形成を図るための学習活動も提示されている。例えば、メインテーマ3「エネルギー資源の開発効果」に対して、6～8歳までの活動 (調べ活動の対象を含む) として、次の7つが示されている。

- ・エネルギーの宣伝
- ・エネルギー利用の費用
- ・核廃棄物の処理

- ・汚染物質の処理
- ・エネルギー利用の過去と現在
- ・エネルギーの請求書を読む
- ・エネルギー・メーターを読む

このKEEPのプログラムは、2006年までに Wisconsin 州の約 6 万人の教師のうち、約 3000 名に活用されているということであるが、今後さらに浸透していくものと思われる。

5. おわりに—欧米のエネルギー環境教育から学ぶこと

欧米の先進諸国におけるエネルギー環境教育の取り組みは、我が国と比べるとだいぶ進んでいるように思われる。ただ、それぞれの国のエネルギー環境教育のあり方は、それぞれの国のエネルギー事情や教育事情などによって、ずいぶん異なる。このことは、それぞれの国のエネルギー事情や教育事情に基づいたエネルギー環境教育のあり方を構築していかなければならないということであり、どこかの国の取り組みをそのまま真似ればよいというわけにはいかないということの確認でもある。

しかし、それぞれの国のエネルギー環境教育の取り組みの共通部分を明らかにしてゆくと、そこにエネルギー環境教育の本質や日本が学ぶべきことがらが見えてくるように思われる。

そこで、最後に欧米のエネルギー環境教育に共通していることがらを整理し、我が国においても学ぶべきと思われることを指摘しておきたい。それは、次のような諸点である。

- ①エネルギー環境教育を「持続可能な社会」の実現にむけた重要な教育のあり方として位置づけていること
- ②多くの科目において「エネルギー」の問題を扱うとともに、それらを単なる知識の習得に留めるのではなく、探究や問題解決に結びつけていること
- ③科学的な概念形成とエネルギー問題への対応を密接に結びつけ、確かな認識に基づく実践行動のとれる市民を育成しようとしていること
- ④自国のエネルギー事情を教育内容にしっかり反映させて

いるが、自国のエネルギー政策を教育に持ち込むのではなく、子どもが選択や価値判断を行うのに必要な知識・概念を形成するという立場を貫いていること

- ⑤原子力発電に関して詳しく扱うとともに、さまざまな観点や多様な意見を提示し、選択や価値判断は子どもに委ねるという姿勢を徹底していること
- ⑥日常生活や子ども自身の生活とのかかわりを大切にするとともに、実験や調査などの操作的活動を重視し、子どもの主体的な学習を実現していること

近年になって、我が国の教育界においても、ようやくエネルギー環境教育への関心が広がりつつある。平成 20 年版の学習指導要領でも、「持続可能な社会の構築」へ向けた教育の取り組みが強調されており、今後さらにエネルギー環境教育の重要性を高めていくものと思われる。

こうした状況下にある我が国は、エネルギー環境教育に先進的に取り組んできた海外の取り組みに学び、我が国独自のエネルギー環境教育のあり方を確立していくことが今後の大きな課題となる。

参考文献

- 1) 佐島群巳, 中山和彦編; 世界の環境教育, (1993), 国土社.
- 2) 藤本太郎; エネルギー教育最前線—世界の教科書から—, (1994), 悠々社.
- 3) 柴田義松編; 海外の「総合的学習」の実践に学ぶ, (1999), 明治図書.
- 4) 山下宏文; 諸外国における「資源・エネルギー」に関する教育の動向, 佐島群巳, 高山博之, 山下宏文編; 「資源・エネルギー・環境」学習の基礎・基本, (2000), 115-122, 国土社.
- 5) 山下宏文; 欧米諸国のエネルギー教育—フランス, イギリスを中心に—, エネルギーレビュー, 20-11 (2000-11), 19-23.
- 6) 下条美智彦; ヨーロッパの教育事情から—イギリス・フランス・ドイツの義務教育事情—, (2003), 春風社.
- 7) 山下宏文; アメリカにおけるエネルギー環境教育, 佐島群巳, 高山博之, 山下宏文編; エネルギー環境教育の理論と実践, (2005), 46-54, 国土社.
- 8) 橋場隆; ドイツのエネルギー環境教育の状況, INSS JOURNAL, 13 (2006-5), 37-63.
- 9) 山下宏文; エネルギー教育—初等教育から積極的取り組み— 一 仏・独の具体例を見る—, エネルギーレビュー, 27-5 (2007-5), 20-23.
- 10) エネルギー環境教育研究会編; 持続可能な社会のためのエネルギー環境教育—欧米の先進事例に学ぶ—, (2008), 国土社.