

主題1 導入-2

**エネルギーが拓いた社会
社会が選ぶエネルギー**

1. 導入-2

エネルギーが拓いた社会、社会が選ぶエネルギー

想像してみよう？ 人類がエネルギーに求めてきたものは何だろう。
今後の社会に求められるエネルギーは何だろう。

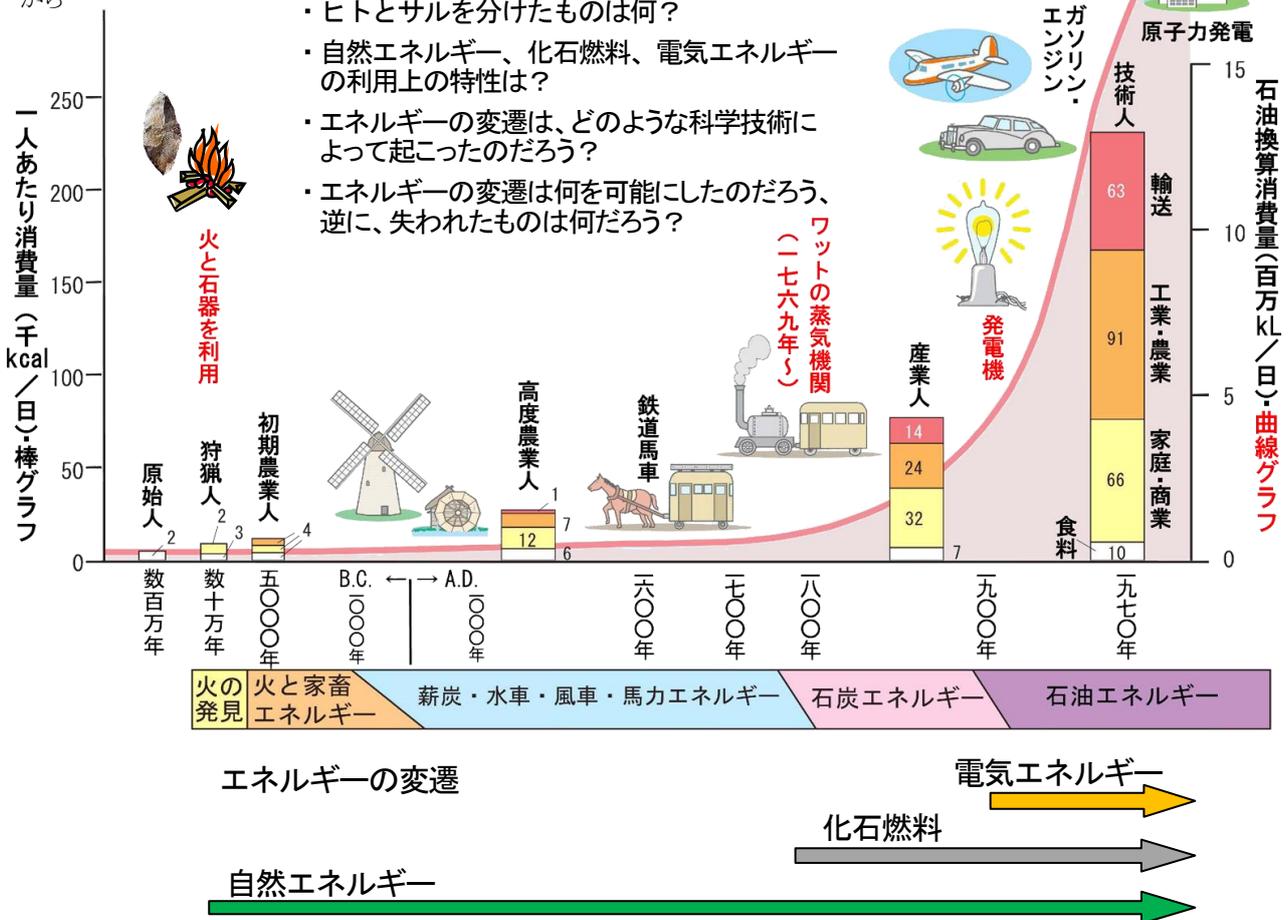


当時の人の
気持ちになって、
考えてみよう

1. エネルギーの変遷と社会

これまで人類が利用してきたエネルギーをその特性から三段階に分類した。それぞれのエネルギーにはどのような利用上の特性があり、それが社会や暮らしをどのような方向に導いてきたのだろうか。

出所：総合研究開発機構
「エネルギーを考える」
から



- ・ヒトとサルを分けたものは何？
- ・自然エネルギー、化石燃料、電気エネルギーの利用上の特性は？
- ・エネルギーの変遷は、どのような科学技術によって起こったのだろうか？
- ・エネルギーの変遷は何を可能にしたのだろうか、逆に、失われたものは何だろうか？

ワットの蒸気機関
(一七六九年)



エンジン



発電機

<ヒトとサルを分けたもの>

様々な考え方があがるが、脳の観点からは、直立二足歩行によって脳が進化する可能性がもたらされたこと、そして火の利用によって食生活が改善され大脳新皮質の発達が促されたことがあげられる。ヒトもサルも共通の祖先から進化した動物であり、脳の基本構造は変わらない。しかし、新しい脳の部分が発達することによって、人類は後天的な情報を蓄え利用することが可能となった。本能をつかさどる古い脳の束縛から自由になった。けれども、火の利用(すなわち自然エネルギーの利用)を覚えた人類は、もはや火(すなわち自分以外の外部的エネルギー)なくしては生きていけない動物となった。また、腰痛など現代人を悩ます病いも直立歩行に始まる。

<原始人は何ワット？>

上表をみると原始人のエネルギーは 2,000kcal/日となっている。原始人は自分の身体だけを使って生きていたわけであり、この値は人間一人の生命維持に要する平均的エネルギーに相当すると考えられる。

キロカロリー (kcal) は食べ物の熱量 (エネルギー) を表すときに用いられるエネルギーの単位で、換算係数 (1cal=4.18J) を使ってジュール (J) に変換できる。すなわち、

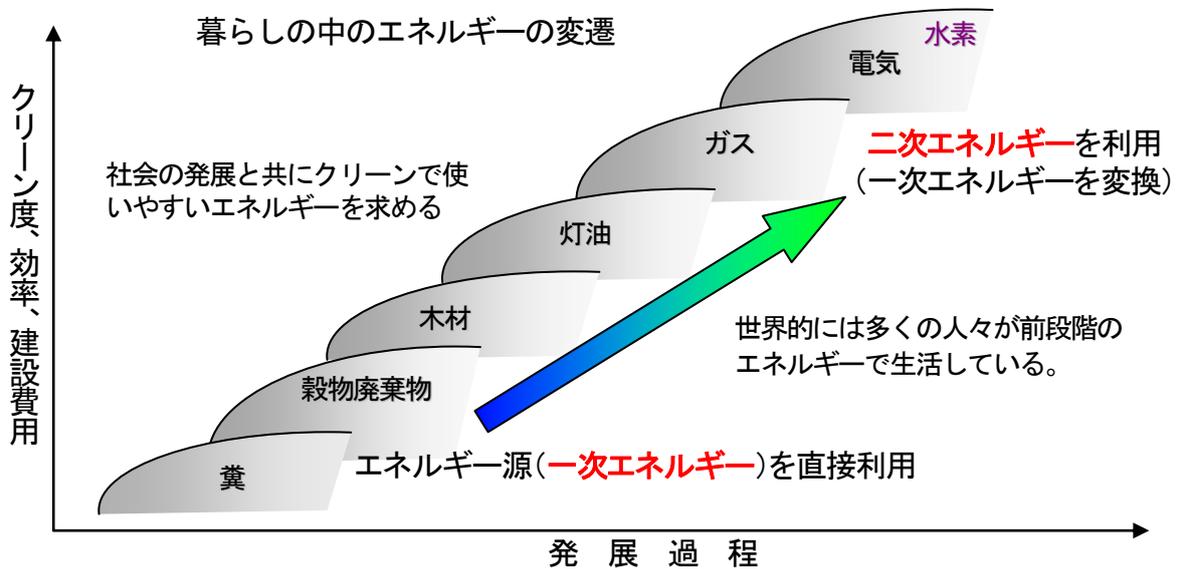
$$2,000\text{kcal/日} = 8,360\text{kJ/日}$$

1日は86,400秒なので、これから1秒当たりのエネルギーを求めると、約0.1kJ/秒、すなわち100W*である。

$$\text{※ } W = J/\text{秒}$$

2. 今後の社会のエネルギー

社会の発展とともに、人々はエネルギーにパワーだけでなく、快適さやクリーンさも求めるようになってきた。電気エネルギーはコンセントにつなぐ煩わしさを除けば、スイッチ一つで空気のように使える理想に近いエネルギーである。しかし、同時にコンセントの向こう側に大きな忘れ物をしてきたのかもしれない



出所:内山洋司「エネルギー鳥の眼、虫の眼」原子力文化2004.5から



- ・コンセントの向こう側に忘れてきたものは何だろう。
- ・今後の社会において求められるエネルギー利用はどのようなものだろう。



- ・人々がエネルギーに求めてきたもの、今後の社会に求められるエネルギーについて、気付いたことや考えをまとめよう。
- ・エネルギーを取り巻く状況や科学技術について、知りたいこと、深めたいことをあげてみよう。

<産業革命とエネルギー>

産業革命の直前まで、暖房・調理・土器製造・冶金用等の熱源には、世界中で薪炭や木材が用いられていた。また、建築用、造船用の木材需要も多かった。このため、産業革命前には、英国の森林はほぼ消滅し、存亡の危機に瀕した製鉄業が、やむなく石炭の使用を思いついた。産業革命の背後にはこのような「森林資源の枯渇」の克服があった。

ワットの蒸気機関に代表されるエネルギー変換技術は、人々を自然エネルギーの制約から解放し、エネルギー密度の高い化石燃料を効率的に利用する道を開いた。巨大な産業が可能となり、生産性があり、人々の生活水準が飛躍的に向上した。そして、人口の急増と都市への集中が始まった。

現代は電気の時代である。しかし、現代でもほとんどの電気は化石燃料からつくられている。

<エネルギーの貧困 (Energy Poverty) >

国際エネルギー機関 (IEA) は、家庭レベルでのエネルギーの貧困を、「電気の利用の欠如」と「調理用燃料の伝統的なバイオマスへの依存」の2つで評価している。

- ・世界では14億人が電気を使えない生活をしている。
- ・2030年には、バイオマスに依存する人が現在の27億人から28億人に増える。室内の煙による早死は2030年には150万人を超え、マラリヤや結核より高い。

(出所:「Energy Poverty Can we make modern energy access universal? World Energy Outlook 2010 IEA」)

電気は単に便利なエネルギーというより、健康で文化的な生活を実現するのに欠かせない存在である。わが国は国際社会の一員として、エネルギーの貧困にあえぐ人々の解消に向けて支援を行う義務がある。

主題1「導入-2（エネルギーが拓いた社会、社会が選ぶエネルギー）」の学習展開

授業のねらい：人類がエネルギーに求めてきたものをエネルギーの変遷を通して振り返り、生活水準の向上や科学技術の発達とともにその背後に忘れてきたものが何かを再確認することによって、今後の日本のエネルギーのあり方に対する関心を高め、その後の学習につなぐ。

所要時間：1時間

学習の展開

WS：ワークシート

学習項目	学習のポイント	教師用資料・WSとの関連等
<p><問いかけ> 人類がエネルギーに求めてきたものは何だろう。今後の社会に求められるエネルギーは何だろう。 当時の人の気持ちになって、考えてみよう</p> <p>1. エネルギーの変遷と社会</p> <p>ヒトとサルを分けたもの</p> <p>エネルギー変遷の歴史</p> <p>エネルギーの変遷と科学技術</p> <p>エネルギーの変遷がもたらしたもの</p>	<p>人類の生活水準の向上や科学技術の発達を、エネルギーの変遷と対比させることによって、エネルギーが社会に及ぼした影響や人類がエネルギーに求めてきたものを振り返り、その延長線上にある将来社会の姿（社会像）と、その社会を支えるためにエネルギーに求められるものを考察する。</p> <p>人々の暮らしが、社会が利用できるエネルギーと密接に関わっていることを再認識させるとともに、今後の日本のエネルギーのあり方に対する関心を高めさせたい。</p> <p>社会の発展の背景にあるエネルギーの変遷と、それを利用する科学技術の発達やエネルギー消費量の増加の歴史を振り返り、暮らしとエネルギーの関わりを再認識する。</p> <p><質問1></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ヒトとサルを分けたものは何だろう？ ー火（エネルギー）の利用がヒトとサルを決定的に分けた。同時にエネルギーの利用なしでは生きていけない生活が始まった。 ・自然エネルギー、化石燃料、電気エネルギーの利用上の特性は？ ーそれぞれのエネルギーの利用上の特性とそれが社会の発展や暮らしに及ぼした影響を確認する。 ー可能であればパワーとエネルギー（量）の価値について触れたい。 ・エネルギーの変遷は、どのような科学技術によって起こったのだろうか？ ーエネルギーの変遷にはそれを可能とする科学技術の進歩があったことを認識したい。 ・エネルギーの変遷は何を可能にしたのだろうか、逆に、失われたものは何だろうか？ ーエネルギーの利用は多くのことを可能とするが、同時に多くの弊害も生みだしてきた。長所を最大限に生かし、短所を最小限にするバランスのとれた利用を心がけることが重要である。 	<p>教師用資料・WSとの関連等</p> <p>教師用 Q1,Q2 Q1_補 1-6</p> <p>WS1「エネルギーの変遷」 教師用 Q3-Q5</p> <p>WS2「電球の消費電力」 WS3「ワットの蒸気機関」 教師用 Q6</p> <p>WS1「エネルギーの変遷」 教師用 Q7,Q8</p>

学習項目	学習のポイント	教師用資料・WSとの関連等
<p>2. 今後の社会のエネルギー</p> <p>暮らしの中のエネルギーの変遷</p> <p>人々が求めてきたエネルギー</p> <p><まとめ></p> <ul style="list-style-type: none"> 人々がエネルギーに求めてきたもの、今後の社会に求められるエネルギーについて、気付いたことや考えをまとめよう。 エネルギーを取り巻く状況や科学技術について、知りたいこと、深めたいことをあげてみよう。 	<p>社会の発展とともに暮らしの中で人々がどのようなエネルギーを求めてきたかを振り返り、今後の社会を支えるために必要なエネルギーについて考える。なお、わが国だけではなく全世界の状況にも目を向ける必要がある。</p> <p><質問2></p> <ul style="list-style-type: none"> コンセントの向こう側に忘れてきたものは何だろう。 <ul style="list-style-type: none"> エネルギーのほとんどを海外に依存しながら、あるのが当たり前の電気の背後にある課題を考えてみよう。 今後の社会において求められるエネルギー利用はどのようなものだろう。 <ul style="list-style-type: none"> エネルギーの利用はどのような将来社会を望むかと一体で考える。 <p>・学習を振り返り、気づいたことを再確認する。</p> <p>・今後の学習に向けて、知りたいこと、深めたいことを書かせ、集めておく。</p> <p>—科学に興味がある生徒には、エネルギー利用における科学技術の可能性についてあげせるとよい。</p>	<p>教師用 Q7-Q9</p> <p>WS4「忘れものをあげてみよう」 教師用 Q10</p> <p>WS4「忘れものをあげてみよう」 教師用 Q10</p>

WS1：エネルギーの変遷

WS2：電球の消費電力

WS3：ワットの蒸気機関

WS4：忘れものをあげてみよう

ワークシート1：エネルギーの変遷^{せん}

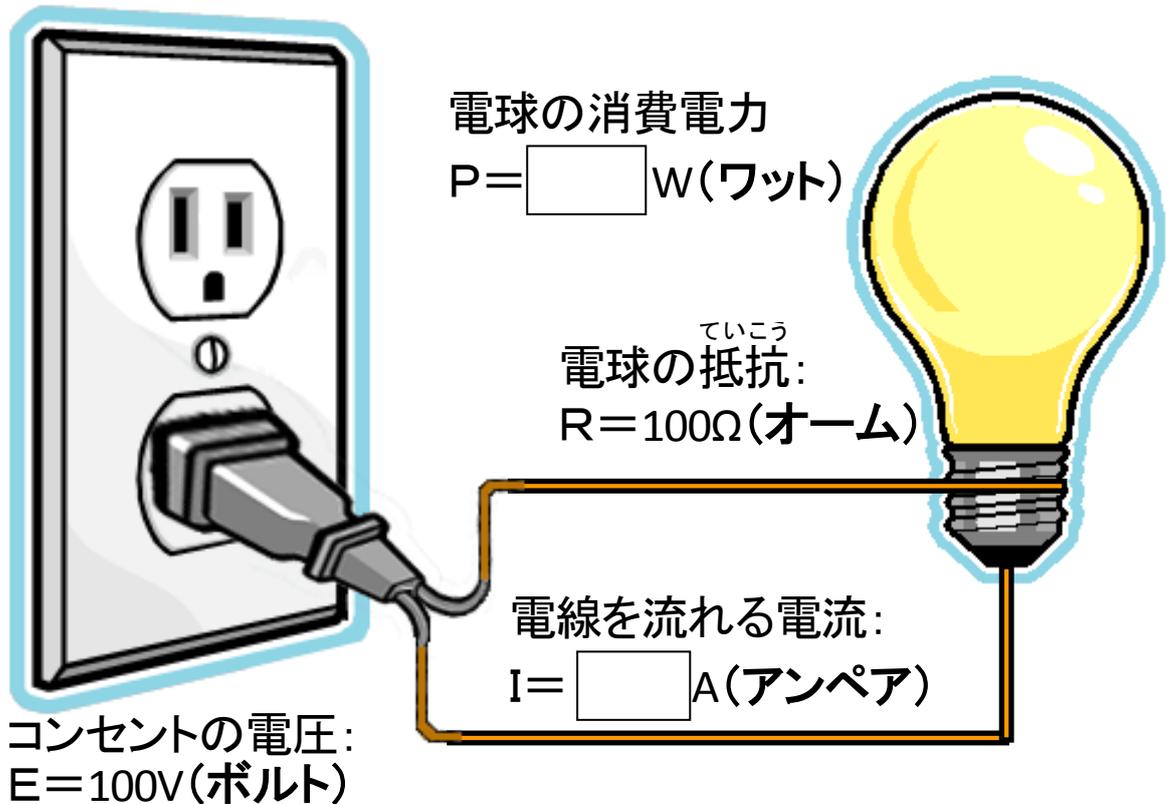
人類が利用してきたエネルギーの変遷^{せん}について、空欄^{らん}に入る言葉を考えよう。

	自然エネルギー	化石燃料	電気エネルギー
エネルギー源	その時の太陽エネルギー	石炭・石油・天然ガス（古代の太陽）	化石燃料、原子力、自然エネルギーなど様々
利用上の特性	太陽から供給される範囲内	確保できた資源量の範囲内	（基本的に資源量の範囲内だが） 空気のようにコンセントからいつでも
社会や暮らしの変化	（ ）エネルギーの制約内で、自由に エネルギー を使えるようになった。	制約がなくなり、社会が自由に パワー を利用できるようになった。	普通の暮らしで、 スイッチ一つ で欲しい時に欲しいだけの実現した。
エネルギーの変遷 ^{せん} を可能にしたキーとなる科学技術	道具の製作・利用技術	ワットの蒸気機関	電磁誘導による発電機
上述の科学技術がエネルギー利用にもたらしたもの	エネルギー利用の道 ^{ひら} を拓く	エネルギー密度の高い化石燃料のエネルギーを効率的に運動エネルギーに変換 ^{かん} する道 ^{ひら} を拓く。	高度なエネルギー利用の道 ^{ひら} を拓く。
社会にもたらされたもの（両面）	<ul style="list-style-type: none"> 生産性の向上 文明の発達 森林喪失などの環境壊変 	<ul style="list-style-type: none"> 生産性の飛躍的向上 工業化社会 人口の急増 大気中CO₂の増加 資源の枯渇 	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー利用の高度化 生活の質の向上 グローバル社会 エネルギー利用に伴う営みがコンセントの向こう側に隠れる 原子力利用に伴う課題（安全性・廃棄物）

【注】ワークシートとして利用時は、斜字のところは空白にする

ワークシート2：電球の消費電力

1. 点灯時、電気抵抗が 100Ω （オーム）の電球の消費電力を求めよう。



- ① $E = I \times R$ の関係（オームの法則）から電流を求める。

$$I (\text{A}) = 100\text{V} \div 100\Omega = 1\text{A}$$

- ② 電力は $P = E \times I$ の式で求められる。

$$P (\text{W}) = 100\text{V} \times 1\text{A} = 100\text{W}$$

2. 10時間、点灯し続けた時の消費電力量を計算しよう

- ③ 電力量（エネルギー）は電力に時間を乗じて求められる。単位は簡便な Wh（ワットアワー、千倍の補助単位“k”が付くとキロワットアワー）が用いられることが多い。J（ジュール）で表す場合、時間を秒に直して計算する。

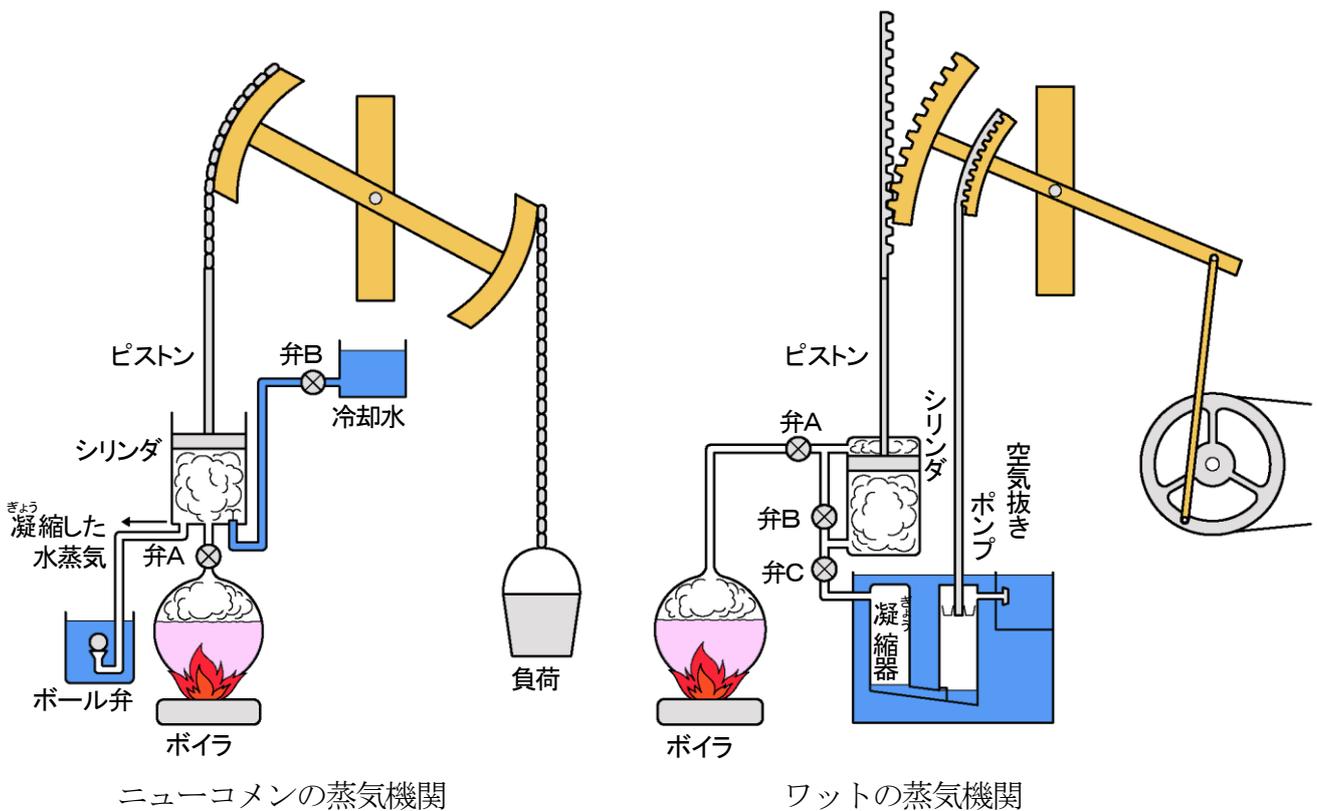
$$\text{消費電力量} = 100\text{W} \times 10\text{h} = 1000\text{Wh} = 1\text{kWh}$$

$$\begin{aligned} \text{消費エネルギー} &= 100\text{W} \times (10\text{h} \times 3,600\text{s/h}) = 3,600,000\text{J} \\ &= 3,600\text{kJ} \end{aligned}$$

ワークシート3：ワットの蒸気機関

ワットが改良する前のニューコメンの蒸気機関とワットが改良した蒸気機関の構造と動作の順番を下に示す。ワットの改良によって、熱効率は2倍以上に向上したと言われる。熱効率改善のポイントはどこにあるのか考えてみよう。

熱効率改善のポイント：凝縮器を設けシリンダをサイクルごとに暖め直す無駄をなくした。
 ニューコメンの蒸気機関ではサイクルごとにシリンダ内に直接冷却水が注入され、蒸気が凝縮することによってピストンが下がる。したがって、次にピストンがあがり蒸気がシリンダに注入されるとき再びシリンダを加熱する必要がある（冷えたままでは蒸気が溜まらない）。
 ワットはシリンダ外のところに別に蒸気の凝縮器を設け、シリンダを毎回加熱する無駄をなくした。これによって2倍以上の効率改善が図れ、石炭を大幅に節約できた。



ニューコメンの蒸気機関の動作	ワットの蒸気機関の動作
① ピストンは上死点(最も上になる位置)直前、A開、B閉でピストン下部に蒸気が充満。	① ピストンは上死点直前、A閉、B開、C閉でピストン下部に上部から流入した蒸気が充満。
② 上死点に達するとB開、A閉となり、シリンダ内に冷却水が入りピストン下部の蒸気が凝縮して、ピストンが下死点(最も下になる位置)まで下降。負荷側が持ち上げられる。	② 上死点に達するとA開、B閉、C開となり、ピストン下部の蒸気は凝縮器に流れて凝縮するのでピストンが下降、同時にピストン上部にボイラから蒸気が流入。負荷側が持ち上げられる。
③ 下死点に達するとA開、B閉となり、負荷側の重さでピストンが上昇するのでピストン下部に再びボイラから蒸気が流入。②で発生した凝縮水はボール弁を通して排出される(ボール弁は一方にしか水を流さない)。 以降、②と③を繰り返す。	③ 下死点に達するとA閉、B開、C閉となり、ピストン上下の圧力がバランス。負荷側の重さでピストンが上昇するのでピストン上部の蒸気が下部に移動。同時に空気抜きポンプが凝縮器の空気を排出する。 以降、②と③を繰り返す。

参考：「A HISTORY OF THE GROWTH OF THE STEAM-ENGINE.」 <http://www.history.rochester.edu/steam/thurston/1878/>

ワークシート4：忘れものをあげてみよう

1. 自分自身のコンセントの向こう側の忘れもの^{*}について、下表に示された視点で、思い付くことをあげてみよう。

※エネルギーや電力の問題について

- ・気付いていなかったこと
- ・考えないようにしていたこと
- など

<コンセントの向こう側の忘れもの>

・エネルギー安全保障

・かん えいきょう環境影響

・コスト（費用）

・安全

・その他（ ）

2. エネルギーを取り巻く状況^{きょう}や科学技術について、知りたいこと、深めたいことをあげてみよう。

Q1. ヒトとサルを分けたものは？

直立二足歩行
脳の発達

=>脳の比較

脳が大きくなると……

道具の利用



てこと圧力



Q2. エネルギーの観点からは？



火の利用！

火を使うとどんな良いことが……

食べ物を調理する

食べられるもの増加→堅果類やイモ類、腐りかけた肉、寄生虫を含む動物)、土器(煮炊きが可能となりさらに食べられるものが増)

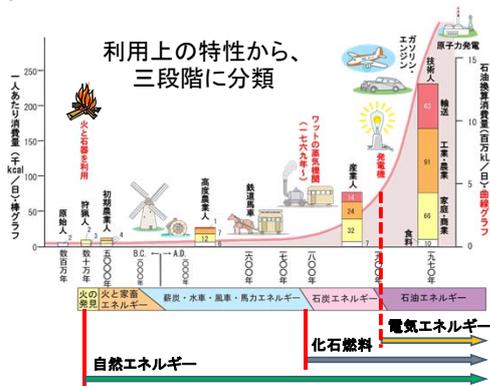
外敵から身を守る

暖をとる
灯りの確保

団らん=>世代間の知恵の伝承
火守り=>身障者などの弱者に役割

自然界のエネルギーを利用して、暮らしを変えていく歴史が、ここから始まった

Q3. エネルギー変遷の歴史は？



利用上の特性とは……

	自然エネルギー	化石燃料	電気エネルギー
エネルギー源	その時の太陽エネルギー*	石炭・石油・天然ガス(古代の太陽)	化石燃料、原子力、自然エネルギーなど様々
利用上の特性	太陽から供給される範囲内	確保できた資源量の範囲内	(基本的に資源量の範囲内だが)空気のようにコンセントからいつでも
社会や暮らしの変化	太陽エネルギーの制約内で、自由にエネルギーを使えるようになった。	制約がなくなり、社会が自由にパワーを利用できるようになった。	普通の暮らしで、スイッチ一つで欲しい時に欲しいだけを実現した。

※その他に地熱、潮汐エネルギーも含まれる

Q4. エネルギーとパワーの違いは？

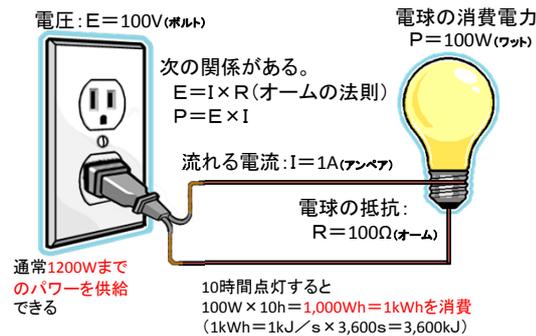
- エネルギーの二つの(価値の)側面
 - ・パワー: 仕事率、すなわちエネルギーの流れの速さ
単位: 標準的には W(ワット)
 - ・エネルギー(量): 仕事の総量(積算値)
単位: 標準的には J(ジュール)
- **パワーとエネルギー(量)の関係**
 $W(\text{ワット}) = J(\text{ジュール}) / s(\text{秒})$
 1秒間に1ジュールのエネルギーを使うパワー(エネルギーの流れの速さ)が1ワット
- **パワー(という価値)があると、**
 - ・早く仕事ができる
 - ・高い能力の仕事ができる
- **エネルギーが多い(という価値)があると、**
 - ・多くの仕事ができる

(注) 主題2(1)教師用Q13の追加Qも参照

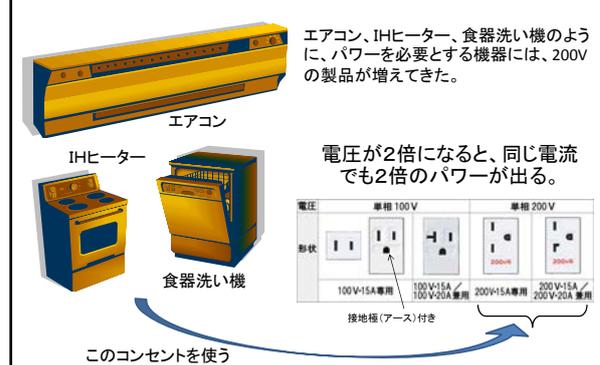
価値を具体的に示すと……



電気回路で表すと……



200Vはパワフル……



Q5. グラフの単位はkcalだけど？

- cal(カロリー)はエネルギーの別の単位。k(キロ)は1000倍を表す補助単位。熱エネルギーや食べ物のエネルギーを表すのに、よく用いられてきた。
- 原始人の2,000kcal(キロカロリー) / 日は、人間一人の生命維持に要する平均的エネルギー、現代人も同様だ。

【参考】
1kWh=860kcalの関係を
利用する2000kcalを
24時間と860の積で
割って約100Wが簡単に
求められる。

1cal=4.18Jの関係があるので、
2,000kcal / 日 = 2,000,000 x 4.18 = 8,360,000J / 日
1秒あたりにすると、
8,360,000 ÷ (24 x 60 x 60) ≈ 100J / 秒 = 100W
すなわち、我々一人一人が100Wの電球に対応する。



- 人間は、全体の20~30%のエネルギーを、脳で消費していると言われる。パソコンが発熱するのに似ている。100Wのエネルギーは周囲に熱エネルギーとして放出される(そうしないと我々は茹で上がる)。だから、締め切った教室はだんだん暑くなる。

1970年の技術人は10,000kcalも食べている……

- 食料生産に要するエネルギーを集計した値だ。原始人の食料は、自然食品そのものであり、まさしく「太陽の恵み」だ。



- 現代の食料は化学肥料、温室、トラック輸送などを経て食卓にあっており、いわば「古代の太陽の恵み」だ。

2000kcalが栄養分として摂取した直接エネルギー、残りの8000kcalは、生産、輸送、廃棄などに要した間接エネルギー

- 1970年の技術人は全体では230kcal / 日、すなわち一人では115人分、

食料、電気製品、新聞やTV、通勤電車、現代社会の暮らしは、全てエネルギーで支えられている。目には見えないが、いつも100人余りの召使い(間接エネルギー)を従えているようなものだ。

Q6. エネルギーの変遷を可能にした科学技術は？

自然エネルギー: 道具の製作・利用技術

➡ エネルギー利用の道を開く

動力としての利用※1は自然エネルギーの移動の範囲内。

※1: 火の利用はエネルギー変換

化石燃料: ワットの蒸気機関

➡ エネルギー密度の高い化石燃料のエネルギーを効率的に運動エネルギーに変換する道を開く。

飛躍的に大きなパワーを自由に得られるようになる。

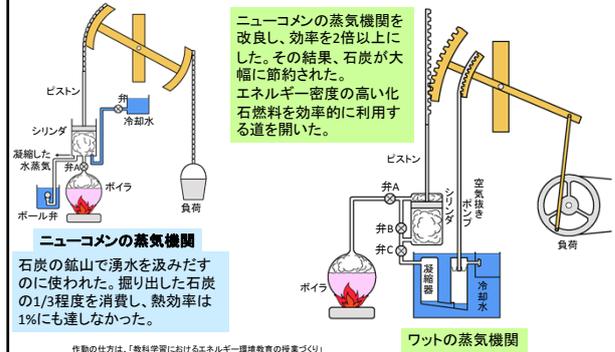
電気エネルギー: 電磁誘導による発電機※2

➡ 高度なエネルギー利用の道を開く。

快適・クリーンなパワーが得られる。また、様々なことが電気エネルギーを使って実現できるようになった。

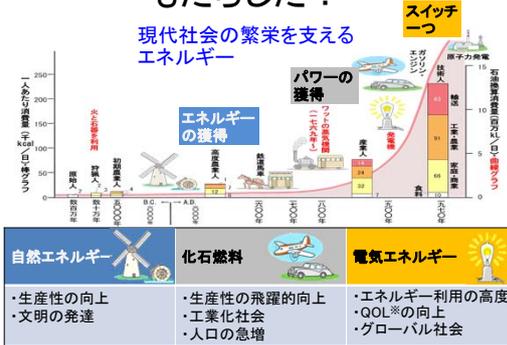
※2: 化石燃料による発電は、エネルギー変換の観点からは、更に余分に変換過程を付け加えることになるが、電磁誘導による電気エネルギーの変換は高速かつ大容量であり、利用上の制約にはならない。

ワットは何をしたの……

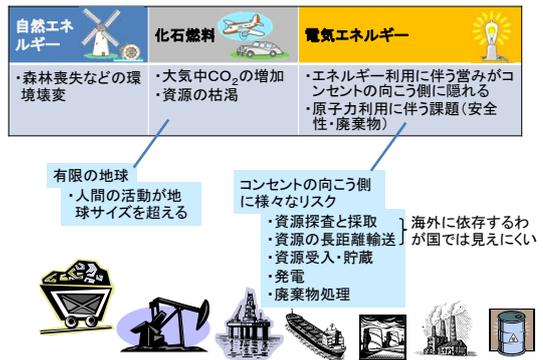


Q7. エネルギーの利用は何をもたらした？

現代社会の繁栄を支えるエネルギー



快適さ・便利さ追求の陰に……



Q8. 自然エネルギーは地球に優しいエネルギーなのでは？



灌漑用に使われ始め、12~13世紀から**続々と大規模に使われた**。工場が川などに制限される、冬の凍結と夏場の濁水、大水による破壊などの課題があった。



風車も灌漑用から始まったが、風まかせなので、低湿度で**水車がほとんど使えないオランダ**周辺以外では、あまり普及しなかった。一方、帆船は大航海時代を拓いた。



薪炭など木材

産業革命直前まで、暖房・調理・土器製造・冶金用等の**熱源は、世界中で薪炭がほとんど**、また、建築用、造船用の木材需要も多かった。産業革命前には、英国の森林はほぼ消滅し、存亡の危機に瀕した製鉄業が、やむなく石炭の使用を思いつく。

産業革命の背後には「**森林資源の枯渇**」の克服があった。

「数科学習におけるエネルギー環境教育の授業づくり」中学校編(2010.国土社)の「産業革命と近代工業の発展」参照

現代の自然エネルギー利用は別なのでは……

エネルギー密度※の低さ、自然災害の課題は昔も今も共通だ。
(気候変動により自然災害の脅威は逆に増加している)



広大な土地



騒音、景観
落雷、強風による
故障や倒壊の防止



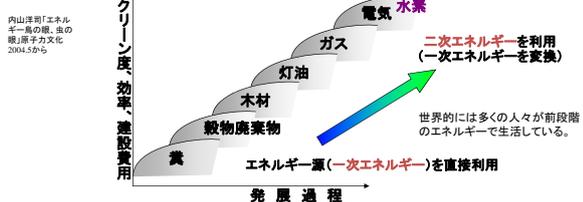
燃料作物

食料生産や生態系との協調

自然エネルギーも自然環境との調和に配慮した利用が不可欠だ。

Q9. 我々はどんなエネルギーを求めてきたか？

社会の発展と共にクリーンで使いやすいエネルギーを求める

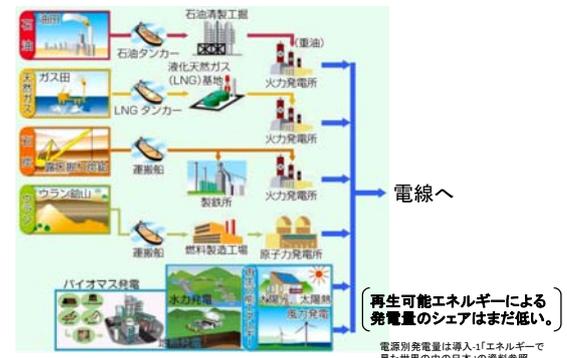


内山洋利「エネルギー一身の歴史」原子力文化 2004.5から

世界的には多くの人々が前段階のエネルギーで生活している。

- ・コンセントにつなぐだけで利用できる**電気エネルギーは、快速、クリーンでパワフルな理想のエネルギー**（電線があることを除けば）。
- ・福島事故は、忘れていたコンセントの向こう側（エネルギー安全保障、環境影響、コスト、そして安全）を気付かせた。

電気はどこでつくられる……



出所：「エネルギー白書2013」を修正

再生可能エネルギーによる発電量のシェアはまだ低い。
電源別発電量は導入1エネルギーで見た世界の中の日本の資料参照

Q10. 我々は今後、どんな方法で電気をつくるべきか？

自分たちが**望む将来社会**を見通しながら、考えてみよう。

化石燃料や原子力



太陽光や風力

コンセントの向こう側の忘れものを思い出して
(エネルギー安全保障、環境影響、コスト、そして安全)

忘れものとは……

エネルギー安全保障

- ・エネルギーを取り巻く状況はダイナミックに変化している。
- ・わが国が、エネルギー資源のほとんどを「海外に依存」している状況に変わりはない

環境影響

- ・気候変動への「対応の責務」がなくなったわけではない。
- ・受け身から能動的対応への脱皮が問われている。

コスト

- ・今まで電気料金を気にしたことがある？
- ・エネルギー(電源)の選択は「価格の選択」でもある。

安全

- ・新しい規制基準によって原子力発電のリスクは低減するが、ゼロになることはない。
- ・「許容可能なリスク」の発想は受け入れられるか。

