

2006/7/28 宇都宮大学工学研究科 ITサマーキャンプ

エネルギー問題の解決に向けた原子力・ 高速増殖炉・新エネルギーなどの役割

(財)電力中央研究所
中山 稔夫

能代風力発電所(秋田県能代市)
14,400kW(600kW × 24基)
2001年11月1日運転開始
出典: 能代市企画部企画政策課HP 新エネルギー
<http://www.city.noshiro.akita.jp/>

私たちが使っているエネルギー

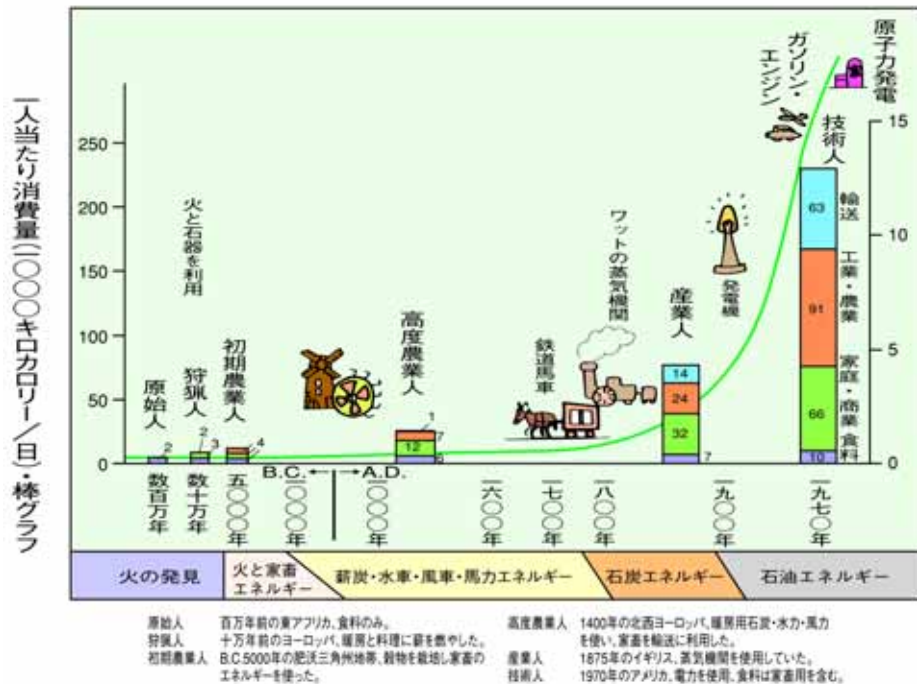
- CO₂は
-  電気 作るとき
 -  電池 作るとき
 -  都市ガス
プロパンガス 使うとき
カセットコンロ
 -  ガソリン
軽油 使うとき
 -  灯油 使うとき
 -  原子力 出さない

- CO₂は
-  石炭
コークス 使うとき
 -  まき
炭
れんたん 使うとき
たどん
ろうそく
 -  牛、馬 息をはく時
 -  水の流れ
風 出さない
太陽
-    

人類はいつ頃からエネルギーをつかいはじめたのだろうか

| 昔 | 今 |
|--------|-----------|
| 木、葉が燃料 | → 石油、石炭など |
| 馬、牛 | → 車、飛行機 |
| 太陽、風 | → エアコン |

- 人が生きるためには必ずそれに相応したエネルギーが必要です。
- 産業革命以後、石炭や石油などの化石エネルギーの大量使用が可能となりました。
- 約120年前には電気をつくる発電機が発明されました。
- しかし、地球の温暖化などの環境問題や、化石エネルギー資源の枯渇という問題があります。

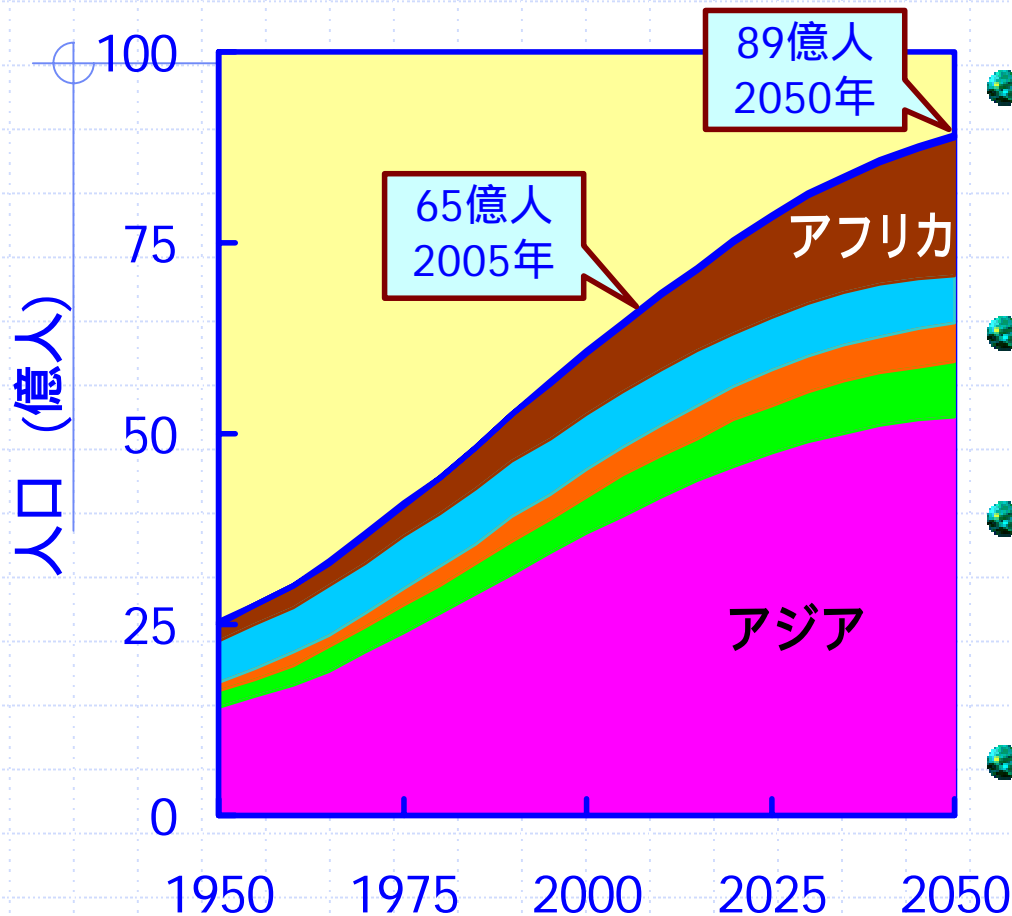


石油換算消費量(100万キロリットル/日)・曲線グラフ

出典：(財)日本原子力文化振興財団
(原子力図面集2005-2006 CD-ROM版)



増大するアジア地域のエネルギー消費



■ アジア ■ 北アメリカ ■ 南アメリカ
■ ヨーロッパ ■ アフリカ ■ オセアニア

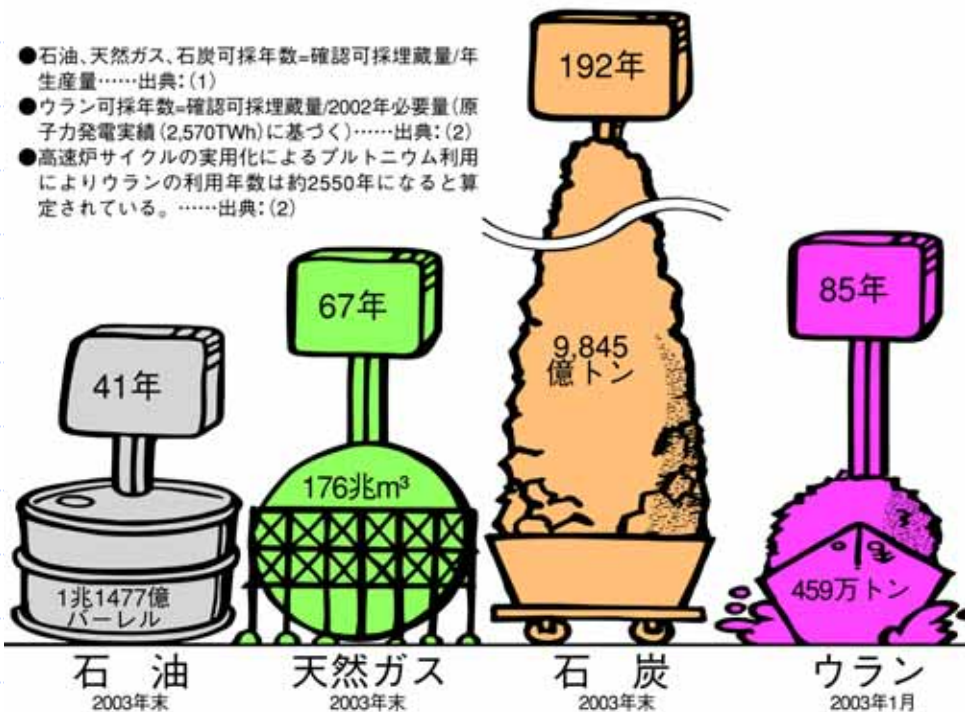
- 現在の世界人口は約65億人ですが、2050年には約90億人の1.5倍にも達すると予想されています。
- 先進国は横ばい～減少傾向ですが、開発途上国の人口が増加すると予想されます。
- 特にアジア地域は、人口の増加と近年の急速な経済成長にともなって、エネルギー消費量が急激に増加しています。
- 人口増加が地球に与える影響
 - 食糧と水の不足
 - エネルギーの大量消費
 - 地球環境の悪化

出典：総務省統計局HP 世界の統計
<http://www.stat.go.jp/data/sekai/>

いつまで今のようにエネルギー資源を使えるのか???

限りある地球上のエネルギー資源

世界のエネルギー資源確認埋蔵量



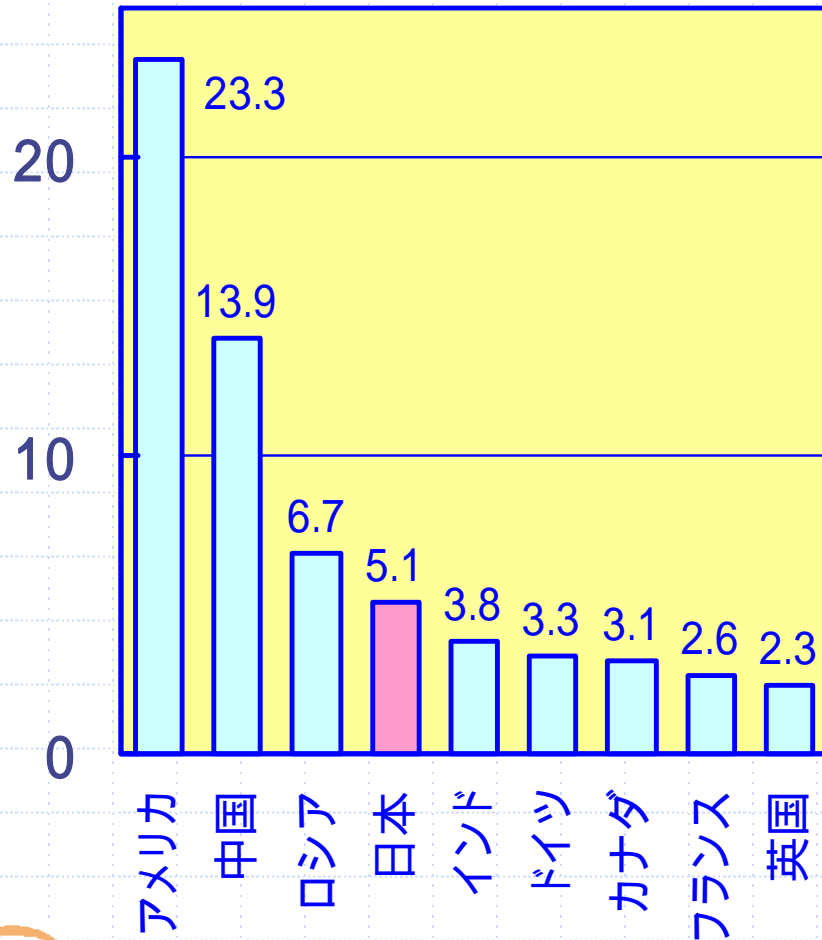
- 石油、天然ガス、ウランなどの可採年数が50年前後となっており、このままの利用を続けていけば21世紀中に資源がなくなり、利用できなくなる可能性があります。
- 石炭は、資源量に余裕がありますが、地球の温暖化や大気汚染の点で、適切な利用方法を考えなければいけません。
- 石油、天然ガスは埋蔵地域に偏りがあり、これらを輸入に頼る日本にとっては不利な条件となっています。

出典:(1)BP統計2004
(2)URANIUM2003

出典:(財)日本原子力文化振興財団
(原子力図面集2004-2005 CD-ROM版)

日本で使っているエネルギーの量は 世界で4番目

エネルギー消費量 (石油換算 億トン)

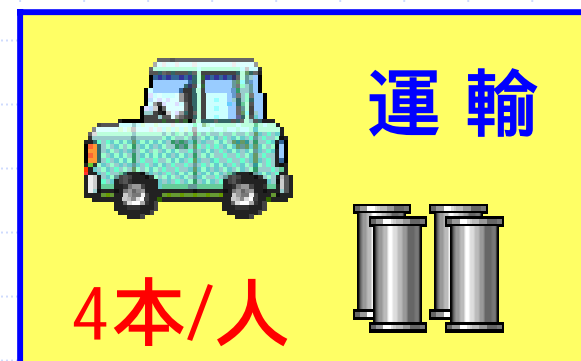
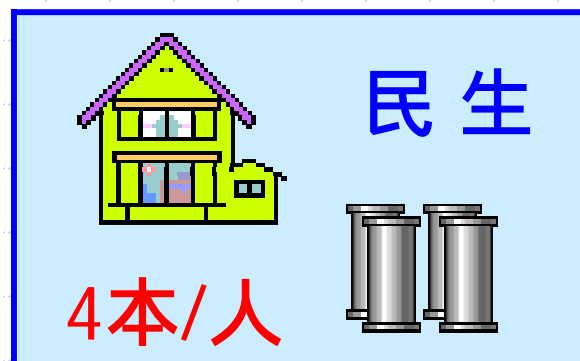
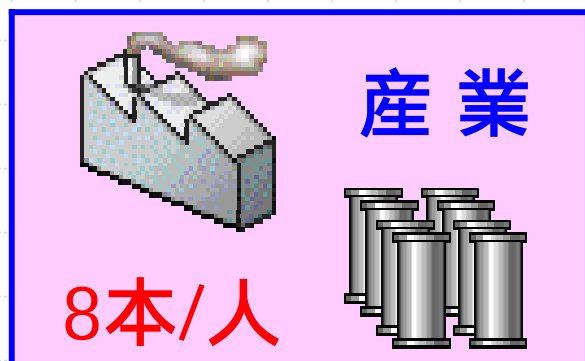


- 日本のエネルギー消費量は、経済成長とともに飛躍的に伸び、今では世界第4位のエネルギー消費国です。
- しかも日本は、エネルギー資源が極度に乏しく、その多くを海外に依存しなければならぬ宿命にあります。

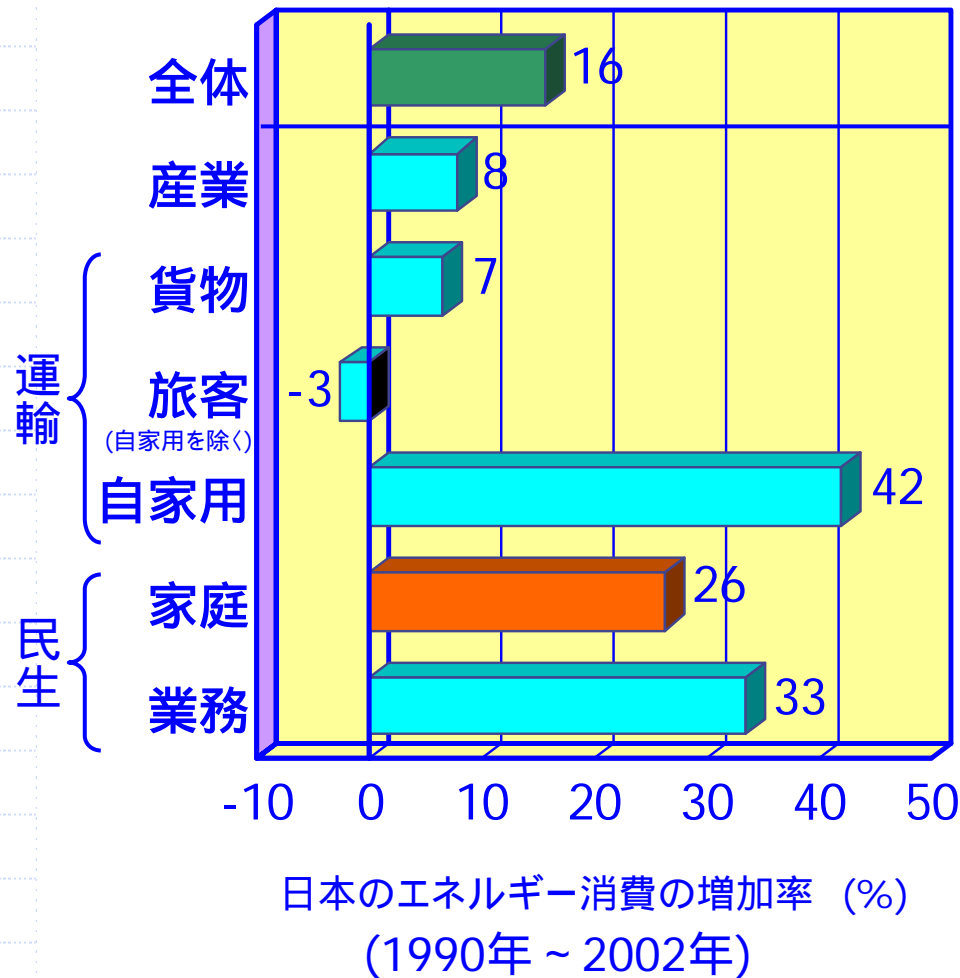
データ引用：(財)日本原子力文化振興財団
(原子力図面集2005-2006 CD-ROM版)

私たちの生活は多くのエネルギー資源を消費して成り立っている

- 日本のエネルギー消費は第1次石油危機(1973年)頃までは産業部門を中心に大きく増加してきました。
- 1980年代半ば以降は民生・運輸を中心に増加しています。
- 現在は、1人当たり年間石油換算でドラム缶(200ℓ)で約16本ものエネルギーを使用していることとなります。



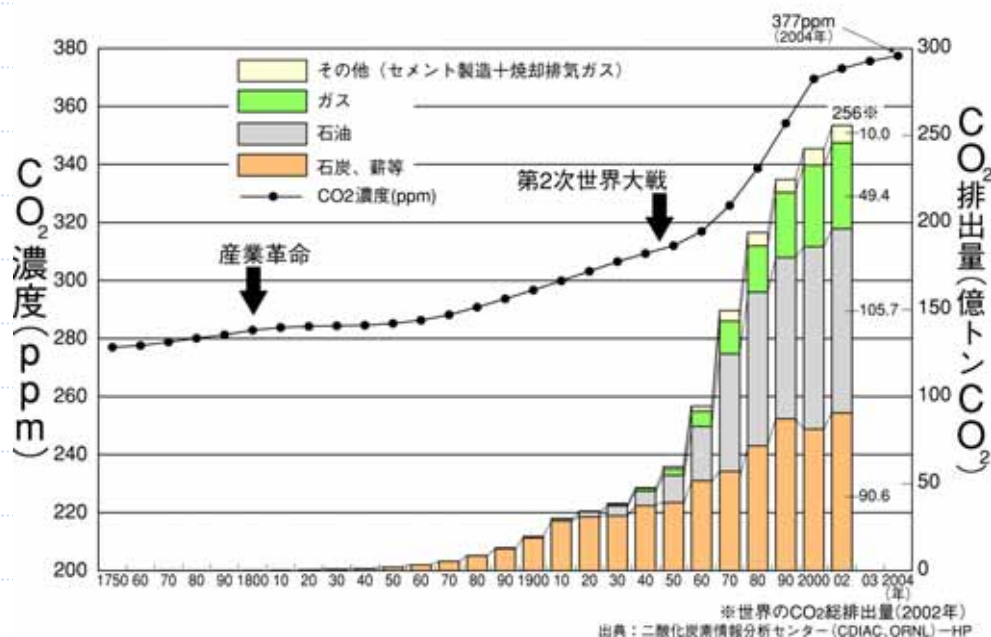
増加が続く日本の消費エネルギー



- 長い景気低迷期にもかかわらず、日本のエネルギー消費量は増加し続けています。
- 特に、自家用自動車、家庭、業務部門では著しい増加が見られます。
- 製造業を中心とした産業部門や貨物輸送の増加率は低く、旅客部門は1990年レベルよりも少なくなっています。

大気中の二酸化炭素濃度が 増加した理由は？

化石燃料等からのCO₂排出量と大気中のCO₂濃度の変化



● 二酸化炭素(CO₂)は産業革命の後に急激にその排出量がふえました。

● 化石エネルギー(石油、石炭、天然ガス)の利用が増えたのに比例し、排出される二酸化炭素量が増大しました。

● それにともなって大気中の二酸化炭素濃度も高くなり、地球の温暖化の原因になっています。

自然が二酸化炭素を処理しきれない
循環型社会の崩壊

地球の温暖化が進むと・・・ 日本では



低温・日照不足により障害不稔となった稲にイモチ病が発生している。

出典: 全国地球温暖化防止活動推進センターHP
<http://www.jccca.org/education/gazou/04.html>

- これまで食べてきたおいしいお米がとれなくなり、病害虫の発生が心配されます。
- 漁獲量にも影響がでます。
- 南部の地方はマラリア感染の危険が増え、北海道や東北ではゴキブリなどの害虫が見られるようになると考えられています。
- 都市部ではヒートアイランド現象がひどくなり、海岸地域では砂浜が減少し、また、高潮や津波による危険な場所がふえます。

すでに海面上昇で困っている国、地域がある



環礁のため内陸から沸き上がった水によって浸水する町



全国地球温暖化防止活動推進センターHP
<http://www.jccca.org/education/gazou/01.html>

Greenpeace / Masaaki Nakajima

浸水前



Photo credit: Greenpeace / Masaaki Nakajima

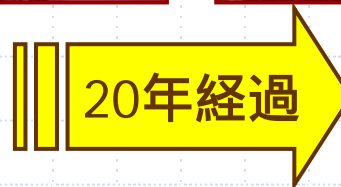
浸水後

ヒマラヤの氷河もとけている？

ヒマラヤ(東ネパール)のAX010氷河

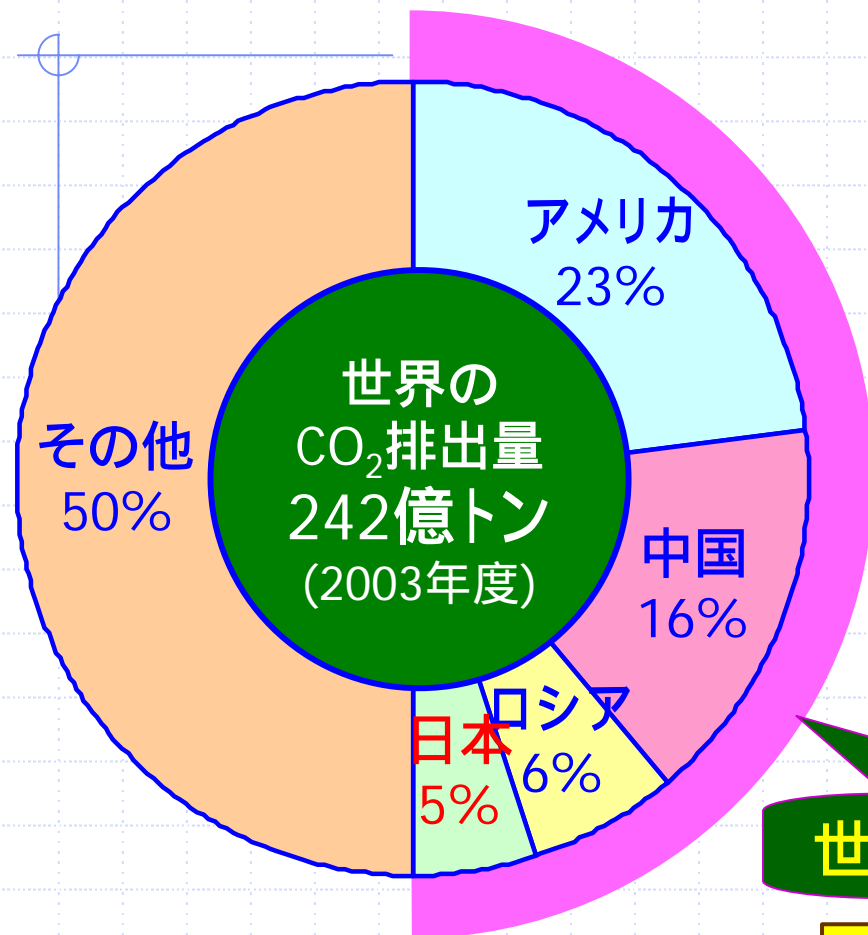
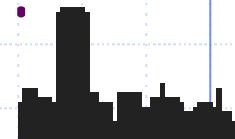


1978年5月



1998年10月

二酸化炭素を多く出している国はどこ？



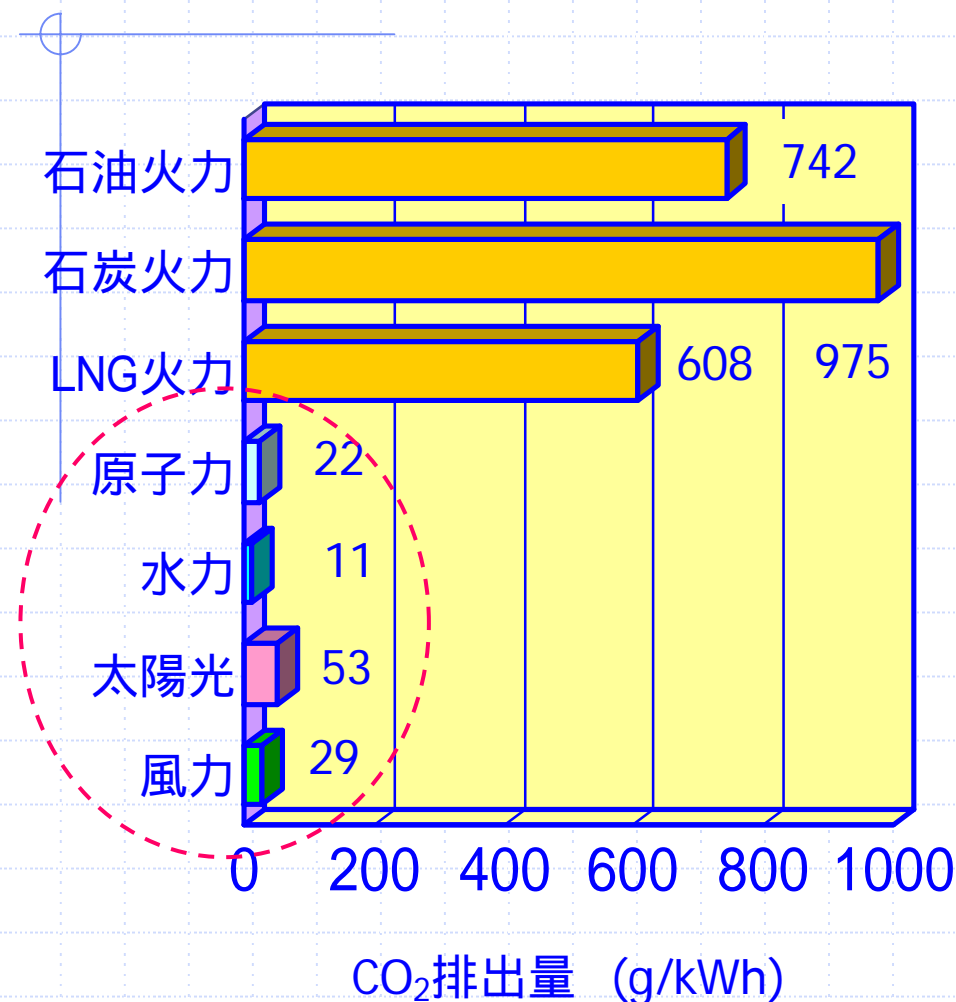
- 二酸化炭素の排出量を国別で比較すると、日本は**世界で第4位**です。
- アメリカ、中国、ロシア、日本の4カ国だけで、世界が出している量の半分となります。
- 日本は、地球の温暖化に大きな影響を与えています。
- 最近では、アジアや中東の国々の近代化にともなって、二酸化炭素の排出量が多くなっています。

世界の総排出量の半分

世界の国の数：191カ国(国連加盟国数)
世界の総面積に占める日本の割合：0.28%
世界の総人口に占める日本の割合：2.1%

データ引用：(財)日本原子力文化振興財団
(原子力図面集2004-2005 CD-ROM版)

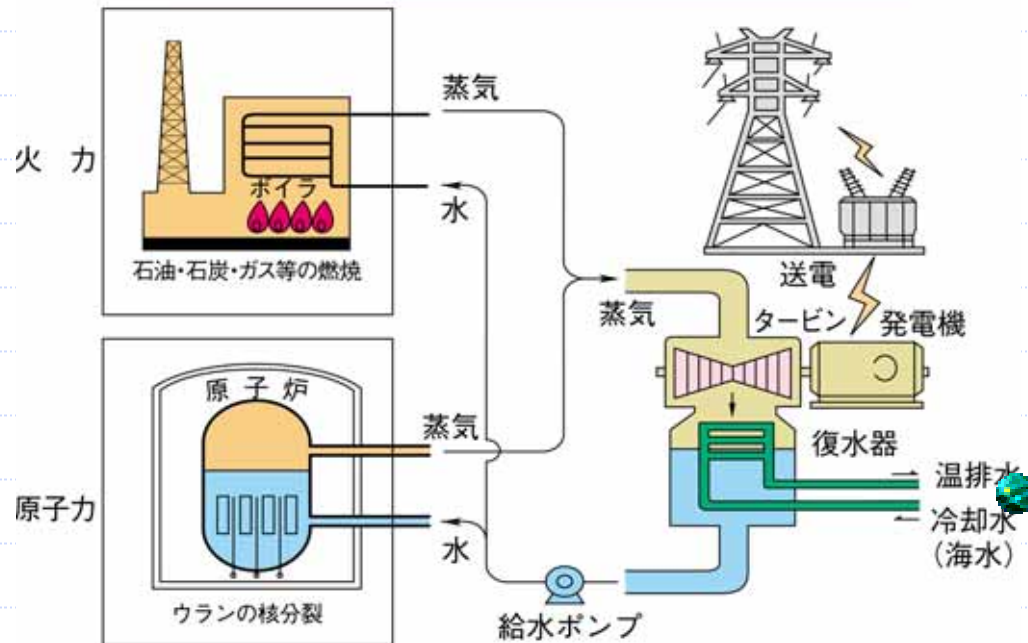
発電方法と二酸化炭素排出量



- 火力発電は、化石燃料(石炭、石油、天然ガス)の燃焼による二酸化炭素の排出量が他方式に比べ最も大きな方式です。
- 火力発電の中では、液化天然ガス(LNG)発電は比較的二酸化炭素の排出量は少なくなります。
- 石炭火力は、二酸化炭素の排出量が最も多くなります。
- 原子力発電や太陽光、水力発電、風力発電などは、二酸化炭素の排出量が火力発電に比べると非常に少なくなります。

火力発電と原子力発電のしくみ

火力発電と原子力発電の違い



出典：(財)日本原子力文化振興財団
(原子力図面集2005-2006 CD-ROM版)

- 原子力発電は、燃料(ウランなど)の原子核が、中性子を吸収して核分裂を起す際に放出するエネルギーを利用して、水を加熱し蒸気を発生させ、蒸気タービンを回して発電を行う技術です。

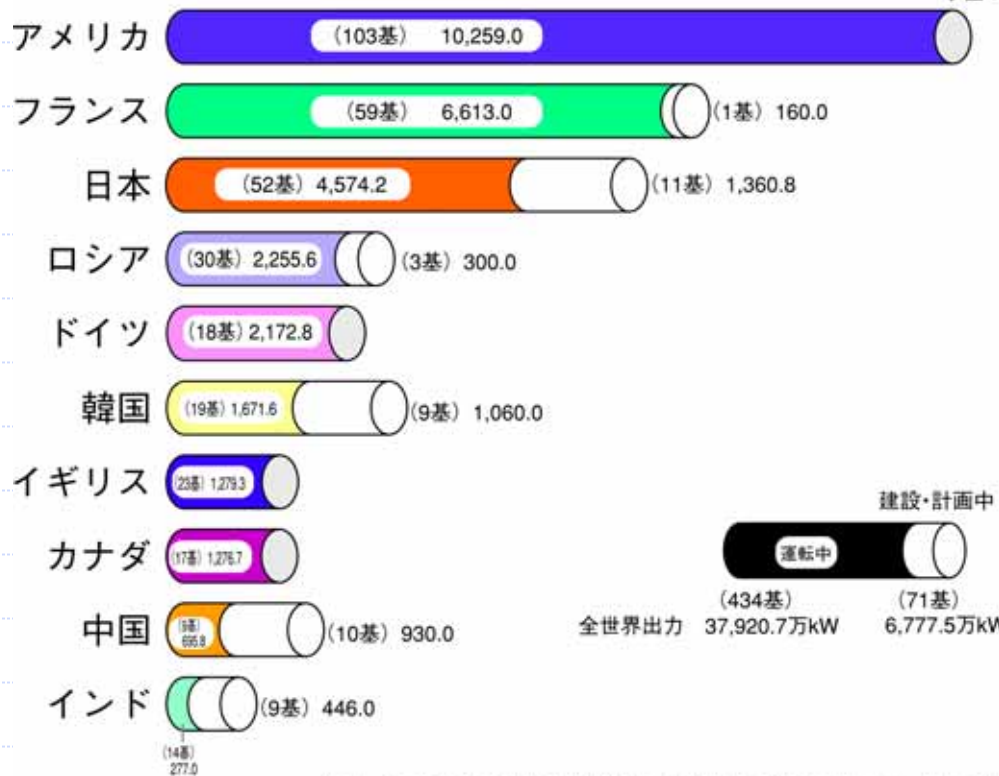
ボイラで石炭、石油などの化石燃料を燃やし蒸気を発生させる火力発電と、蒸気の発生方法が異なるだけで、システム的には同じ面があります。

世界の原子力発電設備

主要国の原子力発電設備

(2004年12月末現在)

単位：万kW

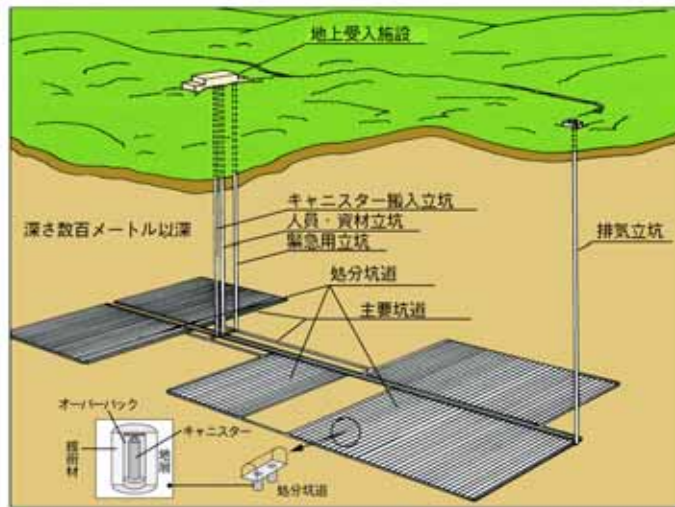


出典：日本原子力産業会議「世界の原子力発電開発の動向2004年次報告」

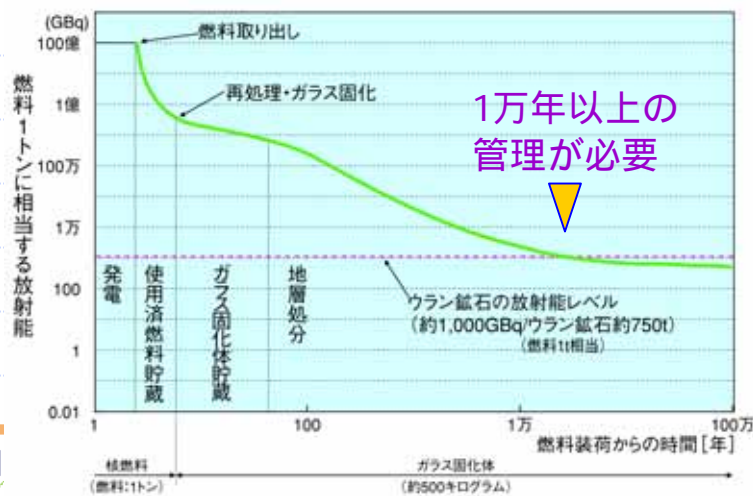
- 世界で運転中なのは434基で(2004年12月末現在)、その設備容量は約3億7千万kWです。
- 建設中・計画中のものが71基あります。
- 世界で初めて実用規模の原子力発電が開発されたのが1956年です。
- この後40年以上の間に、各国での原子力発電の開発利用は着実に進められてきました。
- 運転中の原子力発電所を持つ国は31カ国で、設備容量はアメリカが最も大きく、日本は世界で3番目の保有国です。

高レベル放射性廃棄物の地層処分

高レベル放射性廃棄物地層処分場の概念図



高レベル放射性廃棄物の放射能の減衰

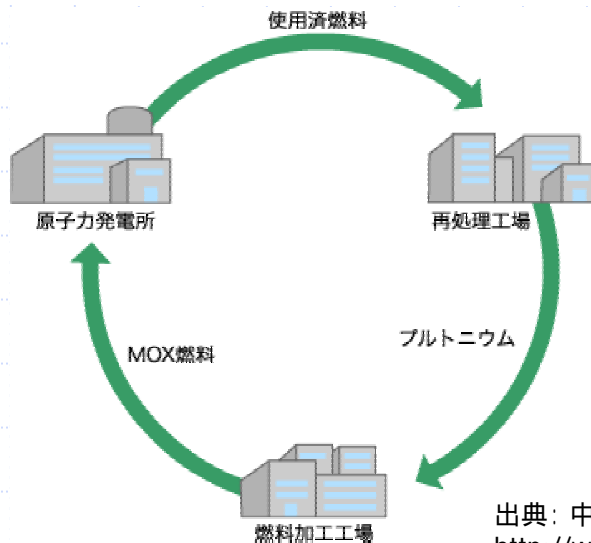
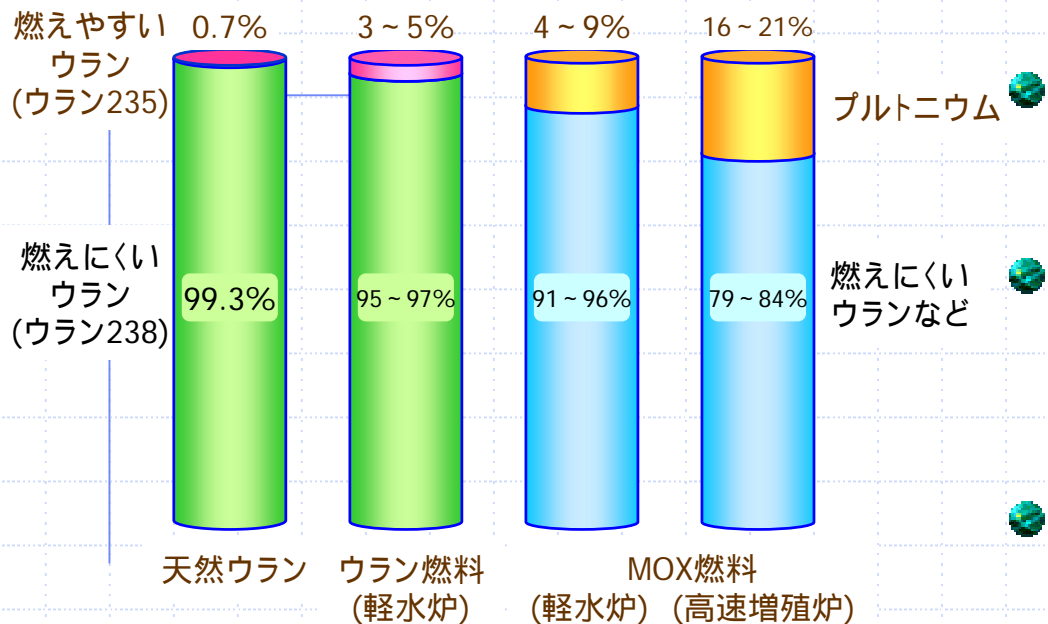


- 高レベル放射性廃棄物は、強い放射線を出し、発熱します。
- そのため、ガラスで固め、ステンレス製の容器(キャニスター)に入れ、最終的な処分をするまで30～50年間、青森県六ヶ所村の高レベル放射性廃棄物貯蔵管理施設に貯蔵します。
- 2030～40年頃に地層処分場の操業が開始される予定です。
- 高レベル放射性廃棄物(キャニスター)は、2020年頃には約4万本になると見込まれています。

ガラス固化体
(キャニスター)
体積: 約150ℓ
重さ: 約150kg



プルサーマル発電は何だろう



● プルサーマルとは、現在の原子力発電所でプルトニウムを使った燃料を利用することです

● 現在、原子力発電のタイプとしては、軽水炉(加圧水型炉、沸騰水型炉)が一般的ですが、新しい技術も研究・提案されています。

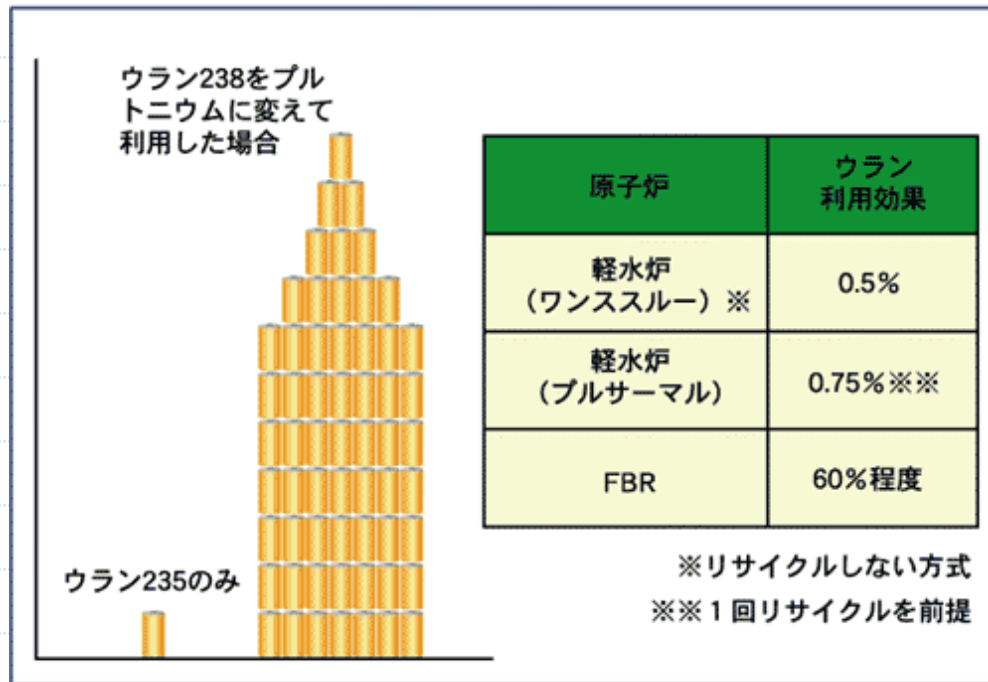
● 軽水炉の燃料を使用すると出来るプルトニウム(Pu^{239})を、混合酸化物燃料(MOX燃料)に加工して、再びに軽水炉用の燃料として軽水炉で積極的にウランとともに利用する発電方法がプルサーマル発電です。

● 海外では実用例は多くありますが、国内ではまだ商用として利用されていません。

ウラン資源の有効利用

エネルギー資源を保有しない日本は・・・

ウラン資源の有効利用



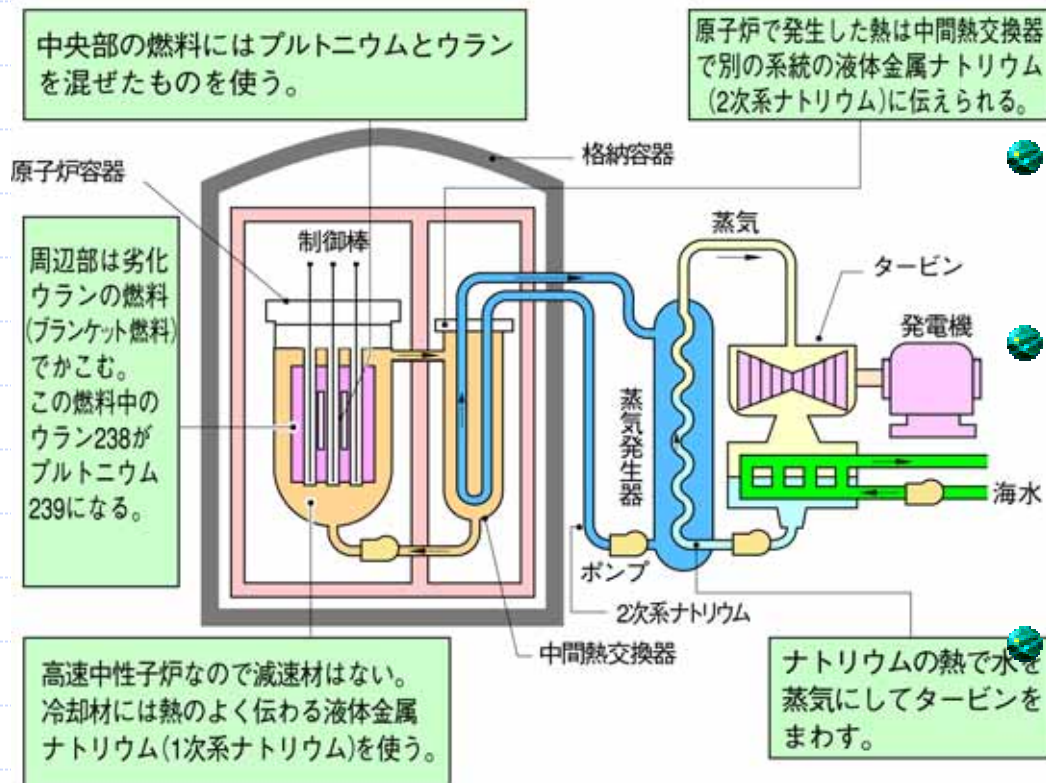
出典：原子力2002

出典：エネルギー総合工学研究所HP ?を!!にするエネルギー講座
<http://www.iae.or.jp/energyinfo/energydata/data3018.html>

- 低濃縮ウランの使い方には、一度燃料として使用した後そのまま廃棄処分する方法(ワンスルー方式)と、使用済燃料を再処理して再利用する原子燃料サイクルの方法があります。
- 再処理しない方法ではウランの0.5%程度しか燃料として利用できません。
- 再処理してMOX燃料として利用すれば0.75%、高速増殖炉を利用する方法では60%程度を利用することができます。
- 高速増殖炉が利用できれば半永久的なエネルギー資源を手にすることができます。

高速増殖炉の開発は、長期的なエネルギーセキュリティの確保につながる

高速増殖炉(FBR)のしくみ



● 高速増殖炉(FBR)は、核分裂しにくいウラン238を核分裂するプルトニウムに変えることによって、消費する以上の燃料をつくります。

● そのため、ウラン資源を有効利用できる原子炉として、期待されています。

● 燃料はプルトニウム・ウラン化合物と、劣化ウラン燃料(ブランケット燃料)です。軽水炉のような減速材はなく、熱伝導率が高い液体ナトリウムを冷却材として使います。

● 熱を伝える原理は加圧水型炉(PWR)を発展させた形ににており、高温になった一次系ナトリウムを、熱交換器で二次系ナトリウムに伝え、蒸気発生器を使って水を沸かします。

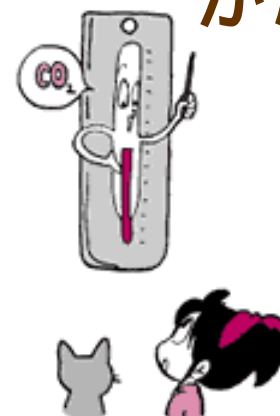
地球の環境をまもるために… これから大切なことってなんだろう？

- 環境をこれ以上こわさない
 - 地球にやさしいエネルギーを使う
- 日本にはエネルギーが少ない
 - いろいろなエネルギーを使う
- エネルギーはなくなってしまう
 - ムダづかいをなくす

新エネルギー
を開発する

省エネルギー
がたいせつ

みんなで、生活の中で
できることを見つけましょう
リサイクル、節約、省エネルギー…



太陽光発電、風力発電には 大きな土地面積が必要



40棟の太陽光発電住宅が並ぶヴィラガルテン新松戸(千葉県松戸市)
出典: (財)新エネルギー財団HP What's新エネ
<http://www.nef.or.jp/what/whats01.html>

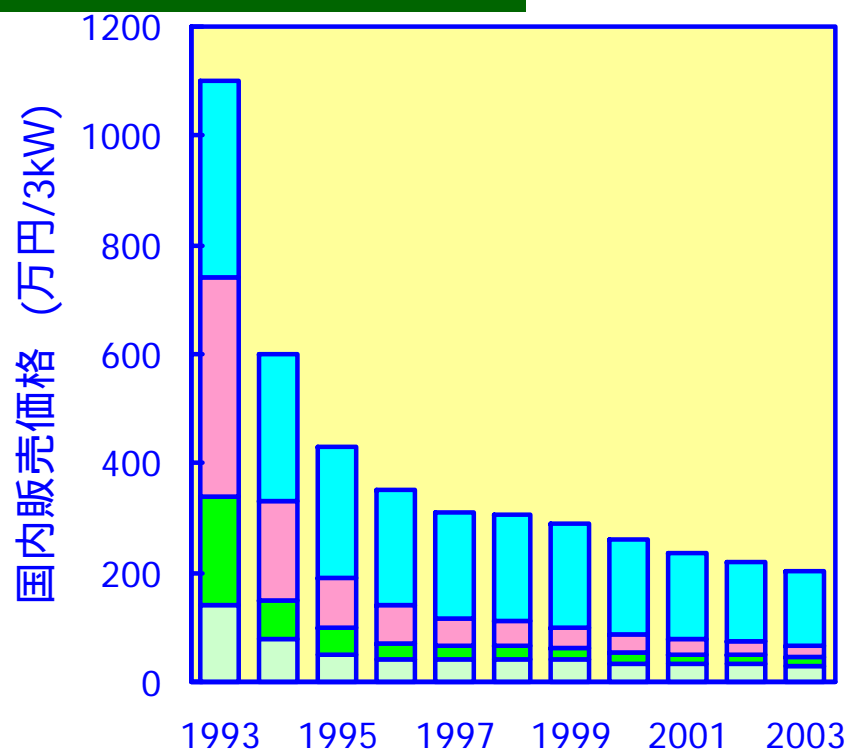
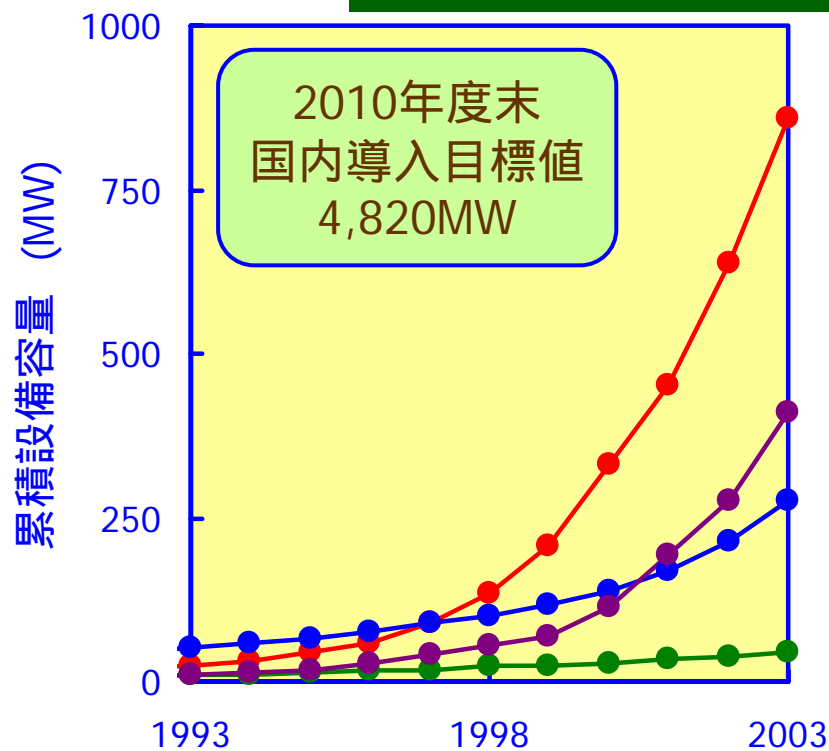
100万kWの原子力発電と同じ量を太陽光発電で作ると、山手線内の面積(約63km²)と同程度の面積が必要

- 100万kWの電気をつくる原子力発電所が、1年間につくりだす電気の量を太陽光発電でまかなうためには、約67km²に太陽光パネルをつける必要があります。
- この面積は、山手線の内側面積(約63km²)と同程度、羽田空港の約5倍になります。
- また同じように、100万kWの電気を1000kWの風力発電でまかなうには、約248km²もの面積が必要です。これは羽田空港の20倍もの面積です。

出典: (財)日本原子力文化振興財団
(原子力図面集2002-2003 CD-ROM版)

太陽光発電システム 各国の導入状況と国内販売価格

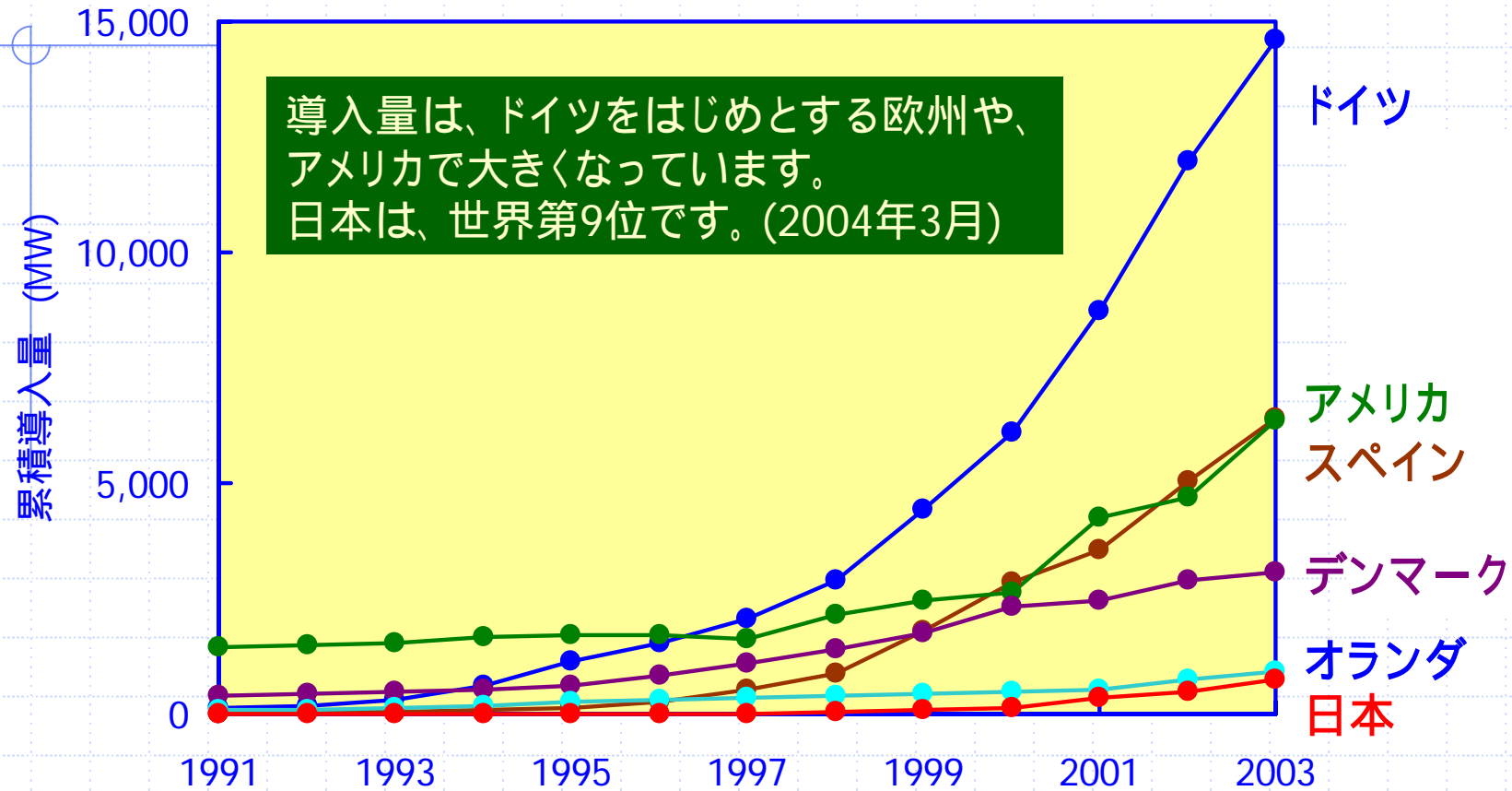
日本の導入量・生産量はともに世界最高水準



● 日本 ● 米国
● オーストラリア ● ドイツ

□ 標準工事費 □ 周辺機器
□ インバータ □ 太陽電池モジュール

主要国の風力発電システム導入量



風力発電のコスト例 (規模1,000kW程度の場合)

設置コスト 24 ~ 37万円/kW

設置コスト総額 2.4 ~ 3.7億円

発電コスト 10 ~ 24円/kWh

コスト比(火力発電との比較): 約1.5 ~ 3.0倍

太陽光発電と風力発電の よいところと問題点



東京電力富士営業所の太陽光発電
出典：東京電力HP 環境エネルギー学習



- 自然にある太陽や風のエネルギーを利用します。
- 太陽光発電は家庭の屋根、学校の屋上などのスペースを利用し、昼間の光が強い時に、多くの電気が作れます。
- 山小屋など電気が通っていない地域でも発電できます。
- ✖ 天候に左右され、日射量や風速で電気の量が変化します。
- ✖ 大きな土地が必要です。
- ✖ 風力発電は、風車が回る時の音がうるさく、まわりの景色に影響します。

能代風力発電所(秋田県能代市)

14,400kW(600kW × 24基)

出典：能代市企画部企画政策課HP 新エネルギー

太陽熱のよいところ と問題点

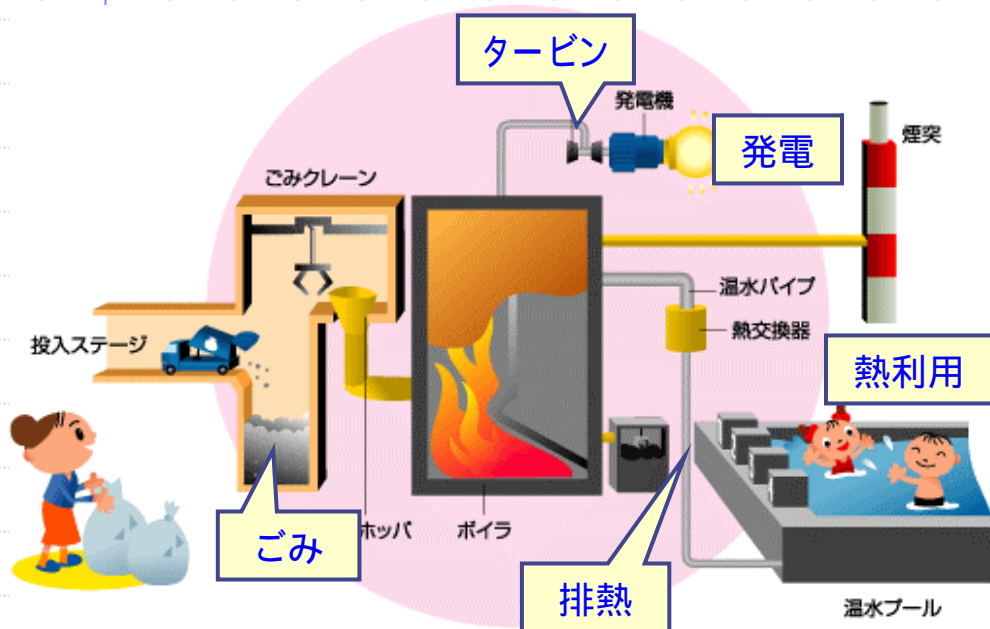
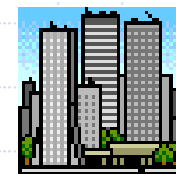


「太陽熱」は家庭での
給湯や暖房に適する



- たくさんある太陽のエネルギーを使います。
- 太陽熱温水器は、手ごろな価格で設置でき、メンテナンスもほとんどかかりません。
- 使う時に特別な操作がいりません。
- ✕ 温水器を屋根などに置くので、家がかっこう悪く見える場合があります。
- ✕ 台風の時など、屋根がこわれる心配があります。

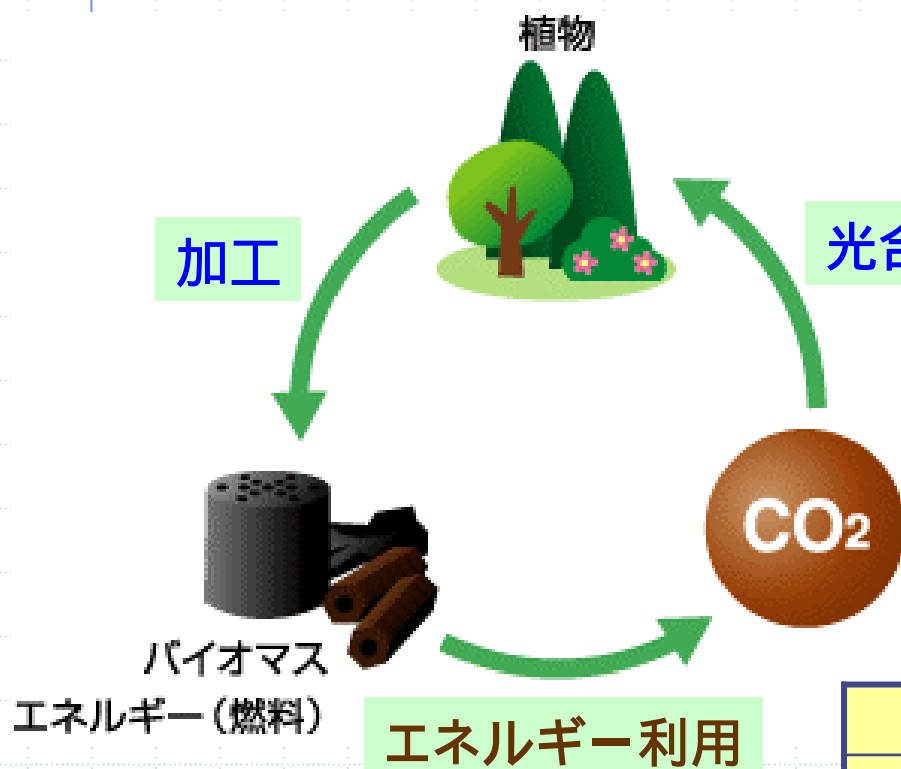
ごみのエネルギーを利用する時の よいところと問題点



- ごみをエネルギーとして利用すれば、ごみを埋め立て処分する量がへらせます。
- 発電するときに発生する熱を使って、周辺の家庭へお湯が供給できます。
- ✖ まとまった量のごみを必要とします。そのため、収集ごみ量が少ないと経済性が悪化します。
- ✖ ごみを分別して収集する必要があります。住民の協力が重要です。
- ✖ ダイオキシンなどへの対策が必要です。

出典：(財)新エネルギー財団HP What's新エネ
<http://www.nef.or.jp/what/index.html>

太陽の恵みを受けた植物をさまざまな燃料に変えて利用する「バイオマスエネルギー」



● 植物などの生物体(バイオマス)は有機物で構成されているため、エネルギー源として利用することができます。

● 植物の場合、太陽の光を受けて光合成を行い、水分と空気中の二酸化炭素(CO₂)から有機物を生成するため、バイオマスは太陽のエネルギーが形を変えたものといえます。

| | バイオマス | 既存技術 |
|---------|---------------|--------------|
| メタノール製造 | 0.88円/MJ | 0.62円/MJ |
| 油 | 78円/リットル(食用油) | 60円/リットル(軽油) |

バイオマスは、自然循環型のエネルギー源です。

「燃料電池」はいろいろな用途がある 夢のエネルギー



出典：(財)新エネルギー財団HP
What's新エネ
<http://www.nef.or.jp/what/index.html>

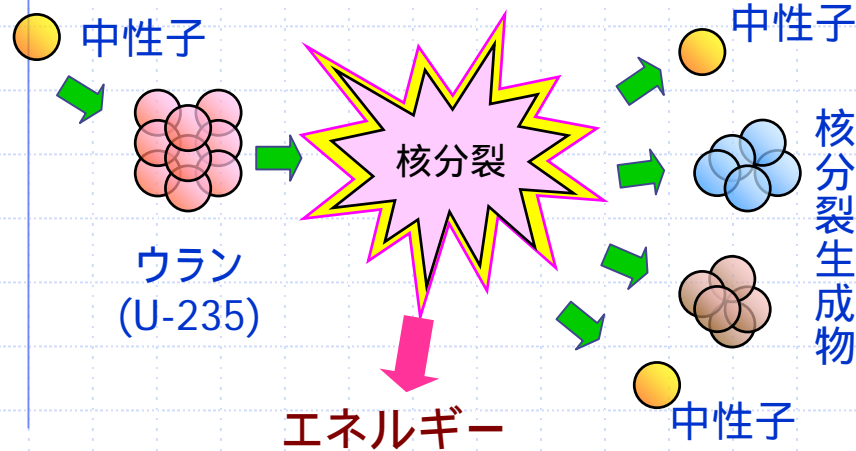


出典：トヨタHP 環境技術
<http://www.toyota.co.jp/jp/tech/environment/index.html>

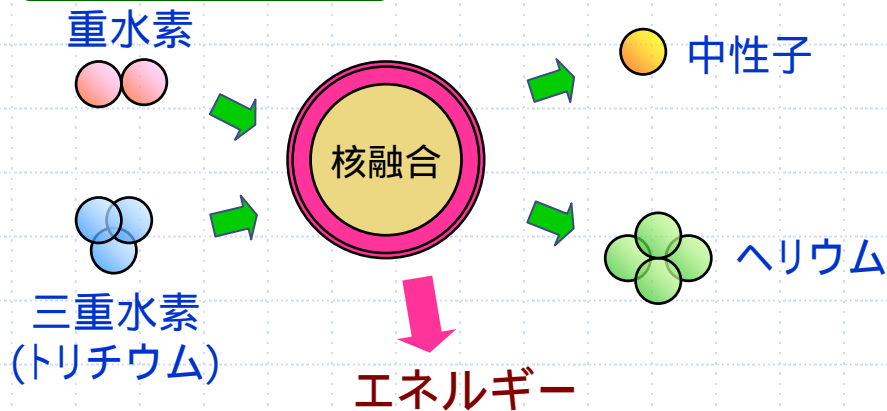
- 大型のものは発電施設として、中規模のものは地域コミュニティやオフィスビルなどに、小規模なものは家庭などに備えつけられて電気と熱を供給します。
- 電気と同時に熱も利用できるので、総合エネルギー効率が高くなります。
- 発電の際には水しか排出されず、振動や騒音も小さいので、環境に優しいものです。
- 都市ガス、メタノールなどの燃料や水の電気分解など、さまざまな方法で燃料となる水素を取り出すことができます。
- 小型のものは自動車や船舶などの駆動源に使えます。

核融合のエネルギーってなんだろう

核分裂の原理



核融合の原理



- 太陽は、核融合のエネルギーによって輝き続けています。
- 原子力発電所はウランのような重い元素の原子核を分裂させてエネルギーをつくり出しています。
- これと反対に、水素のような軽い元素の原子核がおしあがりつきあい(融合して)、より重いヘリウムなどの原子核になるとき、中性子と大きなエネルギーを発生します。
- この核融合エネルギーを平和的に利用できないかという研究が進められていますが、実用化にはもう少し時間がかかりそうです。

核融合は夢のエネルギー

核分裂で発生するエネルギー

●
ウラン
(U-235)
1g



石油 1.8トン分
(タンクローリー1/4台分)

核分裂で発生するエネルギー

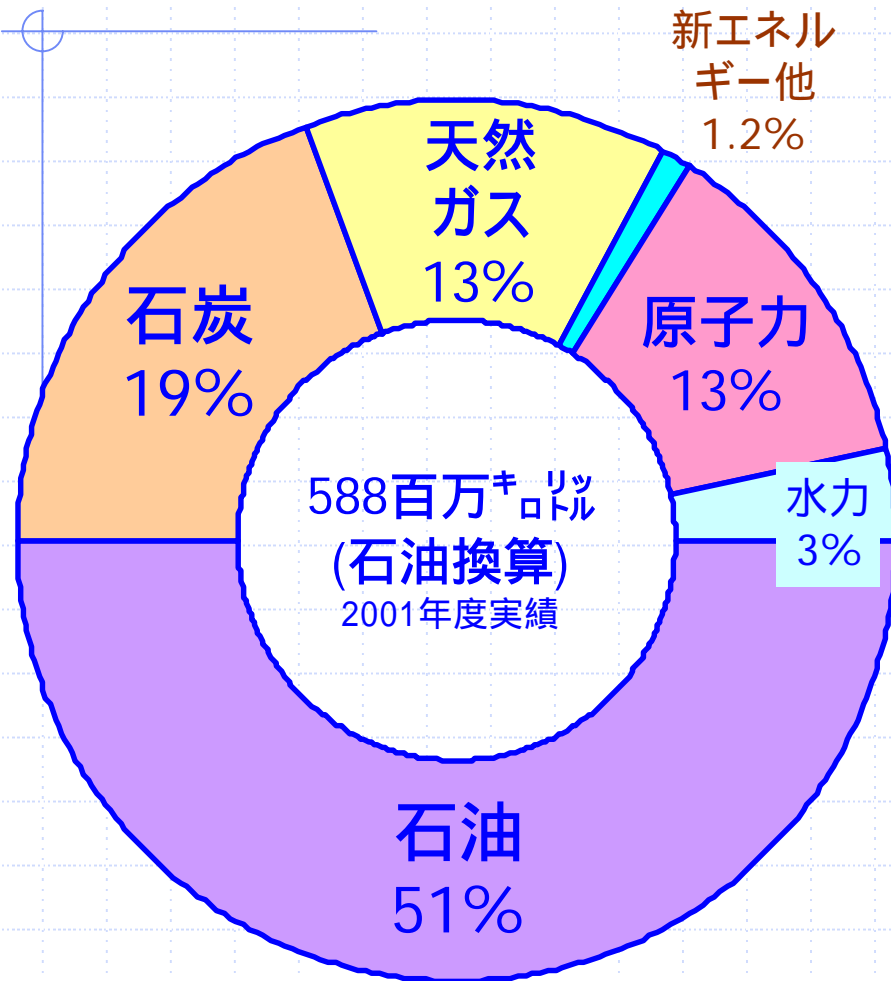
●
三重水素
(トリチウム)
1g



石油 8トン分
(タンクローリー1台分)

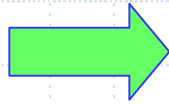
- 燃料となる水素などの軽い原子は、海水から得られます。
- 核融合を地上で実現すれば、人類はなくなることはないエネルギーを手に入れることができます。
- 実現のためには、燃料となる原子核を1億度以上の高温にして、強力な磁気の容器の中に閉じこめるなど、たいへん難しい問題があります。

私たちの生活を支えているエネルギー



- 太陽光、太陽熱、風力、地熱などは、新しいエネルギー源として実用化が進んでいます。
- これらの新エネルギーは自然の力を利用するもので、CO₂の削減や石油などの化石燃料の節約につながる貴重な資源です。
- 日本では、一次エネルギーの総供給に占める新エネルギーの割合は、1.2%(2001年度)です。
- 2010年度における新エネルギーの国の供給目標値は3.1%です。

エネルギーを確保
地球温暖化を防ぐ



エネルギー資源を持っていない日本は、何を選ぶべきか???

- 中東諸国からの輸入が中心
- 埋蔵量が少ない(約40年)
- 二酸化炭素の発生量が多い

石油

石炭

- 埋蔵量が多い(約200年)
- 二酸化炭素の発生量が多い
- 灰が多く含まれる

天然ガス

- 二酸化炭素の発生量が少ない
- 埋蔵量が少ない(約60年)
- 世界的に使われる量が多い

- 放射性物質や廃棄物などの安全管理、安全確保が必要
- 二酸化炭素の発生量が少ない

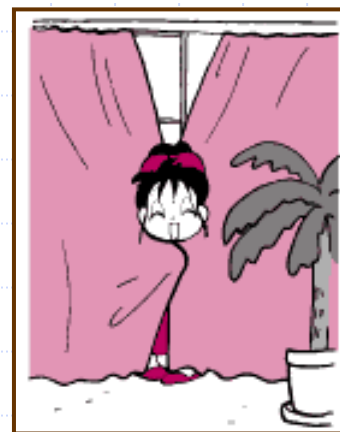
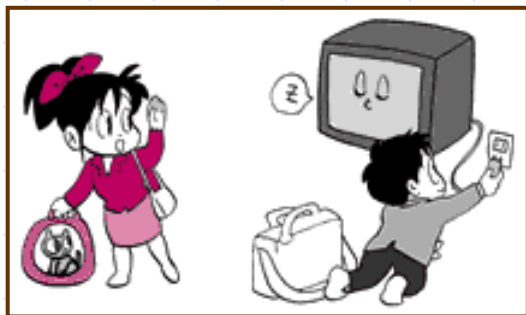
原子力

自然エネルギー

- クリーンエネルギー
- 地球の温暖化を防止できる
- 技術開発が必要

これからたいせつなことってなんだろう？ 省エネルギー

- まずいちばんにしなければならないこと
それは省エネルギー
- 省エネって、だれでもかんたんにできること
- 身の回りでどんなことができるか考え、実行するのがたいせつ



R CRIEPI
プラグをコンセントから抜く

夏も冬も、扇風機が活躍 カーテンで熱の出入りをカット

ムダな明かりは
スイッチOFF

自分のまわりでできる 省エネルギーの効果

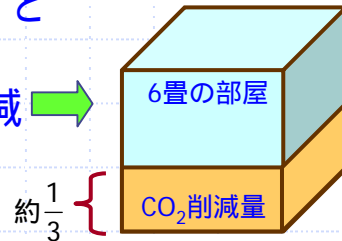
日本が1年間に出しているCO₂は、体積で
東京ドームで52万杯分にもなります。
(2000年度 約12.7億トン)



テレビ

見る時間を1日1時間減らすと

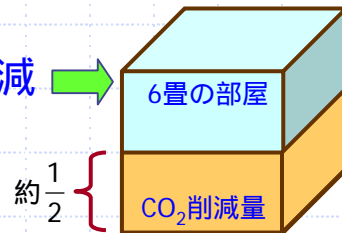
- 年間 約1000円とく
- 年間 CO₂約15kg削減



お風呂

シャワーの出っぱなしを1分間やめると

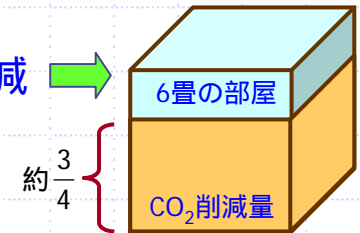
- 年間 約2000円とく
- 年間 CO₂ 約22kg削減



エアコン

冷房を1 高く、暖房を1 低く設定すると

- 年間 約2000円とく
- 年間 CO₂ 約32kg削減

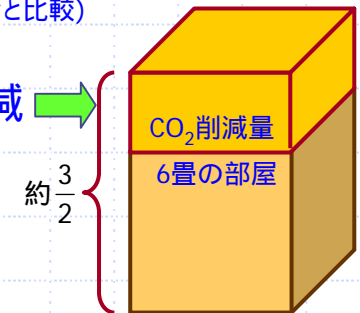


自動車

急発進、急加速をしないと

(10km走行ごとに急発進、急加速をした場合と比較)

- 年間 約3000円とく
- 年間 CO₂ 約64kg削減



マーシャル諸島 - 海岸が浸食されている様子 -

全国地球温暖化防止活動推進センターHP <<http://www.jccca.org/education/gazou/01.html>>



Photo credit: Greenpeace / Masaaki Nakajima