

第51回科学技術週間 サイエンスカフェ

未来のエネルギー、「もんじゅ」ってなに？



独立行政法人 日本原子力研究開発機構 敦賀本部
林 瑞穂 坂口 知香 中野 美奈子

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館

原子力機構はこんな会社です！

将来、私たちが使うエネルギーを確保するために原子力の新しい技術の開発を行っています。

福井県内の原子力発電所



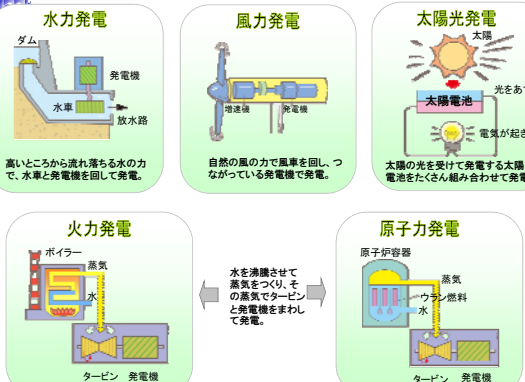
原子力機構と電力会社等との違い

- 原子力機構（日本原子力研究開発機構）
 - 国の予算（税金）等を使わせていただいで、原子力の新しい技術開発を行っています。
- 日本原子力発電
 - 原子力で作った電気を電力会社へ売っています。
- 電力会社（県内では北陸電力や関西電力）
 - 水力、火力、原子力で作った電気を企業や家庭に届けています。

同じ原子力を扱う会社でも、仕事の内容が違います。

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館

電気エネルギーを作るいろいろな発電方法



水力発電：高いところから流れ落ちる水の力で、水車と発電機を回して発電。

風力発電：自然の風で風車を回し、つながっている発電機で発電。

太陽光発電：太陽の光を受けて発電する太陽電池をたくさん組み合わせて発電。

火力発電：水を沸騰させて蒸気をつくり、その蒸気でタービンと発電機をまわして発電。

原子力発電：原子炉で水を沸騰させて蒸気をつくり、その蒸気でタービンと発電機をまわして発電。

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館

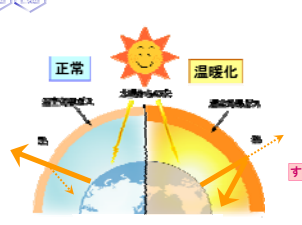
近畿圏内の原子力関連施設



- 原子力機構 関西光学科学研究所【播磨】
- SPring-8 財団法人高輝度光科学研究センター【兵庫県佐用郡】
- 原子力機構 関西光学科学研究所【木津】（京都府木津川市）
- 京都大学原子炉実験所【大阪府泉南市】
- 大阪府
- 奈良県
- 和歌山県
- 原子燃料工業施設取事業所【大阪府泉南市】
- 近畿大学原子力研究所【大阪府東大阪市】

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館

上がり続ける地球の気温



地球温暖化現象でさまざまな悪影響がでること・・・


- 南極・北極圏の氷が 気温の上昇で融けて海面が上昇
- 気温の上昇で農作物の生産に影響
- 環境のため内陸から湧き上がった水によって浸水している町
- 低地の水没（ツバル：南太平洋上に位置する国）

地球を人間が生活しやすい温度にしている温室効果ガス。このガスがないと地球はとても寒くなって、生き物が死んでしまいます。でも、温室効果ガスが増えすぎると地球をあたたくしすぎてしまいます。これが地球温暖化です。温室効果ガスにはいろいろありますが、中でも石油、石炭、天然ガスを燃やすときに空気中に出る二酸化炭素が一番影響するといわれています。

地球を守るため、世界中で二酸化炭素排出量の削減に取り組む必要があります。

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館

各種電源別二酸化炭素の排出量



電源種別	CO2排出量 [g-CO2/kWh(送電端)]
石炭火力	975
石油火力	887
石炭火力	742
石油火力	704
石炭火力	608
石油火力	478
石炭火力	519
石油火力	408
石炭火力	111
石油火力	53
石炭火力	29
石油火力	22
石炭火力	15
石油火力	11

※発電燃料の燃焼に加え、原料の採掘から発電設備等の建設・燃料輸送・補修・運用・保守等のために消費される全てのエネルギーを対象としてCO2排出量を算出

※原子力については、現在計画中の使用済燃料国内再処理・プルトニウム利用(1回リサイクルを前提)・高レベル放射性廃棄物処分等を考慮して算出

出典：電力中央研究所報告書他

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館

自然エネルギー

クリーンで地球にやさしく、枯渇する心配はありませんが...

水力発電

- 日本では、既にダムの開発に限界
- 水がないと発電不可

風力発電

- エネルギー密度が低く、広大な面積が必要
- 自然条件に左右されるなど不安定
- 風車が回転するときに騒音が発生
- 設備にかかるコストが高い

太陽光発電

- エネルギー密度が低く、広大な面積が必要
- 自然条件に左右されるなど不安定
- 設備にかかるコストが高い

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館 6

原子力エネルギー

原子力発電所で作った電気は、「二酸化炭素を出さない」「電気を安定して作れる」という利点がありますが...

- 原子力発電所にはたくさんの放射性物質があります
- 高レベル放射性廃棄物(放射性的ゴミ)の処分問題があります
- 原子力発電所の燃料、ウランにも限りがあります

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館 7

すべての資源には限りがあります!

電気のもととなるエネルギー資源を、世界中で使い続けていくと、あとどれくらい使っていけるのかを計算したグラフです。

出典: 石油、天然ガス、石炭: BP統計2009
ウラン: UFRANUM2007

約42年 約60年 約122年 約100年

石油 天然ガス 石炭 ウラン (原子力発電所の燃料)

【資源の輸入率】

石油	99.7%	石炭	98.4%
天然ガス	96.7%	ウラン	100%

日本は、エネルギー資源の乏しい国であり、そのほとんどを輸入に頼っています。

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館 8

高速増殖炉ってなに?

高速増殖炉 (FBR : Fast Breeder Reactor) とは

- 高速: 高速中性子を利用
- 増殖: 運転しながら消費した以上の燃料を生み出す (ウラン238をプルトニウム239に変える)

燃えるウラン (一般の原子力発電所) プルトニウムに変えて (高速増殖炉)

約100年 数世紀以上の利用が可能

「もんじゅ」は、発電できる高速増殖炉としては我が国唯一の原子炉で、運転しながら、消費した以上の燃料を生み出すことができます。長期的なエネルギーの安定供給が可能となります。

その他にも、環境への負荷の低減等、様々な利点が期待されています。

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館 9

増殖のしくみ

どうやって増やすの?

ウラン238は燃えませんが、中性子を取り込むと燃えるプルトニウムに変わります。ウラン238から変わったプルトニウムの量が、元のプルトニウムの量より多くできることを増殖といいます。『高速増殖炉もんじゅ』なら増殖することができます!

【高速増殖炉】とは?

“高速”の中性子で核分裂を起こさせ燃料を“増殖”させる原子炉のこと。

増殖のしくみ

高速中性子 → プルトニウム239 → 核分裂 → 高速中性子 + ウラン238 → プルトニウム239 → 核分裂 → 高速中性子

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館 10

もんじゅのしくみ

燃料の核分裂で発生した熱は1次系ナトリウムに伝えられます。さらに、その熱は、中間熱交換器で2次系ナトリウムに伝えられます。その次に、蒸気発生器で水に伝えられ蒸気となり、その蒸気でタービンを回し、発電します。(電気出力: 28万kW)

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館 11

高速増殖炉の実用化に向けて

JAEA 日本原子力研究開発機構

「もんじゅ」の運転

2010年 2015年 2025年 2050年

2010年 2015年 2025年 2050年

2015年 概念設計と 研究開発の提示

2025年頃 実証炉の 運転開始

2050年頃 高速炉の 実用化

・発電炉の信頼性向上
・ナトリウム技術の確立

信頼性の確立

高性能燃料の開発

革新技術の開発
・実用施設とその実証施設の概念設計

経済性の向上

FBRサイクル実用化研究

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館 12

身の回りの放射線

JAEA 日本原子力研究開発機構

CHECK!

自然放射線 7,000 年あたり1.0mSv

人工放射線 7,000 年あたり1.0mSv

200以下 これより低い線量では身体への悪い影響はありません!

一人当たりの自然放射線(年間) 2.4

原子力発電所(軽水炉)周辺の線量目標値(年間) (放射線0.004μSv/h計測値)

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館 13

食物に含まれる放射線の量

JAEA 日本原子力研究開発機構

例えば・・・カリウム(放射性カリウム-40)

(体重の0.2%を占め、0.0117%が放射性)

MILK 米(30) 干しいたけ(700) わかめ(200) 魚(100)

牛乳(50) 食パン(30) バナナ(105) 干し昆布(2000) ポテトチップス(400)

単位:ペクレル/kg

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館 14

放射線の利用

JAEA 日本原子力研究開発機構

放射線はいろいろなところで利用され、私たちの生活に欠かせないものとなっています。

医療 [レントゲン] [がん治療]

工業 [字消検査] [車のタイヤ]

農業・環境 [品質改良] [害虫退治]

[医療器具の殺菌] [宝石への色付け] [食品保存]

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館 15

いろいろな種類の放射線

JAEA 日本原子力研究開発機構

放射線の種類と透過力

紙 薄い金属板(アルミニウムなど) 薄い鉄の板 水 コンクリート

アルファ(α)線

ベータ(β)線

ガンマ(γ)線

エックス(X)線

中性子線

α線を止める β線を止める γ線を止める 中性子線を止める

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館 16

放射線測定

JAEA 日本原子力研究開発機構

放射線測定器「ベータちゃん」を使ってβ線(ベータせん)を計ろう!

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館 17

計ったベータ線の数値 (JAEA) 日本原子力研究開発機構

品目	直接当てて測定した場合	距離を離して測定した場合	鉄板を挟んで測定した場合
御影石 (かこう岩) 地球上の大地にまみれています。			
乾燥コンフ 私達が電接口にしている食品です。			
肥料 (リン酸加里) 米や野菜などの植物を成長させるために使っています。			
湯の花 温泉成分です。温泉の中にあるラジウム(放射性物質)は、健康の増進に役立つ効果があります。			
目覚まし時計 文字盤は、放射性物質を含んだ蛍光塗料を使うことにより、薄緑色に光ります。			

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館 18

今日は、ありがとうございました (JAEA) 日本原子力研究開発機構

~来て、見て、感じて、「もんじゅ」の未来~

「もんじゅ」では、現場を見学することができます。
福井県に遊びに来たときは、ぜひ「もんじゅ」にも立ち寄りください。

【見学問い合わせ先】
日本原子力研究開発機構
教習本部 総務課
TEL0770-21-5022

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館 19

(JAEA) 日本原子力研究開発機構

補足資料

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館 20

日本国内の原子力発電所 (JAEA) 日本原子力研究開発機構

	基 数	合計出力 (万kW)
運 転 中	53	47,793.5
建 設 中	3	366.8
着 工 準 備 中	10	1,356.2
合 計	66	50,516.5

出典：原子力図鑑集2009

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館 21

発電方法ごとの電気をまかなう割合 (JAEA) 日本原子力研究開発機構

約3分の1の電気が原子力発電で作られているんだよ。

地熱および新エネルギー 1%

原子力 31%

天然ガス 24%

石炭 25%

石油 11%

水力 8%

出典：電事連 図表で語るエネルギーの基礎2006-2007 発電電力量構成比 2005年度

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館 22

エネルギーの安定確保に貢献する原子力発電 (JAEA) 日本原子力研究開発機構

- 1 入手しやすい**
燃料のウランは様々な国で産出されるため、石油と比べて入手しやすい。
- 2 多くのエネルギーを発生させる**
少しの燃料で多くのエネルギーを発生させるため、燃料の輸送や貯蔵がしやすい。
- 3 コストが安定している**
原子力発電のコストは燃料費の占める割合が小さいため(約12%)、安定している。
- 4 リサイクルできる**
使い終わった燃料は、再処理することでリサイクルできる。

各種電源のコスト比較 (円/キロワット時)

電源	コスト (円/キロワット時)
水力	11.9
石油	10.7
天然ガス	6.2
石炭	5.7
原子力	5.3

40年運転ベース(割引率:3%)

出典：電気事業連合会、原子力2009年レポート

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館 23

「もんじゅ」で使うナトリウム (JAEA) 日本原子力研究開発機構

ナトリウムの性質

- ① 金属であり、熱を伝えやすい
- ② 重さは水とほぼ同じ
- ③ 室温では固体で、約98°C～約880°Cで液体
- ④ 液体状態では、水のようにサラサラしている
- ⑤ 酸素と反応し、空気中では約300°C以上で燃える
- ⑥ 水と接触すると化学反応を起こし、水素が発生



なぜナトリウムを使うの？



ナトリウムは、中性子の速度を減速させないので増殖が可能。




ナトリウムは、金属ですので熱を伝える効率が良い。



ナトリウムは、配管などの材料と相性が良い。

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館 24

核燃料サイクル (JAEA) 日本原子力研究開発機構

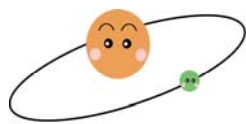


原子力発電で一度燃やしたウラン燃料（使用済燃料）には、燃え残りのウランや新しく出来たプルトニウム、核分裂生成物（燃えカス）が含まれています。燃え残ったウランや新しく出来たプルトニウムは、繰り返し燃料として使用することができます。このように、ウラン燃料をリサイクルして利用する一連の流れを『核燃料サイクル』といいます。

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館 25


原子ってなに？ (JAEA) 日本原子力研究開発機構

身の回りの形あるものは、すべて原子でできています。



原子の大きさ
1 億分の1センチメートル。
原子核の大きさ
1 兆分の1センチメートル。


こんな小さい原子には、実はすごいパワーがあるのです。そのパワーを利用して電気を作るのが原子力発電だよ。



2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館 26

原子核の構成 (JAEA) 日本原子力研究開発機構

原子の中心にある原子核は、**プラスの電気をもつ陽子と電気をもたない中性子**からできています。



= ● 陽子 + ● 中性子


原子核

2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館 27

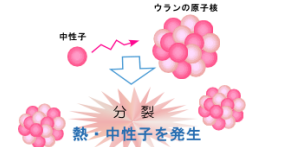
放射線の生まれかた (JAEA) 日本原子力研究開発機構

目で見ることも、手で触れることも、耳で聞くこともできない放射線。一体、放射線って何なのでしょう？

放射線の生まれ方は？



核分裂では放射線が発生します。



2010年4月17日 サイエンスカフェin大阪科学技術館 28