

地球温暖化とエネルギー そして 身のまわりの放射線について



2009 名取市



雷神山古墳(宮城県HPより)

仙台空港(名取市HPより)

日本原子力文化振興財団
原子力有識者
坪谷隆夫
2009@tsuboya

第1部 地球温暖化とエネルギー

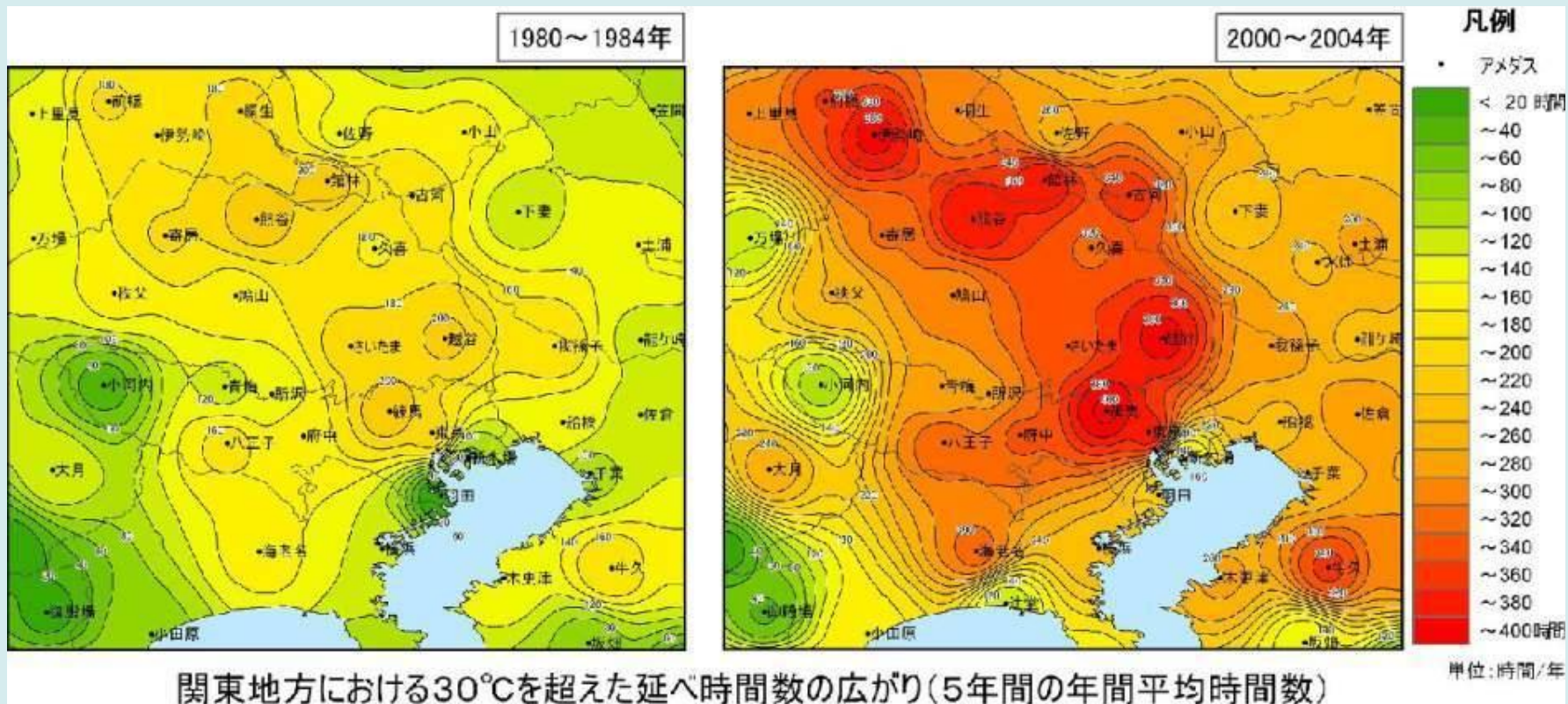
地球温暖化は世界大戦？

エネルギー安定供給・低炭素社会に向けて

第2部 身のまわりの放射線

第1部 地球温暖化とエネルギー

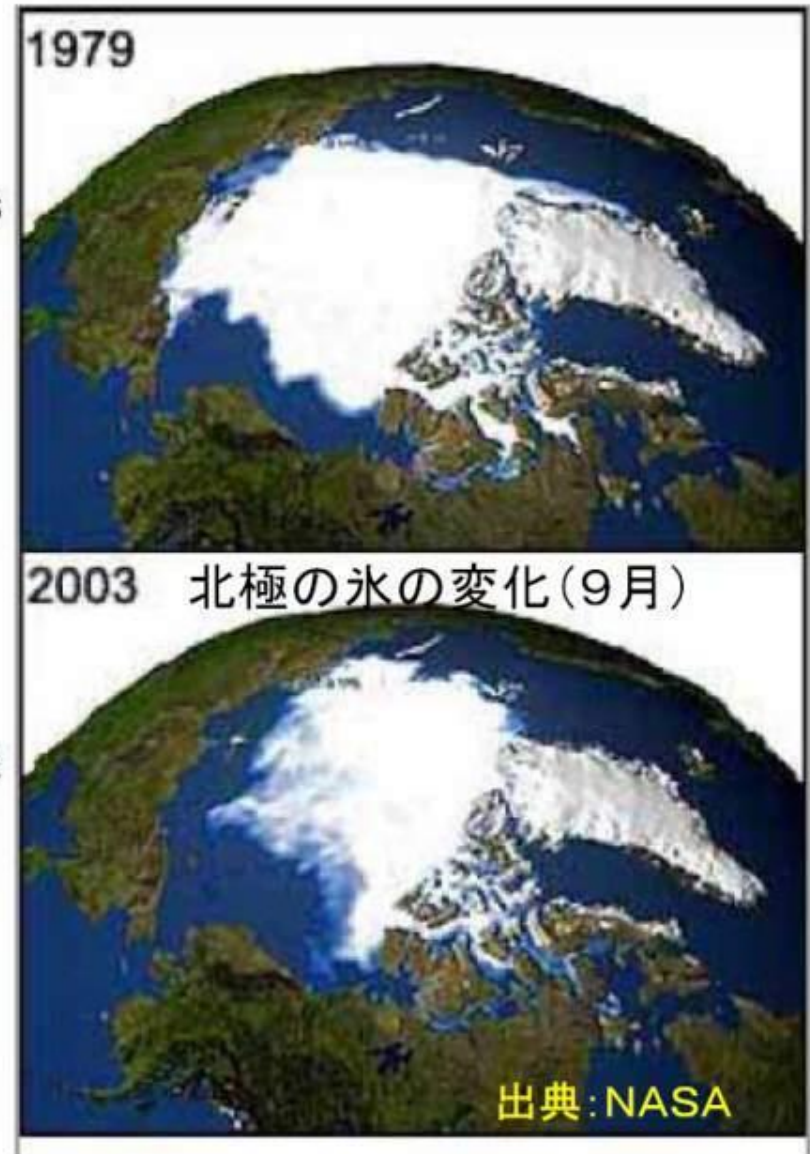
地球温暖化は世界大戦？



環境省HPより

北極の氷が溶けている

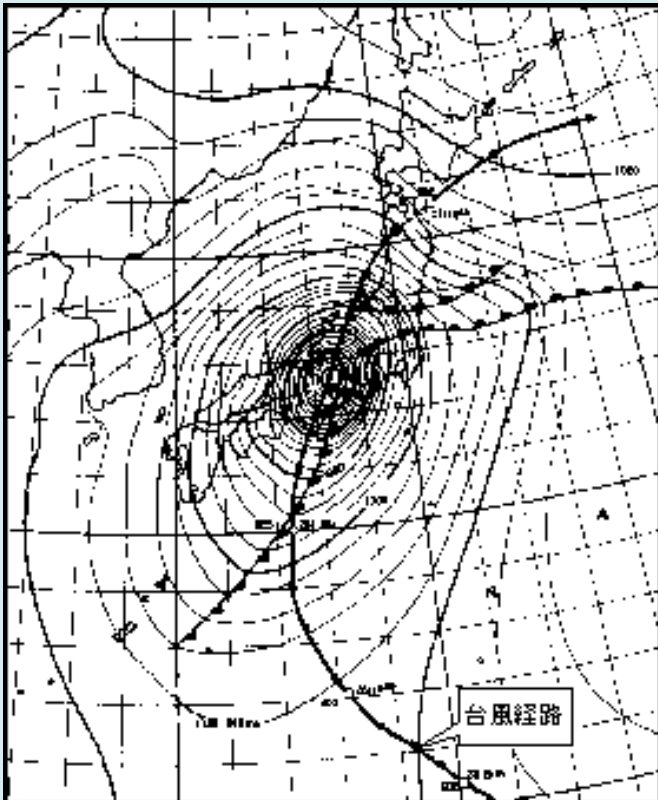
- ・地球の平均気温
ここ100年で0.74°C
- ・日本の平均気温
ここ100年で1.0°C上昇
(東京は3°C)
- ・この100年間で、北極の気温は、世界全体の平均気温のほぼ2倍の速さで上昇している。
- ・1978年以降の衛星データによると、北極の平均海氷範囲(面積)は、10年間あたり2.7%の減少。
- ・特に夏季においては、10年間あたり7.4%と、より大きな減少傾向にある。



伊勢湾台風時の高潮の状況

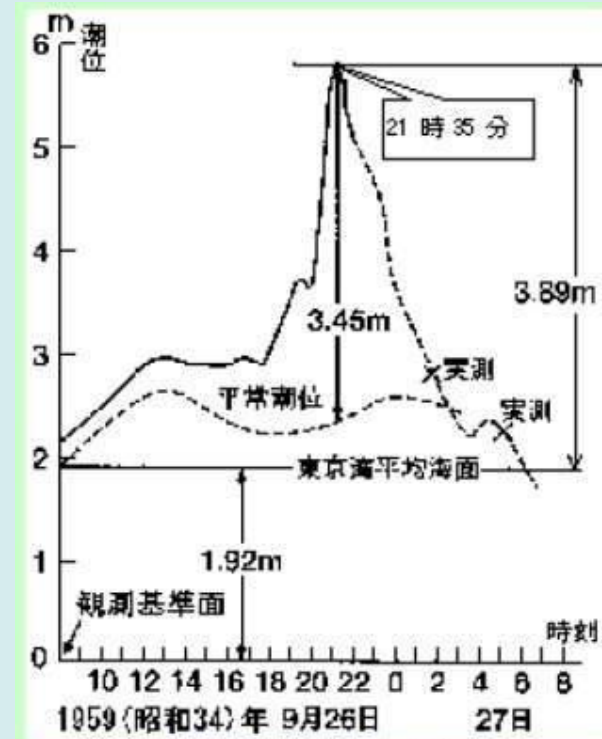


県立川崎図書館HP(高潮)



地上天気図(昭和34年9月26日21時)

気象庁HPより

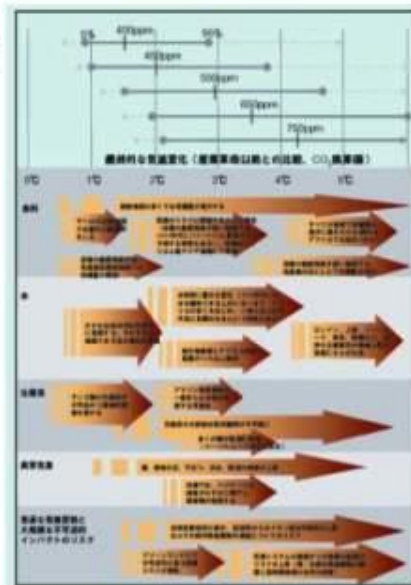


名古屋港の検潮記録

スターン・レビューの概要 (2006年10月30日公表)

- 地球温暖化を放置すれば、経済的損失は1930年代の大恐慌や2度の世界大戦に相当する規模になる。
- 現在のペースで温暖化が進んだ場合 (Business as Usual、なりゆき)、世界の総生産 (GDP) の5%～最大20%に上る損失が予測される。
- 一方、温暖化の原因となる温室効果ガスの排出を抑えるために必要なコストは、世界のGDP総計の1%前後にとどまる。経済成長と環境保護を両立させることは可能。

気温上昇、安定化濃度、影響の関係

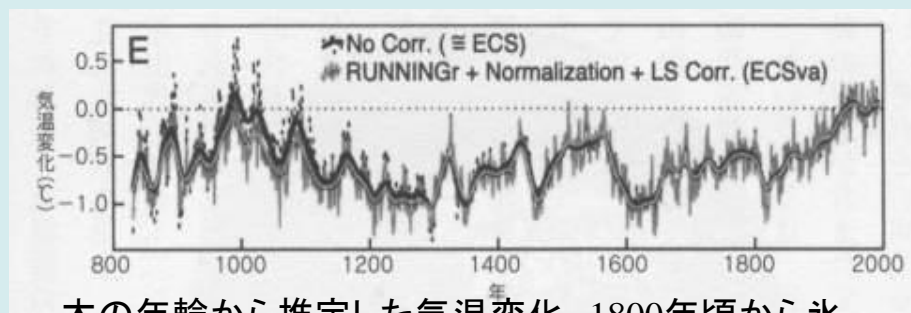


原子力委員会ビジョン懇談会(2008)

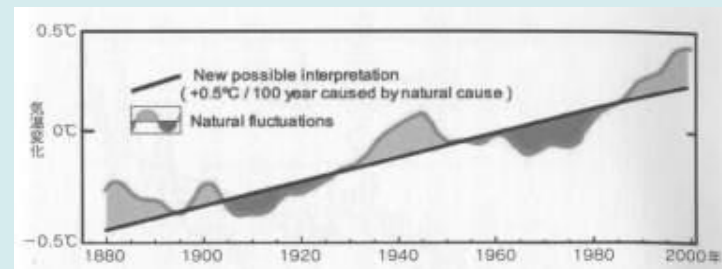


英国大使館Hpより

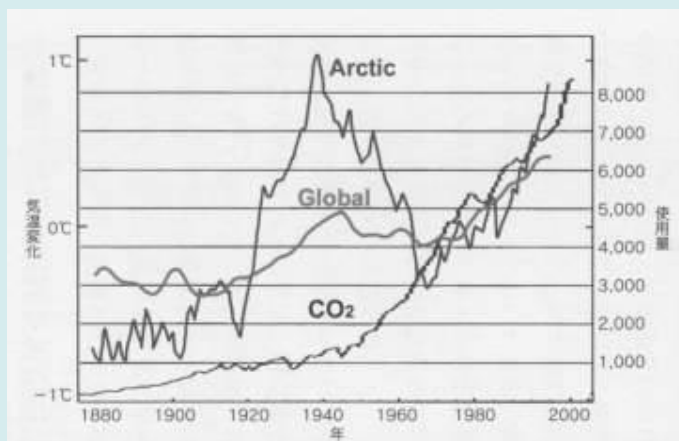
地球温暖化の原因(自然変動主因説)



木の年輪から推定した気温変化。1800年頃から氷河期が回復



1880年頃からの温度変動は直線の上昇



世界平均と北極圏の温度。CO2の上昇は1946年頃から。

- 現在は小氷河期の回復期
- 1880年頃から直線的に温度上昇 → 温暖化は自然変動
- 1920-1970年の温度変動はCO2と無関係
- 北極圏の1950～2000年の温暖化は消えた
- 1900年以降の温暖化は自然変動が主因 → CO2の影響は1/6程度

石井正則氏より提供(赤祖父俊一 正しく知る地球温暖化より)

地球温暖化に対する有効予防対策論

•温暖化の原因は多様 未解明なものも多い

自然変動 太陽、火山、大気、海洋 など

人為的要因 温暖化ガス、エアゾル、土地変革 など

自然変動 > 人為的要因であっても可能な限り抑制は必要！

•温暖化抑制には有効予防原理適用 **non regret policy**

効果の不明なものへの投資は慎重に！

自然変動が大きいとしても数億年かけて固定したCO2を数百年で開放するのは望ましいことではない

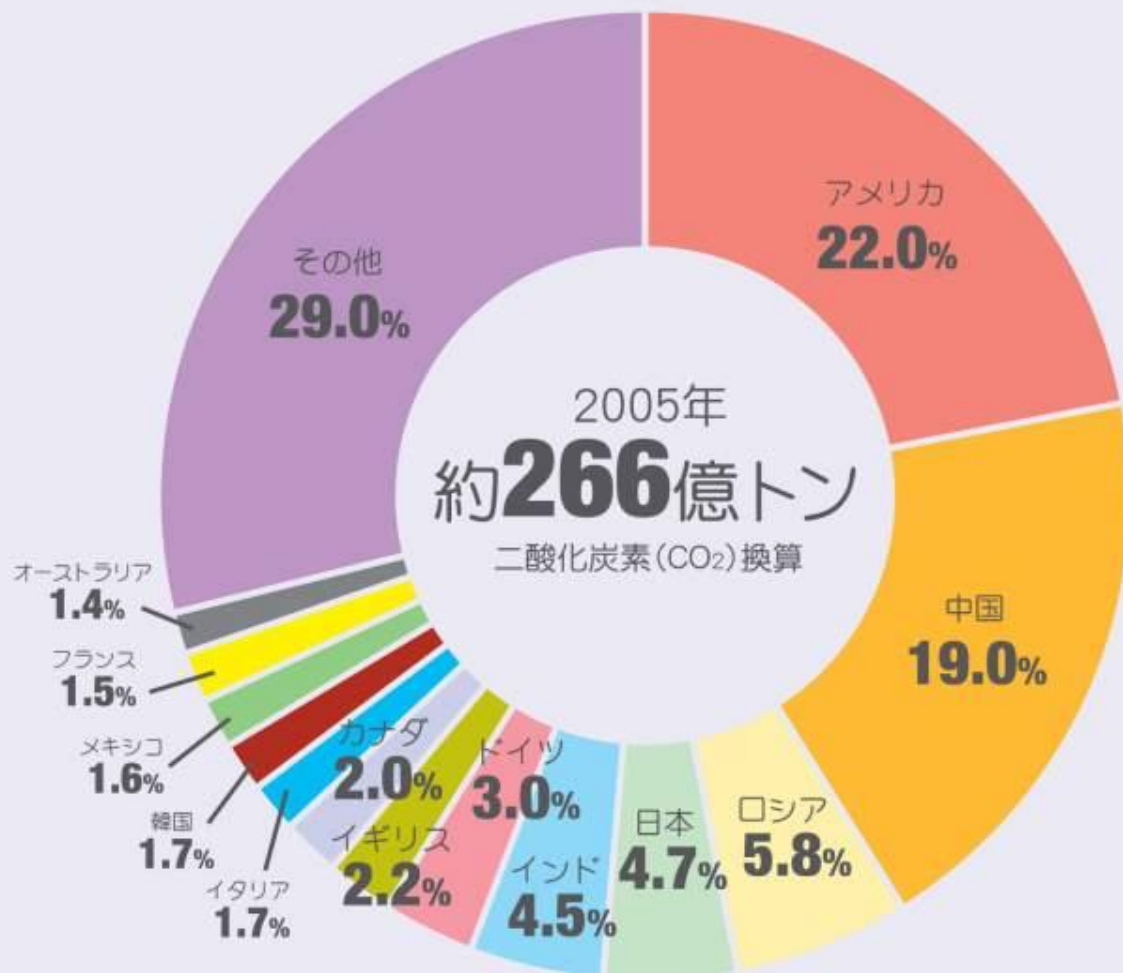
→急激な変化は生態系への影響もしばしば問題が生ずる

•エネルギー・資源問題解決の枠内なら有効予防策

**原子力、自然エネルギー、省エネ、石炭高度活用(CCSも)など
程度はともかく、温暖化抑制にもなる 損はない！**

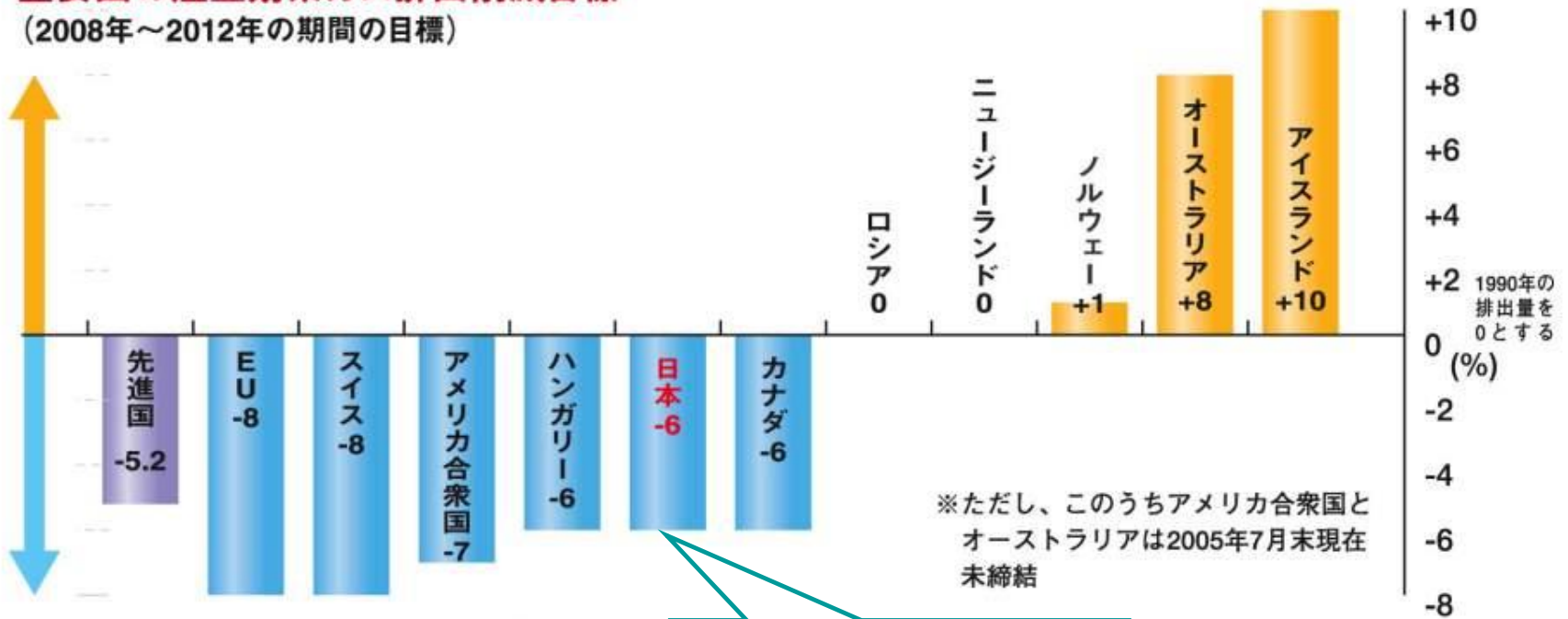
世界の二酸化炭素排出量

—国別排出割合—



出典) EDMC/エネルギー・経済統計要覧2008年版

京都會議で決められた
主要国の温室効果ガス排出削減目標
(2008年～2012年の期間の目標)



京都議定書でいうEUとは、当時の加盟15カ国…ドイツ・イギリス・イタリア・フランス・オーストリア・ポルトガル・フィンランド・スウェーデン・デンマーク・アイルランド・...

チーム・マイナス6%
1人、1日、1kg

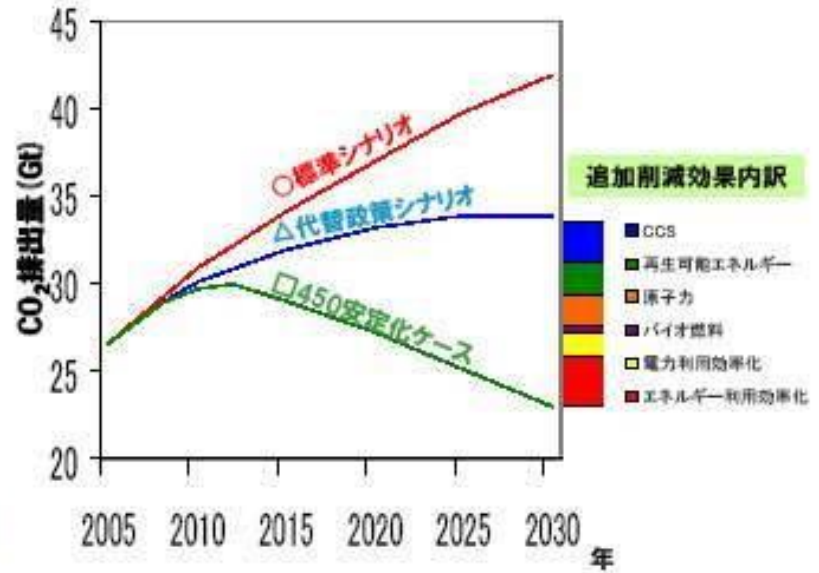
世界のCO₂排出量削減の試算

(World Energy Outlook 2007より作成)

□ 従来型化石エネルギー ■ CCS化石エネルギー ■ 再生可能エネルギー ■ 原子力
(水力、風力、太陽光等)



世界の一次エネルギー消費



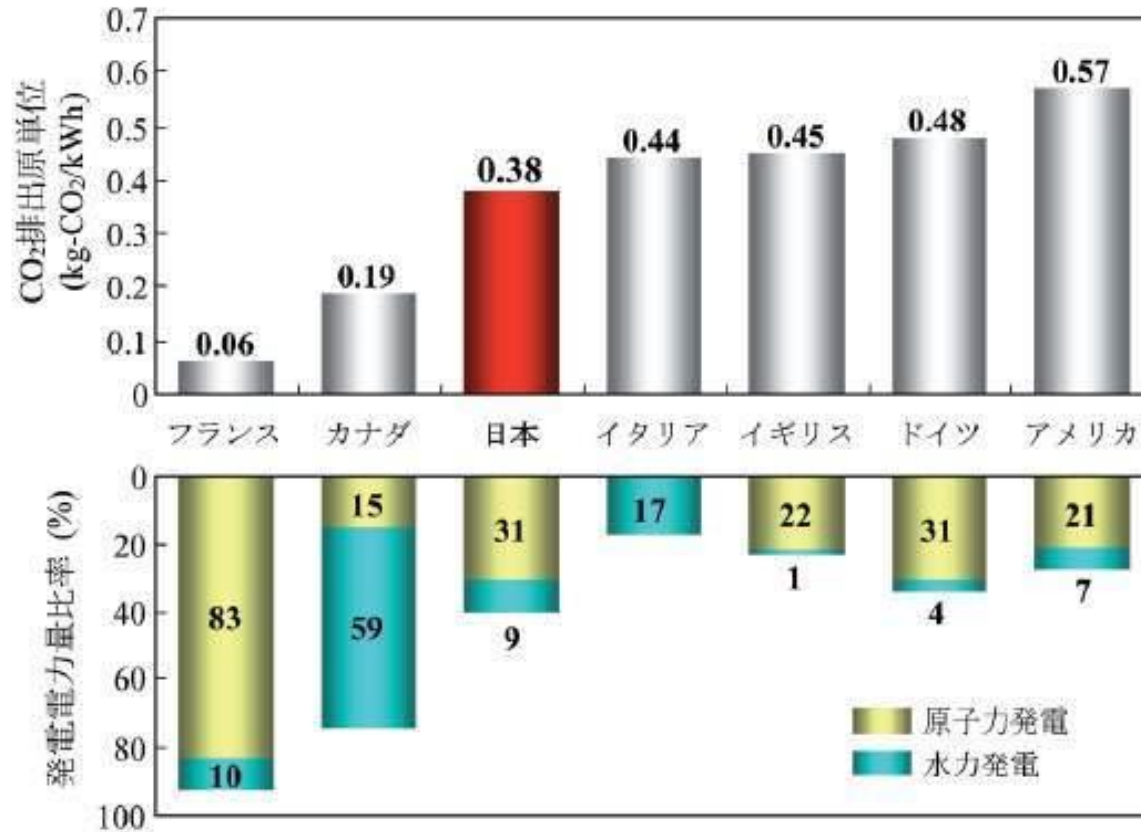
世界のCO₂排出量

- 標準シナリオ: 各国の現行政策、対策の継続を想定したもの
- △代替政策シナリオ: 各国で検討中の追加対策の実施を想定したもの
(省エネルギー・エネルギー利用効率化、再生可能エネルギー利用促進、原子力利用促進等)
- 450安定化ケース: 2050年までの排出量半減を条件に、より大幅な省エネ・効率化と化石燃料利用低減を仮定した試算
(IPCC第4次評価報告書のカテゴリIシナリオ、温室効果ガス濃度安定化レベル445-490ppm・気温上昇2.0-2.4℃に相当)

「地球温暖化対策としての原子力エネルギーの利用拡大のための取組について」 参考データ

各国のCO₂排出原単位

■ CO₂ 排出原単位 (発電端) の各国比較 (電気事業連合会試算)



* 2005 年度の値

* 出典：Energy Balances of OECD Countries 2004-2005

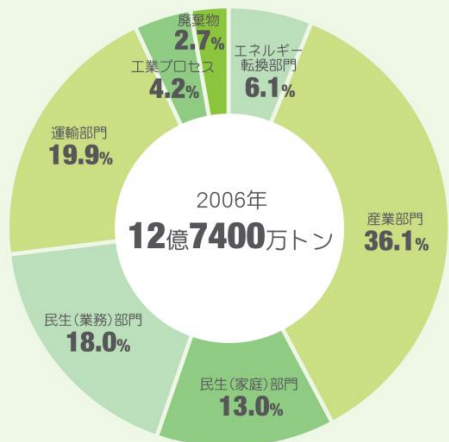
* 日本については電気事業連合会調査より

電気事業における環境行動計画(2007年9月電気事業連合会)より

「地球温暖化対策としての原子力エネルギーの利用拡大のための取組について」 参考データ

日本の部門別二酸化炭素排出量の割合

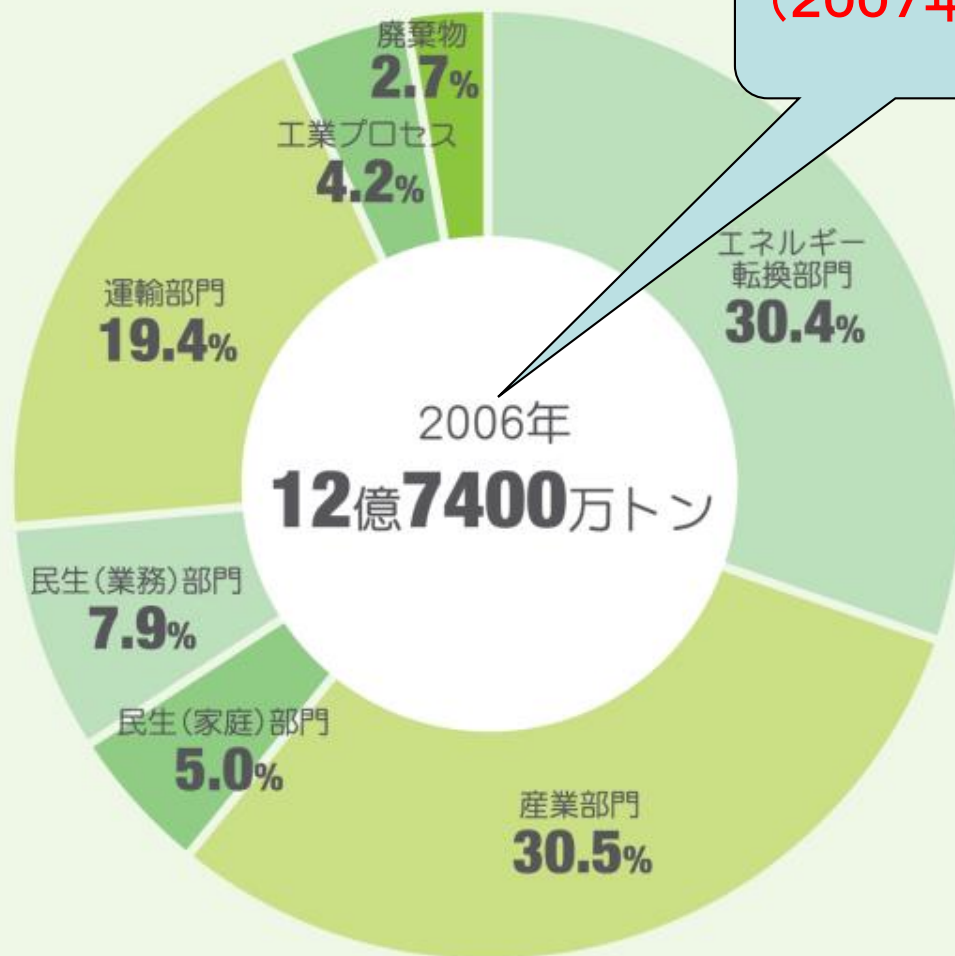
日本の部門別二酸化炭素排出量の割合
—各部門の**間接**排出量—



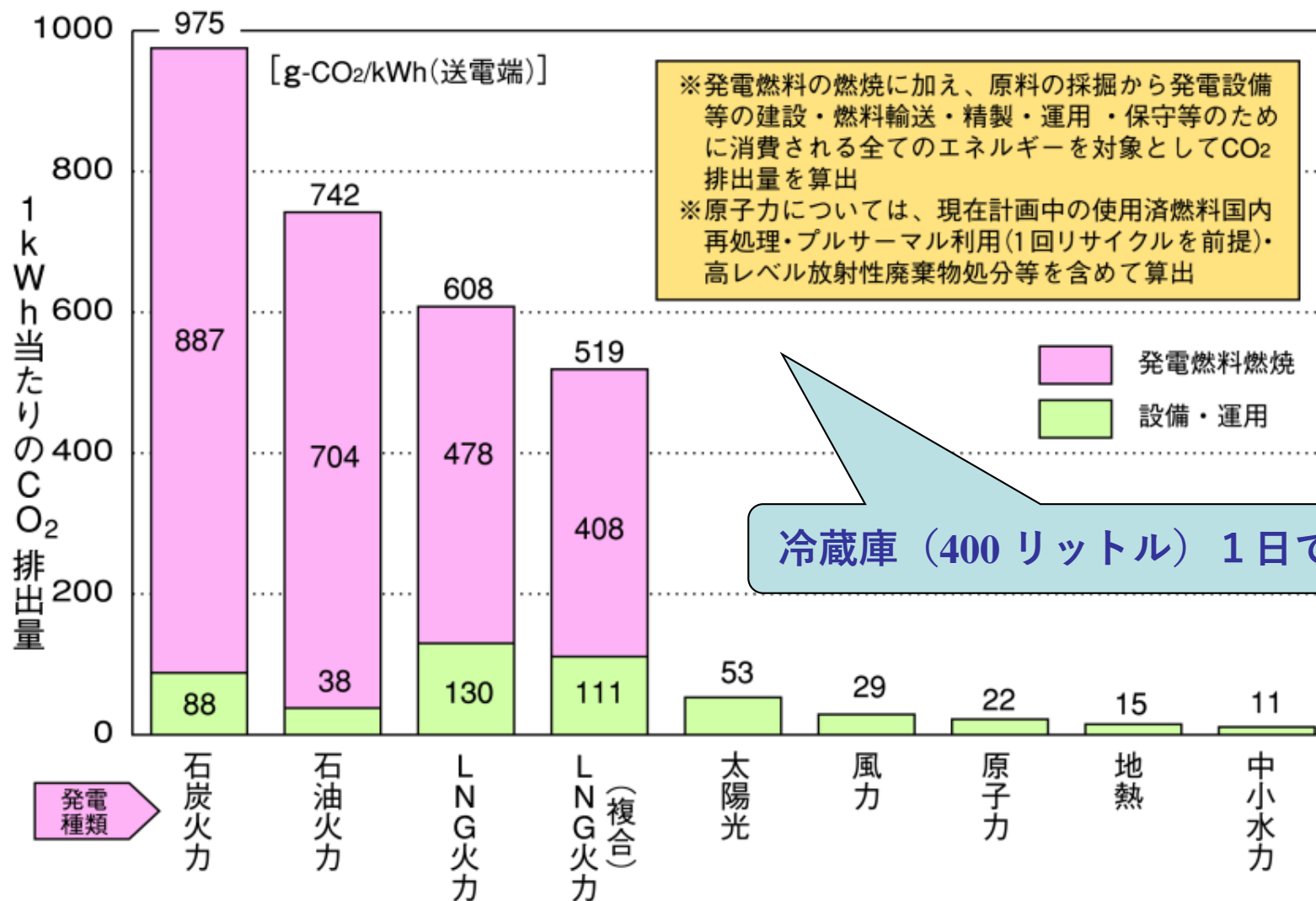
出典) 温室効果ガスインベントリオフィス
【日本の1990-2006年度の温室効果ガス排出量データ】
(2008.5.14発表)

日本の部門別二酸化炭素排出量の割合

—各部門の**直接**排出量—



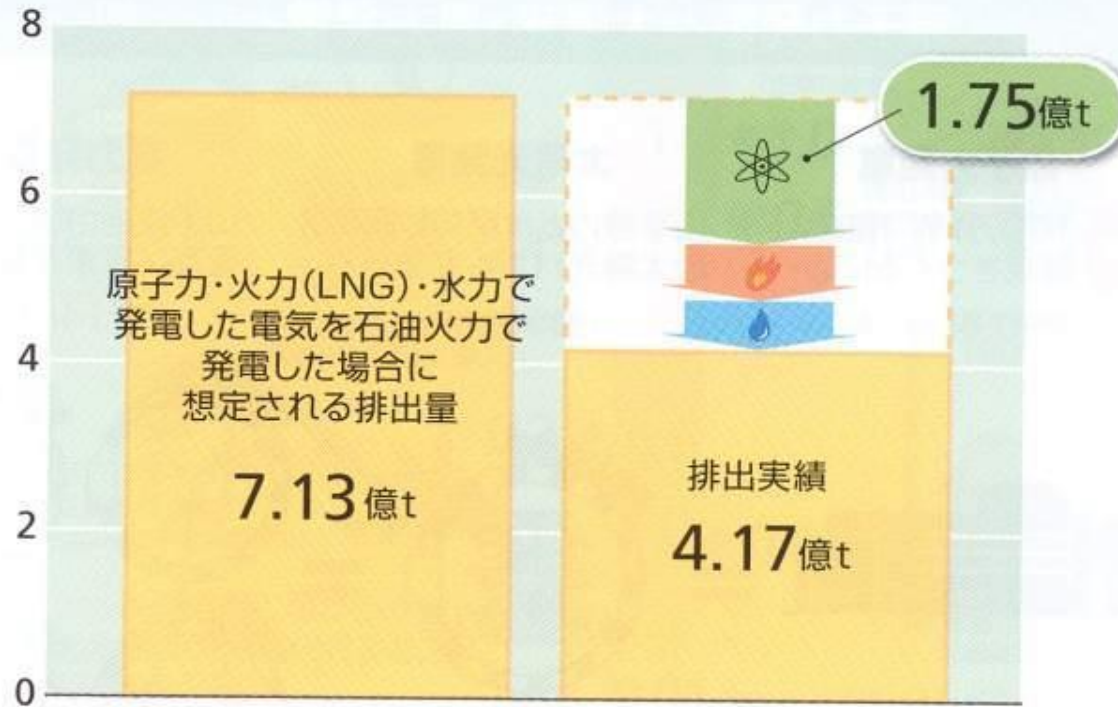
各種電源別のCO₂排出量



出典：電力中央研究所報告書 他

発電によるCO₂排出抑制効果(2007年度)

CO₂排出量(億t-CO₂)



- 原子力発電による抑制効果
- LNG火力発電による抑制効果
- 水力発電などによる抑制効果

電力各社の2007年度のCO₂排出量
(カッコ内は06年度比、%)

	CO ₂ 排出量 (百万トン)	電力量(1キロワット時) あたりのCO ₂ 排出量 (キログラム)
東 京	126(29.6)	0.425(25.4)
中 部	65(1.3)	0.470(▲2.3)
関 西	55(10.7)	0.366(8.3)
中 国	43(5.1)	0.677(1.3)
東 北	40(11.5)	0.473(7.3)
九 州	34(7.6)	0.387(3.2)
北 陸	19(43.7)	0.632(38.3)
北 海 道	17(11.3)	0.517(7.9)
四 国	11(10.7)	0.392(6.5)
沖 縄	7(1.6)	0.934(0.2)
10電力	合計417(14.3)	平均0.453(10.5)

(注)一部概算、速報値を含む。▲はマイナス

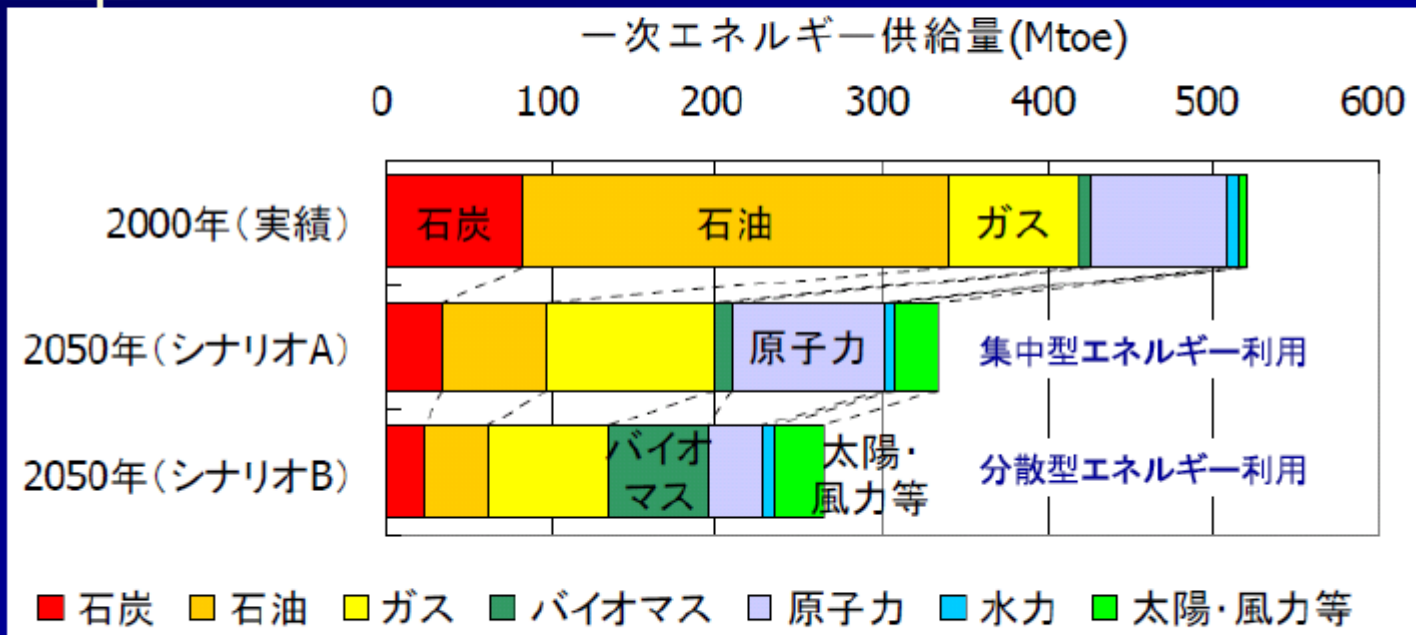
地球の将来を決める 今後20－30年

日本のロードマップ:

- ①エネルギー需要の削減－40～45%削減が必須
 - ・革新技術の誕生・少子化・使う側のエネルギー効率改善

 - ②CO₂排出のより少ないエネルギーにシフト
 - ・太陽・風力、水力、バイオマス、原子力、ガス、石油、石炭
この組み合わせが最大のポイントになる。
- * エネルギーのインフラは簡単に変えられない。1世紀は要する？
 - * 太陽、風力、バイオマスは相当に増える可能性。だが、自然エネルギーは小規模発電の集積であり、20－30年では不可能。
 - * 原子力は総発電量の3分の1－安定的な基幹電源としての存在は、「20－30年戦略」に欠かせない。安全性の基準をどこまで担保できるか。また、求めるべきか。原発への思考停止が最も良くない。
 - * 将来は、自然エネルギーと原子力の競争になる。

CO₂の70%削減シナリオ (2050日本低炭素社会シナリオから)



報告書「2050日本低炭素社会シナリオ:温室効果ガス70%削減可能性検討」、2007年2月より引用

低炭素社会づくり行動計画 ポイント

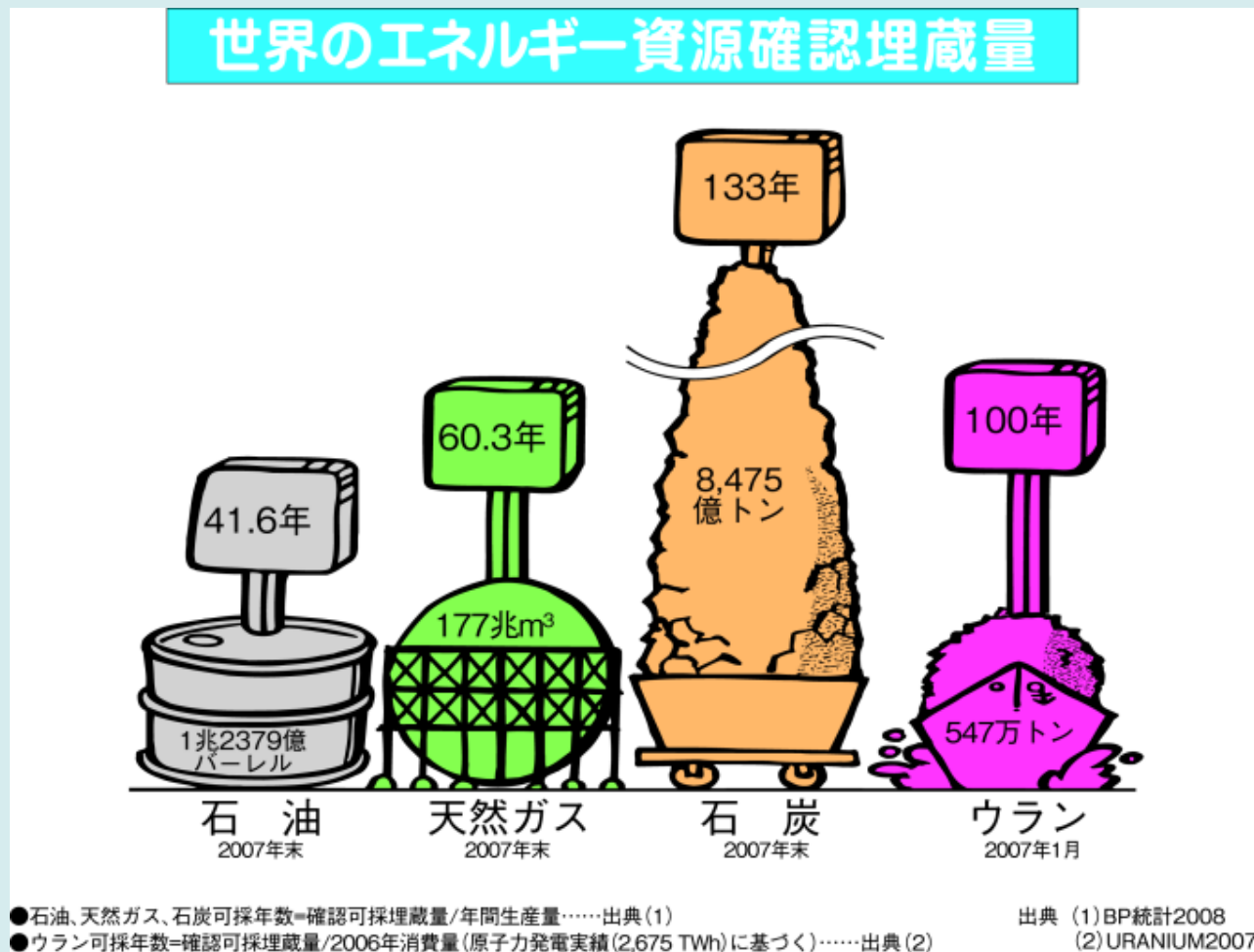
<項目>

1. 我が国の目標
2. 革新的技術開発
3. 既存先進技術の普及
4. 国全体を低炭素化へ動かす仕組み
5. 農山漁村の活躍、都市や地域づくり、環境教育
6. 国民運動



エネルギー安定供給・低炭素社会に向けて

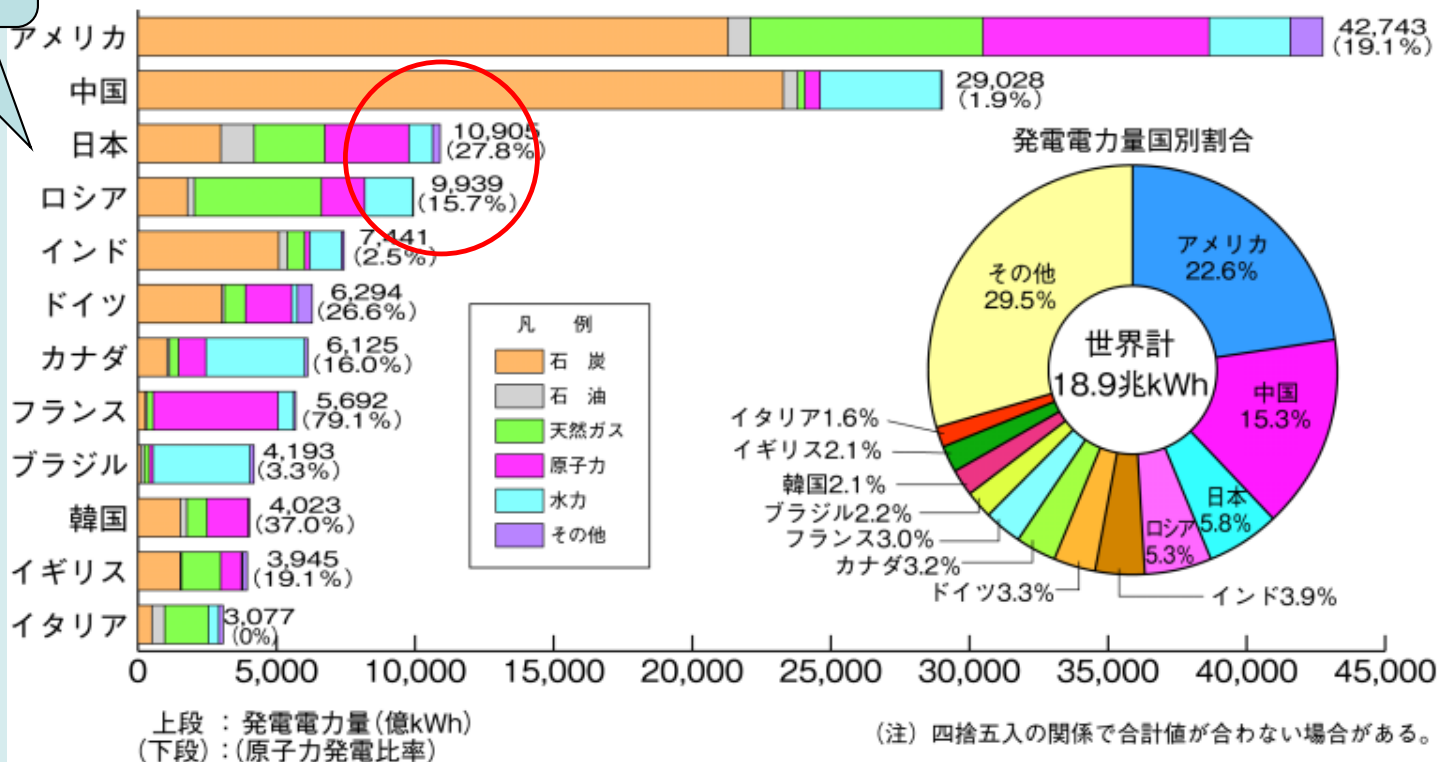
金
 可採埋蔵量42000トン
 17年(年間需要 2500トン)
 (物質・材料研究開発機構(2008))



主要国の発電電力量と原子力発電の割合

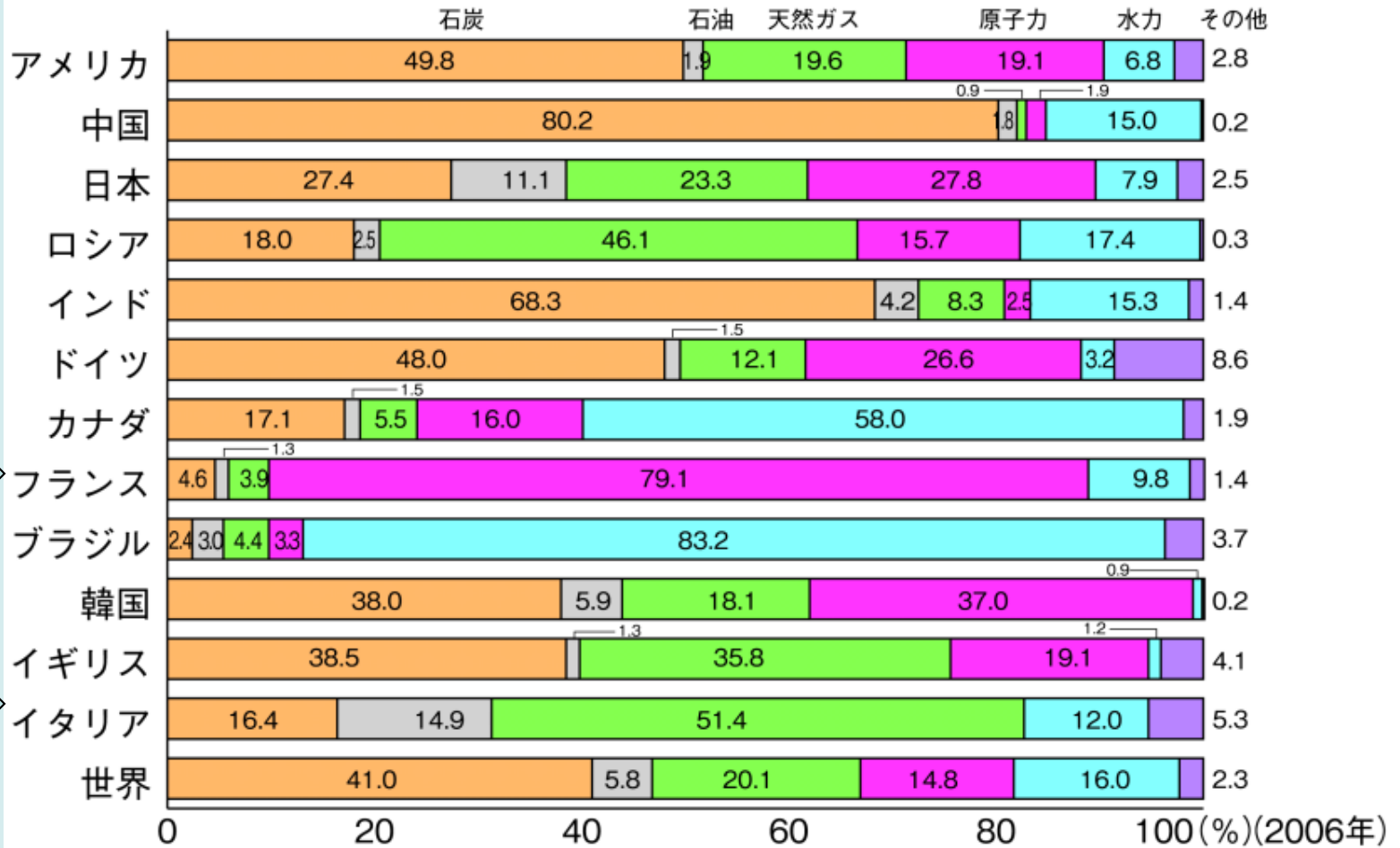
(2006年)

1兆1千億kwh



出典: ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES 2008 Edition
ENERGY BALANCES OF NON-OECD COUNTRIES 2008 Edition

主要国の電源別発電電力量の構成比



(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある。

出典：ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES 2008 Edition
ENERGY BALANCES OF NON-OECD COUNTRIES 2008 Edition

22

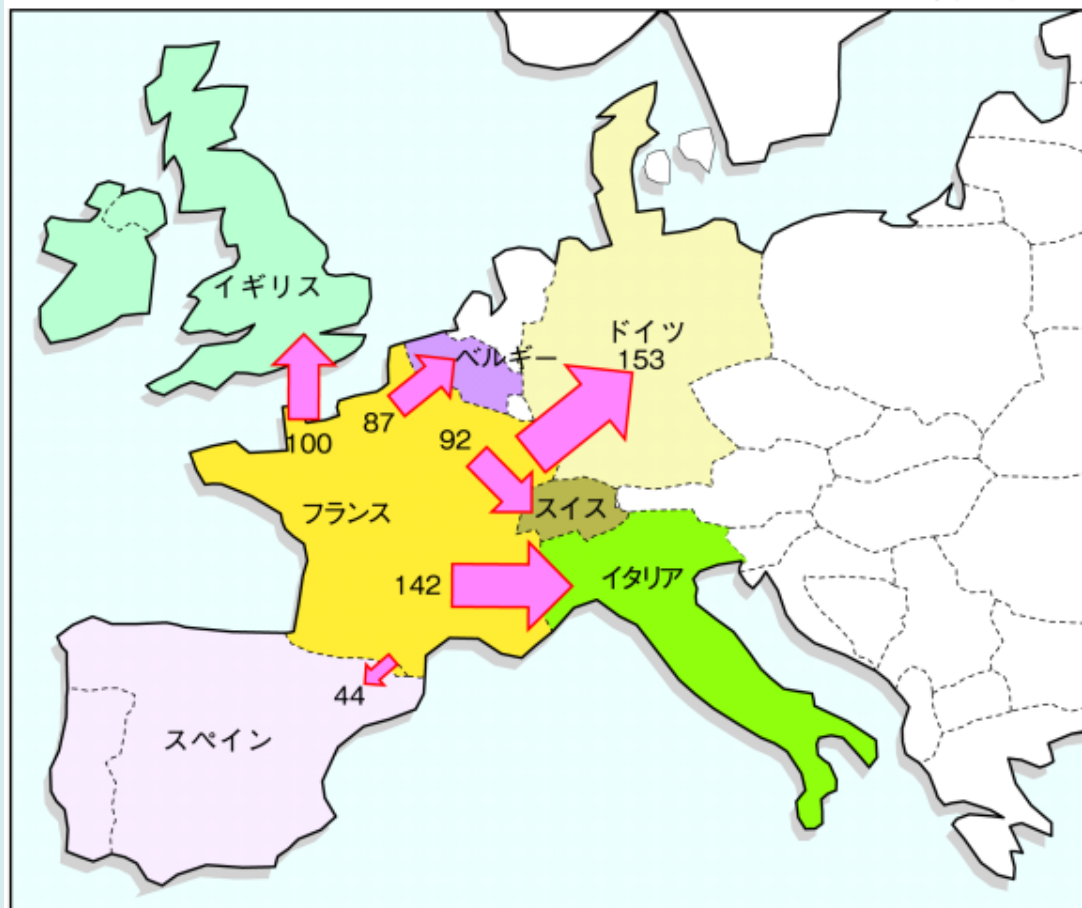
「原子力・エネルギー」図面集2009（日本原子力文化振興財団）より

2009 @tsuboya

フランスを中心とした電力の輸出入

(2006年)

単位：億kWh



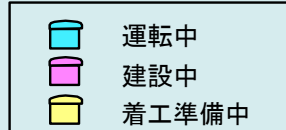
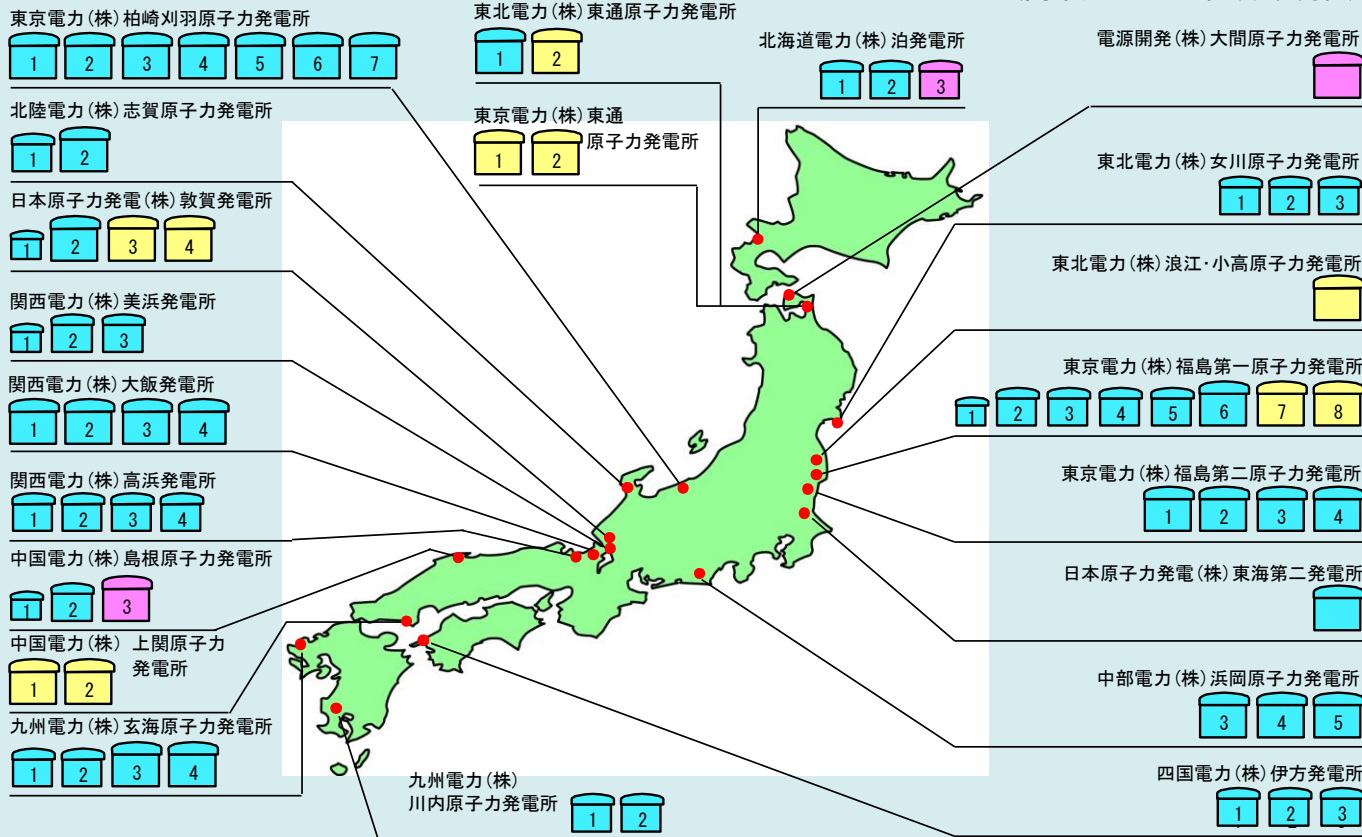
フランスからの輸出電力量(A)	618億kWh
フランスの発電電力量(B) (送電端)	5,491億kWh
輸出比率(A/B)	11%

(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある。

出典：海外電気事業統計2008年版

日本の原子力発電所の運転・建設状況

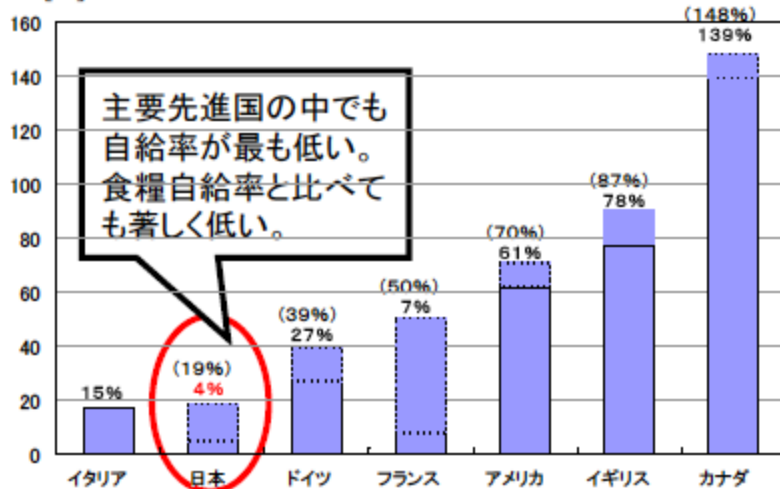
(商業用・2009年1月末現在)



	基数	合計出力(万kW)
運転中	53	4,793.5
建設中	3	366.8
着工準備中	10	1,356.2
合計	66	6,516.5

- 主要先進国の中で、我が国のエネルギー自給率は最も低く、わずか4%。
- 我が国の食料自給率でも4割であり、それよりも遙かに低い。

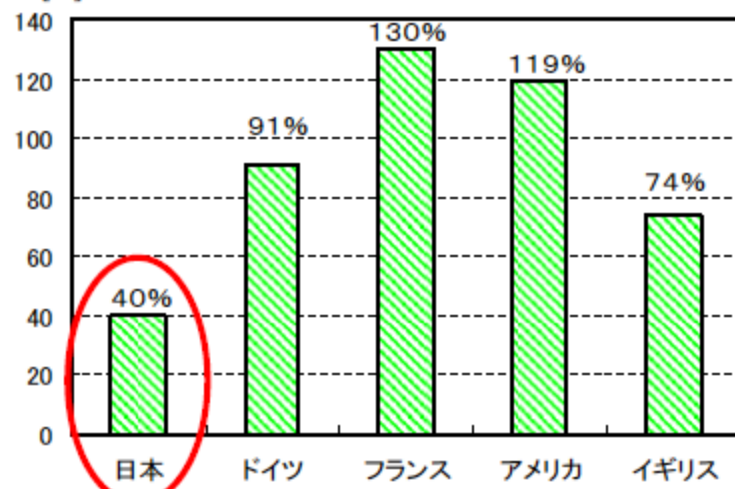
[%] 主要国のエネルギー自給率(2005年)



※自給率は原子力を輸入とした場合(カッコ内は原子力を国産とした場合)

【出典: OECD/IEA "Energy Balances of OECD Countries 2004-2005"】

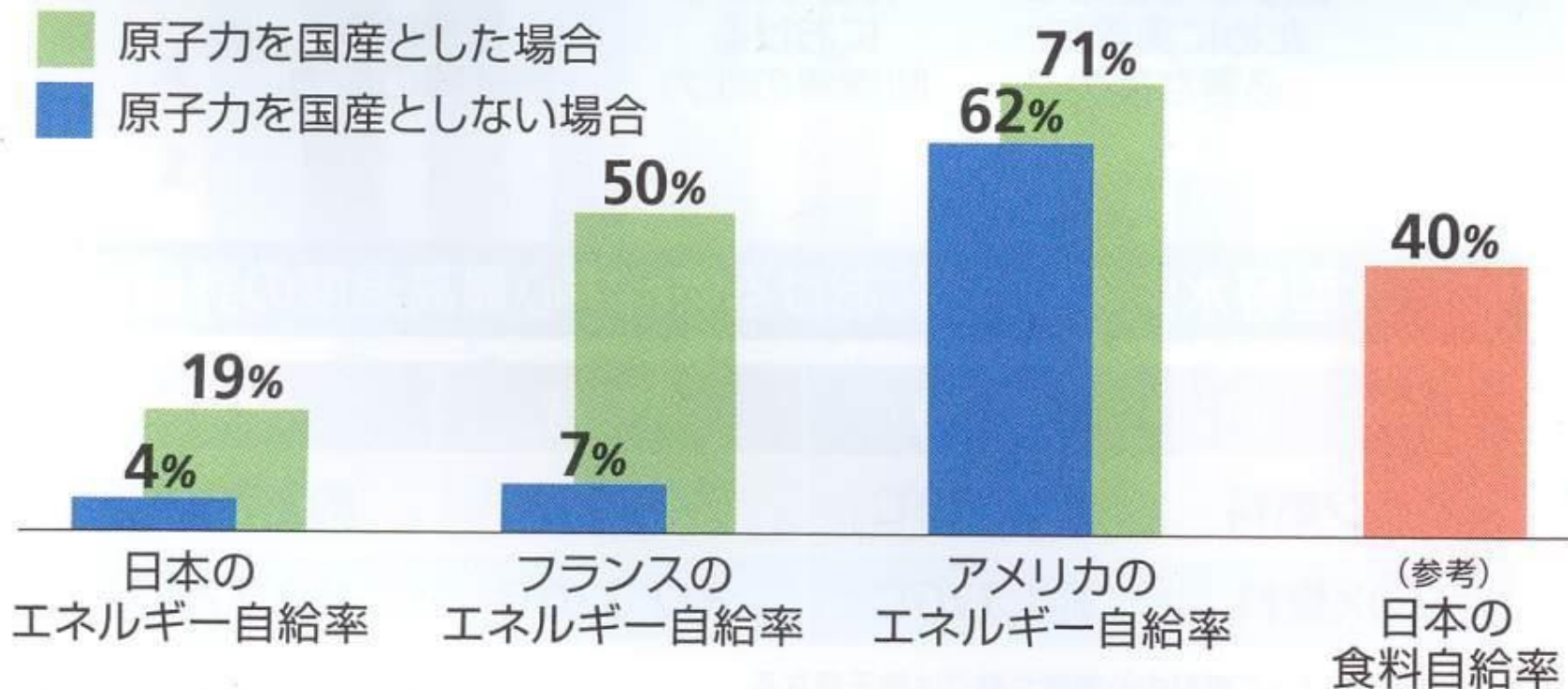
[%] 主要国の食料自給率(2002年)



【出典: 平成16年度食料自給率レポート(農林水産省)】

生存基盤資源であるエネルギー

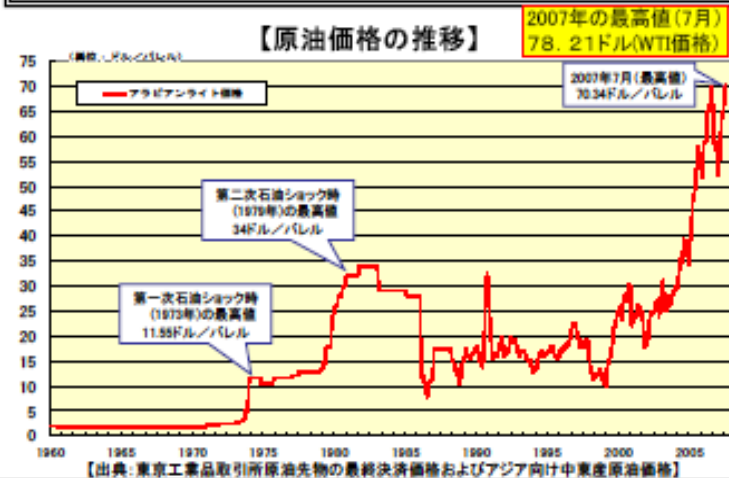
エネルギー自給率



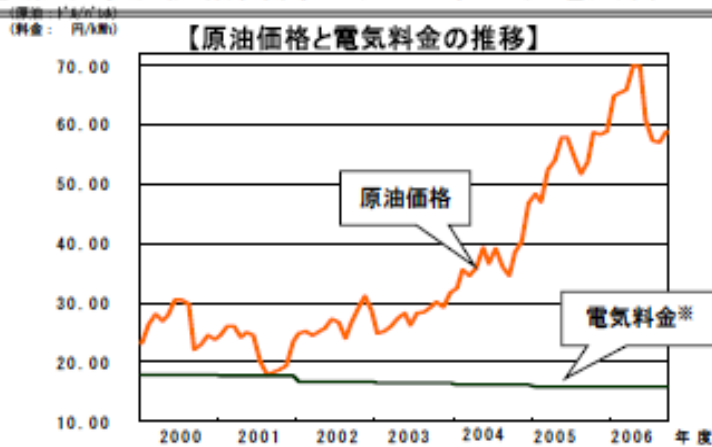
※原子力は一度輸入すると長期間使用できることおよび再使用できることから準国産エネルギーとして扱われます。
出典: ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES (2008Edition)、農林水産省「食料需給表」(平成19年度版)

輸入が難しくなる生存基盤資源
食料、エネルギーおよび水
(市川惇信、2009)

現在の原油価格高騰はオイルショック以上



急激な原油価格高騰にもかかわらず電気料金は安定

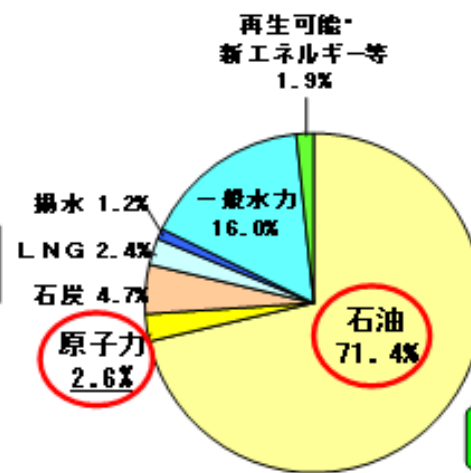


(※)電灯・電力計。2006年度は沖縄電力以外の9社の計

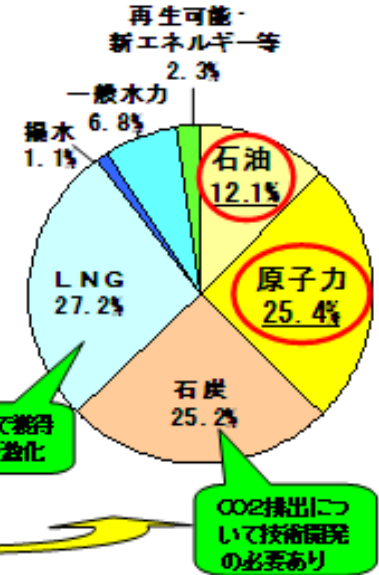
オイルショック以後原子力等非石油に電源構成をシフト

【発電電力量シェアの推移】

オイルショック前(1973年度)



現在(2007年度)



低炭素社会とエネルギー安全保障

出典:資源エネルギー庁

- ▶ 原子力発電(現在55基)の全てを新エネ(太陽光や風力)で代替するのは非現実的。
- ▶ 現時点では、供給安定性(雨の日や風の吹かない日は発電しない)や経済性などの課題が存在。

原子力発電所

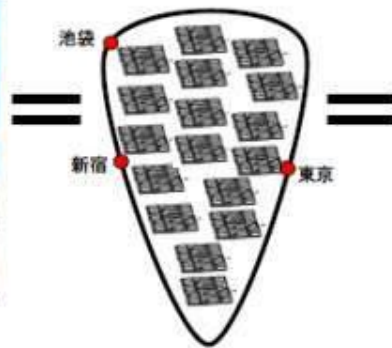
100万kW級**一基**
(3000億円)



※現在55基稼働

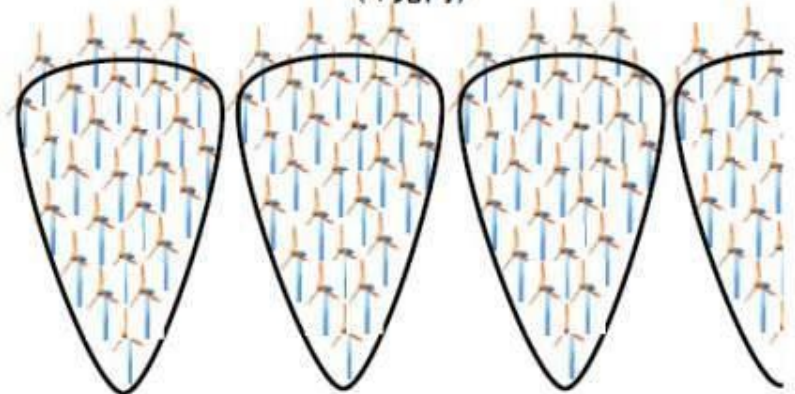
太陽光発電

山手線一杯の面積(約67km²)
(6~7兆円)



風力発電

山手線の3.5倍の面積(約246km²)
(1兆円)



総合資源エネルギー調査会資料(2008)

国際原子力事象評価尺度 (INES)

	レベル	基準 (最も高いレベルが当該事象の評価結果となる)			参考事例 (INESの公式評価でないものが含まれている)
		基準1: 所外への影響	基準2: 所内への影響	基準3: 深層防護の劣化	
事故	7 (深刻な事故)	放射性物質の重大な外部放出 〔ヨウ素131等価で数万テラベクレル相当以上の放射性物質の外部放出〕			チェルノブイリ事故 (1986年)
	6 (大事故)	放射性物質のかなりの外部放出 〔ヨウ素131等価で数千から数万テラベクレル相当の放射性物質の外部放出〕			
	5 (所外へのリスクを伴う事故)	放射性物質の限られた外部放出 〔ヨウ素131等価で数百から数千テラベクレル相当の放射性物質の外部放出〕	原子炉の炉心の重大な損傷		スリーマイルアイランド事故 (1979年)
	4 (所外への大きなリスクを伴わない事故)	放射性物質の少量の外部放出 〔公衆の個人の数ミリシーベルト程度の被ばく〕	原子炉の炉心のかなりの損傷/ 従業員の致死量被ばく		JCO 臨界事故 (1999年)
異常な事象	3 (重大な異常事象)	放射性物質の極めて少量の外部放出 〔公衆の個人の十分の数ミリシーベルト程度の被ばく〕	所内の重大な放射性物質による汚染/急性の放射線障害を生じる従業員の被ばく	深層防護の喪失	
	2 (異常事象)		所内のかなりの放射性物質による汚染/法定の年間線量限度を超える従業員の被ばく	深層防護のかなりの劣化	美浜発電所2号機 蒸気発生器 伝熱管損傷 (1991年)
	1 (逸脱)	安全上重要ではない事象		運転制限範囲からの逸脱	もんじゅ ナトリウム漏えい (1995年)
尺度以下	0 (尺度以下)			0+ 安全に影響を与え得る事象 0- 安全に影響を与えない事象	
評価対象外		安全に関係しない事象			

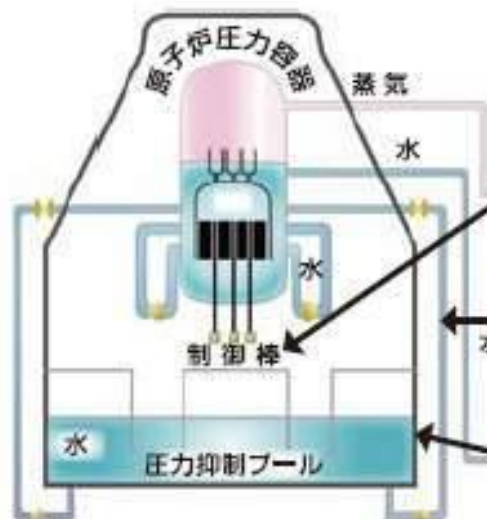
中越沖地震

シーベルト(Sv)は、放射線が人体に与える影響を表わす単位。(ミリは1,000分の1)
ベクレル(Bq)は、放射性物質の量を表わす単位。(テラは10¹²=1兆)

原子力発電所の安全確保のしくみ

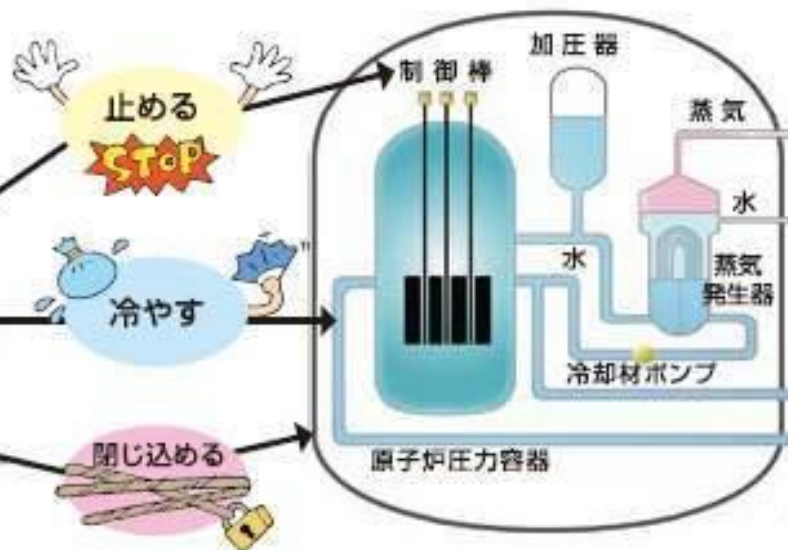
沸騰水型原子炉の場合

原子炉格納容器



加圧水型原子炉の場合

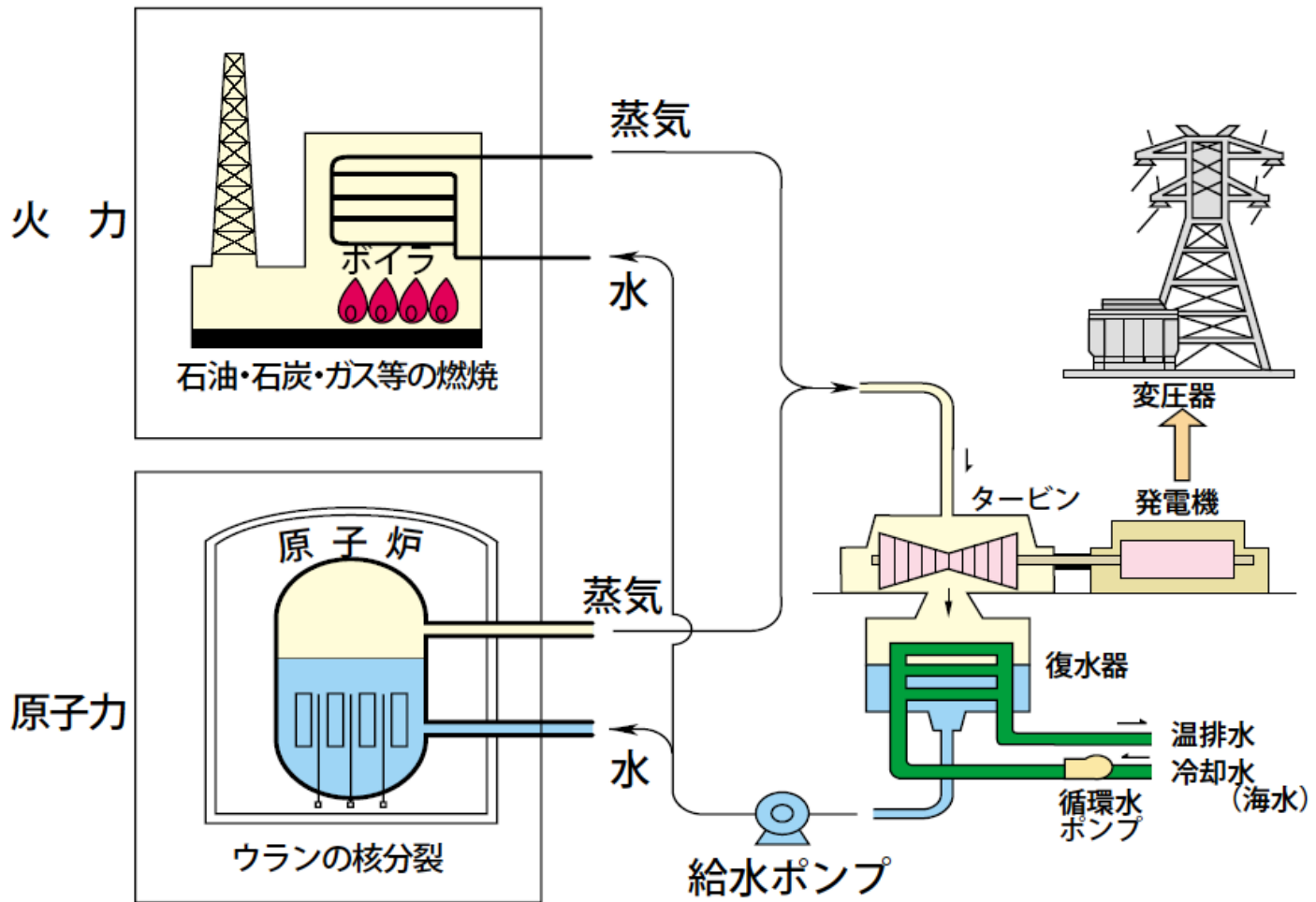
原子炉格納容器



出典:財団法人日本原子力文化振興財団, 2005-2006「原子力・エネルギー」画面集に基づいて作成



火力発電と原子力発電の違い



炭酸ガス

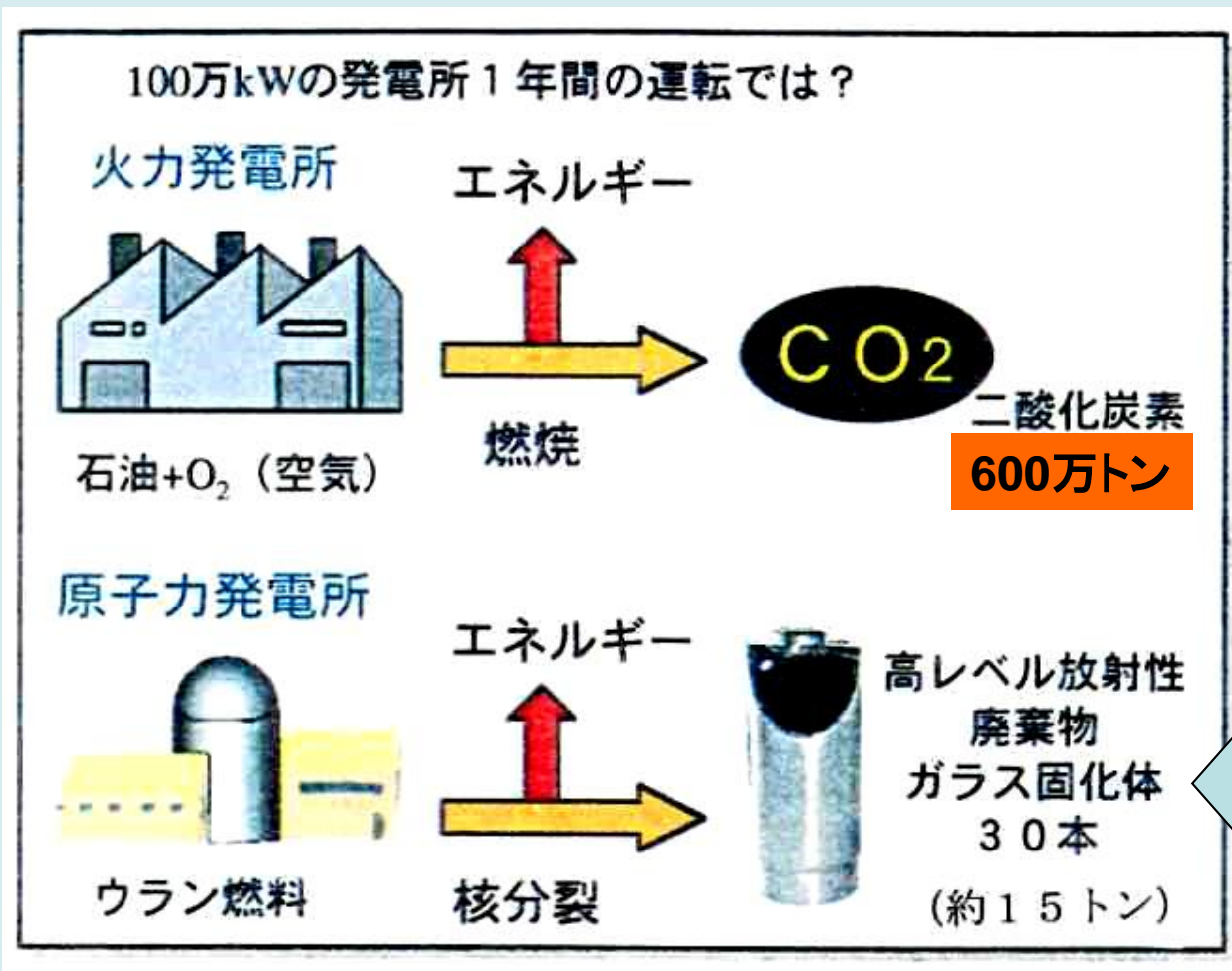
○火力発電に伴い必ず発生

○発生量は膨大

高レベル放射性廃棄物

○原子力発電に伴い必ず発生

○発生量が僅少



原子力発電所1基の運転で日本のCO₂年間排出量の0.5%を低減

原子力発電のゴミ

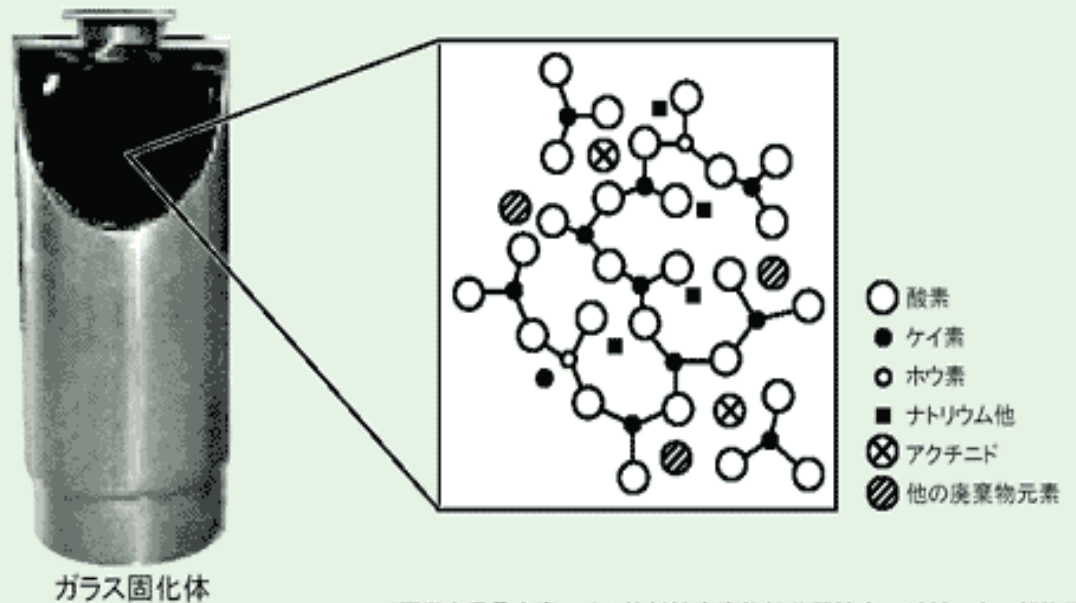
高レベル放射性廃棄物(原子力発電のごみ)

○固体(セラミックス)-ステンレス鋼の容器にガラスとして封じ込め

- ①優れた物質(放射性物質)に対する閉じ込め性
- ②物理的・化学的に安定性
- ③地下水への耐浸出性



●分子構造レベルでみたガラス網目構造中の廃棄物元素の存在状態●



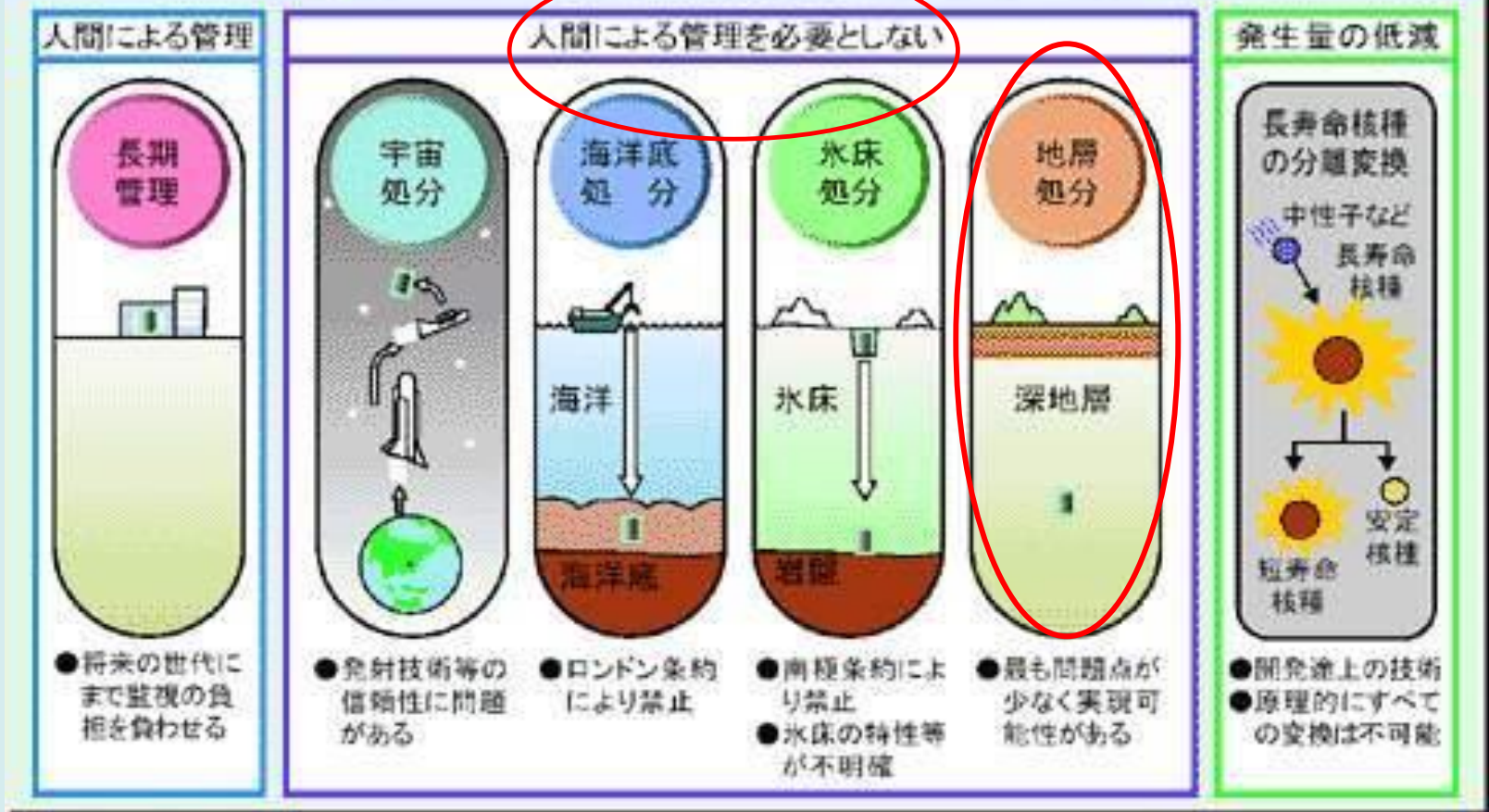
(原子力委員会高レベル放射性廃棄物処分懇談会、1998 を一部修正)

目標:長い時間、人間の生活環境から安全に隔離

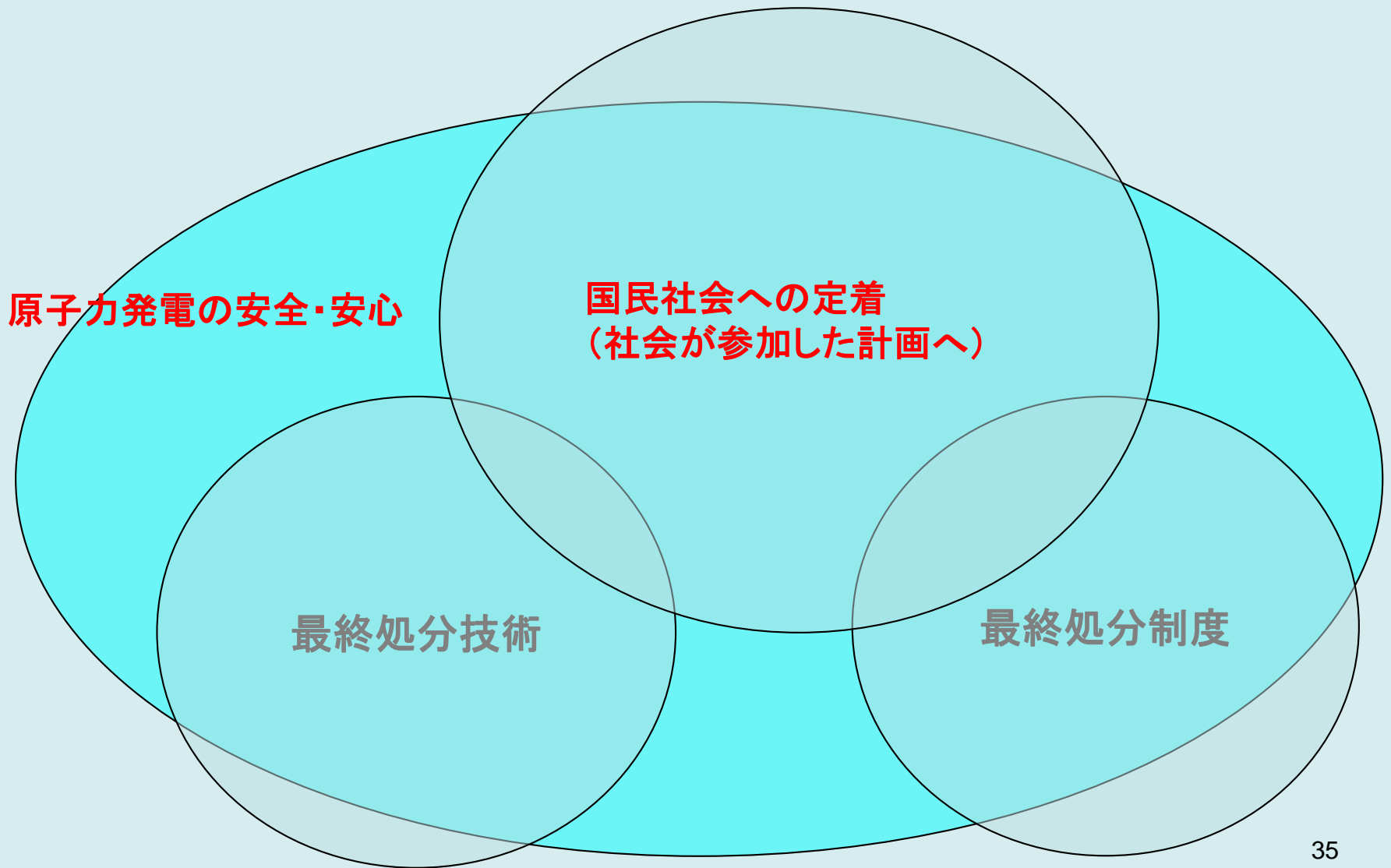


安定な地下深部を利用 地層処分方式の選択

● 高レベル放射性廃棄物の処分方法 ●

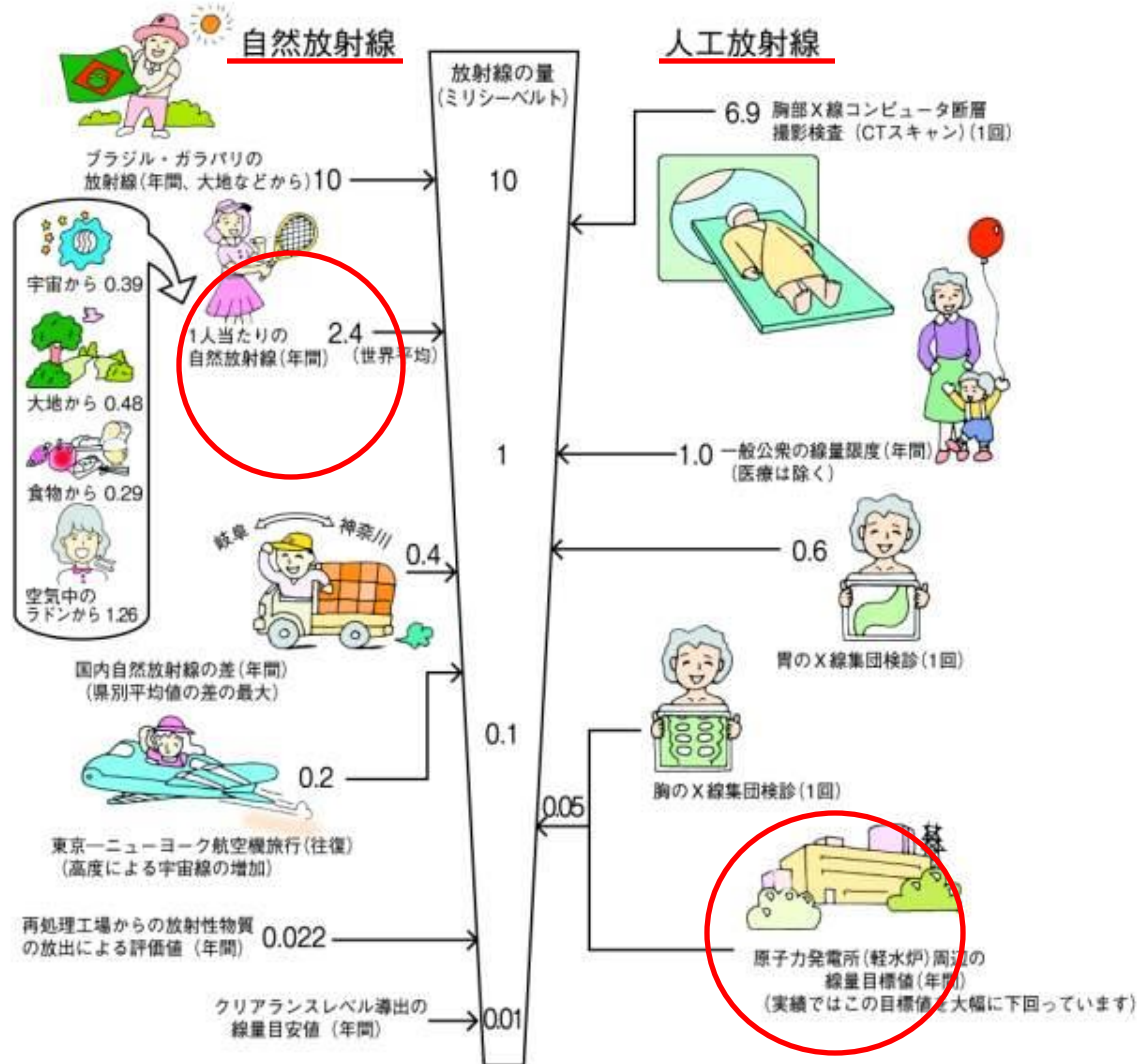


高レベル放射性廃棄物の最終処分 : 社会への定着に向けて



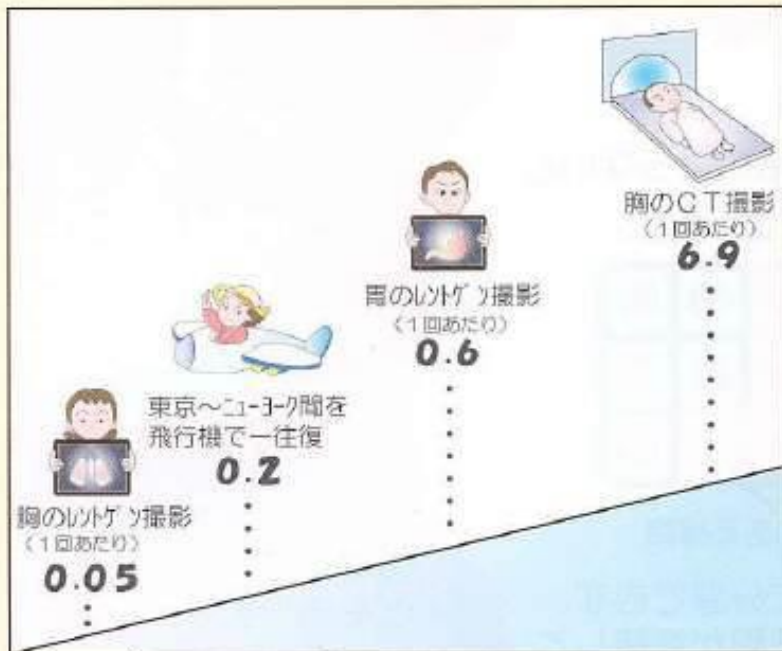
第2部 身のまわりの放射線について

日常生活と放射線



身のまわりの放射線ってどれくらいあるの？

(単位：ミリシーベルト)



地球上の誰もが2.4ミリシーベルトを受けている。その他に左の四角の中の被ばくが加算されるんだね。

すぐには影響なし
150以下



自然から受ける量 (1年間あたり) **2.4**

(単位：ミリシーベルト)



短時間に多くの放射線を受けると、体にこんな影響が出るのね！



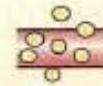
ほぼ全員が死亡
7.000



約半数が死亡
4.000



吐き気、気だるい
1.000



リンパ球減少
500

すぐには影響なし
150以下

1997年3月11日に起きた
アスファルト施設の事故時
(敷地境界での最大線量)

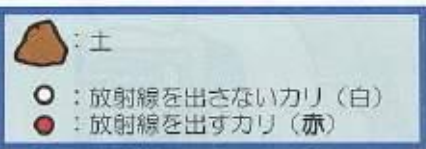
0.02

ほうれん草から放射線が出ているの？

実はね！お答えします。

① 土の中には植物が育つための三要素であるチッソ、リン酸、**カリ(カリウム)**が存在します。

② その土の中の**カリ**には**放射線を出すカリ(カリウム40)**が少しだけ(およそ1万分の1)含まれています。



③ 栄養分は**根から**吸いあげられる。そのとき、**放射線を出すカリ**も同じように吸い上げられます。

④ 根から吸い上げられた栄養分が、**全体に**いきわたります。

⑤ できた野菜を料理しても野菜に取り込まれた**カリの放射線を出す性質は変化しません！**

※天然のカリウムの中に放射線を出すカリウム40が微量に含まれています。

私たちの素朴な疑問???

原子力機構リスクコミュニケーション室資料より



ほうれん草など野菜からは、どうやって放射線が出てくるのだろう？



食べ物に含まれる天然の放射能 (カリウム40)の量

* 食品1キログラムあたり



さつまいも
140ベクレル



ごはん
30ベクレル



さかな
100ベクレル



こんいそ
2000ベクレル



牛乳
50ベクレル

参考：サイクルポケットブック、原子力図面集2003-2004

実際に私たちも“ホールボディカウンター”
という機械で測ってみました。

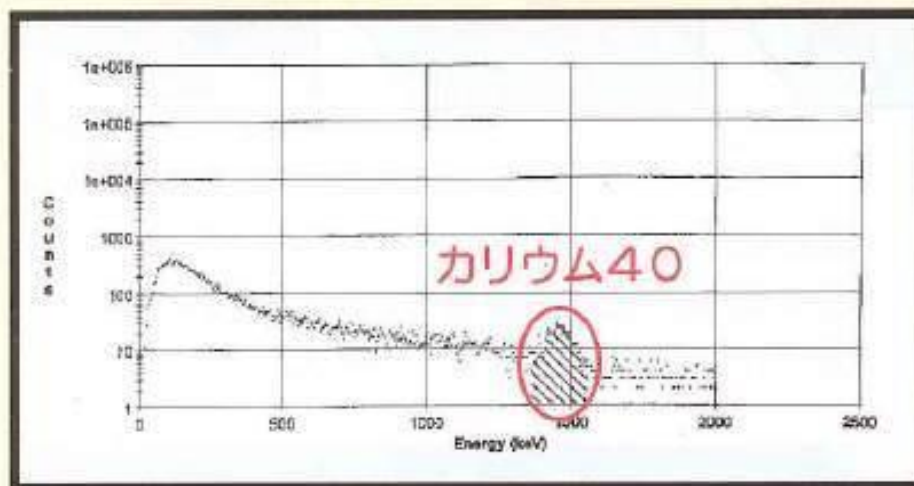


音も何もしないんだ
よう。あれ～、2分
で終わっちゃったあ。



これが体の中の放射能を測る機械
ホールボディカウンターです

下が測定結果のデータです



体内に含まれるカリウム40の測定結果

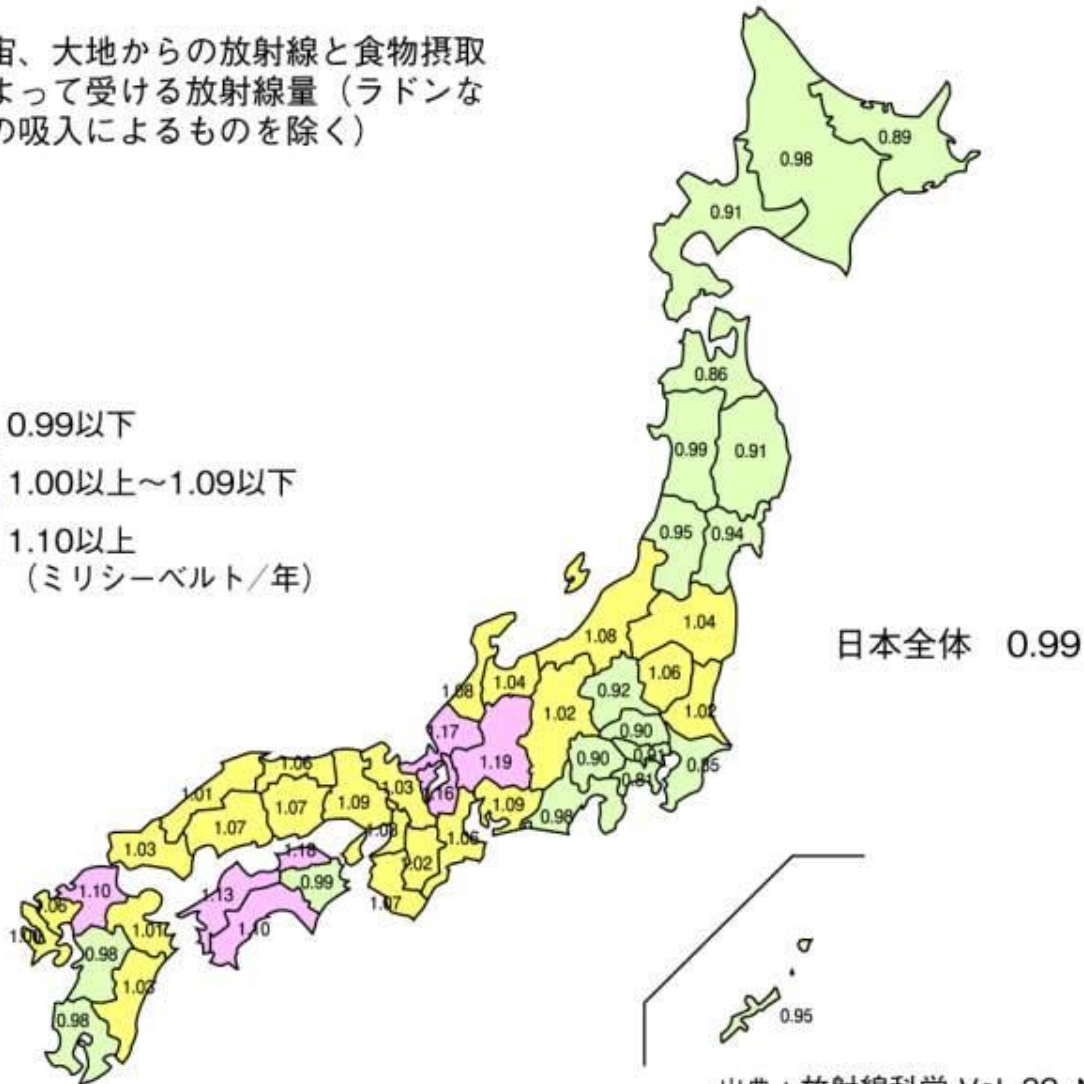
	カリウムの放射能 (ベクレル)	年間の被ばく量に換算 (ミリシーベルト/年)※
こゆび姫	3000	0.20
さちママ	3550	0.22
隊長	3500	0.12
タツケン	3980	0.20
トンちゃん	3500	0.19
ムーミン	3980	0.20
ユーミン	2280	0.16

成人男性（体重70kg）の場合、
平均値は約3800ベクレルです。

全国の自然放射線量

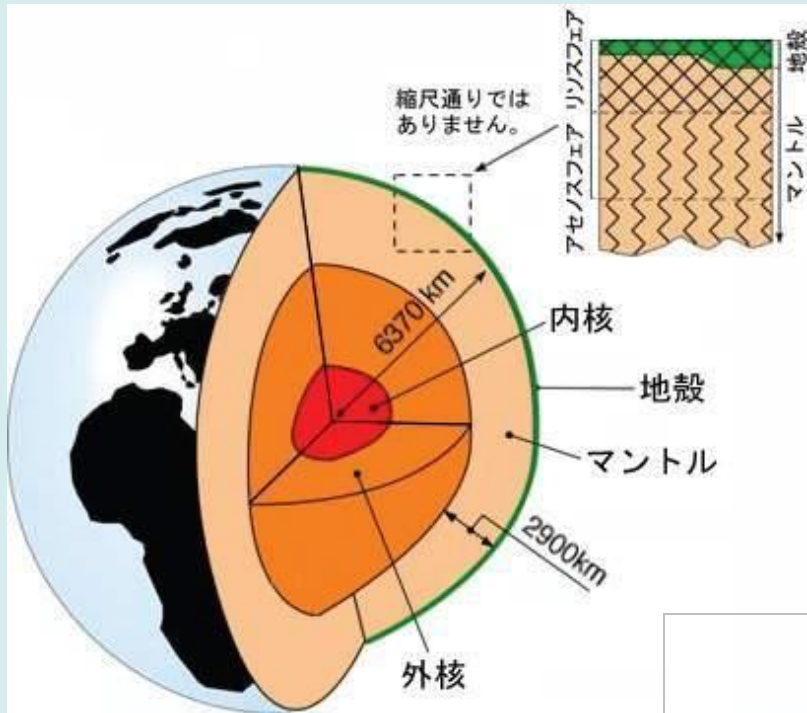
宇宙、大地からの放射線と食物摂取
によって受ける放射線量（ラドンな
どの吸入によるものを除く）

- 0.99以下
- 1.00以上～1.09以下
- 1.10以上
(ミリシーベルト/年)



出典：放射線科学 Vol. 32, No.4, 1989

放射性物質の崩壊と地温

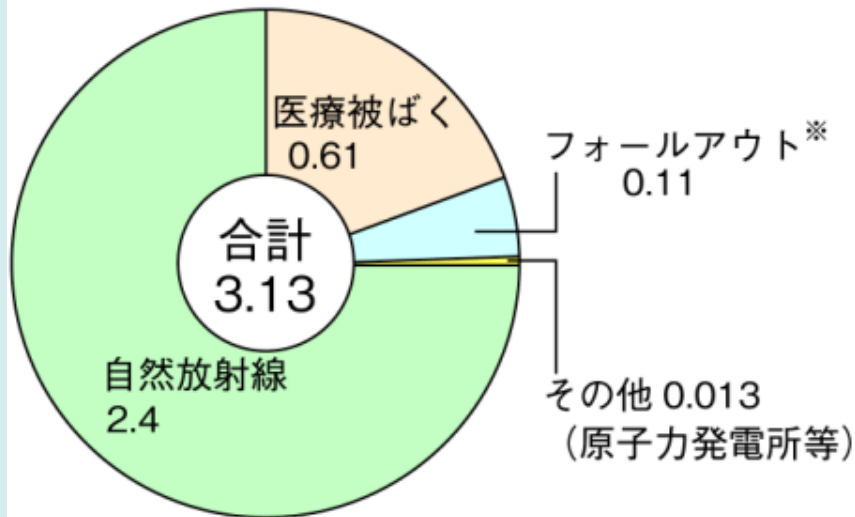


	地球全体積に占める比率	熱放出量(ワット)	放射性物質の存在
核(コア)	16%	$1.7 \times 10^{12} \text{W}$	含有しない
マントル	82%	$32.3 \times 10^{12} \text{W}$ (注)	豊富
地殻	2%	$8 \times 10^{12} \text{W}$	豊富
地球全体	100%	$42 \times 10^{12} \text{W}$	
注 うち、放射性物質の崩壊熱 $22 \times 10^{12} \text{W}$			
日本地熱学会(2008)			44

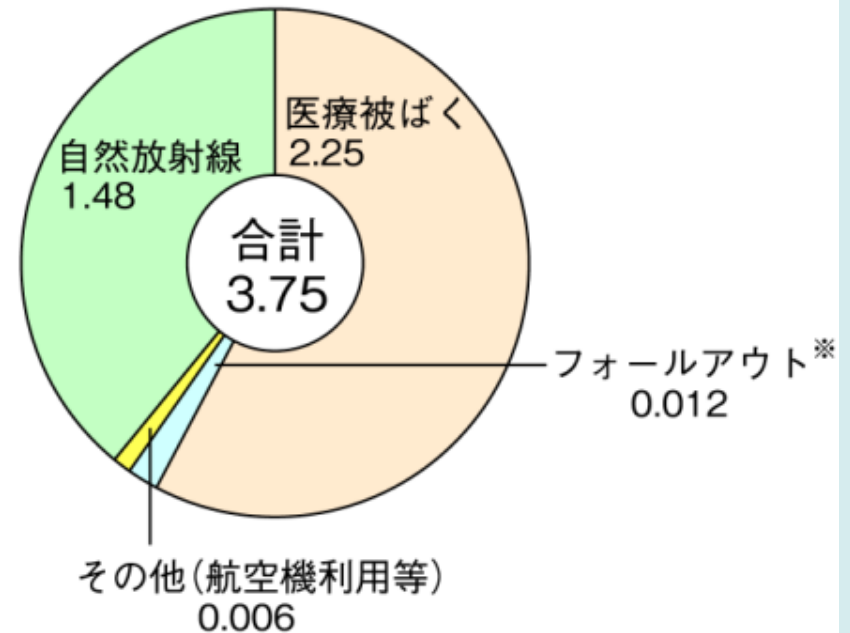
自然および人工放射線源から受ける一人あたり年間線量

(単位：ミリシーベルト)

世界平均



日本平均

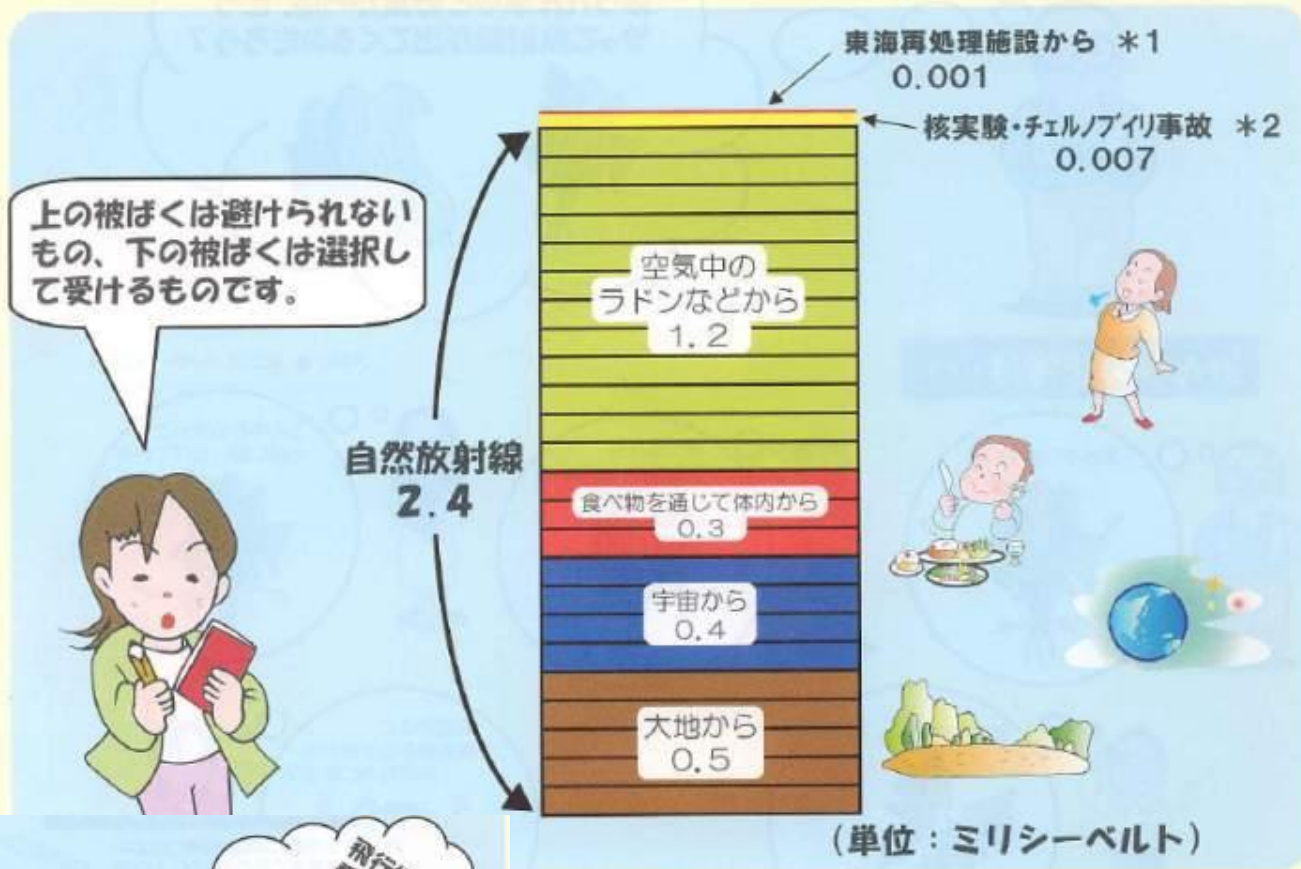


※フォールアウトとは、核実験による放射性降下物

出典：国連科学委員会(UNSCEAR)1992年報告書、旧科学技術庁「生活環境放射線」

わたしたちが一年間に受ける放射線の量は？

自然放射線2.4ミリシーベルトは誰もが受けています。この他に原子力施設や過去の核実験からの放射線の影響があります。



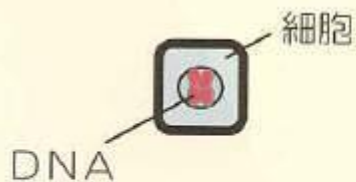
その他...



*1：再処理施設運転に伴い放出された放射性物質による年間の被ばく量の平均的な計算値（原子力施設からの限度は1ミリシーベルト）

*2：2000年に受けた一人当たりの被ばく量。年々減少しています。（国連科学委員会 2000年報告書より）

人の体は、
約60兆個の細胞で
できていて、分裂を
繰り返しています。
その細胞には、
DNAが入っています。

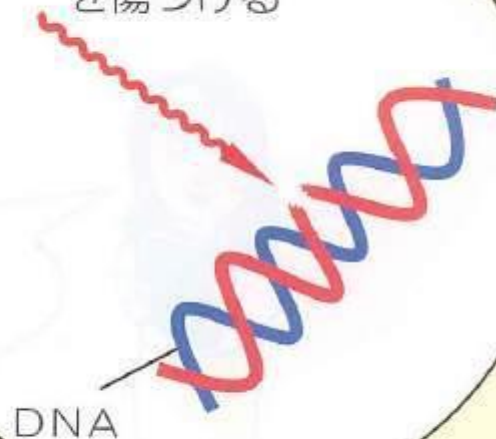


放射線があたる

放射線



放射線がDNA
を傷つける



低い

放射線の量

高い

原子力機構リスクコミュニケーション室資料より

ほとんどの場合はDNAが正常に戻り、体に異常はありません。



細胞が死んでしまいます。



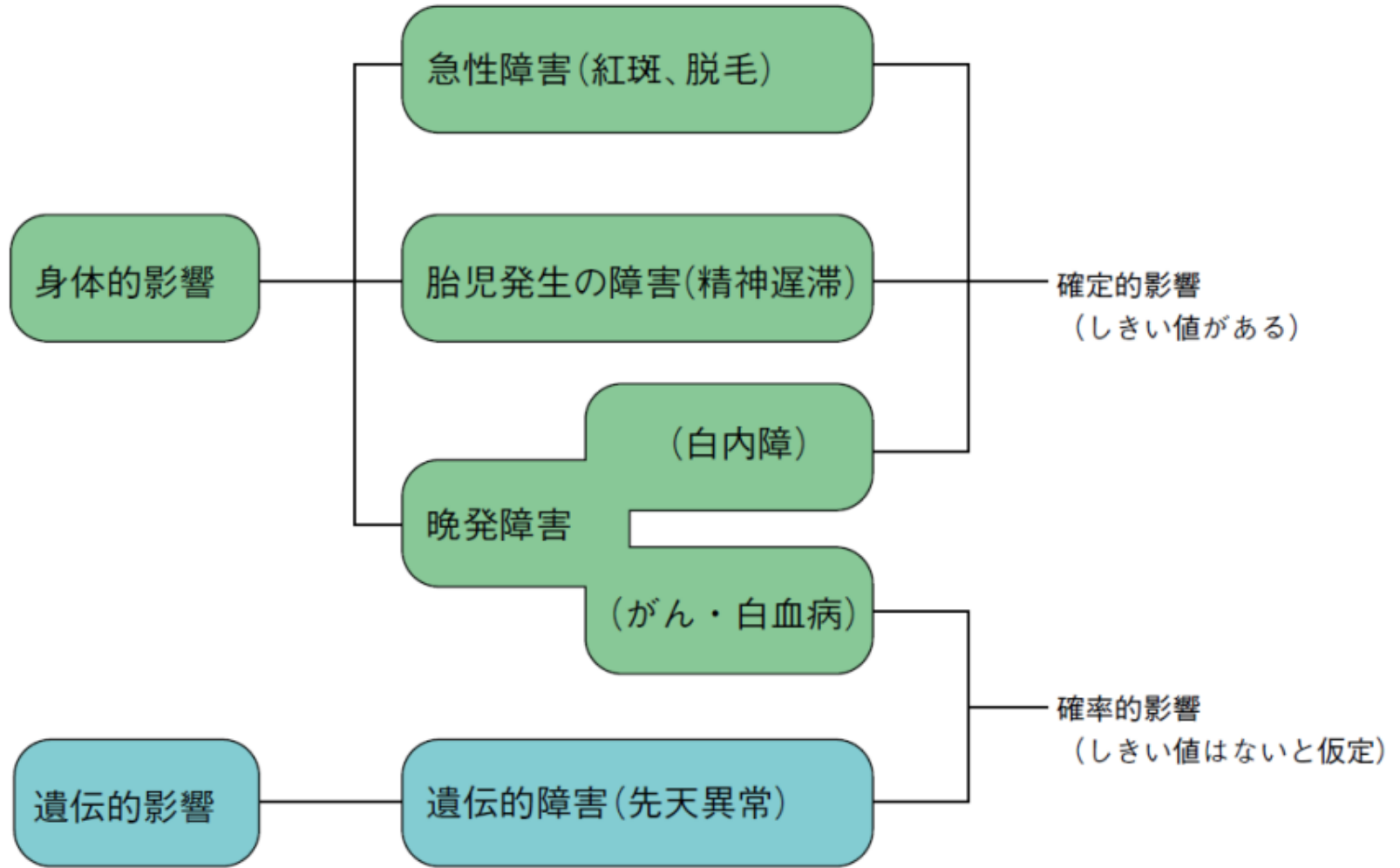
たくさんの細胞が死ぬと、臓器に障害が起きます。重度の場合は死に至ることもあります。

まれに・・・
DNAが正常に直らないと



細胞が正常に分裂できず、異常のある細胞が増殖してガンを引き起こします。

放射線の人体への影響



出典：(財)放射線影響協会「放射線の影響がわかる本」

放射能・放射性物質の利用

- 工業利用(タイヤ加工、ビニル・プラスチック加工、厚さ計、着色、非破壊検査)
- 農業利用(ジャガイモの照射、害虫駆除、品種改良)
- 医学利用(核医学、重粒子線治療、血液の照射、器具の滅菌)
- 自然科学利用(化学分析、蛋白質の分析、トレーサー利用、新しい元素、年代測定)
- 人文科学利用(年代測定、産地の特定、美術品の研究)
- 日常生活での利用(X線検査、アイソトープ電池、煙感知器、グロー管)

放射線医学総合研究所HPより編集

■ 工業利用



電子線照射とタイヤ加工

■ 農業利用



ジャガイモの照射

■ 自然科学利用

化学分析

タンパク質の分析

レーザー利用

新元素の発見

年代測定



■ 人文科学利用

年代測定（炭素-14利用）

産地の特定（蛍光X線装置）

美術品の鑑定（蛍光X線装置）

■ 日常生活での利用

荷物検査（X線）

放射線医学総合研究所HPより編集

■ 医学利用

血液の照射

・ 輸血に伴う「移植片対宿主病(GVHD、graft versus host diseaseの略)、一種の拒絶反応」防止

・ 線源として γ 線やX線が用いられ、輸血用血液に通常は15Gy。このレベルの照射では、赤血球は多少の損傷は受けるものの影響を及ぼすほどのものではない



器具の滅菌

PET(陽電子放射断層撮像法)用放射性医薬品

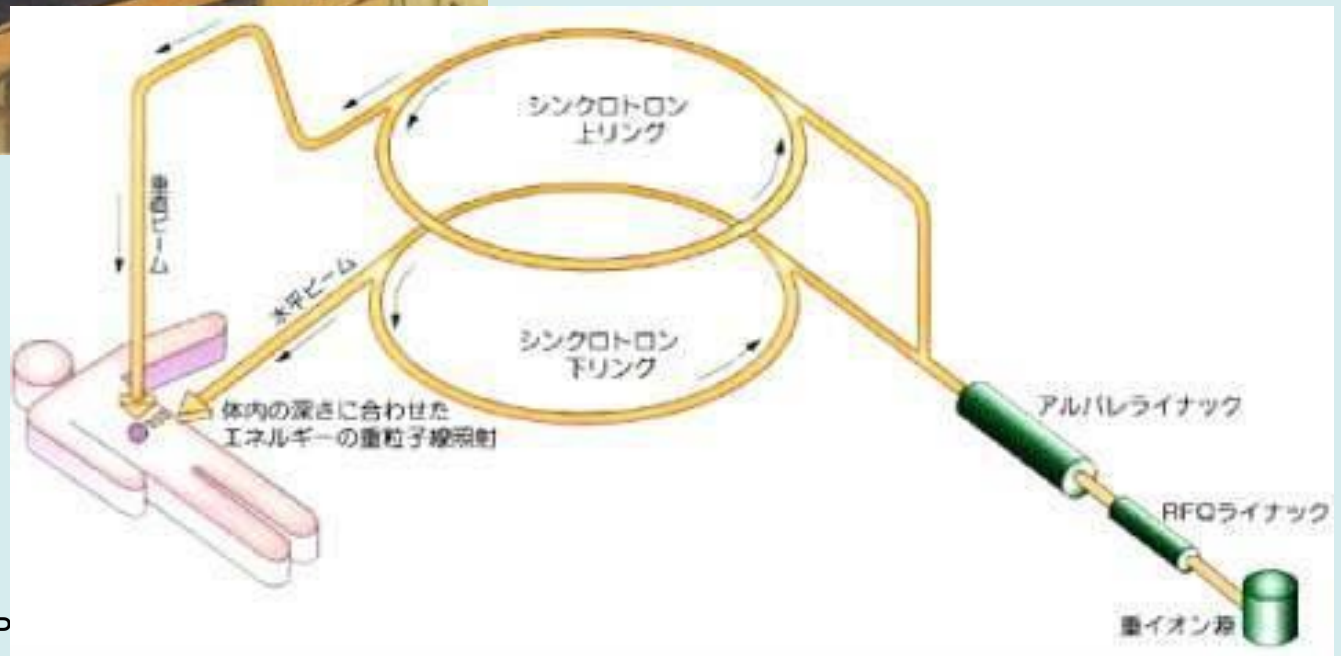
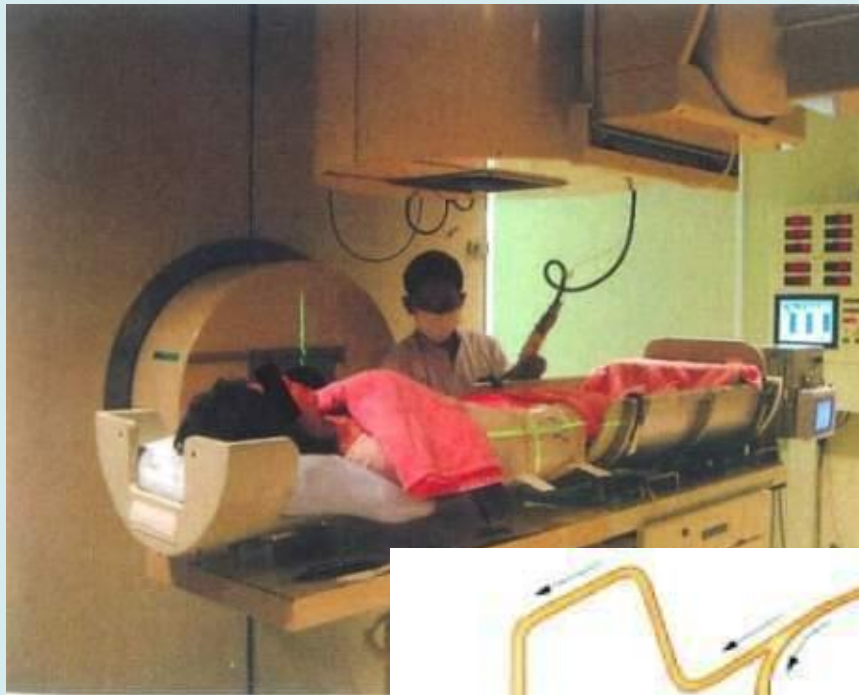
核医学			放射性医薬品	剤形	測定されるもの
SPECT(単一光子放射断層撮像法)用放射性医薬品			^{15}O -酸素ガス	吸入剤	脳酸素消費量
放射性医薬品	剤形	測定されるもの	^{18}F -FDG(フルオロデオキシグルコース)	注射剤	心機能、腫瘍、脳機能
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -RBC	注射剤	血液	^{18}F -FDOPA(フルオロドーパ)	注射剤	脳神経伝達機能
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ピロリン酸	注射剤	心機能	^{11}C -メチオミン	注射剤	アミノ酸代謝、腫瘍
^{67}Ga -シエン酸	注射剤	腫瘍	^{11}C -酢酸	注射剤	心筋酸素代謝
			^{11}C -N-メチルスピペロン	注射剤	神経伝達機能
			^{13}N -アミン	注射剤	心筋血流

放射線医学総合研究所HPより編集

治療に使われている放射線

	放射線	在来型の治療用放	重粒子線
線	射線 電磁波・非荷電粒子線	X線、 γ	中性子線 熱中性子線 速中性子線
	荷電粒子線	電子線	重荷電粒子線 負パイ中間子線 陽子線 重イオン線（原子番号2以上） ↑ 重粒子線治療

放射線医学総合研究所HPより編集



放射線医学総合研究所HP



アンギオCT撮影システム装置

宮城県立がんセンター

リニアック装置



宮城県立がんセンターHPより



ご静聴有り難うございました