

学生とシニアとの対話イン金沢  
平成22年12月11日

# 原子力発電

その原理、利用、廃棄物処理



元日本原子力研究所理事長

齋藤伸三

# 主要なポイント

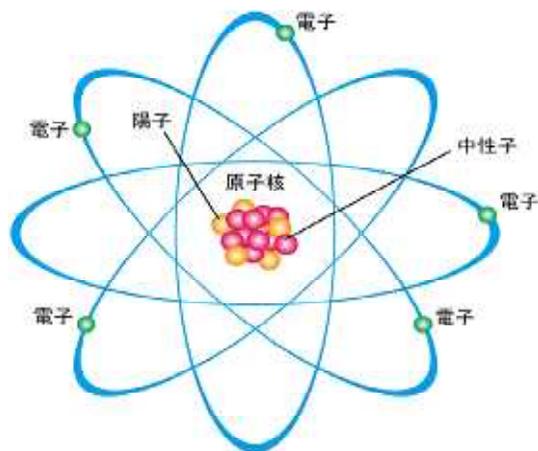
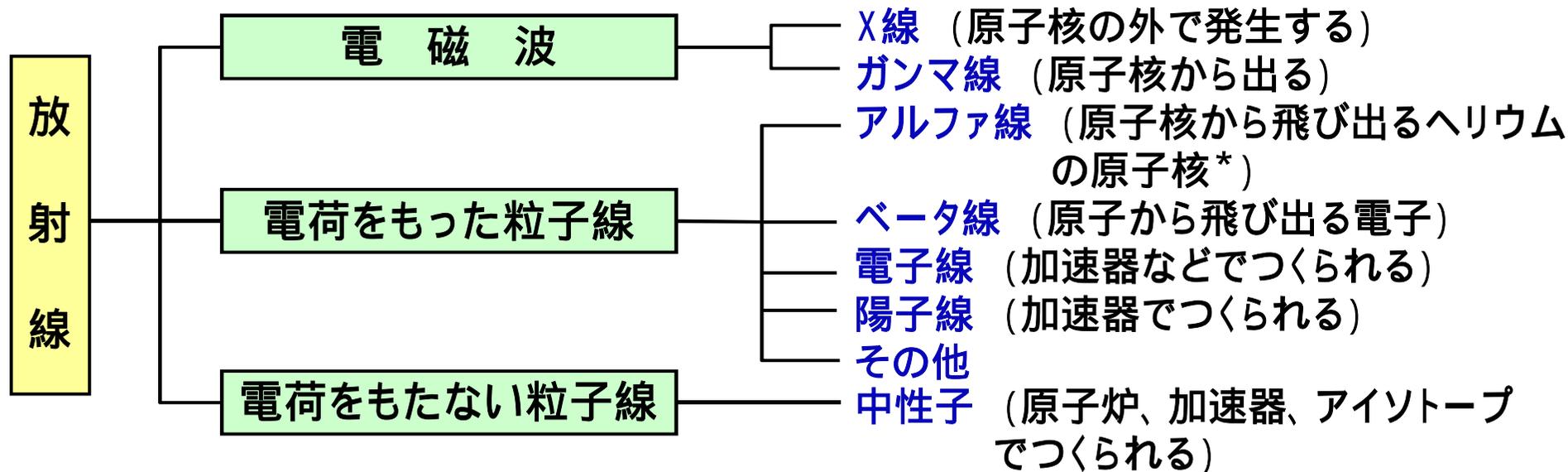
1 . 放射線の基礎と人体への影響

2 . 原子力発電

原理、安全対策、環境モニタリング、核燃料  
サイクル、再処理、放射性廃棄物処分

3 . 世界のエネルギー需給と原子力

# 放射線の種類



原子の構造

原子は、すべての物質の基本を成すもので、陽子と中性子から成る原子核とその周りを回る電子で構成される。

原子核の大きさ: 約1兆分の1cm

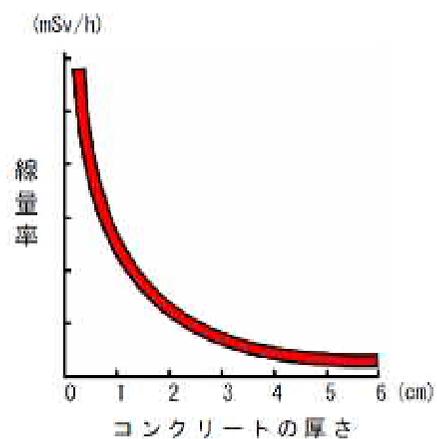
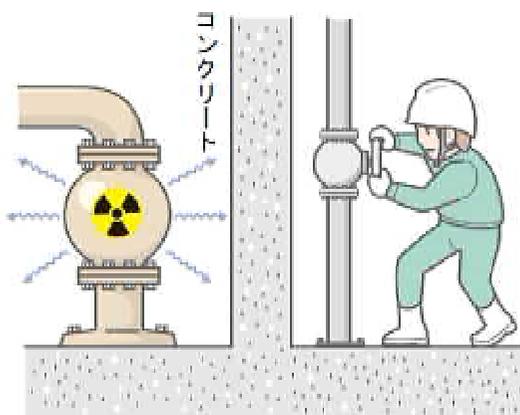
原子の大きさ: 約1億分の1cm

\*ヘリウムの原子核 : 陽子2個、中性子2個から構成される。

# 放射線防護

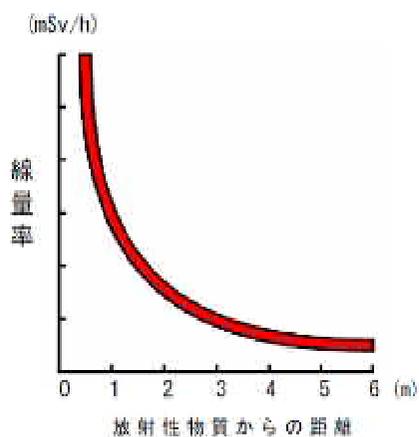
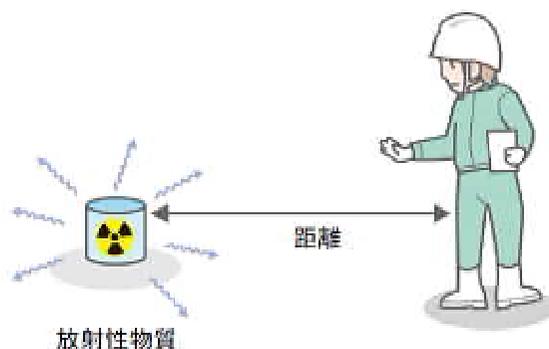
遮蔽、距離、時間制限がポイントである。

## 1. 遮へいによる防護



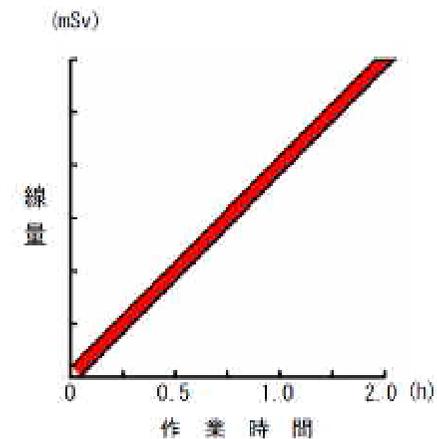
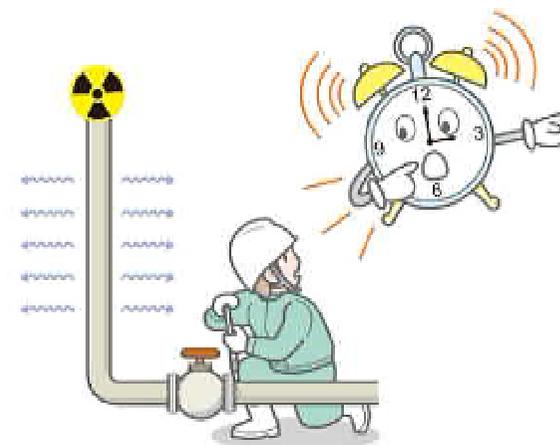
## 2. 距離による防護

(線量率) = (距離)<sup>2</sup> に反比例



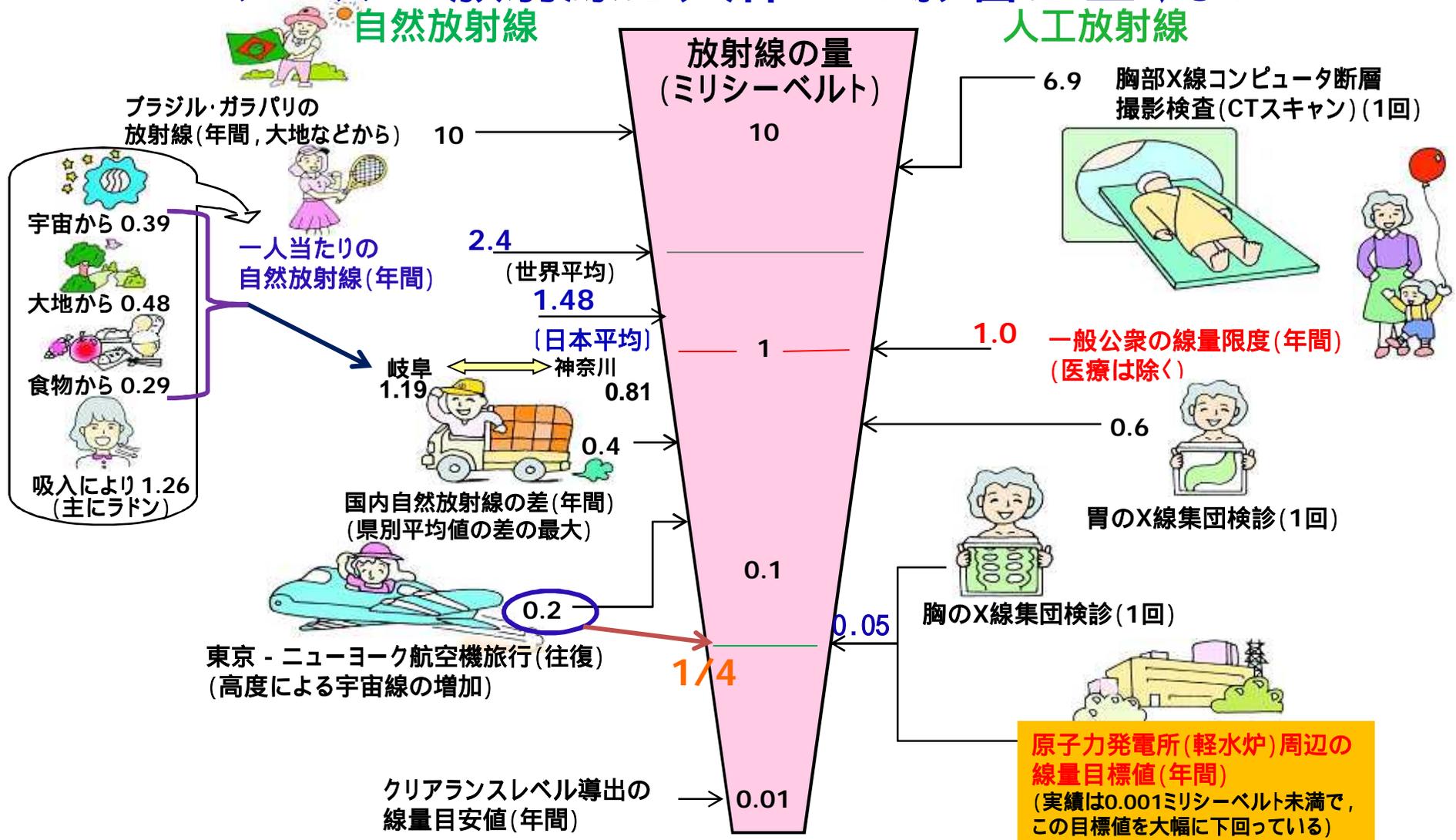
## 3. 時間による防護

[線量] = [作業場所の線量率] × [作業時間]



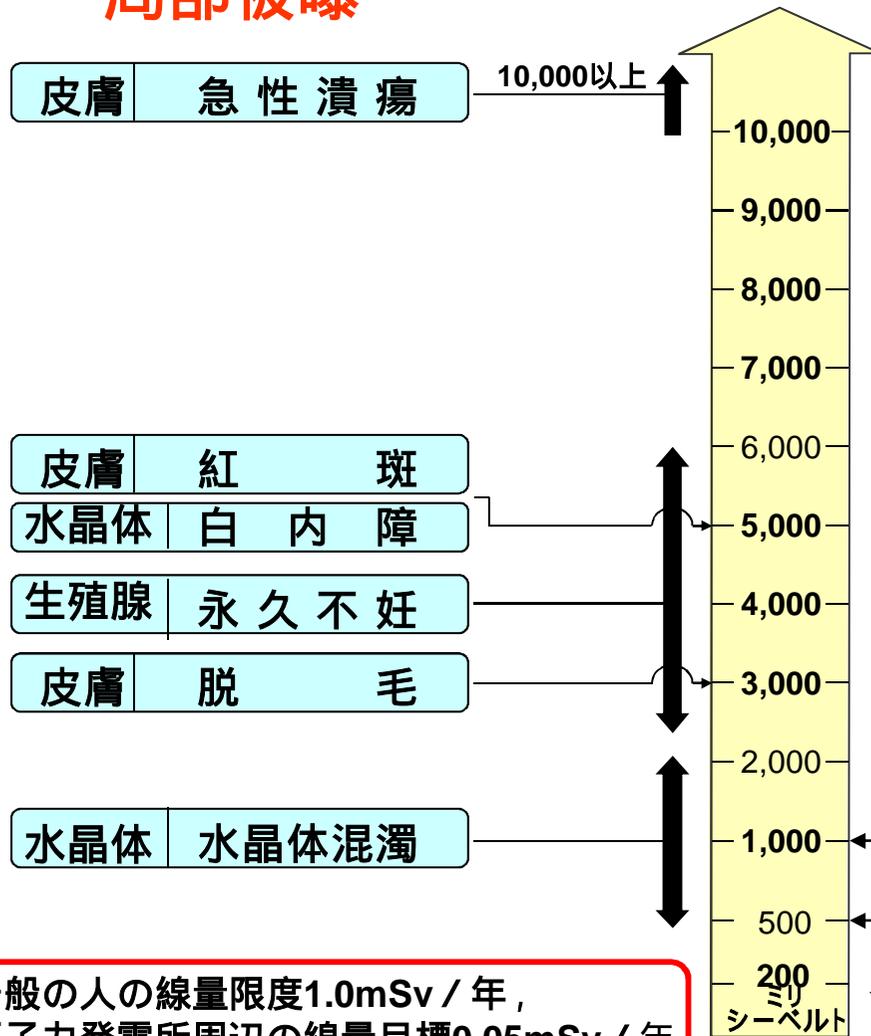
# 日常生活と放射線

このレベルの放射線は人体への影響は全くない



# 放射線の人体への影響

## 局部被曝



## 全身被曝

部位	症状
----	----

A: 16,000~20,000 (死亡)

B: 6,000~10,000 (死亡)

全身 100%の人は死亡

A,B,CはJCO臨界事故時、現場作業者

全身 50%の人は死亡

C: 1,000~4,500 (存命)

全身 悪心, 嘔吐 (10%の人)

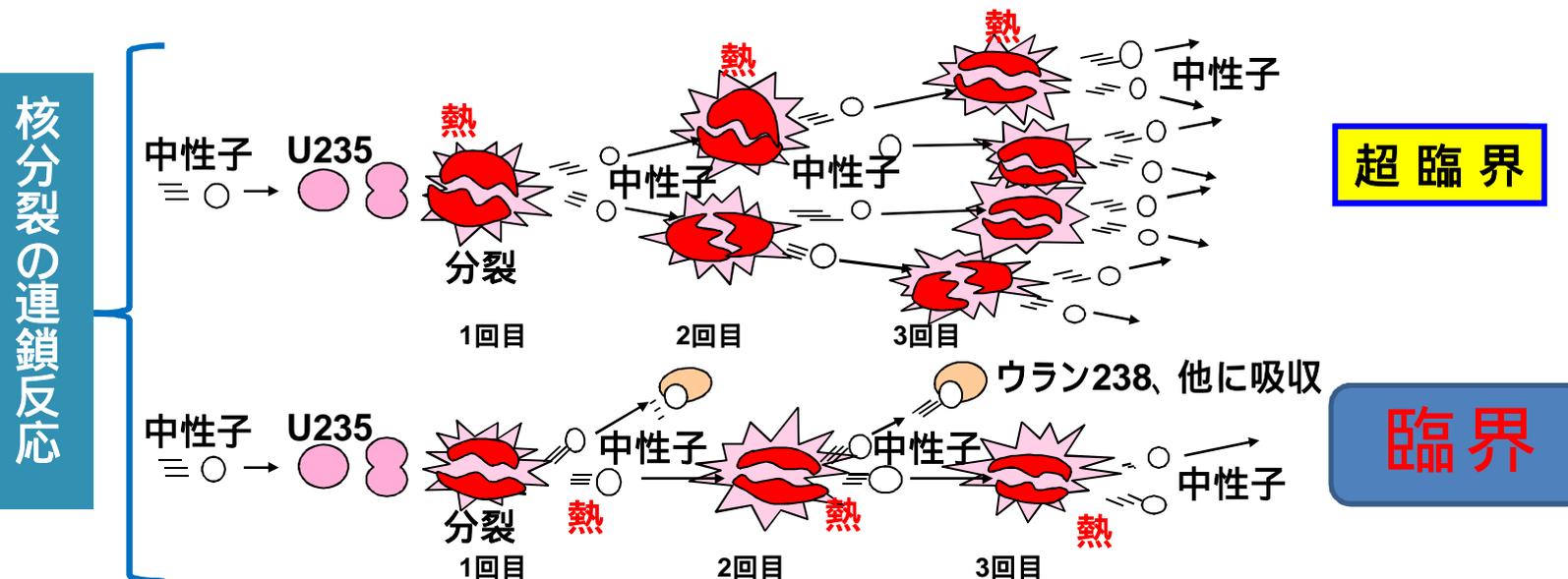
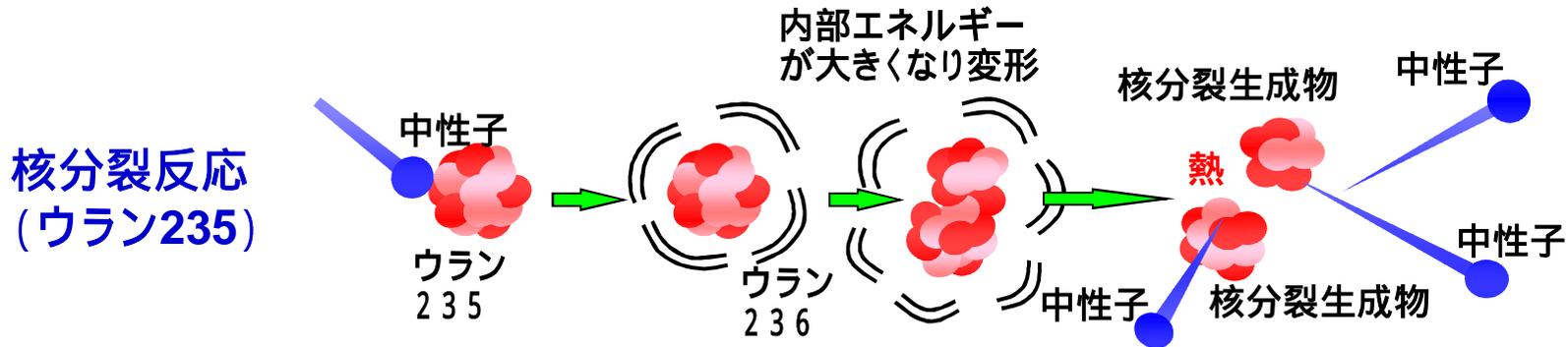
全身 末梢血中のリンパ球減少

全身 臨床症状が確認されず

(注) 一般の人の線量限度1.0mSv / 年,  
原子力発電所周辺の線量目標0.05mSv / 年

# 原子力発電の原理

原子炉の原理は、一言で言えば、核分裂の連鎖反応を起させ、臨界状態を維持すること。



# 原子力発電の原理

核分裂によって、2または3個の中性子が発生し、核分裂生成物は多種類(核分裂収率)である。核分裂反応によって発生するエネルギーの約80%は核分裂生成物が持ち去り、5 μm程度の範囲内で周辺の原子と力を及ぼし合い、熱エネルギーとなり、核燃料の温度上昇となる。

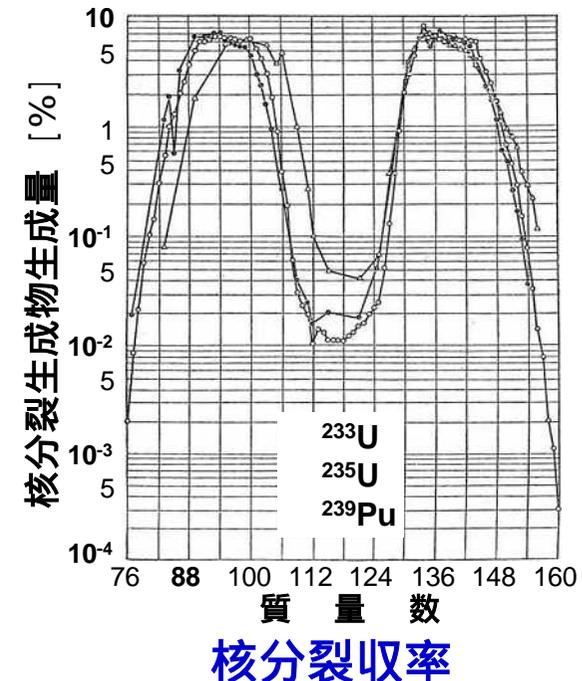


核分裂により発生するエネルギーは、アインシュタインの質量(m)とエネルギー(E)の等価則で説明される。

$$E = mc^2 \quad (c \text{は光の速度})$$

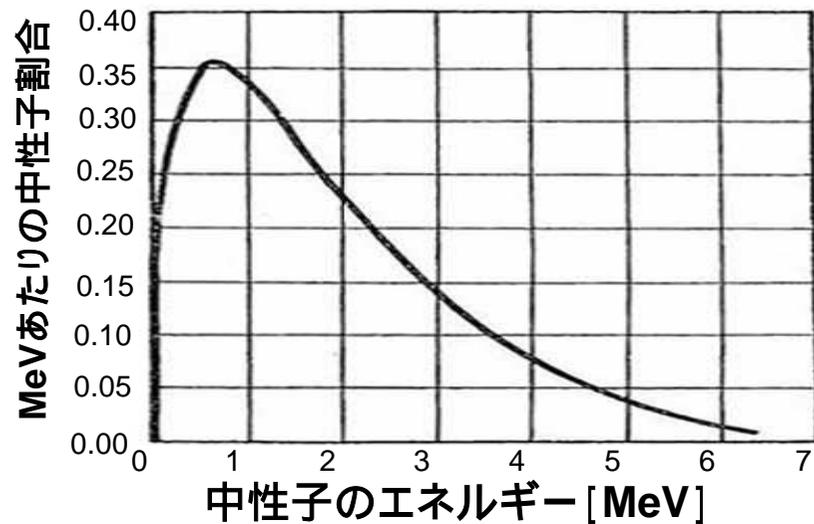
1回の核分裂による発生エネルギーは、核分裂反応による質量欠損(上の式の左辺の和から右辺の和の差)から計算され、約200MeV(=3.2x10<sup>-11</sup>J)である。

1電子ボルト(eV)とは、真空中で、1価の荷電粒子を1V 高電位側へ移動させたときの仕事量 = 1.6 x 10<sup>-19</sup>J

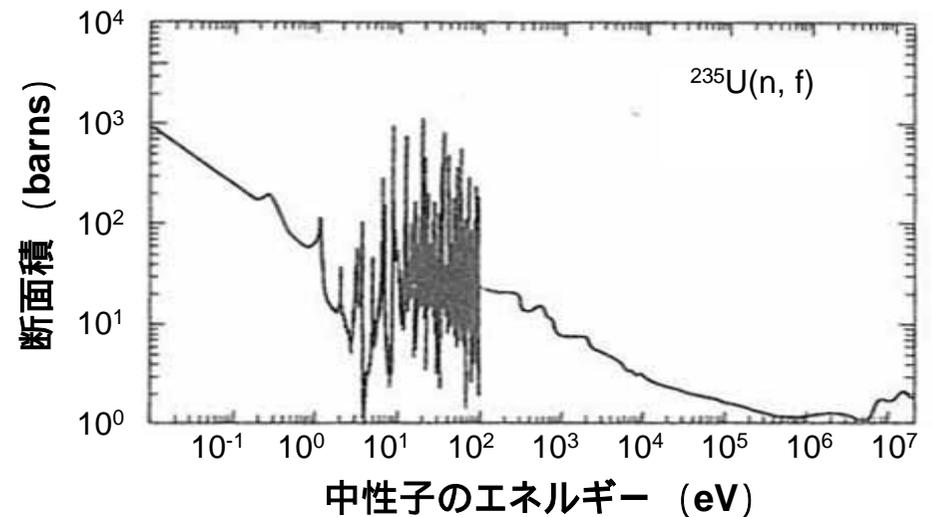


# 原子力発電の原理

核分裂反応によって生成される中性子のエネルギーは非常に高く（高速：約1,000万m/秒）、核分裂反応の起こり易さ（核分裂断面積）は、中性子のエネルギーによって異なる。一般には熱中性子（約2,200m/秒：この運動エネルギーが常温の物体の原子の熱運動エネルギーと平衡）まで減速して反応を起しやすくする。この減速材としては、軽くて中性子を吸収しないで弾き飛ばす原子である水素（水）や炭素（黒鉛）等が選ばれている。

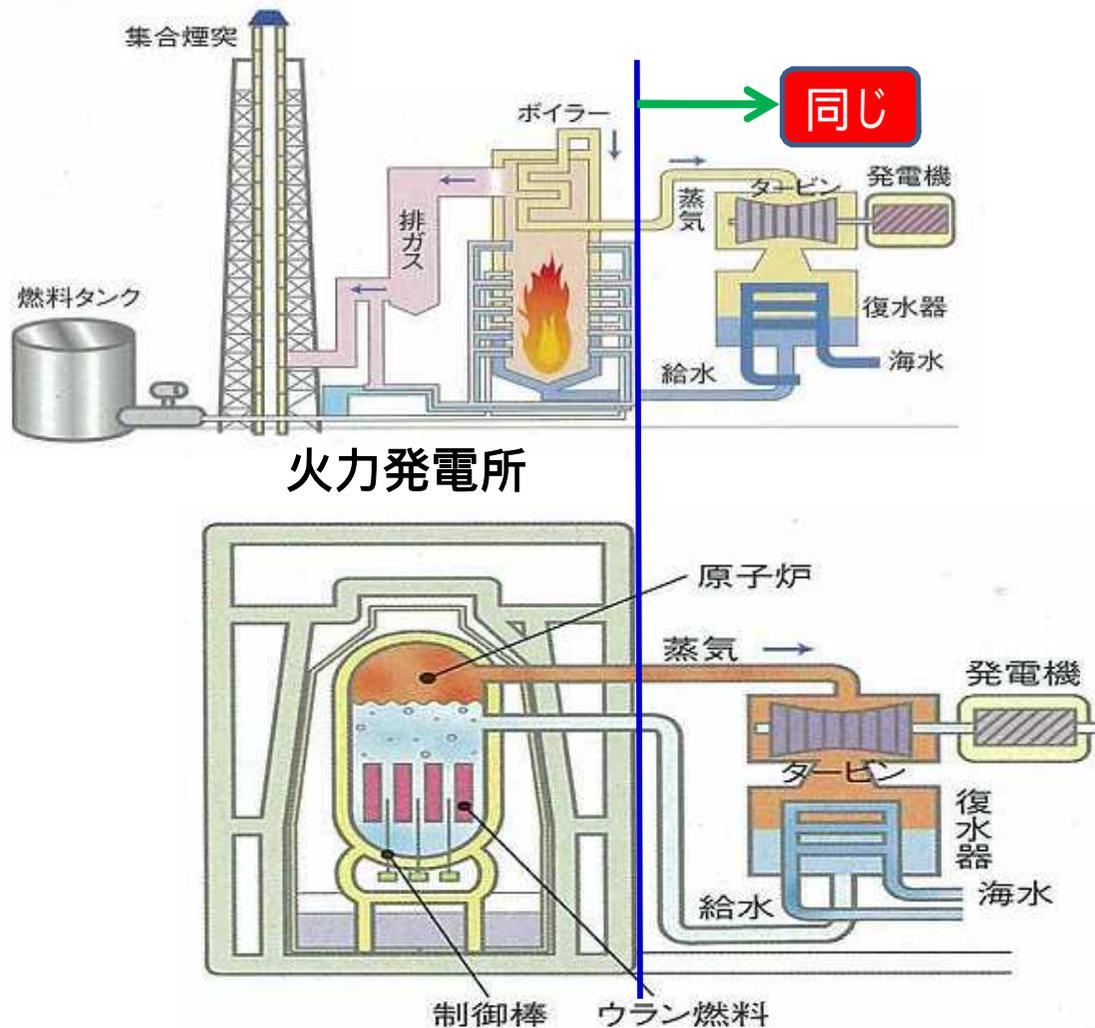


核分裂により発生する中性子のエネルギー

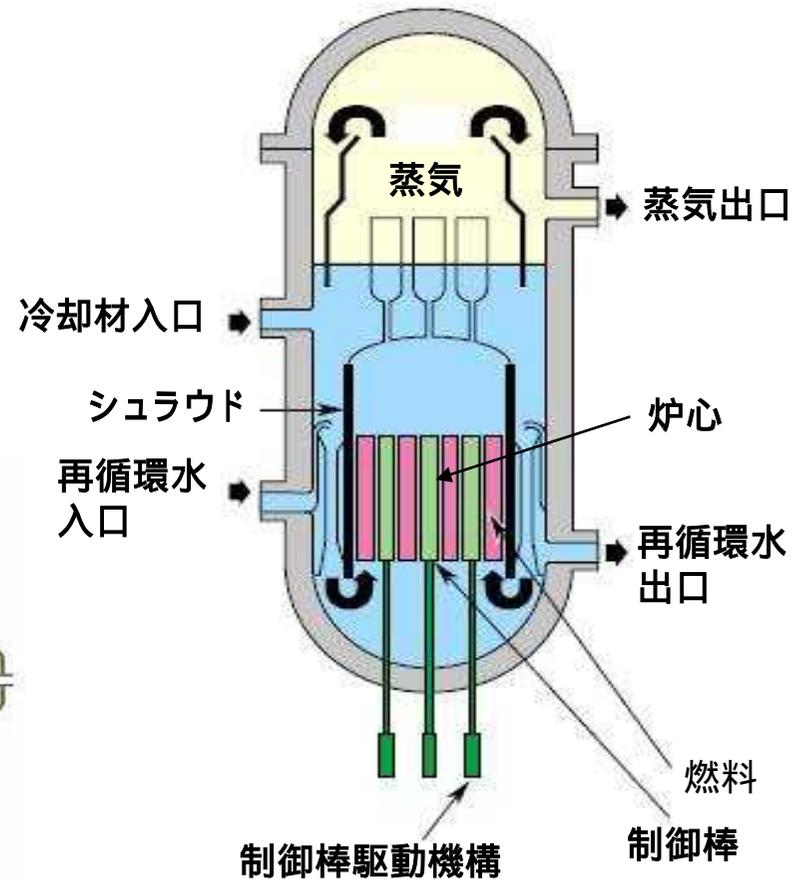


核分裂断面積

# 原子力発電と火力発電の違い



原子力発電所(BWR)



原子炉压力容器

# 原子力発電と火力発電の違い

火力発電所では、原子の結びつき方が変化する際に発生するエネルギーを利用

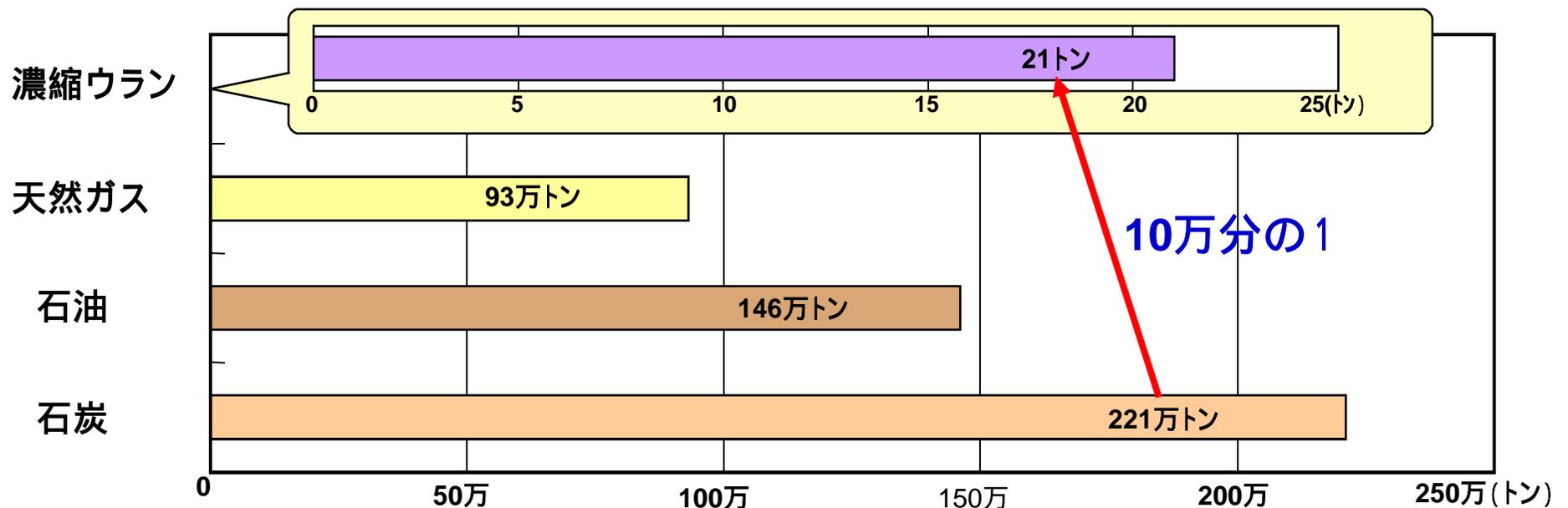
石炭、石油、天然ガス



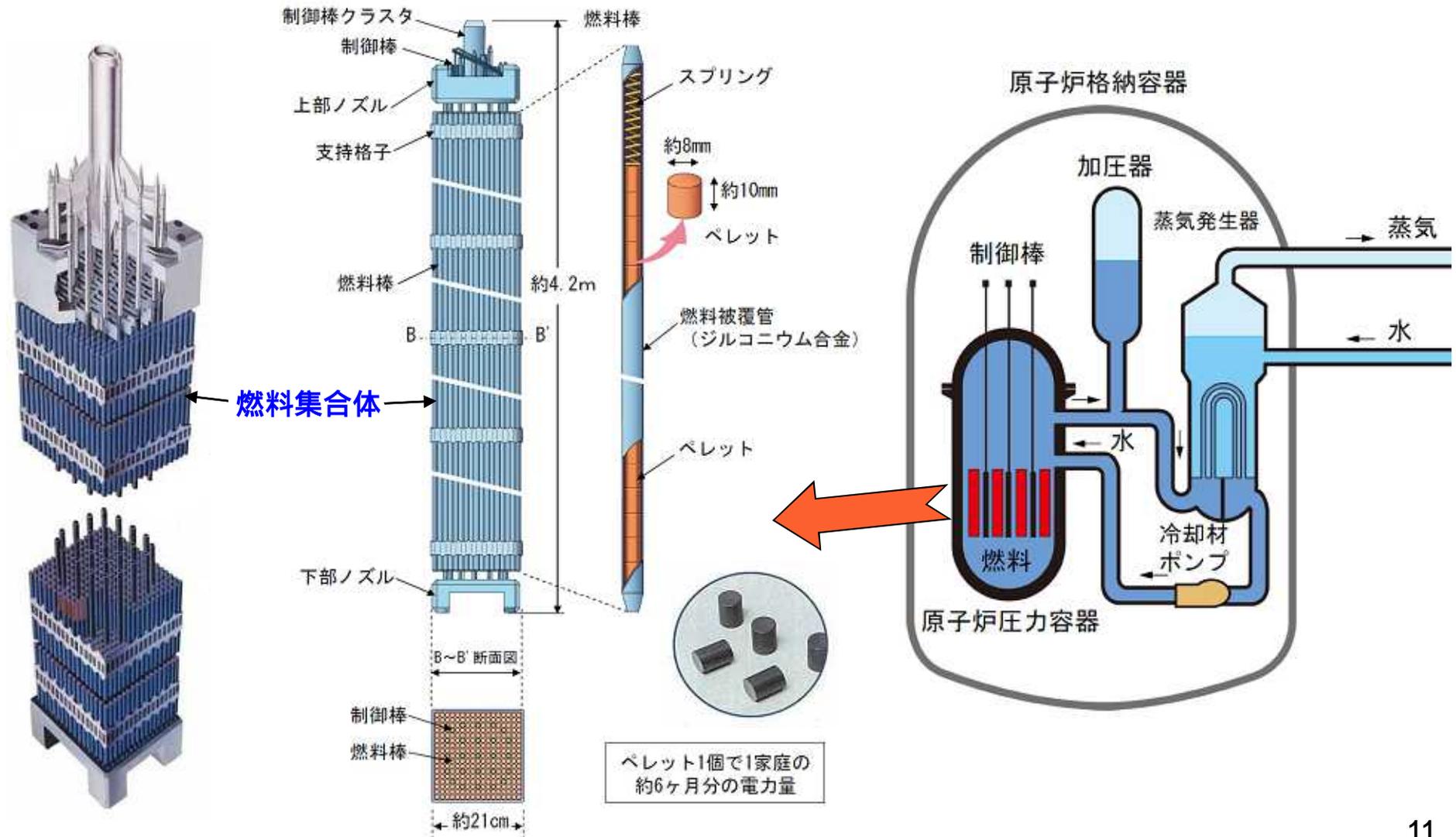
熱エネルギー

1個のウラン235原子の核分裂は、5,000万個の炭素原子の燃焼に匹敵するエネルギーを出す。

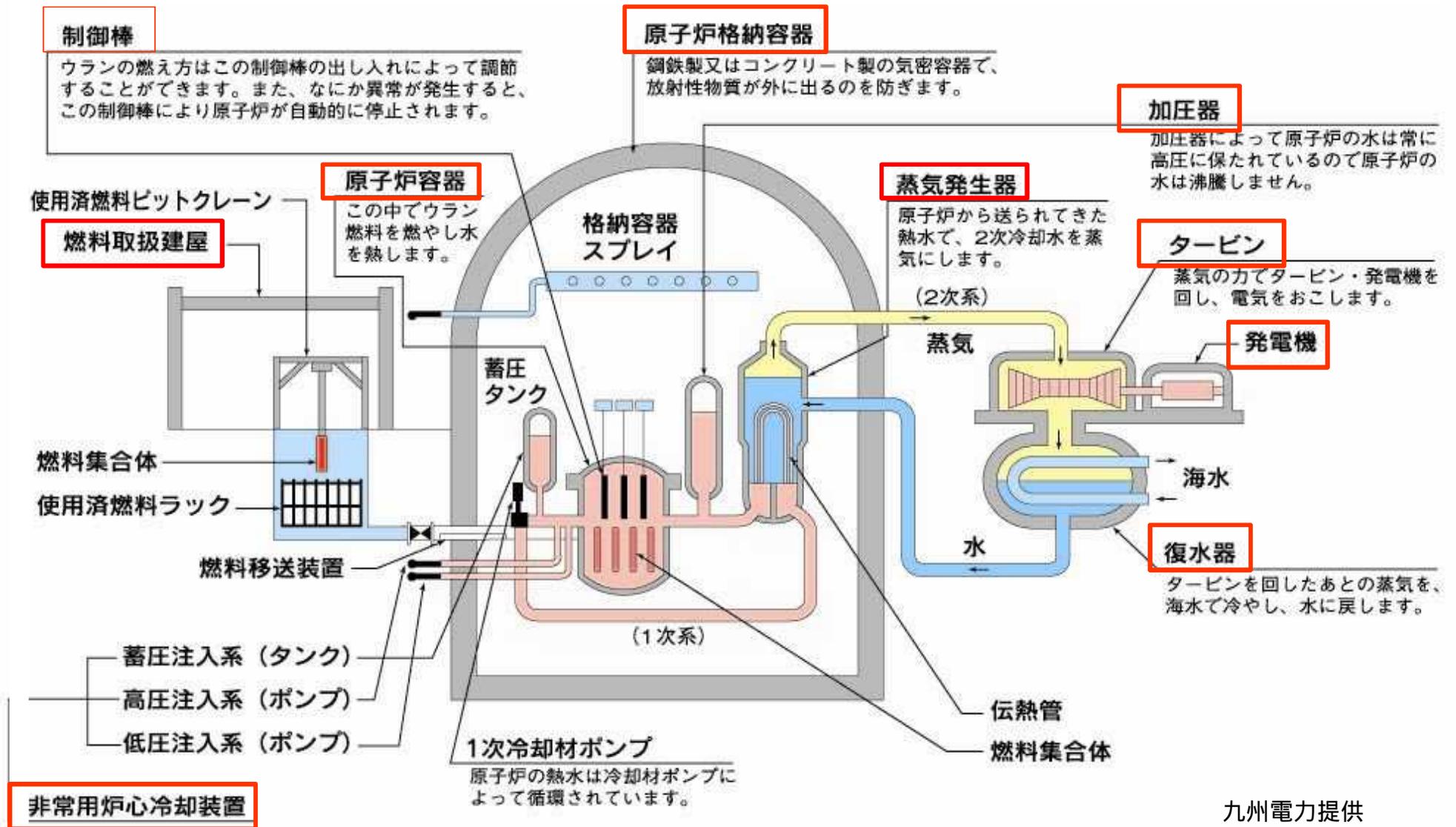
## 100万kWの発電所を1年間運転するために必要な燃料の量



# 加圧水型軽水炉 (PWR)の燃料棒と燃料集合体



# 加圧水型原子力発電所系統図



# 写真で見る原子炉压力容器、格納容器とタービン



据付け中の原子炉  
压力容器



燃料集合体を装荷した  
原子炉压力容器

## タービン・発電機

蒸気によりタービンを1分間に1,800回の高速度で回転させ、このタービンに直結した発電機を回転させて電気をつくる。

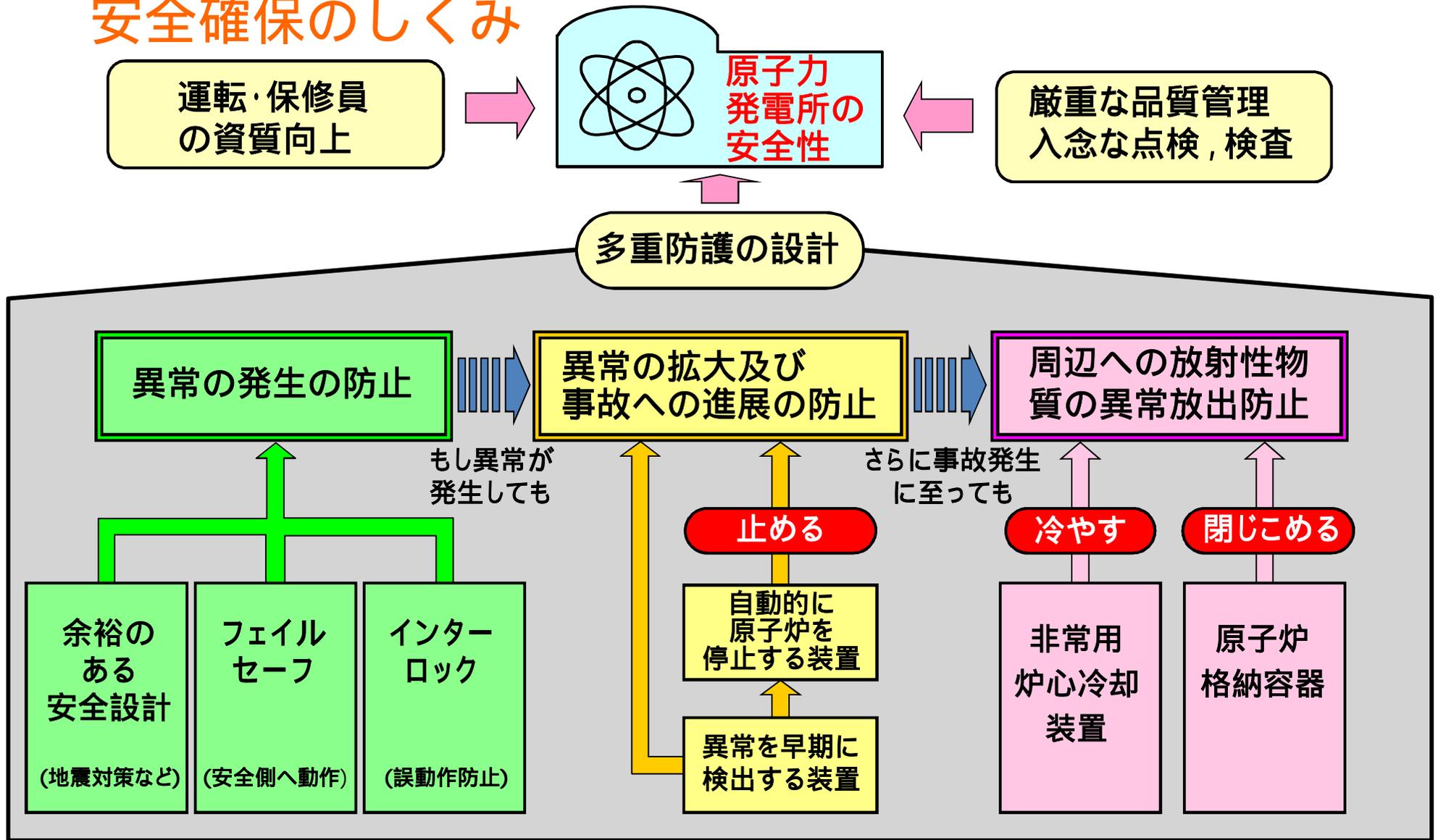


据付中の原子炉格納容器



# 原子力発電の安全対策

## 安全確保のしくみ

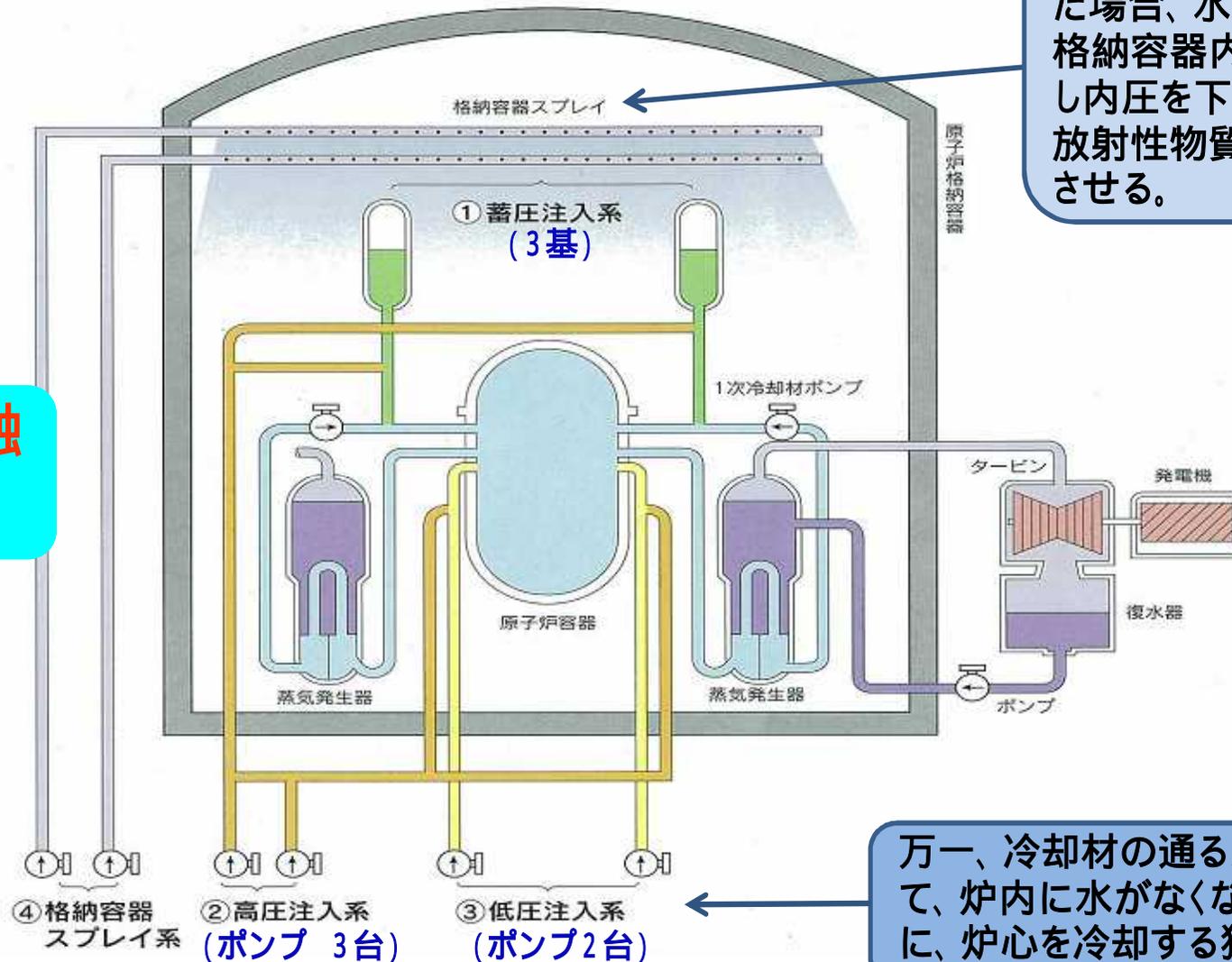


# 原子力発電の安全対策

## 非常用炉心冷却装置 (ECCS)

格納容器の圧力が上昇した場合、水をスプレーし、格納容器内の蒸気を冷却し内圧を下げるとともに、放射性物質を溶解、沈降させる。

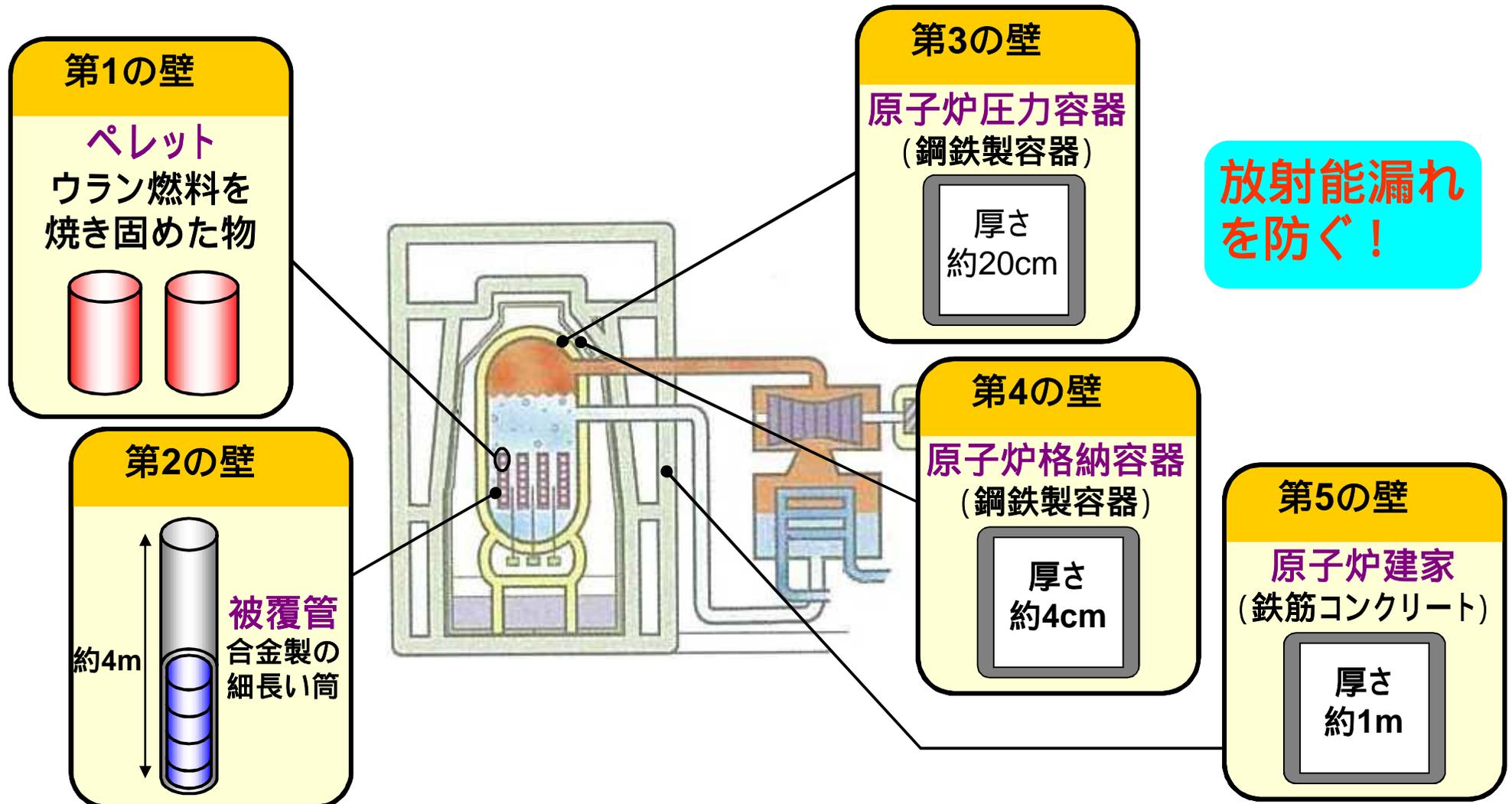
炉心溶融を防ぐ！



万一、冷却材の通るパイプが破れて、炉内に水がなくなるような場合に、炉心を冷却する独立の系統

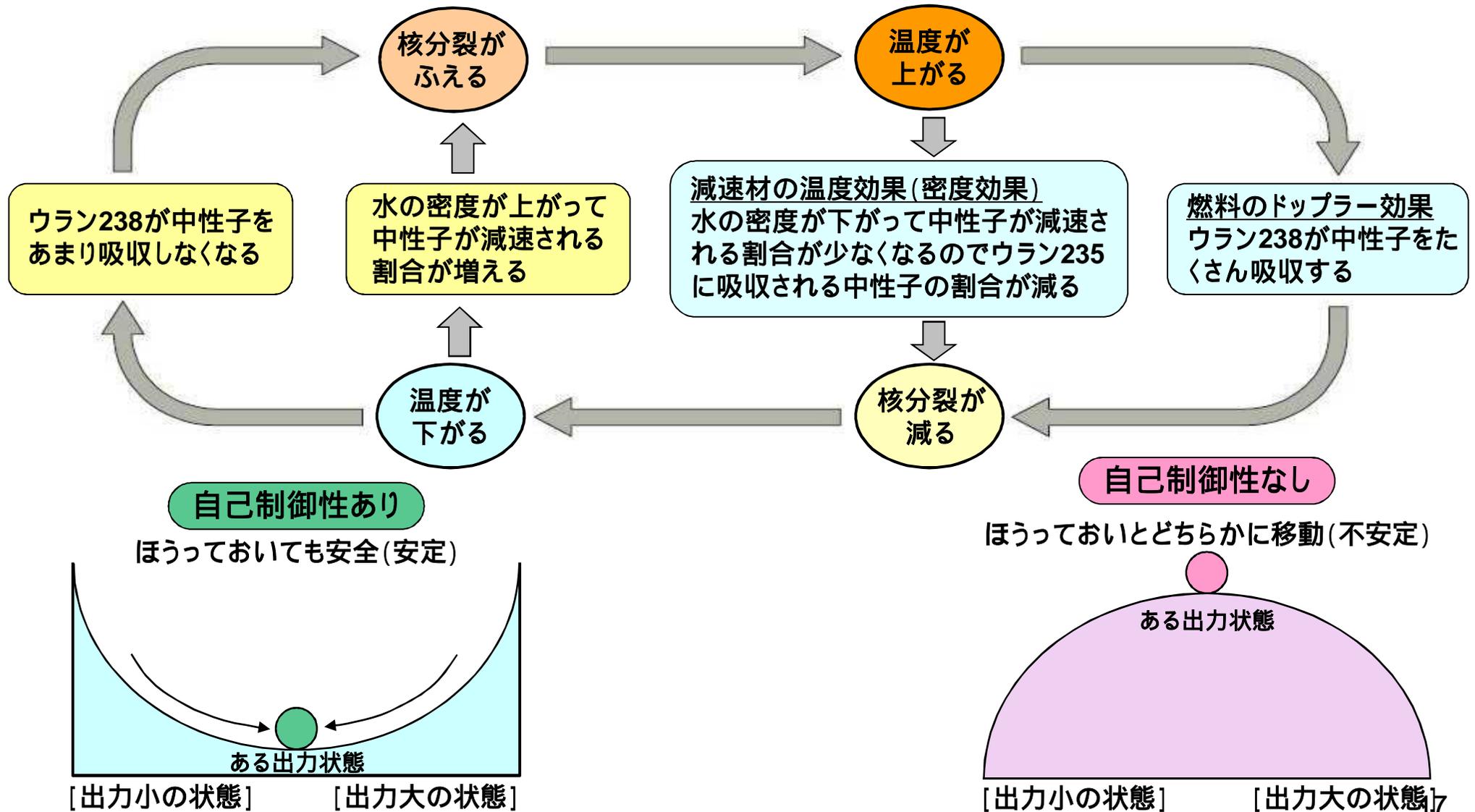
# 原子力発電の安全対策

## 放射能を閉じ込める5重の壁



# 原子力発電の安全対策

## 原子炉の固有の安全性(自己制御性)

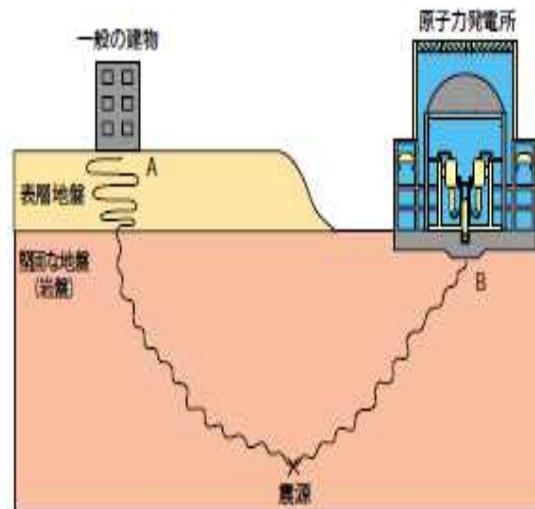
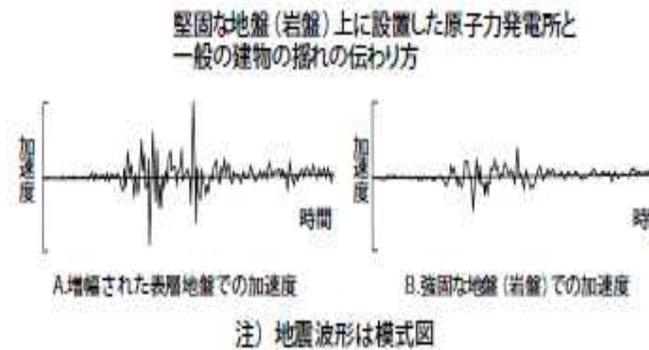


# 原子力発電の安全対策

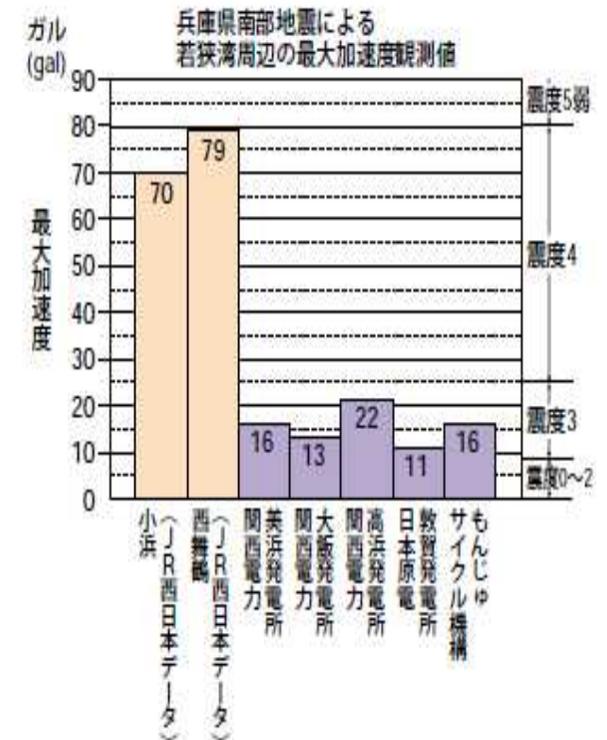
## 原子力発電所の地震対策と一般建築物の揺れの差

### 耐震設計と地震対策

1. 徹底した調査  
活断層、地質構造、過去の地震
2. 振動台や加振機による耐震実証試験
3. 詳細な解析評価
4. 強固な岩盤上に設置
5. 安全上の重要度に応じた耐震設計  
止める、冷やす、閉じ込める
6. 原子炉の自動停止



堅固な地盤（岩盤）での揺れは表層地盤に比べ $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{3}$ 程度



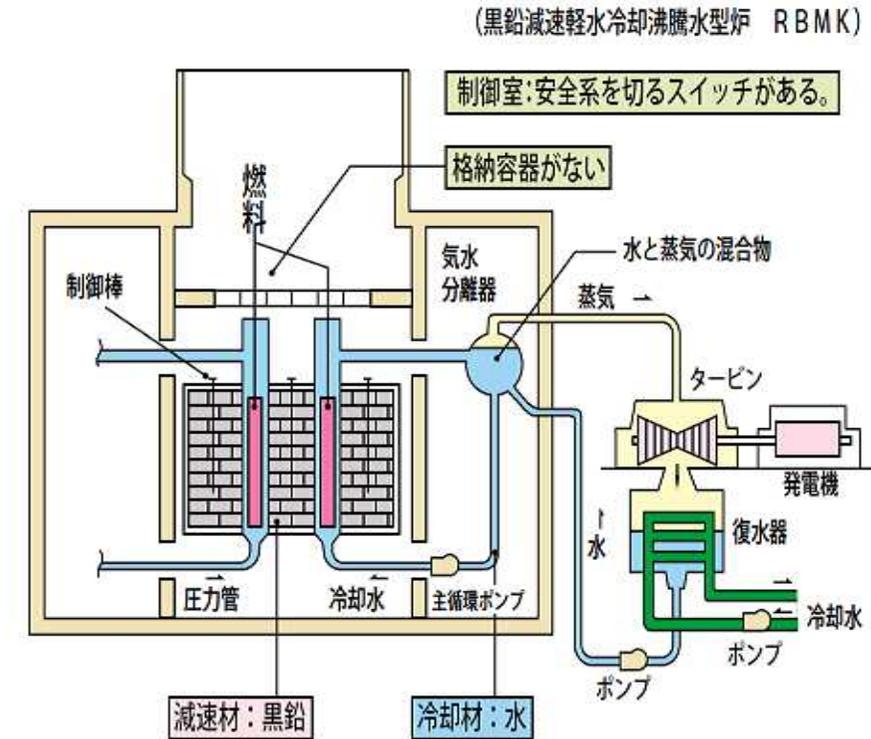
# 原子力発電の安全対策

## 原子力施設の耐震構造設計の基本方針

重要度分類と対象機器	建物および構築物	機器、配管など
<b>Sクラス</b> 原子炉格納容器、原子炉 圧力容器、制御棒、非常用 炉心冷却装置等	Cクラスの震度の3倍と動的解析により定まる水平地震力の大きな値	動的解析による加速度と左記の加速度の1.2倍による地震力
<b>Bクラス</b> 廃棄物処理施設等	Cクラスの震度の1.5倍	左記の震度の1.2倍、重要な共振のおそれのある設備は動的にも解析
<b>Cクラス</b> 補助ボイラー、タービン、発電機等	建築基準法に定める震度	左記の震度の1.2倍

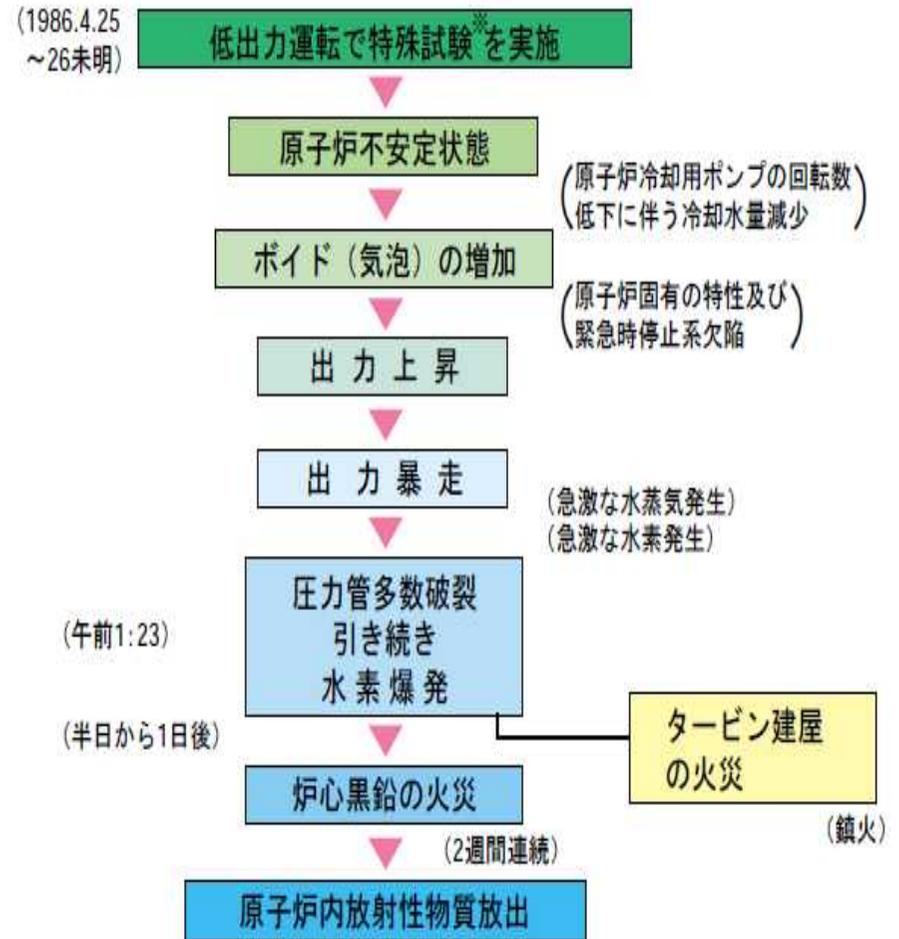
# 原子力発電の安全対策

## チェルノブイリ原子力発電所の構造と事故経過



	日本の原子炉	チェルノブイリの原子炉
自己制御性	あり	なくなる場合がある
冷却材	水	水
中性子の減速材	水	黒鉛
安全装置	インターロックにより危険操作の防止	容易にはずせる
原子炉をカバーする丈夫な格納容器	あり	なし

出典: 資源エネルギー庁



※外部からの電力の供給を停止した時に、タービン発電機の慣性回転エネルギーを電気出力としてどこまで利用できるか確認するための特殊な試験

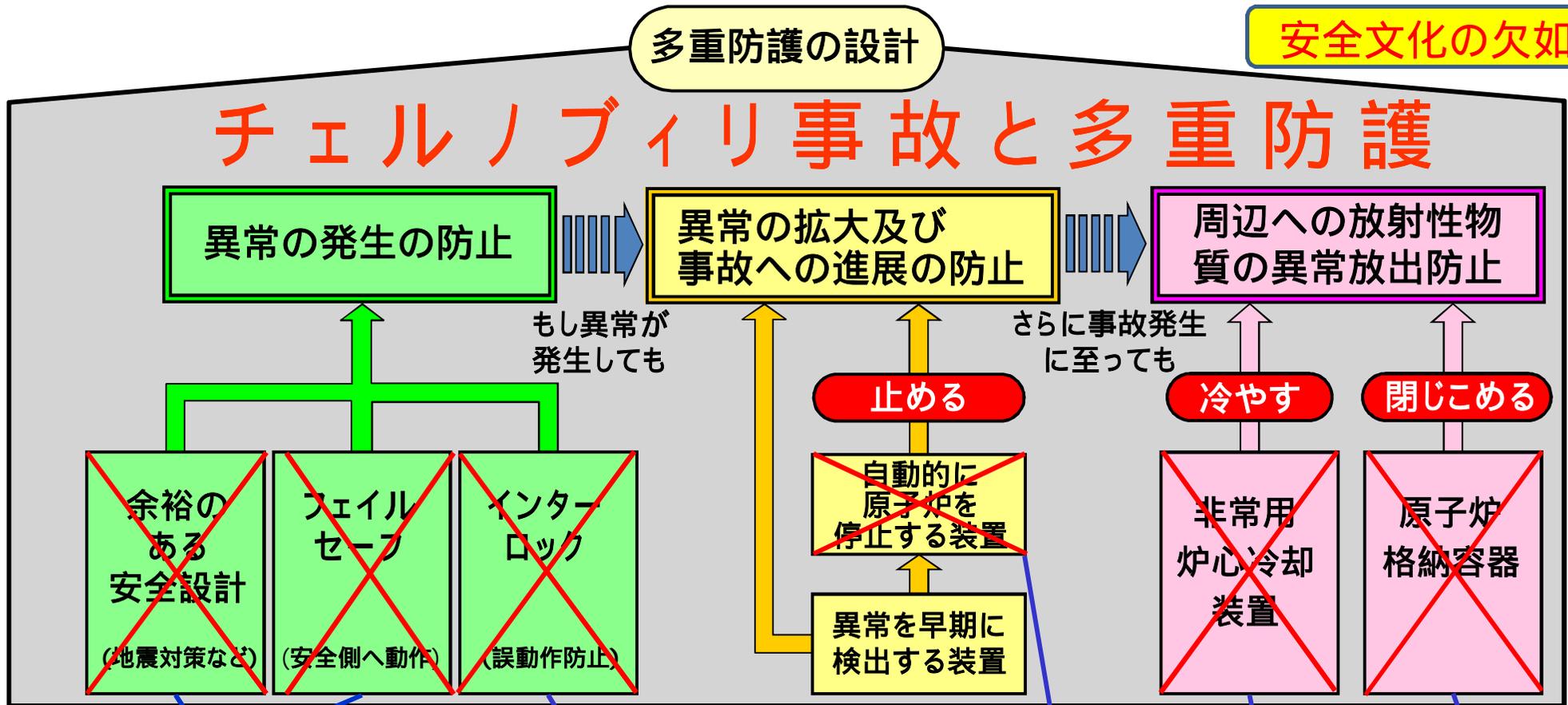
出典: 旧科学技術庁パンフレット 0

# 原子力発電の安全対策

多重防護の設計

安全文化の欠如

## チェルノブイリ事故と多重防護



計画を下回る低出力で運転—不安定になるため連続運転は禁止されていた。

「制御棒30本以上を中間位置まで挿入」が条件であったが、インターロックなし

急速で信頼性高い停止系：不十分

自動作動を切って運転

なし

# 原子力発電の安全対策

## 我が国における仮想事故

我が国では、原子力発電所の設置にあたり、**技術的見地からは起こるとは考えられない事故(仮想事故)**の発生を仮想しても、周辺の公衆に著しい放射線災害を与えないことになっており、厳しい審査を行っている。



この場合の評価の前提として、原子炉格納容器内に放出される核分裂生成物の量は、炉心内蓄積量に対し、**希ガス100%、よう素50%、粒子状FP1%**の割合とすることを義務づけている。

これに対し、周辺公衆への影響は、直接線量(コンクリート壁で遮蔽)、スカイシャイン、格納容器からの僅かな漏れである。立地審査指針では、周辺公衆に対し、**0.25Svをめやす線量**としている。

因みに、**川内原子力発電所**に関する評価結果は、**約0.011Sv**である。

# 原子力発電所周辺の環境モニタリング

## 原子力施設周辺の環境放射線モニタリング



**モニタリングカー**  
放射線や放射能を測定する機器を積んで、広い地域でモニタリングをしています。



**モニタリングステーション**

環境放射線の測定に加えて空気中に浮遊する塵に含まれる放射能や気象データを測定しています。

**環境試料採取 (陸上)**

葉菜, 牛乳, 土壌  
雨水, 河川水等をサンプリングし、放射能を測定しています。

原子力施設を有する道府県では、4半期ごとに評価会議を開き、審議・評価し、すべて公表している。

**環境試料採取 (海洋)**

魚介類, 海藻, 海水等をサンプリングし、放射能を測定しています。

周辺監視区域

原子力施設

**モニタリングポスト**

原子力施設の敷地周辺では、環境放射線を連続して測定しています。



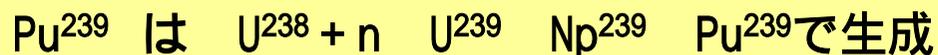
# 原子力発電所周辺環境モニタリング

## 原子力発電所周辺のモニタリング(川内の例)

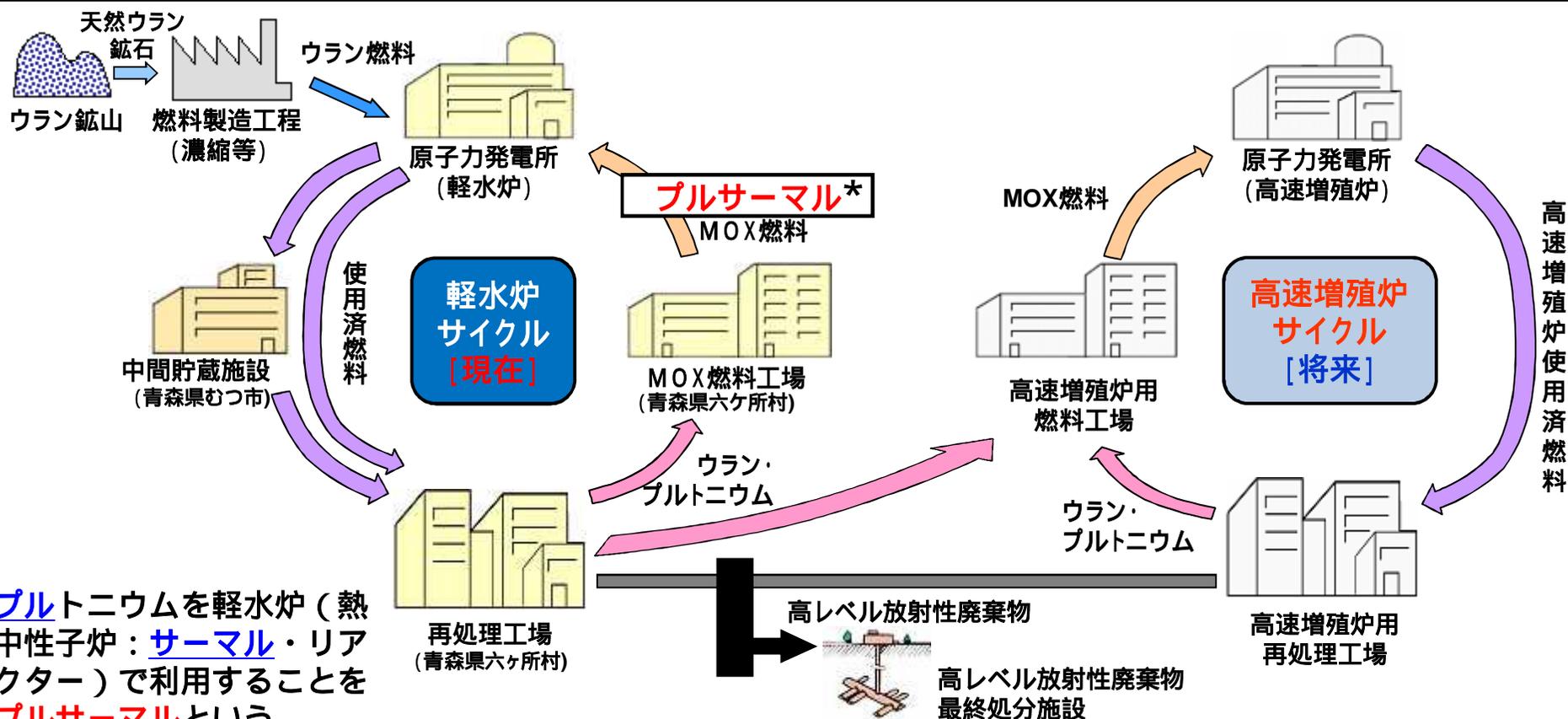


# 核燃料サイクル

- 「核燃料サイクル」とは、原子力発電所の使用済燃料を再処理することにより取り出したウランとプルトニウムを再利用すること。



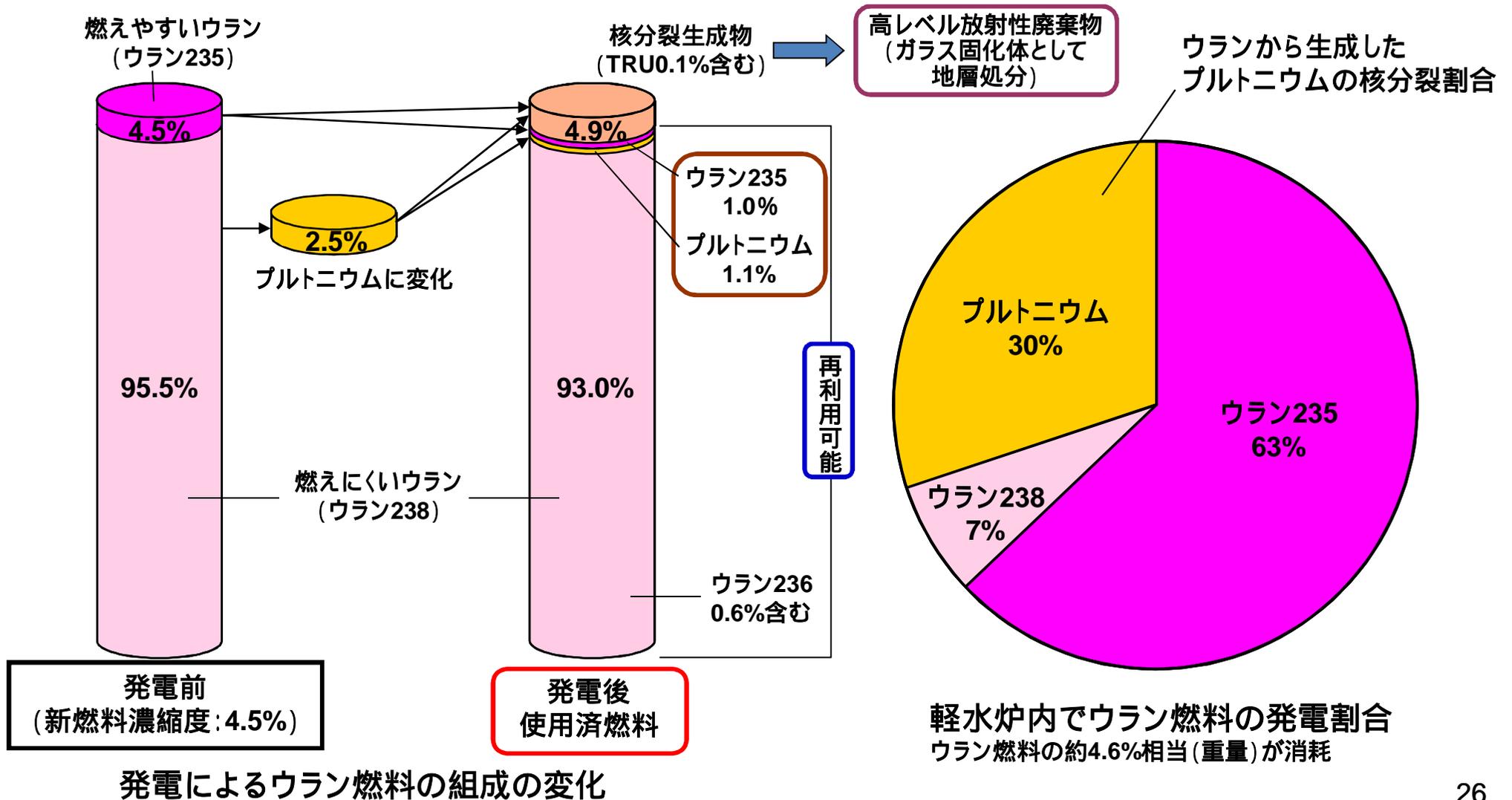
- 限りあるウラン資源を有効利用し、エネルギーの安定確保に貢献。
- 放射性廃棄物の量を減らすことができる。



\* プルトニウムを軽水炉 (熱中性子炉: サーマル・リアクター) で利用することを **プルサーマル** という。

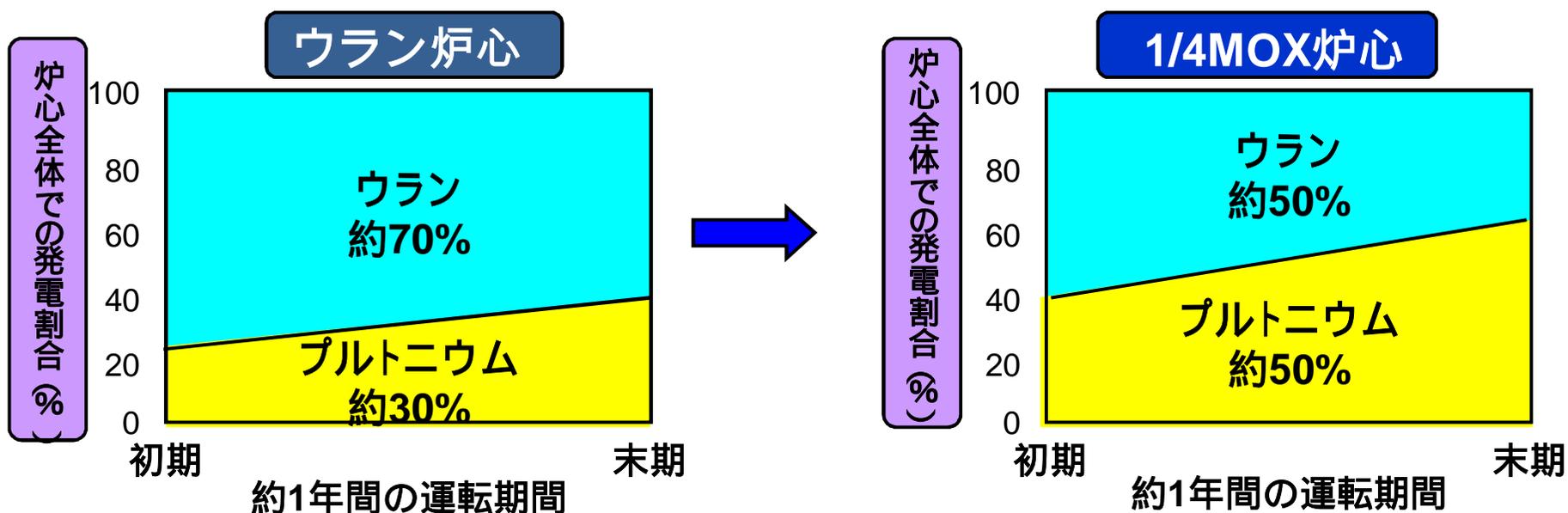
# 核燃料サイクル

軽水炉によるエネルギー生産量：燃焼度（平均） 45,000MWD / ton・U



# 核燃料サイクル

**プルサーマル**では、PuとUの混合酸化物 (Mixed Oxide、MOX)燃料を通常、炉心全体の1/3以下装荷する。ウラン燃料炉心と特性上大差なく、欧米で30年以上の実績があり、我が国でも九州電力、四国電力、東京電力等で開始し、各電力会社が予定している。

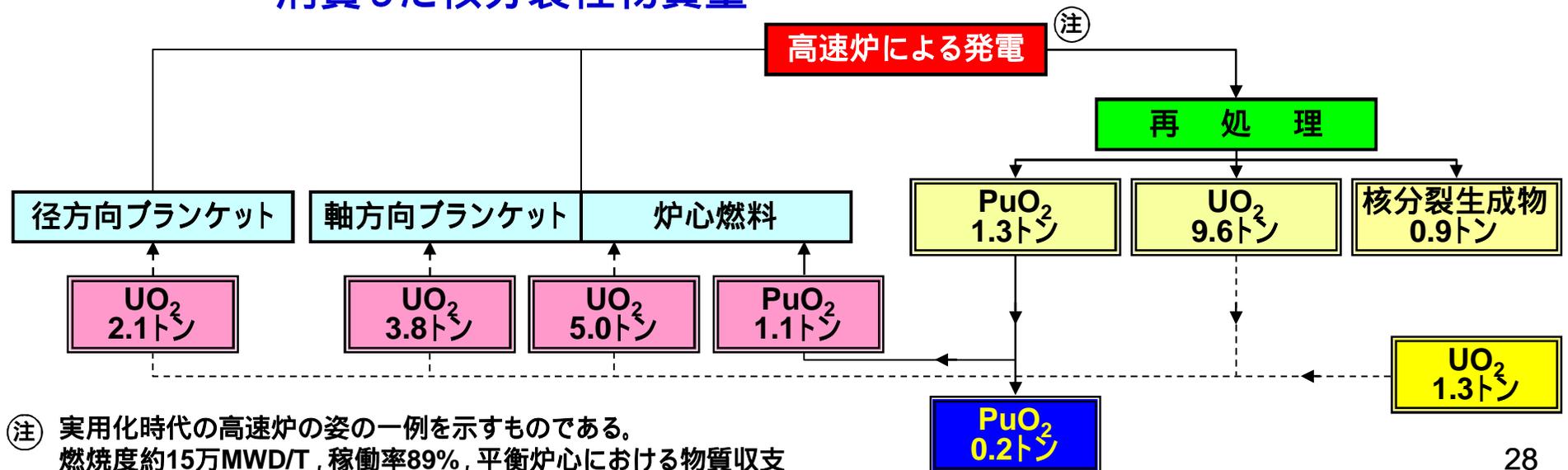


約1年間の運転毎に、炉心の燃料の約1/5から1/4を新燃料に取り替えるが、残りは継続使用するため、ウラン炉心の運転初期でも燃焼して生成したプルトニウムを含む燃料が存在している。

# 核燃料サイクル

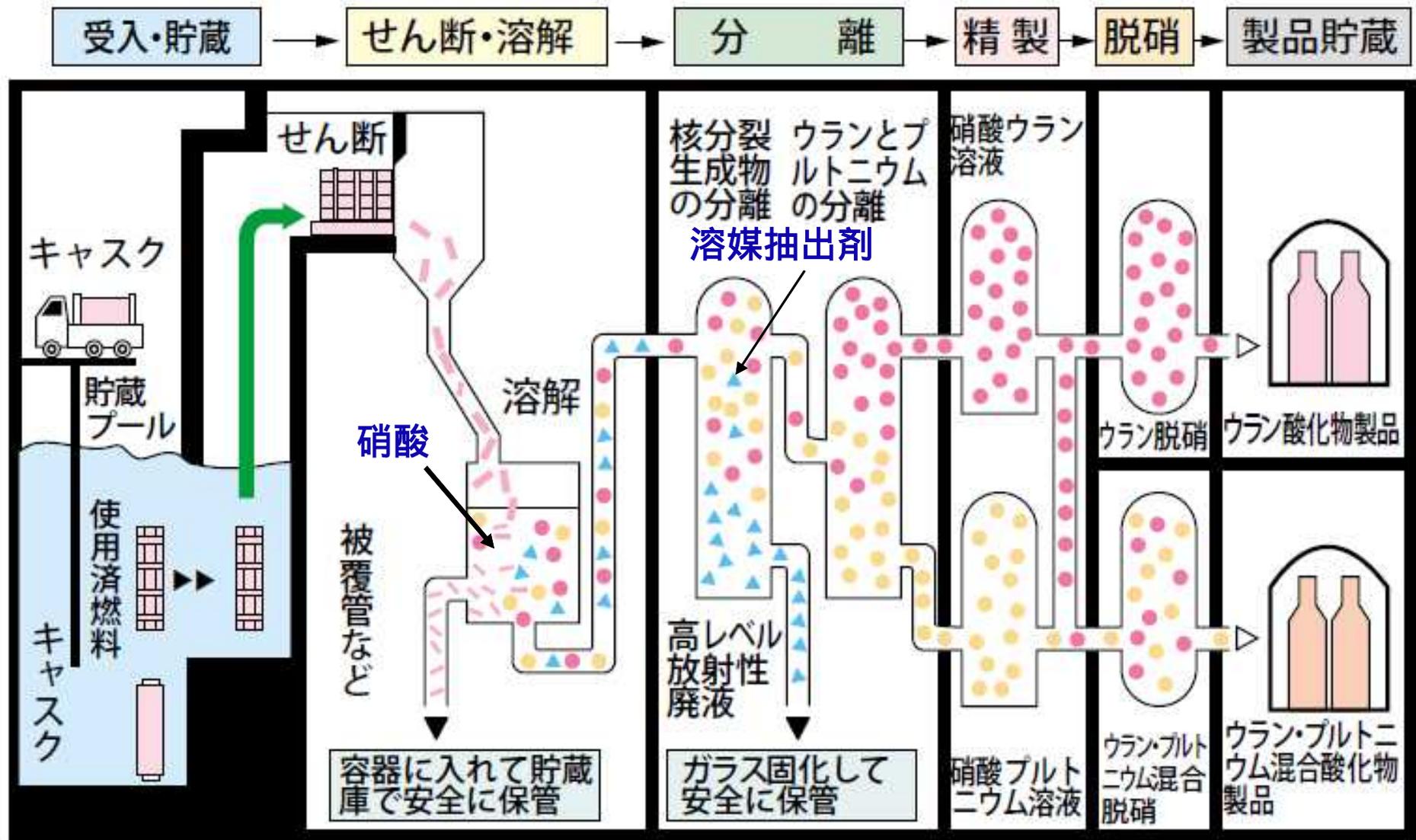
一般に、転換比が1以上である場合増殖と言う。高速エネルギー領域では、核分裂の連鎖反応に寄与しなかった中性子がウラン-238に吸収されて核分裂性物質のプルトニウム-239に変換され増殖される。一般的には、このために炉心周囲に劣化ウランのブランケットを設ける。

$$\text{転換比} = \frac{\text{生成された核分裂性物質質量}}{\text{消費した核分裂性物質質量}}$$



① 実用化時代の高速炉の姿の一例を示すものである。  
 燃焼度約15万MWD/T, 稼働率89%, 平衡炉心における物質収支

# 核燃料サイクル — 再処理工程

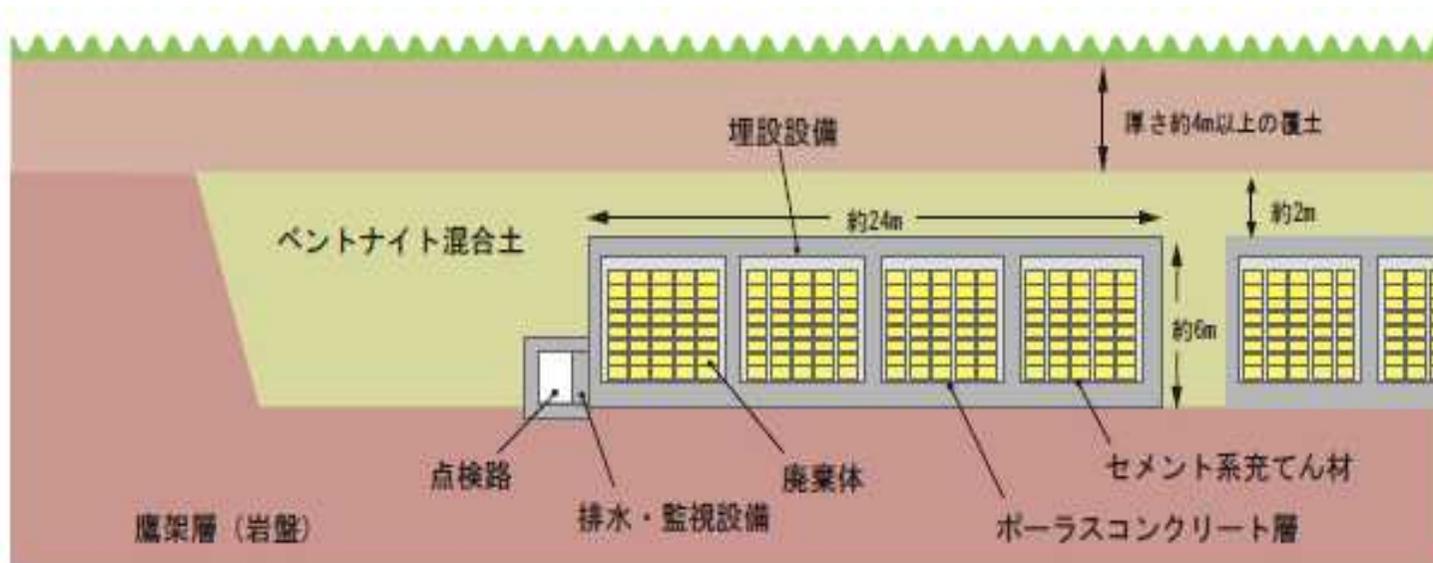


● ウラン    ● プルトニウム    ▲ 核分裂生成物(高レベル放射性廃棄物)    — 被覆管など

# 放射性廃棄物の種類

廃棄物の種類		廃棄物の例	発生場所	処分の方法（例）	
低レベル放射性廃棄物	発電所廃棄物	放射能レベルの極めて低い廃棄物	原子力発電所	浅地中トレンチ処分	
		放射能レベルの比較的低い廃棄物		廃液、フィルター、廃器材、消耗品等を固形化	浅地中ピット処分
		放射能レベルの比較的高い廃棄物		制御棒、炉内構造物等	余裕深度処分
	ウラン廃棄物		ウラン濃縮・ウラン燃料加工施設	余裕深度処分、浅地中ピット処分、浅地中トレンチ処分、場合によっては地層処分	
	TRU廃棄物 (超ウラン核種を含む放射性廃棄物)		再処理施設、MOX燃料加工施設	地層処分、余裕深度処分、浅地中ピット処分	
高レベル放射性廃棄物		ガラス固化体	再処理施設	地層処分	
クリアランスレベル以下の廃棄物		原子力発電所解体廃棄物の大部分	上に示した全ての発生場所	再利用/一般の物品としての処分	

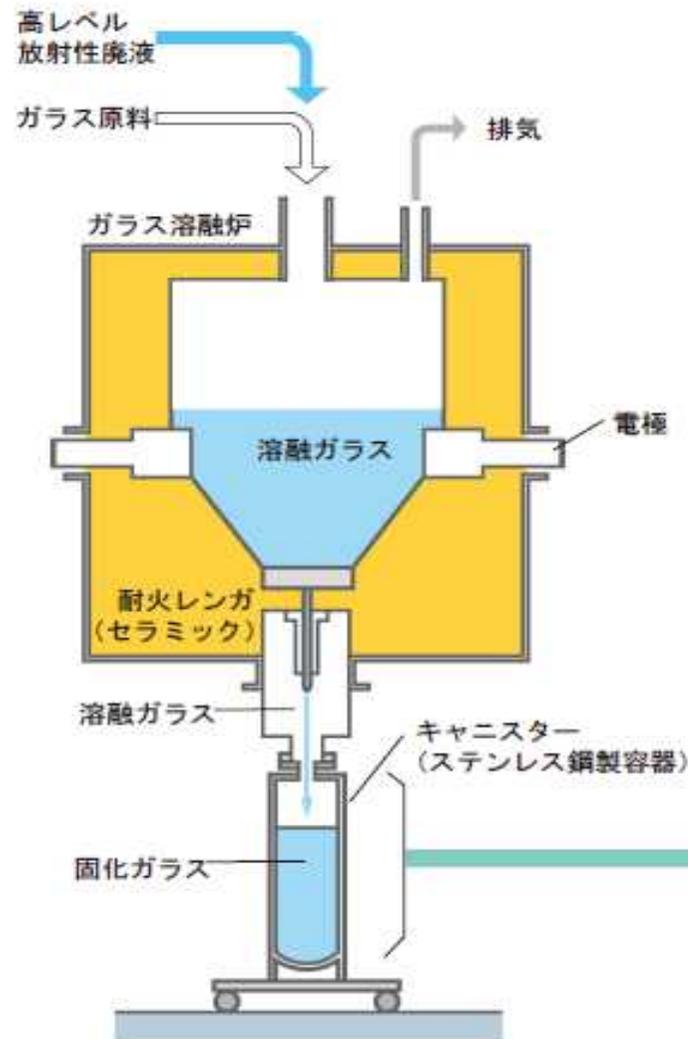
# 低レベル放射性廃棄物の管理



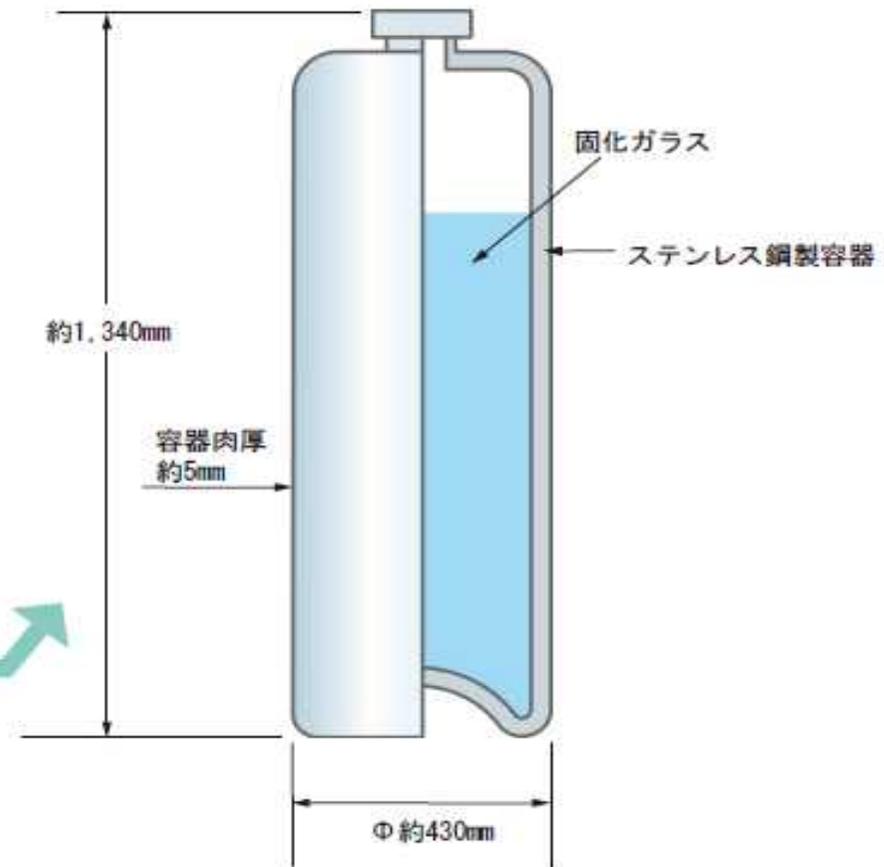
## 低レベル放射性廃棄物の段階管理

	第1段階	第2段階	第3段階
終了予定時期	埋設開始後 1号：30～35年 2号：25～30年	第一段階終了後 30年	第一段階終了後 300年
考え方	埋設設備により閉じ込め	埋設設備と周辺土壌等により移行抑制	主に周辺土壌等により移行抑制
管理の内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>-埋設保全区域の設定、廃棄物埋設地の巡視、覆土の修復</li> <li>-環境モニタリング</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>-周辺監視区域の設定</li> <li>-地下水中の放射性物質濃度の監視</li> <li>-排水・監視設備により排水</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>-掘削等の制約</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>-漏出のないことの監視</li> <li>-埋設設備の修復等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-漏出の状況の監視</li> </ul>	

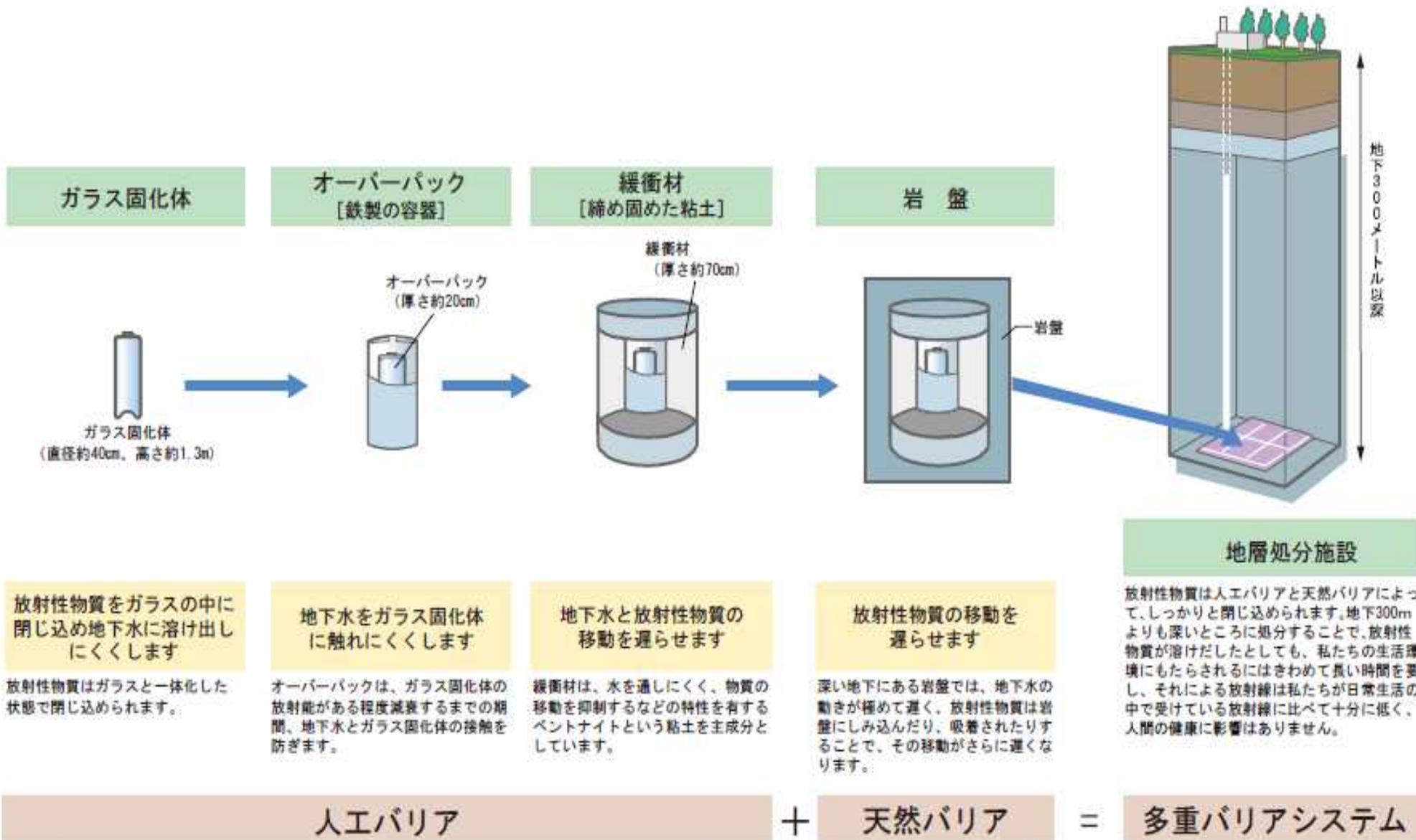
# 高レベル放射性廃棄物の管理



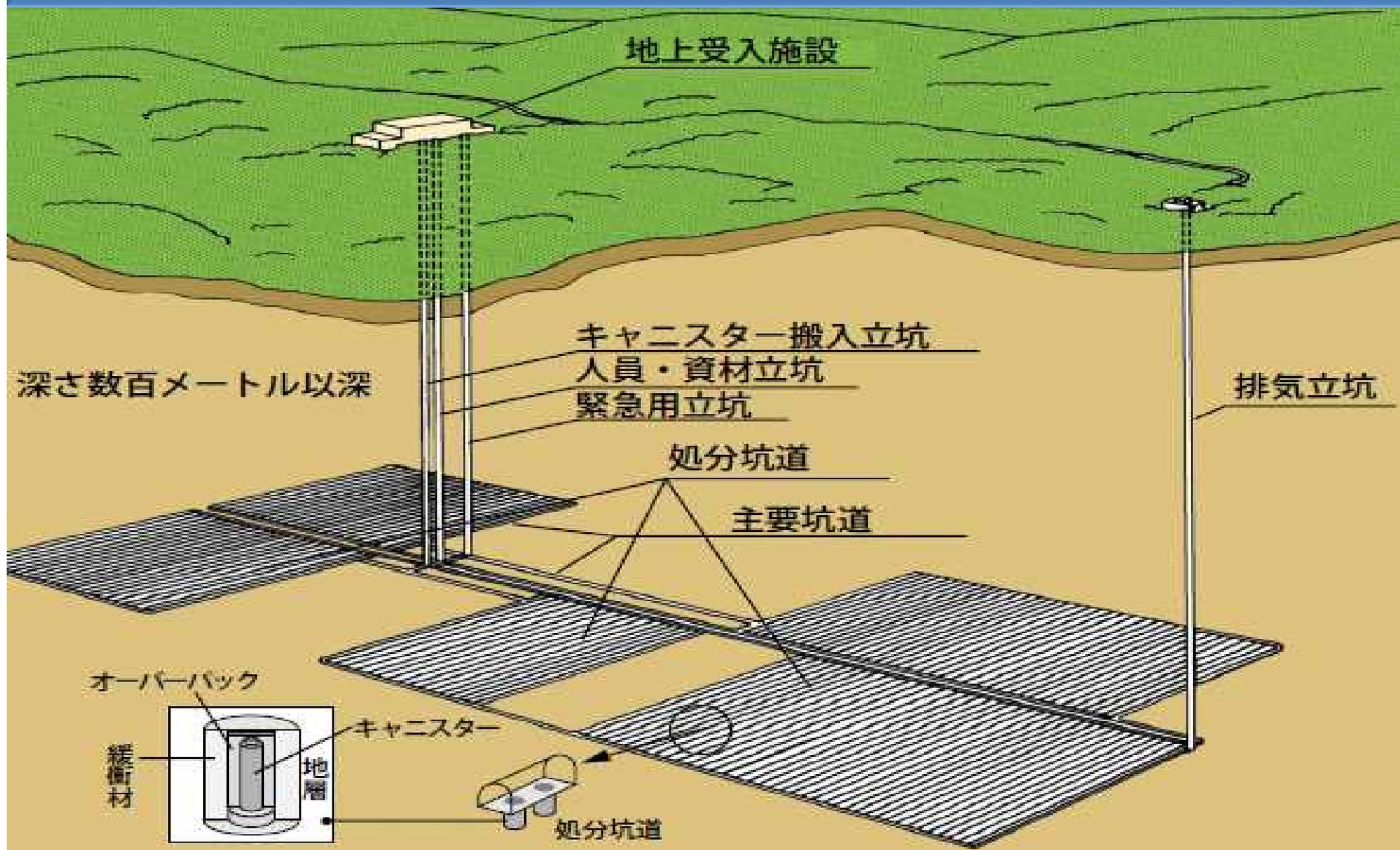
ガラス固化体の性状  
体積：固化ガラス約150ℓ  
重量：約490kg (空容器の重量は約90kg)



# 高レベル放射性廃棄物多重バリアシステム



# 高レベル放射性廃棄物の地層処分場の概念



# エネルギー問題とは何か？

## 1. エネルギー源に求められる三要件

- ・ 安定供給の確保
- ・ 地球環境への適合
- ・ 市場原理の活用 - 経済性

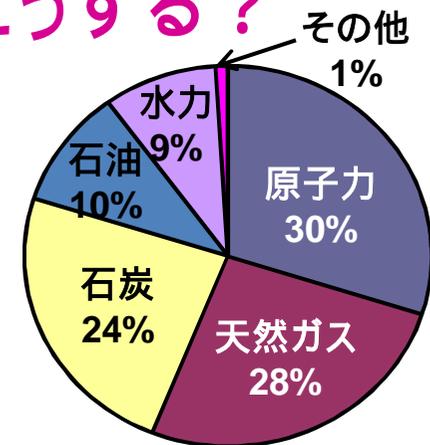
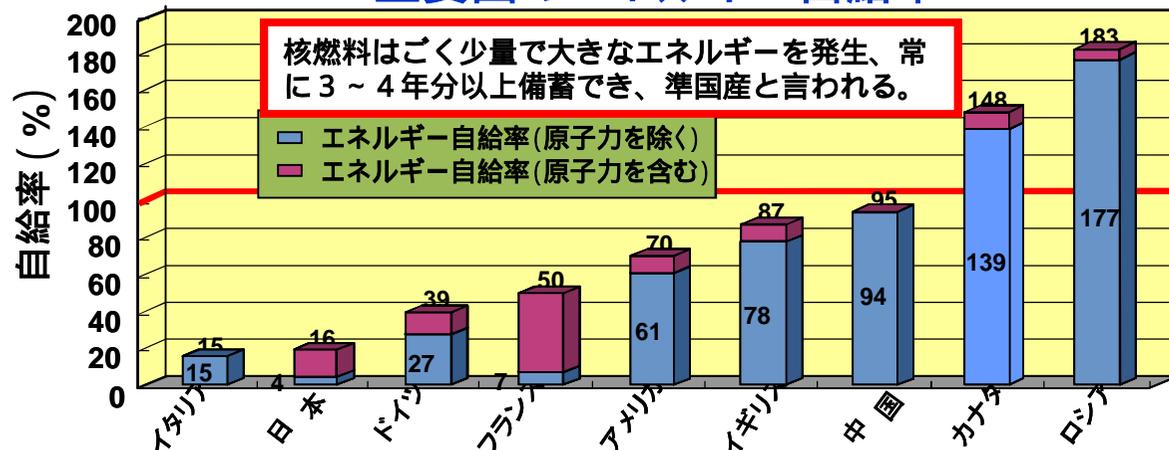
## 2. エネルギー需要供給の現状と将来(価格変動含む)

## 3. 地球温暖化とCO<sub>2</sub>排出量問題



これからのエネルギーをどうする？

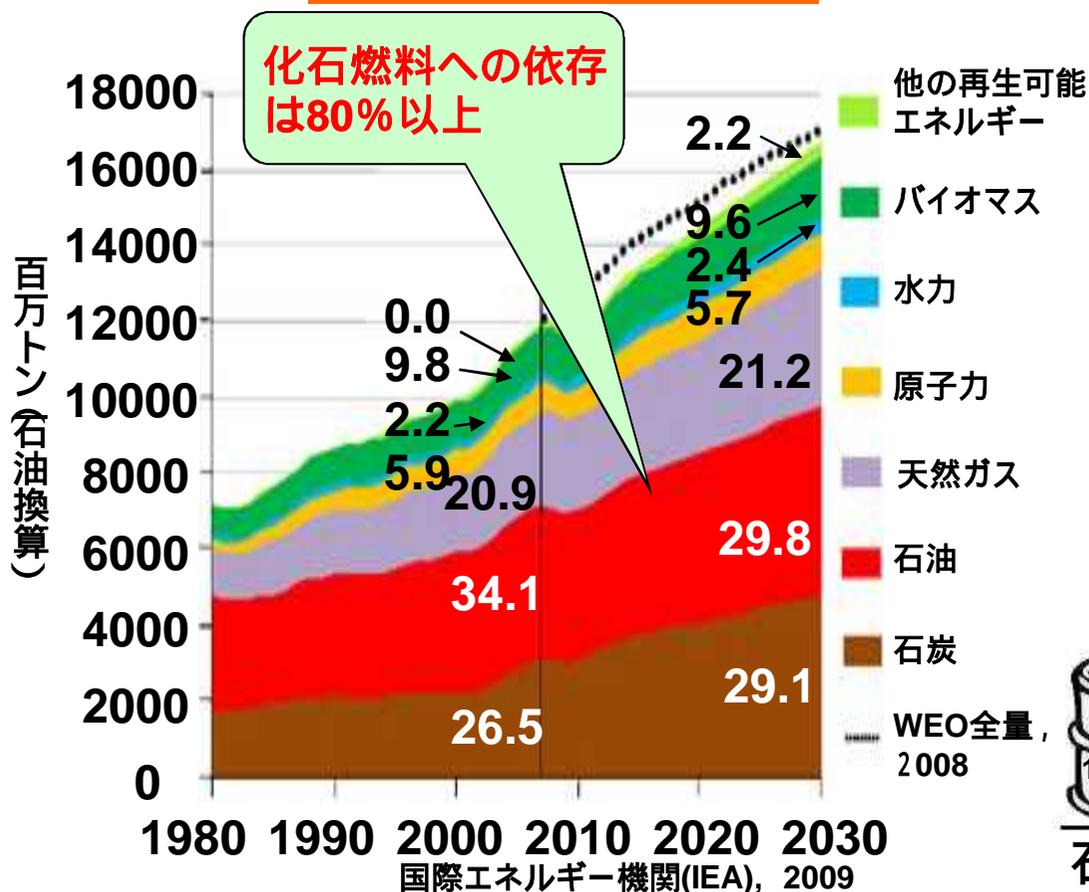
主要国のエネルギー自給率



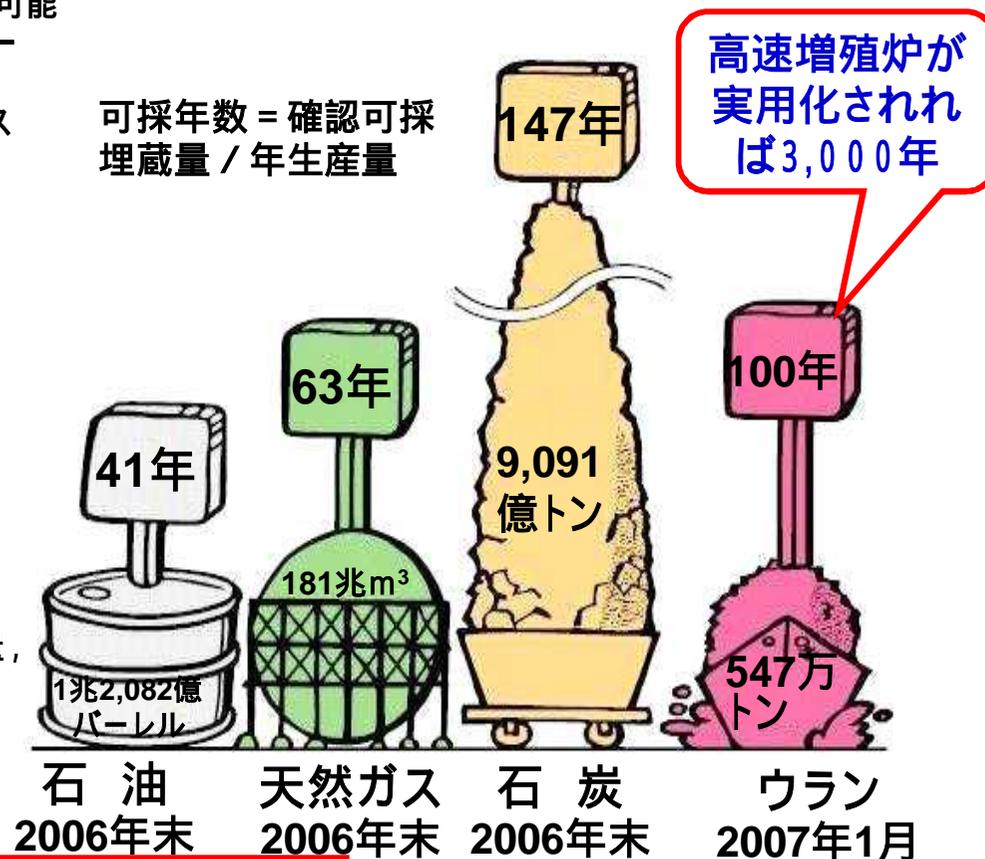
電源別発電電力量の割合(2006年)

# 世界の一次エネルギー消費の現状と将来

## エネルギー源別



## 資源確認埋蔵量と可採年数



出典 (1) BP統計2007  
(2) URANIUM2007

中国・インド等人口超大国、新興国等の需要拡大により世界的にエネルギー危機、資源争奪となる！

# 新エネルギーの導入と課題

- ✓ CO2の排出量削減には、太陽光や風力など新エネルギーの導入も非常に有効な手段
- ✓ ただし、現時点では経済性や供給安定性などの課題が存在することも事実

## 各種発電設備(100万kW級)の比較

### 原子力発電所一基

### 太陽光発電

### 風力発電

敷地面積

0.5 km<sup>2</sup>

山手線一杯の面積(約67km<sup>2</sup>)

山手線の3.5倍の面積(約264km<sup>2</sup>)

建設費

~2,800億円

~3.9兆円

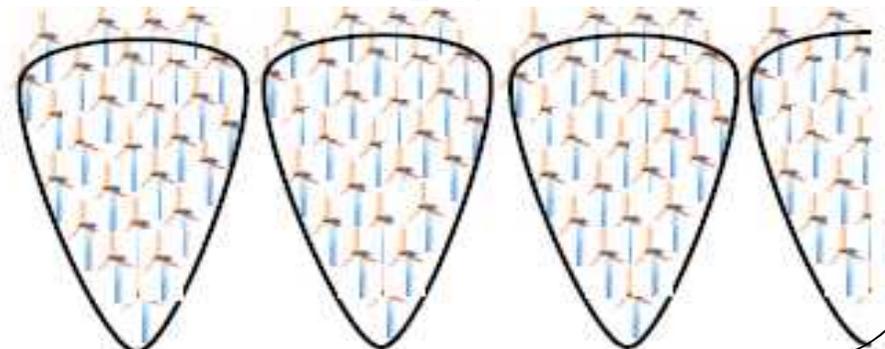
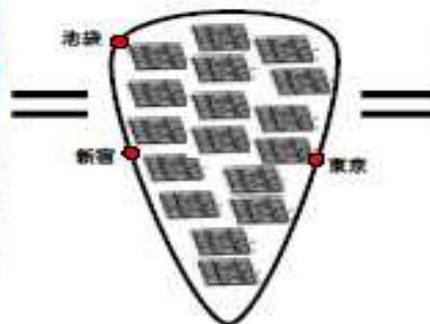
~8,700億円

稼働率

~80%

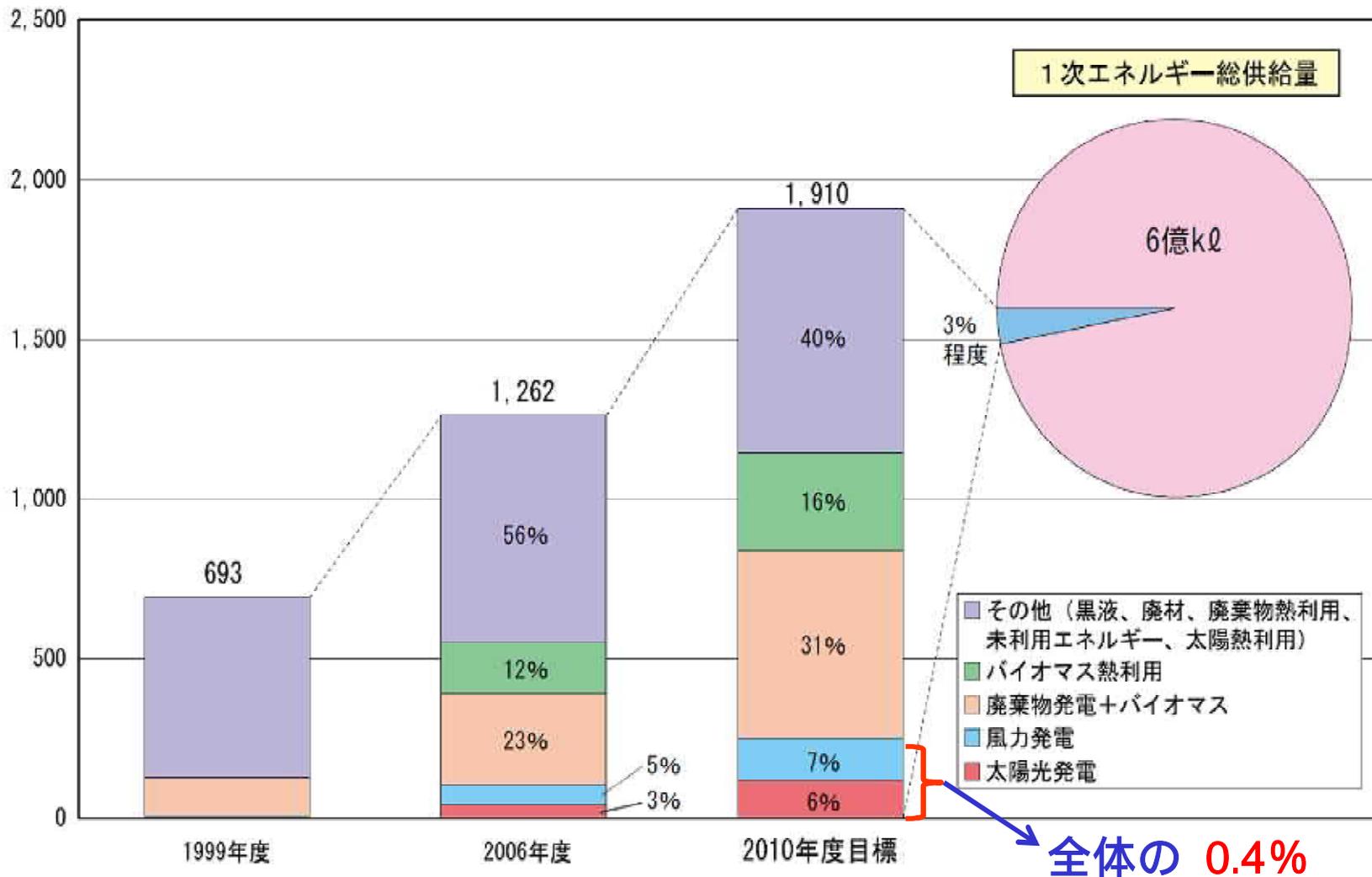
~12%

~20%



# 我が国の新エネルギー導入実績と目標

(原油換算万kℓ)



(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある

出典: 資源エネルギー庁「原子力2009」他

# 原子力発電はどの程度寄与できるか

## 全発電電力量の約30%を供給

### 1. 安定供給の確保

燃料のウランは、政情安定な国から輸入出来、資源量も比較的十分に存在する。また、原子炉に一度燃料を装荷すれば3年以上使用出来る上、備蓄が容易である。

### 2. 地球環境への適合

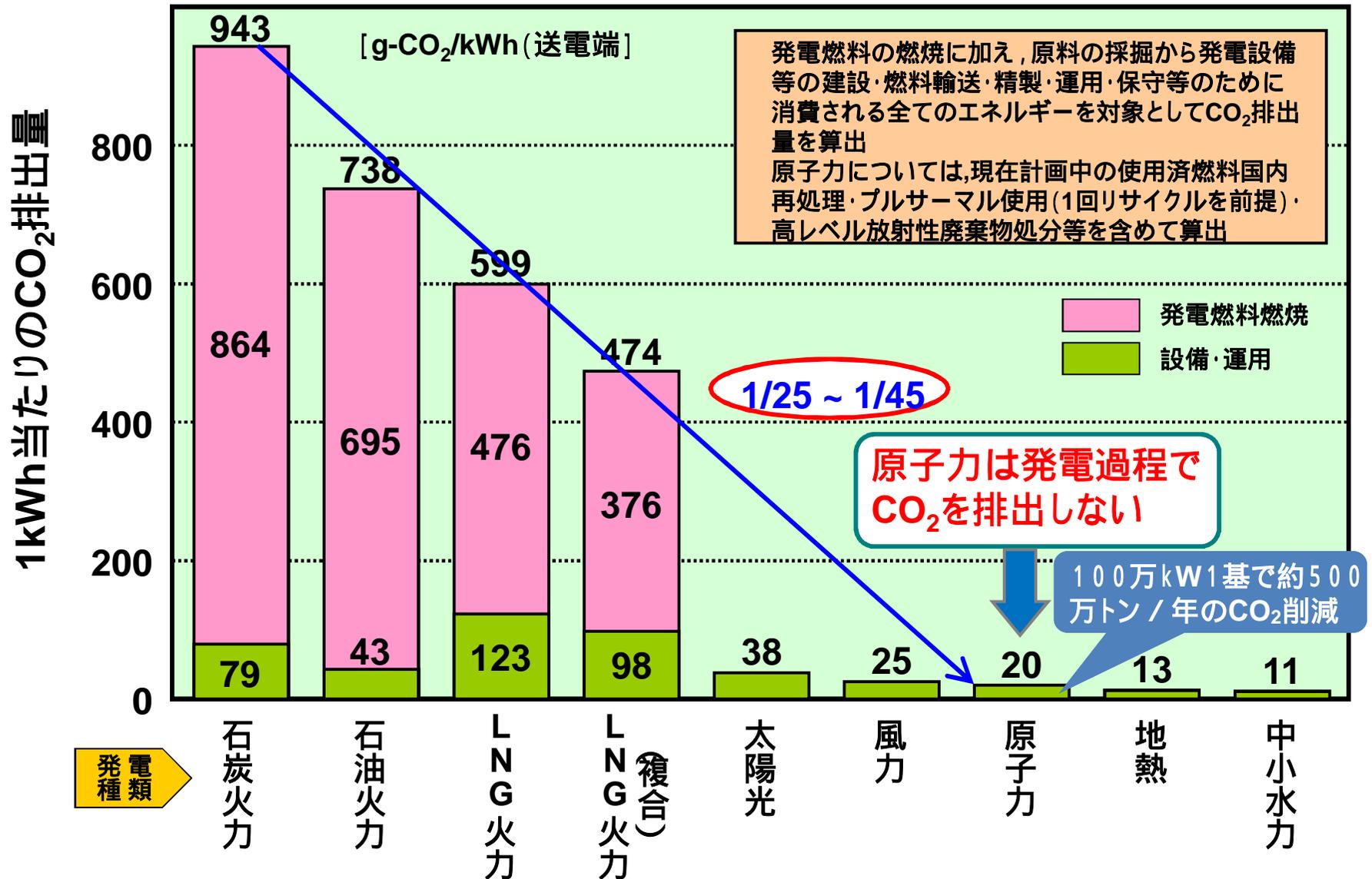
発電過程でCO<sub>2</sub>を排出せず、SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, 煤塵も放出しない。

### 3. 経済性

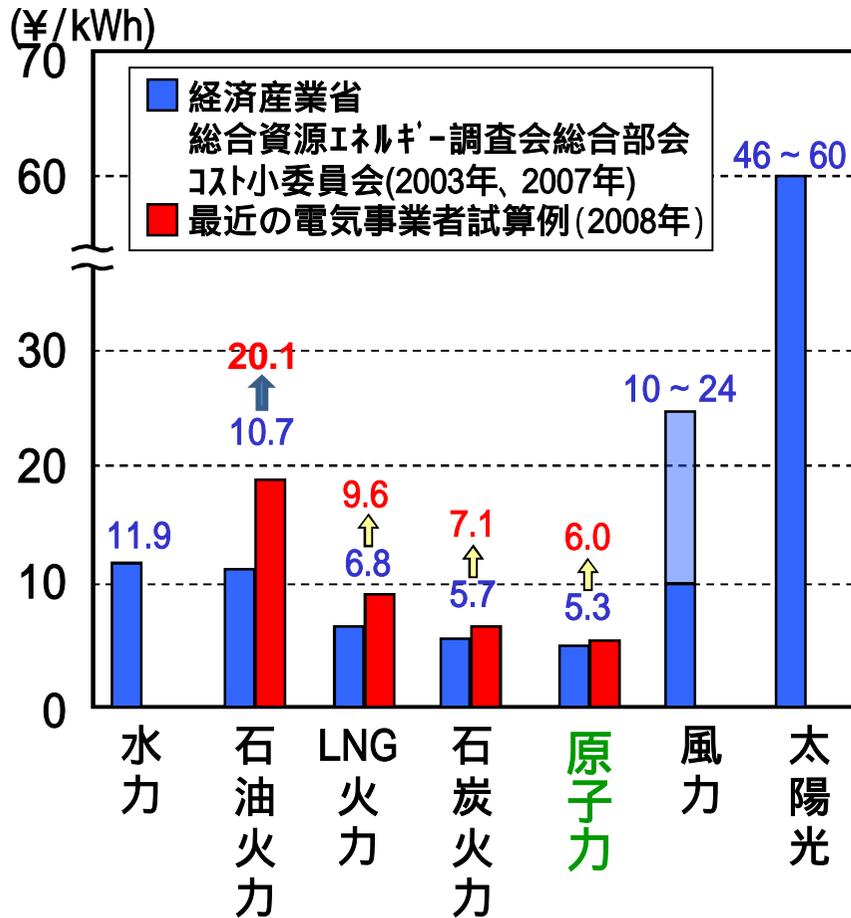
発電原価は化石燃料、水力、自然エネルギーと比較して最も安価である。

原子力発電所の新增設により全発電電力量の40～50%を供給することは可能

# 各種電源別のCO<sub>2</sub>排出量の比較



# 各種電源の発電原価



## 条件

耐用年数 : 40年  
 設備利用率 : 80% (水力45%)  
 燃料価格 :  
 石油 = 27.4 → 90.7 \$/バレル  
 石炭 = 35.5 → 76.5 \$/トン  
 LNG = 2.8 → 5.3 万円/トン  
 ウラン = 10.1 → 95.0 \$/lbU<sub>3</sub>O<sub>8</sub>  
 (鉱石)

2002年度平均  
(コスト小委のベース)

2008年2月  
(試算例のベース)

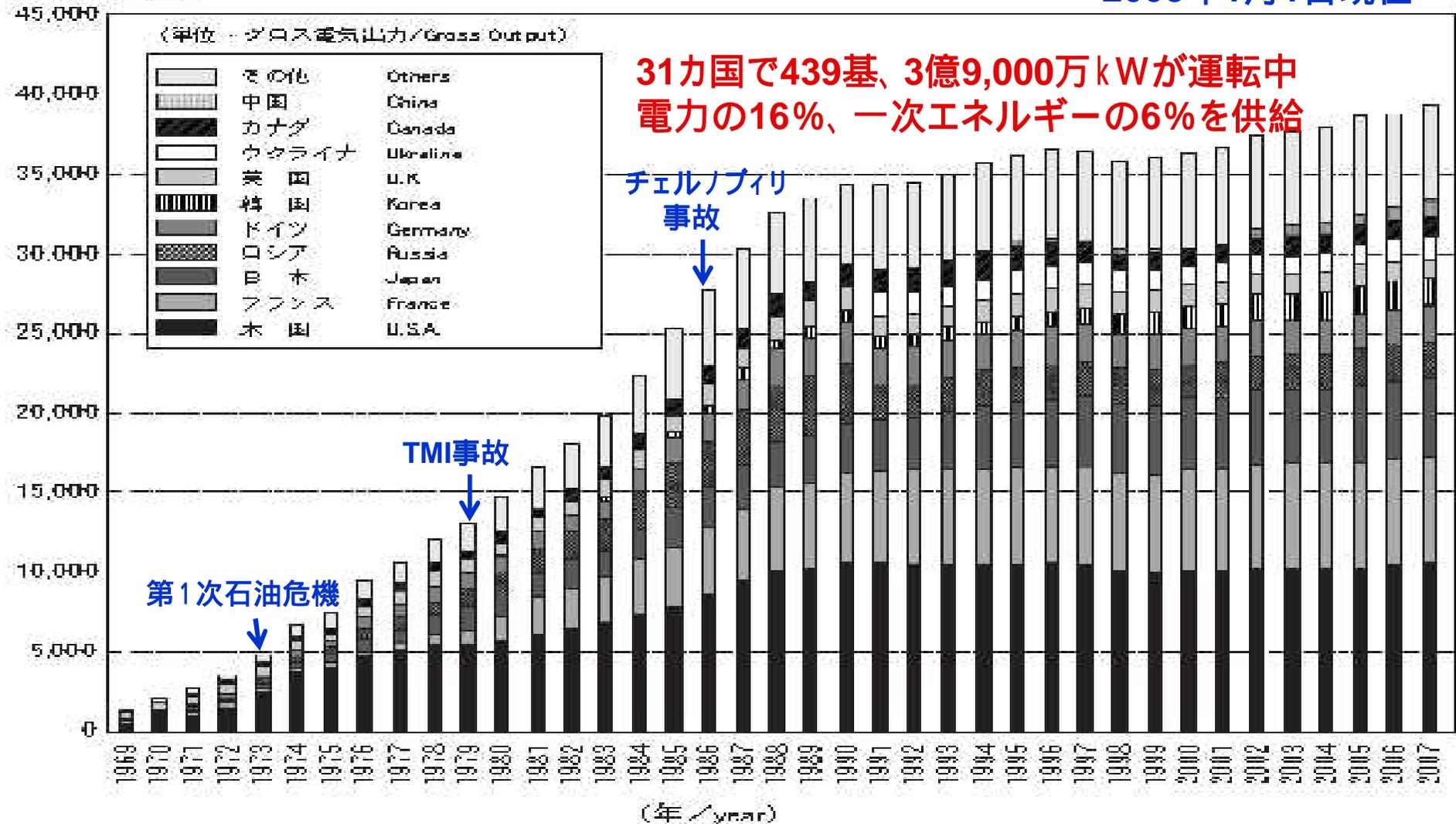
原子力は初期費用が高い  
一方、燃料価格にはあまり  
影響されない

原子力: 原子炉解体 (0.03¥/kWh)、再処理 (0.50)、中間貯蔵 (0.04)、  
高レベル廃棄物処理・処分 (0.15)、TRU処分 (0.09) 費等含む

# 世界の運転中原子力発電所の設備容量推移

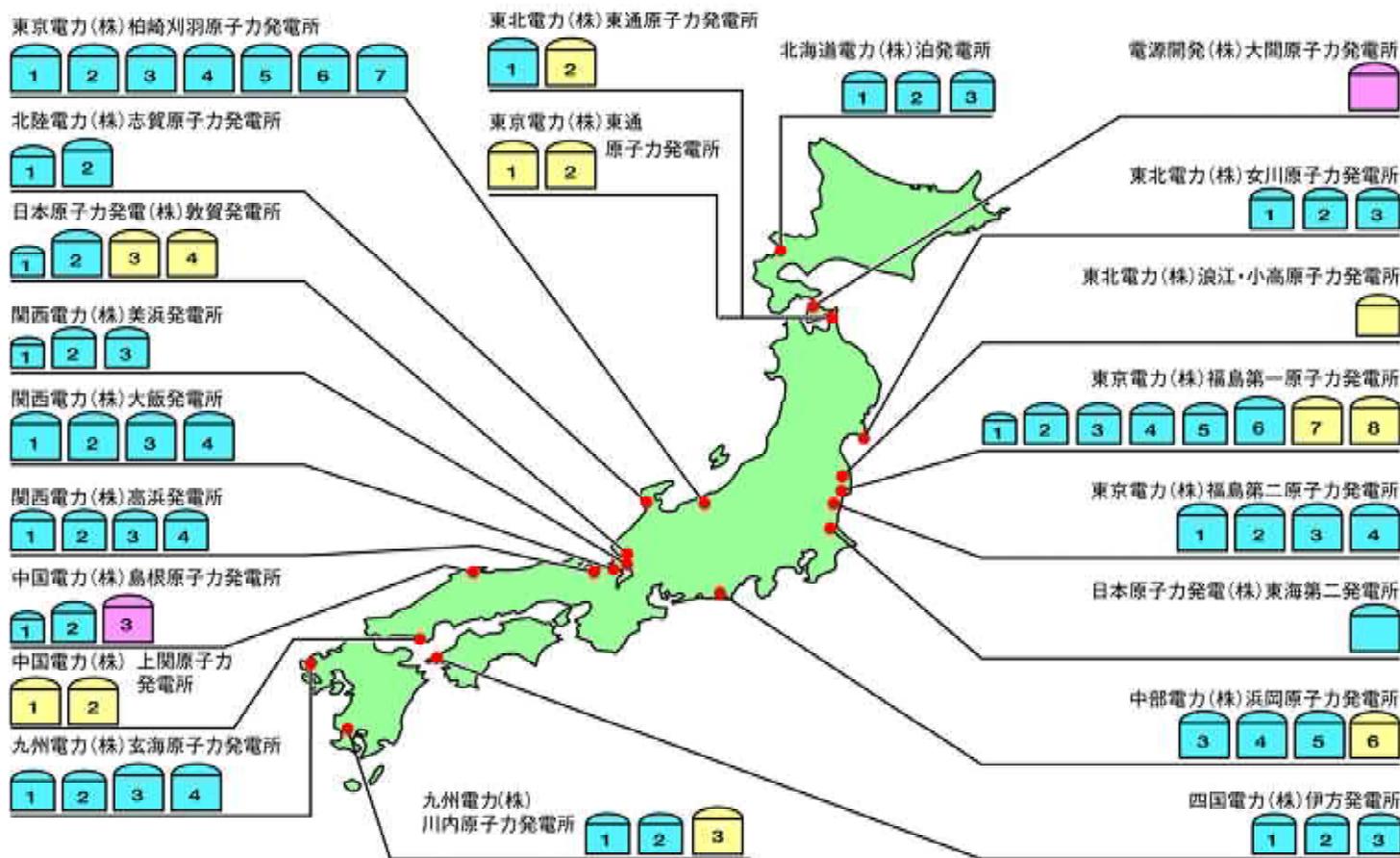
2008年1月1日現在

(万kW/10MW)



世界原子力協会(WNA)より

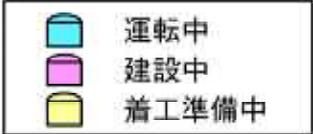
# 我が国の原子力発電所の現状と新增設計画



日本は世界第3位の原子力発電国

運転中の原子力発電所

	MWe	基数
アメリカ	102,750	103
フランス	66,020	59
<b>日本</b>	<b>48,839</b>	<b>54</b>
ロシア	23,550	31
ドイツ	21,370	17
韓国	11,710	20
世界全体	386,412	440



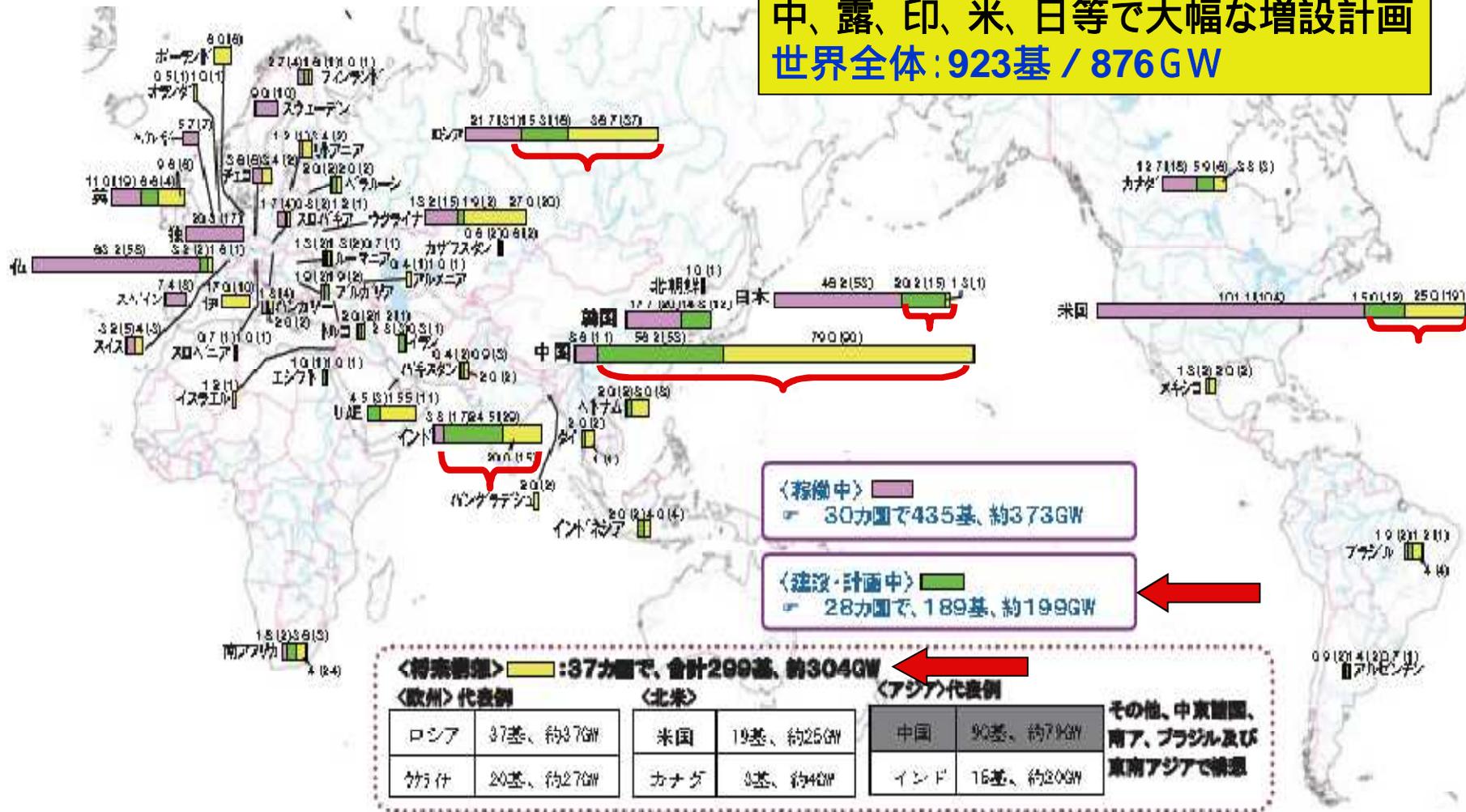
	基数	合計出力(万kW)
運転中	54	4884.7
建設中	2	275.6
着工準備中	12	1655.2
合計	68	6815.5

# 我が国の原子力発電所の新・増設計画

事業者名	発電所名	出力(万kW)	着工年月	運転開始年月	進捗状況	受電会社
東北電力	浪江・小高	82.5	2013年度	2018年度		
	東通2号	138.5	2013年度以降	2018年度以降		
東京電力	福島第一7号	138.0	2009年4月	2013年10月	遅延	
	福島第一8号	138.0	2009年4月	2014年10月	遅延	
	東通1号	138.5	2008年11月	2014年12月	許可申請中	
	東通2号	138.5	2011年度以降	2017年度以降		
中部電力	浜岡6号	138.0				
中国電力	島根3号	137.3	2005年12月	2011年12月	建設中	
	上関1号	137.3	2009年度	2014年度	遅延	
	上関2号	137.3	2012年度	2017年度		
九州電力	川内3号	160				
電源開発	大間原子力	138.3	2007年8月	2012年3月	建設中	9社
日本原子力発電	敦賀3号	153.8	2010年10月	2016年3月	許可申請中	3社
	敦賀4号	153.8	2010年10月	2017年3月	許可申請中	3社
		合計 1,931	万KW(14基)			

# 世界的な原子力発電導入計画(1)

中、露、印、米、日等で大幅な増設計画  
世界全体: 923基 / 876GW



# 世界的な原子力発電導入計画(2)

## 1. 帰ってきた米国(104基, 100GW, 20%)

- 30年間新規発注なし
- 稼働率向上(~90%), 単機の出力量向上
  - 経済性、信頼性の向上
- 規制の効率化、新設の優遇措置(税制、政府保険等)
- 国民の支持(賛成:70%、反対:23%)

→ 30基以上の新設計画

# 世界的な原子力発電導入計画(3)

## 2. 目を覚ました欧州

### — しばらく新增設停止

→ 供給安定性、環境適合性から原子力重視

- フランス(59基、63GW, 80%) : 原子力中心を維持
- フィンランド(4基、3GW, 33%) : 1基建設中、1基計画中
- 英国(19基、11GW, 20%) : 軽水炉へ建て替え準備中
- スウェーデン(10基、9GW, 48%) : 廃止期限撤回、建て替え容認
- スイス(6基、40%) : 新增設凍結撤回
- ドイツ(17基、20GW, 30%) : 廃止時期を平均12年延長
- イタリア : 新設準備中
- 旧東欧諸国 : 新增設続出

# 世界的な原子力発電導入計画(4)

## 3. 活発なアジア、その他の国々

- 中国(11基、9GW、2.4%) : 20年までに70GW、30年までに200GW
- インド(17基、4GW、3%) : 20年までに20GW、30年までに48~63GW
- 韓国(20基、18GW、38%) : 10GW(8基)
- ベトナム - 14GW、インドネシア - 4GW、タイなどで計画中
- ロシア(31基、22GW、15%) : 30年までに40GW
- その他、旧ソ連圏、中東、アフリカでも活発な動き

# 原子力発電プラントの供給体制

1980年代

(群雄割拠)

欧州 4社

ブラウン・ボベリー、アセア、  
フラマトム、シーメンス

米国 4社

ウェスティングハウス、ジェネラル・  
エレクトリック、コンバッションエンジ  
ニアリング、バブコック&ウィルコックス

日本 3社

(三菱重工、日立、東芝)

現在

(再編・統合化)

アレバ(仏)

三菱重工

ロスアトム(露)

斗山重工業(韓)

ウェスティングハウス(米)

東芝

日立 - ジェネラル・エレクトリック

中型炉  
で提携

PWR

BWR

国際的産業再編の中で、我が国原子炉メーカーがアレバ社とともに中心プレーヤーに。原子力関連資機材でも大きな世界シェアを誇る。しかしながら、昨今になって競争が激化。日米仏に加え、ロシア、韓国企業(低廉)が台頭。今後、中国企業も進出してくる可能性。

日本の弱みは、設備利用率の低さや海外原子力ビジネスの経験の乏しさ(これまでプラント建設を専ら国内で行ってきた日本メーカー、ゼネコン等は国際的な価格競争への対応力に改善の余地有り)。

# 高速増殖炉の開発状況

## 世界の高速増殖炉開発の現状

ロシア： 実験炉、原型炉運転中、  
実証炉建設中

インド： 実験炉運転中、原型炉建設中

中国： 実験炉建設中、  
実証炉計画中

フランス： 原型炉計画中

米国： ?

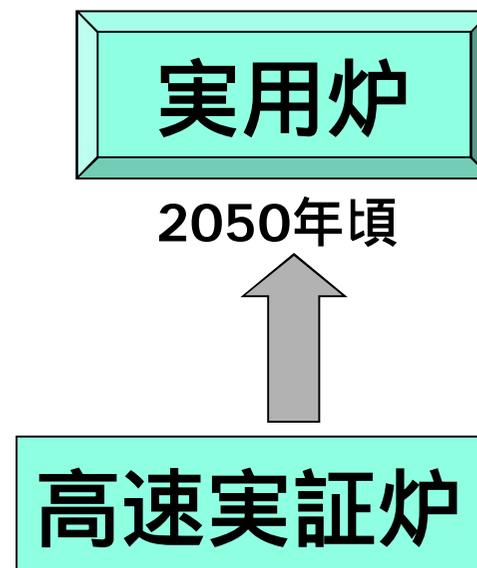


高速炉実験炉「常陽」  
昭和52年臨界



高速原型炉「もんじゅ」  
平成6年臨界

14年半ぶりに  
運転再開



我が国の高速増殖炉開発

# まとめ ( 1 )

- 1 . 原子力発電の原理は、**原子本体の核分裂に伴って発生するエネルギー**を利用するもので、少量のウラン、プルトニウムから莫大なエネルギーが得られ、この過程でCO<sub>2</sub>を発生しないクリーンなエネルギーである。
- 2 . 原子力発電所は、**多重防護**の思想を設計に取り入れ、**周辺住民の安全確保を第一**としている。
- 3 . ウラン資源を有効に活用する視点から燃料をリサイクルして用いる**核燃料サイクル**は**重要**である。

## まとめ ( 2 )

- 4 . 風力、太陽光発電等再生可能エネルギーの導入拡大を図るべきであるが、低炭素の基幹エネルギーとなるものは、原子力発電以外は考えられない。我が国では、全発電電力量の約30%を担っているが、化石燃料の枯渇への懸念、地球温暖化問題から国民の理解を得つつ、原子力発電の拡大を図ることが妥当である。国際的にも、同様な考えで世界各国は、原子力利用に向け、原子カルネッサンス時代を迎えている。

# 参 考 资 料

# 放射能、放射線、エネルギーの単位

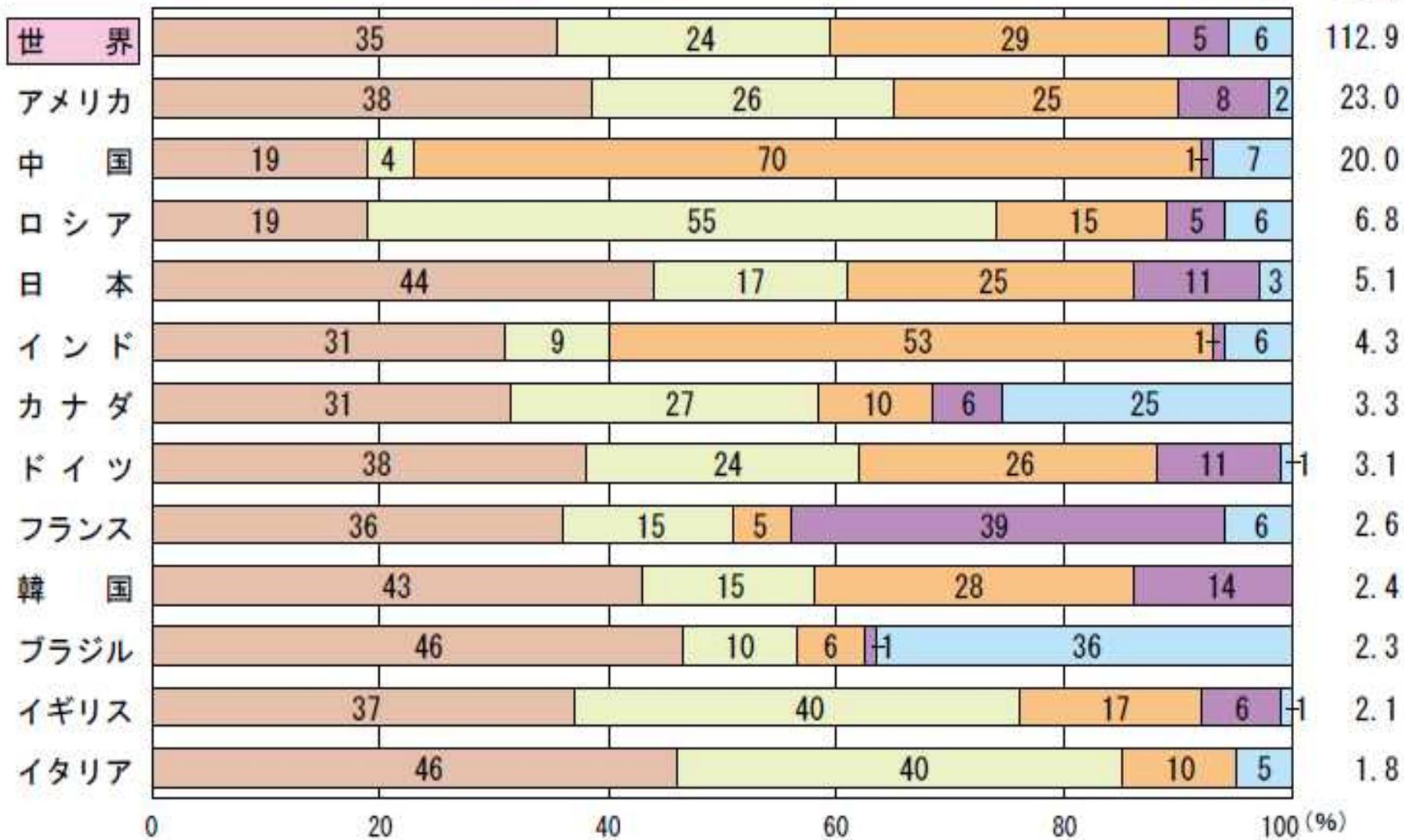
名 称	単 位 名 ( 記 号 )	定 義
放射能の単位 国際単位系 (SI)		
放 射 能	ベクレル (Bq)	1秒間に原子核が崩壊する数を表す単位
放射線量の単位 国際単位系 (SI)		
吸 収 線 量	グレイ (Gy)	放射線のエネルギーがどれだけ物質(人体を含むすべての物質)に吸収されたかを表す単位。 1Gyは1kgあたり1ジュールのエネルギー吸収があったときの線量。
線 量	シーベルト (Sv)	放射線によってどれだけ影響があるかを表す単位 (1シーベルト = 1000ミリシーベルト)
エネルギーの単位		
エネルギー	エレクトロンボルト / 電子ボルト (eV)	放射線等のエネルギーを表す単位 (1eV = $1.6 \times 10^{-19}$ J)

# 主要国の一次エネルギー構成

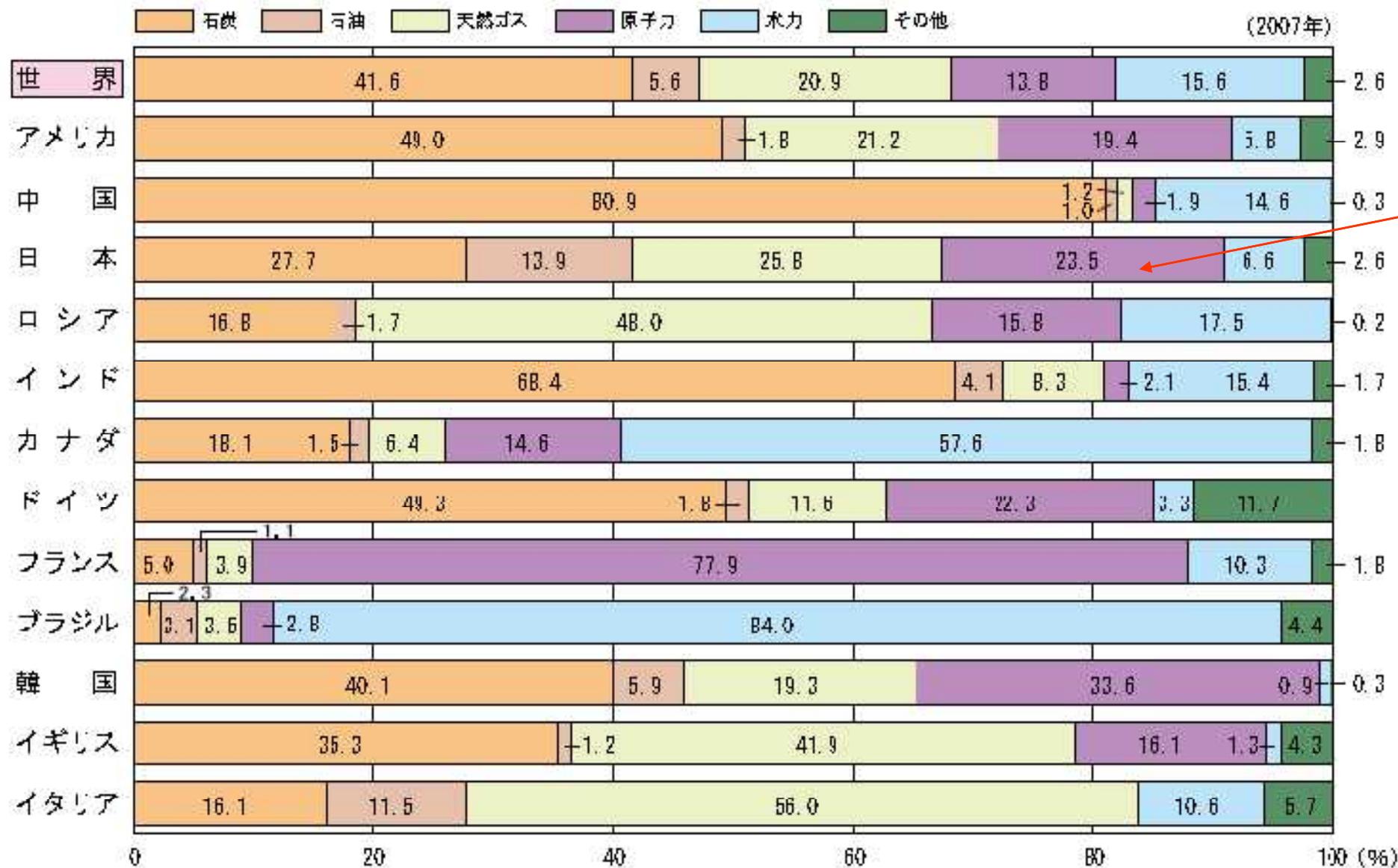
石油
  天然ガス
  石炭
  原子力
  水力

(2008年)

一次エネルギー消費量  
(石油換算億トン)

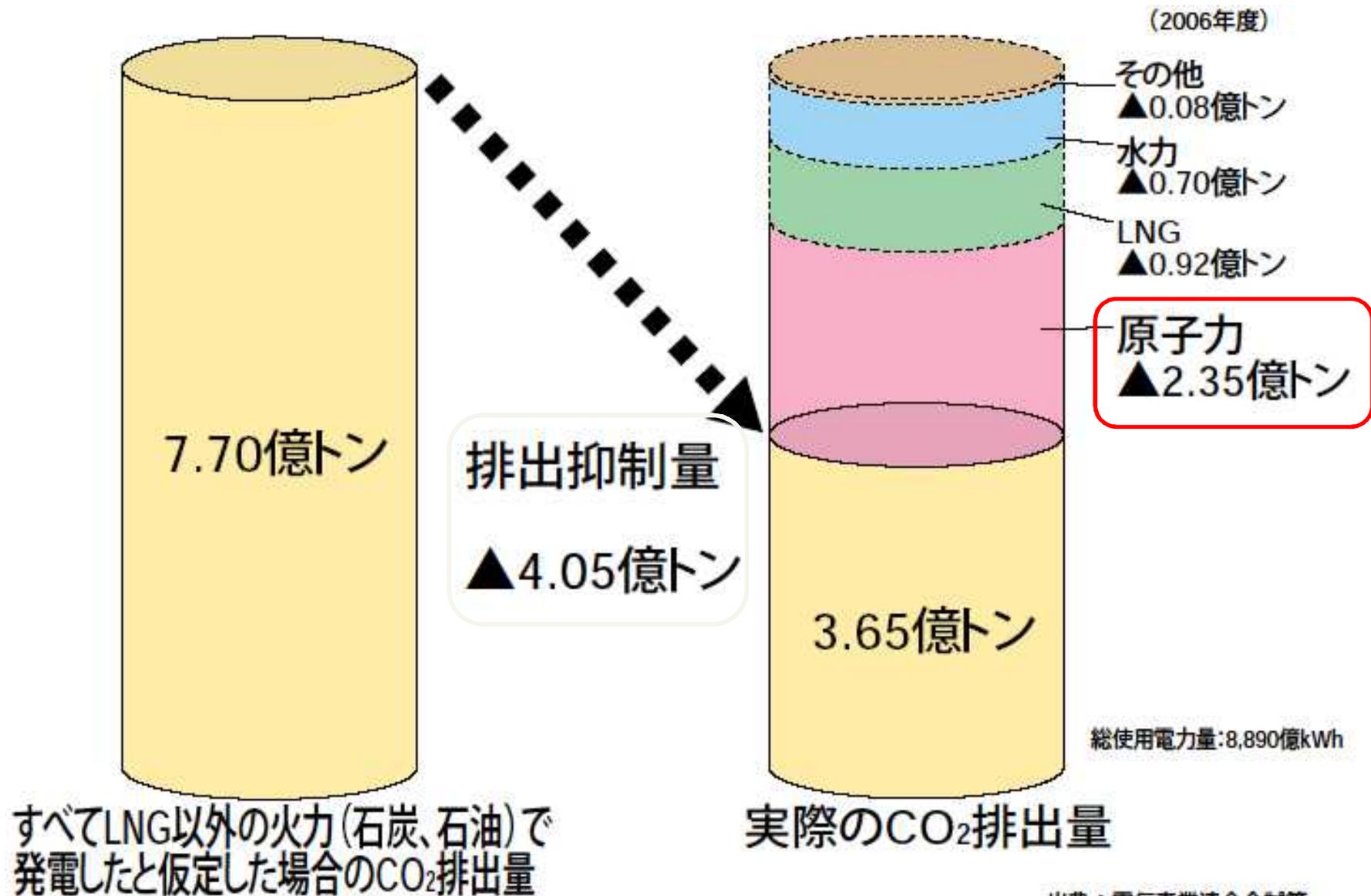


# 主要国の電源別発電電力量の構成比

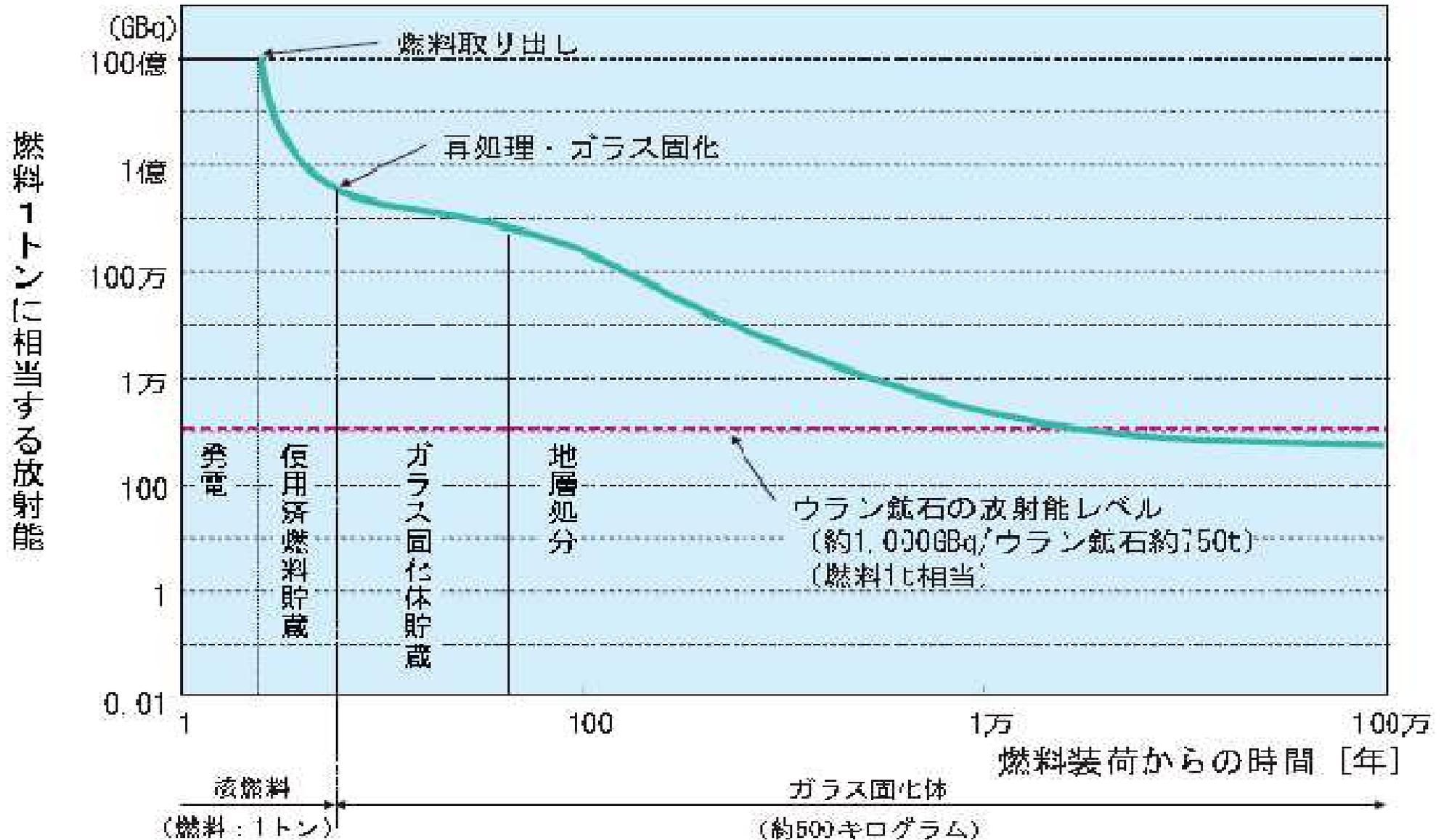


新潟県中越沖地震の影響で減少

# 非化石エネルギー等の利用によるCO<sub>2</sub>排出抑制効果



# 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処分地の選定プロセス

