

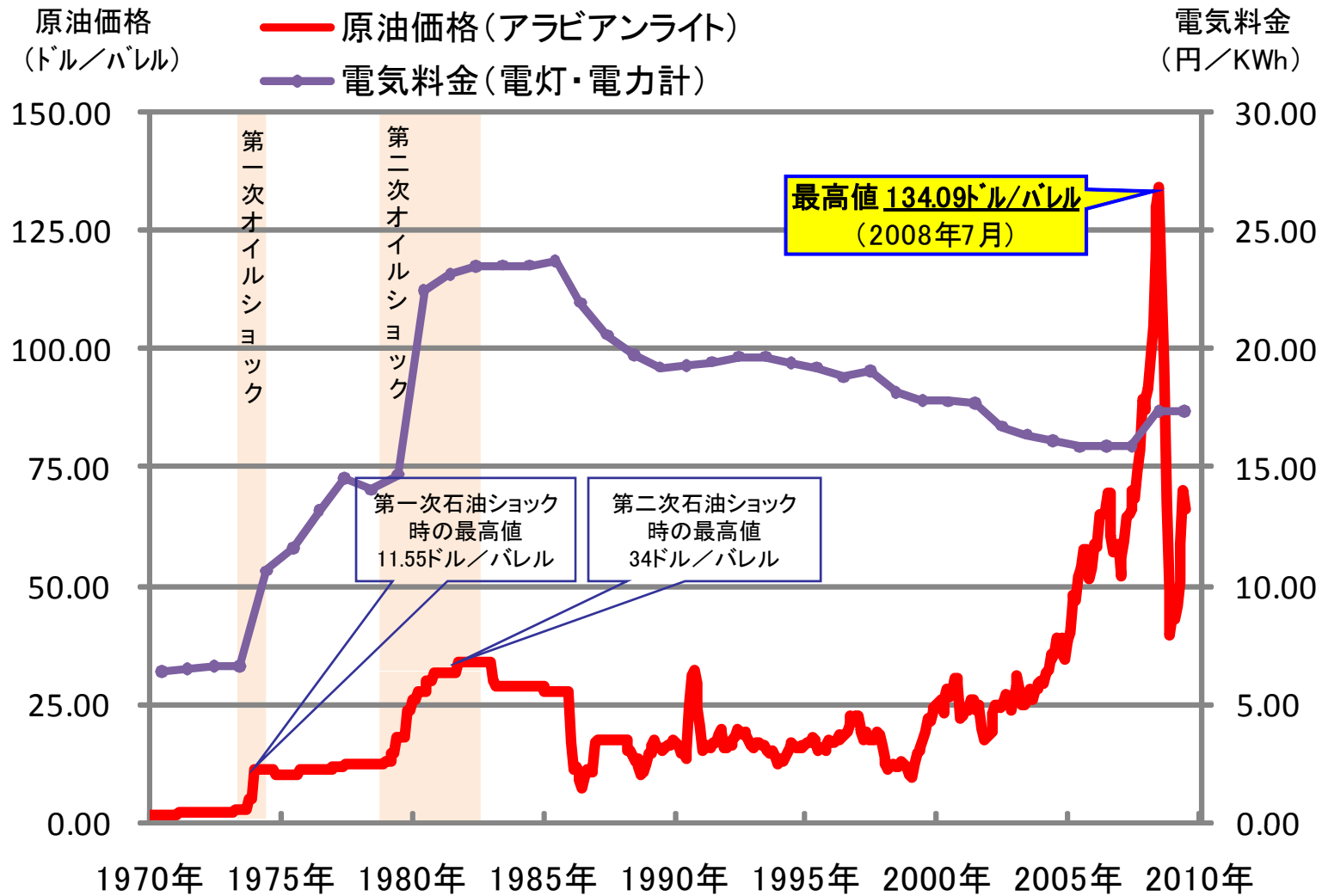
# プルサーマルのエネルギー政策上の 必要性について

資源エネルギー庁

平成22年1月

# 原油価格と電気料金の推移

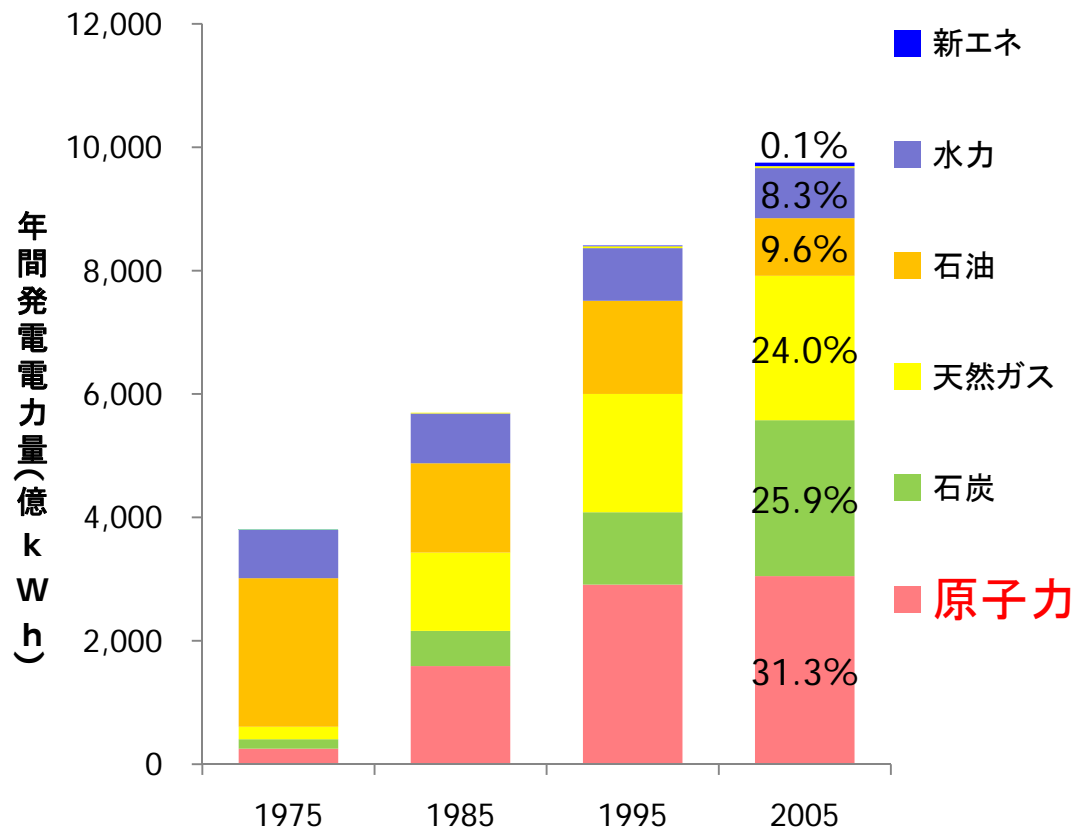
○急激な原油価格高騰にもかかわらず電気料金は安定



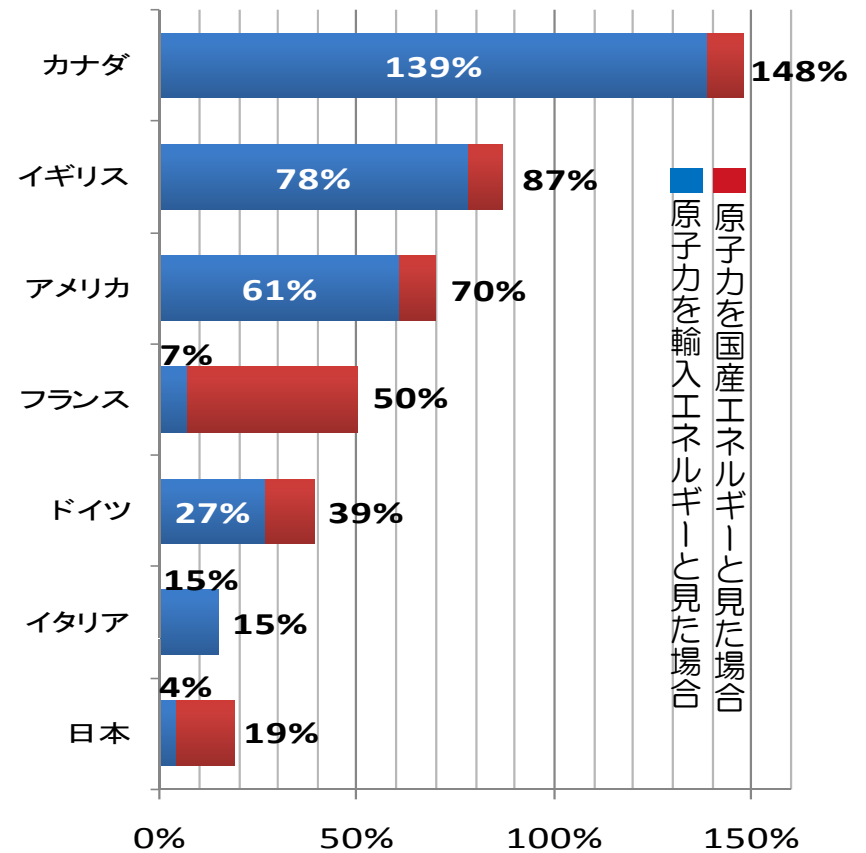
# エネルギー安全保障と原子力

- 日本のエネルギー自給率は主要国中最低。
- オイルショック以降、準国産の石油代替エネルギーとして、原子力発電を推進。

## 電源別発電電力量



## 各国のエネルギー自給率の比較



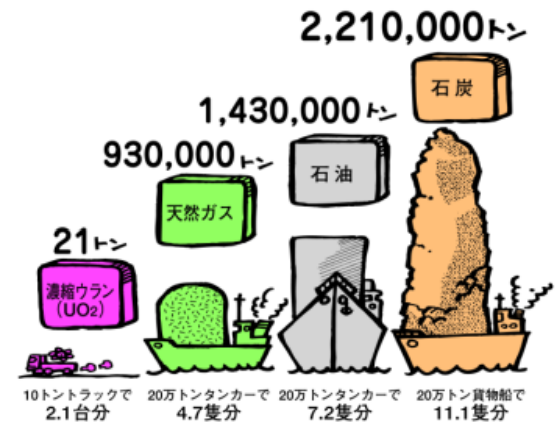
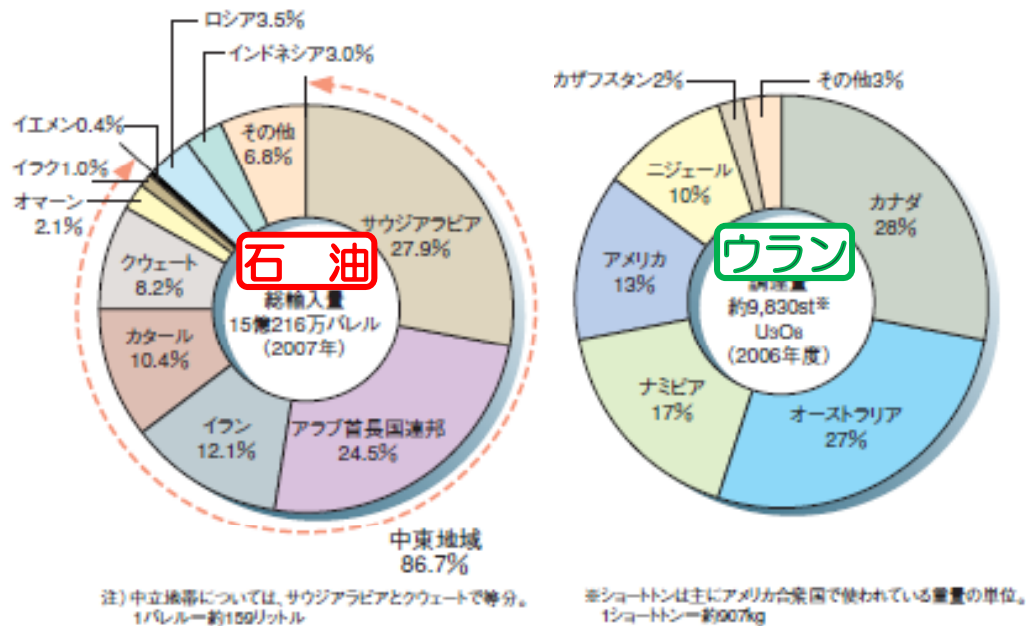
出典：IEA作成資料（05年度データ）

# 原子力の必要性 その1：安定供給の確保

- 原料のウランは輸入先が政治的に安定、複数の地域に分散。
  - エネルギー密度が非常に高い、燃料価格の変動に影響されにくい。
- 資源確保の観点から供給安定性に優れる

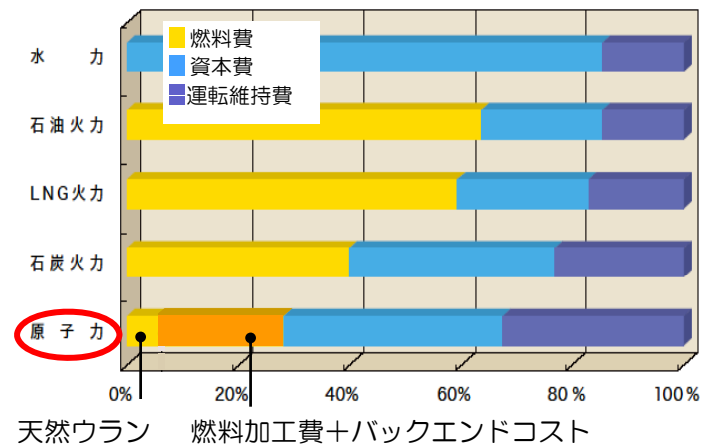
100万kWの発電所を1年間運転するために必要な燃料

【日本のエネルギー資源の国別輸入比率】



出典：資源エネルギー庁「原子力2005」

電源別発電コスト構成比 (モデル試算)

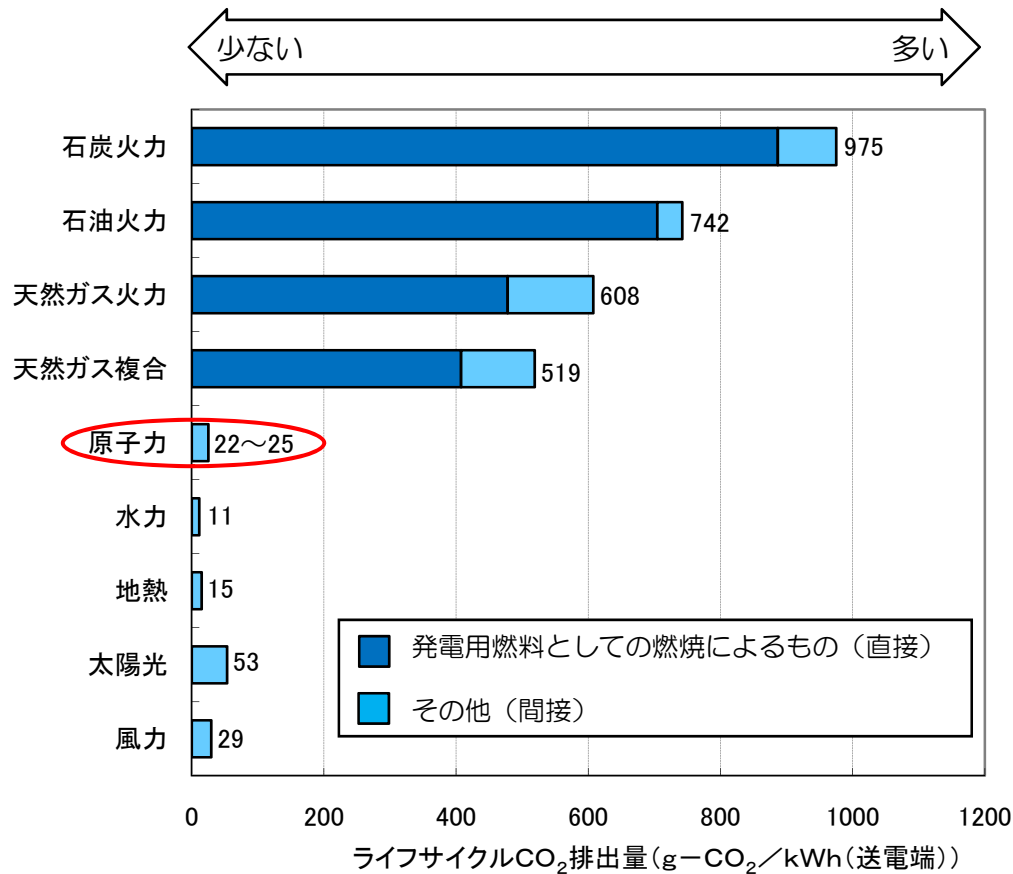


出典：経済産業省「資源エネルギー統計」、  
財務省「日本貿易月報」、電気事業連合会

## 原子力の必要性 その2：環境への適合

- **原子力は発電の際、CO<sub>2</sub>を排出しない**。発電所の建設、燃料の輸送などを含めたライフサイクル全体で見ても排出量は微々たるもの。
- **地球温暖化対策の切り札**。

各種電源の発電量当たりの温室効果ガス排出量(CO<sub>2</sub>換算)



出典：電力中央研究所

CO<sub>2</sub>排出削減効果【例】

- 平均的な火力発電所が135万kWの原子力発電所1基に置き換わることにより、年間約600万トンのCO<sub>2</sub>の削減が可能。
- 600万トンのCO<sub>2</sub>は、1990年における我が国のCO<sub>2</sub>排出量(12億3700万トン)の0.5%に相当。



## 新エネルギーへの代替可能性

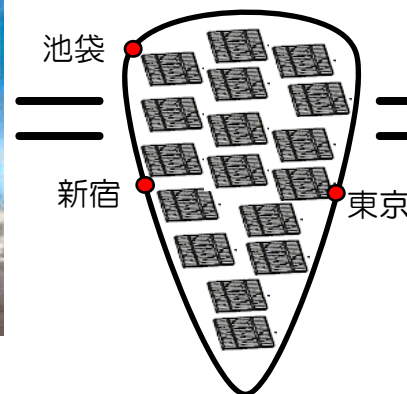
- CO2の排出削減には、太陽光や風力など新エネルギーの導入も非常に有効な手段。経済産業省では、RPS法の運用、技術開発や普及支援などにより、新エネルギー導入も推進
- 導入量最近の5年間(2002年→2007年)で、太陽光発電は3倍、風力発電は3.6倍。
- 平成21年7月に「エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律」が成立。これに基づき、「太陽光発電の新たな買取制度」を昨年11月から開始。
- ただし、現時点では新エネルギーは供給安定性(雨の日や風の吹かない日は発電しない)や経済性などの課題が存在。

### 各種発電の比較

原子力発電所一基  
100万kW級  
(2800億円)

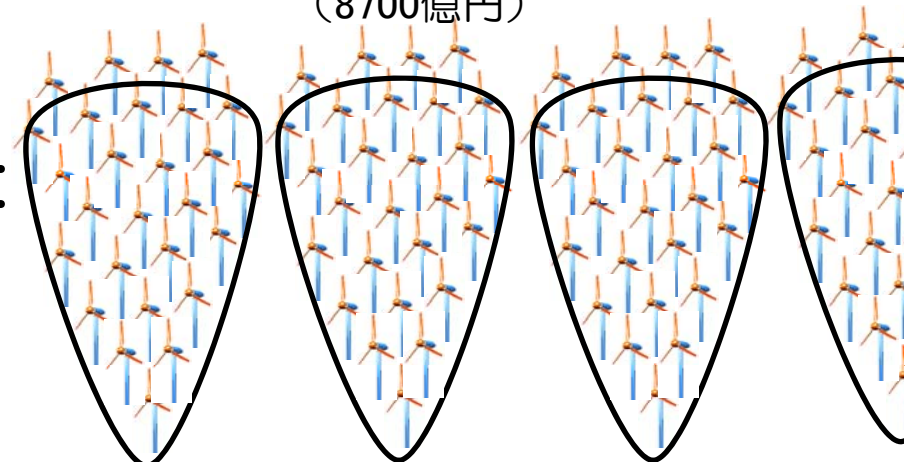


太陽光発電  
山手線のほぼ一杯の面積 (約58km<sup>2</sup>)  
(3.9兆円)



風力発電

山手線の3.4倍の面積 (約214km<sup>2</sup>)  
(8700億円)



※現状では、太陽光発電や風力発電のような自然エネルギーを利用したシステムは、出力が変動しやすくバックアップ電源等が不可欠。

# 世界で広がる原子力の再評価と導入・拡大の動き ～ 原子カルネサンス

## 欧州各国は「脱原子力」から原子力回帰へ

- イギリス、イタリア、スウェーデンなど
- ・チェルノブイリ事故(86年)以降原子力に否定的  
→ 原子力発電所の新規建設へ方針転換

## 中印等は大規模導入を計画

- 中国、インド、ロシア  
(現在:中国 11基・約900万kW  
インド 17基・約400万kW  
ロシア 31基・約2200万kW)  
→ 各国20基～40基程度の新設計画

## 米国は30年振りの新規建設へ

- アメリカ:  
(現在:104基・約1億kW)
- ・1970年代を最後に、新規原子力発電所建設なし  
→ 30年ぶりに新規建設へ  
約30基の新規建設計画

●日本:53基・約4800万kW

## 新規導入を計画する国が急増

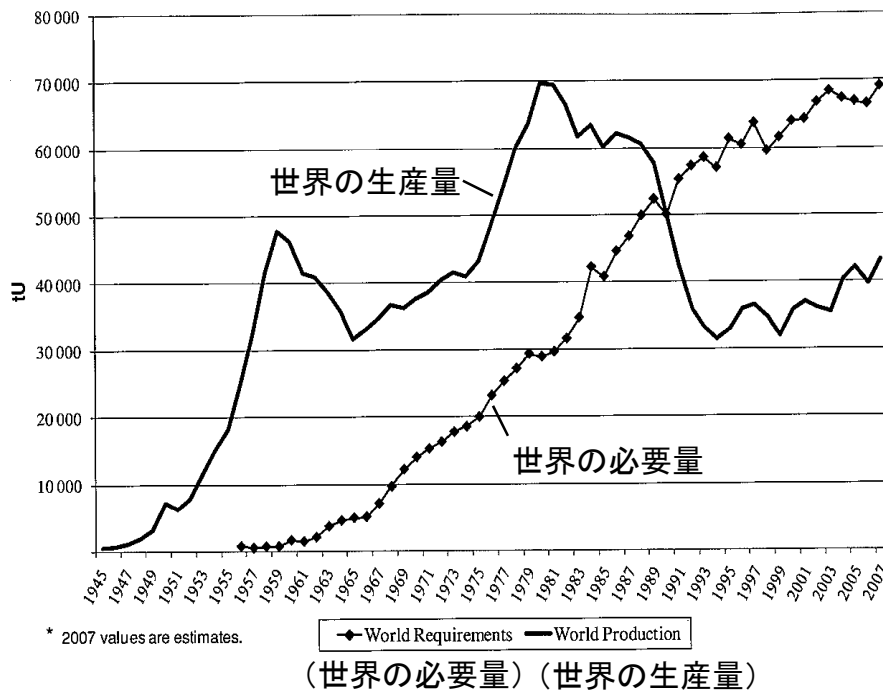
- 特に、中東や東南アジアで具体的な計画が進展  
(UAEやベトナム等が先行)

原子力発電所の新規導入検討・予定国及び地域  
原子力発電所の既導入国及び地域

## ウラン資源の必要量、価格の推移

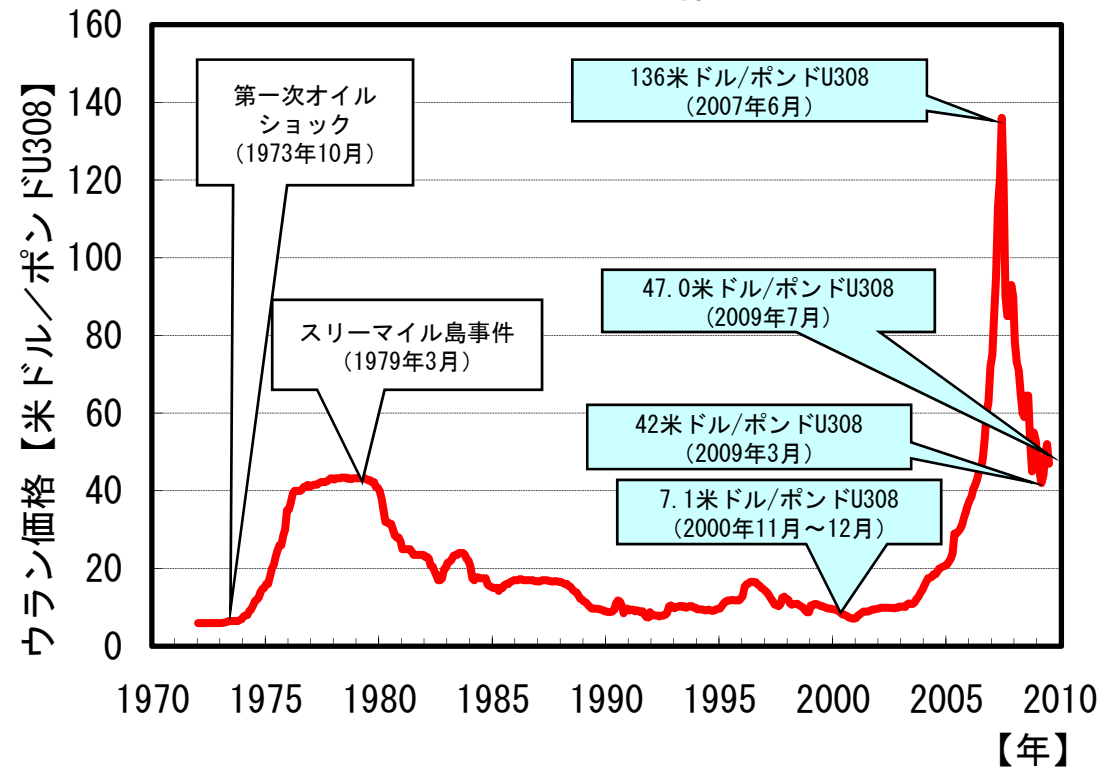
- ウランの可採年数はあと100年。これまで、世界のウラン必要量は年々上昇。
- 原子炉の新規建設に向けた動きが見られるなか、世界的なウラン獲得競争が激化。ウラン価格は、近年高水準。

### 世界のウラン生産量と必要量



【出典：Uranium 2007, OECD, 2008】

### ウラン価格の推移



【出典】The Ux Consulting Company,LLC のスポット価格



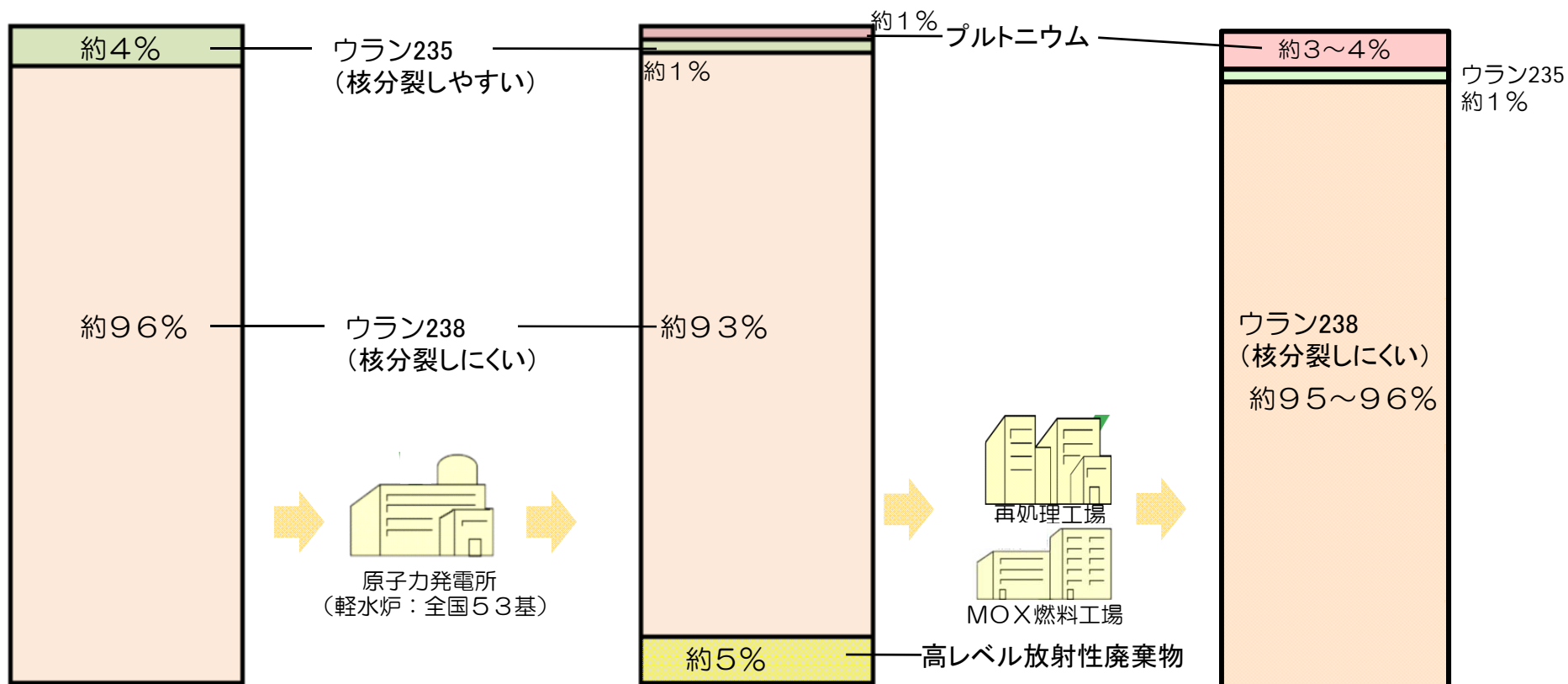
# プルサーマルとは

- 原子力発電所で使用した使用済燃料中には、有用成分（プルトニウム、ウラン）が含まれている。
- 有用成分のうち、プルトニウムを分離・抽出・加工し、再度、原子力発電所（軽水炉）で利用することをプルサーマルという。

使用前のウラン燃料の構成（例）

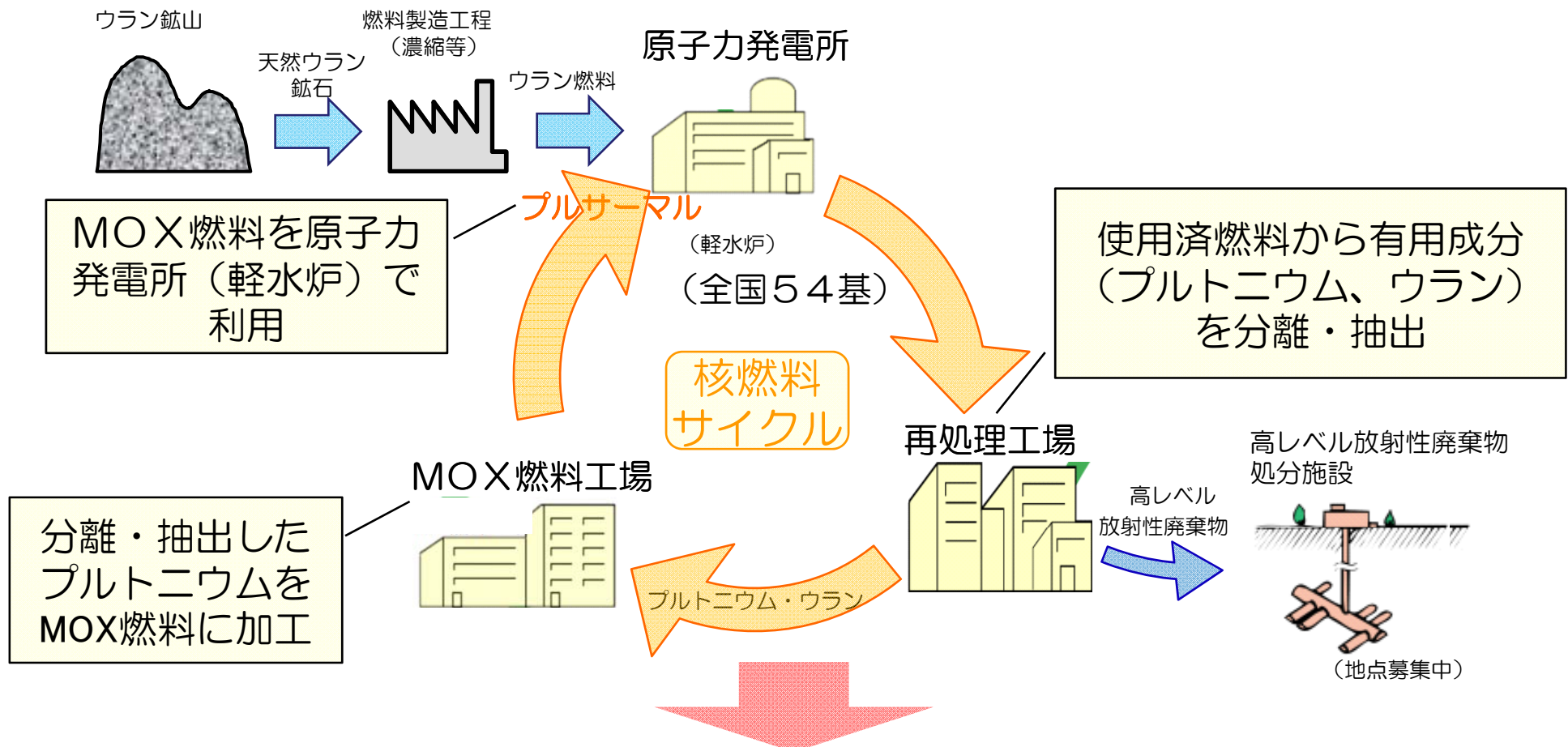
使用後のウラン燃料の構成（例）

MOX燃料の構成（例）



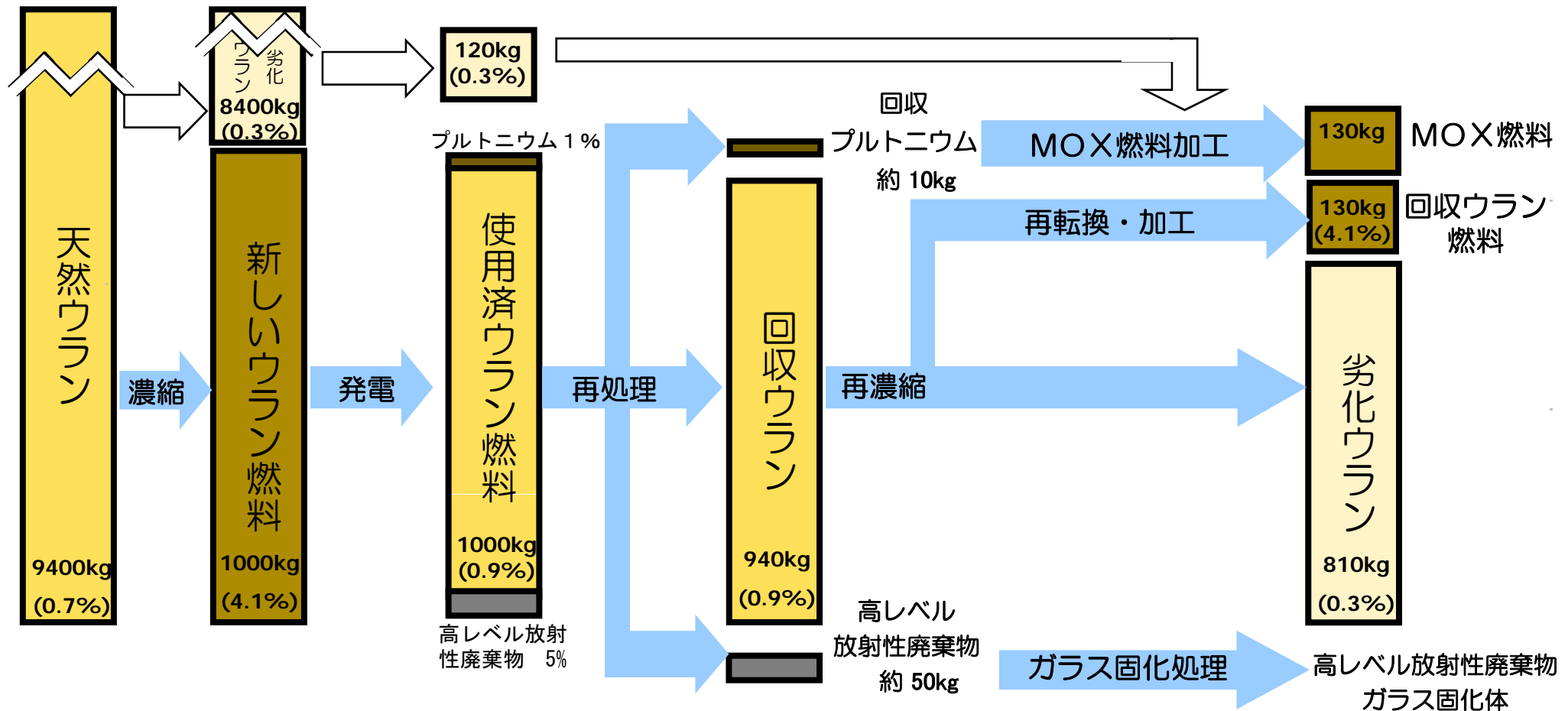
# 核燃料サイクルとは

- 使用済核燃料をリサイクル（再利用）するための一連の仕組みを核燃料サイクルという。
- 現在「軽水炉サイクル」の関連諸施設を整備中。将来的には「高速増殖炉サイクル」へ移行する方針。



# プルサーマルの必要性 その1：エネルギーの安定供給

- 1000kgの使用済燃料を再処理すると、
  - ⇒ 約130kgのMOX燃料(プルサーマル利用)と約130kgの回収ウラン燃料(ウラン燃料利用)を再生でき、**1~2割のウラン資源節約効果がある。**
- 準国産エネルギーとしてエネルギー自給率の向上に寄与。



( )内の%は、燃えやすいウラン(ウラン235)の割合

## プルサーマルの必要性 その2：環境適合性

### －高レベル放射性廃棄物の種類と年間発生量

○高レベル放射性廃棄物の体積が1/3～1/4に低減。

⇒高レベル放射性廃棄物処分場の規模を低減でき、環境適合性に優れる。

	再処理 (ガラス固化体)	直接処分 (使用済みウラン燃料)
体 積	約1,400m <sup>3</sup>	約3,800m <sup>3</sup> ※1 約5,200m <sup>3</sup> ※2
処分に要する面積 ※3	約14万 m <sup>2</sup>	約21万 m <sup>2</sup> ※1 約25万 m <sup>2</sup> ※2

(2021年頃までに原子力発電所で発生する使用済燃料を全量再処理した場合に発生するガラス固化体を4万本と想定)

※1: 1キャニスタ当りの使用済燃料4体のケース

※2: 1キャニスタ当りの使用済燃料2体のケース

※3: 軟岩のケース

【原子力委員会第9回新計画策定会議資料第8号のデータをもとに作成】

## プルサーマルの必要性 その3：経済性

### (核燃料サイクルの経済性)

- 直接処分の方が再処理するよりも発電コストは1割程度安価。
  - リサイクルによるコストは約0.5～0.7円/kWhとなるが、これを一世帯あたりの年間負担額に換算すると、年間約600～840円の負担となり、年間電気代の1%程度。
- 【参考】<他のリサイクル費用(1台あたり)の例>
- 自動車約13,000円、エアコン3,675円、テレビ2,875円、冷蔵庫2,520円

(単位:円/kWh)

	全量再処理	全量直接処分
発電コスト	約5.2	約4.5～4.7
燃料サイクルコスト	約1.6	約0.9～1.1
うち ①フロントエンド	0.63	0.61
うち ②バックエンド	0.93	0.32～0.46

出典:原子力委員会 第13回新計画策定会議 参考資料1より抜粋

## 国の方針「原子力政策大綱」決定に至る議論（H16年6月～H17年9月）

- 全て公開のもと、再処理以外の選択肢もタブー視せず議論が行われ、「4つの選択肢」を、「10項目の視点」で評価。

### 【4つの選択肢】

- ① **全量再処理**（現行の政策の考え方） → 核燃料サイクル
- ② **部分再処理**（六ヶ所再処理工場の能力を超える使用済燃料については中間貯蔵後直接処分）
- ③ **全量直接処分** → ワンスルー
- ④ **当面貯蔵**（当面、中間貯蔵※し、その後直接処分か再処理かを決定） ※40～50年

### 【10項目の評価の視点】

- ① **安全の確保**（いずれも可能）
- ② **エネルギーの安定供給**  
（再処理に資源節約効果あり）
- ③ **環境適合性**  
（再処理により放射性廃棄物の有害度を低減）
- ④ **経済性**（再処理は1割程度高い）
- ⑤ **核不拡散性**（有意な差はない）
- ⑥ **技術的成立性**（直接処分は技術的知見の蓄積が不足）
- ⑦ **社会的受容性**（直接処分は最終処分場の受入が一層困難）
- ⑧ **選択肢の確保**（再処理は多様な展開が可能）
- ⑨ **政策変更するとした場合の課題**  
（政策変更には時間を要し、原発停止の可能性が高い）
- ⑩ **海外の動向**  
（発電規模が大きい国、エネルギー資源が乏しい国では再処理を選択する傾向）

○我が国における原子力発電の推進に当たっては、経済性の確保のみならず、循環型社会の追求、エネルギー安定供給、将来における不確実性への対応能力の確保等を総合的に勘案するべきである。（中略）我が国においては、（中略）使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム、ウラン等を有効利用することを基本的方針とする。

○基本的方針を踏まえ、当面、プルサーマルを着実に推進することとする。

（平成17年10月閣議決定「原子力政策大綱」より抜粋）

## 原子力に関する政府決定等

### 原子力立国計画（平成18年8月）

- 原発の新・増設実現、核燃料サイクルの推進と関連産業の戦略的強化、高速増殖炉（FBR）サイクルの早期実用化、放射性廃棄物対策の強化、等の具体的アクションを策定。

### 低炭素社会づくり行動計画（平成20年7月閣議決定）

- 2020年を目途に原子力等の「ゼロ・エミッション電源」の割合を50%以上とする。
- 原子力発電は、低炭素エネルギーの中核として、地球温暖化対策を進める上で極めて重要な位置を占める。
- 原子力等の「ゼロ・エミッション電源」の割合を50%以上とする中で、原子力発電の比率を相当程度増加させることを目指す。

### 原子力発電推進強化策（平成21年6月、経済産業省策定）

- 原子力発電の活用なくして、エネルギー安定供給、地球温暖化問題への対応は不可能。
- 温室効果ガス排出削減の中期目標達成には、2020年時点で原子力発電比率40%程度とすることが必要。
- 原子力発電の更なる推進に向けて、経済産業省として、関係機関と協力・連携し、既設炉の高度利用、新增設・リプレースの円滑化、核燃料サイクルの推進等の取組を推進。
- もとより、原子力発電の推進は安全確保が大前提。原子力安全・保安院において必要な取組を実施。

### 直嶋経済産業大臣

- 原子力発電はエネルギーセキュリティと温暖化対策のかなめです。発電時にCO<sub>2</sub>を出さないという優れた特性に着目し、安全の確保を大前提として原子力発電及び核燃料サイクルを引き続き着実に推進してまいります。(H21.11.10、11.18 衆・参所信表明演説)
- 地球温暖化対策を進めていく(略)中で、原子力発電はやはり重要な役割を担うという風に思っております。従いまして、申し上げるまでもないことですが、安全性の確保には最大限留意をするということですが、原子力発電は推進をしてまいりたいという風に思っております。(H21.11.5 衆・予算委員会)

### 鳩山内閣総理大臣

- (略)我が国が唯一の被爆国であるということ、さらに原子力に対する国民の皆様方の中にもやや懸念を持っておられる感情など様々な思いがあることも十分認識をしております。したがって、安全性の確認、確保、このことをくどうですが申し上げて、安全性を更に高めていくという前提の下で、原子力発電の結果発生する使用済燃料の効率的な利用あるいは放射性廃棄物処分の推進のためにプルサーマル計画を含む核燃料サイクル政策も推進をしてまいりたいと考えております。(H21.10.30 参・本会議)



## 途上国支援に関する「鳩山イニシアティブ」

[2009年12月16日、COP15において表明](抜粋)

- また、緩和の分野においては、民間企業の意欲を高めるような仕組みを新たに提案していくことによって、省エネ機器・設備から原子力発電等のインフラ・システム分野に至るまで、幅広い分野で日本の先進技術の世界への普及を促進し、支援をより充実させることを目指す。

## 新成長戦略(基本方針)～輝きのある日本へ～

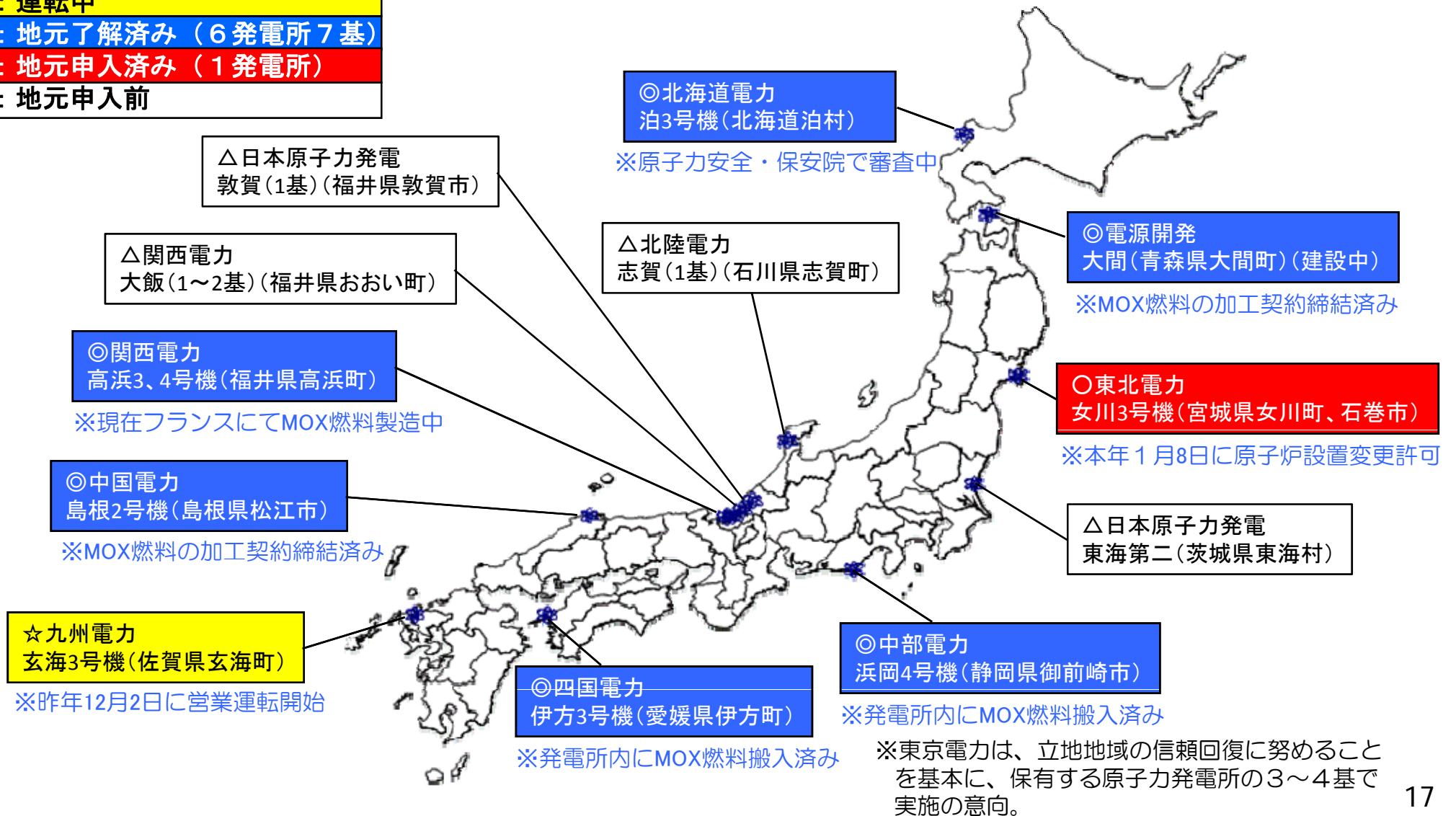
[2009年12月30日、閣議決定](抜粋)

- 電力の固定価格買取制度の拡充等による再生可能エネルギー(太陽光、風力、小水力、バイオマス、地熱等)の普及拡大支援策や、低炭素投融資の促進、情報通信技術の活用等を通じて日本の経済社会を低炭素型に革新する。安全を第一として、国民の理解と信頼を得ながら、原子力利用について着実に取り組む。

# プルサーマルの進捗状況

○電気事業者は、遅くとも2015年度までに、全国の原子力発電所のうち16～18基でプルサーマル導入を計画。

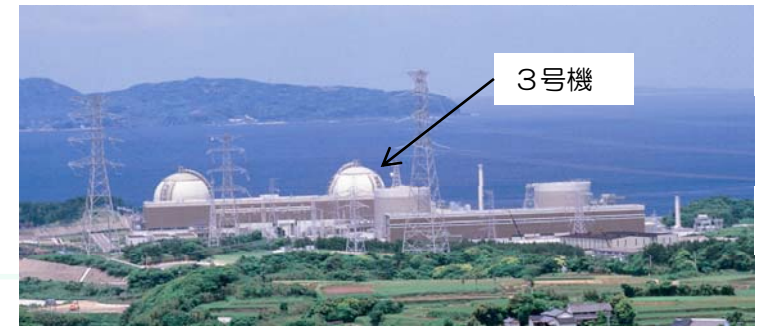
- ☆：運転中
- ◎：地元了解済み（6発電所7基）
- ：地元申入済み（1発電所）
- △：地元申入前



## 九州電力玄海原子力発電所3号機のプルサーマル計画の状況

- 九州電力玄海原発3号機では平成21年8月末からの定期検査で、MOX燃料を装荷。
- 平成21年12月2日から通常運転中。

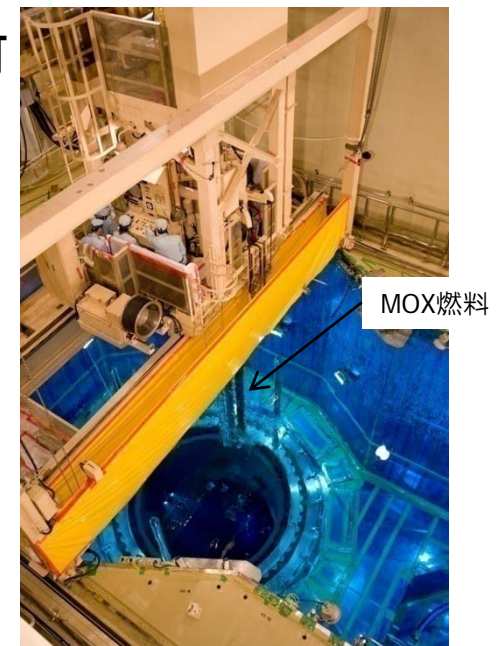
○玄海原子力発電所3号機  
(PWR/118.0万kW/平成6年運転開始)  
所在地：佐賀県東松浦郡玄海町



玄海原子力発電所

### ▼玄海3号機プルサーマル計画に関する主な経緯

- 平成17年9月 経産省がプルサーマルに関する原子炉設置変更を許可
- 平成18年3月 佐賀県及び玄海町が事前了解
- 平成19年10月～平成20年7月 MOX燃料製造（仏メロックス社）
- 平成21年3月～5月 MOX燃料海上輸送
- 7月 MOXに係る輸入燃料体検査合格、工事計画認可
- 10月18日 MOX燃料装荷完了
- 11月5日 原子炉再起動、臨界
- 11月9日 発電再開
- 11月13日 定格電気出力到達
- 11月14日 定格熱出力到達
- 12月2日 通常運転復帰



MOX燃料の装荷

## 六ヶ所再処理工場

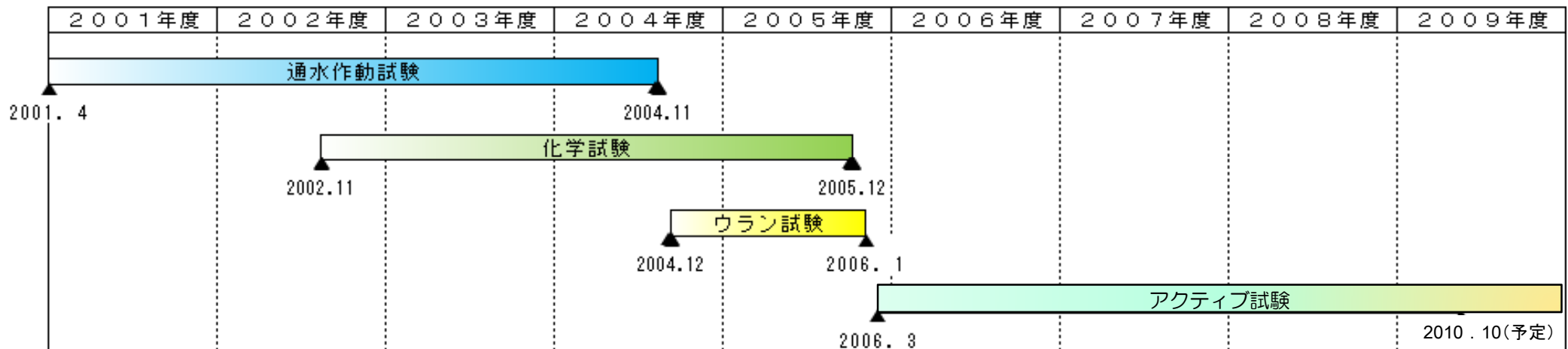
- 原子力発電所の使用済燃料を再処理し、プルトニウム・ウランを抽出するとともに高レベル放射性廃液をガラス固化体にする施設。我が国核燃料サイクル事業のかなめ。
- 工事進捗率(2009年12月末現在):約99%。現在、試験の最終段階。

2006年3月: アクティブ試験(実際の使用済燃料を用いた試験)開始

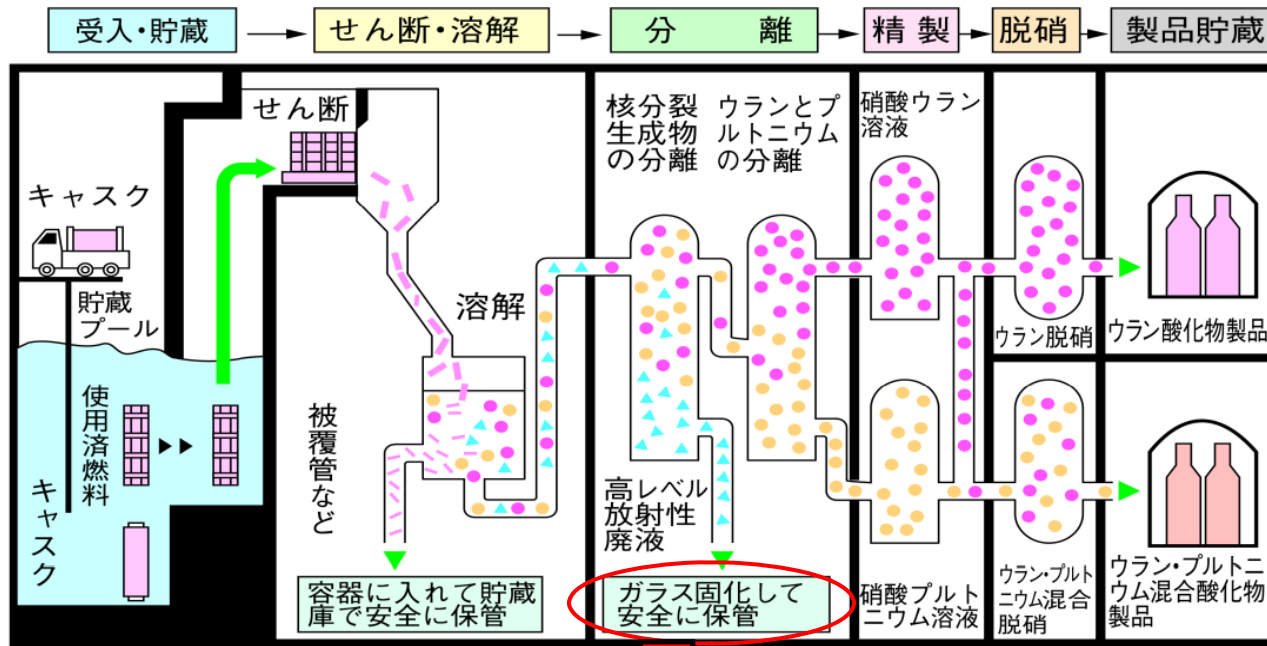
2008年2月: アクティブ試験第5ステップ(最終段階)開始

● アクティブ試験第4ステップまでは順調に終了

● 現在、最終段階であるアクティブ試験第5ステップを実施中。  
使用済燃料からプルトニウム・ウランを抽出する工程等は順調に完了したが、高レベル放射性廃液をガラス固化する工程で運転方法の調整等、試験に時間を要しているところ。



# 六ヶ所再処理工場 ガラス溶融炉でのトラブルについて

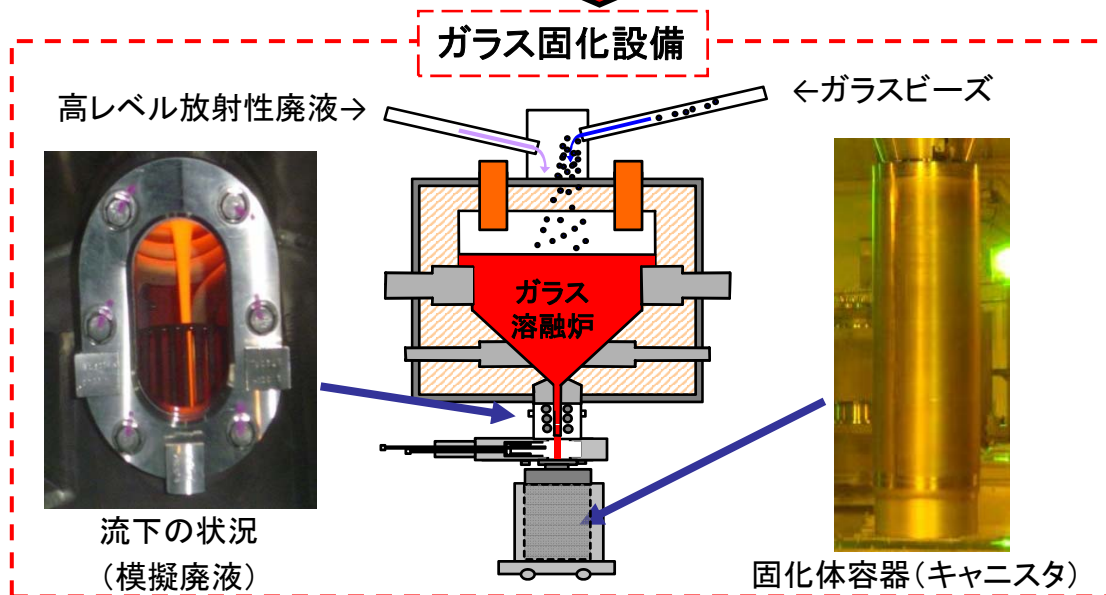


## ○起きている事象

- ・ 溶融炉内に金属が堆積したことによる溶融ガラスの流下性の低下
- ・ 溶融炉内のレンガの一部が脱落
- ・ 廃液がセル内に漏えいし、その酸により機器に影響等

## ○試験再開に向けた作業

- ・ 酸により汚染された機器の洗浄 (完了)
- ・ 溶融炉の加熱に向けた機器の点検 (実施中)
- ・ 実規模ガラス溶融炉模擬装置等を活用した運転データの取得 (実施中)
- ・ 脱落したレンガの回収
- ・ 溶融炉内に堆積している金属の除去等



## 六ヶ所MOX燃料加工事業

- 「事業者には、プルサーマルを計画的かつ着実に推進し、六ヶ所再処理工場の運転と歩調を合わせ、国内のMOX燃料加工事業の整備を進めることを期待する。」(原子力政策大綱)
- 再処理工場において使用済燃料から回収される有用資源であるプルトニウム等を、プルサーマルで使用するMOX燃料に加工する工場であり、我が国における核燃料サイクルの確立に不可欠。

工事計画            ○着工：平成22年5月  
                         ○竣工：平成27年6月

### 平成21年12月にMOX燃料加工施設核燃料物質加工事業許可申請書の一部補正

(主な補正内容)

- ・ 着工時期を変更 (平成21年11月→平成22年5月)  
※しゅん工時期については変更なし
- ・ 敷地周辺調査海域における地層年代等の評価精度の向上に伴う、記載の充実・適正化
- ・ 設計の詳細化による部屋配置図の一部修正



# 高速増殖原型炉「もんじゅ」

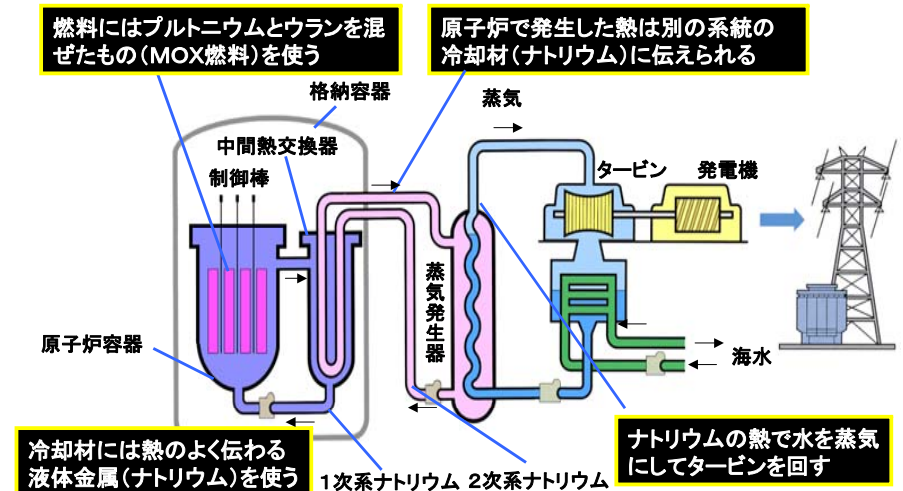
## ○施設概要

- 特 徴**：プルトニウムとウランを燃料とし、燃えた以上の燃料を生産  
我が国初の発電する研究開発段階の高速増殖炉  
(建設費約6千億円、うち民間出資約1千億円)
- 場 所**：福井県敦賀市
- 電気出力**：28万kW (一般の原子力発電所は約100万kW)
- 位置付け**：実験炉と実用炉をつなぐ中間段階のもので、高速増殖炉の実用化のため開発が必要不可欠な原子炉
- 実施主体**：(独) 日本原子力研究開発機構



## ○経緯と現状

- |           |                                    |
|-----------|------------------------------------|
| 昭和58年 5月  | 国による原子炉設置許可                        |
| 平成 7年12月  | ナトリウム漏洩事故<br>(以来、約14年間停止中)         |
| 平成17年 9月  | 改造工事着手(平成19年5月完了)                  |
| 平成18年12月  | 工事確認試験開始(平成19年8月完了)                |
| 平成19年 8月  | プラント確認試験開始                         |
| 平成20年 3月  | 原子力安全・保安院に耐震安全性評価を報告               |
| <b>現在</b> | <b>機構は、本年度内の運転再開を目指し、引き続き点検を実施</b> |



## 使用済MOX燃料の処理方法について

- 現在試験運転中の六ヶ所再処理工場においては、使用済MOX燃料を再処理の対象としていないが、使用済MOX燃料の再処理は国内外で実績があり、使用済ウラン燃料の再処理の方法と大きな違いはない。
- 日本原子力研究開発機構東海再処理工場では、「ふげん」で**使用した29トンの使用済MOX燃料の再処理を行っており**、また、フランスでは、研究施設及び商業再処理施設において、使用済MOX燃料の再処理が、以下のとおり行われている。

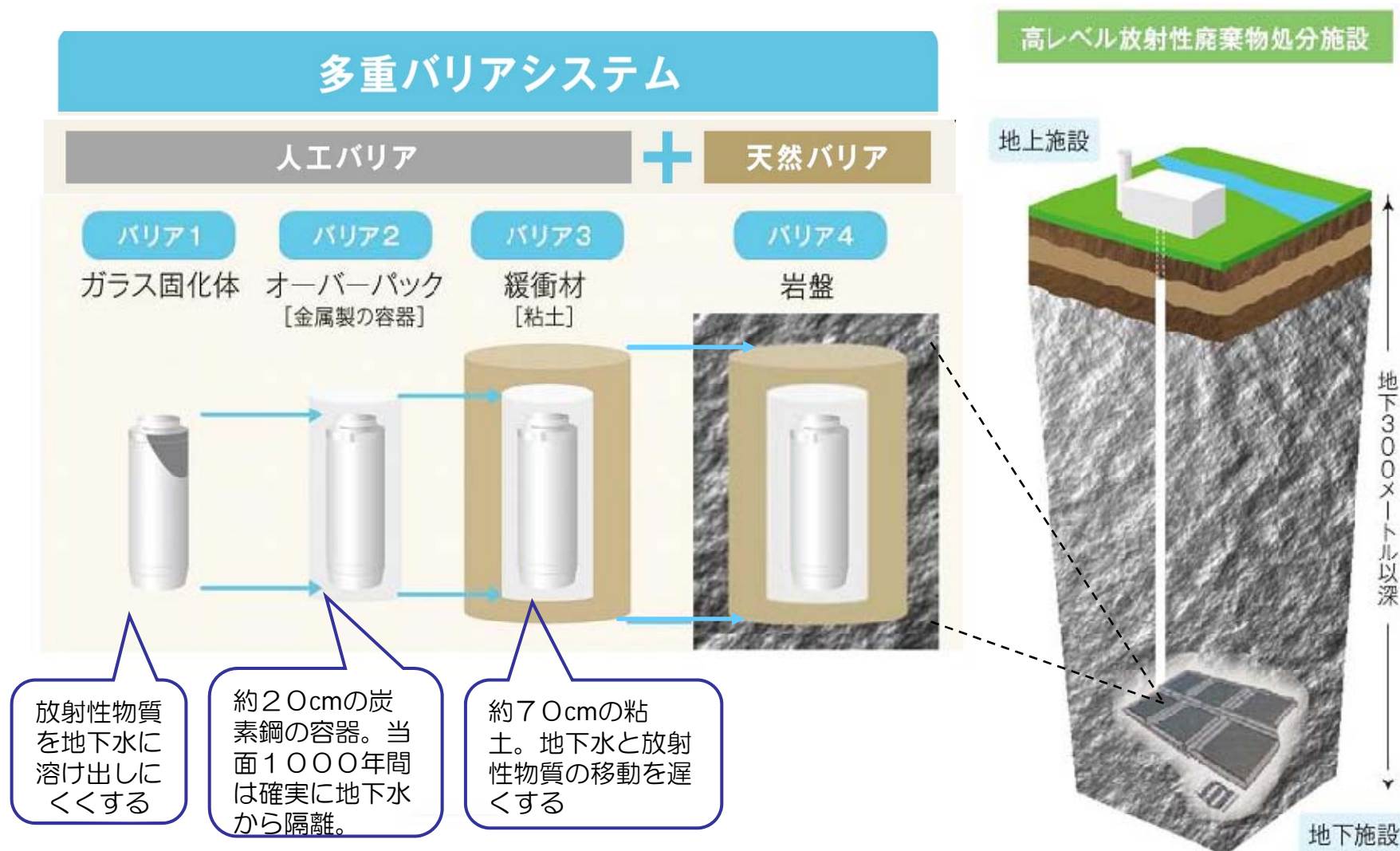
### 【フランスにおける使用済MOX燃料再処理の実績】

実施年	再処理施設	原子力発電所名	処理量 (tHM)
1992年	the Marcoule pilot facility	German KKG PWR(ドイツ)	2. 1トン
1992年	ラ・アーグ UP2-400	German PWRs KWO, GKN and KGU(ドイツ)	4. 6トン
1998年	ラ・アーグ UP2-400	the Chooz-A PWR(CAN)(フランス)	4. 9トン
2004年	ラ・アーグ UP2-400	Grafenreinfeld(ドイツ)	10. 0トン
2006年	ラ・アーグ UP2-400	Grafenreinfeld, Grohnde(ドイツ)	16. 5トン



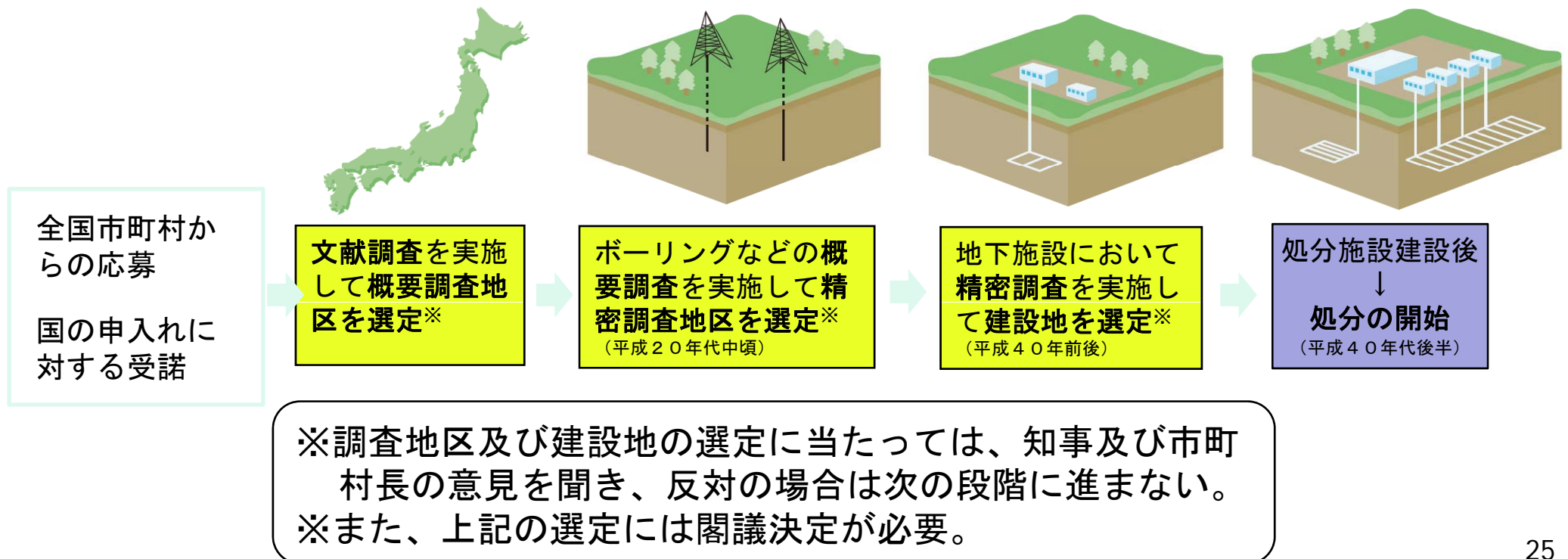
## 高レベル放射性廃棄物処分事業（処分の概念図）

- 地下深くの安定した地層（天然バリア）に、複数の人工障壁（人工バリア）を組み合わせることにより、放射性物質を閉じ込め、人間の生活環境への影響を十分小さくすることで安全を確保。



## 高レベル放射性廃棄物処分事業（処分地域の選定について）

- 平成12年に最終処分法が成立し、処分事業実施主体であるNUMO（原子力発電環境整備機構）が設立。
- 文献調査に応募したものの、その後撤回した高知県東洋町を始め、処分事業に関心を持つ地域は現れているが、文献調査を開始するまでには至っていない。
- このため、NUMOや電気事業者と連携しながら、国が前面に立った取組として、国による文献調査の実施申入れ方式の追加の他、全都道府県での説明会の開催、処分地域と共生する地域振興プランの提示などの取組を強化。



## まとめ

- 原子力発電は、エネルギー安定供給、地球温暖化防止に優れた電源です。
- プルサーマルを含む核燃料サイクルは、原子力による長期のエネルギー供給を可能にするためのウラン資源のリサイクルであり、
  - ①資源の節約により原子力の持つ電力の供給安定性のメリットを一層増すことができる
  - ②廃棄物の量を減らし、有害度も低くすることができることから、2015年度までに全国で実施することを目指します。
- プルサーマルを含む核燃料サイクルを推進する方針は、それ以外の選択肢も含め、全て公開の下で長所短所を慎重に検討した結果、その妥当性が確認されたものです。
- プルサーマルを含め、核燃料サイクルは一步一步前進しています。今後とも、国としてしっかり推進していきますので、宮城県においても、御理解・御協力をいただきたいと考えています。