



核燃料サイクルを巡る現状について

平成23年2月21日
内閣府 原子力政策担当室



議論すべき点(第2回策定会議資料1号抜粋)

○ 核燃料サイクルの意義

* 軽水炉サイクル

○ 軽水炉サイクルに係る取組の進め方

- ー使用済燃料の中間貯蔵、サイト内貯蔵
- ー使用済MOX燃料の処理の方策 等

* 高速増殖炉サイクル

○ 高速増殖原型炉「もんじゅ」の今後の見通し

○ 高速増殖炉の実用化に向けたプラン(FaCTプロジェクトの進め方) 等

* 放射性廃棄物の処理・処分

○ 放射性廃棄物処分の取組に係る国のガバナンス

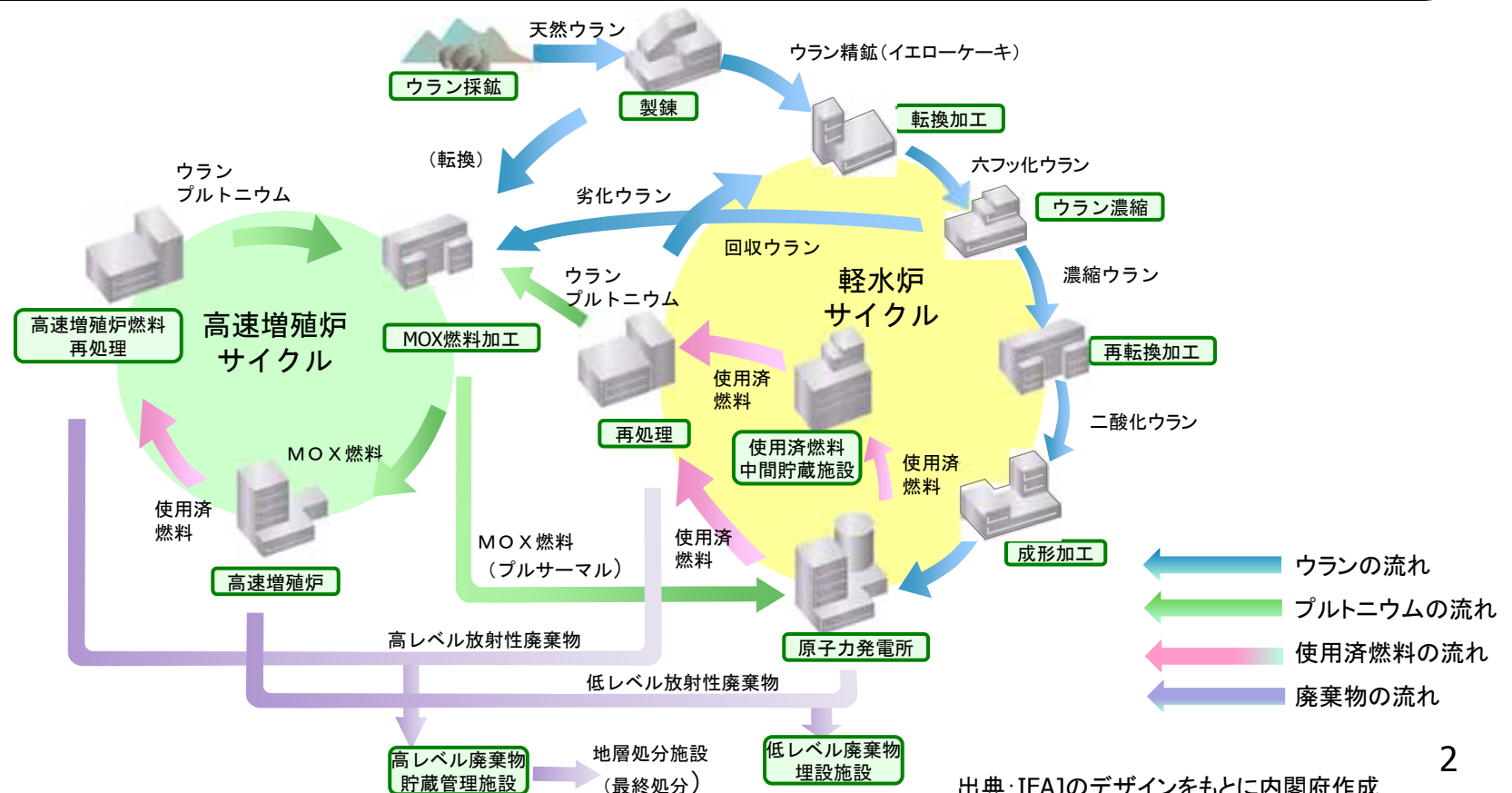
○ 国、地方自治体、事業者等の役割分担、責任分担

○ 高レベル放射性廃棄物処分場の立地プロセス

○ 余裕深度処分、ウラン廃棄物処分、研究施設等廃棄物処分の進め方 等

核燃料サイクルとは

- 我が国は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核燃料サイクルを指向している。
- ✓ 天然に産出するウランを燃料に加工して原子力発電所で利用し、エネルギーを取り出す。
- ✓ 使用済燃料は再処理施設で再処理し、有用な物質を取り出して再び原子力発電所で利用する。
- ✓ 将来はこの有用物質を高速増殖炉で使用し、その使用済燃料からさらに有用な物質を取り出して使用する。





資料の構成

- ・現行大綱策定時(2005年)の背景
- ・核燃料サイクルの基本的な考え方
 - ・現行の大綱を策定した際の議論
- ・現行大綱策定時(2005年)以降の状況変化
- ・各プロセスにおける現状と課題
 - ・ウラン資源の確保
 - ・転換加工
 - ・ウラン濃縮
 - ・再転換加工と成形加工
 - ・再処理
 - ・プルサーマル
 - ・MOX燃料加工
 - ・中間貯蔵
 - ・高速増殖炉サイクル
 - ・六ヶ所再処理工場に続く再処理工場
 - ・放射性廃棄物
 - ・不確実性への対応
- ・参考



現行の大綱策定時(2005年)の背景(1)

<フロントエンド>

- 国際的にウラン資源の確保競争が激しくなる可能性が指摘された
 - ・中国の原子力発電活動の進展による需要の増大
 - ・西欧諸国の濃縮ウラン在庫量の減少
 - ・解体された核兵器からの濃縮ウラン供給終了の見通し 等
- 転換加工(ウラン精鉱を気化しやすい形態に変換)については全量を海外に依存している
- ウラン濃縮については国内需要の大半を海外に依存している
 - ・国内においても事業化を推進してきており、青森県六ヶ所村でウラン濃縮工場が操業中
 - ・より経済性の高い遠心分離機を開発中
- 濃縮後の再転換加工事業者はウラン加工工場臨界事故(JCO事故:1999年9月)後、国内で1社のみ
- 成形加工(燃料体の製造)については、ほぼ全量を国産化



現行の大綱策定時(2005年)の背景(2)

<バックエンドとプルトニウム利用>

- 使用済燃料は海外に再処理を委託するとともに国内事業化
 - ・東海再処理施設を建設・運転して技術を習得し、六ヶ所再処理工場を建設中
 - ・六ヶ所再処理工場の2007年度の操業開始を目指して試運転が行われており、使用済燃料を用いた試験(アクティブ試験)に移行する段階
- プルサーマルの実施が遅れている状況
 - ・16基～18基の発電所で実施する計画だが、品質管理データ改ざん等の問題で計画の実現が遅延
- 高速増殖原型炉「もんじゅ」は1995年12月に発生したナトリウム漏えい事故の影響で性能試験中断中
 - ・ナトリウム漏えい対策等に係る改造工事を開始
- 高レベル放射性廃棄物のガラス固化体の地層処分の事業実施主体、資金確保制度及び処分地選定プロセス等を規定した法制度やそれに基づく事業主体が整備された
 - ・2000年から原子力環境整備促進・資金管理センターが最終処分に係わる積立金管理業務を開始
 - ・2002年から事業主体である原子力発電環境整備機構が最終処分施設の建設地の公募を開始



・核燃料サイクルの基本的な考え方

(現行の大綱を策定した際の議論)

- 我が国においては、核燃料資源を合理的に達成できる限りにおいて有効に利用することを目指して、安全性、核不拡散性、環境適合性を確保するとともに、経済性にも留意しつつ、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方針とする。
- 使用済燃料の再処理は、核燃料サイクルの自主性を確実なものにする観点から、国内で行うことを原則とする。
- 国は今後ともこの基本方針を踏まえて、効果的な研究開発を推進し、所要の経済的措置を準備すべきである。
- 事業者には、これらの国の取組を踏まえて、責任をもって核燃料サイクル事業を推進することを期待する。
- なお、長期的には技術の動向、国際情勢等に不確実要素が多々あることから、こうした将来の不確実性に対応するために必要な調査研究を進めていくべきである。



「核燃料サイクルの基本的考え方」の策定経緯

- 現行の大綱では使用済燃料の取扱いに係る検討を通じて「核燃料サイクルの基本的な考え方」を策定した。
- 検討は集中的に行い、12回の会合、延べ30時間にわたる審議（「技術検討小委員会」と合わせると計18回、延べ45時間）を実施した。
- 審議にあたっては、今後の核燃料サイクルの進め方について、使用済燃料の取り扱いに関する4つのシナリオを想定し、10の視点から評価した。

4つのシナリオ

1. 使用済燃料は、適切な期間貯蔵された後、全量再処理する
2. 使用済燃料は、再処理するが、現在の再処理能力を超えるものは直接処分する
3. 使用済燃料は、直接処分する
4. 使用済燃料は、当面貯蔵し、再処理するか、直接処分するかのいずれかを選択する

- ### 10の視点
- ①安全の確保、②技術的成立性、③経済性、④エネルギー安定供給、
⑤環境適合性、⑥核不拡散性、⑦海外の動向、⑧政策変更に伴う課題、
⑨社会的受容性、⑩選択肢確保



評価結果(1)

- 安全性の確保
 - いずれのシナリオにおいても適切な対応策を講じることにより、所要の水準の安全確保が達成可能であり、シナリオ間に有意な差はない。
- 技術的成立性
 - 高レベル放射性廃棄物の処分に関しては制度整備、技術的知見の充実が図られているが、直接処分については技術的知見が不足している。
- 経済性
 - シナリオ1はシナリオ3に比べて発電コストが1割程度高いと試算され、他のシナリオに劣る。ただし政策変更に伴う費用まで勘案するとこのシナリオが劣るとは言えなくなる可能性がある。
- エネルギー安定供給
 - 再処理する場合は1～2割のウラン資源節約効果が得られ、さらに高速増殖炉サイクルが実用化すれば、ウラン資源の利用効率が格段に高まる。
- 環境適合性
 - 再処理する場合は高レベル放射性廃棄物の潜在的有害度、体積及び処分場の面積を低減できるので、廃棄物の最小化という循環型社会の目標により適合する。

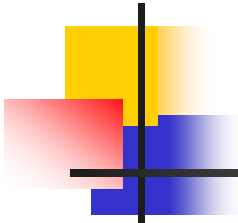
シナリオ間のコスト比較

評価の視点	シナリオ①全量再処理	シナリオ②部分再処理	シナリオ③全量直接処分	シナリオ④当面貯蔵
経済性 (核燃料サイクルコスト) (数値は割引率2%の場合)	○ 現在のウラン価格の水準の下では、直接処分の方が再処理するよりも核燃料サイクルコスト (注: 発電コスト全体の2～3割)の部分は約0.5～0.7円/kWh低い ○ 政策変更に伴う費用のうち定量化できるもの(六ヶ所再処理工場関連及び代替火力関連の費用)を 59年間の発電量で均等化したものは約0.9～1.5円/kWhになる。			
原子力発電コスト	約5.2円/kWh	約5.0～5.1円/kWh	約4.5～4.7円/kWh	約4.7～4.8円/kWh
うち核燃料サイクルコスト	約1.6円/kWh うちフロントエンド:0.63円 うちバックエンド :0.93円	約1.4～1.5円/kWh うちフロントエンド:0.63円 うちバックエンド :0.77～0.85円	約0.9～1.1円/kWh うちフロントエンド:0.61円 うちバックエンド :0.32～0.46円	約1.1～1.2円/kWh うちフロントエンド:0.61円 うちバックエンド :0.49～0.55円
政策変更コスト			約0.9～1.5円/kWh ・ 六ヶ所再処理関連分 約0.2円/kWh ・ 代替火力関連分 約0.7～1.3円/kWh	
(参考値) 原子力発電コスト+ 政策変更に伴う費用	約5.2円/kWh	約5.0～5.1円/kWh	約5.4～6.2円/kWh	約5.6～6.3円/kWh
政策変更コストを計算 する際の前提事項			○ 政策変更に伴う課題としては、立地地域との信頼関係を損なう可能性など様々な項目が存在するが、ここでは、一定の仮定の基に定量化が可能なものについて算定結果を求めた。 ○ 政策変更により原子力発電所が停止する蓋然性については確定的なことは言えないが、代替火力発電関連のコスト算定の際の政策変更後の運転再開時期は、①2015年、②2020年とした。これは、再処理を前提にしない中間貯蔵施設の立地やサイト内貯蔵容量の大幅増といった対策がこれだけの時期をかければ立地地域の理解を得て実現できると仮定しておいたものである。	
	○ 第二再処理単価を 1/2とした場合、サイ クルコストは1.5円 /kWh	○ コストの違いは岩種の違い等によるもの		



評価結果(2)

- 核不拡散性
 - いずれのシナリオも国際社会の懸念を招かないようにする必要があり、シナリオ間に有意な差はない。
- 海外の動向
 - 各国は、地政学要因、資源要因、原子力発電の規模等に応じて、再処理するか直接処分を行うかの選択を行っている。
- 政策変更に伴う課題
 - 再処理政策を前提に築いてきた信頼関係を再構築するための時間に要するリスク(停止の可能性)がある。
- 社会的受容性
 - 直接処分を行う場合は、最終処分場を受け入れる地域を見いだすことがガラス固化体の最終処分の場合より一層困難であると予想される。
- 選択肢の確保(将来の不確実性への対応能力)
 - シナリオ1においては状況に応じて多様な展開が可能である。シナリオ4は長期間事業化しないままに対応に必要なインフラや国際理解を維持することは現実には困難と予想される。



□ この基本方針は、その後の累次のエネルギー基本計画にも反映されている。

(2010年6月18日閣議決定)

□ 原子力発電の推進

● 目指すべき姿

- 核燃料サイクルは原子力発電の優位性をさらに高めるものであり、「中長期的にブレない」確固たる国家戦略として、引き続き、着実に推進する
- 「まずは国が第一歩を踏み出す」姿勢で、関係機関との協力・連携の下に、国が前面に立って取り組む

➤ 再処理

- ✓ 六ヶ所再処理工場の円滑な竣工・操業開始に向けて、国、研究機関、事業者の関係者が連携し、残された技術的課題の解決に一体となって取り組む
- ✓ 六ヶ所再処理工場に続く再処理施設について引き続き取組を進める

➤ 貯蔵

- ✓ 中間貯蔵施設に向けた取組を強化するとともに、国、事業者等の関係者は、貯蔵事業としての中間貯蔵という形態に限らず、広く対応策を検討する

➤ プルサーマル

- ✓ プルサーマルの計画どおりの実施のため、国及び事業者が連携して、地元への申入れに向けた理解促進活動などの取組を推進する

➤ 高速増殖炉サイクルの技術開発

- ✓ 「もんじゅ」の成果等も反映しつつ2025年頃までの実証炉の実現、2050年より前の商業炉の導入に向け、引き続き、経済産業省と文部科学省とが連携して研究開発を推進する。



現行の大綱策定時(2005年)以降の状況変化(1)

－国内－

<フロントエンド>

- 原子力産業の国際展開に対応して、資源外交や資源開発などを推進
- 六ヶ所ウラン濃縮工場の遠心分離機は新型遠心分離機への更新のため2010年12月に全機停止
 - ・2010年4月から新型遠心分離機の組立てを開始
 - ・2011年9月より順次新型遠心分離機による運転を再開予定
- 転換加工、再転換加工、成形加工については大きな変化無し
 - ・再転換加工については近い将来、国内で全量まかなえるようになる計画
 - ・AREVA社の三菱原子燃料への資本参加や、米国のウェスチングハウス・エレクトリック・カンパニーが2009年5月に原子燃料工業(株)の筆頭株主になるなど国際化が進展



現行の大綱策定時(2005年)以降の状況変化(2)

—国内—

<バックエンドとプルトニウム利用>

- 六ヶ所再処理工場のアクティブ試験を前に、2005年に再処理費用積立基金制度が整備。
 - ・再処理に係わる費用(廃止費用、TRU廃棄物処分費用を含む)について2005年より電気料金による積立を開始
- 六ヶ所再処理工場は2006年3月から使用済燃料を用いた試験(アクティブ試験)を開始
 - ・ガラス固化体製造工程で難航している
 - ・2012年10月しゅん工に延期
- プルサーマルが4つの発電所で開始され、他の発電所でも準備が進んでいる
- 2010年10月に六ヶ所MOX燃料加工工場が着工
 - ・2016年3月のしゅん工予定
- 青森県むつ市に国内初の使用済燃料中間貯蔵施設が2010年8月に着工
 - ・2012年7月の事業開始を予定
 - ・一方、一部原子力発電所の使用済燃料貯蔵容量が満杯に近づいている



現行の大綱策定時(2005年)以降の状況変化(3)

ー国内ー

＜バックエンドとプルトニウム利用＞

- 高速増殖原型炉「もんじゅ」は2010年5月に性能試験再開
 - ・2010年7月に炉心確認試験を終了
 - ・40%出力プラント確認試験に向けて準備中の2010年8月に炉内中継装置が落下し、現在復旧に向け対応中
 - ・2011年度内の 40%出力プラント確認試験開始を目指す
- 高レベル放射性廃棄物最終処分施設の建設地の公募を2002年12月から行っているものの、応募が未だない状況
 - ・2007年1月に高知県東洋町が文献調査に応募したが、同年4月に応募を取り下げた
- 高速増殖炉サイクル実用化研究開発(FaCTプロジェクト)が着実に推進
 - ・高速増殖炉サイクルの実証・実用段階への移行にあたっての課題を検討・共有するため、2006年7月に関係五者(経済産業省、文部科学省、電気事業者、メーカー、日本原子力研究開発機構)による協議会を設置。
 - ・協議会は2006年12月に研究開発体制についての方針を決定し、これを受けて2007年7月にFBR開発を専業として行う新法人「三菱FBRシステムズ株式会社(MFBR)」が設立され、事業を開始。
 - ・日本原子力研究開発機構では革新技術の要素技術開発とその成果を反映した設計研究を行っており、革新技術の採用可能性を判断について、現在、国による評価を実施しているところ



現行の大綱策定時(2005年)以降の状況変化(4)

ー海外ー

<フロントエンド>

- 60を超える国の原子力発電導入検討を誘因としてウラン資源開発が活発化するとともに、新しい供給国が登場し始めている
 - ・過去5年間に毎年15%賦存量が増加
 - ・従来の供給国ではないカザフスタン、ウズベキスタン、モンゴルなどが将来の資源国として登場し始めている
- 世界の原子力関連企業のグローバル化とボーダレス化にともない、濃縮ウラン産業もさらに国際化が進んでいる
 - ・企業の統合によるグループ化が進む
 - ・欧州供給者が米国でウラン濃縮工場を建設
 - ・ロシアのTENEX社が米国の企業と濃縮ウランを供給する長期契約を締結
 - ・日本の企業も国際コンソーシアムに一部投資(関西電力、東芝など)



現行の大綱策定時(2005年)以降の状況変化(5)

ー海外ー

＜バックエンドとプルトニウム利用＞

- 2005年以降、高速(増殖)炉の開発が一部で再び進展を見せる
 - ・特に、仏国、米国では、マイナーアクチニド分離変換技術の研究目的が注目される
 - ・このほか、中国、インド、ロシアなどでの開発計画が進展
- 燃料サイクル政策は、各国がそれぞれの事情で選択
 - ・米国は、廃棄物処理としての先進サイクル技術開発を継続、実証計画は断念
 - ・英国は、財政難から再処理路線が不透明に(保有するプルトニウムをビジネスに生かすための新たなMOX燃料加工工場の建設について今年中に判断する見込み)
 - ・中国、ロシアは商業再処理プラントの計画を進展
 - ・韓国は、乾式再処理の研究を進展
- 原子力発電所で発生する低レベル放射性廃棄物の最終処分施設に前進の動き
 - ・韓国で2010年12月に低レベル放射性廃棄物の最終処分施設への搬入が開始された
 - ・台湾は低レベル放射性廃棄物の処分施設の建設地候補を2か所に絞る
- スウェーデンがフィンランドに続き高レベル放射性廃棄物の最終処分施設の建設地を決定。
 - ・他の国は依然遅れており、長期貯蔵の重要性が増す
 - ・米国は、2009年にユッカマウンテンでの処分施設建設の方針を撤回
 - ・ドイツではゴアレーベンを候補地として選定手続きを検討中

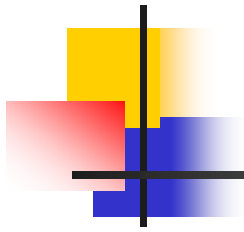


現行の大綱策定時(2005年)以降の状況変化(6)

－海外－

＜核燃料サイクルの多国間アプローチ＞

- 2006-7年に既に提案されていた国際管理構想に加え、更にロシアによる国際ウラン濃縮センター構想、ドイツによる治外法権のものの燃料サイクルセンター構想などが提案され、10を超える案が燃料の供給保障に焦点をあてて提起されてきている
- ロシアのAngarsk国際ウラン濃縮備蓄センター
 - ・ロシアは、濃縮企業への海外からの出資を歓迎。カザフスタン、ウクライナ、アルメニアなどが参加。
 - ・国際ウラン備蓄はロシアが出資・運営するが、IAEA保障措置下におかれ、非常時にはIAEAの管理の下、メンバー国に供与されることで2009年末にIAEA理事会承認
 - ・ロシアは、使用済燃料の引き取りサービスも検討中。
- 2006年2月に米国が「国際原子力パートナーシップ」(GNEP)を提唱
 - ・原子力の利用拡大と核不拡散の両立を目指すもの。
 - ・2010年6月に「国際原子力エネルギー協力フレームワーク」(IFNEC)に改組し、現在27カ国が参加、燃料サービスの「ゆりかごから墓場まで」の供給を検討中。
- 2010年12月、IAEA理事会にて「核燃料バンク」設立に合意
 - ・IAEAが低濃縮ウランを備蓄、管理し、NPTメンバー国が政治的な理由から濃縮ウランの供給を途絶された場合、IAEAを通じて市場価格で供給する「核燃料バンク」についてIAEA理事会が合意。
 - ・自国の核燃料製造の能力開発の権利をあきらめるよう求めている。
 - ・運営費などは各国の拠出金で賄われる。



- ・各プロセスにおける現状と課題



-
- 天然ウラン
- ウラン採鉱
- 製錬
- ウラン精鉱 (イエローケーキ)
- 転換加工
- 六フッ化ウラン
- ウラン濃縮
- 濃縮ウラン
- 再転換加工
- 二酸化ウラン
- 成形加工
- MOX燃料 (プルスーマル)
- 原子力発電所
- 使用済燃料
- 使用済燃料中間貯蔵施設
- 再処理
- ウランプルトニウム
- MOX燃料加工
- 回収ウラン
- 劣化ウラン
- (転換)
- 軽水炉 サイクル

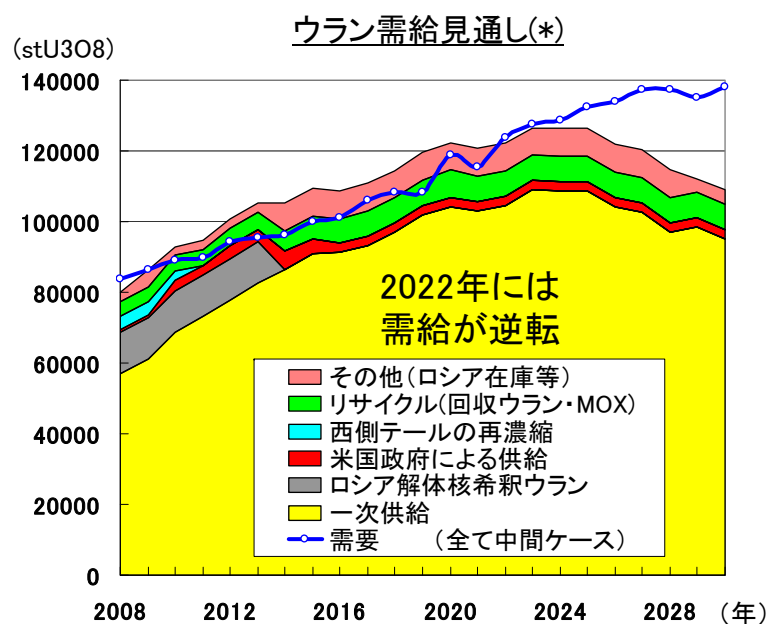
19

ウラン資源の確保(1)

ウラン資源の需給バランス

- 需要拡大にともない、短期的な天然ウラン市場の需給は2020年以降ややタイトになるとみられている。
- 資源埋蔵量については原子力発電への期待の拡大に伴ってウラン資源開発の活発化と、既知鉱山の埋蔵量再評価により過去5年間に賦存量が毎年約15%ずつ増加している。
- その結果、天然ウランの可採年数は5年前よりさらに伸び、100年程度とされている。

出典: OECD/NEA Red Book



出典: WNAマーケットレポート2009
(*)同レポートのReference Caseによる

st(ショート・トン): 主にアメリカで使われてきた重さの単位で、
1stU₃O₈とは0.769tUに相当する。

ウラン資源量の推移

単位: 1,000tU

資源分類	2003年評価	2005年評価	2007年評価	2009年評価
発見資源(確認+推定)				
<260ドル/kgU	—	—	—	>6306
<130ドル/kgU	4588	4743	5469	5404
<80ドル/kgU	3537	3804	>4456	3742
<40ドル/kgU	>2523	>2749	2970	>796
確認資源				
<260ドル/kgU	—	—	—	>4004
<130ドル/kgU	3169	3297	>3338	3525
<80ドル/kgU	2458	2643	2598	>2516
<40ドル/kgU	>1730	>1947	>1766	570
推定資源				
<260ドル/kgU	—	—	—	2302
<130ドル/kgU	1419	1446	>2130	>1879
<80ドル/kgU	1079	1161	>1858	1226
<40ドル/kgU	>793	>799	1204	>226

出典: Uranium 2009

ウラン資源の確保(2)

我が国のウラン資源確保状況

- ウラン資源に乏しい我が国は、カナダ、イギリス、オーストラリアの会社等、調達先の多様化と長期契約あるいは共同探鉱開発によって、天然ウランを確保している。
- 我が国の天然ウランの年間需要見通しは2010年度において約0.7万tU、2015年度で約1.0万tUと見込まれ、事業者は長期契約や開発輸入によりウラン資源を確保している。

出典: Nuclear energy data 2010

天然ウラン購入調達状況

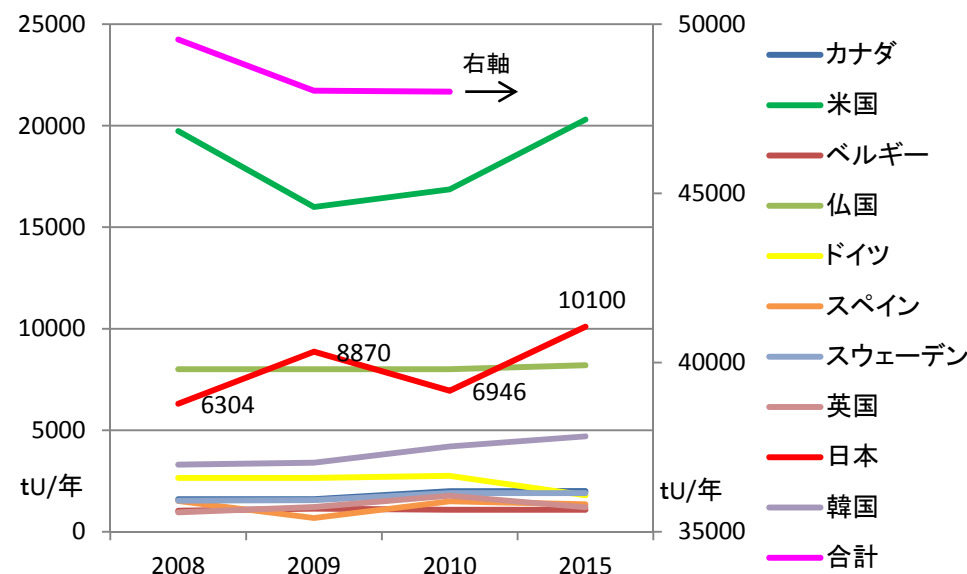
(単位: stU ₃ O ₈)		
輸入契約形態	相手先国	契約数量
長期契約・短期契約 及び製品購入	カナダ、英国、南アフリ カ、オーストラリア、仏国、 米国等	約341,800
開発輸入分	ニジュール、カナダ、 オーストラリア、カザフス タン	約 87,200
計		約429,000

(2009年3月現在)

出典: 原子力ポケットブック 2010

st(ショート・トン): 主にアメリカで使われてきた重さの単位で、
1stU₃O₈とは0.769tUに相当する。

天然ウランの需要見通し



出典: OECD Nuclear energy data 2010 をもとに内閣府作成

* データに幅があるものについては高需要値を用いるとともに幅に未定値がある場合は判明している値を用いた

ウラン鉱山開発に関する我が国の主な取組

- ウラン燃料の安定確保の観点から、調達先(比較的情勢が安定しているカナダやオーストラリアからの調達に加え、中央アジアやアフリカからの調達)や調達方法(長期契約に加え、自主権益確保による優先調達先の確保)の多様化を図っている。

<取組の例>

カザフスタン

- 概要
 - ・ウラン生産量世界第1位(27%)、我が国の調達先として世界第3位(21%)。
 - ・2007年に経産大臣をヘッドとする官民ミッションを派遣。
- 権益獲得に向けた我が国の取組の現状
 - ・日本企業(電力、商社、メーカー)が国内総需要の約2割になるハラサンプロジェクトの権益を獲得。JBIC*1 が開発資金を融資。
 - ・関電、住商が参画するウェストムンクデュックプロジェクトにNEXI*2 の海外事業貸付保険を付保。

ナミビア

- 概要
 - ・ウラン生産量世界第4位(9%)、我が国の調達先として世界第5位(7%)。
 - ・伊藤忠が世界有数の埋蔵量を誇るロッシング・サウス鉱山に参入中(2013年生産開始予定)。約16%の権益を保有。
- 権益獲得に向けた我が国の取組の現状
 - ・上記鉱山権益獲得のため、JOGMEC*3 が金融支援を実施。

ウズベキスタン

- 概要
 - ・ウラン生産量世界第7位(5%)、我が国の調達先として世界第6位(5%)。
- 権益獲得に向けた我が国の取組の現状
 - ・これまで、JOGMECや民間企業が黒色頁岩型ウラン鉱床の共同プロジェクトを実施しているが、経済的にも技術的にも難しいため終了。

モンゴル

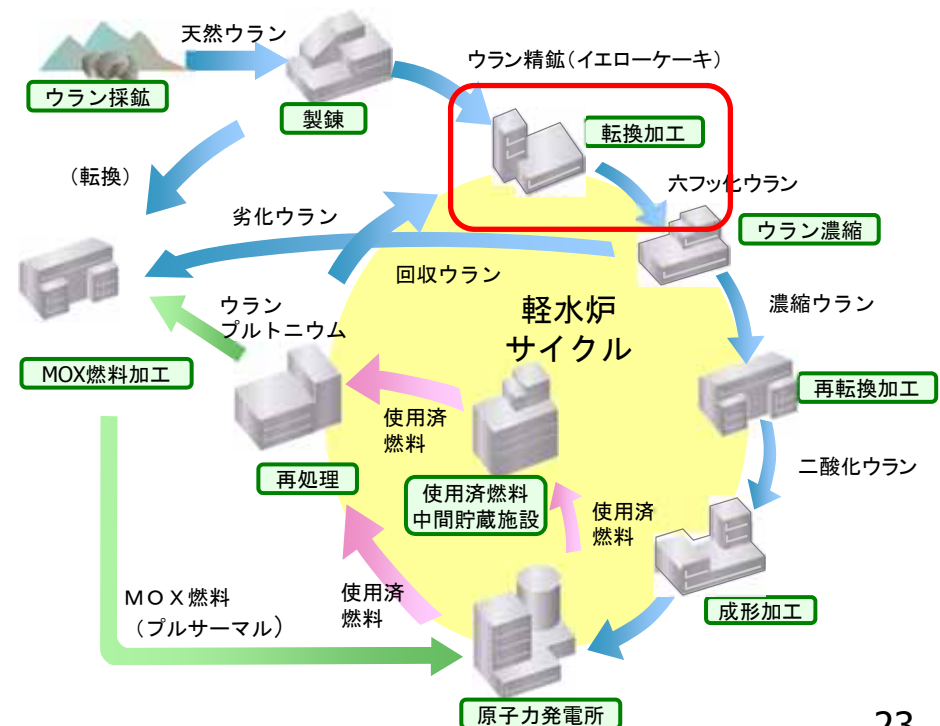
- 概要
 - ・現在生産は無いものの、推定埋蔵量は世界最大。
- 権益獲得に向けた我が国の取組の現状
 - ・2009年12月、三菱商事がアレバ(仏)が進めるミャグマル鉱床の探査事業に参入。
 - ・その他いくつかの企業がドルノド鉱床に関心有り。

*1 国際協力銀行 *2 (独)日本貿易保険

*3 (独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構

・転換加工

- 我が国には、現在、転換施設はないが、ウラン濃縮の大半を海外に依存せざるを得ない状況および輸送の便を考慮すると、転換加工を海外で行うことは合理的である
- 1994年策定の「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画」では回収ウランの再濃縮に備えた研究を進めていくとしている



転換加工 転換加工の研究

- 転換加工については日本原子力研究開発機構が人形峠事業所（現 人形峠環境技術センター）で実施していた。
- 回収ウランの転換加工についても実用化試験が進められ、1999年度に終了している。

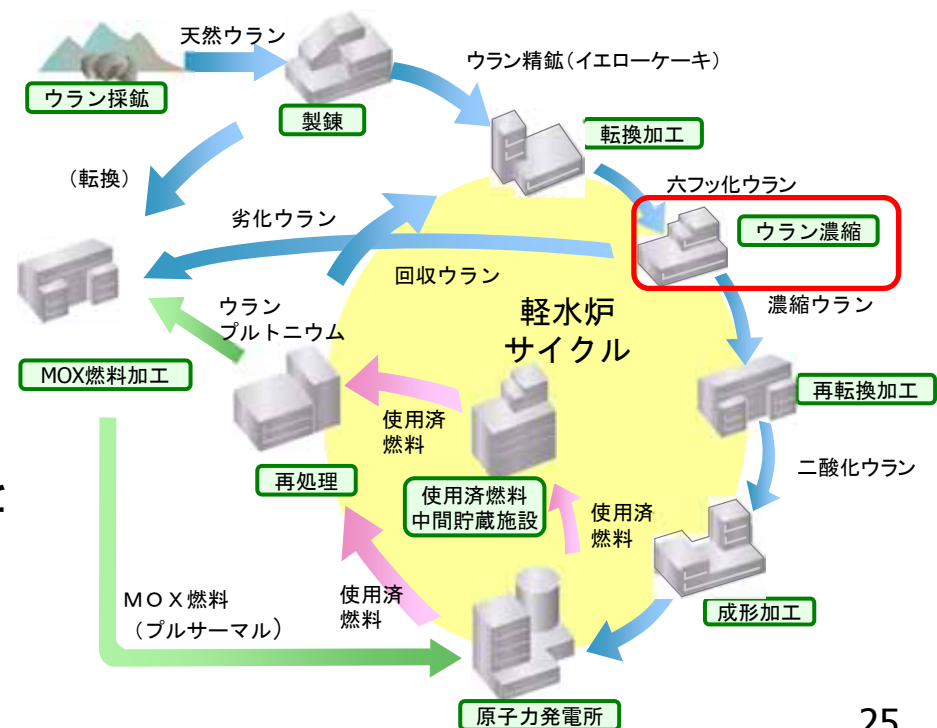
1976年11月 六フッ化ウラン転換試験開始
 12月 六フッ化ウランを初出荷
 12月 回収ウラン転換試験開始
 1988年 8月 回収ウラン利用実証試験研究開始
 1990年 9月 回収ウラン利用実証試験研究終了
 1991年 6月 回収ウラン転換実用化試験開始
 1994年 8月 回収ウラン転換実用化試験運転開始
 1999年 7月 回収ウラン転換実用化試験運転を終了

製錬転換施設を改造して実施した回収ウランの転換実用化試験では、1999年度の試験終了までにウラン量で約293トンの六フッ化ウランを生産し、回収ウランリサイクル技術の実証と経済性の見通しを得ることができた。



・ウラン濃縮

- 現行の大綱では濃縮ウランの供給安定性や核燃料サイクルの自主性を向上することは重要であることから、六ヶ所ウラン濃縮工場の安定した操業及び経済性の向上を図ることを期待している

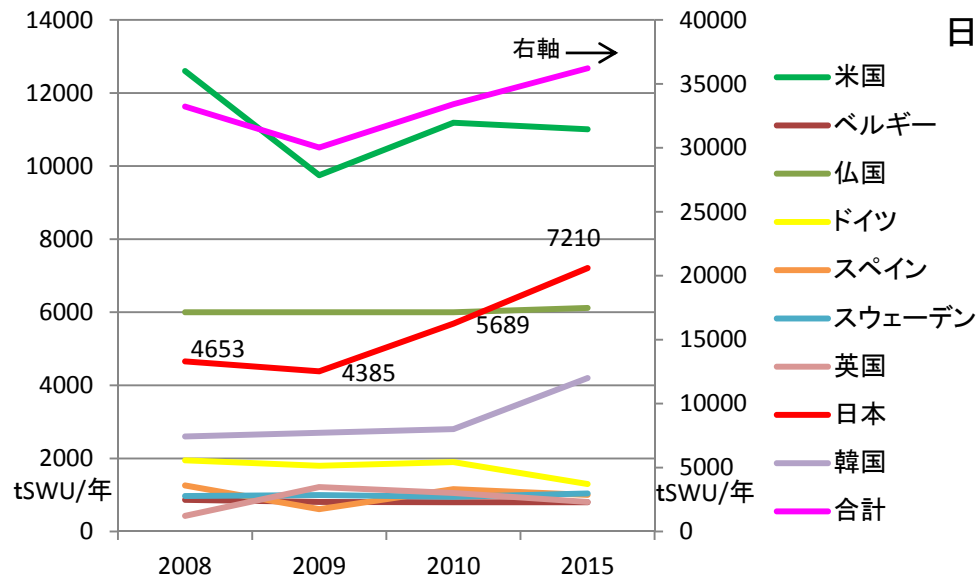


ウラン濃縮(1)

我が国の濃縮ウランの確保状況

- 我が国のウラン濃縮需要量は、2010年度で約5,700tSWU、2015年度で約7,200tSWUと見込まれている。
出典: Nuclear energy data 2010
- 我が国では現在、米国濃縮会社(USEC社)、仏国核燃料会社(AREVA社)、英国、ドイツ、オランダ3カ国の合併企業(ウレンコ社)、ロシア(TENEX社)、日本原燃(株)等から濃縮ウランを入手している。

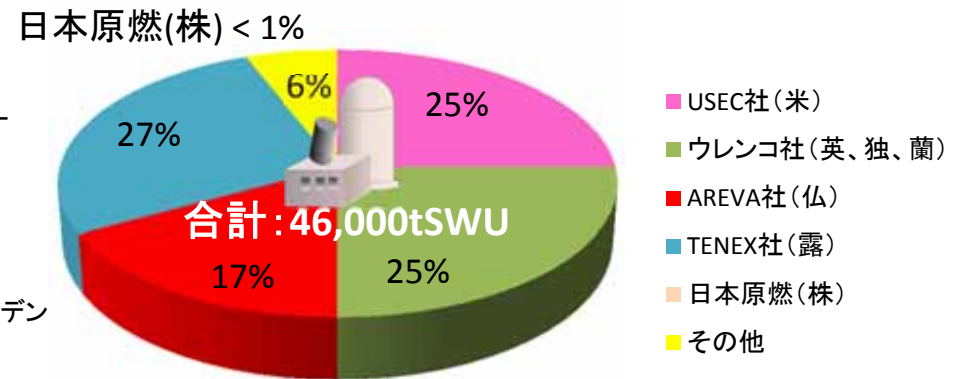
濃縮ウランの需要見通し



出典: OECD Nuclear energy data 2010 をもとに内閣府作成

* データに幅があるものについては高需要値を用いるとともに幅に未定値がある場合は判明している値を用いた

2009年 濃縮役務供給量(全世界)



出典: ウレンコ社HP“Investor update on 2009”, URENCO, 8 April 2010

SWU: 天然ウランを濃縮する際に必要になる仕事量を表し、濃縮度を高めるほど大きくなる。

ウラン濃縮(2)

六ヶ所ウラン濃縮工場における、より経済性の高い遠心分離機の開発、導入

- 2000年度より経済性・長期信頼性が高く、国際競争力に強い新型遠心分離機を目指し、国の支援(2002～2009年度)も得ながらオールジャパン体制で開発が開始された。
- 現在、六ヶ所ウラン濃縮工場は新型遠心分離機への更新工事を実施しており、2011年9月の運転開始を予定している。
- 新型遠心機の導入は初期導入後10年程度かけて行い、1,500tSWUの容量を目指すとしている。(この容量は将来の国内需要の約1/4～1/5にあたる。)
- エネルギーセキュリティの確保・国際競争力の強化・維持のため、官民一体となった基礎基盤技術強化等の技術開発への継続的な取り組みが必須。
 - 2000年11月に旧サイクル機構、メーカー、日本原燃の技術者を六ヶ所村に集結し、オールジャパン体制で新型遠心分離機の開発に着手
 - 2007年11月から実際のウランを用いたカスケード試験を開始
 - 2009年10月に濃縮機器製造建屋完成
 - 2010年1月に新型遠心分離機への更新のための事業許可変更を取得
 - 2010年4月に濃縮機器製造工場において、新型遠心分離機の製造・組立を開始
 - 2011年9月から新型遠心分離機での運転を開始予定



六ヶ所ウラン濃縮工場

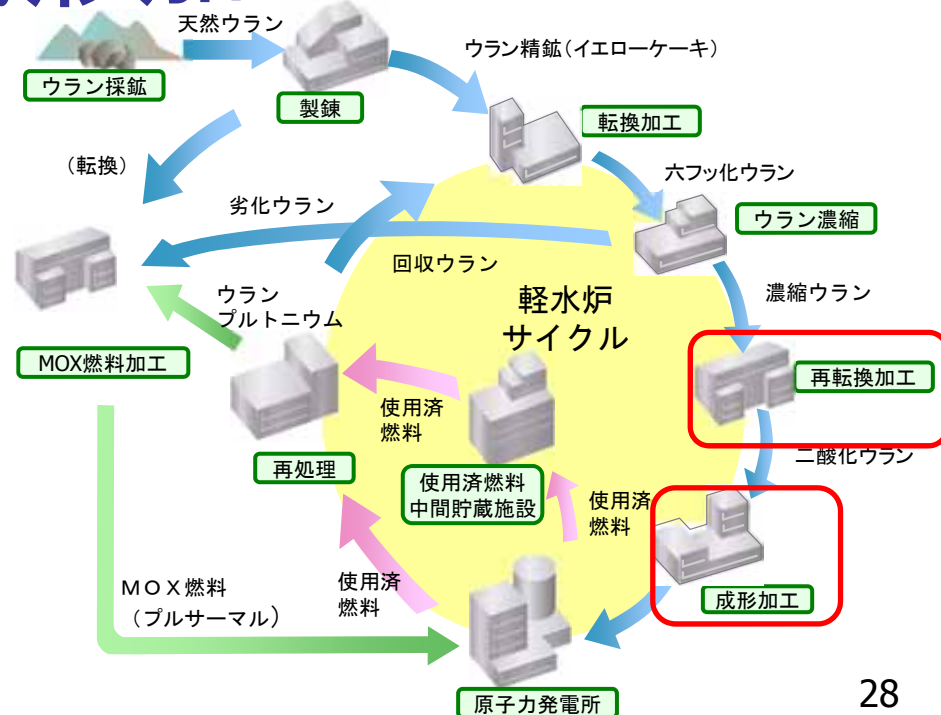


濃縮機器製造工場

写真出典: 日本原燃(株)

・再転換加工と成形加工

- 現行の大綱では再転換加工事業者は国内で1社となっており、成形加工についてはほぼ全量の国産化が実現しているとしている。



我が国のウラン燃料加工容量

- 再転換は三菱原子燃料(株)で行われており、その加工容量は450tU/年で国内需要の3~4割程度となっているが、他のメーカーも含め新設計画があり2017年頃、国内需要を十分に上回る容量となる。
- ウラン燃料成形加工は現在、国内3社で国内需要を十分上回る1,724tU/年の設備容量があり、再転換加工も合わせて将来の海外受注も視野に入れた活動が可能。

【再転換加工】

➢三菱原子燃料(株) 450トンU/年

■トピックス

- 三菱原子燃料(株)は600tU/年の乾式再転換設備増強を計画している。
- 原子燃料工業(株)が600tU/年の乾式再転換設備新設を計画している。



焙焼・還元炉



UO₂粉末

【成形加工】

➢グローバル・ニュークリア・ジャパン(BWR用)	750tU/年
➢三菱原子燃料(株)(PWR用)	440tU/年
➢原子燃料工業熊取事業所(PWR用)	284tU/年
" 東海事業所(BWR用)	250tU/年

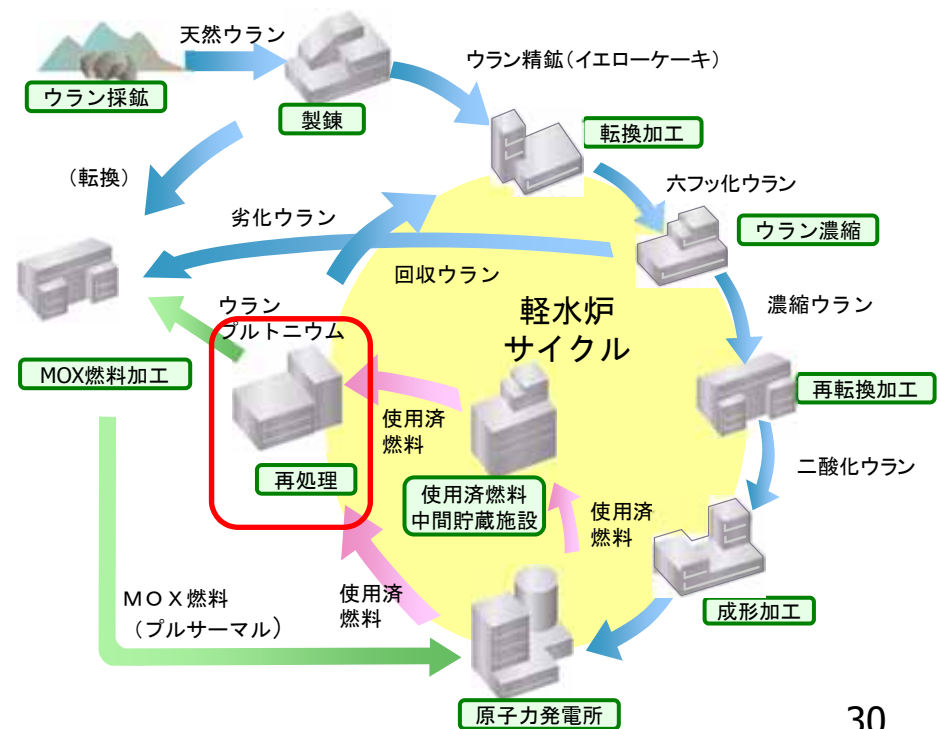
■トピックス

- メーカー各社は1970年代より操業開始。
- 1987年に原子燃料工業(株)が米国にPWR用燃料2体を輸出した実績あり。
- 原子燃料工業東海事業所(BWR用)は、2015年頃までに350トンU/年に加工能力を増強する計画。



・再処理

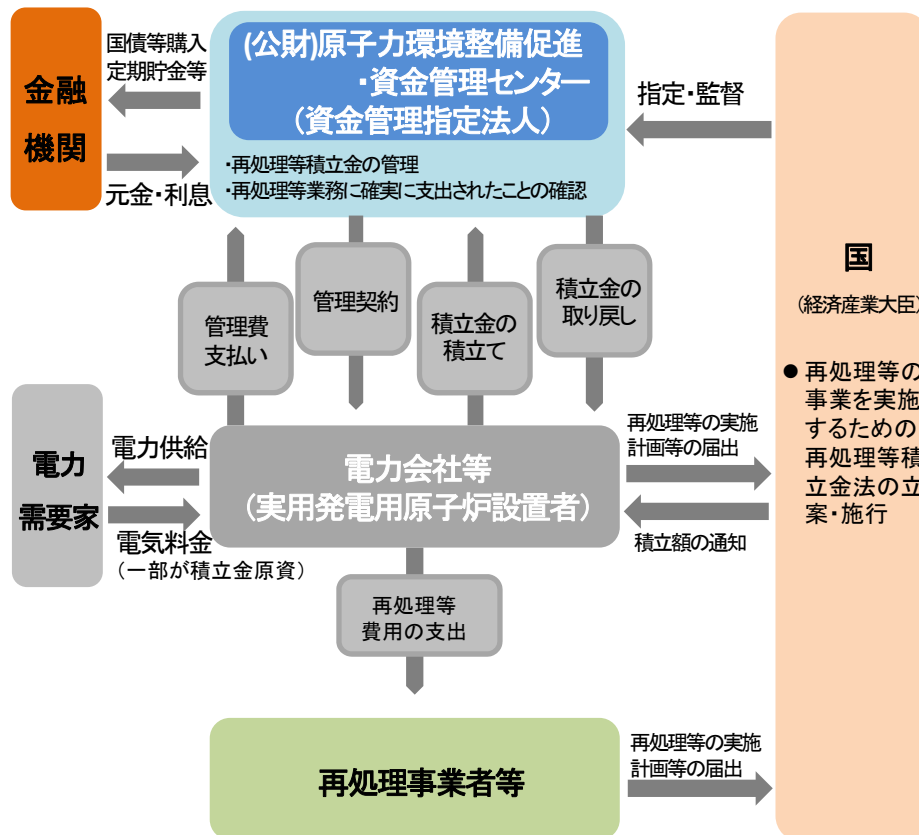
- 現行の大綱では使用済燃料の再処理は国内で行うことを原則としており、現在六ヶ所再処理工場では操業開始に向けた最終試験を実施中



再処理(1) 再処理等積立金のスキーム

- 核燃料サイクルの根幹をなす再処理等の事業は、極めて長い期間を要するとともに、その費用が極めて巨額であることから、必要な資金を、安全性・透明性が担保された形で確保することが必要。そのため、電力会社が法に基づき、再処理等に必要な費用を積立てる。
- 再処理等積立金の額は、事業者から届け出られた再処理等の費用を基礎として、国において算定する。

法：原子力発電における使用済燃料の再処理等のための積立金の積立て及び管理に関する法律(平成17年法律第48号)



再処理等積立金の積立て状況

(単位: 億円、%)

	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
総見積額(a)	126,850	126,873	127,038	118,958	121,308	122,516
積立て累計額(b)	10,432	17,468	23,410	28,942	34,730	40,652
総見積額に対する積立て率(b)/(a) (%)	8.2	13.8	18.4	24.3	28.6	33.2

* 総見積額は法に基づき算定

出典：経済産業省HP、(公財)原子力環境整備促進・資金管理センターHP

- 総見積額は六ヶ所再処理工場で再処理される使用済燃料(32,000tU)に係る再処理等の金額。
- 六ヶ所再処理工場の処理量を超える使用済燃料の再処理に必要な費用については、事業者が毎年度費用の引当てを行っているが、制度化はされていない。

再処理等積立金の基本的スキーム

出典：(公財)原子力環境整備促進・資金管理センターHP

我が国における再処理工場

- 我が国には東海再処理施設(210tU/年)と六ヶ所再処理工場(800tU/年)がある。
- 我が国の原子力発電所から発生する使用済燃料は約1,000tU/年。
- 東海再処理施設ではふげん使用済燃料や高燃焼度使用済燃料の再処理を通じて技術の高度化に向けた研究開発が行われており、軽水炉の使用済燃料の役務再処理は終了している。

＜六ヶ所再処理工場の仕様＞

- 最大処理能力 800tU／年
(100万kW級原子力発電所約40基分の年間使用済燃料を処理する能力に相当)
- 処理燃料燃焼度 55GWd/tU(最大)
なお、1日当たり再処理する平均燃焼度は45GWd/tU以下



1993年 4月 建設工事開始
1999年12月 使用済燃料受入・貯蔵施設が操業開始
2001年 4月 水や空気を用いた通水作動試験開始
2001年 7月 使用済燃料貯蔵プールで施工不良による漏洩が発生
2002年11月 硝酸等の化学薬品を用いた化学試験を開始
2004年12月 新燃料(劣化ウランで作った模擬燃料)を用いたウラン試験を開始
2006年 3月 使用済燃料を用いたアクティブ試験を開始
2006年 5月 作業員の放射性物質体内取り込みが発生
2007年 4月 耐震設計におけるデータ誤入力が発見
2008年12月 ガラス溶融炉における耐熱レンガの損傷が発見
2010年 9月 しゅん工時期を2012年10月に変更(アクティブ試験開始後9回目)
2012年10月 しゅん工予定

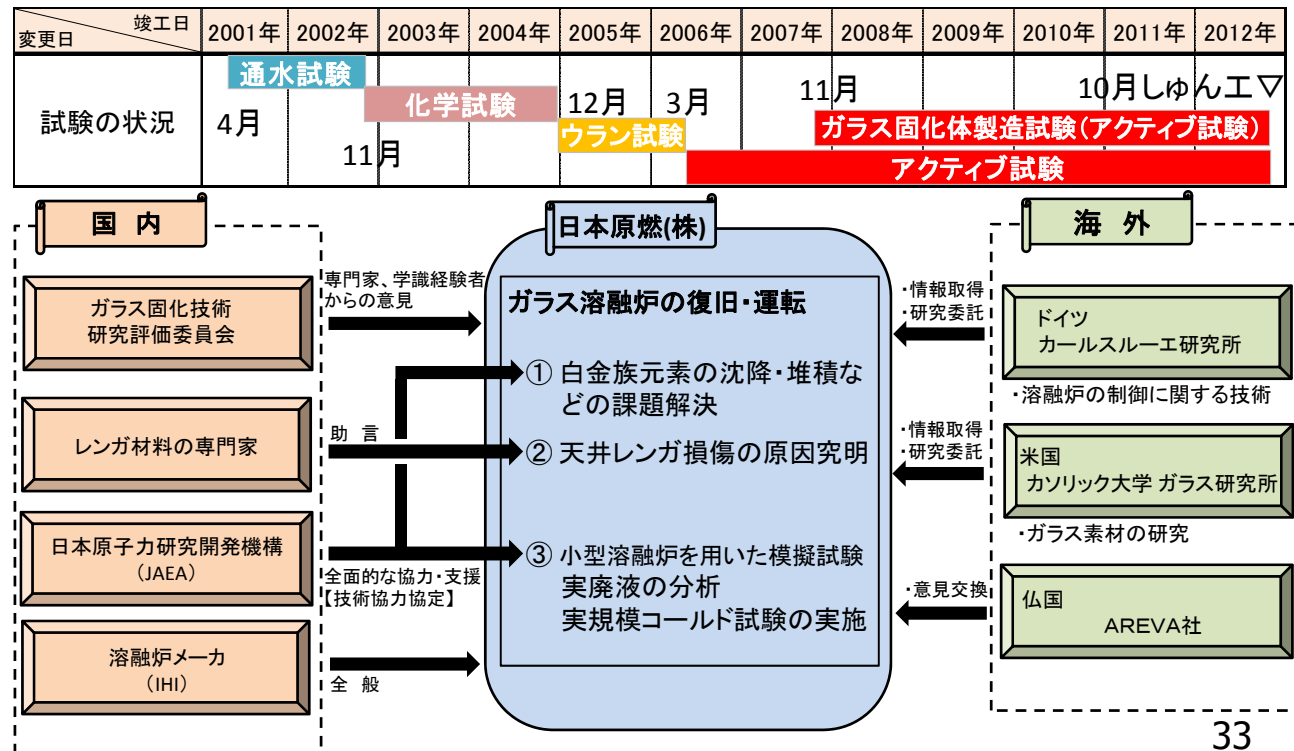
再処理(3)

六ヶ所再処理工場の状況

- 現行の大綱策定時は2007年5月のしゅん工を予定しており、その後2006年3月から実際の使用済燃料を用いた試験(アクティブ試験)を開始し、現在は2012年10月のしゅん工を予定している。
- せん断、溶解、分離、精製、脱硝の主工程については2008年2月までに性能確認が終了し、約425tUの使用済燃料を再処理した。
- 試験はガラス固化体製造試験を残すのみだが、難航しており、国内外の知見を結集して取り組んでいる。

第10回核燃料サイクル協議会 原子力委員長発言(2009年6月17日)

- ✓ スケジュールや工程ありきではなく、日本原子力研究開発機構、産業界、有識者等内外の英知を集めて試験を安全かつ着実に進めることが必要。
- ✓ 国も再処理工場の操業に向けて最大限の支援を行う。
- ✓ これまで発生したトラブルを踏まえ、国としても専門家の意見を聞きつつ適切に対応する。



再処理(4)

諸外国の使用済燃料の取扱い(1)

- 各国の再処理政策は、各国の地政学的要因、国内エネルギー資源の有無、原子力発電の実施規模、コスト競争力等の種々の事情から異なる。

	米国	仏国	ドイツ	英国	スウェーデン	フィンランド	韓国
原子力発電所数	104基	59基	17基	19基	10基	4基	20基
原子力発電設備容量	10,535万kW	6,602万kW	2,151万kW	1,195万kW	938万kW	280万kW	1,772万kW
エネルギー自給率 原子力含む	74.7%	51.0%	39.8%	80.5%	67.0%	46.2%	19.7%
再処理施設	×	◎	×	◎	×	×	×
使用済燃料の 取扱い状況	2010年、DOEはユッカマウンテン処分場の許認可申請を取り下げ、使用済燃料・国防放射性廃棄物の安全で長期的な管理方を検討・提言するブルーリボン委員会を設置した。現在、使用済燃料はほとんどの発電所でサイト内貯蔵されている。	クローズド燃料サイクルが基本方針であるが再処理量を上回る使用済燃料は再処理工場サイトでプール保管。再処理に伴うプルトニウムについては国内20基のPWRでプルサーマルを実施している。	2002年の原子力法改正により、2005年7月以降の再処理事業者への使用済燃料の引き渡しは禁止され、それ以前に英国、仏国に送られ再処理して回収されたプルトニウムはMOX燃料として使用されている。現在、使用済燃料は発電所サイト内で貯蔵されており、ゴアレーベンを最終処分施設予定地として手続きが進められている。	使用済燃料はBNFLが電力会社から引き取り、再処理または貯蔵を行っている。プルトニウムの利用方針は未定。PWRの使用済燃料の再処理については未定となっており、2008年1月の白書では新規原子炉の使用済燃料は当面は再処理しないことを基本としている。	使用済燃料は回収可能な形で直接処分する方針。2009年6月にフィンランドと米国(*政権交代により後に取り消し)に次いで世界で三番目に処分サイトを決定した。直接処分概念の採用前に英国セラフィールドに送られた使用済燃料とRI研究炉の使用済燃料については再処理されており、回収されたプルトニウムはMOX燃料として使用する予定。	1994年の原子力法改正以前は使用済燃料を供給元であるソ連(ロシア)に返還していたが、改正により放射性廃棄物の輸出が禁じられたため、直接処分の研究を進めてきた。2001年5月に世界で最初に処分サイトを決定した。現在建設が進められており、2020年からの操業開始を予定している。	使用済燃料の減容を目的にPWR使用済燃料をCANDU炉で利用するDUPICサイクルの研究を実施。高速炉の実用化と乾式再処理による核燃料サイクル構築を目指して研究が行われている。現在、使用済燃料は各発電所サイト内で貯蔵されている。

再処理施設の項で ◎は商用施設を ○はパイロットプラントを指す

出典：世界の原子力発電開発の動向(2010)、Energy Balances Of OECD Countries(2009 Edition) 他をもとに内閣府作成

再処理(5)

諸外国の使用済燃料の取扱い(2)

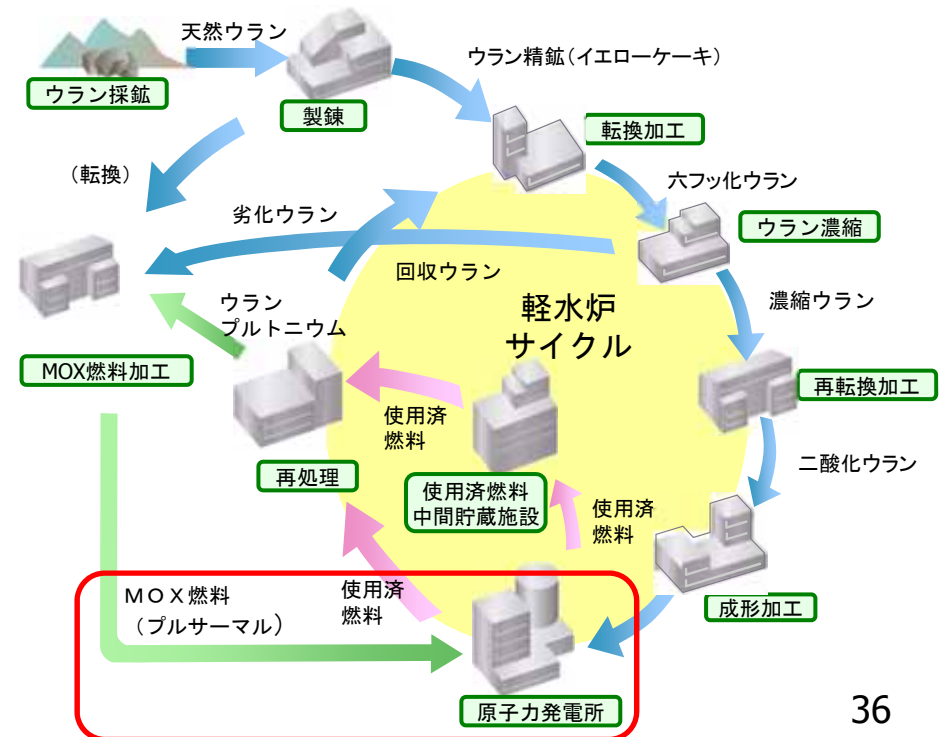
	中国	ロシア	インド
原子力発電所数	11基	27基	17基
原子力発電設備容量	912万kW	2,319万kW	412万kW
エネルギー自給率 原子力含む	—	—	—
再処理施設	○	◎	◎
使用済燃料の 取扱い状況	クローズド燃料サイクル路線を推進している。甘粛省に50tU/年の再処理パイロットプラントが稼働中。2007年にCNNCとAREVAの間で800tU/年の再処理工場についてFS研究が合意され、2025年の稼働を目指している。	旧ソ連時代よりクローズド燃料サイクルを基本としており、VVER-440の使用済燃料はRT-1再処理工場(400 tU/y)の工場再処理し、回収ウランをRBMKの新燃料に使用している。RBMK炉とVVER-1000の使用済燃料は発電所サイト内に貯蔵されている。	クローズド燃料サイクルを基本路線としており、使用済燃料は再処理される。回収されたウラン、プルトニウムは高速増殖炉で利用する計画で、技術開発が進められている。

再処理施設の項で ◎は商用施設を ○はパイロットプラントを指す

出典：世界の原子力発電開発の動向(2010)、Energy Balances Of OECD Countries(2009 Edition) 他をもとに内閣府作成

・プルサーマル

- 現行の大綱では当面、プルサーマルを着実に推進し、プルサーマルに必要な燃料は、当面、海外において回収されたプルトニウムを海外においてMOX燃料に加工して使用している



プルサーマル(1)

着実なプルトニウムの利用とプルサーマル計画

- 事業者は英国、仏国で再処理して回収されたプルトニウムを用いて2015年度までに全国で16～18基の原子力発電所でプルサーマルの導入を目指して取り組んでいる。
- 六ヶ所再処理工場で回収されたプルトニウムもプルサーマルで利用される。
- なお、利用目的のないプルトニウムは所有しないとの原則の下、毎年の六ヶ所再処理工場の再処理予定量に関して、回収されるプルトニウムの利用計画を公表している。

六ヶ所再処理工場回収プルトニウム利用計画（2010年度）

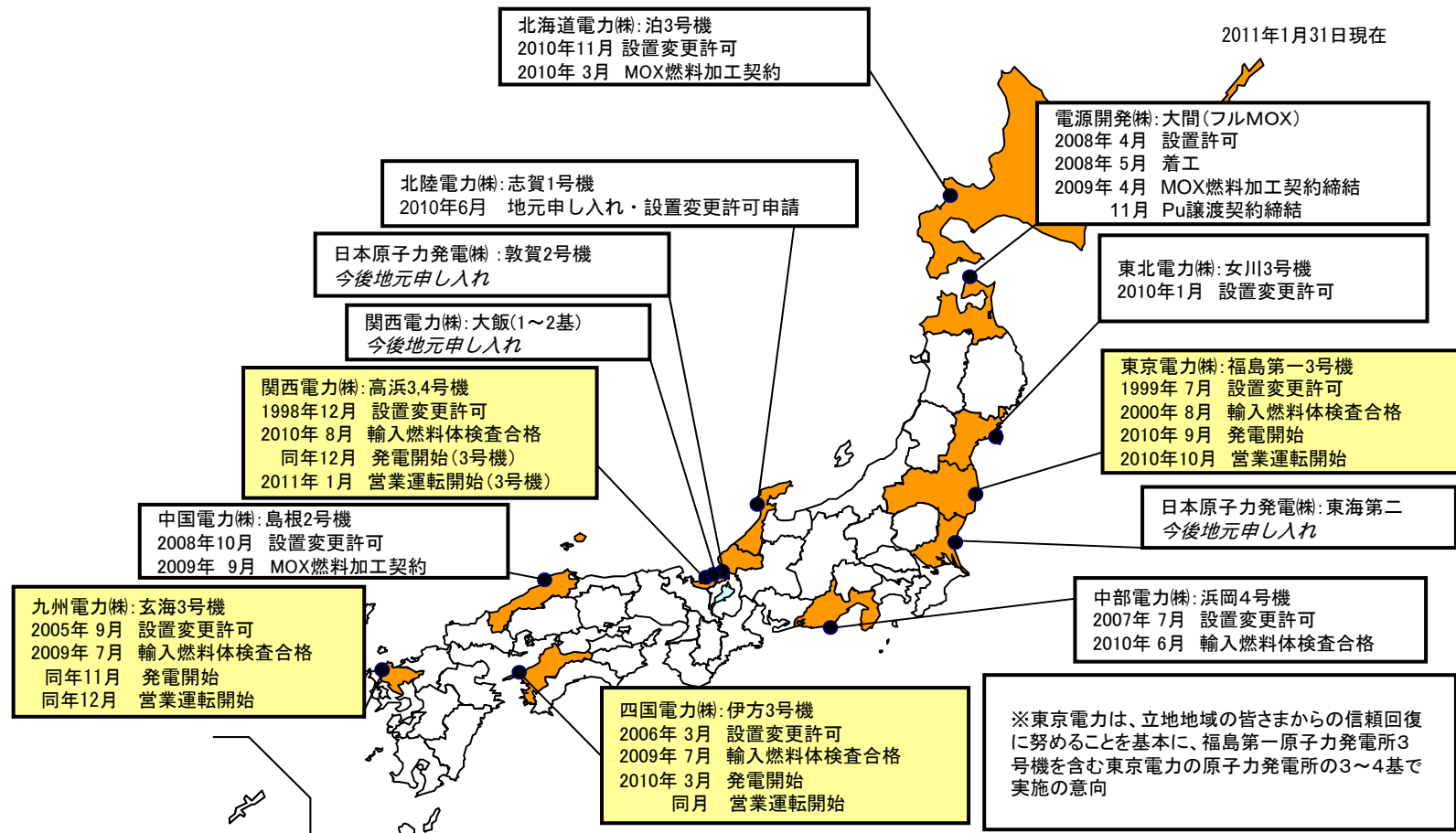
所有者	所有量		利用目的(軽水炉燃料として利用)		
	2009年度末保有プルトニウム量(kgPuf)	2010年度末保有予想プルトニウム量(kgPuf)	利用場所	年間利用目安量(トnPuf/年)	利用開始時期及び利用に要する期間の目途
北海道電力	72	72	泊発電所3号機	0.2	平成27年度以降約0.4年相当
東北電力	78	78	女川原子力発電所3号機	0.2	平成27年度以降約0.4年相当
東京電力	748	748	立地地域の皆さまからの信頼回復に努めることを基本に、福島第一原子力発電所3号機を含む東京電力の原子力発電所の3～4基	0.9～1.6	平成27年度以降約0.5～0.8年相当
中部電力	182	182	浜岡原子力発電所4号機	0.4	平成27年度以降約0.5年相当
北陸電力	9	9	志賀原子力発電所1号機	0.1	平成27年度以降約0.1年相当
関西電力	556	556	高浜発電所3、4号機、大飯発電所1～2基	1.1～1.4	平成27年度以降約0.4～0.5年相当
中国電力	84	84	島根原子力発電所2号機	0.2	平成27年度以降約0.4年相当
四国電力	133	133	伊方発電所3号機	0.4	平成27年度以降約0.3年相当
九州電力	315	315	玄海原子力発電所3号機	0.4	平成27年度以降約0.8年相当
日本原子力発電	140	140	敦賀発電所2号機、東海第二発電所	0.5	平成27年度以降約0.3年相当
小計	2,317	2,317		4.4～5.4	
電源開発	他電力より必要量を譲受		大間原子力発電所	1.1	
合計	2,317	2,317		5.5～6.5	

出典：電気事業連合会資料をもとに内閣府作成

プルサーマル(2)

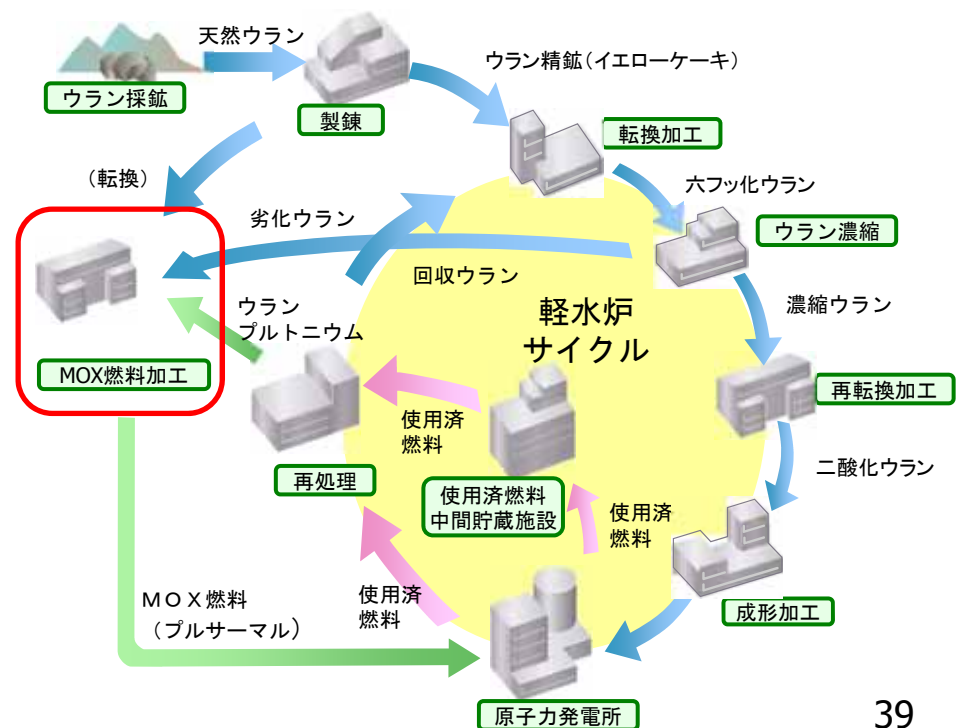
プルサーマル計画の進捗状況

- 四つの発電所(玄海-3、伊方-3、福島第一-3、高浜-3)でプルサーマルが開始された。
- その他の発電所でもMOX燃料加工契約の締結や、設置変更許可の申請、地元の事前了解または申し入れを行なうなどの進展が見られる。



・MOX燃料加工

- 現行の大綱では国内の再処理能力の整備に併せてMOX燃料製造能力を整備することが不可欠としている



六ヶ所MOX燃料工場の状況

- 日本原燃(株)のMOX燃料加工施設における核燃料物質加工事業は、2010年5月に許可を受け、10月に建設工事に着手しており、2016年3月の操業開始を予定している。
- MOX燃料工場が操業を開始すると、国内原子力施設へのMOX燃料輸送が開始されることから、輸送時の核物質防護に関する取組みについて予め検討と準備を進めておく必要がある。

◆ 最大加工能力 130t-HM^{*1}／年

^{*1} t-HM(トンヘビーメタル): MOX中のプルトニウムとウランの金属成分の重量を表す単位

- ◆ 要員 操業時 約300人
- ◆ 着工 2010年10月
- ◆ しゅん工予定 2016年 3月

- 2005年 4月 青森県並びに六ヶ所村と立地基本協定を締結
- 2008年10月 国に事業許可申請
- 2008年10月 準備工事を開始
- 2010年 5月 事業許可
- 2010年10月 設計および工事の方法が認可



○ 日本原燃(株)からのMOX燃料輸送は国内原子力発電所の他に日本原子力研究開発機構への輸送もある。

MOX燃料加工(2)

海外で分離したプルトニウム

- 我が国の事業者は英国、仏国の事業者と再処理委託契約を結び、現在海外に約24tPufのプルトニウムを保管している。
- これらのプルトニウムは基本的に海外でMOX燃料に加工して国内に輸送し、プルサーマルで利用する。

平成21年末における海外に保管中の分離プルトニウム量
(核分裂性プルトニウム量)

(単位: kgPuf)

英国での回収分	11, 531
仏国での回収分	12, 599
合 計	24, 130

平成21年末における国内に保管中の海外分離プルトニウムのうち、新燃料製品の量

(単位: kgPu)

原子炉施設に保管されている新燃料製品	1, 458 ^{*1}
--------------------	----------------------

- *1
- 東京電力(株)福島第一原子力発電所3号機 210kg
 - 東京電力(株)柏崎刈羽原子力発電所3号機 205kg
 - 中部電力(株)浜岡原子力発電所4号機 213kg
 - 四国電力(株)伊方発電所3号機 831kg

平成21年末における海外分離プルトニウムの利用状況

(単位: kgPu)

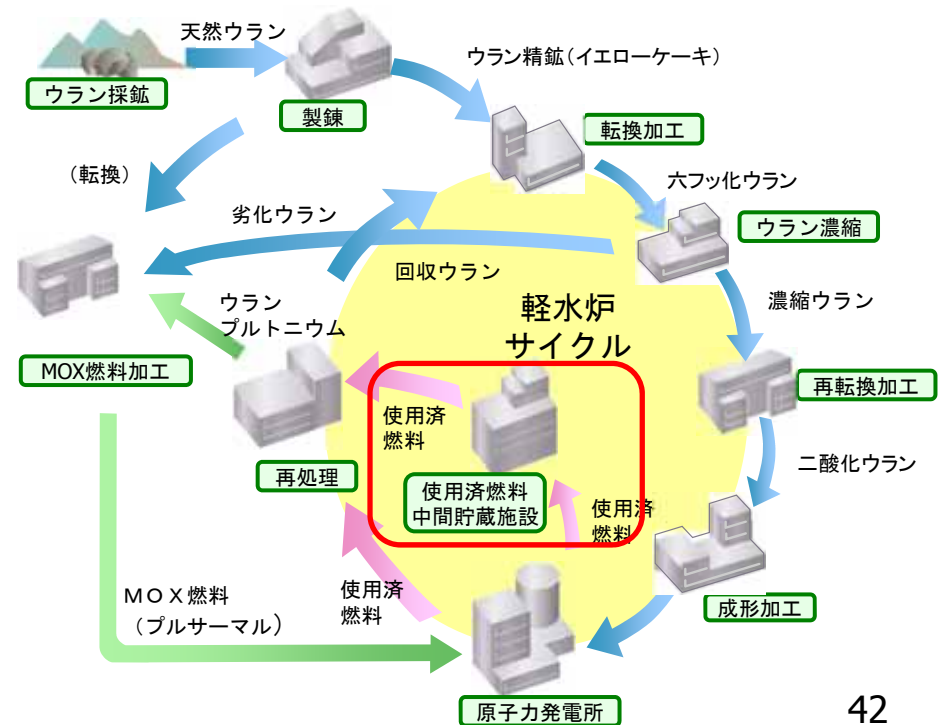
原子炉施設装荷量	677 ^{*2}
----------	-------------------

*2九州電力(株)玄海原子力発電所3号機 677kg

出典: 2010年度第48回原子力委員会資料第5号より抜粋

・中間貯蔵

- 現行の大綱では国内で利用可能になる再処理能力を超えて発生する使用済燃料は再処理能力が整備されるまで貯蔵することとしている



中間貯蔵(1)

使用済燃料の貯蔵容量と貯蔵量の状況

- 六ヶ所再処理工場の処理能力は800tU/年、一方で発生する使用済燃料は約1,000～1,200tU/年が見込まれるため、再処理能力が整備されるまで貯蔵(中間貯蔵)する必要がある。
- 貯蔵対策が必要な使用済燃料は2009年度末で6,000tUとなっている。

各原子力発電所(軽水炉)の使用済燃料の貯蔵量及び管理容量
(2010年9月末日現在)

電力会社	発電所名	使用済燃料 貯蔵量(tU)	管理容量 (tU)	貯蔵割合 (%)
北海道電力	泊	350	1,000	35
東北電力	女川	390	790	49
	東通	60	230	26
東京電力	福島第一	1,820	2,100	87
	福島第二	1,130	1,360	83
	柏崎刈羽	2,210	2,910	76
中部電力	浜岡	1,090	1,740	63
北陸電力	志賀	120	690	17
関西電力	美浜	360	680	53
	高浜	1,160	1,730	67
	大飯	1,350	2,020	67
中国電力	島根	370	600	62
四国電力	伊方	550	940	59
九州電力	玄海	760	1,070	71
	川内	850	1,290	66
日本原子力発電	敦賀	580	860	67
	東海第二	370	440	84
合計		13,530	20,420	66

数字が大きいほど余裕がない

六ヶ所再処理工場の使用計画(2010年9月10日)

単位:tU

年度	2010	2011	2012
使用済燃料受入量	94(94)	80(80)	20(20)
再処理量	0(80)	0(320)	80(480)
使用済燃料貯蔵量	2,834(2,755)	2,914(2,515)	2,854(2,055)
貯蔵割合(%)	94.5(91.8)	97.1(83.8)	95.1(68.5)

*1 ()内は2010年3月31日届け出た際の値

*2 六ヶ所再処理工場の使用済燃料貯蔵容量は3,000tU

出典: 日本原燃(株)資料をもとに内閣府作成

単位:tU

項目	期間 ～2009年度
使用済燃料発生量	22,900
六ヶ所再処理工場搬出量	3,200
東海再処理施設搬出量	1,000
海外搬出量	5,600
発電所内貯蔵量	13,100
上記の内 貯蔵対策必要量 *	6,000

* 貯蔵対策必要量

- ・ 本来、発電所から搬出されて再処理されるべき使用済燃料
- ・ 貯蔵対策必要量には使用済燃料プール貯蔵能力変更(稠密化)、発電所発電所構内乾式貯蔵施設で対応する量も含む。

出典: 電気事業連合会

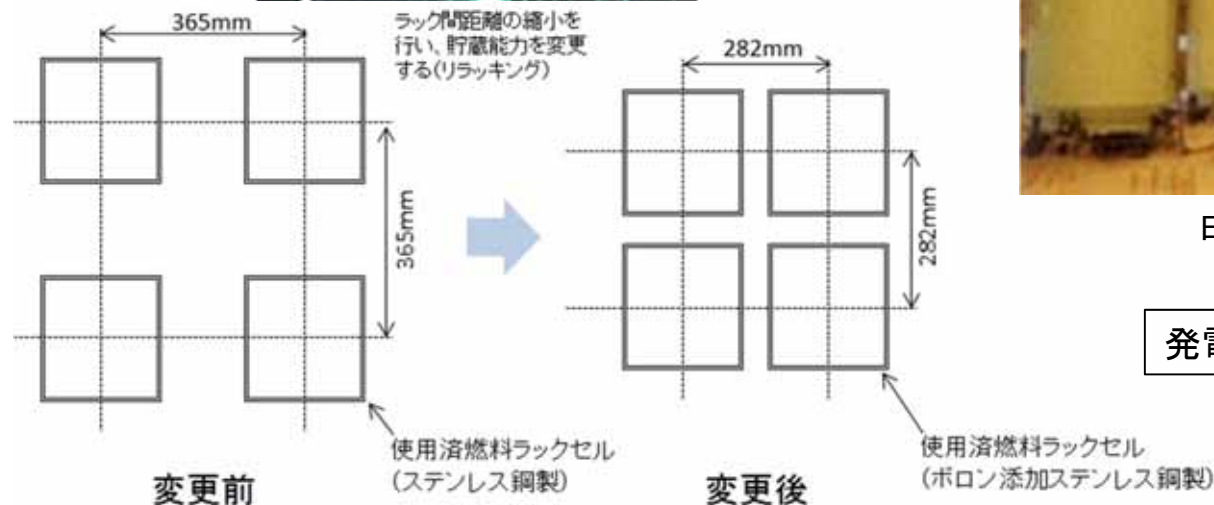
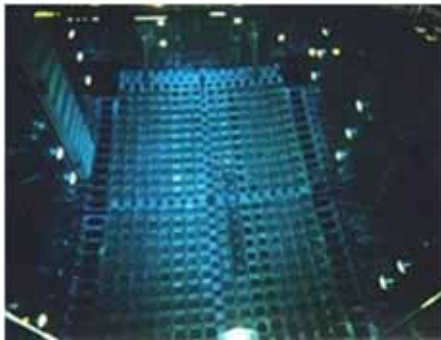
(注) 1. 管理容量は、原則として「貯蔵容量から1炉心+1取替分を差し引いた容量」。
 なお、中部電力の浜岡1,2号機の管理容量は、1,2号機の運転終了により、貯蔵容量と同量としている。
 2. 四捨五入の関係で合計値は、各項目を加算した数値と一致しない部分がある。
 3. 福島第一、東海第二の管理容量には、乾式使用済燃料貯蔵施設が含まれる。
 (出典) 電気事業連合会の資料をもとに内閣府作成

中間貯蔵(2)

使用済燃料の貯蔵対策実績

- 各発電所においては、原子力発電所の安定した運用のため、再処理工場への使用済燃料の搬出、貯蔵設備の貯蔵能力変更や乾式貯蔵といった対策により、使用済燃料プールの空容量を計画的に確保してきているが、更なる貯蔵容量増加対策は困難な状況になりつつある。
- 使用済燃料の貯蔵対策は貯蔵事業として中間貯蔵という形態に拘らず、広く対応策を検討していく必要がある。

貯蔵設備の貯蔵能力変更の例



乾式貯蔵方式の例



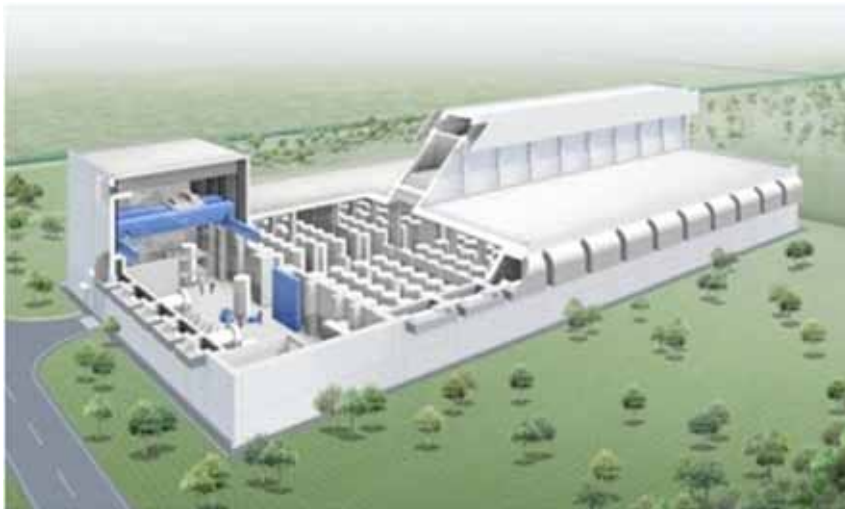
日本原子力発電(株)東海第二発電所での乾式貯蔵

発電所敷地内に貯蔵施設を新設した例

中間貯蔵(3)

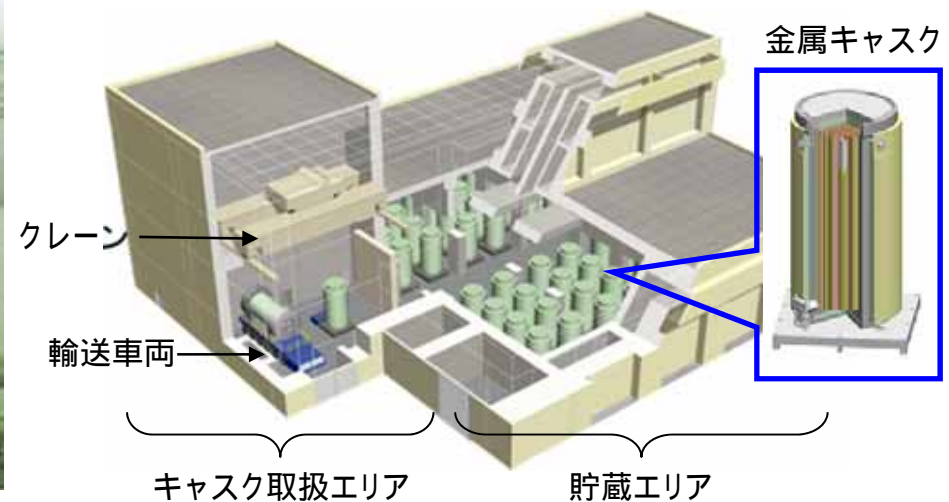
使用済燃料貯蔵に関する計画

- 東京電力(株)及び日本原子力発電(株)は、2005年11月に使用済燃料の中間貯蔵を行う「リサイクル燃料貯蔵株式会社」を設立し、50年間の貯蔵を可能にする中間貯蔵施設の建設に着手したが、我が国で中間貯蔵施設の立地が進んでいるのはこの一ヶ所のみとなっている。
- 中部電力(株)は浜岡原子力発電所に使用済燃料の乾式貯蔵を行う施設の建設を計画中。



貯蔵方式 : 乾式貯蔵
貯蔵容量 : 最終貯蔵量5,000トン・ウラン
(1棟目3,000トン・ウラン)
着工 : 2010年8月
事業開始時期: 2012年7月
貯蔵期間 : 施設毎に50年間(キャスク毎でも最長50年間)
建屋規模 : 約130m×約60m×(高さ)約30m

リサイクル燃料貯蔵株式会社



貯蔵方式 : 乾式貯蔵
貯蔵容量 : 約700トン・ウラン
運用開始時期: 2016年度
建屋規模 : 約60m×約50m×(高さ)約25m、1棟

中部電力(株)浜岡原子力発電所

中間貯蔵(4)

海外での中間貯蔵の状況

- 諸外国では、発電所敷地外での中間貯蔵とともに、発電所内での貯蔵も行われている。

米国:

ほとんどの原子力発電所で湿式・乾式の貯蔵が行われている。

ドイツ:

中間貯蔵施設への輸送は1997年以降行われておらず、原子力発電所で貯蔵が行われている。

スウェーデン、スイス:

発電所敷地外の集中中間貯蔵施設を設置して運用している。



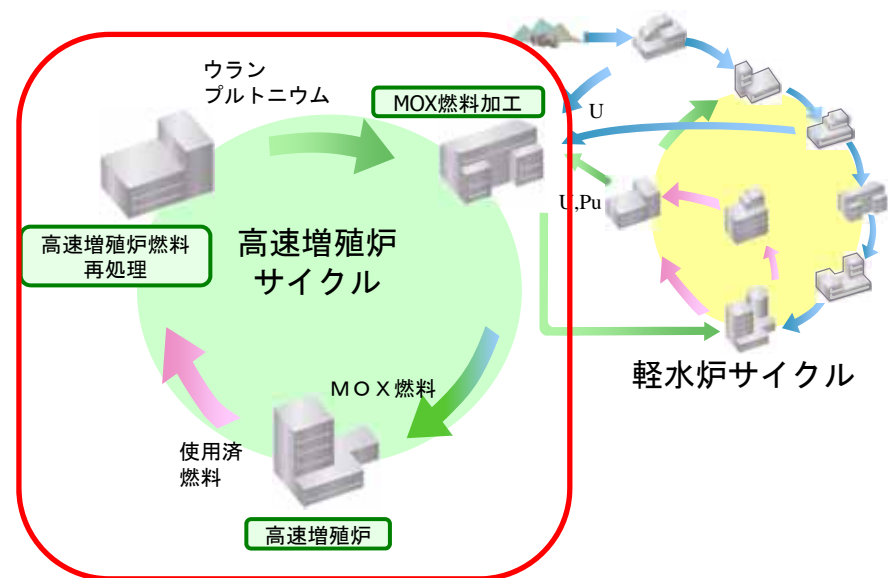
米国: サリー原子力発電所での乾式貯蔵

ドイツにおける使用済燃料の中間貯蔵施設



・高速増殖炉サイクル

- 現行の大綱では高速増殖炉サイクルの適切な実用化像と2050年より前からの商業ベースでの導入に至るまでの段階的な研究計画について2015年頃から国としての検討を行うとしている

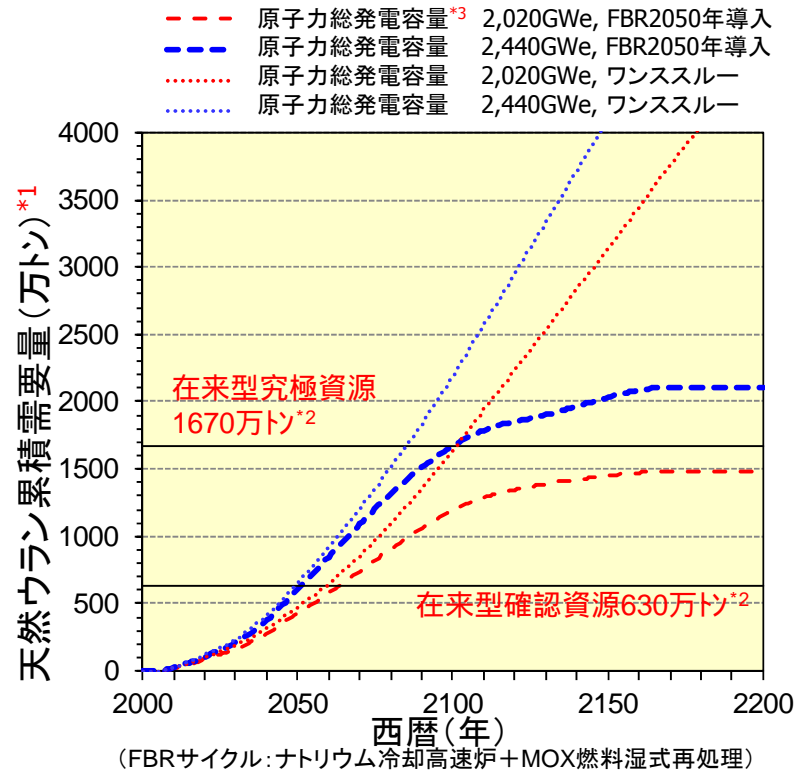


高速増殖炉サイクル(1)

高速増殖炉サイクルを進める意義

- 高速増殖炉サイクルの導入により、軽水炉サイクルに比べて、さらなるウラン資源の有効活用と高レベル放射性廃棄物の低減を図ることが可能となる。

高速増殖炉サイクルによるウラン資源節約効果



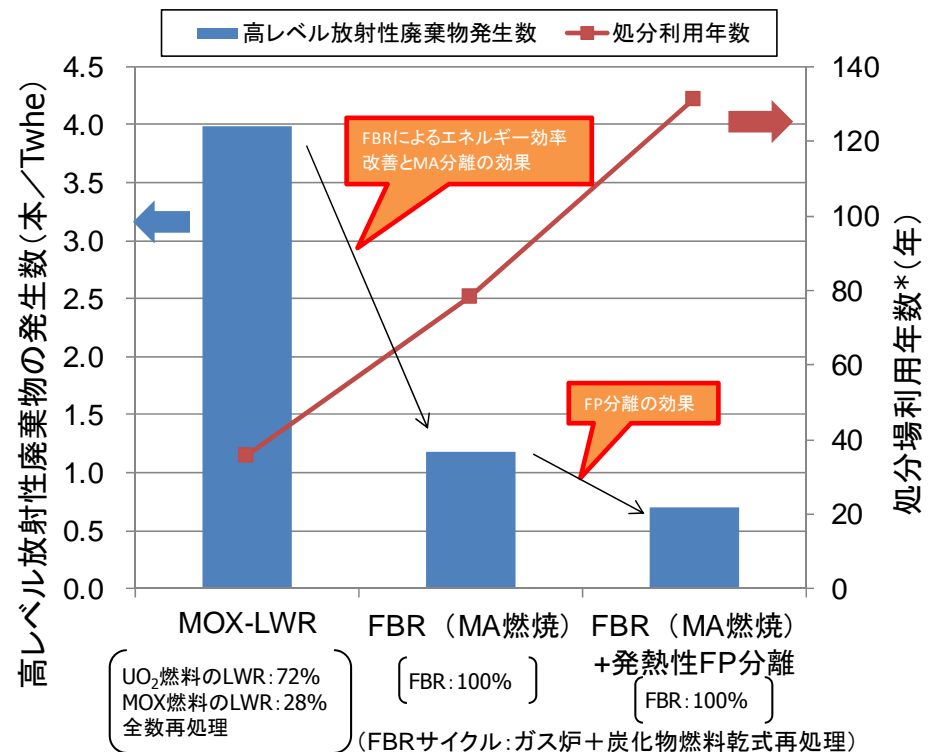
註記

*1: 2009年を起点にした累計(日本原子力研究開発機構試算)

*2: OECD/NEA, "Uranium 2009"(2010)

*3: ETP: "Energy Technology Perspectives" IEA(2010)等を基に日本原子力研究開発機構が試算したもので2100年時点での原子力総発電容量

高レベル放射性廃棄物量の削減効果



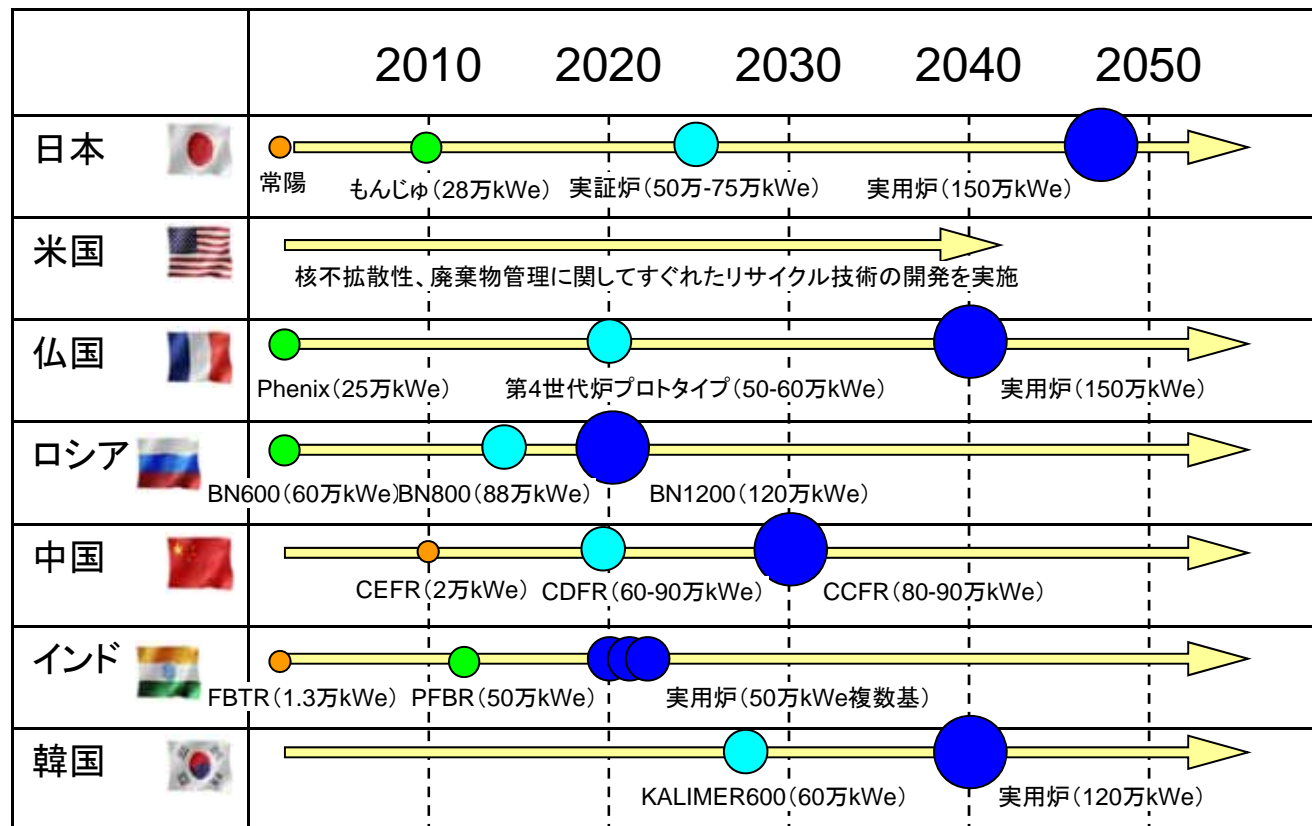
*処分場の最大貯蔵量を40,000万本と仮定

(出典 Advanced Nuclear Fuel Cycles and Radioactive Waste Management (OECD/NEA, 2006))

高速増殖炉サイクル(2)

世界の高速増殖炉開発の状況

- ロシア、中国、インドは2020～2030年の実用化を目指して開発、仏国も2040年頃から第4世代炉としてFBRを導入することを目標に、実証炉の概念設計を実施中
- 国際協力を通じ、各国で高速増殖炉に係る技術開発が進められている。



●: 実験炉 ●: 原型炉 ●: 実証炉 ●: 実用炉
 丸の大きさは発電規模を示す

国際協力

INPRO

(革新的原子炉・燃料サイクルシステムに関する国際プロジェクト)

- 27か国1機関が参画
- エネルギー需要を満たす革新的原子炉・核燃料サイクルの評価

GIF

(第4世代原子力システムに関する国際フォーラム)

- 12か国1機関が参画
- 第4世代炉実現に向けた国際協力の枠組みの検討

高速増殖炉サイクル(3)

高速増殖炉の開発ステップ

- 高速増殖炉原型炉「もんじゅ」及び高速増殖炉サイクル実用化研究開発(FaCTプロジェクト)の中で、高速増殖炉の実用化に向けて研究開発を実施中。

高速増殖炉サイクル実用化研究開発
(FaCTプロジェクト、2006～2015年)

ユーザが求める経済性、安全性、信頼性を
向上する革新的な技術の研究開発

原型炉もんじゅ
28万kWe



発電プラントとしての信頼性の実証
ナトリウム取扱技術の確立など

着工:
初臨界:
初併入(発電):
ナトリウム漏えい事故:
性能試験再開:

1985年10月
1994年4月
1995年8月
1995年12月
2010年5月

実験炉「常陽」
14万kWt



FBRの技術基盤

燃料・材料の基礎研究

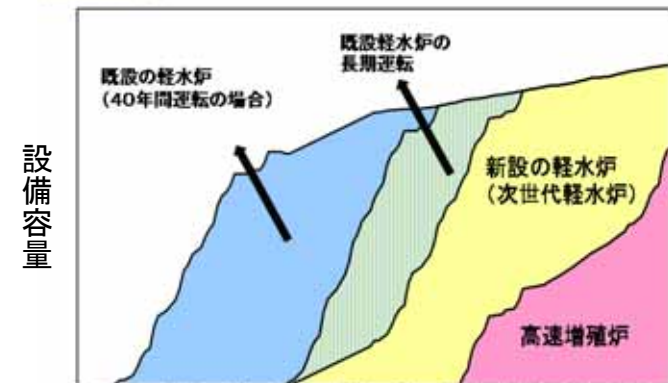
2025年頃実現
実証炉
50～75万kWe



2050年より前に導入
実用炉 150万kWe



中長期の商業用炉の方向性



(出典 日本原子力研究開発機構)

現在

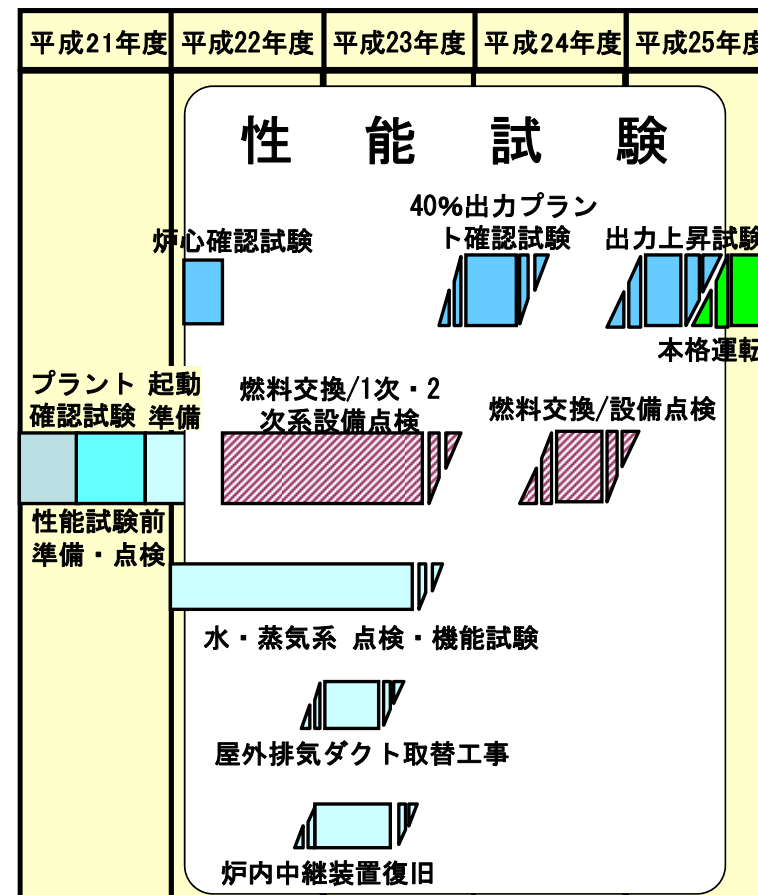
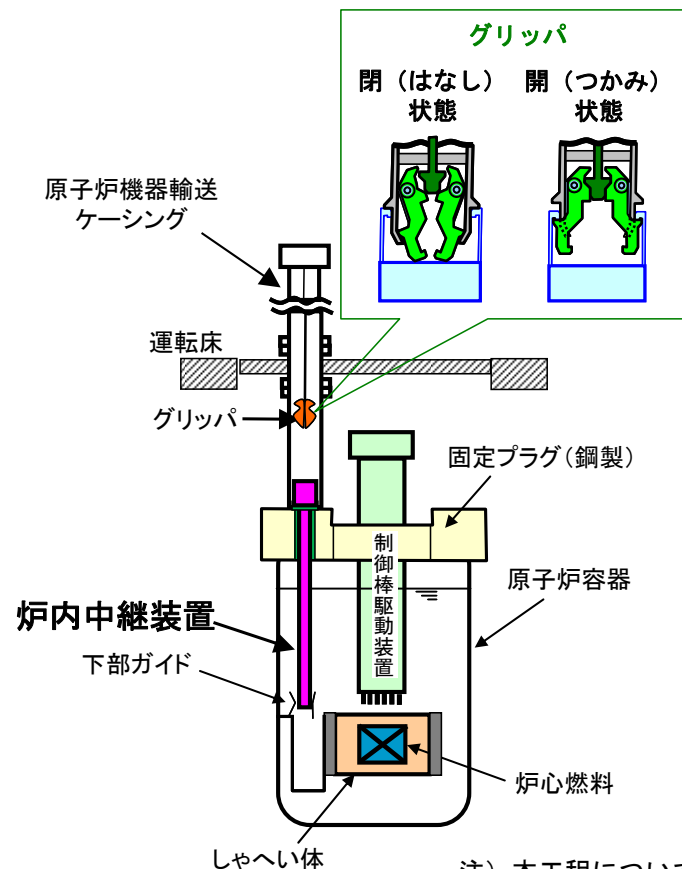
(出典)資源エネルギー庁作成

高速増殖炉サイクル(4)

高速増殖原型炉もんじゅの状況

- 「もんじゅ」は2010年5月に性能試験を再開し、炉心確認試験を同年7月に完了。
- 同年8月に燃料交換後に炉内中継装置が落下し、変形。現在炉内中継装置の引き抜き作業準備中。
- 2011年度内の40%出力プラント確認試験の開始、2013年度の本格運転開始を目指している。

炉内中継装置の落下

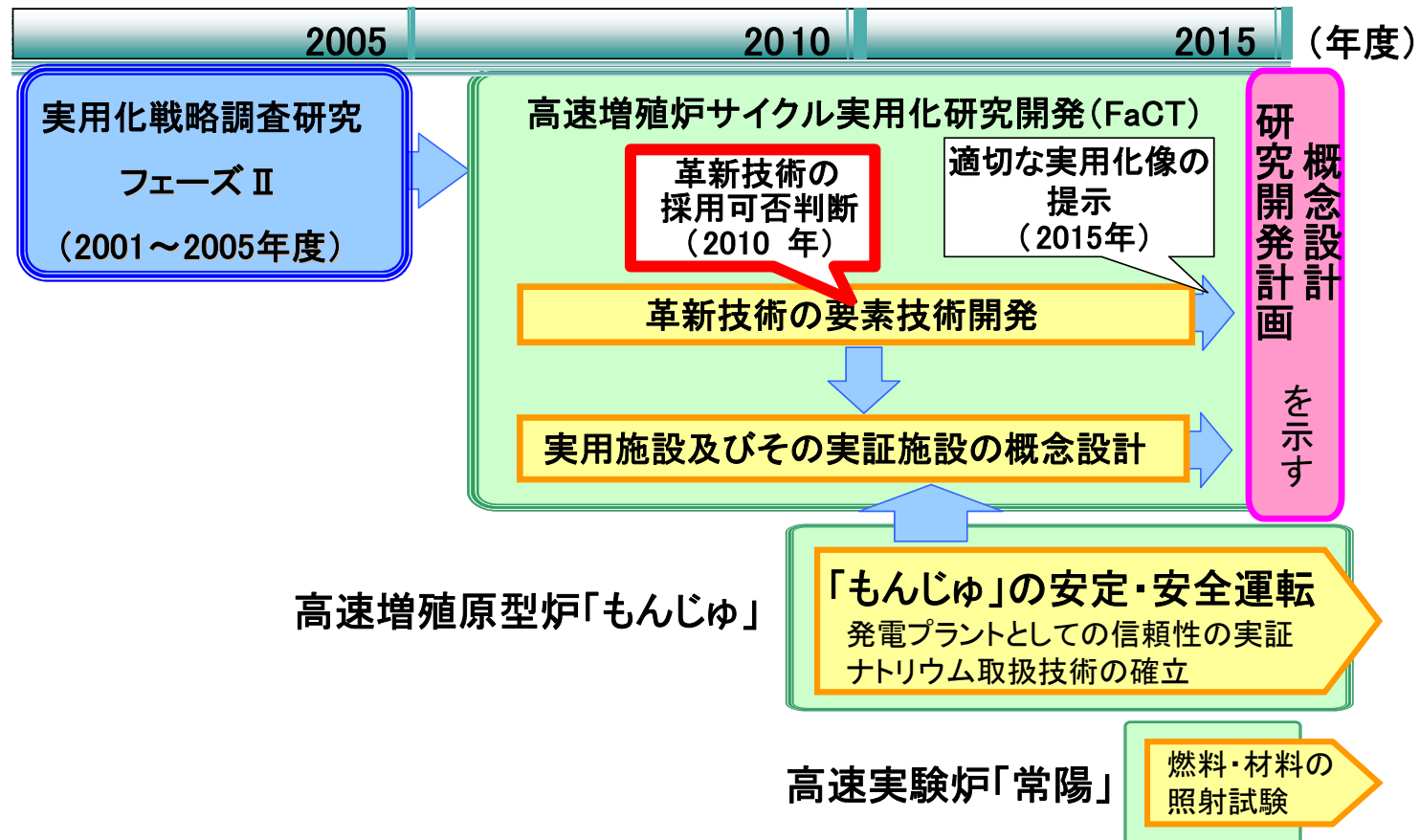


注) 本工程については、今後の作業の進捗状況や前倒しも含めた検討を踏まえて見直すことがある。

高速増殖炉サイクル(5)

高速増殖炉サイクル実用化研究開発(FaCT)の状況

- 革新技術の要素技術開発とその成果を反映した設計研究を行っている。
- 革新技術の採用可能性を判断し、現在、国による評価を実施しているところ。

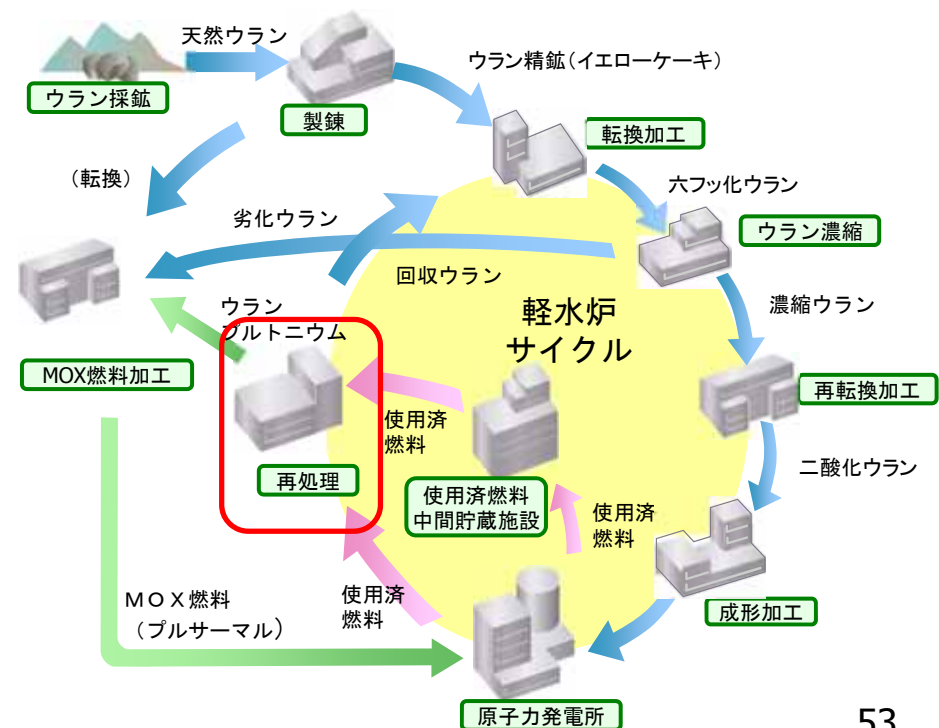


国内関係機関との連携： 電気事業者、研究機関、メーカ、大学

国際協力： 多国間協力(GIF、INPROなど)、二国間・三国間協力(日、仏、米など)

六ヶ所再処理工場に続く 再処理工場

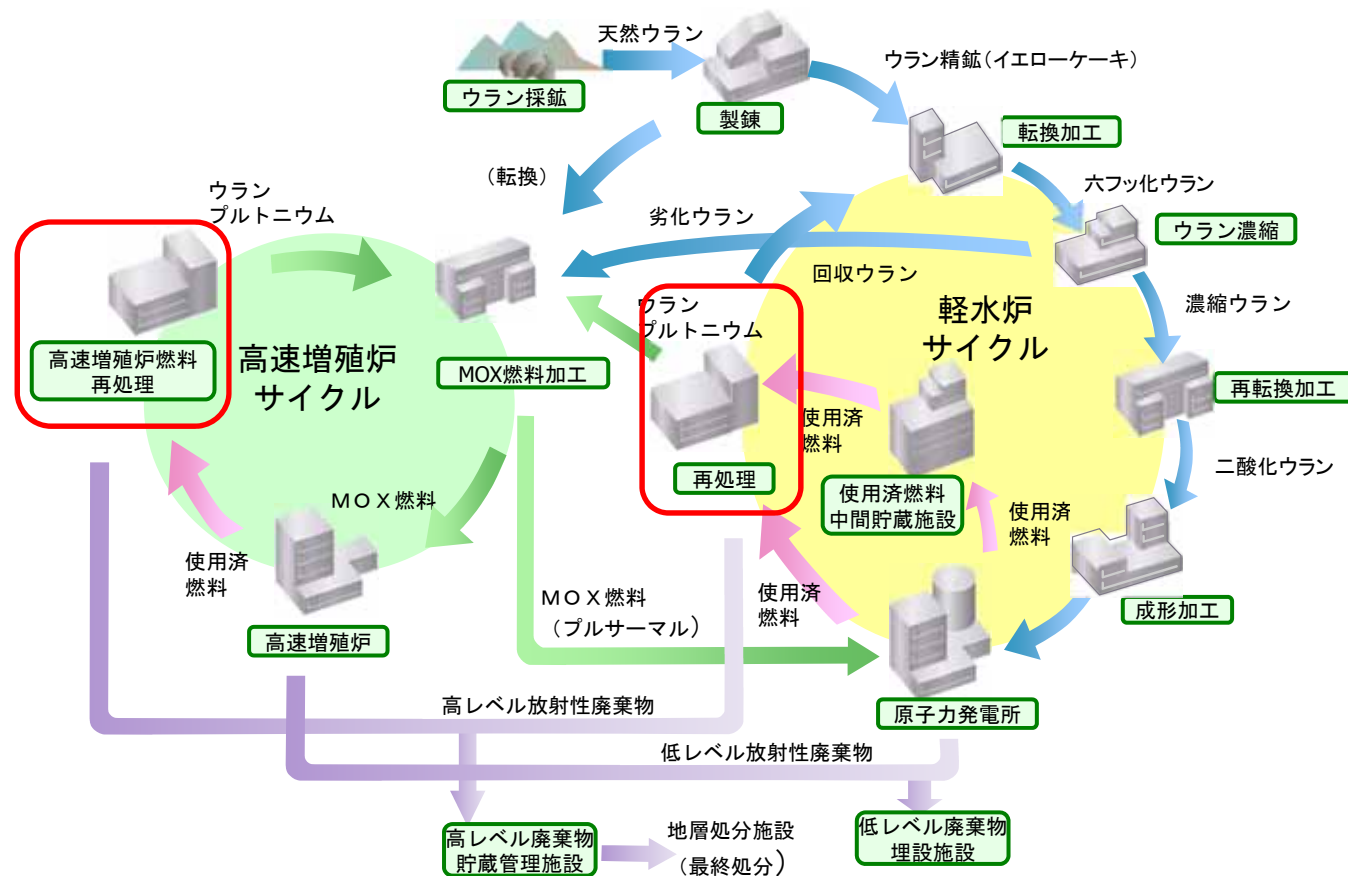
- 現行の大綱では中間貯蔵された使用済燃料及び使用済MOX燃料の処理については2010年頃から検討を開始し、使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム・ウラン等を有効利用するという基本的方針を踏まえ、六ヶ所再処理工場の操業終了に十分間に合うまでに検討することとしている



六ヶ所再処理工場に続く再処理工場(1)

六ヶ所再処理工場に続く再処理工場とは

- 六ヶ所再処理工場に続く再処理工場は六ヶ所再処理工場の運転実績、高速増殖炉及び再処理技術に関する研究開発の進捗状況、核不拡散を巡る動向を踏まえ、検討することとしている。



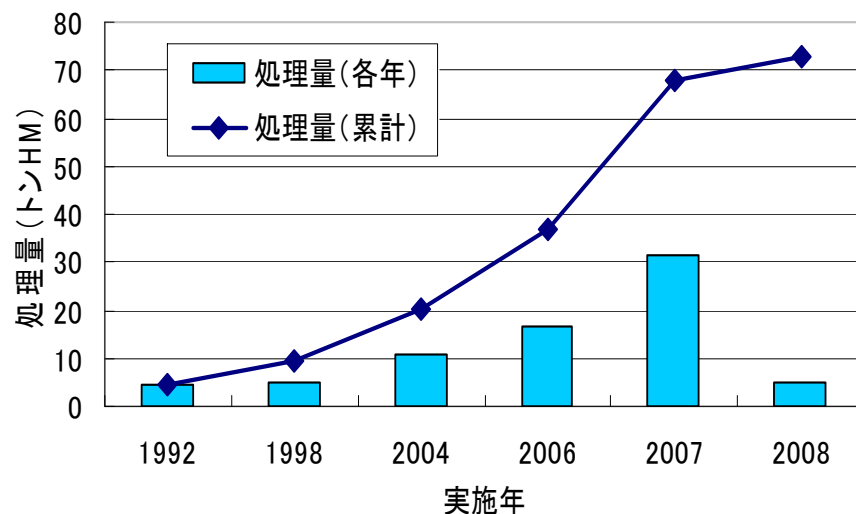
出典:IEAJのデザインをもとに内閣府作成

六ヶ所再処理工場に続く再処理工場(2)

使用済MOX燃料の再処理実績

- プルサーマルで発生する使用済MOX燃料は、技術的に再処理可能。
- 六ヶ所再処理工場の主要部分に技術導入した仏国の再処理工場において使用済MOX燃料を再処理した実績がある(約73トン)。
- また、日本でも新型転換炉ふげんの使用済MOX燃料を東海再処理工場で再処理した実績がある。(約29トン、1986～2007年度)

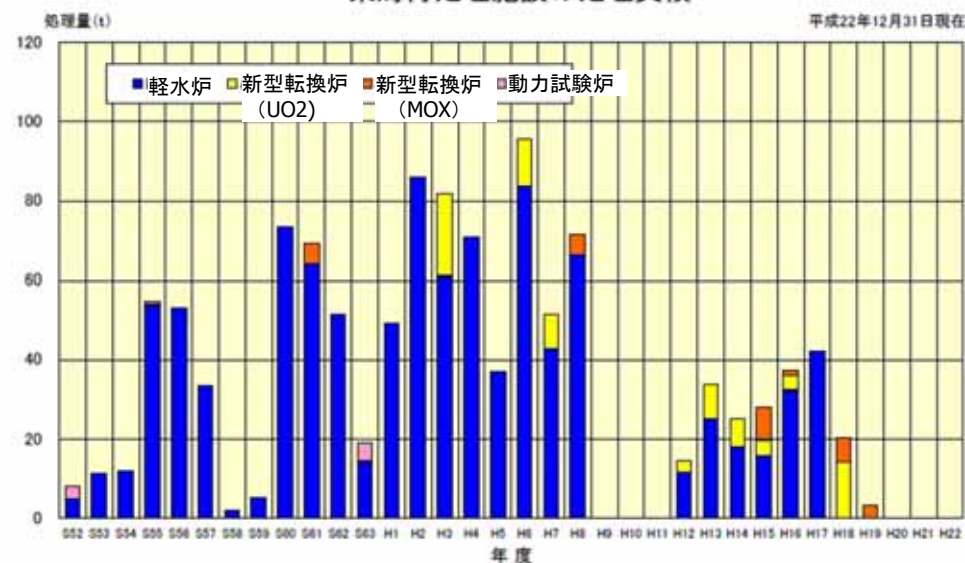
仏国※での使用済MOX燃料再処理実績



※アレバ社UP-2工場 (仏国ラ・アーグ)

出典：電気事業連合会

東海再処理施設の処理実績



出典：日本原子力研究開発機構HP図を編集

六ヶ所再処理工場に続く再処理工場(3)

六ヶ所再処理工場に続く再処理工場

- 現在、文部科学省、経済産業省、電気事業連合会、メーカー、日本原子力研究開発機構の五者が協力して検討の準備が進められている。

五者による第二再処理工場に係る2010年頃からの検討に向けた準備の開始 (平成19年4月)

中間経過報告「第二再処理工場に係る2010年頃からの検討に向けた予備的な調査・検討について」
(平成19年12月)

「核燃料サイクル分野の今後の展開について【技術的論点整理】」として検討結果をとりまとめ
(平成21年7月)

採用される可能性のある再処理プロセスについて、技術やコストの比較検討を実施してきている。

【技術的論点整理】の主な論点

○軽水炉からFBRへの移行期の視点

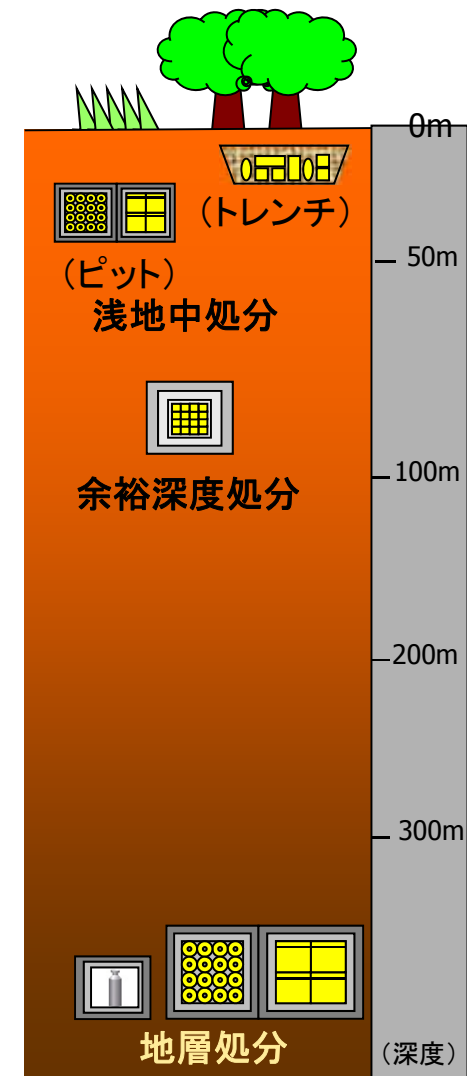
- 次世代の核燃料サイクルの検討に際し、60年以上に及ぶ「軽水炉からFBRへの移行期」に係る視点追加が必要。
- 次世代の核燃料サイクルの検討に際しては、軽水炉とFBRの2つの核燃料サイクルの総合合理性の観点から判断が必要。

第二再処理工場のバリエーション例

プロセス的視点	物理的視点	イメージ
異なる	異なる	
異なる	併設	
一部供用	併設 一部供用	
大部分共用	併設 大部分共用	
同一	同一	

・放射性廃棄物

- 現行の大綱では「発生者責任の原則」「放射性廃棄物最小化の原則」「合理的な処理・処分の原則」及び「国民との相互理解に基づく実施の原則」のもとで、適切に区分を行い、それぞれの区分毎に安全に処理・処分することが重要としている。



放射性廃棄物に係わる法制度の整備状況

- 発電所廃棄物のうち、浅地中処分事業は、青森県六ヶ所村で日本原燃(株)が進めているが、他の廃棄物については、処分施設の立地が進んでいない。
- 研究施設等廃棄物、ウラン廃棄物については法整備が進んでいないものがある。

廃棄物の区分	処分方針 (原子力委員会)	安全規制関係法令	安全審査指針 (原子力安全委員会)	処分事業
発電所廃棄物	整備済	整備済	整備済	○ピット処分 日本原燃（株）が青森県六ヶ所村で平成4年に操業を開始。 ○余裕深度処分 電事連及び日本原燃（株）が処分について調査・検討中。
研究施設等廃棄物 (ウラン廃棄物を除く)	整備済	一部整備済	整備済	・ J A E A が、概念設計及び立地基準等について検討中。
ウラン廃棄物	整備済	未整備	未整備	
T R U 廃棄物	整備済	整備済	一部整備済	・ N U M O（原子力発電環境整備機構）が、立地活動を実施中（地層処分相当の廃棄物）。
高レベル放射性廃棄物	整備済	整備済	未整備	・ N U M O が、立地活動を実施中。

放射性廃棄物(2)

低レベル放射性廃棄物の発生量

- 各原子力施設等で低レベル放射性廃棄物の貯蔵量は増えてきている。
- 原子力発電所の廃止に伴い、余裕深度処分対象廃棄物の発生量の増加が見込まれる一方、処分施設の建設には浅地中埋施設より時間を要するため、早期の対応が必要となっている。

国内の低レベル放射性廃棄物の発生状況

(単位: 200ℓドラム缶換算(千本))

機関	年度	平成15年度末	平成16年度末	平成17年度末	平成18年度末	平成19年度末	平成20年度末	平成21年度末
実用発電用原子炉施設		約528	約540	約568	約582	約603	約624	約648
日本原子力研究開発機構		約336	約339	約342	約346	約347	約349	約355
核燃料加工施設 (原子力機構の保有する施設を除く)		約 37	約 38	約 41	約 42	約 44	約 45	約 47
(社)日本アイソトープ協会		約 94	約102	約110	約117	約120	約130	約139
計		約994	約1,019	約1,061	約1,086	約1,114	約1,149	約1,189

(四捨五入の関係により、合計が一致しない場合がある。)

出典: 原子力ポケットブック2010

国内の廃止商業用発電炉

名称	炉型	出力(万kW)	運転期間	現状
東海発電所	GCR	16.6	1966年 7月-1998年 3月	解体届(2001年10月) 認可(2006年6月) 第2期工事中
浜岡1号機	BWR	54.0	1976年 3月-2009年 1月	解体準備中(認可2009年11月)
浜岡2号機	BWR	84.0	1978年11月-2009年 1月	

出典: 原子力ポケットブック2010

* 廃炉にともない、炉内構造物など放射能レベルの高い廃棄物は余裕深度処分対象廃棄物となる

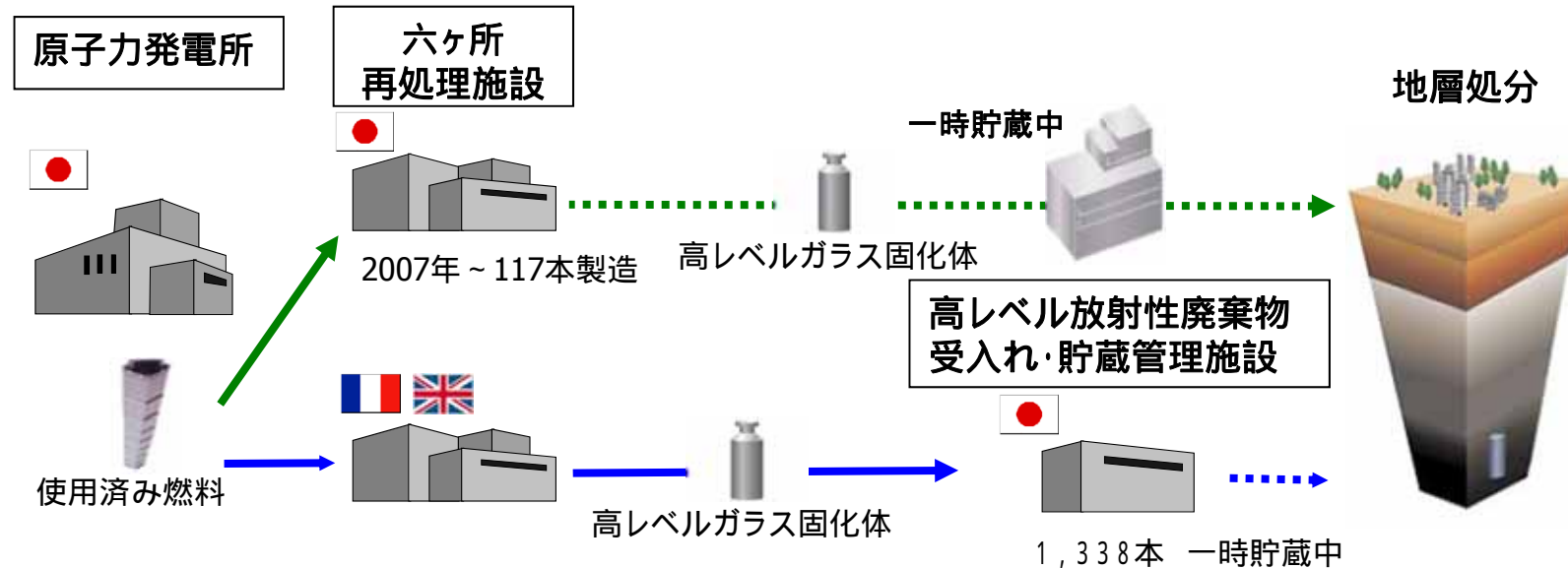
2009年度末における発電所での保管量(余裕深度処分対象相当)

	BWR	PWR	GCR
制御棒(本)	4,041	5,490	91(m3)
チャンネルボックス(本)	66,579	—	—
樹脂等(m3)	16,550	948	60

出典: 原子力施設運転管理年報 2010

高レベル放射性廃棄物の発生予測

- 現在、六ヶ所村にある日本原燃(株)の施設には、海外から返還された1,338本のガラス固化体と、再処理工場の試運転で製造されたガラス固化体117本が貯蔵されている。
- 今後も英国から約900本が返還される他、六ヶ所再処理工場が本格稼働すると約1,000本/年のガラス固化体が発生する。
- 六ヶ所村にある日本原燃(株)の施設での貯蔵は最長50年とされており、最も早期に貯蔵を開始したガラス固化体はすでに15年余りを経過している。



搬入実績

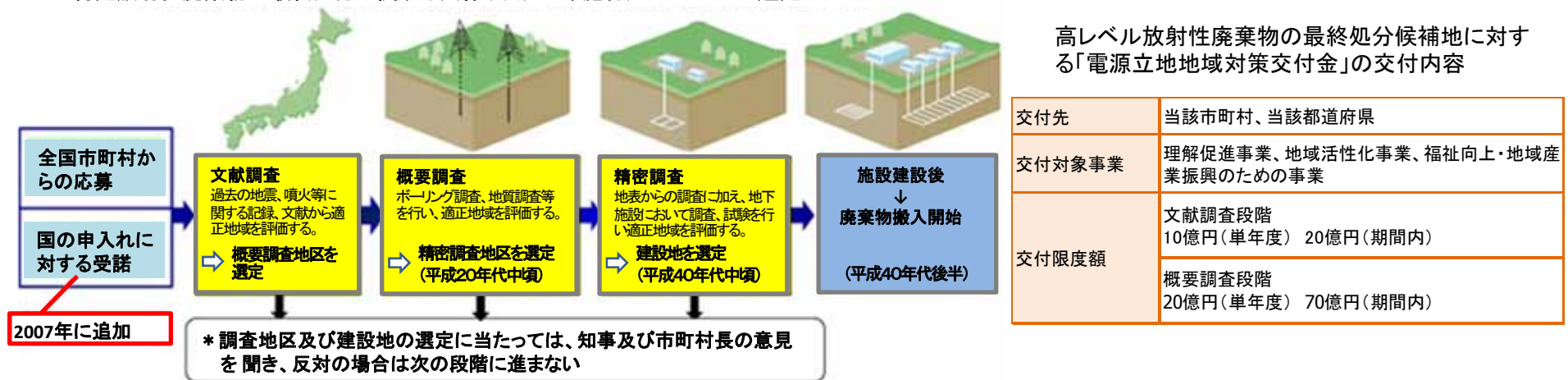
国	期間	本数	状況
仏国	1995年～2007年	1,310本	完了
英国	2010年～	28本	継続中

放射性廃棄物(4)

高レベル放射性廃棄物処分施設の現状

- 2000年に「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」が成立。
- 2002年から事業主体である原子力発電環境整備機構が最終処分施設の設置可能性を調査する区域の公募を全国市町村を対象に開始したが、受入を表明した自治体はない。

「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律(平成12年施行)に基づく立地選定プロセス



出典:原子力発電環境整備機構パンフレットより作成

主な経緯

2007年

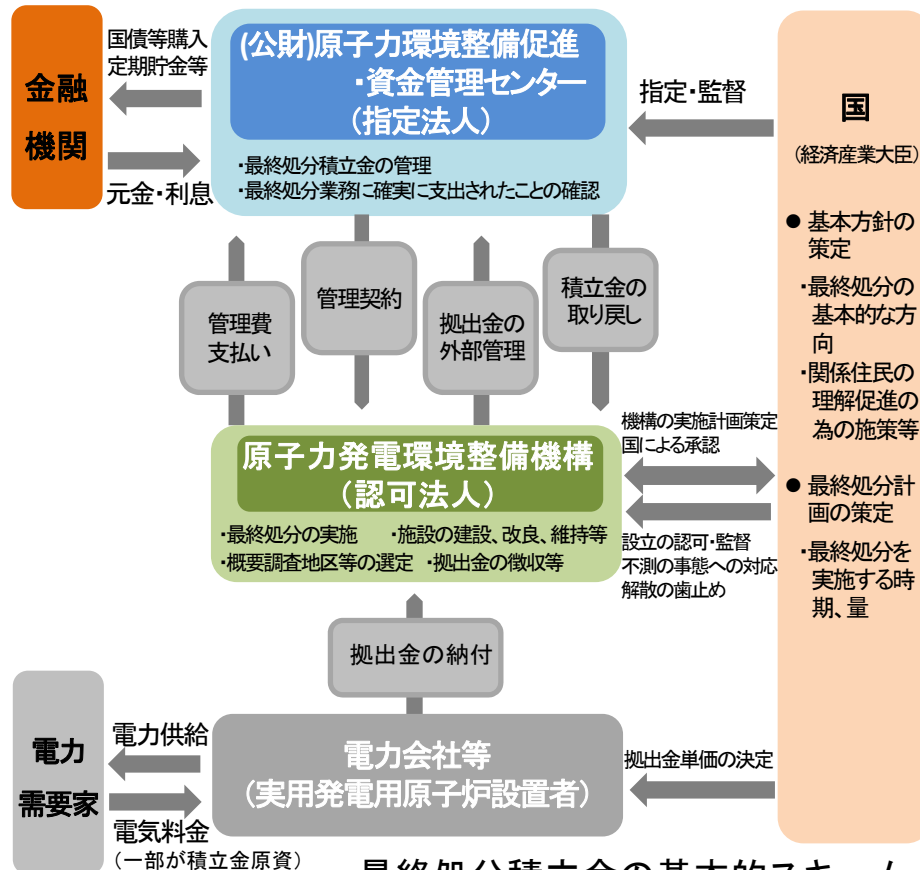
- 1月25日 高知県東洋町が全国初の応募
- 3月28日 応募に伴う事業計画変更認可(平成19年度から文献調査開始可能)
- 4月5日 民意を問うために町長が辞職し、出直し選挙への出馬を表明
- 4月22日 出直し町長選挙において、反対立場候補が当選(1,821票:761票)
- 4月23日 東洋町が応募取下げ
- 4月26日 応募取下げに伴う事業計画変更認可(文献調査取り止め)

公募方式に加え、国が前面に立った取り組みとして、地域の意向を尊重した国による文献調査申し入れ実施も可能とするとともに、国の最終処分事業に関する説明責任を明確にする等、国の取組みを強化。

放射性廃棄物(5)

最終処分積立金のスキーム

- ガラス固化体の最終処分については実施に必要な処分費用を計画的に確保することが極めて重要であることから、法に基づき(公財)原子力環境整備促進・資金管理センターが2000年に資金管理業務を行う指定法人として指定、原子力発電整備機構からの拠出金を管理している。
- 積立に必要な拠出金の単価は毎年、国が見直しを行い、積み立てが行われている



最終処分積立金の基本的スキーム

出典: (公財)原子力環境整備促進・資金管理センターHP

第一種特定放射性廃棄物量の見込み 単位: 本

年	これまでに拠出金が手当てされた量	2010年	2011年	2012年	2013年
当年分	約9,900	約1,300	約1,300	約1,400	約1,400
過去分 *1	約9,700	約 900	約 900	約 900	約 900

*1 過去分の発電用原子炉の運転に伴って生じた使用済燃料の再処理等を行った後に生ずる第一種特定放射性廃棄物の量は、約13,300本と見込まれており、これを2000年からの15年間に分割。

出典: 特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画

第一種特定放射性廃棄物積立金運用残高(増減実績表)

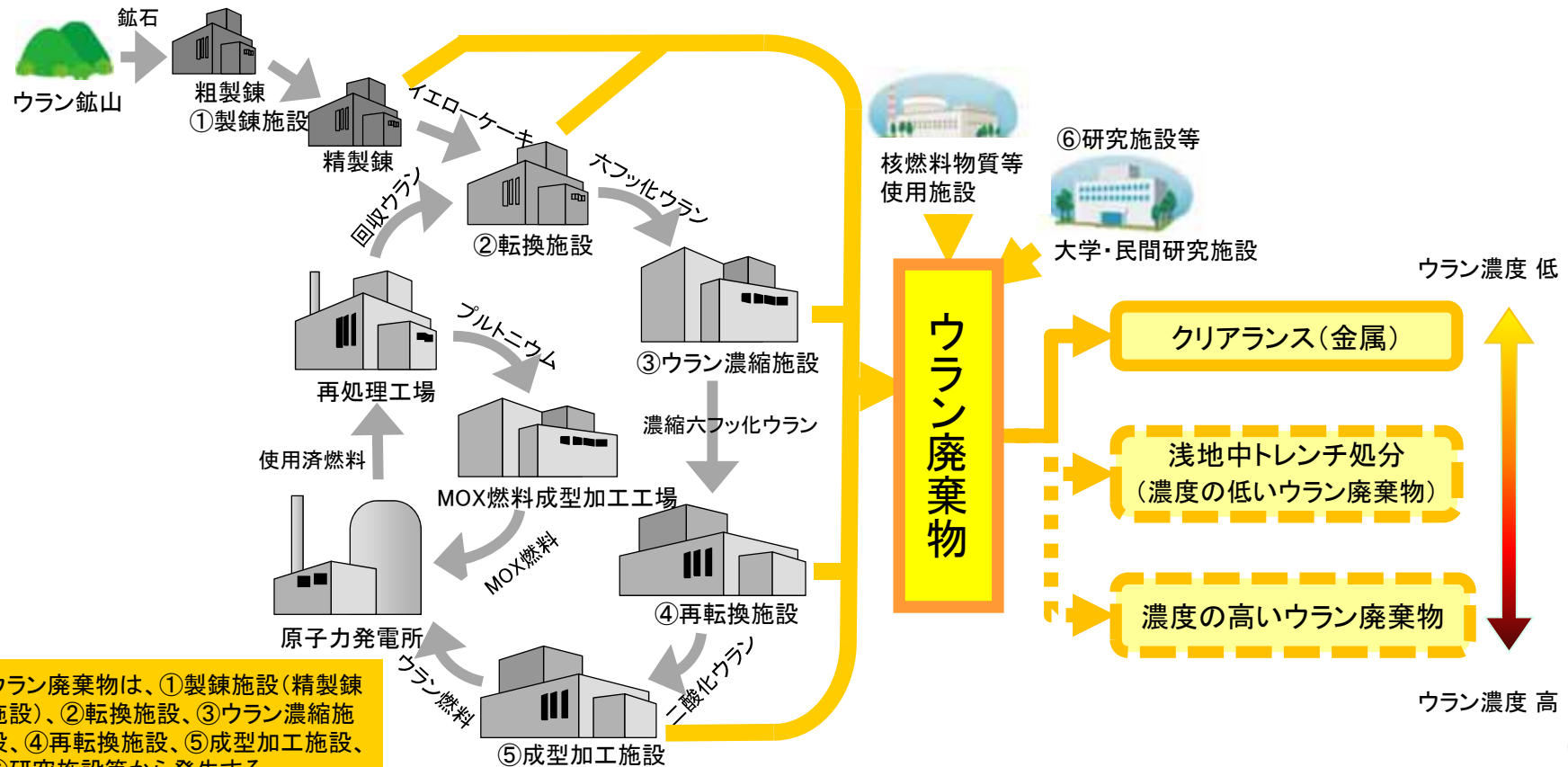
	残高(前年度末) 百万円	増 加 百万円	減 少 百万円	残高(当年度末) 百万円
積立金受入	652,977	84,420	0	737,397
積立金取戻	39,146	0	4314	43,460
利息等	35,957	9,456	0	45,413
合 計	649,788	93,876	4,314	739,350

出典: 原子力環境整備促進・資金管理センター 最終処分資金管理業務に関する事業報告書

放射性廃棄物(6)

ウラン廃棄物の発生と処理・処分

- ウラン廃棄物は、主にウラン濃縮施設、再転換施設、成型加工施設、研究施設等から発生し、クリアランスになるもの以外は、ウラン濃度などに応じて適切に区分し、それぞれの区分に応じた処分方策を講じることとされている。
- 処分については、安全規制制度が未確立であり、そのような廃棄物を対象とする埋設計画が具体化する段階で検討することとされている。



放射性廃棄物(7)

研究施設等廃棄物の処理、処分に係る現状

- 原子力は、発電以外にも研究開発、教育、産業、医療等の幅広い分野で利用されており、これらの活動からも放射性廃棄物が発生する。
- これらの放射性廃棄物についても、保管継続による負担等が問題となっており、早急な処分の実施が必要である。発生者を対象とした研究施設等廃棄物の埋設事業に関する説明会が開始されたところ。



・研究用原子炉



・核燃料試験研究



・大学等での基礎研究



・病院でのがん診断

その他

・工業製品の測定

・小規模施設での研究 等

○廃棄物発生事業者: 約2,400事業所

- ・(独)日本原子力研究開発機構(原子力機構)
- ・その他は、大学、独立行政法人、公益法人、医療法人、地方自治体、民間企業等

＜各事業者の状況＞

○現在、研究施設等廃棄物の処分場がなく、各事業者において廃棄物が累積。

○近い将来、廃棄物量が保管能力を超え、今後の研究・開発等に支障。

○過去に発生した廃棄物の保管管理のみを行う事業者の負担が継続。

○老朽化施設の解体が困難。

○昭和20年代から発生、累積している廃棄物量

: 約57万本 (このうち、原子力機構は約36万本)

(物量は200Lドラム缶換算値。平成22年3月末現在)



原子力機構における廃棄物保管状況



解体中の原子力施設

放射性廃棄物(8)

研究施設等廃棄物の埋設事業の概要

- 研究施設等からの放射性廃棄物について、2008年6月に処分実施主体を日本原子力研究開発機構とする法整備が行われた。
- 「埋設処分業務の実施に関する基本方針」(平成20年12月25日、文部科学大臣、経済産業大臣)では、日本原子力研究開発機構は、我が国全体として抜け落ちのない効率的な放射性廃棄物の処分体制の構築を図っている。

原子力機構法の改正(2008年6月)

- 廃棄物発生量のほとんどを占め、処分に関する技術的知見を有する原子力機構が処分業務を実施
- (1) 処分実施主体の明確化
原子力機構が、自ら及び他者の廃棄物を合わせて処分することを原子力機構の本来業務に位置付け。
 - (2) 処分業務の確実性・合理性の担保
原子力機構は、国の定める基本方針に即して、埋設処分業務の実施計画を作成し、国が認可。
 - (3) 処分業務の独立性・透明性の確保
埋設処分業務勘定の新設により、処分費用を原子力機構の他の研究開発費と分けて管理するとともに、当該勘定の資金の翌事業年度への繰越し等が可能。



(埋設施設イメージ)

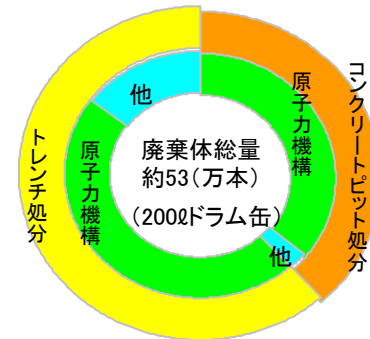
出典：日本原子力研究開発機構

埋設事業の概要

- 研究施設等廃棄物を対象として、浅地中処分(トレンチ、コンクリートピット処分)を実施

■ 埋設処分物量(見込み)

- ・平成60年度末までに想定される埋設処分物量：
(平成20年度調査結果)
約53万本(2002ドラム缶)
(うち、原子力機構の廃棄物量は約43万本)



■ 埋設事業費用(見込み)

- ・上記物量に基づき想定される総事業費用：約2,000億円

■ 埋設事業のスケジュール

- 立地の合意が得られた後、下記スケジュールで事業を実施



*1: 覆土は埋設段階毎に行われる。この3年は全ての埋設を完了させるための最終的な覆土を指す。
*2: 段階管理期間は、トレンチ処分で50年間、ピット処分で300年間と設定されている。

使用済燃料の直接処分に係る研究状況

- 海外では核不拡散や再処理コストの面で使用済燃料の直接処分を選択している国があり、事業化や研究が進められている。
- 我が国でもこれまで、使用済燃料の直接処分技術に関する調査・整理を実施している。

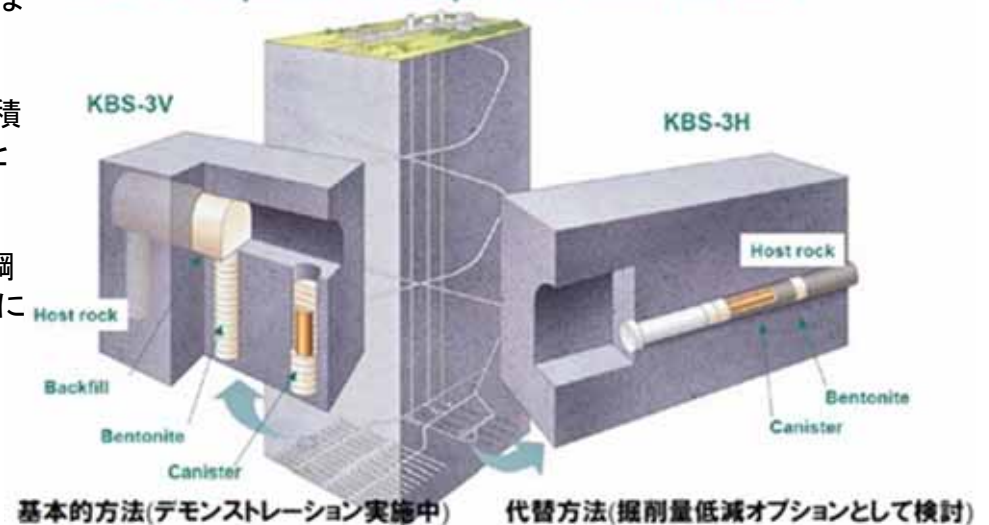
【調査・整理の考え方】

- ・ 基本的な技術はガラス固化体の地層処分の技術を流用できる。
- ・ 先行している海外事例(スウェーデン、フィンランド等)における既存情報や技術開発動向について調査等を実施する。

【成立性やコストへの影響の観点から不確定要因があるとされた項目のうち、以下の項目を対象に調査・整理】

1. 放射線分解や酸化還元フロント進展の挙動と影響
⇒ 処分環境やキャニスター(鉄)の存在を考慮すると影響は顕著でない。
2. 廃棄体発熱量などの処分施設設計への影響評価
⇒ 前回大綱策定時の技術小委における処分施設専有面積(m^2/tU)については、スウェーデン、フィンランドのそれと比較しても大きな差はない。
3. 廃棄体定置方法および地下施設設計手法
⇒ 処分坑道断面積大幅減少の可能性があるが、前回大綱策定時の技術小委における横置き方式の参考幅の中にほぼ入る。
4. 臨界回避・評価
⇒ 燃焼度クレジットとFPの考慮が重要である。
5. 燃料集合体の発熱量、核種量の評価・設定
⇒ LWRやLWR-MOXの解析例を調査した。

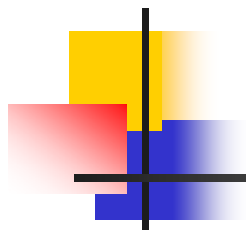
KBS-3 disposal concept: two alternatives



前回大綱策定時の技術小委の評価結果*に大きな影響を及ぼすものではない。

*「基本シナリオの核燃料サイクルコスト比較 に関する報告書」(平成16年11月、原子力委員会新計画策定会議 技術検討小委員会) 66

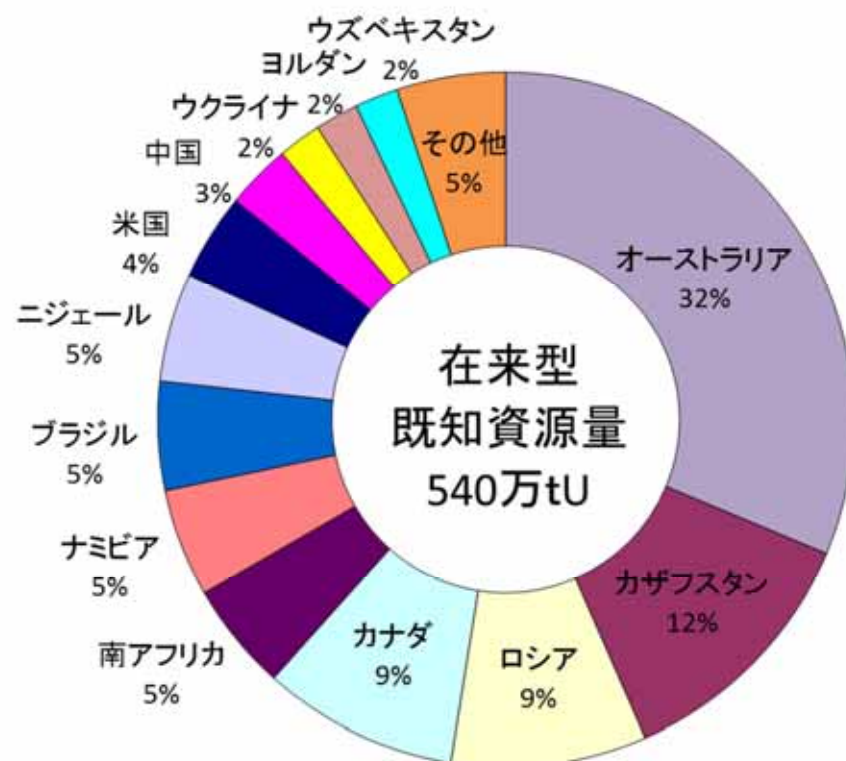
出典：日本原子力研究開発機構



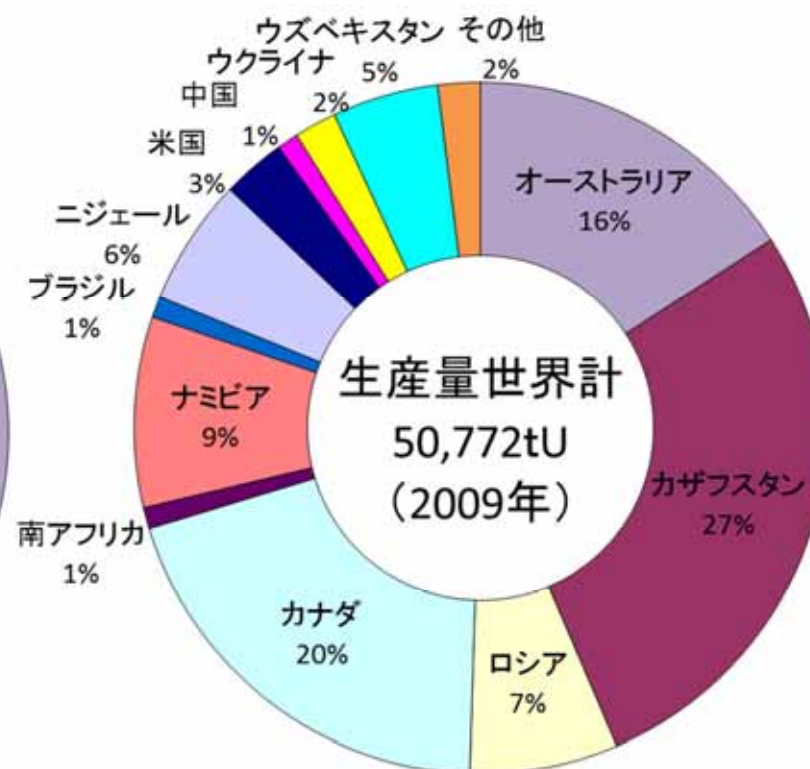
· 参考

参考(2) ウラン資源

- 天然ウラン鉱は世界に広く産出する。
- 生産量ではカナダ、オーストラリア、カザフスタンが全体の6割を占める。



(注)トンU: 金属ウランでの重量トン
(出典) OECD/NEA & IAEA, Uranium2009



(注)トンU: 金属ウランでの重量トン
(出典) World Nuclear Association (2009年)

参考(3)

事業者による天然ウラン調達状況(1)

- 協働開発探鉱については、事業者は国の支援の下、ウラン鉱山の探鉱及び開発プロジェクトに参加し、権益の確保を進めている。

日本企業が権益を持つ主なウラン鉱山

	国名	鉱山名	参加年度	参加企業	出資比率(%)
生産中 (試験生産を含む)	ニジェール	アクータ	1974	海外ウラン資源開発	25%
				SOPAMIN(ニジェール国営地下資源関連事業会社)	31%
				AREVA(仏)	34%
				ENUSA(スペインウラン公社)	10%
	カナダ	マックリーンレイク	1992	海外ウラン資源開発(OURD Canada)	約8%
				AREVA(AREVA Resources Canada)	70%
				DENISON Mines(カナダ)	約23%
	カザフスタン	ウェストムインク デュック	2005	住友商事	25%
				関西電力	10%
				カザトムプロム(カザフスタン)	65%
		ハラサンⅠ、Ⅱ	2007	丸紅	
				東京電力	
				東芝	
				中部電力	
				東北電力	
				九州電力	
				カザトムプロム(カザフスタン)	
				ウラニウムワン(カナダ)	

出資比率は非公開。
日本側6社で生産量の
4割相当の引き取り権を確保。

参考(4)

事業者による天然ウラン調達状況(2)

開発中	カナダ	シガーレイク	1997	出光興産(Idemitsu Canada Resources)	約8%
				東京電力(Tepco Resources)	約5%
		ミッドウェスト	1991	Cameco(カナダ)	約50%
				AREVA(AREVA Resources Canada)	約37%
	豪州	キンタイア	2008	海外ウラン資源開発(OURD Canada)	約6%
				AREVA(AREVA Resources Canada)	約69%
		ハネムーン	2008	DENISON Mines(カナダ)	約25%
				三菱商事(Mitsubishi Development Pty Ltd)	30%
F/S中	カナダ	キガビック・シッソ ズ	2000	Cameco(カナダ)	70%
				三井物産(Mitsui & Co. Uranium Australia)	49%
	アメリカ	ロカホンダ	2007	ウラニウムワン(カナダ)	51%
				JCU(Canada)Exploration Co., Ltd.	約34%
	豪州	レイクメイトランド (西豪州)	2009	AREVA(AREVA Resources Canada)	約65%
				Daewoo(韓)	約2%
				住友商事グループ	40%
				ストラスモア(Strathmore Minerals Corporation)	60%
	カナダ	クリーエクステン ション	2000	日豪ウラン(JAURD International Pty Ltd)	30%
				伊藤忠商事(ITOCHU Minerals & Energy of Australia Pty Ltd)	5%
				メガウラニウム(カナダ)	65%
				JCU(Canada)Exploration Co., Ltd.	約30%
ナミビア	ロッシングサウス	2009	Cameco(カナダ)	約42%	
			AREVA(AREVA Resources Canada)	約28%	
			伊藤忠商事(Nippon Uranium Resources)	約16%	
			Extract Resources(豪)	約36%	
			Kalahari Minerals(英)	約29%	
			Rio Tinto(英)	約19%	

参考(5)

我が国におけるウランの輸出入

- 我が国では六ヶ所ウラン濃縮工場で濃縮するために六フッ化ウランで輸入するウラン、既に海外で濃縮された六フッ化ウラン、または二酸化ウランで輸入するウラン(粉、または燃料体)がある。

* 我が国の年間所要量は2008年度で約700t、2010年度で約900t、2015年度で約900～約1,000tとみられている(原子力ポケットブック2009)

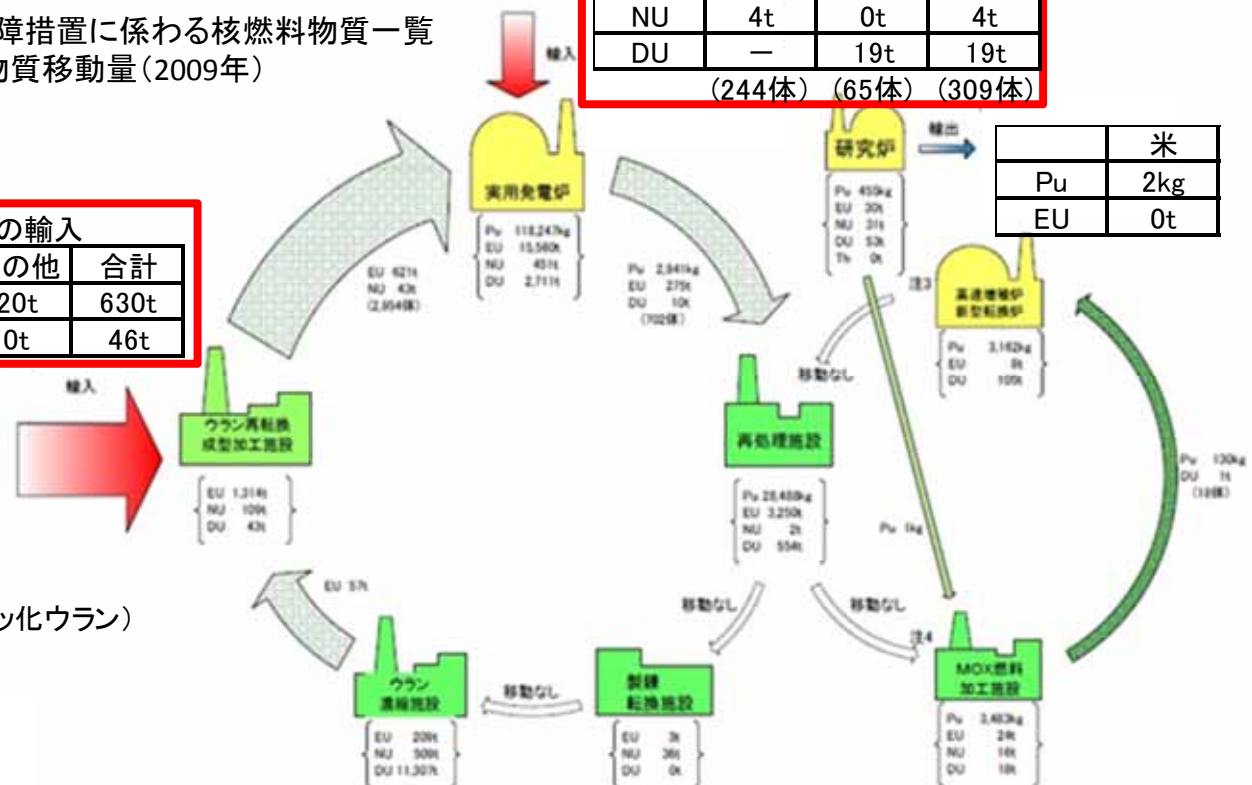
我が国における保障措置に係わる核燃料物質一覧
主要な核燃料物質移動量(2009年)

燃料体の輸入			
	米	仏	合計
Pu	—	1720kg	1720kg
EU	49t	1t	50t
NU	4t	0t	4t
DU	—	19t	19t
	(244体)	(65体)	(309体)

	米
Pu	2kg
EU	0t

二酸化ウラン(粉)または六フッ化ウランの輸入						
	米	仏	英	加	その他	合計
EU	498t	53t	59t	—	20t	630t
NU	0t	—	—	46t	0t	46t

Pu: プルトニウム
EU: 濃縮ウラン(二酸化ウランまたは六フッ化ウラン)
NU: 天然ウラン(六フッ化ウラン)
DU: 劣化ウラン
Th: トリウム
(): 燃料単位体数



参考(6)

トリウムサイクル

- ウラン探査への関心の高まりとともに、レアアース資源であるモナザイト等の鉱石からとられる、トリウムとその利用に近年関心が高まった。
- トリウム自身は核分裂性ではなく、トリウムが中性子を吸収して生成するウラン233の核分裂を利用する概念であるが、商業的利用はされていない。

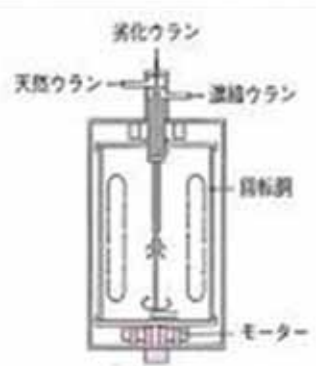
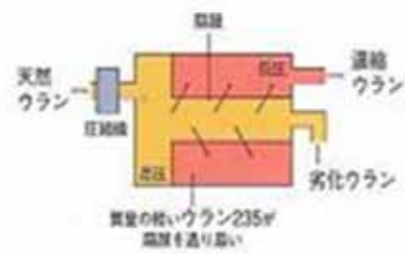
- トリウムサイクルでは、核分裂性を有するウラン233をトリウム232から生成して利用する。その際、プルトニウムの発生量はウランサイクルに比べて数分の一になる。
- 使用済燃料の再処理が困難であることなどから、核不拡散性が高いとの意見がある一方、米国では兵器転用の実績があり、INFCE(国際燃料サイクル評価:1977~1980年に米国の呼びかけで実施)では核不拡散性はプルトニウムサイクルと同等とされ、ウラン233の保障措置上の位置づけもプルトニウムと同等である。
- ウラン資源とは異なる資源分布を持ち、米国では近年賦存量増加が発表されたほか、ノルウェイも自国資源として利用を検討している。OECD/NEAの報告では未発見のものを含め約600万トンと報告されている(ウランは未発見を含め約1,600万トン)。
- インドはもともとウラン資源が少なく、U利用からU-Puリサイクルに進み、最終的にはTh-Uリサイクルを目指す3段階開発を構想する。
- 日本には資源的価値のある鉱床はない。
- 第四世代の6つの原子炉システムの一つとしてトリウムを用いた溶融塩炉が開発のオプションの一つに採用されている。ただし、具体的な開発協力の検討を行うシステム枠組みの取決めには至っていない。
- 日本原子力学会においても、昨年、トリウム利用に関するワーキンググループが設置された。



Monazite is a phosphate mineral normally occurs in small isolated crystals. It contains rare earth metals and is an important ore for thorium, lanthanum and cerium. Many regions in the world have large deposits of monazite sands.

ウランの濃縮

- 天然に産出するウランには核分裂しやすいウラン(ウラン-235)が0.7%しか含まれない。
- 原子炉(軽水炉)で効率良く核分裂を起こし、エネルギーを取り出すにはこの核分裂しやすいウランを3~5%程度まで濃縮する必要がある。
- 濃縮技術の主なものとしては遠心分離法とガス拡散法があり、我が国では遠心分離法を採用している。

	濃縮原理	特徴	消費電力	概念図	現在の開発状況
遠心分離法	UF ₆ ガスを遠心分離機により遠心力を作用させて ²³⁵ UF ₆ を濃縮し回収する	①消費電力が小さい ②可動部が多い	小		日本、ヨーロッパ、ロシア等で実用化
ガス拡散法	²³⁵ UF ₆ ガスと ²³⁸ UF ₆ ガスの分子の運動速度の差を利用する	①消費電力が大きい ②設備が大規模	大		米国、仏国等で実用化

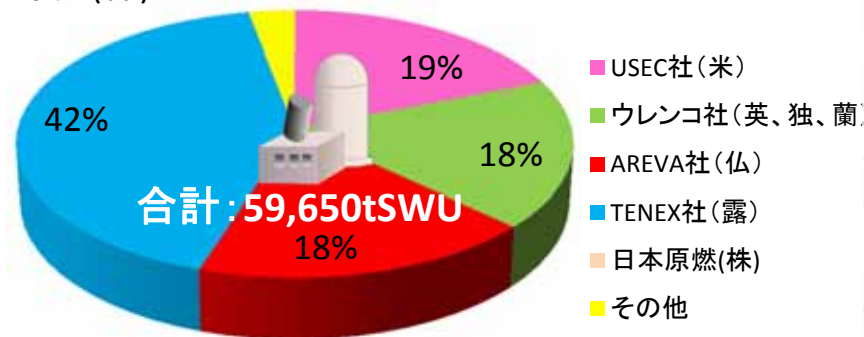
参考(8)

ウランの濃縮シェア

- 濃縮ウランは米国、ロシア、仏国、英国・ドイツ・オランダを中心とした供給体制がシェアのほとんどを占めている状況にある。
- 我が国では濃縮ウランの安定確保のため、1970年代より自国でのウラン濃縮技術の確立を目指して研究が行われ、1990年代初頭より民間による濃縮事業が開始された。

世界のウラン濃縮施設(規模)

日本原燃(株) 0% 3%



日本原燃(株): 新型機更新中
(最終的には1,500tSWUを計画)

出典: OECD NEA(2006)Nuclear Energy Data, WNA Market Report 2009

SWU: 天然ウランを濃縮する際に必要になる仕事量を表し、濃縮度を高めるほど大きくなる。

日本の遠心機開発

パイロットプラント時代



原型プラント時代へ



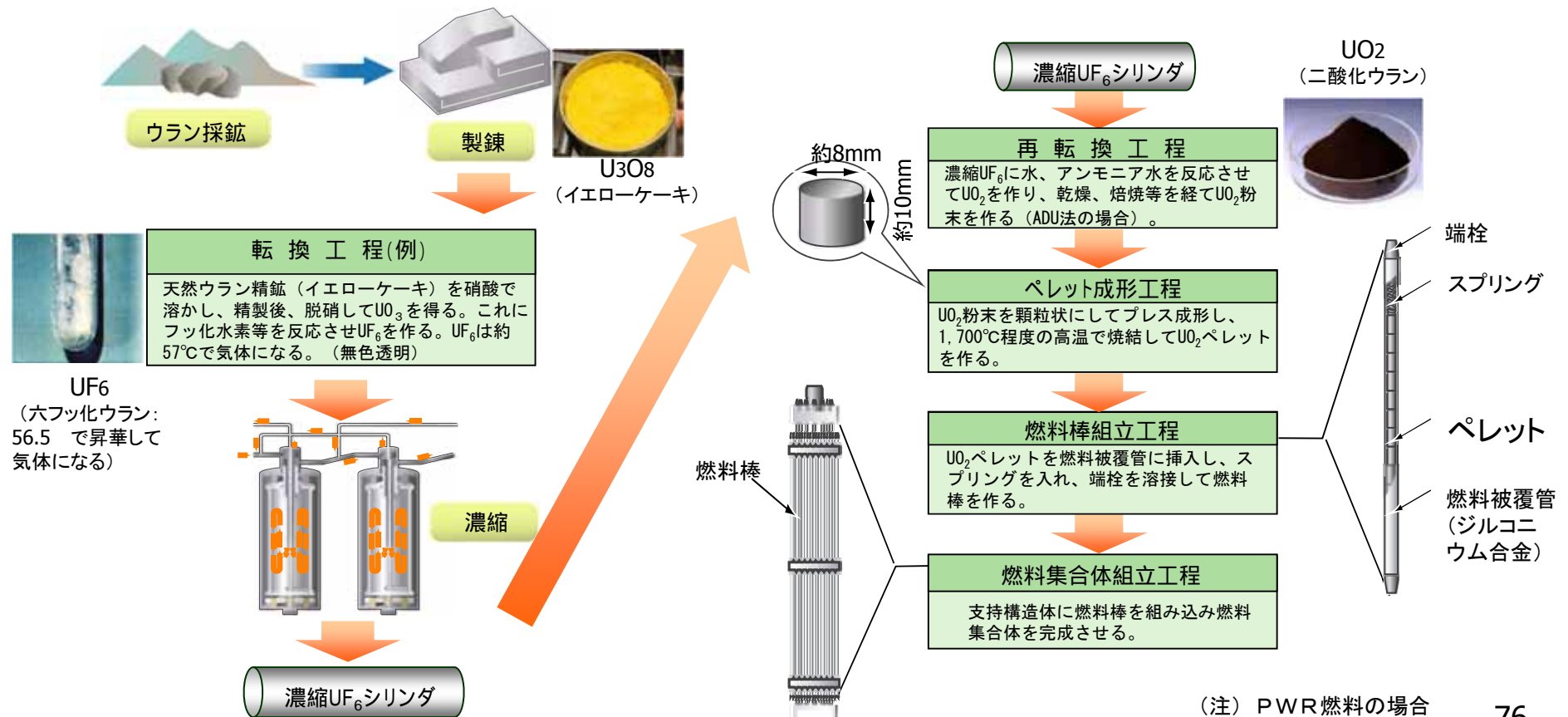
出典: 日本原子力研究開発機構HPより

六ヶ所ウラン濃縮工場これまで使用していた遠心機と同型

参考(9)

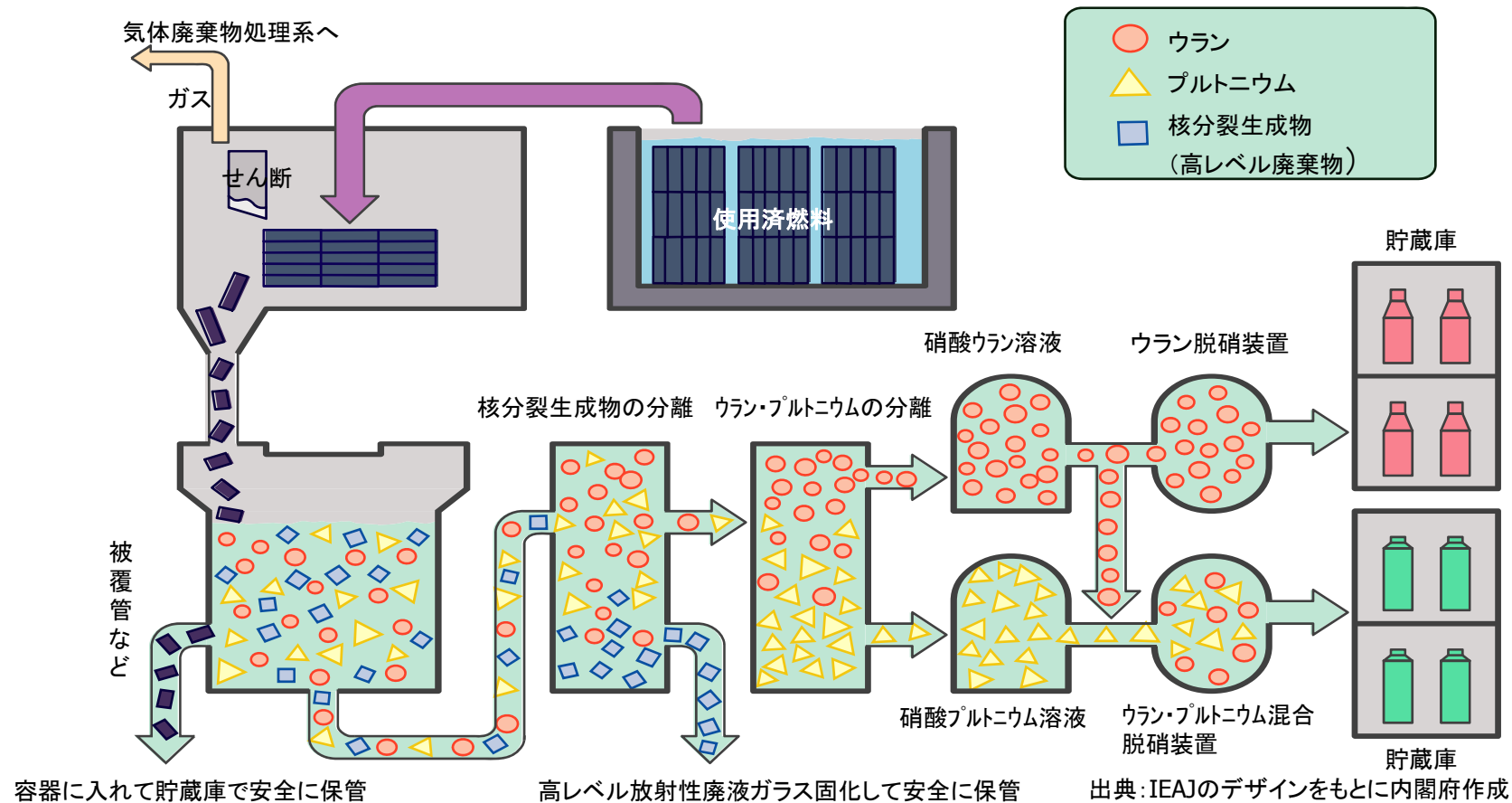
転換加工と成形加工とは

- ウラン-235を濃縮するために、固体状の天然ウラン精鉱をガス状の化学形態(六フッ化ウラン)に転換する。
- さらに濃縮後は原子炉で燃料として使用するために固体状(二酸化ウラン)に再転換して成形加工する。



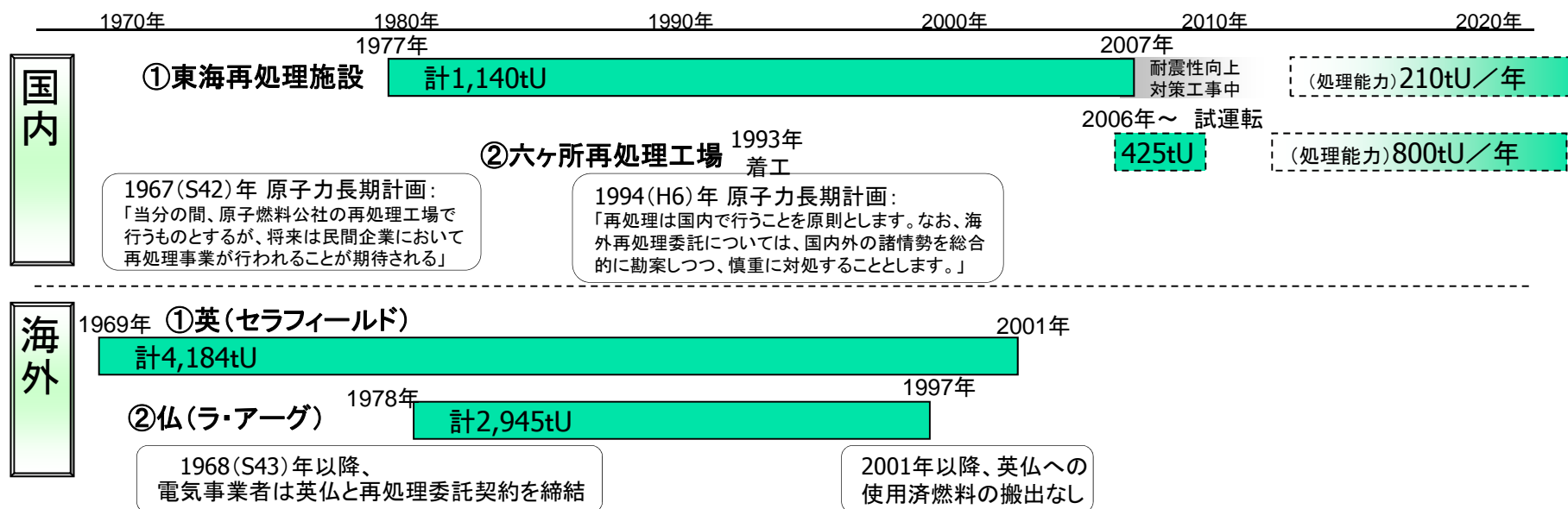
再処理の意義と仕組み

- 資源の有効利用、処分すべき高レベル廃棄物の減容を目的として使用済燃料は再処理し、有効利用するプルトニウム、ウランと高レベル放射性廃棄物に分離する。
- 再処理は使用済燃料をせん断した後、硝酸で溶解し、ウラン、プルトニウム、高レベル放射性廃棄物(核分裂生成物)に分離する工程を指す。(日本の再処理工場ではプルトニウムを単体の製品として取り出せない仕組みになっている)



海外再処理と我が国の再処理技術開発

- 我が国の原子力発電所は1966年から営業運転が始まり、発生した使用済燃料は国内での再処理技術の確立まで英国、仏国の再処理工場に運び、再処理を行ってきた。(約7,100tU)
- 国内の再処理施設は旧動力炉・核燃料開発事業団(現日本原子力研究開発機構)で研究、開発が進められ、1977年から再処理が開始された。(これまでに 1,140t)
- ここで培われた技術は六ヶ所再処理工場に生かされている。



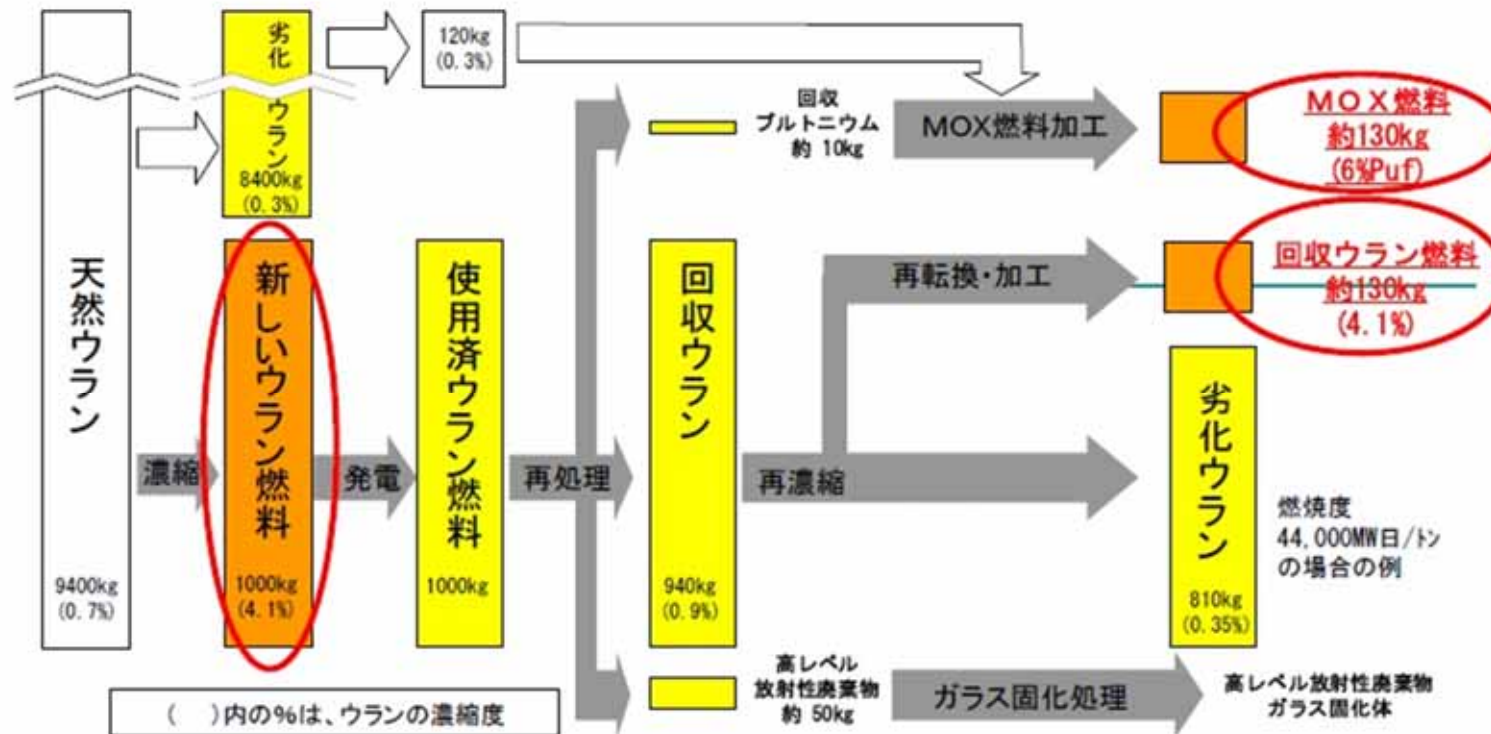
注: 海外再処理に示す「年」は使用済燃料の引渡開始年と引渡完了年を指す

原子力長期計画: 原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画

参考(12)

プルサーマルの意義と仕組み

- 使用済燃料から再処理して取り出したプルトニウムを燃料に加工し、原子力発電所(軽水炉)で使用することをプルサーマルという。
- プルサーマルはプルトニウムの着実な利用とウラン資源の有効活用に寄与する。



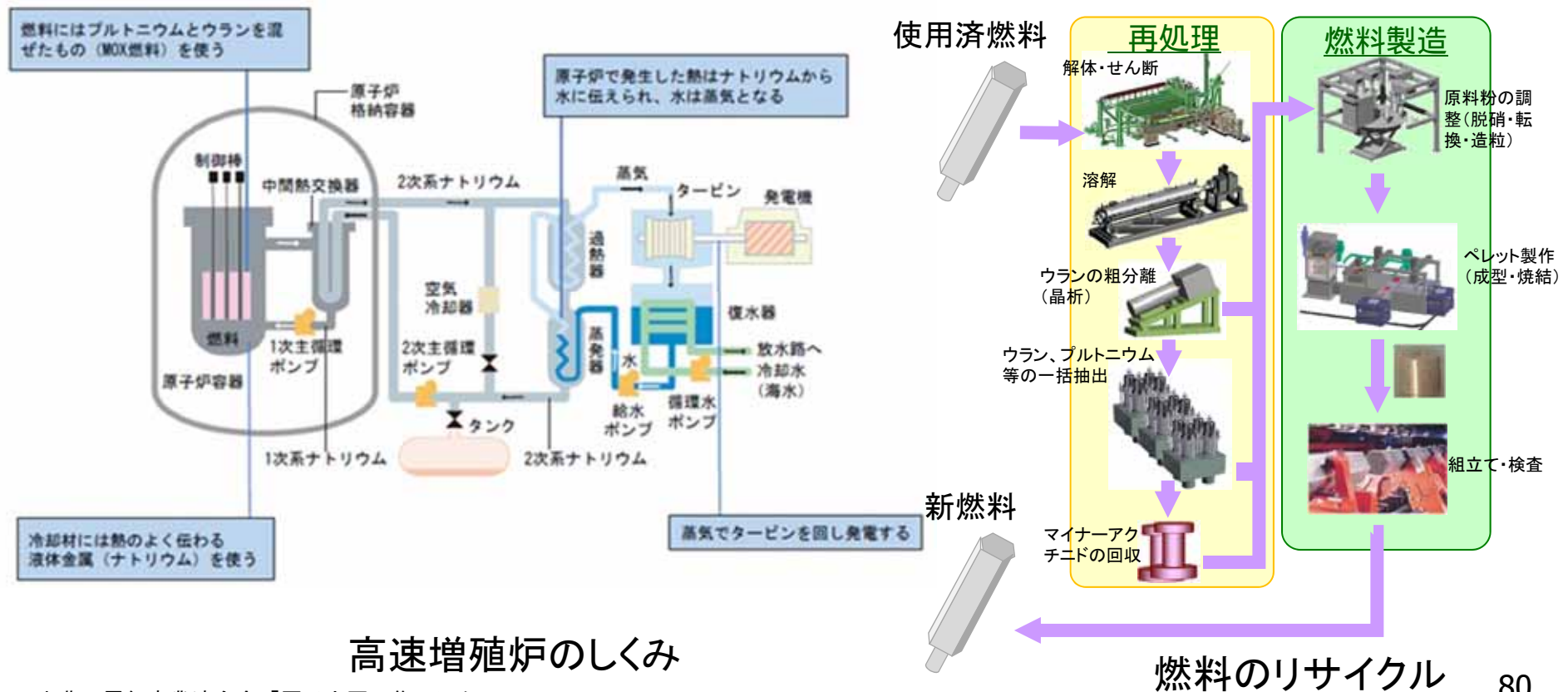
(新計画策定会議(第5回)資料第4号「核燃料サイクルによるウラン資源の節約について」より)

* プルトニウム使用により、新規ウラン燃料が約1～2割節約できる。

参考(13)

高速増殖炉サイクルとは

- 我が国が実用化を目指す高速増殖炉は、プルトニウム等の核分裂により得た熱をナトリウムで運び、その熱で蒸気を発生する原子炉。熱効率が高く、何度も燃料をリサイクルすることが可能。
- ウランから生まれたプルトニウム等を再処理によって回収し、セラミックの燃料として原子炉(高速増殖炉)にリサイクル。



高速増殖炉のしくみ

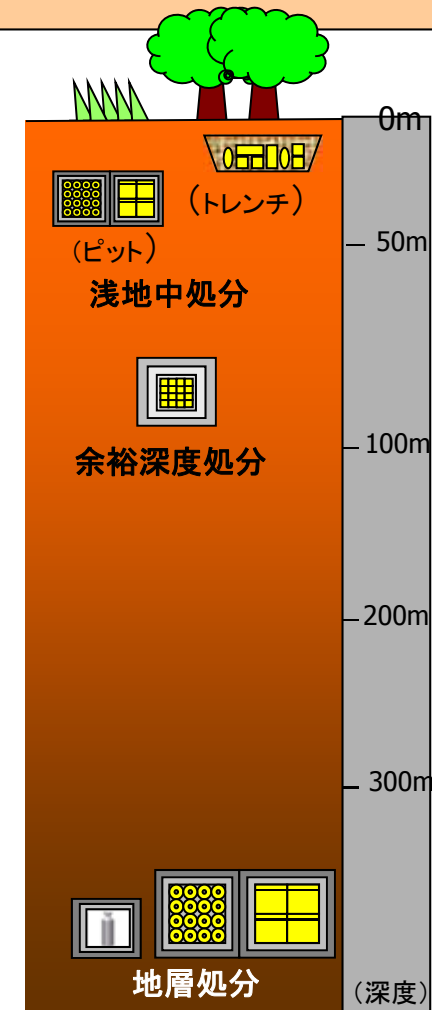
出典：電気事業連合会「原子力図面集」ほか

参考(14)

放射性廃棄物の区分と処分方法

- 放射性廃棄物は含まれる放射性物質濃度の種類とレベルによって区分され、それぞれに適した処分が行われる。

廃棄物の種類	種別	具体的な内容	埋設方式
低レベル放射性廃棄物	放射性廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> ● 下記の濃度を超えないもの $\text{Co-60: } 1 \times 10^{10} \text{ Bq/ton}$ 、 $\text{Sr-90: } 1 \times 10^7 \text{ Bq/ton}$ 、 $\text{Cs-137: } 1 \times 10^8 \text{ Bq/ton}$	第二種廃棄物埋設施設(トレンチ処分)
		<ul style="list-style-type: none"> ● 下記の濃度を超えないもの $\text{C-14: } 1 \times 10^{11} \text{ Bq/ton}$ 、 $\text{Co-60: } 1 \times 10^{15} \text{ Bq/ton}$ 、 $\text{Ni-63: } 1 \times 10^{13} \text{ Bq/ton}$ 、 $\text{Sr-90: } 1 \times 10^{13} \text{ Bq/ton}$ 、 $\text{Tc-99: } 1 \times 10^9 \text{ Bq/ton}$ 、 $\text{Cs-137: } 1 \times 10^{14} \text{ Bq/ton}$ 、 α 核種: $1 \times 10^{10} \text{ Bq/ton}$	第二種廃棄物埋設施設(ピット処分)
		<ul style="list-style-type: none"> ● 下記の濃度以下のもの $\text{C-14: } 1 \times 10^{16} \text{ Bq/ton}$ 、 $\text{Cl-36: } 1 \times 10^{13} \text{ Bq/ton}$ 、 $\text{Tc-99: } 1 \times 10^{14} \text{ Bq/ton}$ 、 $\text{I-129: } 1 \times 10^{12} \text{ Bq/ton}$ 、 α 核種: $1 \times 10^{11} \text{ Bq/ton}$	第二種廃棄物埋設施設(余裕深度処分)
	特定放射性廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> ● ハル／エンドピースなど ● ハル／エンドピースを収納した容器水及び容器水ろ過材 ● 再処理に用いられた炭酸ナトリウム溶液 ● 再処理に伴って排出されるよう素等の吸着に用いられた金属 ● その他再処理に伴い発生する汚染物で、下記の濃度を超えるもの $\text{C-14: } 8.7 \times 10^{13} \text{ Bq/ton}$ 、 $\text{Cl-36: } 9.6 \times 10^{10} \text{ Bq/ton}$ 、 $\text{Tc-99: } 1.1 \times 10^{12} \text{ Bq/ton}$ 、 $\text{I-129: } 6.7 \times 10^9 \text{ Bq/ton}$ 、 α 核種: $8.3 \times 10^8 \text{ Bq/ton}$	第二種廃棄物埋設施設(余裕深度処分 or 地層処分)
高レベル	第一種特定放射性廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用済み燃料の再処理に伴い、核燃料物質等を分離した後の残存物 ● 代替取得物 	第一種廃棄物埋設施設(地層処分)



出典：内閣府作成

低レベル放射性廃棄物処分の現状

- 発電所廃棄物のうち比較的放射能レベルの低い廃棄物については、青森県六ヶ所村で日本原燃(株)が操業している埋設処分施設において順次埋設処分されている。
- 発電所廃棄物のうち比較的放射能レベルの高い廃棄物、研究施設等廃棄物については、制度の一部は整備済みであるが、処分施設の建設地は決まっていない。
- ウラン廃棄物については、安全規制等の整備が必要である。
- 放射能濃度がきわめて低く、人の健康への影響が無視できるものは「クリアランス制度」を用いて、再利用されているものもある。

六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センター

例：1、2号廃棄物埋設地
8万立方メートル
(200Lドラム缶20万本相当)
現在約23万本埋設中













「クリアランス制度」とは

- ◆ 原子力施設の運転や解体等に伴って発生する物の放射能を測定し、クリアランスレベル以下であることを事業者が測定・評価し、国の確認を受けた後、再利用や産業廃棄物として処分できる制度。
- ◆ 放射性物質として扱う必要がないものを区分をする放射能レベル「クリアランスレベル」とし、1年間あたり0.01mSv以下（自然界から受ける放射線影響の約200分の1以下）のものをいう。
- ◆ 当面は原子力事業者関連施設で再利用を実施。2010年11月末まで日本原電東海発電所で発生した約150トンの鉄を再利用。

諸外国の高レベル放射性廃棄物処分の現状

- 諸外国においても、地層処分方式が採用されている。なお、スウェーデン、フィンランドでは最終処分施設建設地が選定されている。

	米国	2002年にネバダ州ユッカマウンテンが処分サイトとして決定され、2008年9月より処分場の建設認可に関する安全審査が行われている。しかし、2010年3月に許認可申請の取り下げ申請が行われ、取り扱いを検討中。
	フィンランド	2012年の建設許可申請に向けて、最終処分地オルキオトにおいて2004年6月より地下特性調査施設(ONKALO)の建設が進められている。また、建設と並行して調査研究も実施されている。
	スウェーデン	2009年6月に地層処分場の建設予定地として、エストハンマル自治体のフォルスマルクが選定された。2011年3月に処分場の立地・建設許可申請が行われる予定。
	ドイツ	ゴアレーベンで進められていたサイト特性調査は2000年以降一時凍結されていたが、2009年10月に発足した新政権は凍結を解除し、探査活動を再開する方針を示している。また、今後探査の再開に向けた具体的な手続きが進められる予定。
	スイス	2008年に策定された特別計画「地層処分場」に基づき、同年10月に処分場の候補サイト地域が提案され、サイト選定が実施されている。
	仏国	放射性廃棄物等管理計画法に基づき、2015年に可逆性のある地層処分場の設置許可申請、2025年に操業を開始できるように研究・調査が実施されている。
	カナダ	連邦政府は、最終的には地層処分を行うものの、当面はサイト貯蔵、集中貯蔵を実施するという「適応性のある段階的管理(APM)」を進めることを決定しており、実施主体は、2010年5月に処分場サイト選定手続きを開始した。
	英国	英国では、2008年の政府白書に基づきサイト選定に関心を持つ自治体の公募が行われている。現在、関心表明を行った2市に対し初期スクリーニングが行われている。
	スペイン	サイト選定活動が1998年に中断され、最終管理方策の決定は先送りされているが、地層処分を有力なオプションとして位置付けている。
	ベルギー	地層処分の安全評価及び実現可能性の中間報告書が公開され、研究開発の最終段階に入った。建設許可申請は2020年以降の予定。

出典：諸外国の高レベル放射性廃棄物処分等の状況HPをもとに内閣府作成