

核燃料サイクルの現状



2021年6月

核変換システム開発Gr

日本原子力研究開発機構

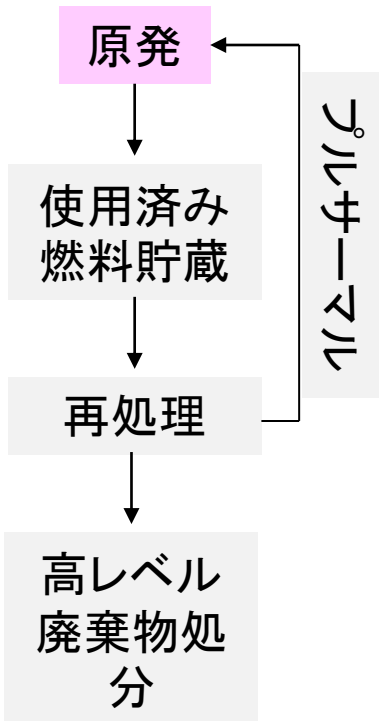
核燃料サイクル＝核燃料の流れ
＝フロントエンド・サイクル＋
バックエンド・サイクル

フロントエンド・サイクル＝原子炉より上流
＝ウラン採鉱、転換、濃縮、燃料製造

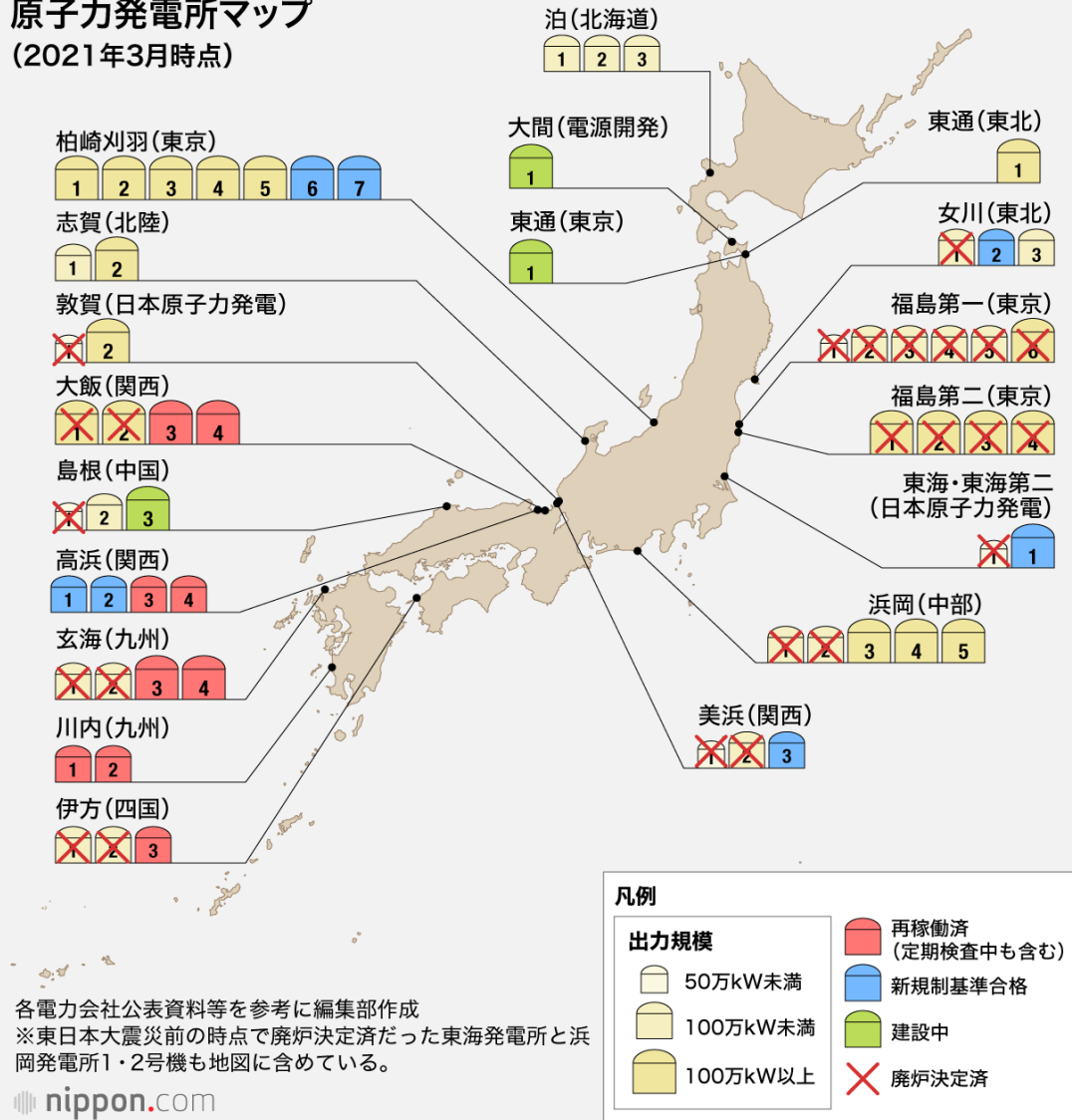
バックエンド・サイクル＝原子炉より下流
＝使用済み燃料貯蔵、再処理、処分

日本はバックエンドが問題

原子力発電



原子力発電所マップ
(2021年3月時点)

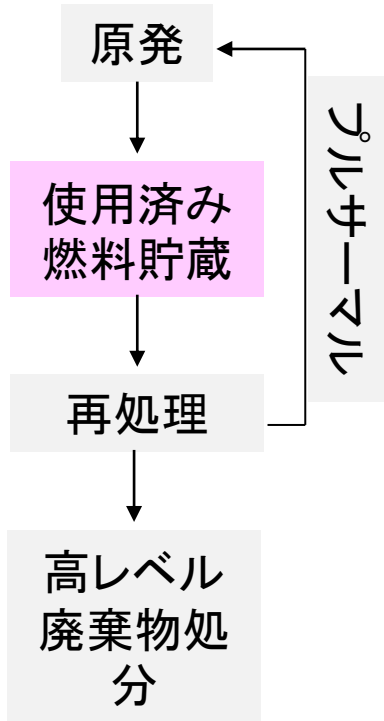


サイト数: 16
 再稼働済み: 9基
 未稼働: 27基

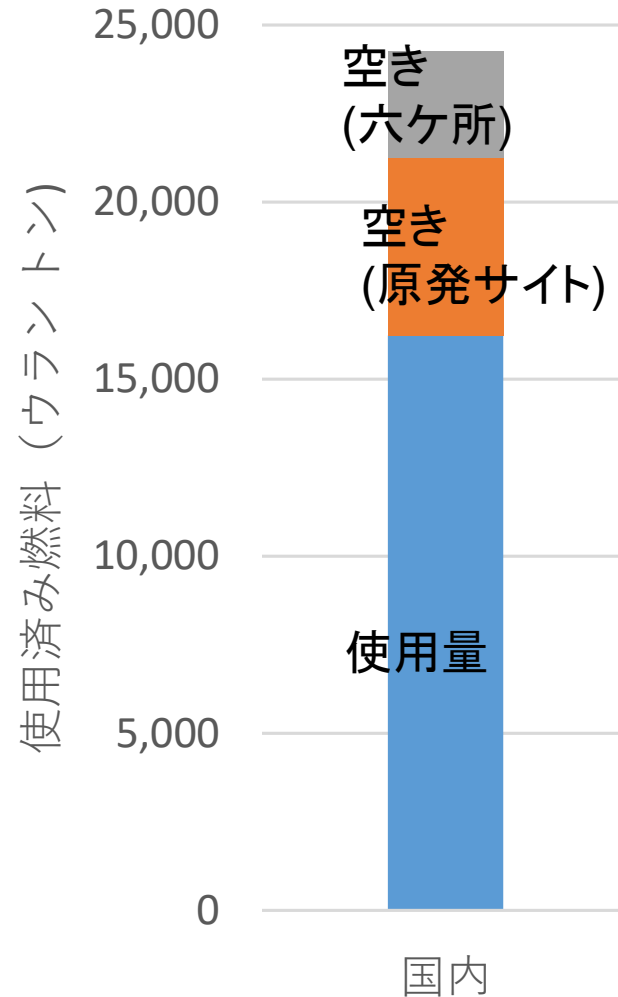
おおよそ、1基 = 1 GW (ギガワット)

出典:
<https://www.nippon.com/ja/japan-data/h00967/>

使用済み燃料貯蔵

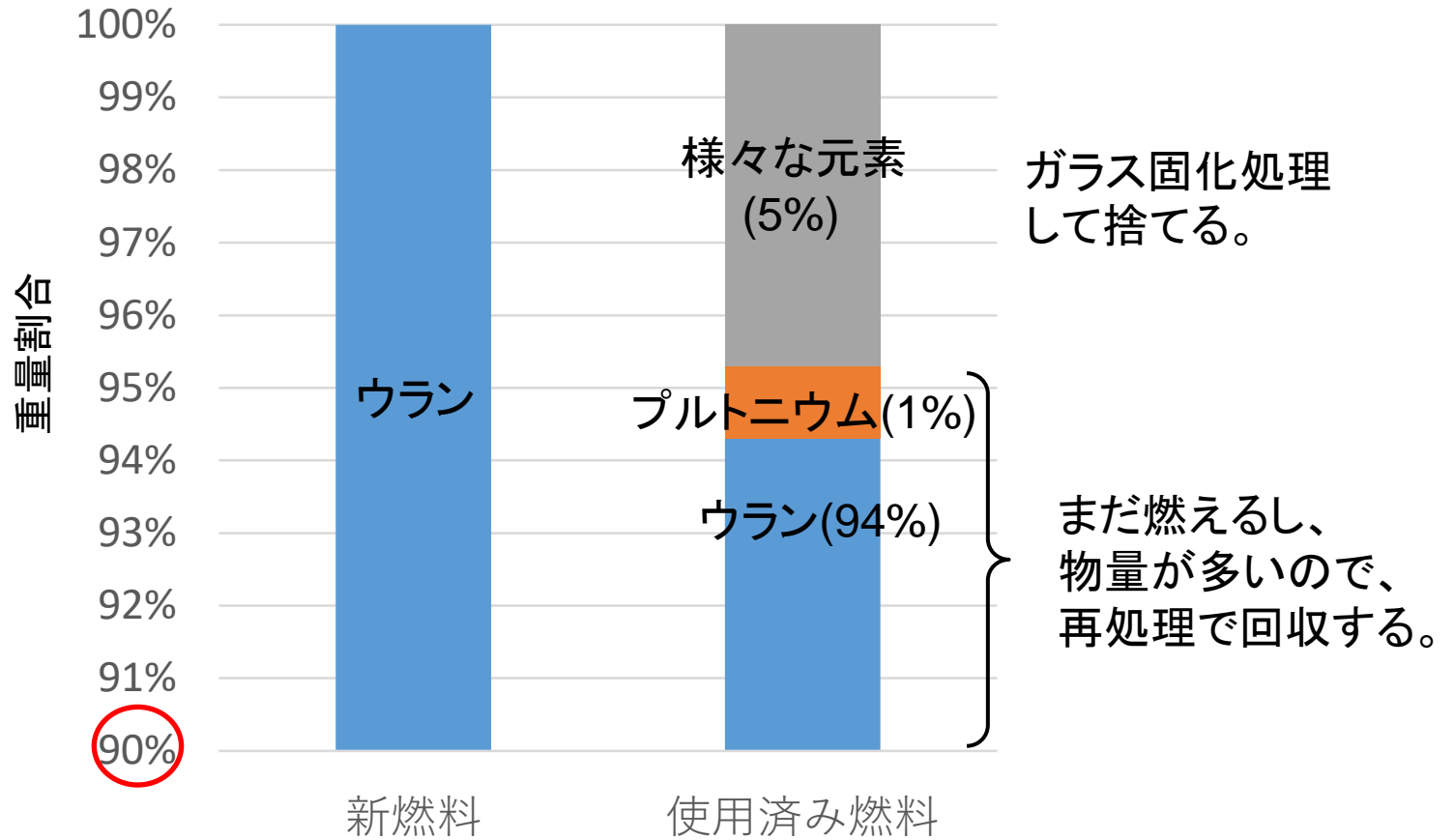
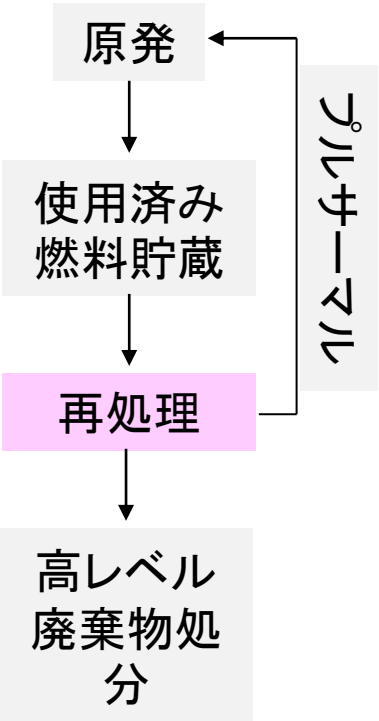


出典: Wikipedia



貯蔵量1.6万tU
空き容量 8,000tU
発生量~600tU/年

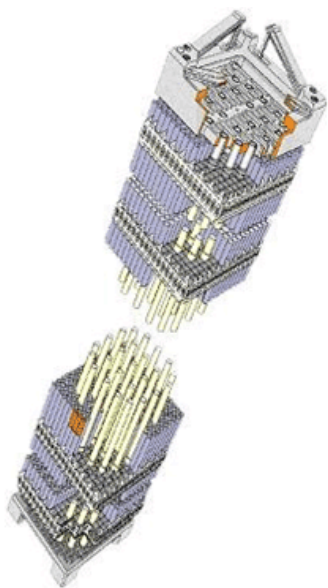
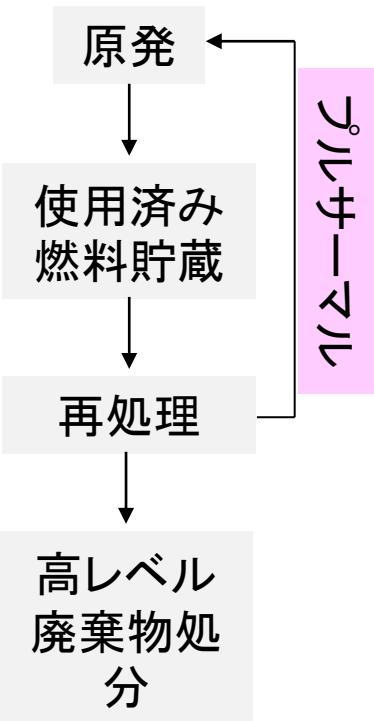
再処理



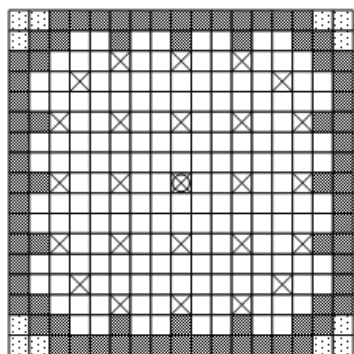
2023年竣工予定
処理量：最大800tU/年

六ヶ所再処理工場(出典：日本原燃)

プルサーマル

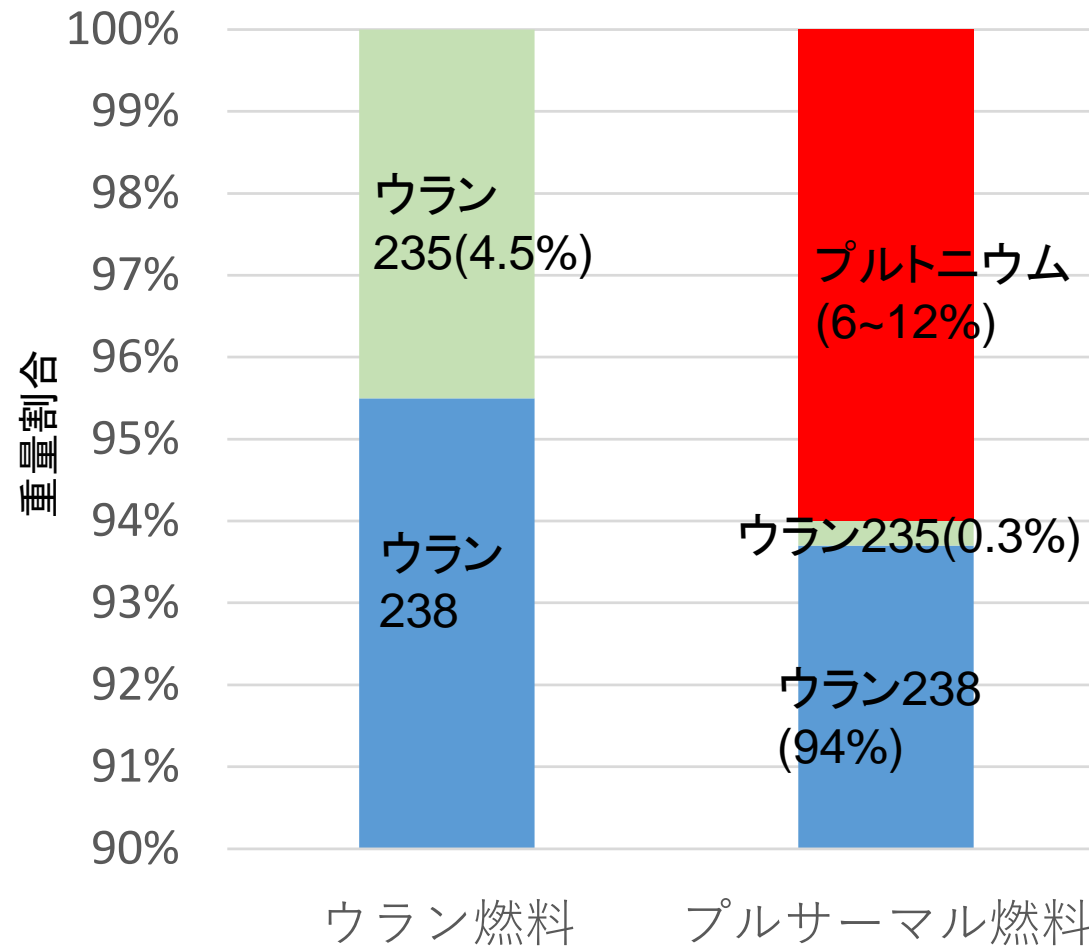


燃料集合体内プルトニウム含有率分布



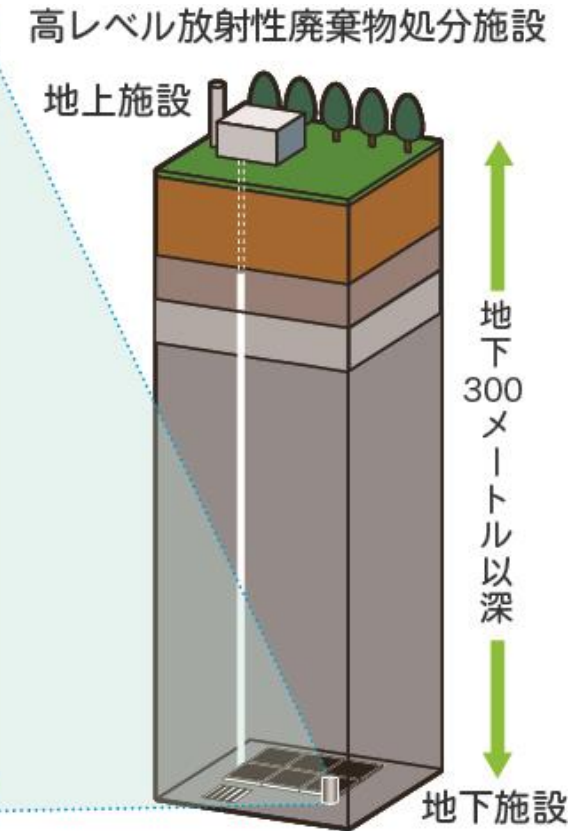
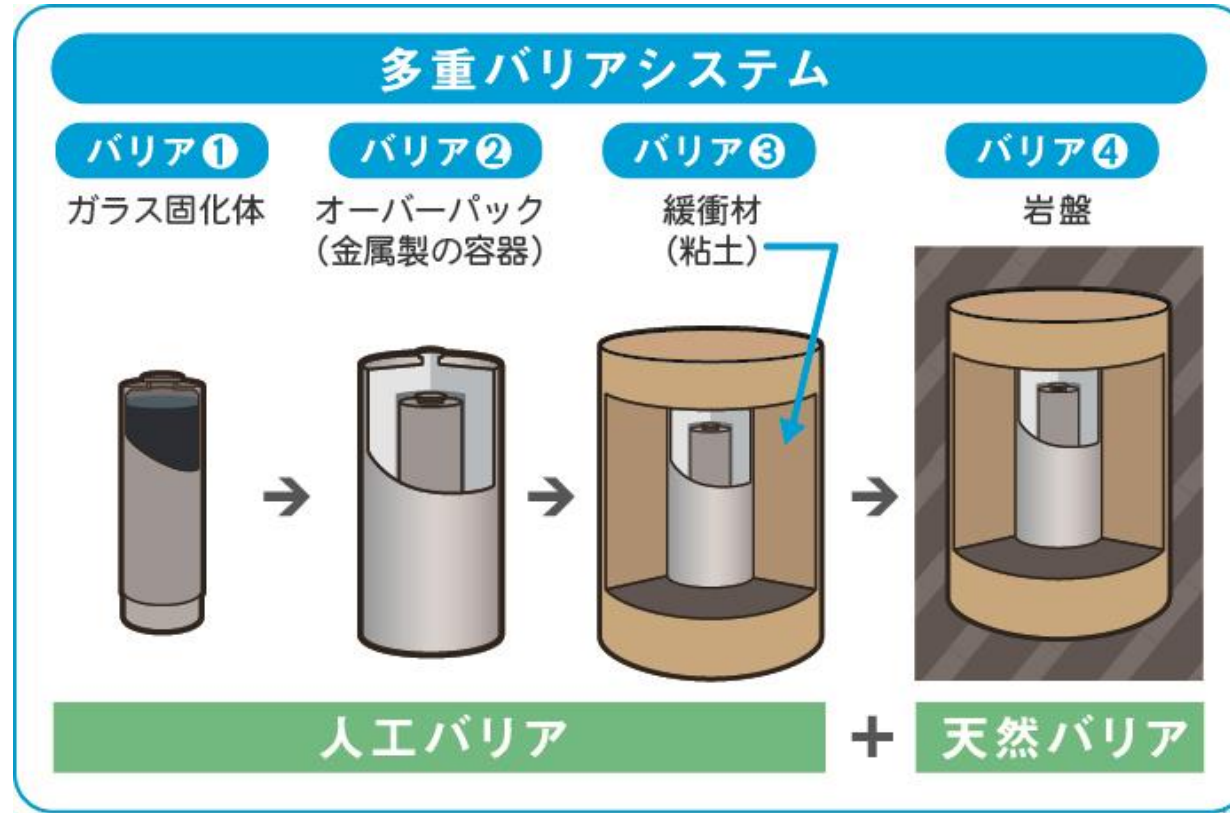
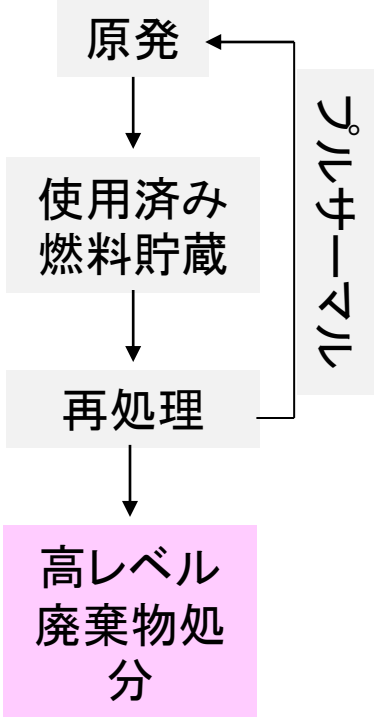
- 高プルトニウム含有率棒
- 中プルトニウム含有率棒
- ▨ 低プルトニウム含有率棒
- ⊗ 制御棒案内シンプル
- ⊗ 炉内計装用案内シンプル

プルサーマル燃料の構造はウラン燃料と同じ

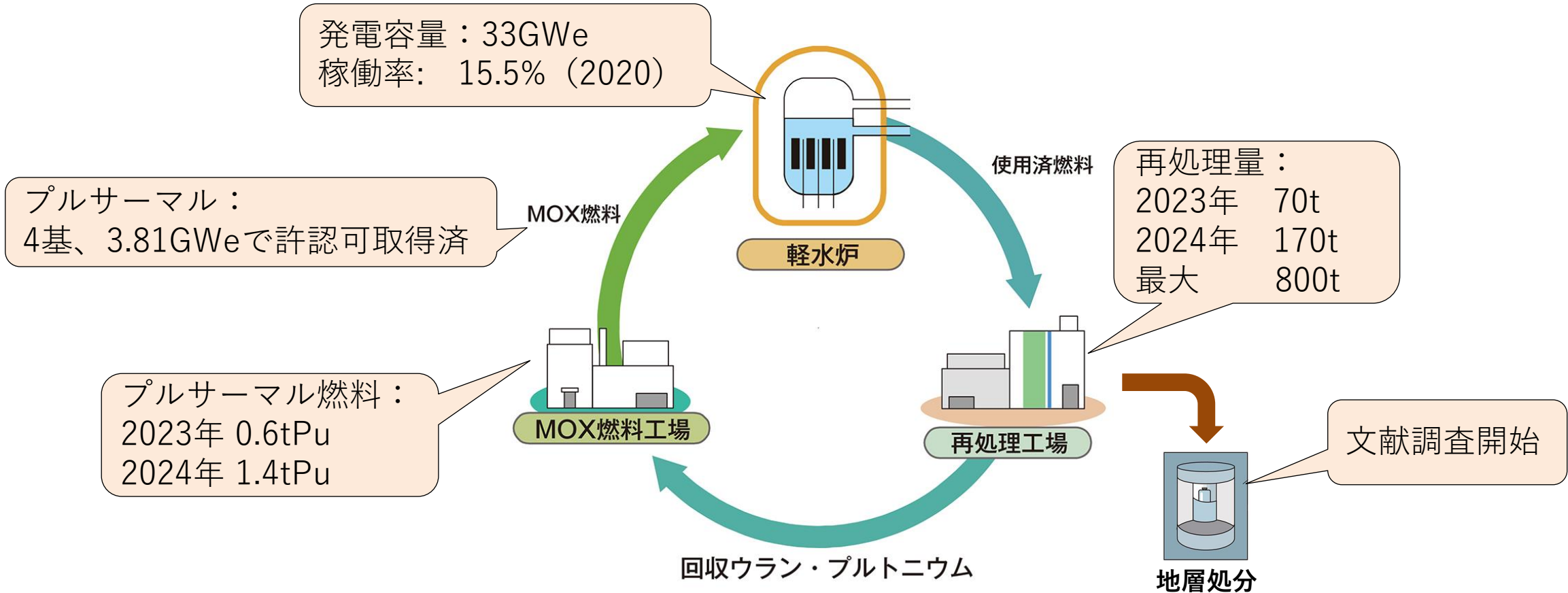


燃料ペレットの組成が違う。

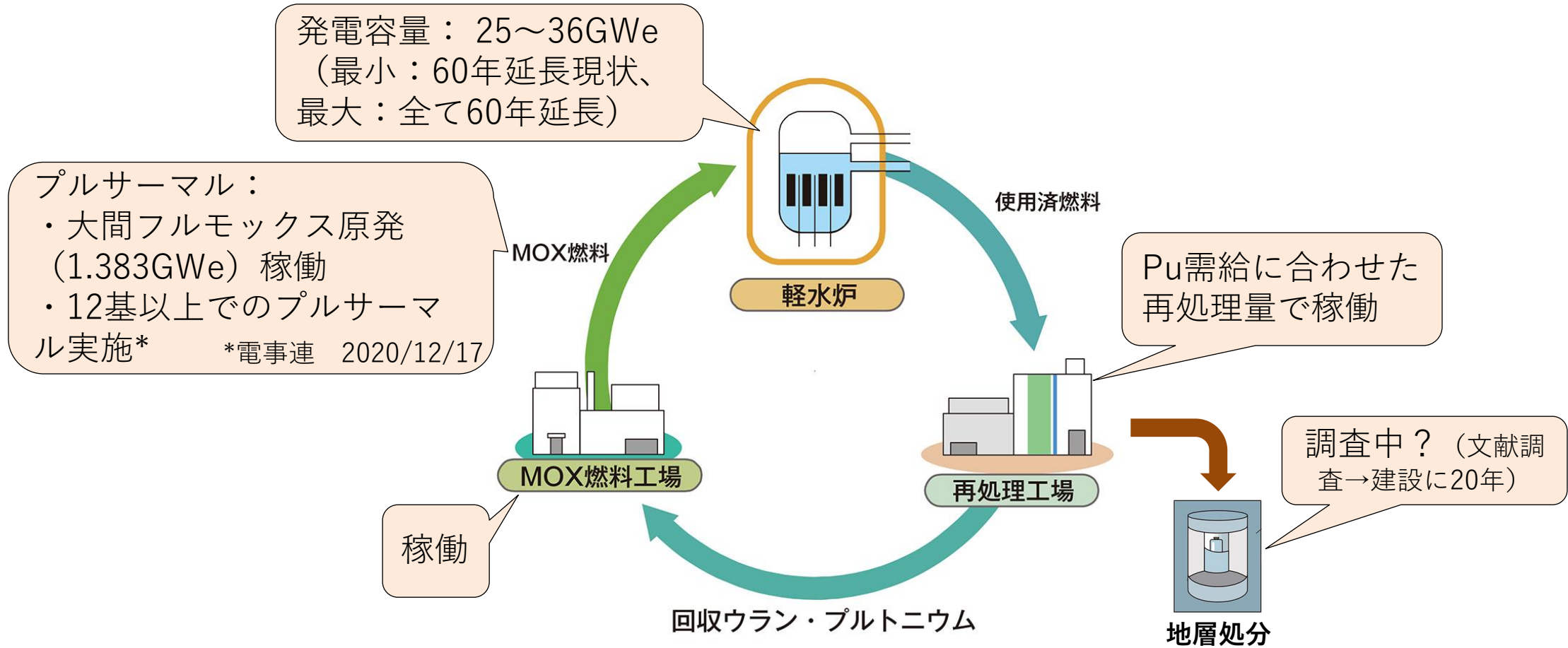
処分



2020年のバックエンド・サイクル

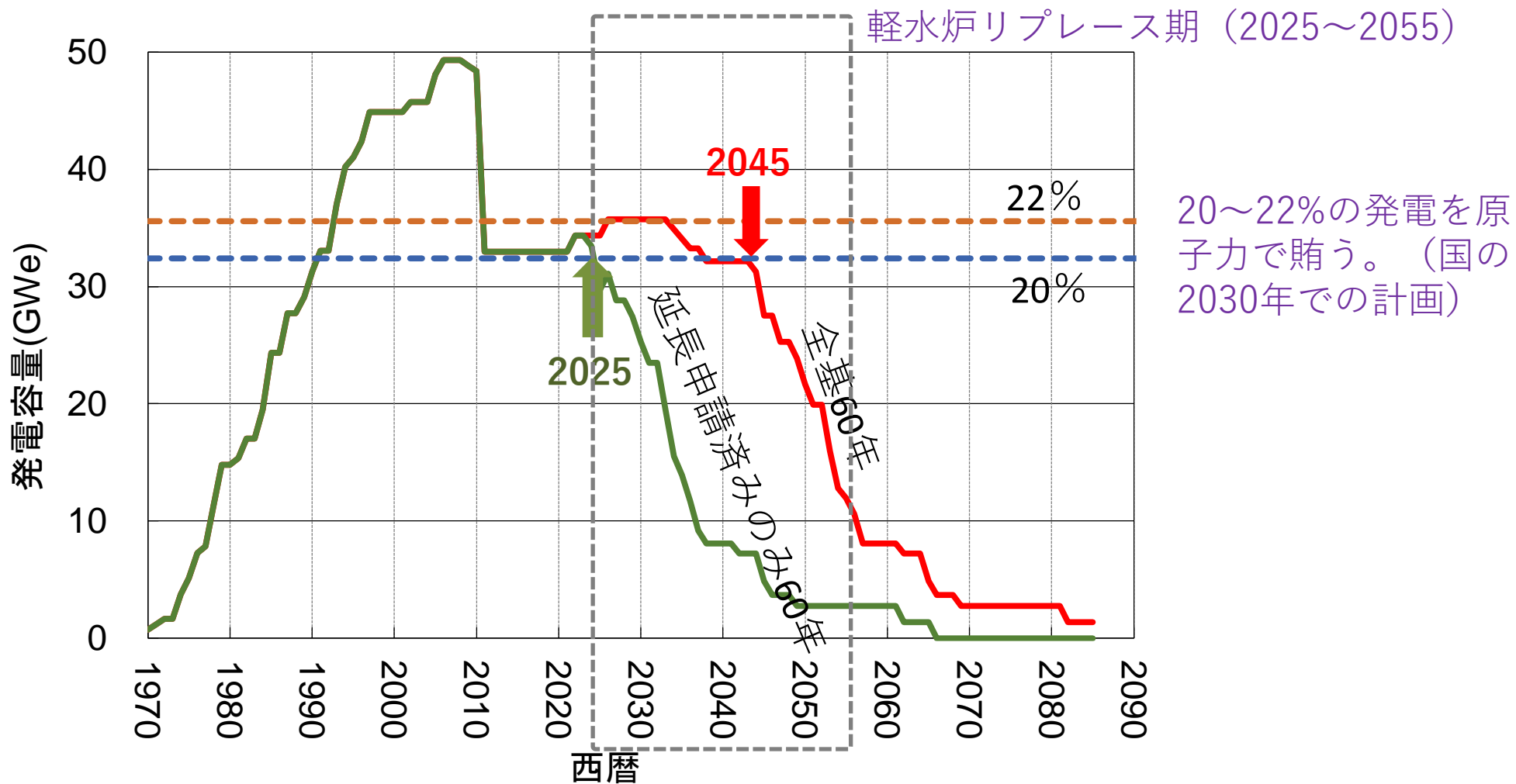


- ・ 新規制基準をクリアし徐々に原発再稼働
- ・ 六ヶ所再処理工場運転開始！
- ・ 地層処分文献調査開始！



- ・ 原発定常運転
- ・ 大間フルモックス運転開始！

現在の発電容量見込み



2025~2045年のいずれかのタイミングでリプレースを開始する必要がある。

- ✓ 大間、島根3を含む。東電東通1を含まない。
- ✓ 延長申請済みは、60年寿命と見なす。

発電容量：3～？GWe
(最小：原発撤退)

原発撤退？
軽水炉新設？
高速炉新設？

プルサーマル：

- ・ 終了。使用済み燃料処分？
- ・ 軽水炉で継続実施？
- ・ 高速炉移行に備えPu備蓄？

MOX燃料

軽水炉

使用済み燃料

終了？
第2再処理？

MOX燃料工場

再処理工場

処分開始？
(文献調査→建設に20年)

終了？
高速炉燃料？

回収ウラン・プルトニウム

地層処分

- ・ 原発の有無すら不透明

第5次エネルギー基本計画 (2018/7)

- 2050年への考え方に初めて言及
- 「複線シナリオ」 = 定まった方針は無い。多方面の技術開発に期待。
- 原子力は実用段階にある脱炭素化の選択肢だが、社会的信頼の回復がまず不可欠

第5次エネルギー基本計画

長期的に安定した持続的・自立的なエネルギー供給により、我が国経済社会の更なる発展と国民生活の向上、世界の持続的な発展への貢献を目指す
3E+Sの原則の下、安定的で負担が少なく、環境に適合したエネルギー需給構造を実現

「3E+S」	⇒	「より高度な3E+S」
○ 安全最優先 (Safety)	+	技術・ガバナンス改革による安全の革新
○ 資源自給率 (Energy security)	+	技術自給率向上/選択肢の多様化確保
○ 環境適合 (Environment)	+	脱炭素化への挑戦
○ 国民負担抑制 (Economic efficiency)	+	自国産業競争力の強化

情勢変化 ①脱炭素化に向けた技術間競争の始まり ②技術の変化が増幅する地政学リスク ③国家間・企業間の競争の本格化

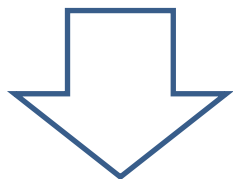
2030年に向けた対応	2050年に向けた対応
~温室効果ガス26%削減に向けて~ ~エネルギーミックスの確実な実現~ - 現状は道半ば - 計画的な推進 - 実現重視の取組 - 施策の深掘り・強化	~温室効果ガス80%削減を目指して~ ~エネルギー転換・脱炭素化への挑戦~ - 可能性と不確実性 - 野心的な複線シナリオ - あらゆる選択肢の追求
<主な施策> ○ 再生可能エネルギー ・主力電源化への布石 ・低コスト化, 系統制約の克服, 火力調整力の確保	<主な方向> ○ 再生可能エネルギー ・経済的に自立し脱炭素化した主力電源化を目指す ・水素/蓄電/デジタル技術開発に着手
○ 原子力 ・依存度を可能な限り低減 ・不断の安全性向上と再稼働	○ 原子力 ・脱炭素化の選択肢 ・安全の追求/バックエンド技術開発に着手
○ 化石燃料 ・化石燃料等の自主開発の促進 ・高効率な火力発電の有効活用 ・災害リスク等への対応強化	○ 化石燃料 ・過渡期は主力、資源外交を強化 ・ガス利用へのシフト、非効率石炭フェードアウト ・脱炭素化に向けて水素開発に着手
○ 省エネ ・徹底的な省エネの継続 ・省エネ法と支援策の一体実施	○ 熱・輸送、分散型エネルギー ・水素・蓄電等による脱炭素化への挑戦 ・分散型エネルギーシステムと地域開発 (次世代再エネ・蓄電、EV、マイクログリッド等の組合せ)
○ 水素/蓄電/分散型エネルギーの推進	

基本計画の策定 ⇒ 総力戦 (プロジェクト・国際連携・金融対話・政策)

カーボンニュートラル



「2050年カーボン
ニュートラル、脱炭素
社会の実現を目指す」
(2020/10/26、菅内閣総理
大臣)



改正地球温暖化対策推進法(2021/5/26成立)

- 2050年カーボンニュートラルを基本理念
- 地域の再エネ活用
- 企業の排出量情報

第6次エネルギー 基本計画

原子力については、「2050年には、再エネ、水素・アンモニア以外のカーボンフリー電源として、**化石+CCUS / カーボンリサイクルと併せて約3~4割を賄う**ことを今後議論を深めて行くにあたっての参考値としてはどうか。」

総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会(第35回会合、2020/12/21、資源エネルギー庁資料)

核燃料サイクルは、・・・早期確立を目指し、取り組みを進める。

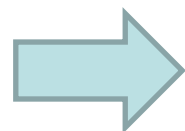
六ヶ所工場、SF対策、最終処分、Puバランス、プルサーマルSF再処理などを議論

原子力小委員会(第22回、2021/3/22、資源エネルギー庁資料)

世界では？

- 米国： 使用済み燃料直接処分の方針。
- フランス： 世界最大級の再処理国。プルサーマル使用済み燃料の対策や、高速増殖炉への移行を模索。日本と類似。
- 中国： 原発を積極的に導入中。再処理計画中。
- ロシア： 再処理実施。高速炉開発で世界最先端。

- カーボンニュートラル本気でやる？再エネだけで大丈夫？
- 原発、どのくらい使う？
 - 使うなら、原子炉の安全が課題。
 - 使わなくても、使用済み燃料が課題。
- 使用済み燃料をどうする？
 - 再処理して、ある程度分別。
 - プルトニウムは、資源でもあるし、ごみでもある。とりあえずプルサーマルで利用する。
 - 一番放射能が大きい高レベル廃棄物を、もっと分別できない？



分離変換技術