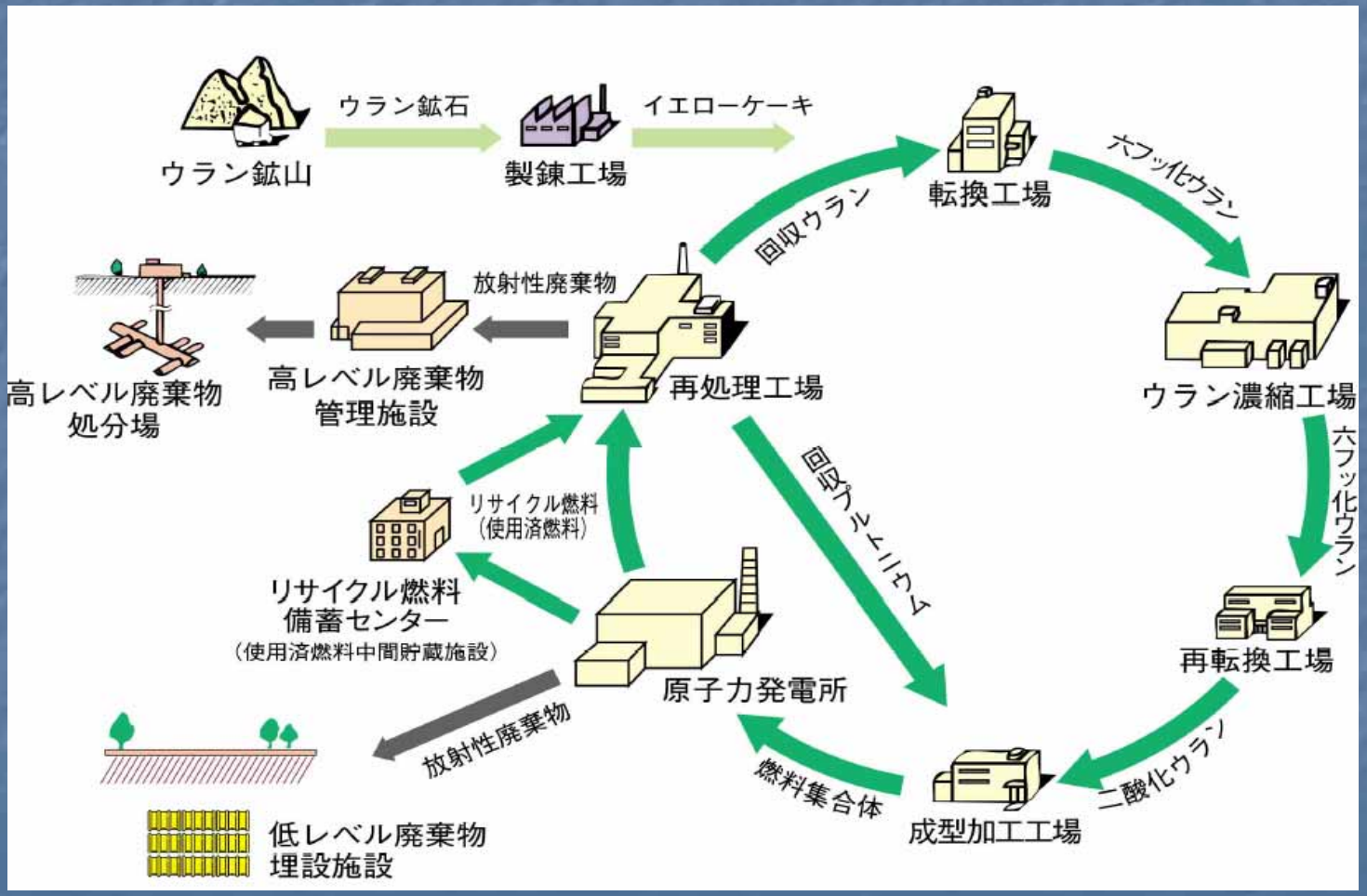
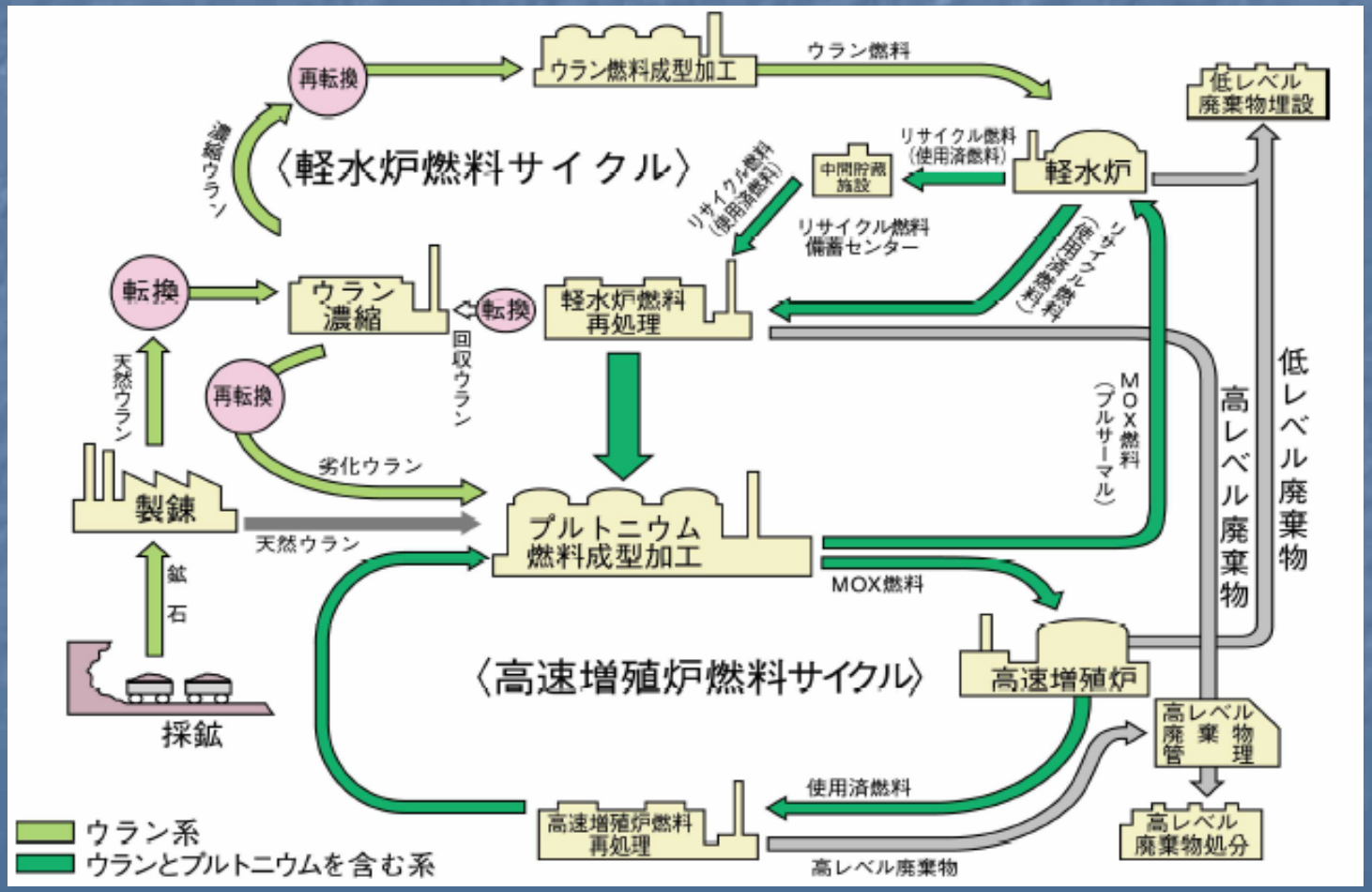
核燃料サイクルの概念 (軽水炉)



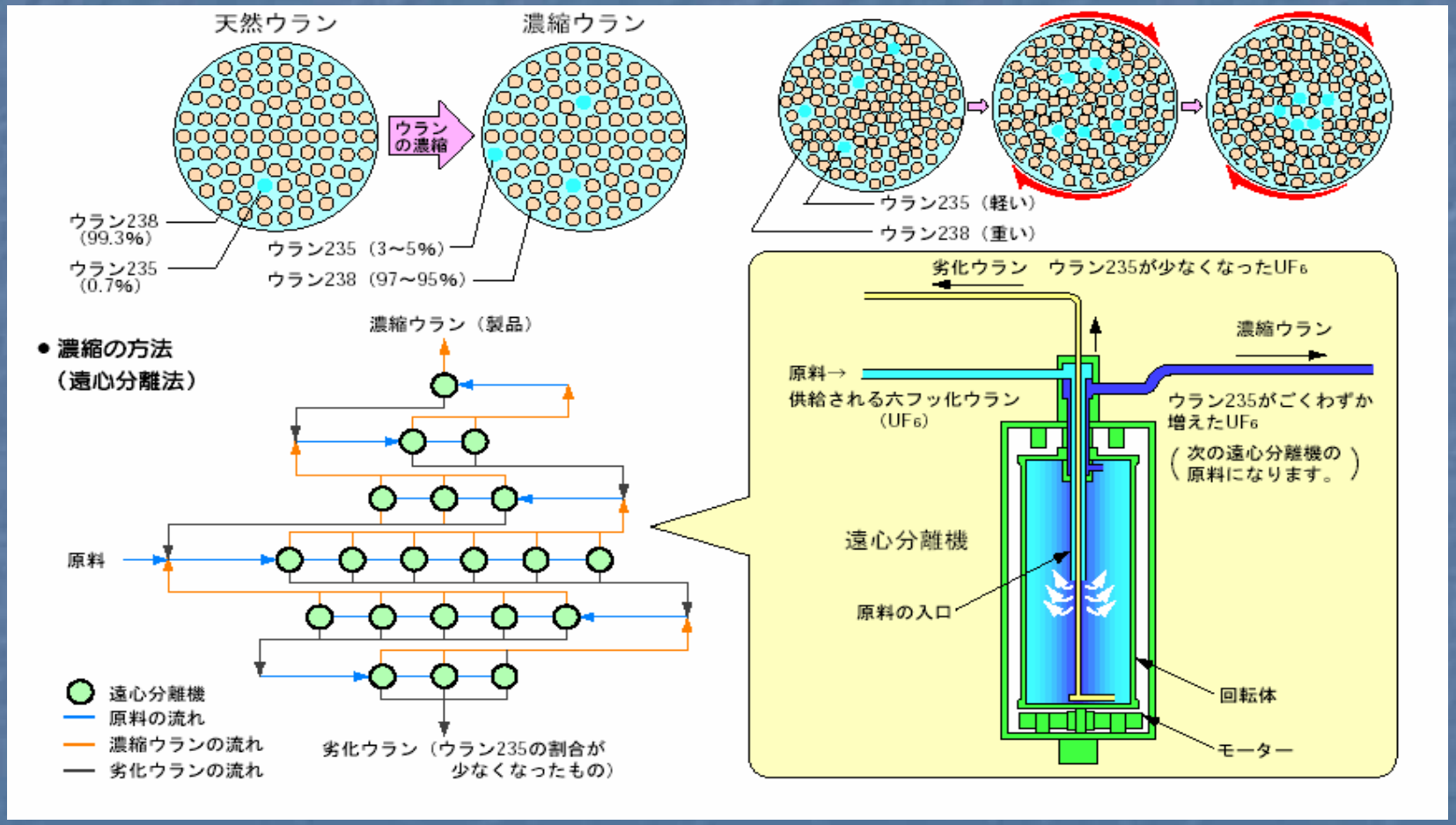
核燃料サイクルの概念 (FBR)



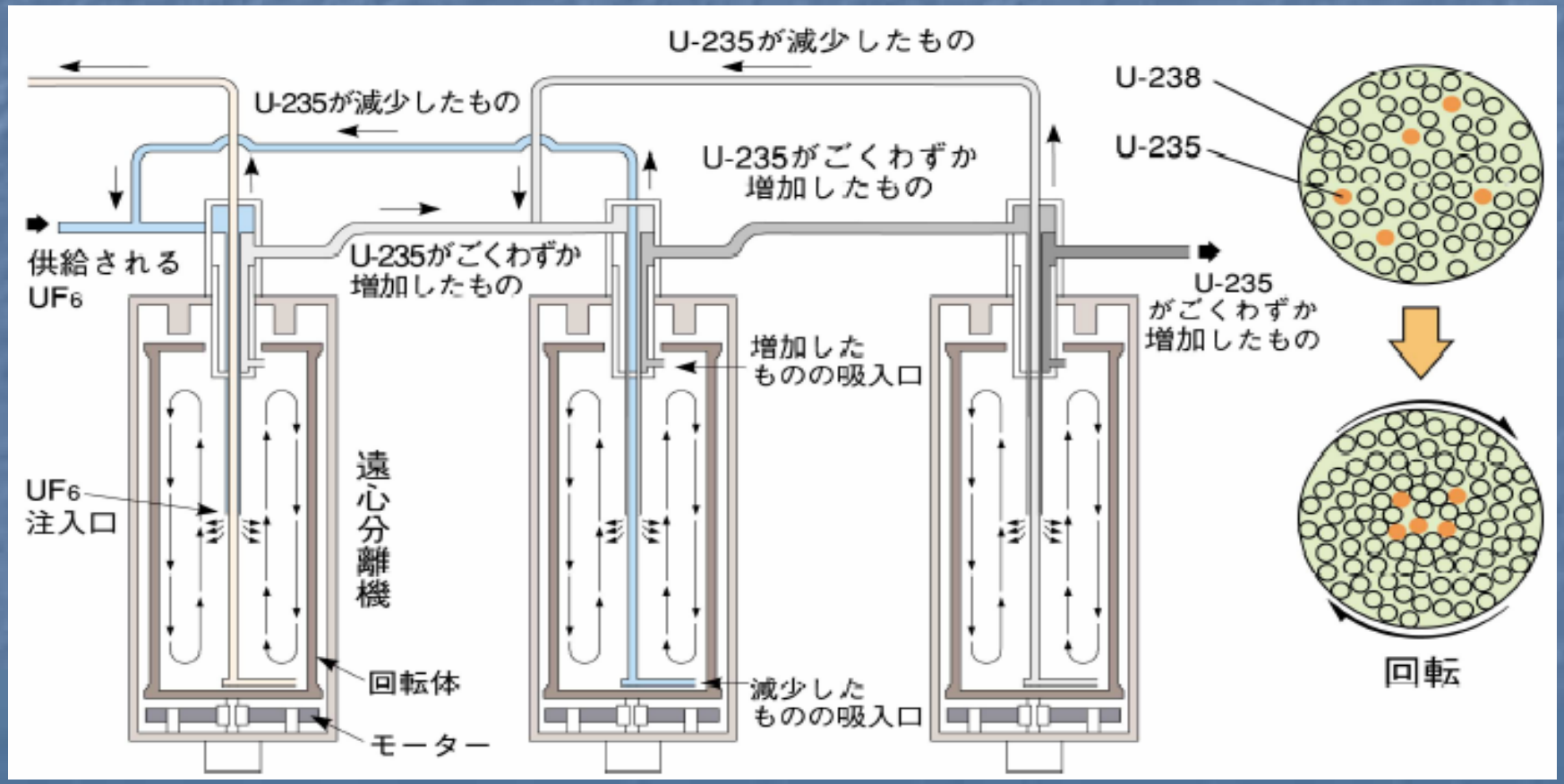
精錬・転換

製　錬
ウラン鉱石
石
ウラン
イエローケーキ
ADU
四フッ化ウラン
UF4
転　換
製錬…掘り出したウラン鉱石を化学処理してウラン（粉末状のイエローケーキ）を取り出します。
転換…濃縮するために、固体状のイエローケーキを気体状のウラン化合物にします。
ペレット
成型・加工
二酸化ウラン
UO2
六フッ化ウラン
濃　縮
再転換

ウラン濃縮


天然ウラン
濃縮ウラン
ウランの濃縮
ウラン238 (99.3%)
ウラン235 (0.7%)
ウラン235（3～5%）
ウラン238（97～95%）
ウラン235（軽い）
ウラン238（重い）
● 濃縮の方法
（遠心分離法）
濃縮ウラン（製品）
原料
遠心分離機
原料の流れ
濃縮ウランの流れ
劣化ウランの流れ
劣化ウラン（ウラン235の割合が少なくなったもの）
劣化ウラン　ウラン235が少なくなったUF6
濃縮ウラン
原料→
供給される六フッ化ウラン (UF6)
ウラン235がごくわずか増えたUF6
（次の遠心分離機の原料になります。）
遠心分離機
原料の入口
回転体
モーター

遠心分離法のしくみ


U-235が減少したもの
U-235が減少したもの
U-235がごくわずか
増加したもの
U-235がごくわずか
増加したもの
供給される
UF6
U-235
がごくわずか
増加したもの
増加した
ものの吸入口
UF6
注入口
遠心分離機
回転体
モーター
減少した
ものの吸入口
U-238
U-235
回転

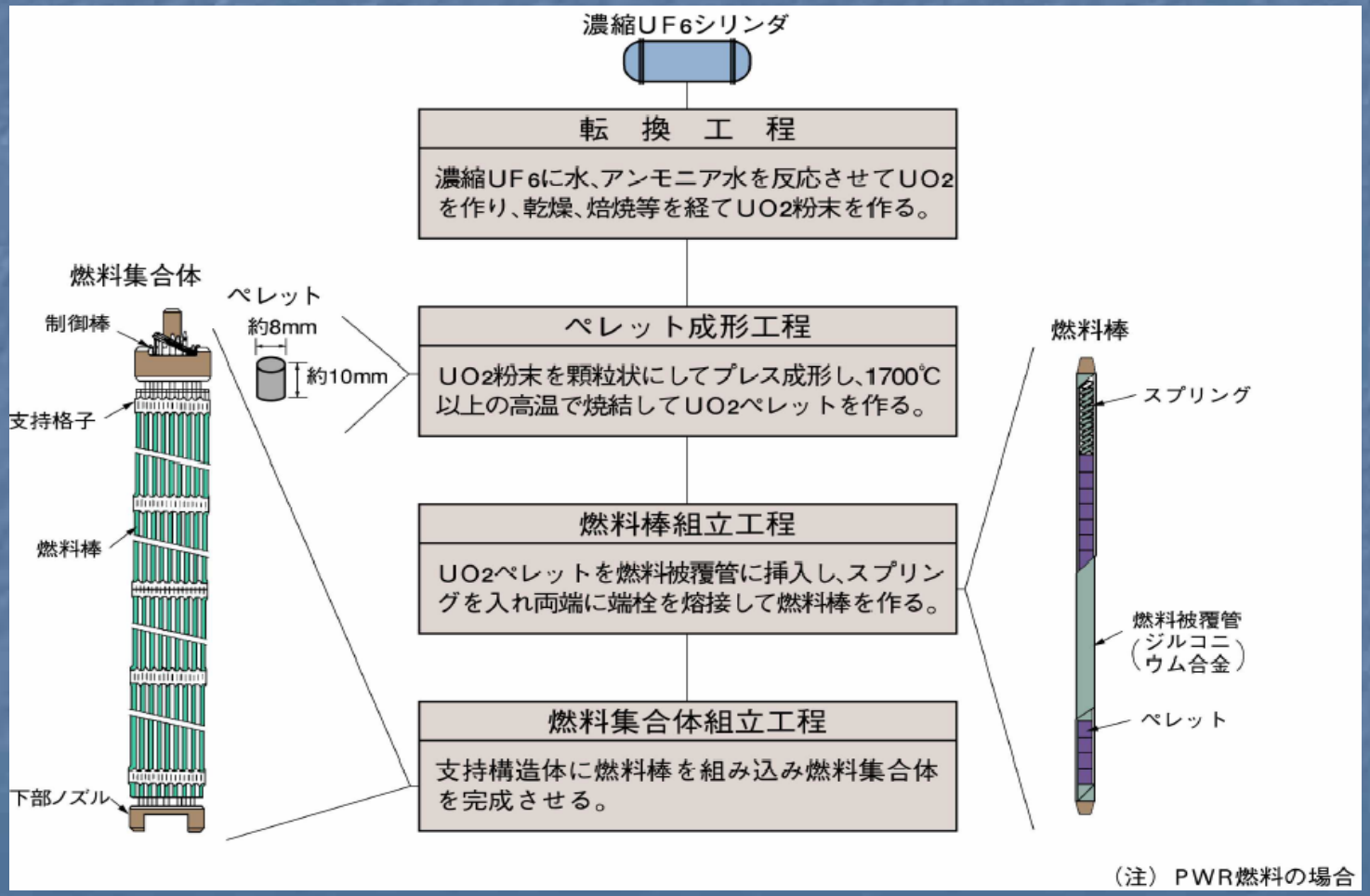
世界のウラン濃縮工場

設置者（国名）	濃 縮 法	工場所在地	規　模（SWU/年）
合衆国濃縮公社（USEC） （アメリカ）	ガス拡散法	ポーツマス パデューカ	合計　約18,700t
ユーロディフ （フランス含め5カ国）	ガス拡散法	トリカスタン （フランス）	約10,800t
ウレンコ （イギリス・オランダ・ドイツ）	遠心分離法	カーペンハースト （イギリス） アルメロ （オランダ） グロナウ （ドイツ）	約1,450t 約1,500t 約1,000t 計　約3,950t 2000年頃には4,600tSWU/年規模にまで拡張
全ロシア貿易公団（TENEX社）	遠心分離法	スヴェルドロフスク クラスノヤルスク トムスク アンガルスク	約　20,000tで操業中
中　　国	ガス拡散法	蘭　州	約400t（ガス拡散法）
	遠心分離法		約400t（遠心分離法）
日本原燃株式会社 （日　本）	遠心分離法	青森県六ヶ所村	1,050t （逐次増設し、最終的には約1,500tSWU/年）

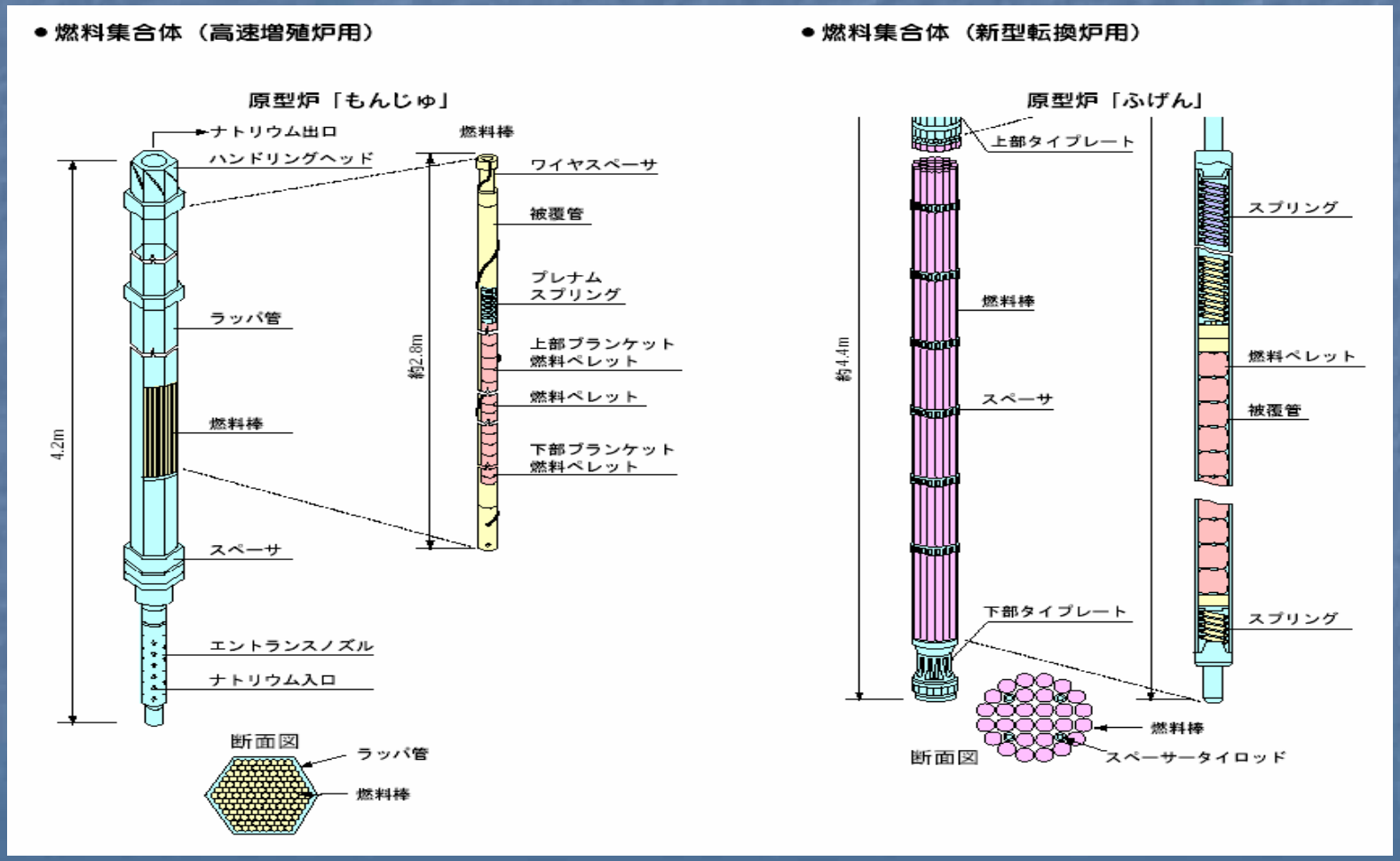
（注）SWUは、分離作業単位（Separative Work Unitの略。
ウランを濃縮する際に、必要となる仕事量の単位。

（原子力ポケットブック2001年版ほか）

ウラン燃料加工工程


濃縮UF6シリンダ
転　換　工　程
濃縮UF6に水、アンモニア水を反応させてUO2を作り、乾燥、焙焼等を経てUO2粉末を作る。
ペレット成形工程
UO2粉末を顆粒状にしてプレス成形し、1700℃以上の高温で焼結してUO2ペレットを作る。
燃料棒組立工程
UO2ペレットを燃料被覆管に挿入し、スプリングを入れ両端に端栓を熔接して燃料棒を作る。
燃料集合体組立工程
支持構造体に燃料棒を組み込み燃料集合体を完成させる。
燃料集合体
制御棒
支持格子
燃料棒
下部ノズル
ペレット
約8mm
約10mm
燃料棒
スプリング
燃料被覆管
（ジルコニウム合金）
ペレット
（注）PWR燃料の場合

新型炉の燃料集合体


● 燃料集合体（高速増殖炉用）
原型炉「もんじゅ」
ナトリウム出口
ハンドリングヘッド
ラッパ管
燃料棒
スペーサ
エントランスノズル
ナトリウム入口
4.2m
燃料棒
ワイヤスペーサ
被覆管
プレナム
スプリング
上部ブランケット
燃料ペレット
燃料ペレット
下部ブランケット
燃料ペレット
約2.8m
断面図
ラッパ管
燃料棒
● 燃料集合体（新型転換炉用）
原型炉「ふげん」
上部タイプレート
燃料棒
スペーサ
下部タイプレート
約4.4m
スプリング
燃料ペレット
被覆管
スプリング
燃料棒
スペーサータイロッド
断面図

日本のウラン燃料加工施設

（2000年12月末現在）

再転換加工

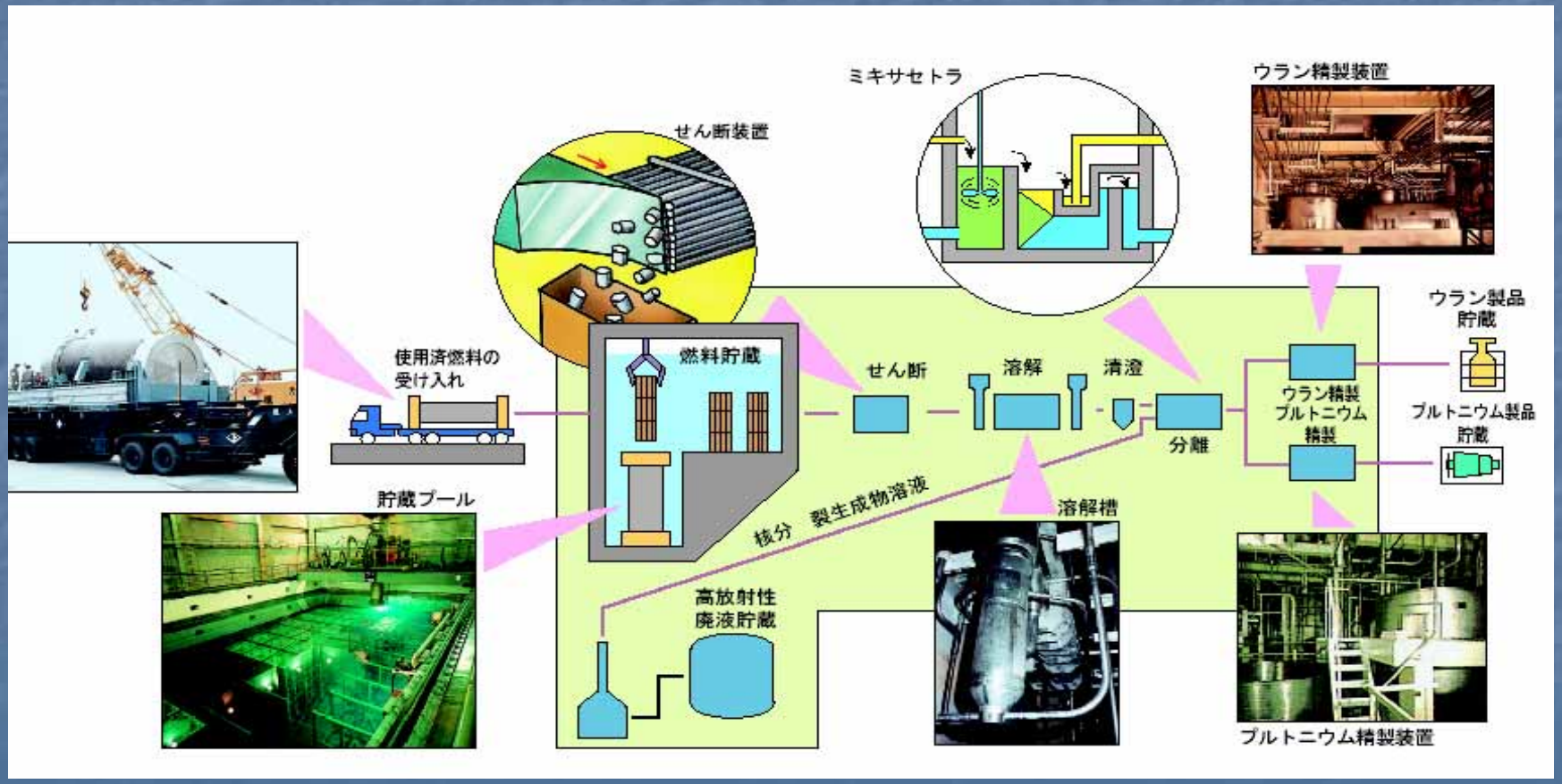
事業者名	事　業　所	炉型別	処理能力
三菱原子燃料（株）（MNF）	東海製作所	加圧水型	475tU/年

成型加工

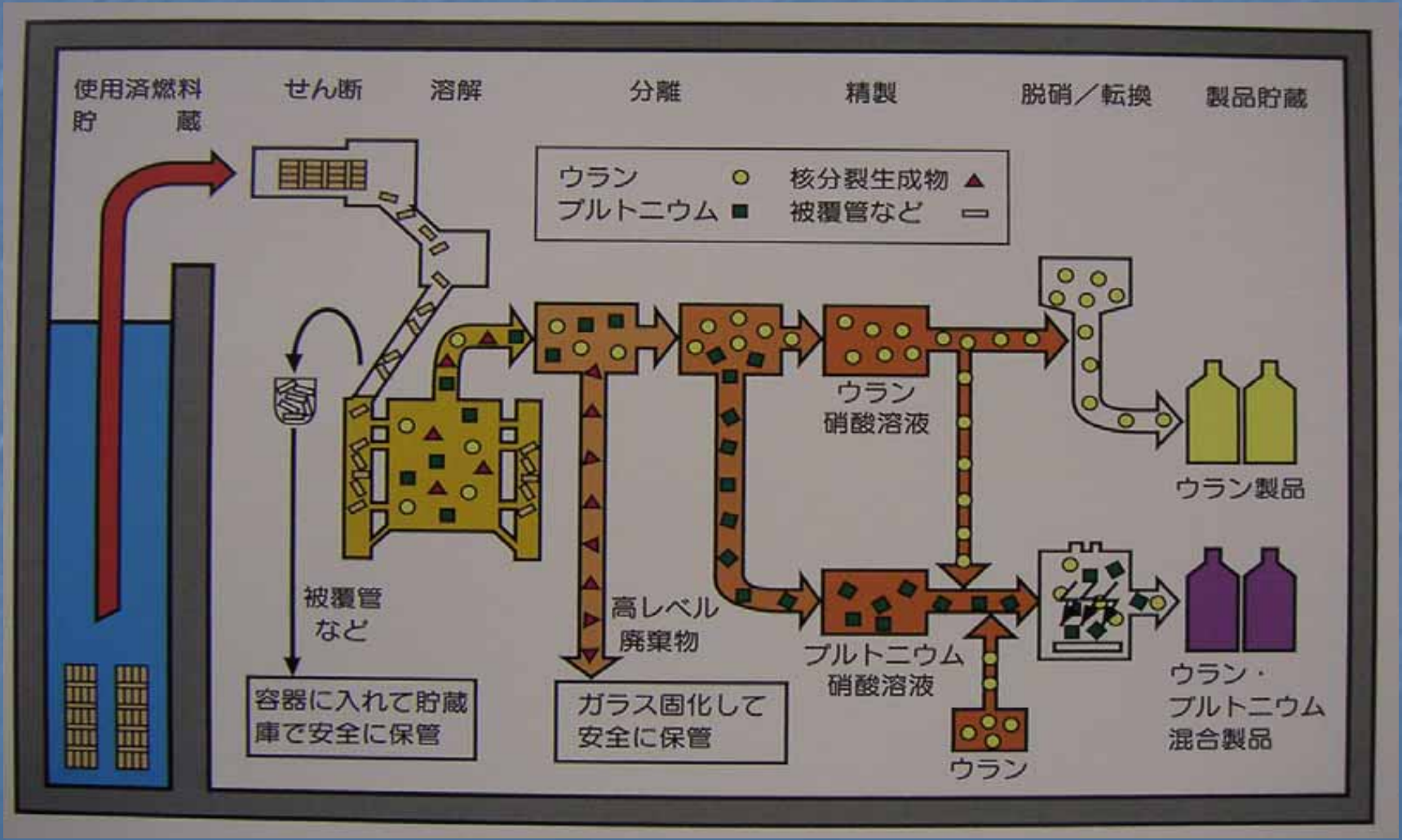
事業者名	事　業　所	炉型別	処理能力
三菱原子燃料（株）（MNF）	東海製作所	加圧水型	440tU/年
日本ニュクリア・フユエル（株）(JNF)	横須賀工場	沸とう水型	750tU/年
原子燃料工業（株）（NFI）	熊取事業所	加圧水型	284tU/年
	東海事業所	沸とう水型	200tU/年

出典：原子力安全白書 平成12年版
原子力ポケットブック2001年版

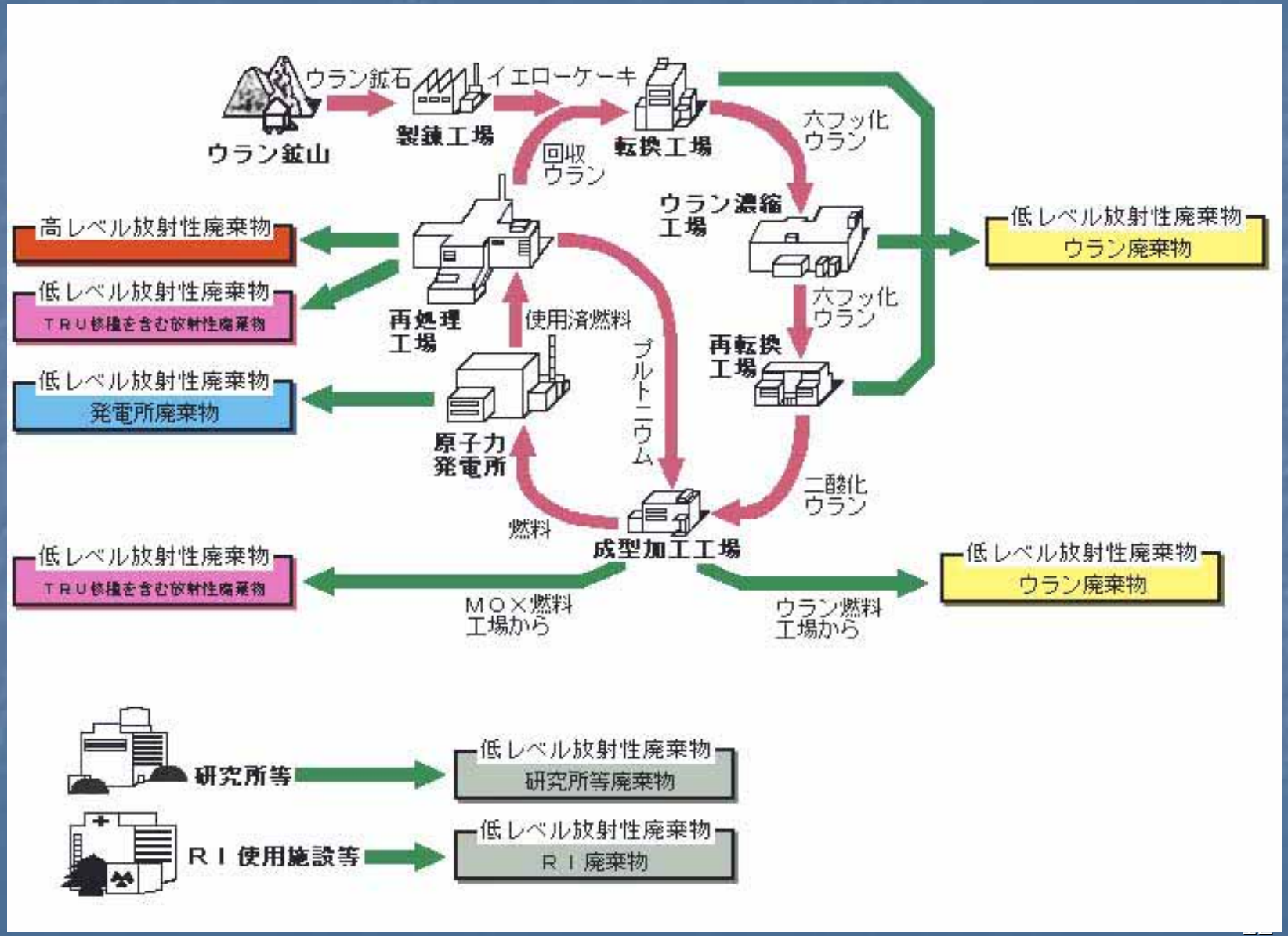
再処理の流れ
(東海再処理施設の例)



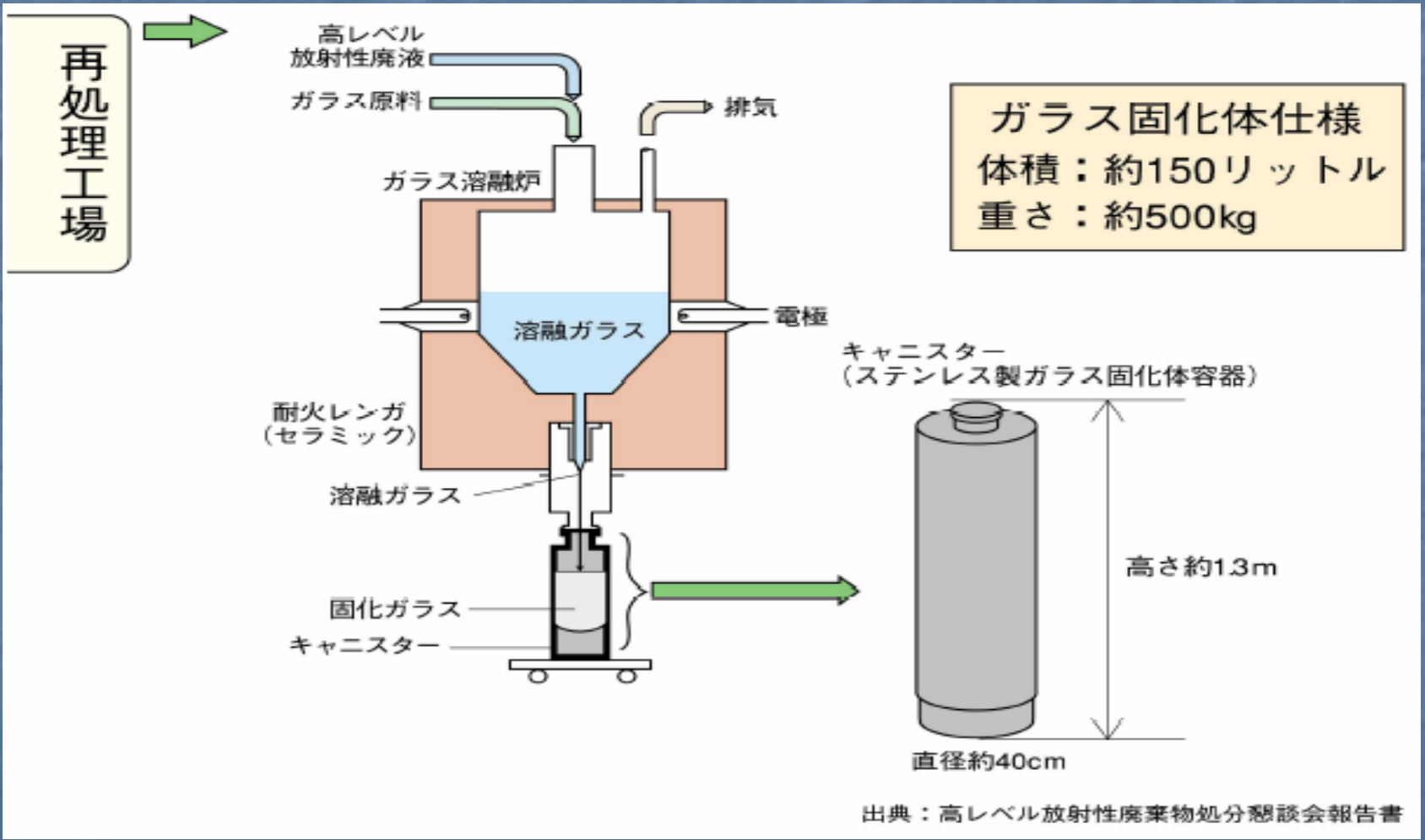
再処理の工程
(東海再処理施設の例)



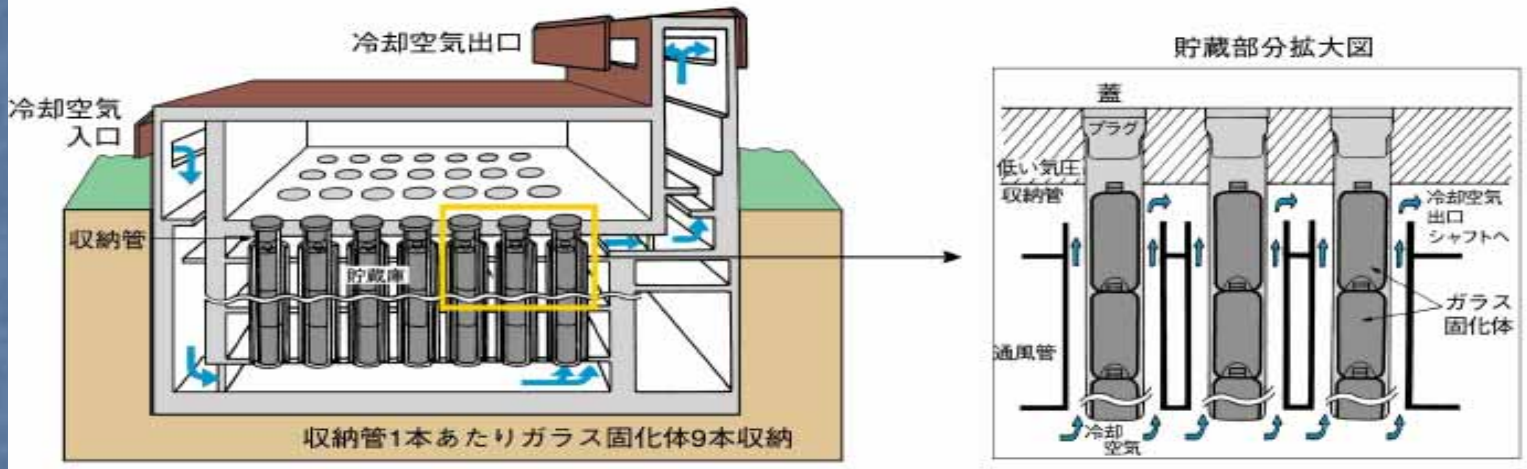
核燃料サイクルから発生する放射性廃棄物



高レベル放射性廃棄物ができるまで

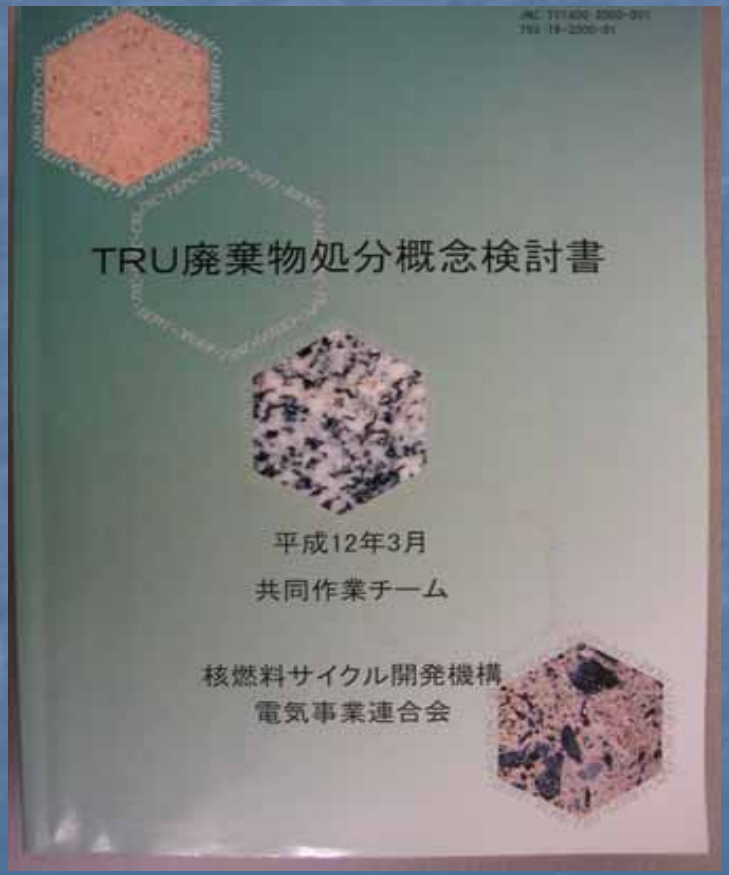


高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）貯蔵施設



出典：日本原燃パンフレット　他

TRU廃棄物の処分概念の検討



TRU廃棄物処分の基本的考え方

TRU廃棄物の特徴

発生施設：再処理，Pu燃料加工施設の運転／解体
発生形態：種々雑多，物理･化学的性状が様々
発 生 量　：HLWの10倍程度の容量
核種構成：超ウラン元素（Pu-239，Am-241，等）
　　核分裂生成物（I-129，Sr-90，等）
　　放射化生成物（C-14，等）
核種濃度：浅地中政令濃度上限値を下回るものから数桁上回るものまで幅広く分布

処分概念構築の基本的考え方

○ 核種濃度に応じ，浅地中／余裕深度／深地層に区分
○ さらに廃棄体性状（含有放射能，化学成分）も考慮しグルーピング
○ 大空洞への集積配置による合理化

サイクル機構における今後の
低レベル放射性廃棄物の管理計画

低レベル放射性廃棄物管理プログラムの位置付け

サイクル機構の研究開発活動により発生する
低レベル放射性廃棄物について、処理・処分の道筋を示す

- 廃棄物発生事業者としての責任を果たす
- 制度化、事業化の検討に寄与する
- 今後の事業展開に反映させる

管理プログラムの目次

目　次

1．　はじめに 1

2．　処理処分に向けたわが国の取り組み状況 3

2.1　放射性廃棄物の区分 3

2.2　制度化の状況 4

3．　サイクル機構の低レベル放射性廃棄物の種類と量 6

3.1　低レベル放射性廃棄物の種類 6

3.2　低レベル放射性廃棄物の発生量 7

3.3　廃棄物中の放射能濃度と処分区分 10

4．　低レベル放射性廃棄物管理の基本方策 12

4.1　基本的考え方 12

4.2　処理、保管、処分の方策 13

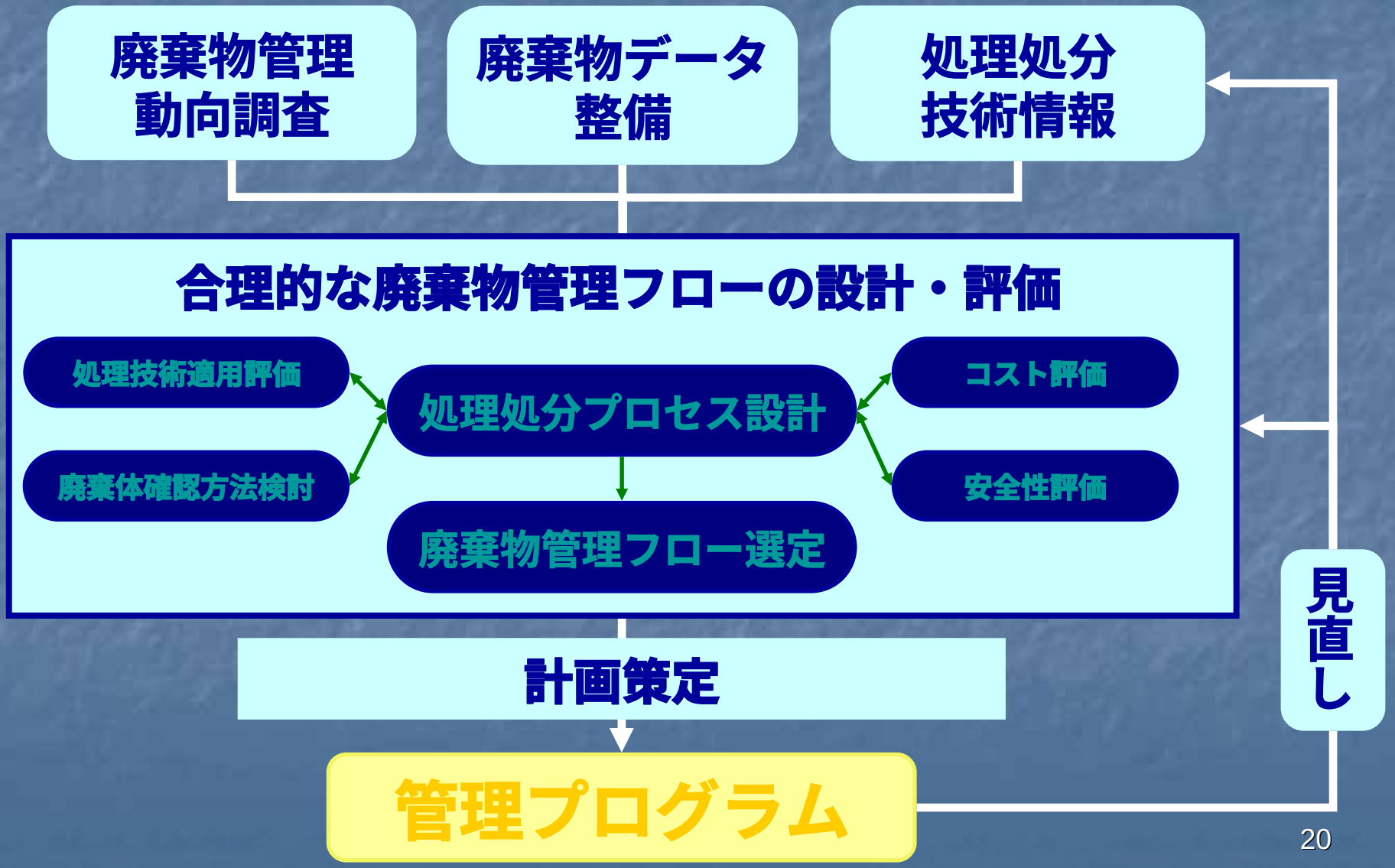
5．　低レベル放射性廃棄物管理の基本計画 16

5.1　当面５年間の計画 17

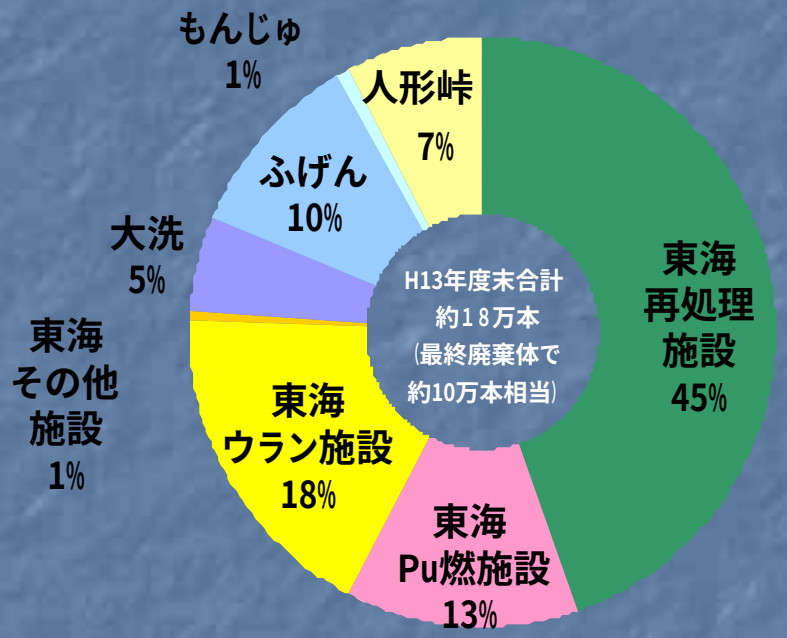
5.2　長期的な展開 24

6．　おわりに 26

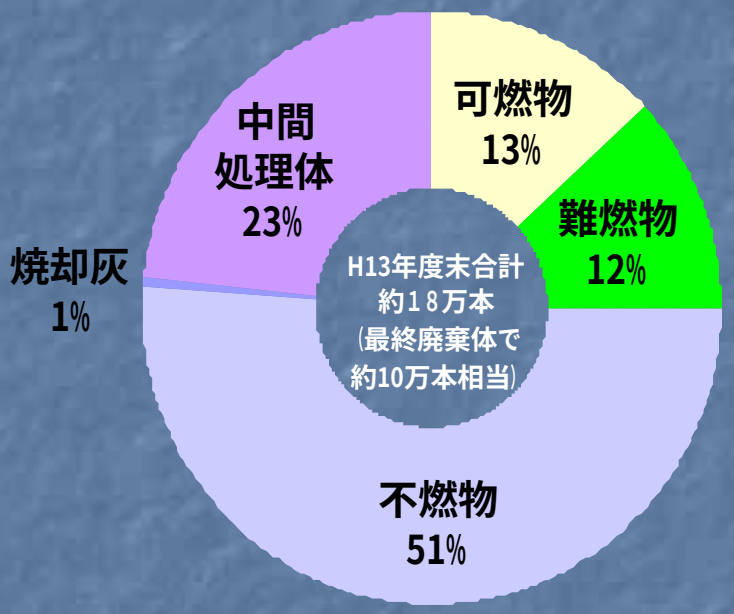
管理プログラム策定手順



サイクル機構の保管する低レベル放射性廃棄物



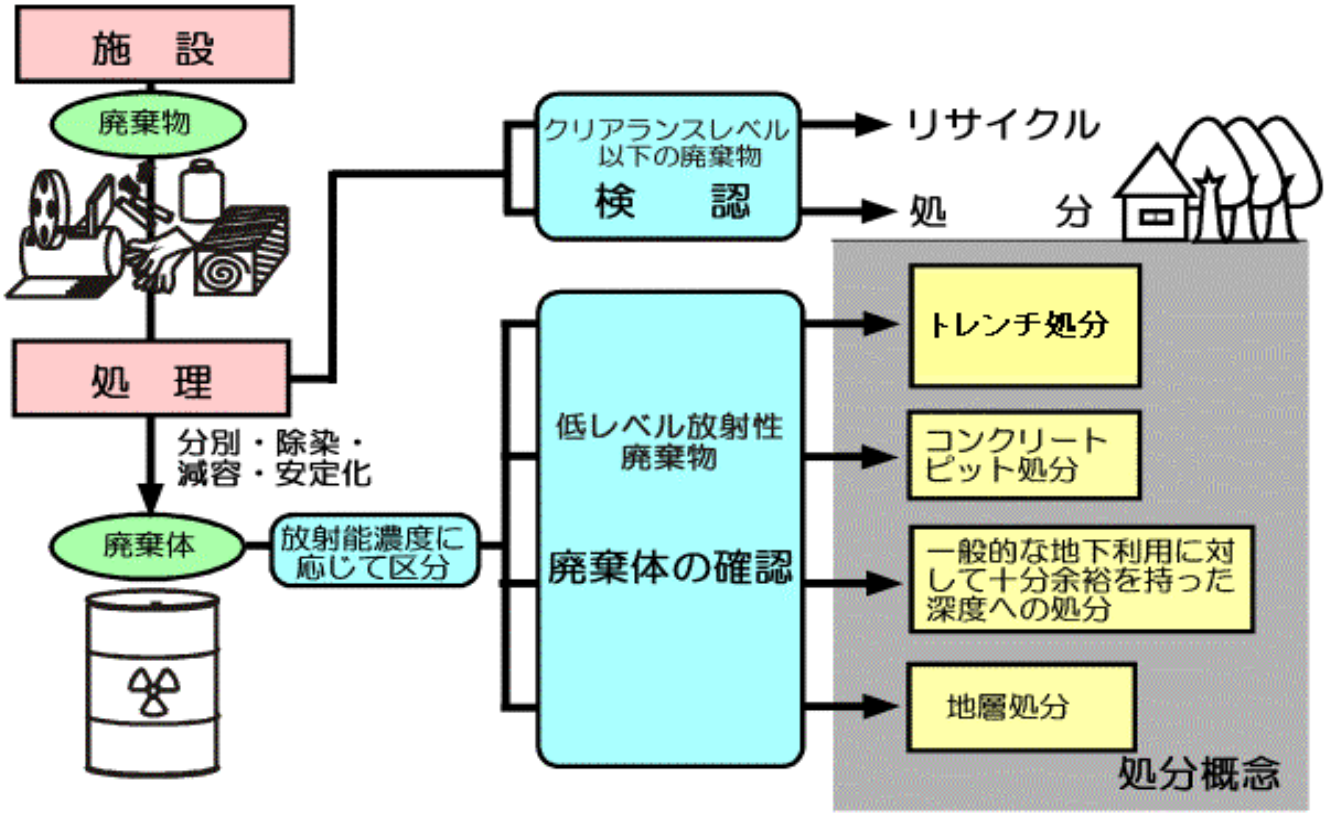
発生事業所別割合(Ｈ１３.３末現在)



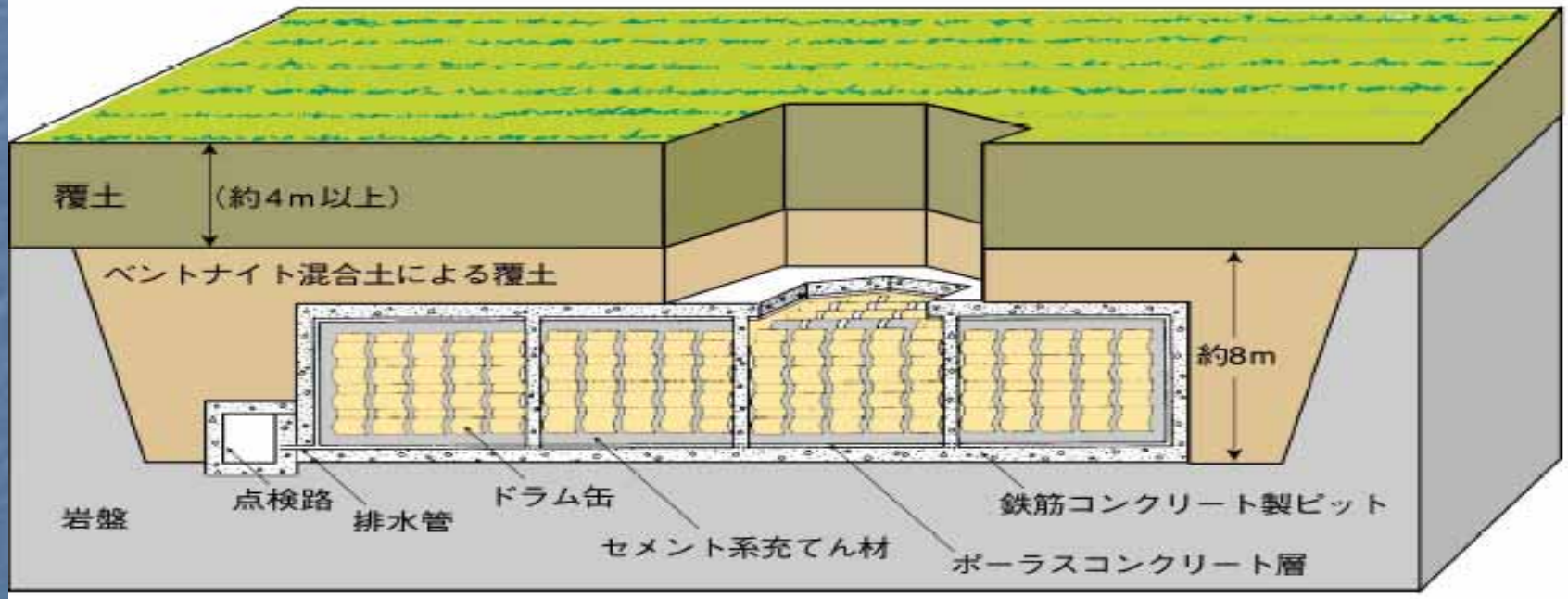
廃棄物種類別割合(Ｈ１３.３末現在)

他に液体廃棄物約2900㎥を保管

廃棄物の処理処分概念


施　設
廃棄物
処　理
分別・除染・
減容・安定化
廃棄体
放射能濃度に
応じて区分
クリアランスレベル
以下の廃棄物
検　認
リサイクル
処　分
低レベル放射性
廃棄物
廃棄体の確認
トレンチ処分
コンクリート
ピット処分
一般的な地下利用に対
して十分余裕を持った
深度への処分
地層処分
処分概念

低レベル放射性廃棄物埋設センターの概念図



出典：原子力安全白書 平成11年版

廃棄体の仕様（1）

廃棄体技術基準（浅地中処分/均質・均一廃棄体）

標識

- 放射性廃棄物を示す標識
  (JIS Z 9103に準拠)
- 色　帯
  (表面線量0.5mSv/h以上必要)

表示

- 整理番号
  (受入先より交付の書類との照合用)

容器

- JIS Z 1600「鋼性オープンドラム」
  同等以上の「強度」「密封性」

表面汚染密度

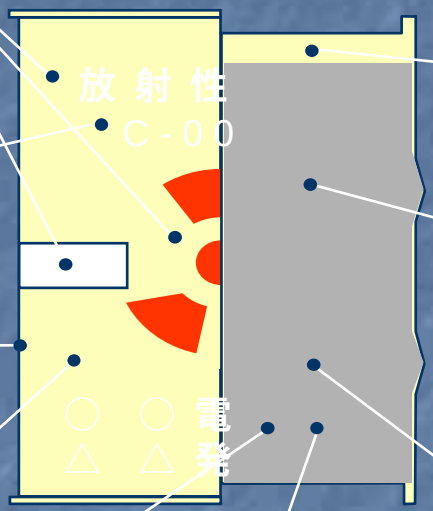
- β･γ物質：4 Bq / cm^{2}以下
- α　物質：0.4 Bq / cm^{2}以下

放射能濃度

- 申請書等に記載した最大放射能濃度を超えないこと

申請書等　：　廃棄物埋設事業許可申請書

廃棄体



外観

- 著しい破損がないこと

有害な空隙

- 良好な固型化（管理）
- 上部空間の規制

固型化材料

- セメント　：JIS R 5210.5211規格又は同等以上の「品質」
- アスファルト　：JIS K 2207規格又は同等以上の「品質」針入度100以下
- プラスチック　：不飽和ポリエステル

廃棄体の強度

- セメント　：一軸圧縮強度15kg/cm^{2}以上
- プラスチック　：硬さ値25以上（デューロメータ法にて）
- 廃棄体として耐埋設荷重強度を有すること

固化体の性状

- 均質又は均一な固化体であること
- アスファルト：　アスファルトが重量で50%以上
- プラスチック：　プラスチックが重量で30%以上
- 健全性を損なう物質を含まないこと

（「放射性廃棄物データブック」原子力環境整備センター　より）

廃棄体の仕様（2）

廃棄体技術基準（浅地中処分/固体状廃棄物）

標　識
- 放射性廃棄物を示す標識
  (JIS Z 9103に準拠)
- 色　帯
  (表面線量0.5mSv/h以上必要)

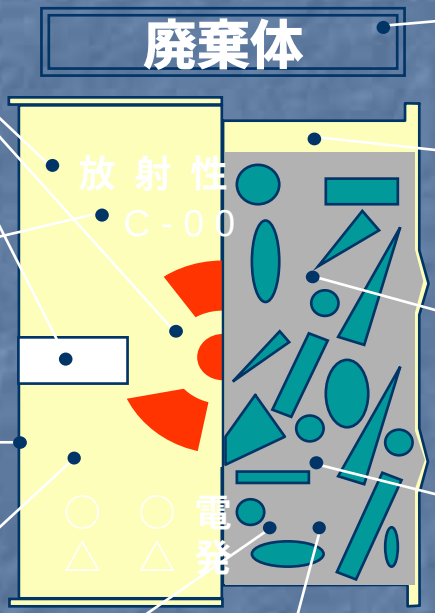
表　示
- 整理番号
  (受入先より交付の書類との照合用)

容　器
- JIS Z 1600「鋼性オープンドラム」
  同等以上の「強度」「密封性」

表面汚染密度
- β･γ物質：4 Bq / cm^{2}以下
- α 物質：0.4 Bq / cm^{2}以下

放射能濃度
- 申請書等に記載した最大放射能濃度を超えないこと

申請書等 ： 廃棄物埋設事業許可申請書



製作方法
- あらかじめ均質に練り混ぜた固型化材料を容器内の放射性廃棄物と一体になるよう充填すること （製作管理）

外　観
- 著しい破損がないこと

有害な空隙
- 良好な充填を行うこと (製作管理)
- 上部空間の規制

固型化材料
- セメント：JIS R 5210.5211規格又は同等以上の「品質」

対象廃棄物の性状
- 固体状の放射性廃棄物に限定
  ･金属、コンクリート、塩ビ、ゴム、保温材、フィルター、その他の雑固体及び廃棄物の溶融体　等
- 健全性を損なう物質を含まないこと

（「放射性廃棄物データブック」原子力環境整備センター　より）

処分区分値の仮設定

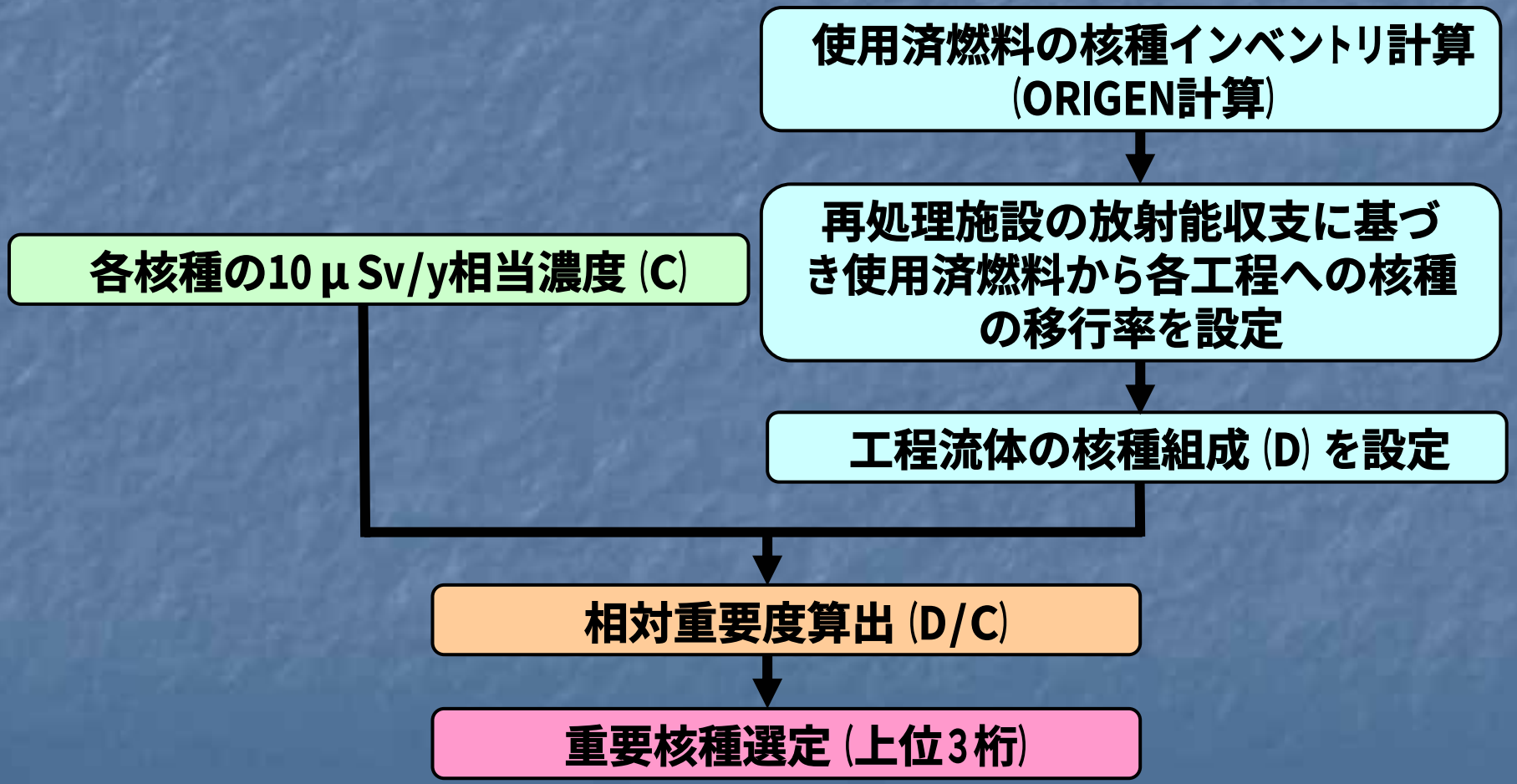
・政令濃度上限値の存在する核種
　→そのまま利用
・政令濃度上限値の存在しない核種
　→原子力安全委員会での濃度上限値
　　算出方法を採用

↓

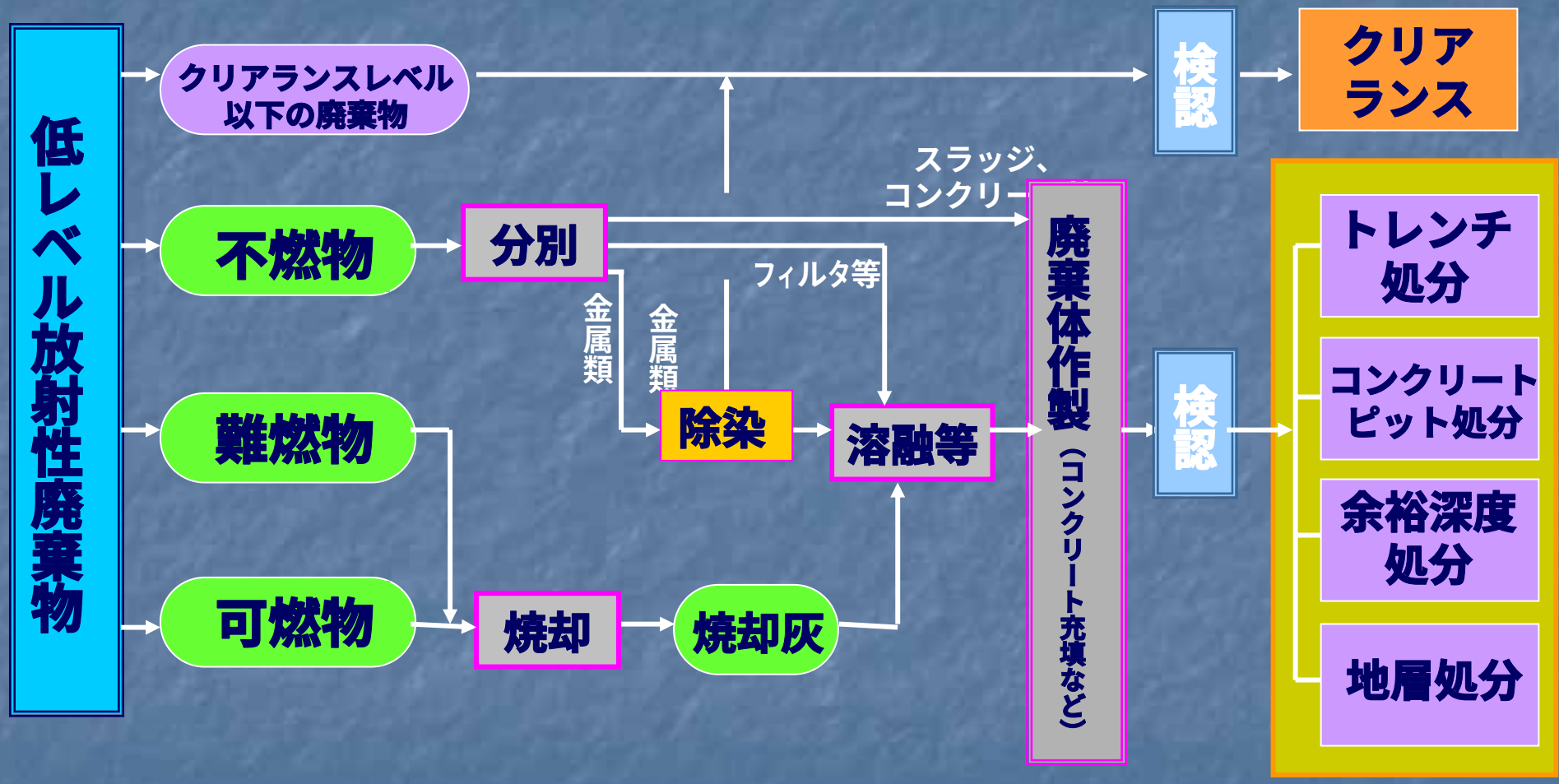
各処分形態毎（素堀、コンクリートピット、余裕深度、地層処分）に濃度上限値を設定

処分上重要と考えられる核種

(再処理廃棄物の処分上重要と考えられる核種の選定)



処理処分フローの基本案



今後の展開

項目 ＼ 年	2001～2005	2006～	2011～
段階	第1段階	第2段階	第3段階
廃棄物に対する政策方針等	安全規制の基本的な考え方、関係法令等の整備		区分に応じた廃棄物の処分
ﾃﾞｰﾀベースの整備	サンプリングと分析等によるデータ整備システム構築	運用・改良	
処理施設	合理的な処理施設の検討	設計・建設	
研究開発	廃棄物処理処分技術開発　等		
品質保証システム	廃棄物中の放射性物質の確認や検査等		