

# 低レベル放射性廃棄物処分（その2）

## 処分場の設計に係る現状と諸課題

2022年2月3日

埋設事業部 佐々木泰



日本原燃株式会社

# まえがき



- 日本原燃の低レベル放射性廃棄物埋設センターは、1号廃棄物埋設施設は1992年から、2号廃棄物埋設施設は2000年から操業を開始し、200リットルのドラム缶で既に約33万本の廃棄体を埋設している。
- 2018年8月に、3号廃棄物埋設施設の増設等の事業変更許可申請を行い、2021年7月21日に許可を受けた。
- 事業変更許可申請は、2013年に制定（2019年12月一部改正）された「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（以下「許可基準規則」という。）に基づき審査されている。
- ここでは、施設および設計の概要を説明する。

# 目次



## 1. 埋設センターの概要

- (1) 廃棄物
- (2) 施設
- (3) 操業・管理

## 2. 設計の概要

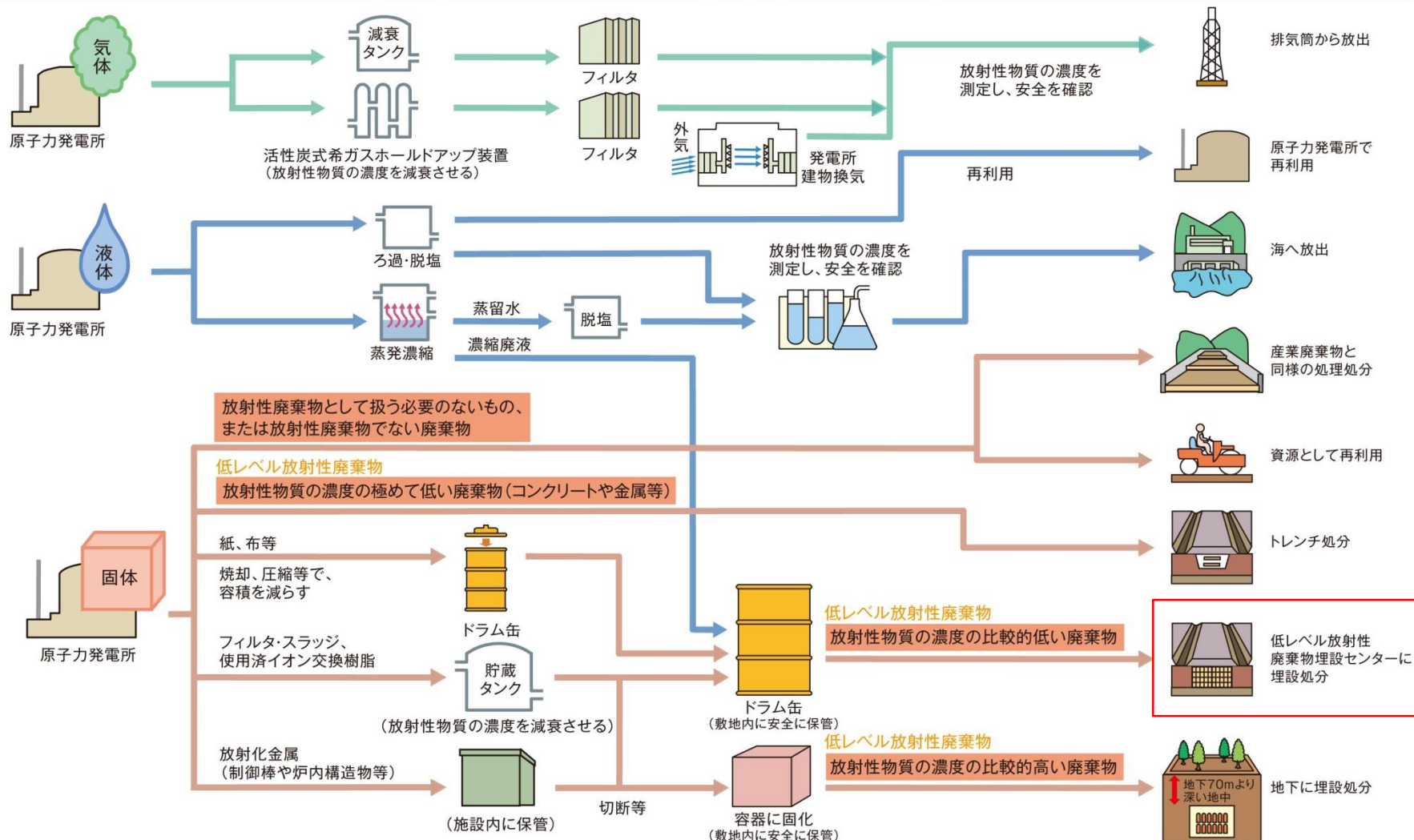
- (1) 法令
- (2) 安全機能
- (3) 漏出防止
- (4) 移行抑制
- (5) 遮蔽

## 3. 課題

# 1. 埋設センターの概要

# (1) 廃棄物 原子力発電所から発生する廃棄物

## 原子力発電所の廃棄物処理方法

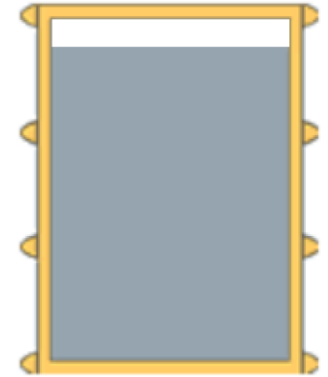


# (1) 廃棄物 ドラム缶を用いた廃棄体化

- 均質・均一固化体

- 濃縮廃液、使用済樹脂、焼却灰などをセメント、アスファルト、或いはプラスチックを用いてドラム缶の中に固型化

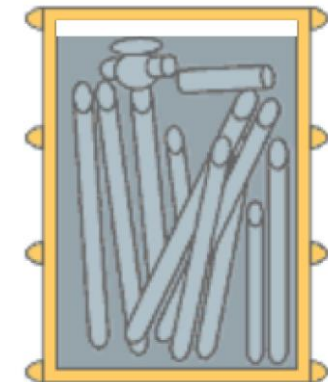
ドラム缶内に流し込んでいる状況 →



- 充填固化体

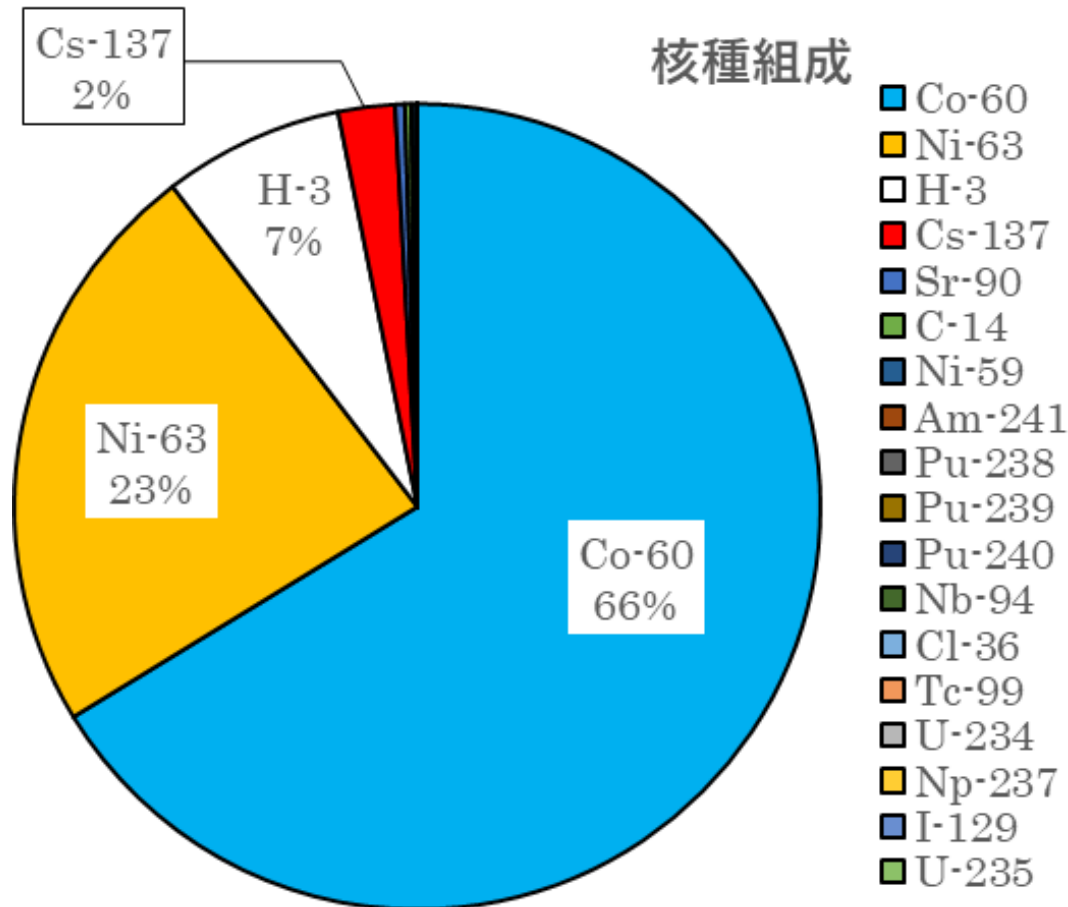
- 補修・取替工事に伴い廃材として発生した金属類、保温材、フィルター類などの固体状廃棄物を分別し、必要に応じて切断・圧縮・溶融処理などの減容を行い、ドラム缶に収納した後、空隙部にセメント系充填材（モルタル）を流し込んで固型化

充填固化した模擬廃棄体を縦に切り開いた状況 →



# (1) 廃棄物 廃棄物の放射性核種組成

- 埋設する低レベル放射性廃棄物の中に含まれる放射性核種の 代表的な組成
  - 概ね 2/3 が 半減期の短い  $^{60}\text{Co}$  (半減期5.27年)



## (2) 施設 六ヶ所村の核燃料サイクル施設

低レベル放射性廃棄物埋設センター

返還HLW管理センター

ウラン濃縮工場



再処理工場

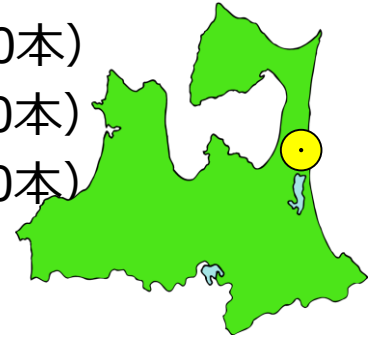
MOX燃料工場(建設中)

むつ小川原  
港へ



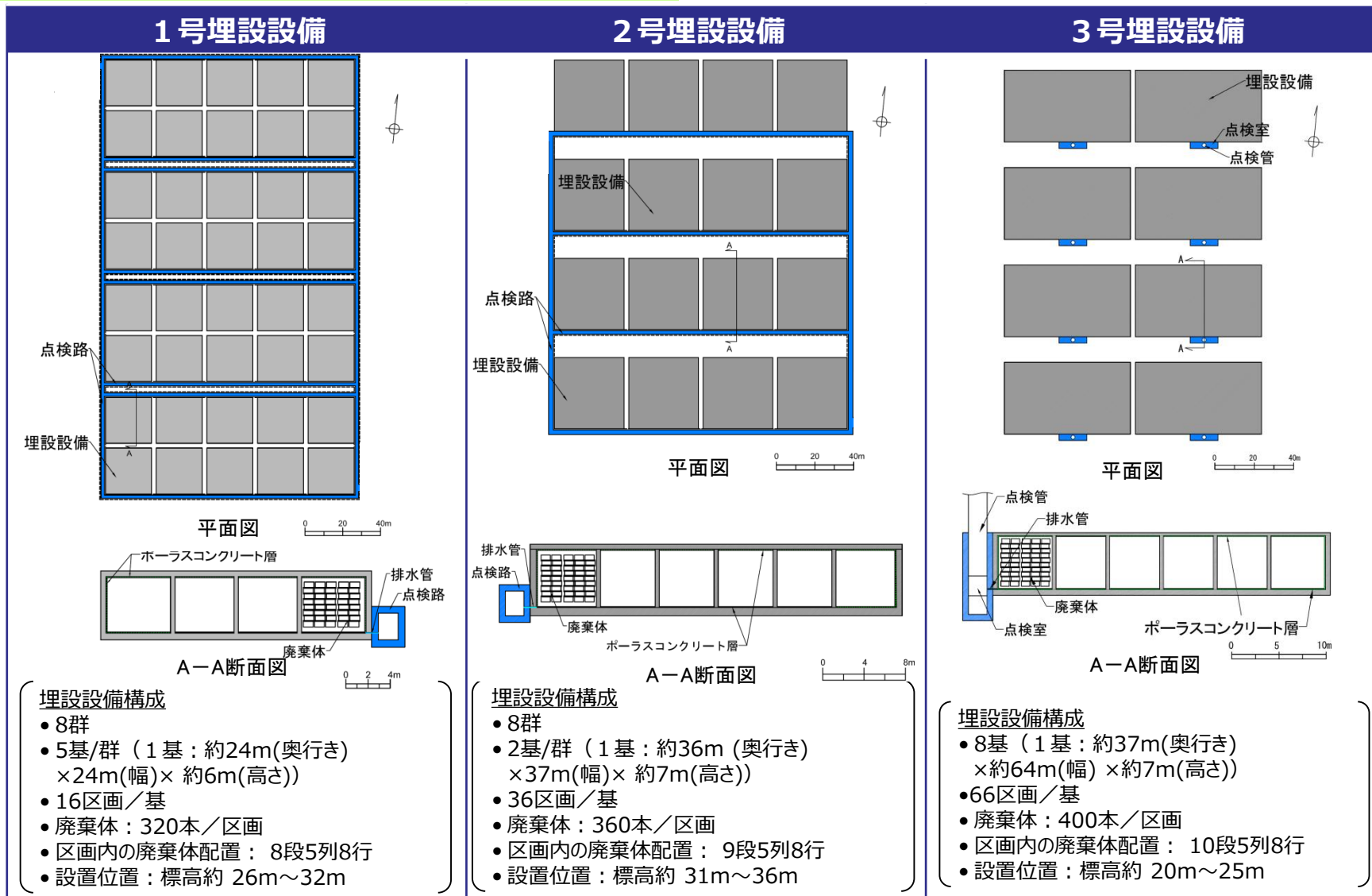
## (2) 施設 低レベル放射性廃棄物の埋設地

- 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駮字野附（日本原燃六ヶ所サイト内）
  - 用地面積 3.4 km<sup>2</sup>（ウラン濃縮工場と低レベル放射性廃棄物埋設センターの合計）
  - 埋設できる廃棄物の量
    - 1号埋設施設 4万 960m<sup>3</sup>（200ℓドラム缶20万4,800本）
    - 2号埋設施設 4万1,472m<sup>3</sup>（200ℓドラム缶20万7,360本）
    - 3号埋設施設 4万2,240m<sup>3</sup>（200ℓドラム缶21万1,200本）
    - 最終的には 60万m<sup>3</sup>（200ℓドラム缶300万本相当）



# (2) 施設 埋設地の概要

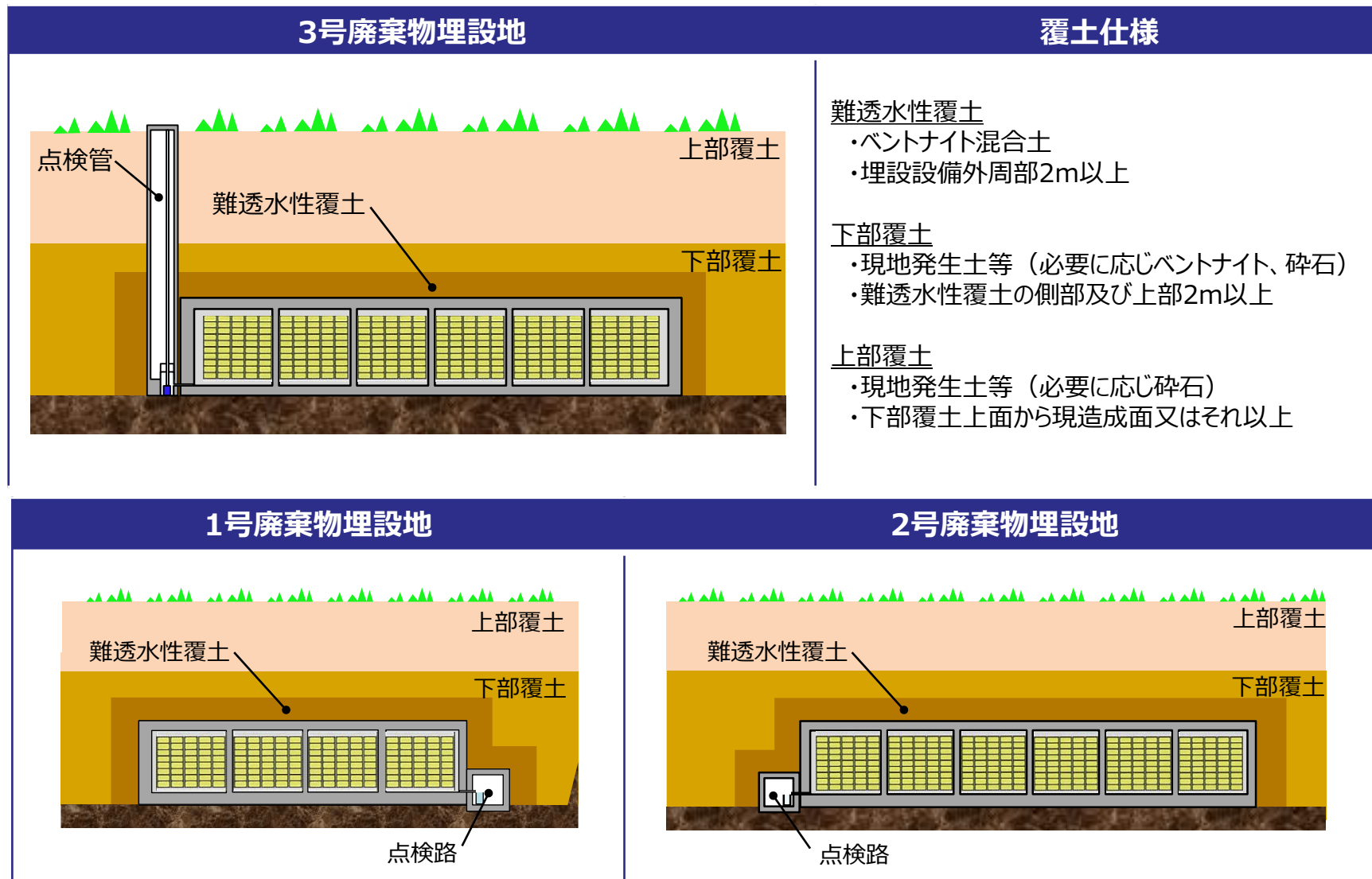
## ○廃棄物埋設地の概要（埋設設備）



## (2) 施設 覆土の概要

### ○ 廃棄物埋設地の概要（覆土）

覆土を従来の2層構造から3層構造へ変更（長期的な低透水性確保）



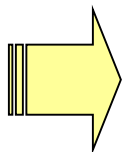
# (3) 操業・管理 操業の流れ (1 / 3)

管理建屋の受け入れからが、埋設の事業許可の範囲となります。

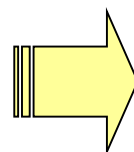
原子力発電所から低レベル放射性廃棄物埋設センターへ運ばれた廃棄体は、低レベル放射性廃棄物管理建屋内で輸送中に破損がなかったかどうか等の最終検査を行い、それぞれの埋設地に埋設します。



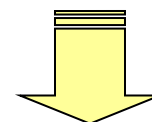
専用輸送船：青栄丸



むつ小川原港 輸送容器を陸揚げ



輸送トラックでの輸送



専用道路

## 原子力発電所

### 廃棄体の検査内容

- 表面汚染密度の測定
- 一軸圧縮強度の測定(1号廃棄体のみ)
- 放射能濃度の測定
- 外観検査・線量当量率の測定
- 整理番号の貼付



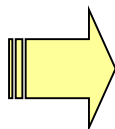
管理建屋へ搬入



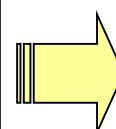
# (3) 操業・管理 操業の流れ (2 / 3)



一時貯蔵



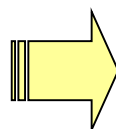
検査装置へ搬入



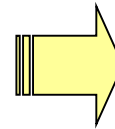
廃棄体検査  
(外観目視検査、整理番号照合)



廃棄体仮置き



廃棄体払い出し

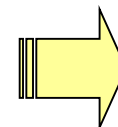


埋設地へ廃棄体を運搬

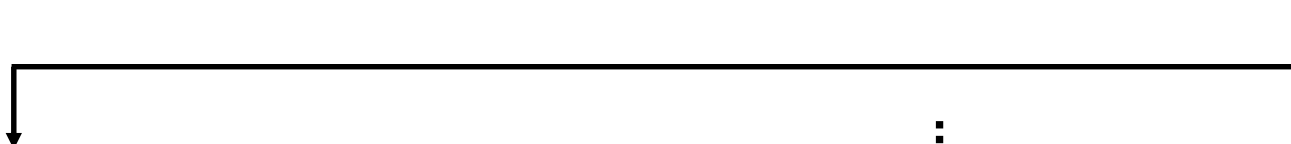
# (3) 操業・管理 操業の流れ (3 / 3)



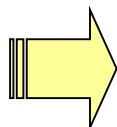
ピット内に廃棄体を定置



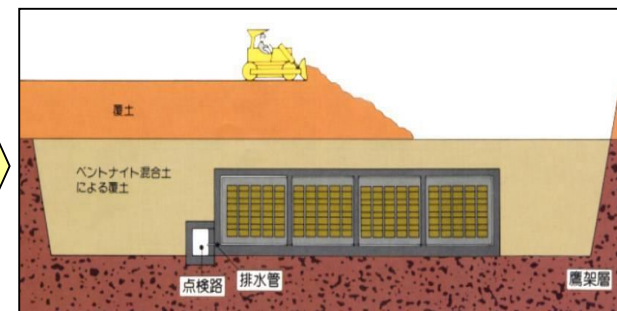
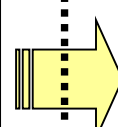
セメント系充てん材(モルタル)注入



上部ポーラスコンクリート設置



覆い(鉄筋コンクリート)を打設

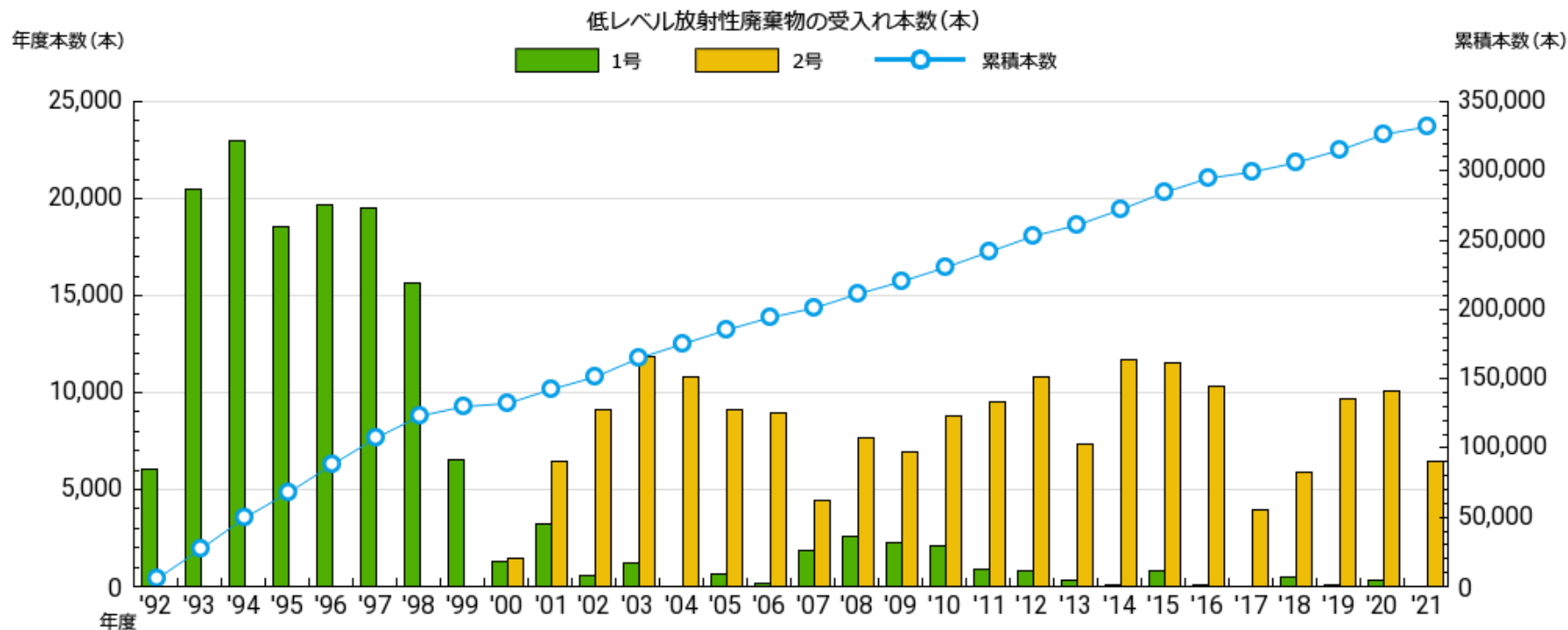


覆土

# (3) 操業・管理 操業の状況



低レベル放射性廃棄物の受入れ状況（2021年12月末現在）



# (3) 操業・管理 段階管理の概要



覆土完了▽

廃止措置の開始▽

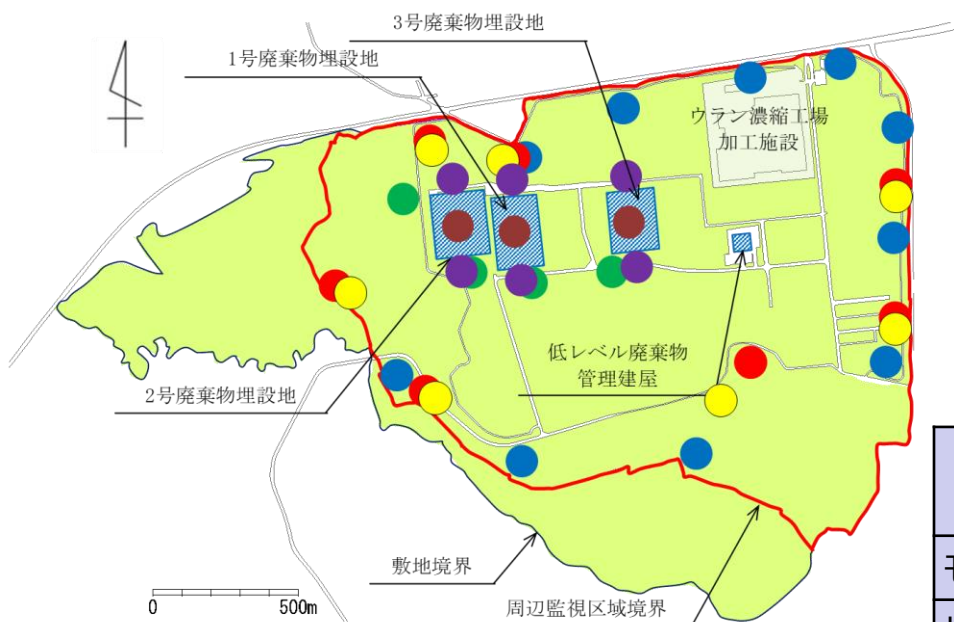
段階	受入れ開始～覆土完了	覆土完了以後～廃止措置の開始
終了予定時期	埋設開始以降27年 (※) ※ 3号埋設施設の場合	覆土完了後300年
考え方	埋設設備等により漏出防止	埋設設備と周辺土壌等により移行抑制
管理の内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>埋設保全区域の設定、埋設地の立札設置／埋設地の巡視・点検、埋設設備・覆土の修復等／環境モニタリング</li> <li>定期的な評価等の実施、その評価等に必要な人工バリア及び天然バリアの機能に係る地下水の状況等の監視</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>周辺監視区域の設定</li> <li>周辺監視区域境界付近での線量、地下水中の放射性物質濃度の監視</li> <li>沢水の利用等の禁止、掘削等の制約、居住禁止</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>排水・監視設備による排水</li> <li>漏出のないことの監視（排水・監視設備）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>漏出状況の監視（埋設地近傍、敷地境界付近）</li> </ul>



# (3) 操業・管理

# 監視測定設備の概要

既設の監視測定設備に加え、覆土後の廃棄物埋設地とその近傍に地下水採取孔・地下水位測定孔を設置



監視測定設備の設置箇所概略図

監視測定設備の設置箇所と凡例

	周辺監視区域境界付近	廃棄物埋設地近傍	廃棄物埋設地
モニタリングポイント	●		
地下水採取孔	●	●	
地下水位測定孔	●	●	●

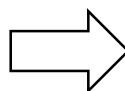
その他監視測定設備：

- 排水・監視設備（廃棄物埋設地）
- 放射能測定装置・放射線サーベイ機器・排気用モニタ・水質の分析装置（管理建屋等）

## 2. 設計の概要

# (1) 法令

原子炉等規制法
第二種廃棄物埋設施設事業規則
第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則及び解釈



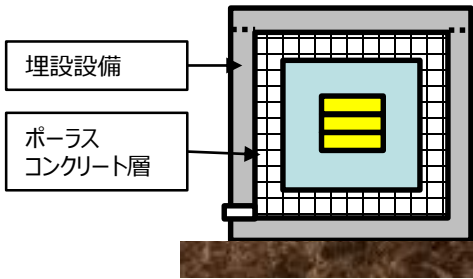
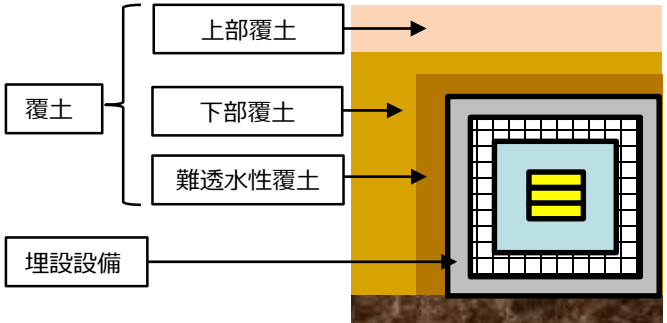
許可基準規則*1	
第三条	安全機能を有する施設の地盤
第四条	地震による損傷の防止
第五条	津波による損傷の防止
第六条	外部からの衝撃による損傷の防止
第七条	火災等による損傷の防止
第八条	遮蔽等
第九条	異常時の放射線障害の防止
第十条	廃棄物埋設地
第十一条	放射線管理施設
第十二条	監視測定設備
第十三条	廃棄施設
第十四条	予備電源
第十五条	通信連絡設備等

\*1：第一条（適用範囲）及び第二条（定義）であり、適合性を示す条文ではない。

# (2) 安全機能

許可基準規則	安全機能及び安全機能を有する施設
<p>第二条</p> <p>2 この規則において、次の各号に掲げる用語の意義は、それぞれ当該各号に定めるところによる。</p> <p>一 「安全機能」とは、廃棄物埋設施設の安全性を確保するために必要な機能であって、その機能の喪失により公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれがあるものをいう。</p> <p>二 「安全機能を有する施設」とは、廃棄物埋設施設のうち、安全機能を有するものをいう。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 廃棄物埋設施設の<b>安全設計の基本方針は、</b>静的な設備・機器により<b>放射性物質の漏出の防止</b>（以下「<b>漏出防止</b>」という。）、<b>放射性物質の漏出の低減及び生活環境への移行の抑制</b>（以下「<b>移行抑制</b>」という。）並びに<b>遮蔽の安全機能を有するよう設計することとし、</b>それらの安全機能を適切に組み合わせることによって、安全性を確保することとする。</li> <li>• 廃棄物埋設施設のうち<b>安全機能を有する施設は、埋設設備、排水・監視設備のうちポーラスコンクリート層及び覆土とする。</b></li> <li>• <b>廃止措置の開始後は、移行抑制機能及び遮蔽機能を期待できるように設計する。</b></li> </ul>











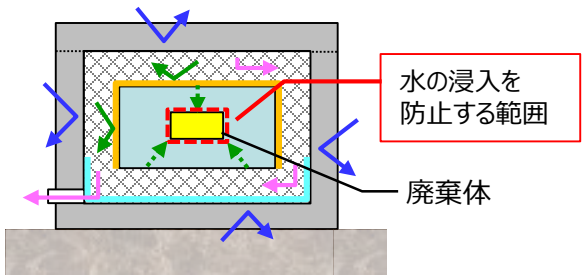
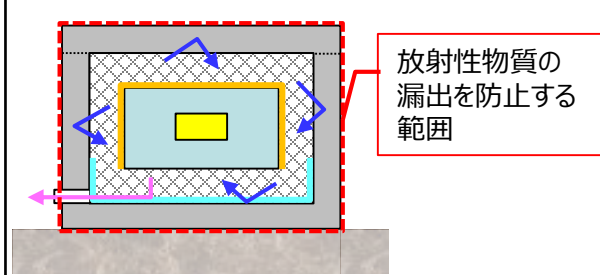
○：安全機能が必要、－：考慮しない、（ ）内は対象設備

期間	廃止措置の開始前		
	廃棄体の定置から覆土完了まで	覆土完了後	
安全機能	漏出防止機能	○ (埋設設備、ポーラスコンクリート層)	－
	移行抑制機能	－	○ (埋設設備、覆土)
	遮蔽機能	○ (埋設設備)	○ (覆土)
概要図			

期間ごとの安全機能と施設の概要図

# (3) 漏出防止機能

## 漏出防止機能の設計の考え方

部位	凡例		期待する機能			
	部材	流れ	雨水及び地下水の浸入の防止		放射性物質の漏出の防止	
外周仕切設備、覆い			○	埋設設備内への浸入防止	○	埋設設備外への漏出防止
内部防水(下部)			○		○	
ポーラスコンクリート層			○	浸入した水の排水	○	放射性物質を含む水の回収
セメント系充填材			○	浸入した水と廃棄体の接触防止	-	
内部防水(上・側部)			○		-	
概要図			 <p>水の浸入を防止する範囲</p> <p>廃棄体</p>		 <p>放射性物質の漏出を防止する範囲</p>	

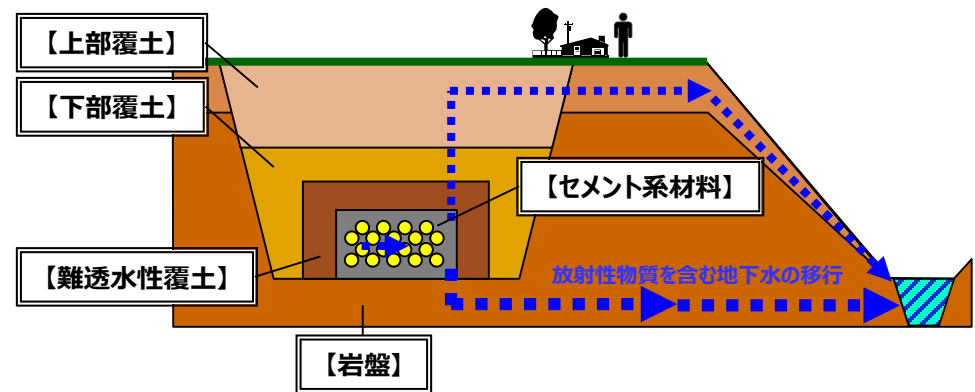
# (4) 移行抑制機能

## 移行抑制機能の設計の考え方

部位	期待する機能	
	低透水性*1	収着性*2
上部覆土	—	○
下部覆土	○	—
難透水性覆土	○	○
岩盤	○	○
セメント系材料	—	○

\*1：低透水性により埋設設備に流入する地下水を低減する。

\*2：収着性により放射性物質の移行を遅延する。



# (4) 移行抑制機能 線量評価シナリオ



廃止措置の開始後の評価では、ICRP Pub.81に基づいて、自然過程と人間侵入を考慮する以下の評価シナリオについて、公衆の受ける線量を評価する。

<p><b>自然事象シナリオ</b></p>	<p>廃棄物埋設地に埋設処分する放射性廃棄物に含まれる放射性物質は、埋設設備に浸入する地下水を介して、人の活動する領域に到達し、人間活動<sup>*1</sup>により、公衆が被ばくすることが想定される。このような<b>自然事象による廃棄物埋設地からの放射性物質の移行及び公衆の受ける線量を評価する。</b>          廃止措置の開始後の公衆の線量評価に当たっては、<b>①将来の地質環境等<sup>*2</sup>と、②将来の廃棄物埋設地の状態並びに③将来の公衆の生活環境<sup>*3</sup>を設定する。</b></p>
<p><b>最も厳しい自然事象シナリオ</b></p>	<p><b>最大の被ばくを受けると想定される評価対象個人の線量であっても、著しい被ばくを受けないことを確認するため、科学的に合理的と考えられる範囲の廃棄物埋設地の人工バリアや天然バリアの状態及び生活環境における被ばくに至る経路の組合せのうち、最も厳しいパラメータを用いて評価する。</b>本シナリオの評価に当たって、①及び②は線量が大きく厳しくなるようにデータの不確かさ(変動幅)を踏まえて、<b>保守的な状態を設定する。</b>③は現在の生活様式<sup>*4</sup>を考えて合理的に保守的でもっともらしい仮定に基づいて設定する。</p>
<p><b>最も可能性が高い自然事象シナリオ</b></p>	<p><b>平均的な被ばくを受けると想定される評価対象個人の線量が、低く抑えられていることを確認するため、科学的に合理的と考えられる範囲の廃棄物埋設地の人工バリアや天然バリアの状態及び生活環境における被ばくに至る経路の組合せのうち、最も可能性が高いと考えられるパラメータを用いて評価する。</b>本シナリオの評価に当たって、①及び②は、線量が現実的な値となるようにデータの不確かさ(変動幅)を踏まえて、<b>現実的(平均値等の代表性が高い値)な状態を設定する。</b>③は現在の生活様式を考えて現実的でもっともらしい仮定に基づいて設定する。</p>
<p><b>人為事象シナリオ</b></p>	<p>廃棄物埋設地の掘削による放射性物質の廃棄物埋設地からの漏えい、天然バリア中の移行及び当該掘削後の土地利用を考慮して、<b>典型的なもっともらしい様式化された人間侵入を考慮し、侵入者の受ける線量及びその他の公衆の受ける線量を評価する。</b>本シナリオでは、敷地及びその周辺の一般的な土地利用では生じるとは考えられない廃棄物埋設地のバリアの損傷をもたらす人間活動を対象とする。本シナリオは発生の可能性の小さい仮想的なシナリオであることから、過度な保守性を避けるため、本シナリオの評価に当たって、掘削による擾乱を受ける範囲以外の①～③は、最も可能性が高い自然事象シナリオと同様とする。</p>

\*1：人間活動：放射性物質を含んだ水及び土地を利用した様々な生産活動、生産物の摂取等

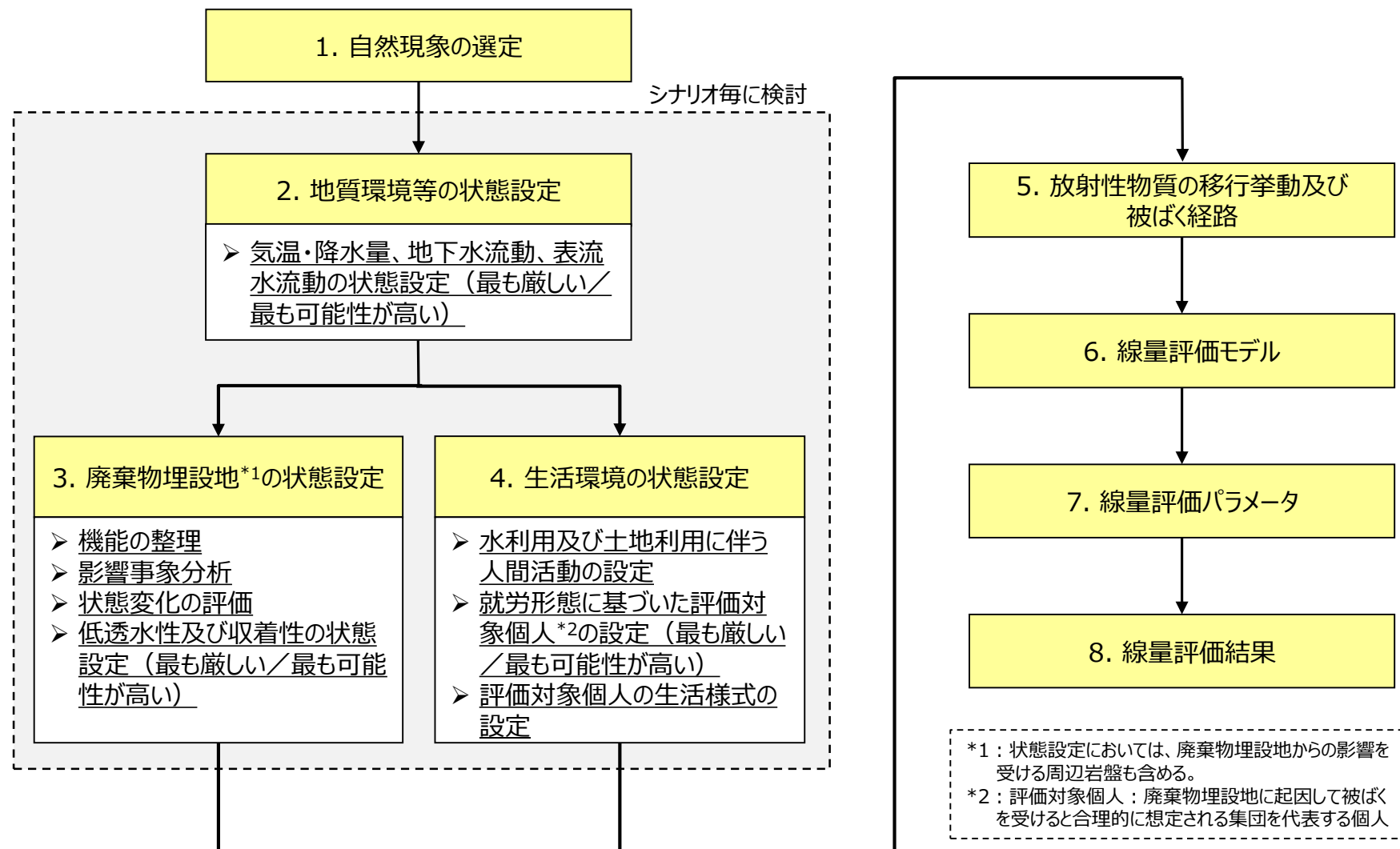
\*2：地質環境等：地質環境、気象環境及び水理環境

\*3：生活環境：人が活動する領域のうち、放射性物質が到達する領域で、一般的な水の利用と土地の利用が想定される範囲における人間活動の状況

\*4：生活様式：評価対象個人の時間の過ごし方等の人間活動の程度

# (4) 移行抑制機能 線量評価のフロー

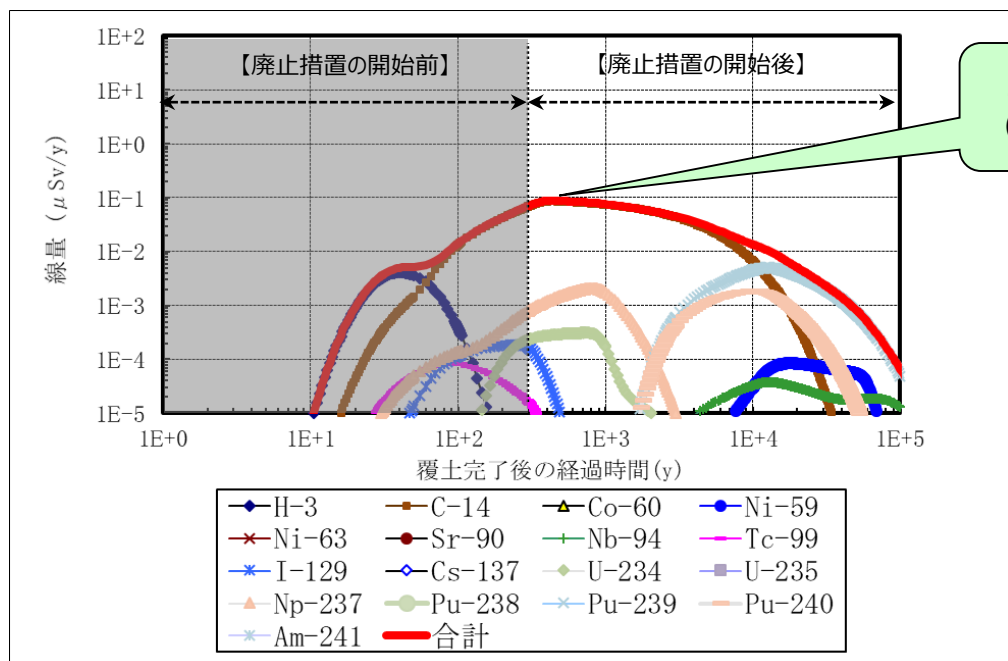
## 廃止措置の開始後の評価のフロー





# (4) 移行抑制機能

# 線量評価結果



8.8×10<sup>-2</sup>μSv/y  
(覆土完了後約300年後)

3号廃棄物埋設地の評価(最も可能性が高い自然事象シナリオ：居住者)

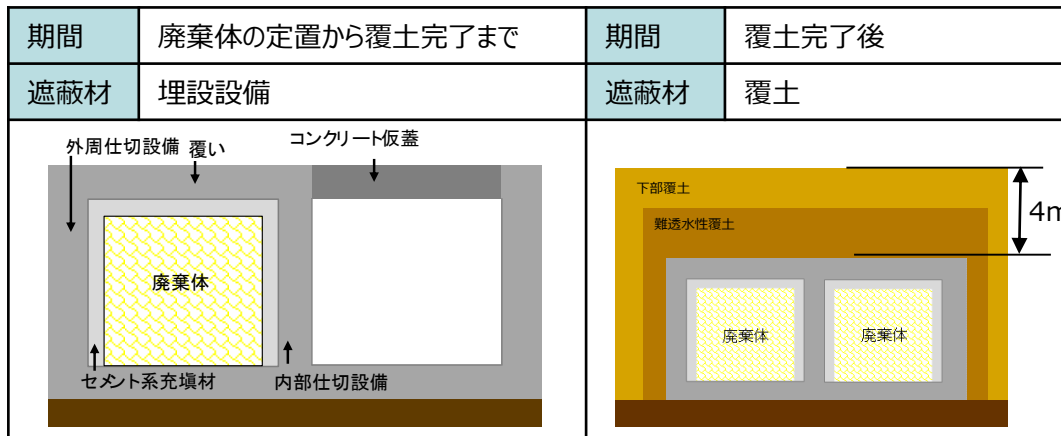
廃止措置の開始後の線量評価結果

廃止措置開始後の線量評価結果		1号 (μSv/y)	2号 (μSv/y)	3号 (μSv/y)	重畳線量 (μSv/y)	基準
最も厳しい自然事象シナリオ	漁業従事者*1	3.3	4.0	3.8	11	300μSv/y
最も可能性が高い自然事象シナリオ	居住者	0.20	0.18	0.088	0.46	10μSv/y
人為事象シナリオ	建設業従事者	5.9	5.8	2.5	/	1000μSv/y (1mSv/y)
	居住者	42	31	16		

\*1：最も線量の大きくなる評価対象個人

# (5) 遮蔽

要求事項	適合性
<ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄物埋施設は、当該廃棄物埋施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による事業所周辺の線量を十分に低減できるよう、遮蔽その他適切な措置を講じたものでなければならない。</li> <li>廃棄物埋施設は、放射線障害を防止する必要がある場合には、管理区域その他事業所内の人が立ち入る場所における線量を低減できるよう、遮蔽その他適切な措置を講じたものでなければならない。</li> <li>廃棄物埋施設は、放射性物質の飛散防止のための措置を講じたものでなければならない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3号廃棄物埋施設の遮蔽に係る設計方針として、<b>埋設設備及び覆土を設置することにより事業所周辺の線量を十分に低減する</b>。当該設計により、平常時における直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による<b>公衆の受ける線量は、1号、2号及び3号廃棄物埋施設の合計値で最大約23<math>\mu</math>Sv/y</b>である。</li> <li>覆土後の遮蔽は、仕様変更に係らず十分な厚さの覆土を施工することで公衆への影響は無視できる程度である。なお、遮蔽効果を期待している難透水性覆土及び下部覆土の直上で評価した線量は、約<math>1.0 \times 10^{-4} \mu</math>Sv/yである。</li> <li>廃棄物埋施設の管理区域における<b>放射線業務従事者の線量は、埋設設備での遮蔽設計を講じるとともに、管理区域での放射線業務従事者の作業について、作業時間の制限等の作業計画を定め、廃棄体を取り扱う埋設クレーンの自動化等の防護措置を講じることにより、放射線業務従事者の線量限度を超えないようにする</b>。また、<b>事業所内の人が立ち入る場所に滞在する者の線量については、埋設設備及び覆土を設置する遮蔽設計を講じるとともに事業所内の人の管理区域への立ち入りを管理することで、公衆の線量限度以下となるようにする</b>。</li> <li>3号廃棄物埋設地に設置する<b>埋設クレーンは、1号及び2号廃棄物埋設地の埋設クレーンと同様の設計とし、放射性物質の飛散防止のため廃棄体等の落下を防止するインターロックを設ける</b>。</li> </ul>



期間ごとの遮蔽状態図

公衆への放射線被ばくの評価結果 (廃止措置開始前まで)

評価対象	評価結果 ( $\mu$ Sv/y)	
	覆土完了まで	覆土完了後
八条(外部被ばく)	約23	約 $1.0 \times 10^{-4}$ ※
十条(内部被ばく)	-	約3.8
十三条(気体の内部被ばく)	約 $3.5 \times 10^{-6}$	
十三条(液体の内部被ばく)	約 $1.7 \times 10^{-2}$	
合計	約23	約3.8

※下部覆土直上での評価結果

### 3. 課題

- 長期の状態設定の不確実性を低減させることによる、線量評価の信頼性向上と、合理的な設計
- 廃棄物の低減による処分場の有効利用
- まだ処分の実施が決まっていない廃棄物の処分
- 将来世代への情報の伝承

# むすび



六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センターは、1992年より操業を開始し、今年の12月で操業30年を迎えます。

この間、事業を安定して継続することが出来たのは、地元青森県、六ヶ所村の皆様をはじめ、多くの方のご理解、ご指導のおかげです。感謝いたします。

引き続き、安全に留意し、持続可能な社会の一助となるよう努めてまいります。

ご清聴ありがとうございました