

# 低レベル放射性廃棄物の処分（その1） ： その考え方

日本原燃(株) 埋設事業部  
佐々木 泰

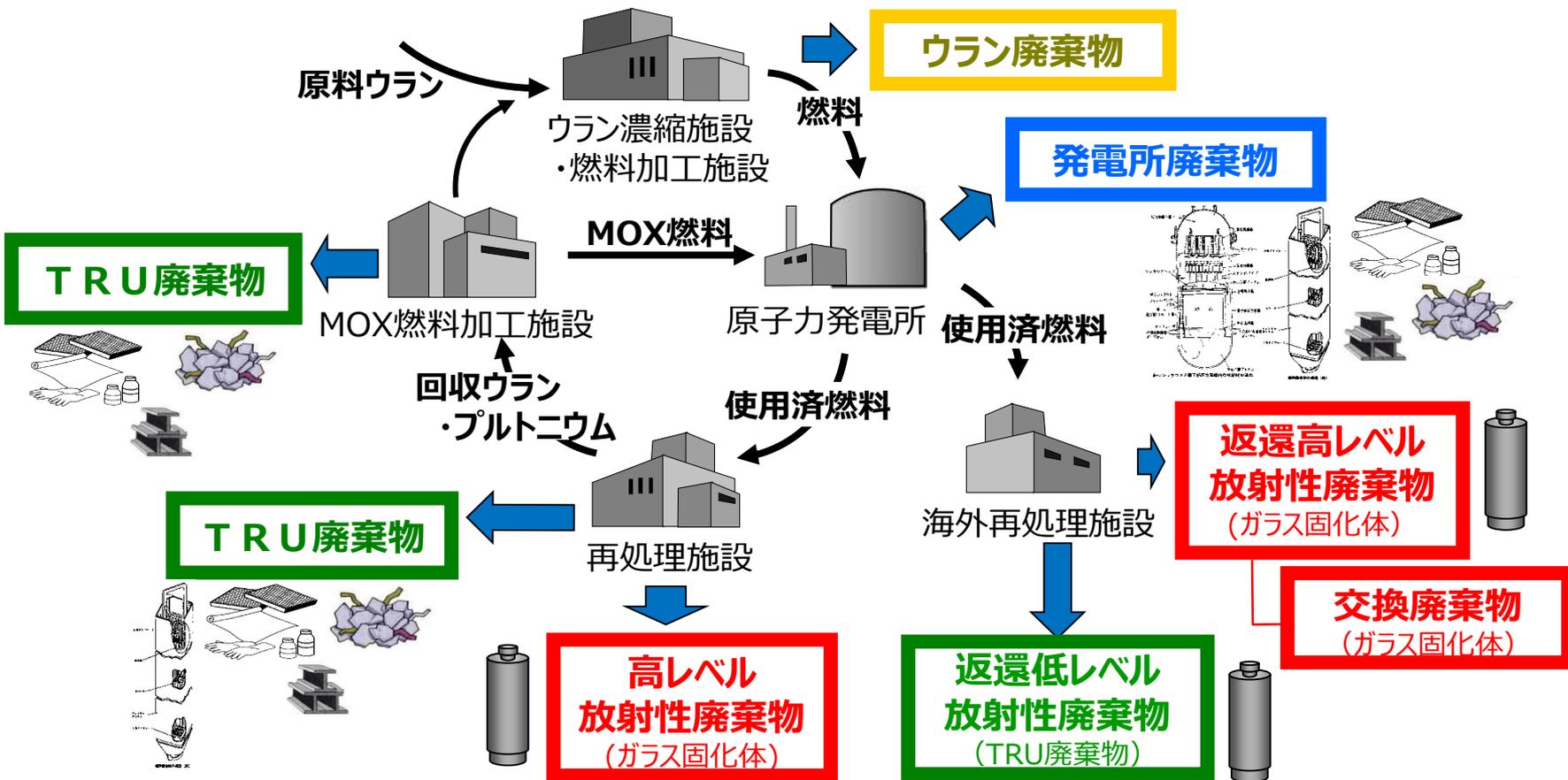
2021年12月23日

# 目次

項目	ページ
<b>1. 放射性廃棄物の発生</b> 〔原子燃料サイクルと放射性廃棄物の発生等、廃棄物に含まれる放射性物質〕	3
<b>2. 放射性廃棄物の処分</b> 〔放射性核種濃度と処分区分、放射線防護上の基準(考え方)、廃棄物の種類と処分方法〕	5
<b>3. 低レベル放射性廃棄物の処分</b> 〔廃棄物の処理、トレンチ処分、ピット処分（処分している廃棄物、埋設設備の構造、放射性物質の漏えい対策、処分場の管理）〕	10
<b>4. 検討中の低レベル放射性廃棄物の処分</b> 〔中深度処分(対象廃棄物、深度イメージ、処分概念、地質等調査)〕	18
<b>5. 低レベル放射性廃棄物処分の課題</b>	21

# 1. 放射性廃棄物の発生～原子燃料サイクルと放射性廃棄物の発生等～

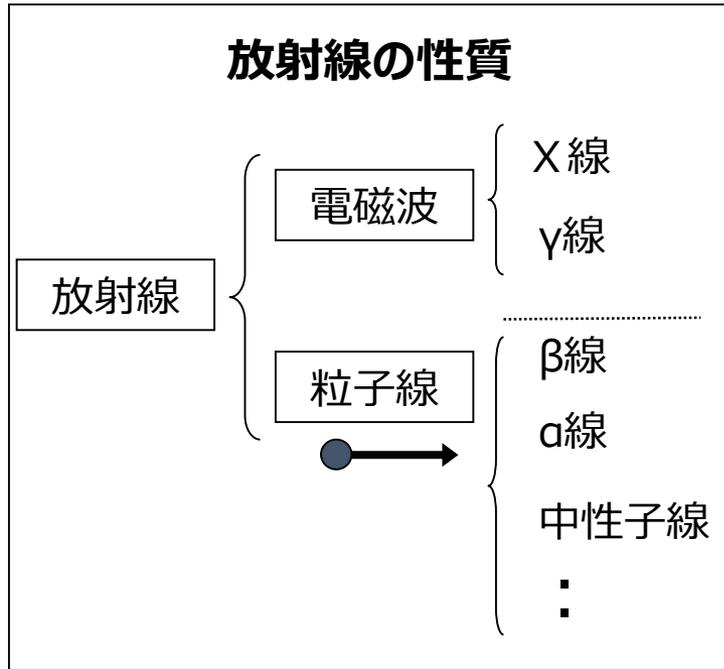
◆原子燃料サイクルを担う各施設から、さまざまな放射性廃棄物が発生



◆その他放射性廃棄物として、産業廃棄物(放射線発生装置等)が発生

# 1. 放射性廃棄物の発生 ～廃棄物に含まれる放射性物質～

◆放射性物質約300核種のうち、廃棄物に含まれる核種は約170核種



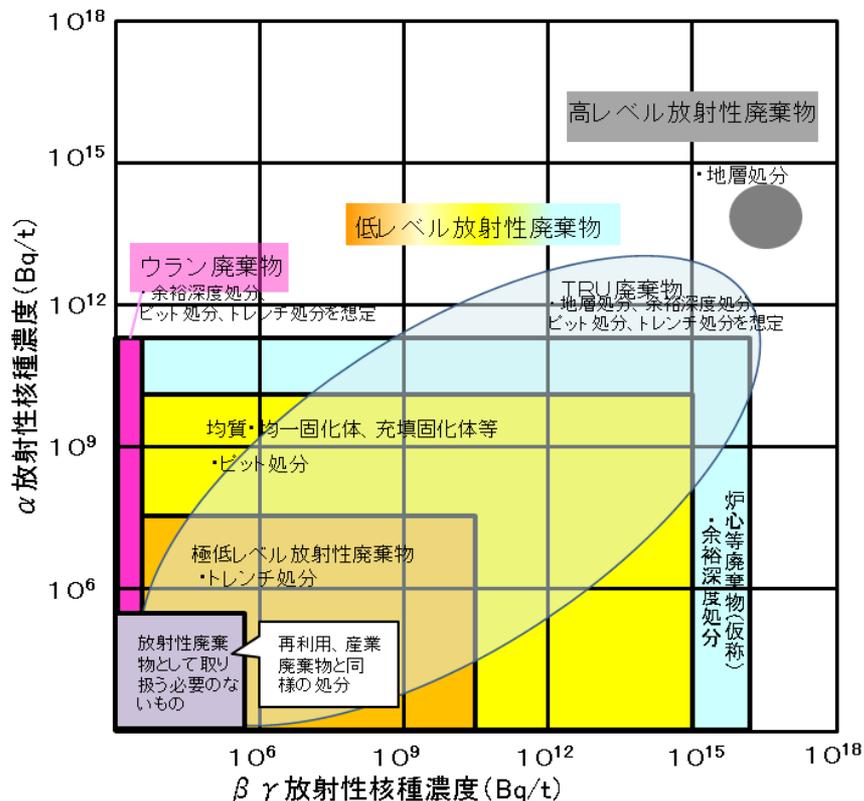
廃棄物に含まれる主な放射性物質

放射性物質の種類 (核種)	半減期	主な放射線
H-3 (トリチウム)	約12年	β
C-14 (炭素14)	約5,730年	β
Cl-36 (塩素36)	約30万年	β
Ca-41 (カルシウム41)	約10.3万年	γ
Co-60 (コバルト60)	約5年	γ
Ni-63 (ニッケル63)	約100年	β
Sr-90 (ストロンチウム90)	約29年	β
Tc-99 (テクネチウム99)	約21万年	β
Cs-137 (セシウム137)	約30年	γ
Eu-152 (ユロピウム152)	約13.5年	β
Np-237 (ネプツニウム237)	約214万年	α
Pu-239 (プルトニウム239)	約2.4万年	α
Pu-240 (プルトニウム240)	約6,560年	α
Am-241 (アメリシウム241)	約432年	α
Cm-244 (キュリウム244)	約18年	α

線量評価の観点で重要な核種として、外部被ばくに影響するCo-60やCs-137 (γ線)、内部被ばくに影響するC-14 (β線)、PuやNp (α線) などがあり、これらの半減期の長さを考慮して廃棄物処分の安全性を確保していく必要あり。

# 2. 放射性廃棄物の処分 ～放射性核種濃度と処分の区分～

## ◆放射性廃棄物の濃度と処分方法が定められている



※注：上図での「余裕深度処分」は現在の「中深度処分」

〔出典：総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会 廃棄物安全小委員会報告書「低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に係る安全規制について(中間報告、平成19年3月20日、P23/63を一部加工)〕

法令に定める低レベル放射性廃棄物に係る濃度上限値

(単位：Bq/t)

法令条項	政令 (第31条)	第二種埋設規則 (第1条の2)	
		浅地中ピット処分の濃度上限値	浅地中トレンチ処分の濃度上限値
放射性物質の種類	第一種埋設と第二種埋設の区分値		
C-14(炭素14)	1E+16	1E+11	—
Cl-36(塩素36)	1E+13	—	—
Co-60(コバルト60)	—	1E+15	1E+10
Ni-63(ニッケル63)	—	1E+13	—
Sr-90(ストロンチウム90)	—	1E+13	1E+07
Tc-99(テクネチウム99)	1E+14	1E+09	—
I-129(ヨウ素129)	1E+12	—	—
Cs-137(セシウム137)	—	1E+14	1E+08
α核種	1E+11	1E+10	—

〔出典：「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律施行令(第31条)」、「核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則(第1条の2)を加工)〕

## 2. 放射性廃棄物の処分 ～放射線防護上の基準(考え方)～

- ◆ 処分のための放射線防護上の基準（線量基準）は、国際的(ICRP・IAEA等)および国内(放射線審議会等)の考え方を取り入れて定められている

### 国内の処分において定められている線量基準

#### ○管理期間内

平常時	1mSv／年を超えないことはもとより、ALARAの考え方の下、実効線量が50 $\mu$ Sv／年以下
異常時	敷地周辺の公衆への実効線量が5mSv以下

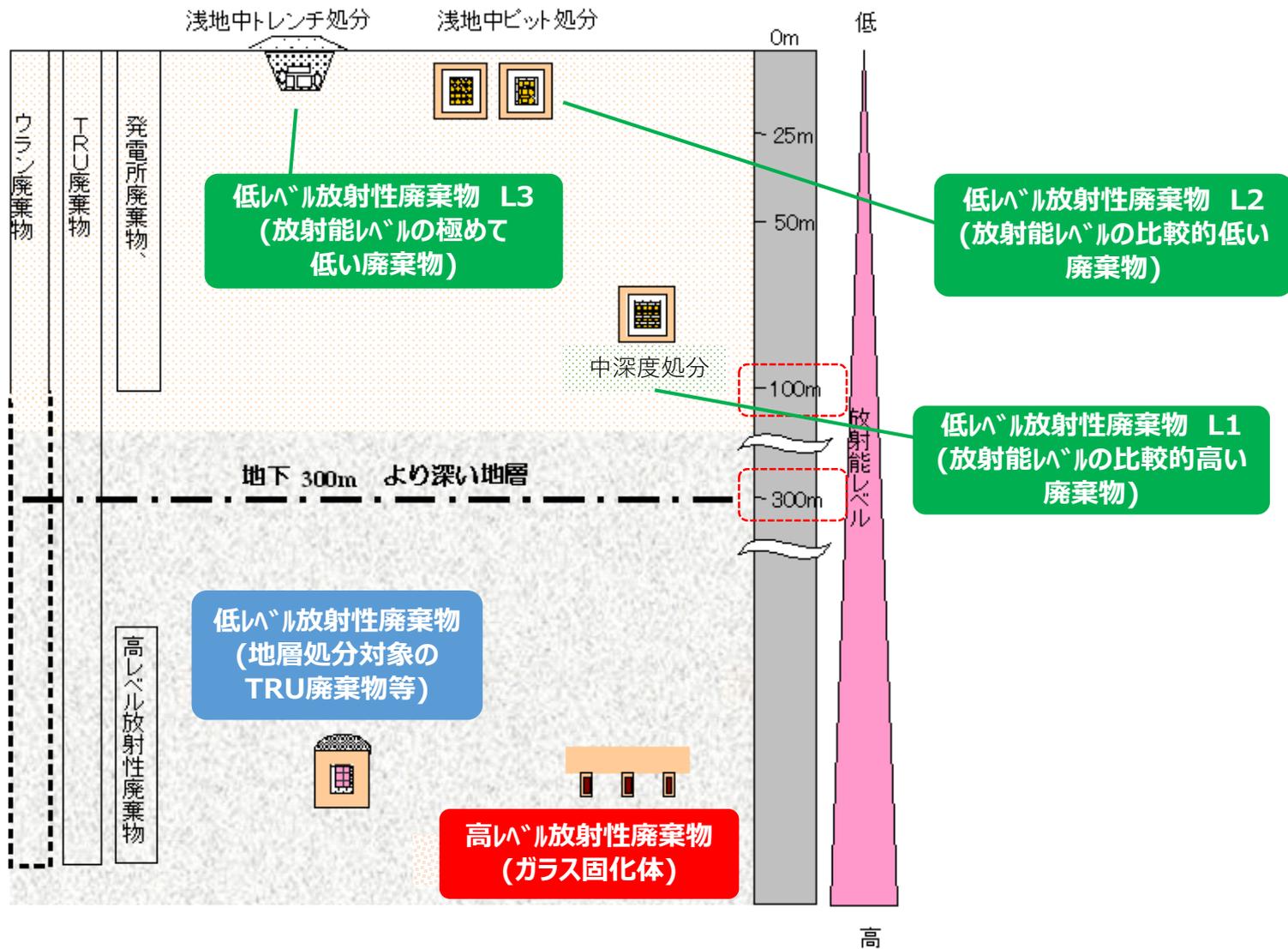
#### ○管理期間終了以後

自然事象 シナリオ	トレンチ処分 又は ピット処分	最も厳しいシナリオ ; 300 $\mu$ Sv／年以下 最も可能性の高いシナリオ ; 10 $\mu$ Sv／年以下
	中深度処分	300 $\mu$ Sv／年以下
人為事象 シナリオ	トレンチ処分	300 $\mu$ Sv／年以下
	ピット処分	1mSv／年以下
	中深度処分	20mSv／年以下
放射能濃度制限 シナリオ	中深度処分	20mSv／年以下

〔出典：「第三種廃棄物埋設及びリファレンスに係る関係規則等の改正及び中深度処分に係る審査ガイドの策定」(2021年9月29日、原子力規制庁)〕

## 2. 放射性廃棄物の処分 ～廃棄物の種類と処分方法～

### ◆放射性物質の種類や濃度により区別し、適切に処分



## 2. 放射性廃棄物の処分 ～処分方法(トレンチ処分、ピット処分)～

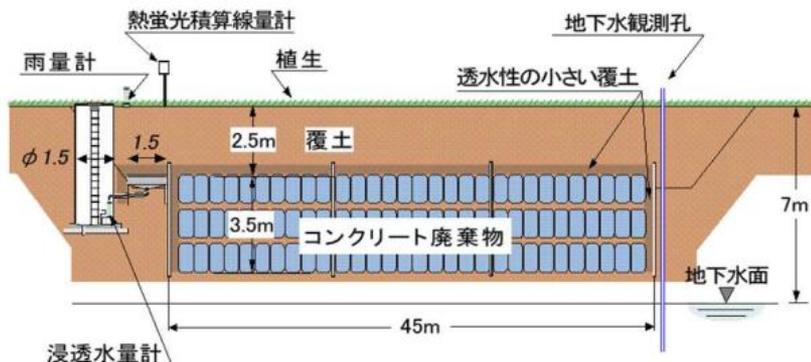
### ◆安全な処分のためには、廃棄物に含まれる放射性物質の濃度や性質を考慮した処分方法の選定と処分施設の適切な設計が重要

- 人工バリア：埋設された放射性固体廃棄物から生活環境への放射性物質の漏出の防止及び低減を期待して設置する人工構築物をいう。
- 天然バリア：人工構築物又は埋設された放射性固体廃棄物の周囲に存在し、埋設された放射性固体廃棄物から漏出してきた放射性物質の生活環境への移行の抑制等が期待できるような岩盤または地盤等をいう。

#### トレンチ処分(L3)

##### 人工構築物(ピット)を設けない浅い地中に埋設する処分方法

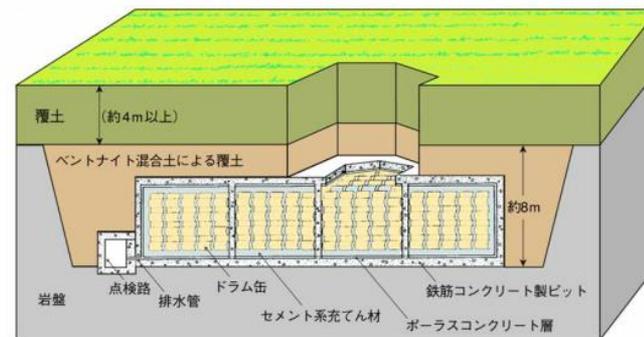
- 人工バリア：覆土
- 天然バリア：周辺土壌等



#### ピット処分(L2)

##### コンクリートピットを設けた浅い地中に埋設する処分方法

- 人工バリア：コンクリートピット、充填材、覆土
- 天然バリア：周辺土壌等



〔出典：「自民党本部Webサイト／資源・エネルギー戦略調査会 放射性廃棄物処分に関する小委員会(H26.5) 原子力規制庁ヒア資料、資源エネルギー庁Webサイト／放射性廃棄物のホームページ」を一部加工、「(独)日本原子力研究開発機構ホームページ」、「原子力発電環境整備機構ホームページ」〕

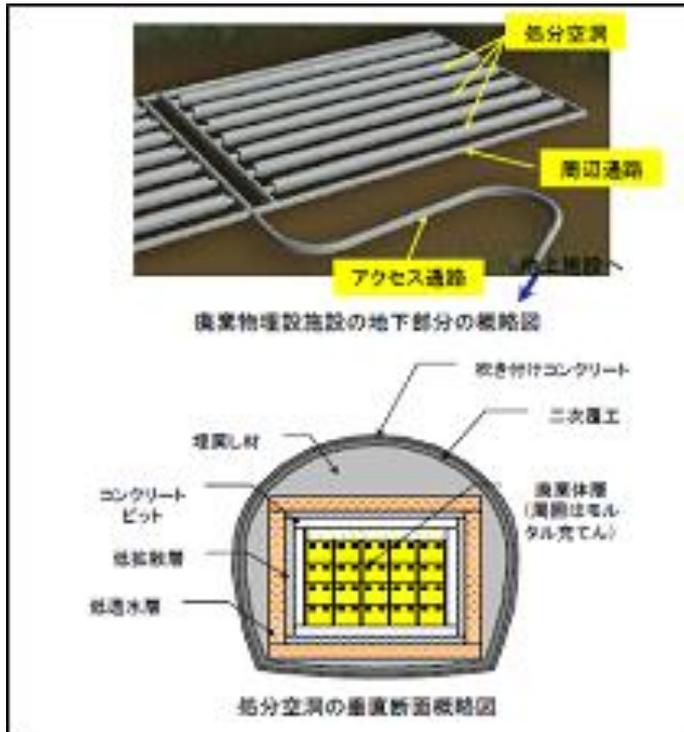
出典：原子力安全白書 平成11年版

# 2. 放射性廃棄物の処分 ～処分方法(中深度処分、地層処分)～

## 中深度処分(L1)

一定期間は一般的な地下利用が及ぶ可能性が低い十分な深さ(地下70m以深)に埋設する処分方法

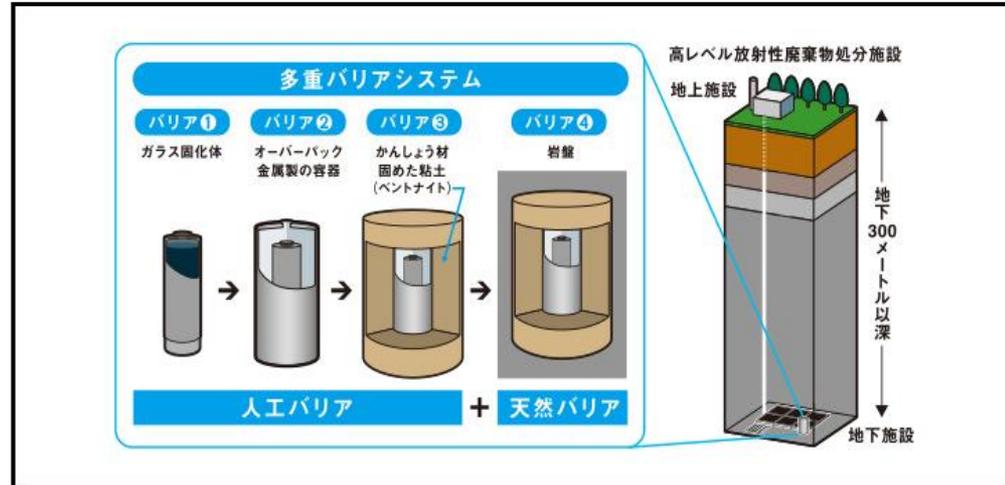
- 人工バリア：コンクリートピット、充填材(モルタル)、低拡散層(セメント)、低透水層(バントナイト)
- 天然バリア：埋め戻し材、覆工、処分空洞周辺地盤



## 地層処分

地下300mより深い深さに埋設する処分方法

- 人工バリア：ガラス固化体、オーバーバック(金属製容器)、緩衝材(粘土)
- 天然バリア：岩盤

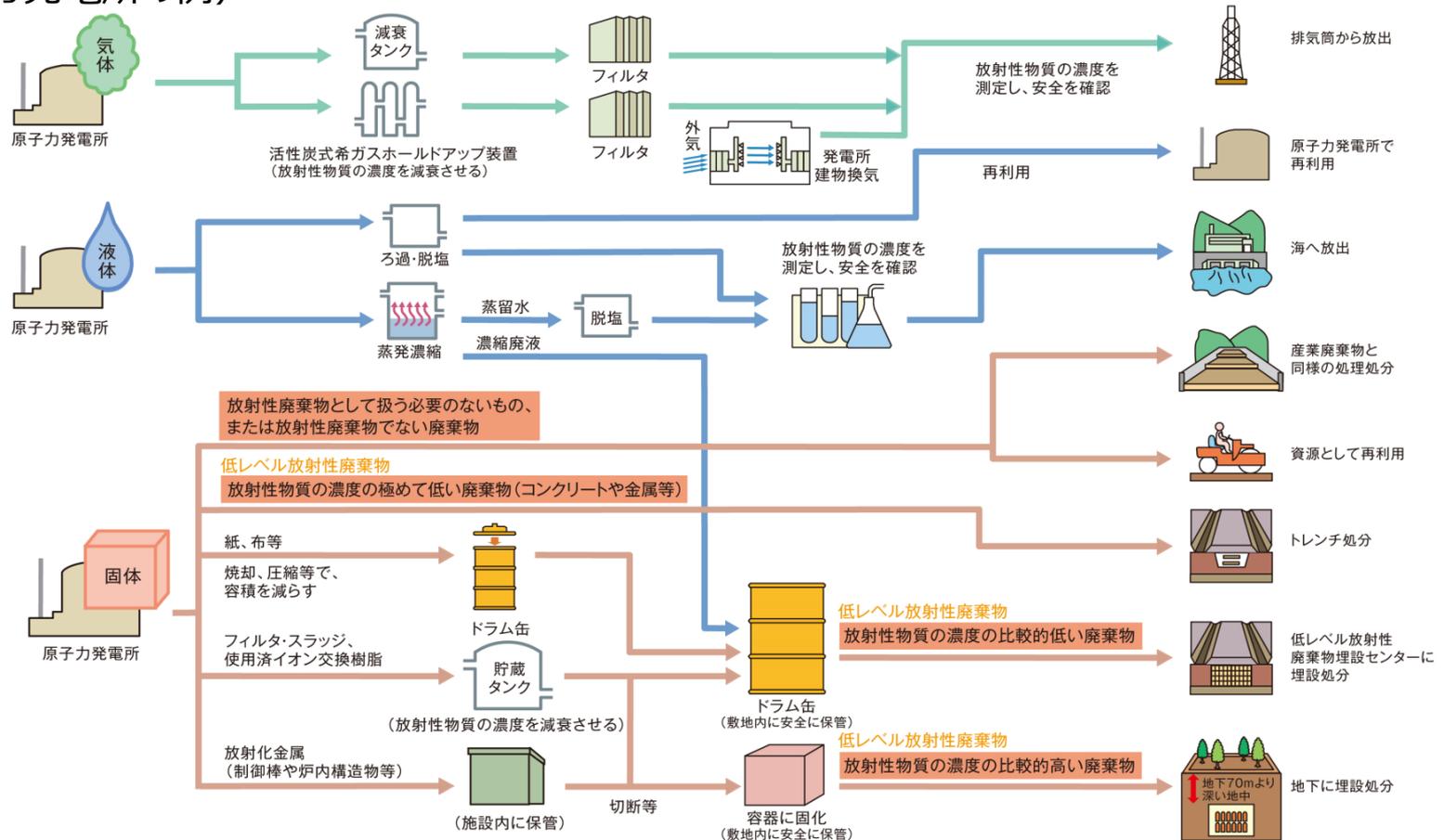


[出典：「自民党本部Webサイト／資源・エネルギー戦略調査会 放射性廃棄物処分に関する小委員会(H26.5.15) 原子力規制庁ヒア資料、資源エネルギー庁Webサイト／放射性廃棄物のホームページ」を一部加工、「(独)日本原子力研究開発機構ホームページ」、「原子力発電環境整備機構ホームページ」]

# 3. 低レベル放射性廃棄物の処分 ～廃棄物の処理～

◆ 廃棄物の処分にあたり、廃棄物の放射能レベル、性状、放射性物質の種類などに応じて適切に区分し、合理的に処理・処分

(原子力発電所の例)



[出典：「電気事業連合会ホームページ」]

# 3. 低レベル放射性廃棄物の処分 ～トレンチ処分～

## ◆日本原子力研究開発機構(JAEA)は、動力試験炉(JPDR)の解体に伴って発生した廃棄物を同敷地内に埋設

- 1986年より解体開始
- 1996年3月 **埋設完了**  
(跡地整地)
- ・埋設総重量：約1,670トン
- ・約30年の管理期間
  - －埋設段階 (約2年間)  
管理区域、周辺監視区域の設定、放射線モニタリング、巡視点検等
  - －保全段階 (埋設段階終了後、約28年間)  
巡視点検、農耕作業等の特定行為の禁止又は抑制等



コンクリート等廃棄物をフレキシブルコンテナへの収納



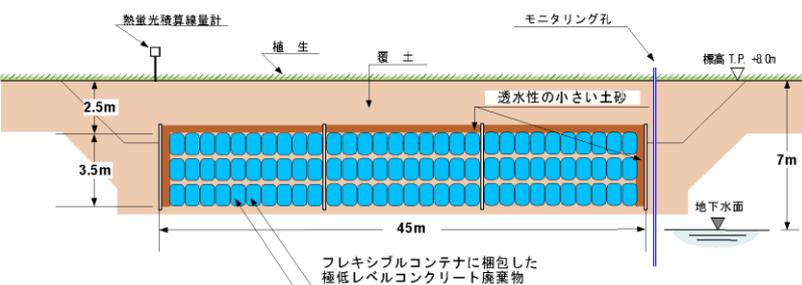
土砂充填



トレンチ外観 (定置前)



廃棄物埋設地 (覆土終了)



[出典：「資源・エネルギー戦略調査会 放射性廃棄物処分に関する小委員会(H26.5.27)」資料より引用]

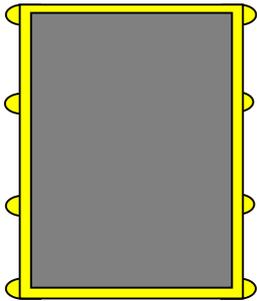
# 3. 低レベル放射性廃棄物の処分

～浅地中ピット処分  
(処分している廃棄物)～

## ◆日本原燃は、「均質・均一固化体」、「充填固化体」の廃棄体を埋設

### (均質・均一固化体)

- 廃棄物：原子力発電所の運転に伴い発生した低レベル放射性廃棄物（濃縮廃液、使用済樹脂、焼却灰など）
- 固型化：セメント、アスファルト、プラスチックを用いてドラム缶に練り混ぜて固型化する。



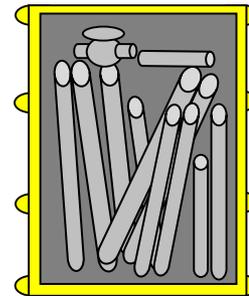
固型化のイメージ図



固型化方法 (例)

### (充填固化体)

- 廃棄物：原子力発電所の運転に伴い発生した低レベル放射性廃棄物（金属類、プラスチック、保温材、フィルター類など）
- 処理：廃棄物を分別し、必要に応じて切断・圧縮・溶融処理などを行う
- 固型化：廃棄物をドラム缶に収納後、セメント系充填材（モルタル）で一体となるように固型化する。



固型化のイメージ図



固型化方法 (例)

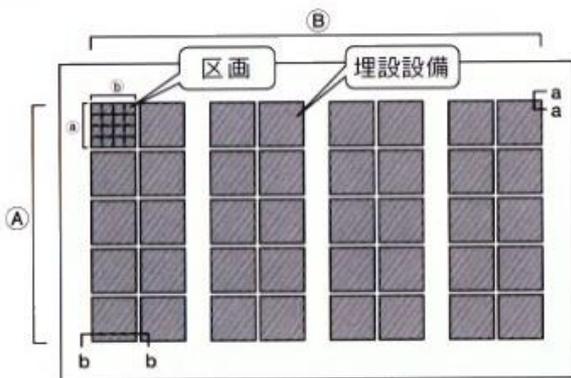
# 3. 低レベル放射性廃棄物の処分

～浅地中ピット処分  
(埋設設備の構造)～

## 埋設設備の構造 (埋設設備の例)

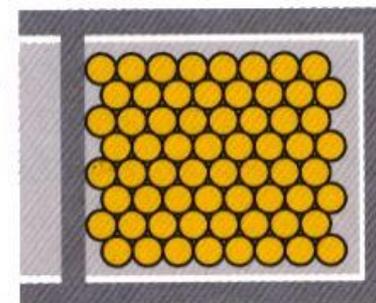
### ●全体平面図

- Ⓐ:約132m
- Ⓑ:約231m
- Ⓐ:約24m
- Ⓑ:約24m

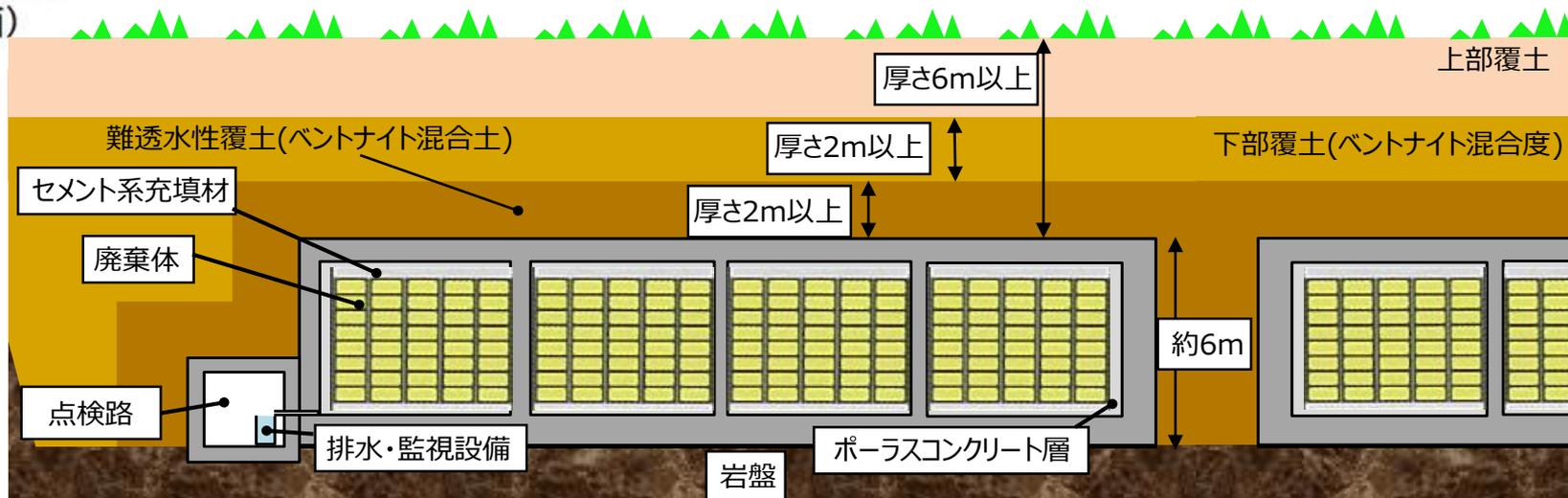


### ●区画断面図 (a-a縦断面)

廃棄体を8段5列8行の俵積みで定置します。



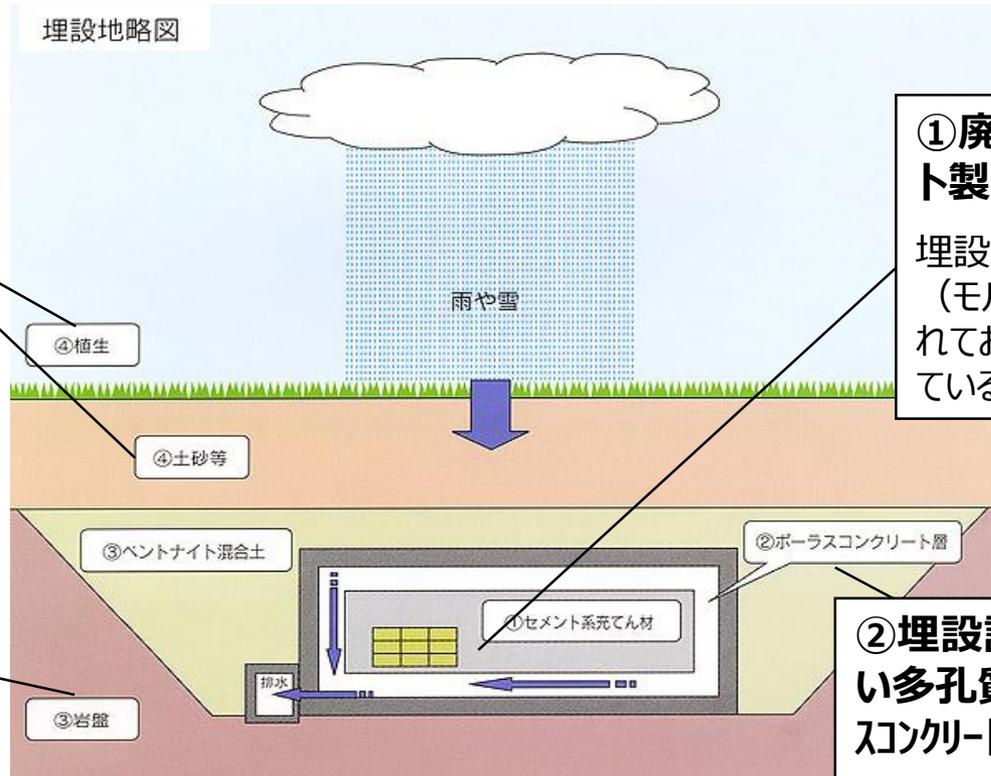
### ●埋設地断面図 (b-b断面)



# 3. 低レベル放射性廃棄物の処分

～浅地中ピット処分  
(放射性物質の漏えい対策)～

## ◆埋設施設には、放射性物質の漏えいを抑制する対策が施されている



④更に周辺を土砂等で覆い、植生を施す

③埋設設備は、水を通しにくい岩盤（鷹架層）を掘り下げて設置

埋設設備の上面及び側面はベントナイト（粘土の一種）を混合した土で締固め、岩盤よりさらに水を通しにくくし、埋設設備への水の浸入を抑える。

①廃棄体は、鉄筋コンクリート製の埋設設備に収納

埋設設備は、セメント系充てん材（モルタル）で隙間なく充てんされており、放射性物質を閉じ込めている。

②埋設設備には、水を通しやすい多孔質のコンクリート（ポラスコンクリート）の層を設置

仮に設備内に水が浸入しても廃棄体に達する前に排水される。

- ・放射能は時間とともに減衰
- ・将来埋設設備が劣化した場合でも、図のように周辺の岩盤や土壌などによって放射性物質の生活環境への移行が抑えられるため、安全性が確保される

# 3. 低レベル放射性廃棄物の処分

## ◆ 廃棄物処分場は長期間にわたり管理

段階	受入れの開始～覆土完了	覆土完了～廃止措置の開始前
各段階の 終了予定時期	①廃棄体の受入れ→②廃棄体検査→③定置→④全埋設設備への定置完了まで①～③を繰り返す→⑤覆土  例) 日本原燃3号埋設では約27年	覆土完了後 約300年
安全機能	埋設設備による漏出防止	埋設設備による覆土、岩盤の移行抑制
管理の内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>埋設保全区域の設定と標識の設置</li> <li>廃棄物埋設地に立札設置</li> <li>埋設設備・覆土の修復</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>埋設保全区域の標識の設置</li> <li>廃棄物埋設地に立札設置</li> <li>埋設設備・覆土の修復</li> <li>沢水利用及び飲用の禁止、居住禁止</li> <li>地表面の掘削の制約 (井戸の設置及び不必要なボーリングの制約)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>周辺監視区域の設定と居住禁止、立入り制限</li> <li>周辺監視区域境界付近における濃度及び線量の監視</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>事業所内における濃度及び線量の監視</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>埋設設備(廃棄物埋設地の限定された区域)から漏えいする放射性物質の濃度及び線量の監視</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄物埋設地から漏えいする放射性物質の濃度及び線量の監視</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄物埋設施設の巡視及び点検</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>定期的な評価等及びそのデータを取得するための廃棄物埋設地及びその周囲の状況の監視</li> </ul>	

# 4. 検討中の低レベル放射性廃棄物の処分

～中深度処分  
(対象廃棄物)～

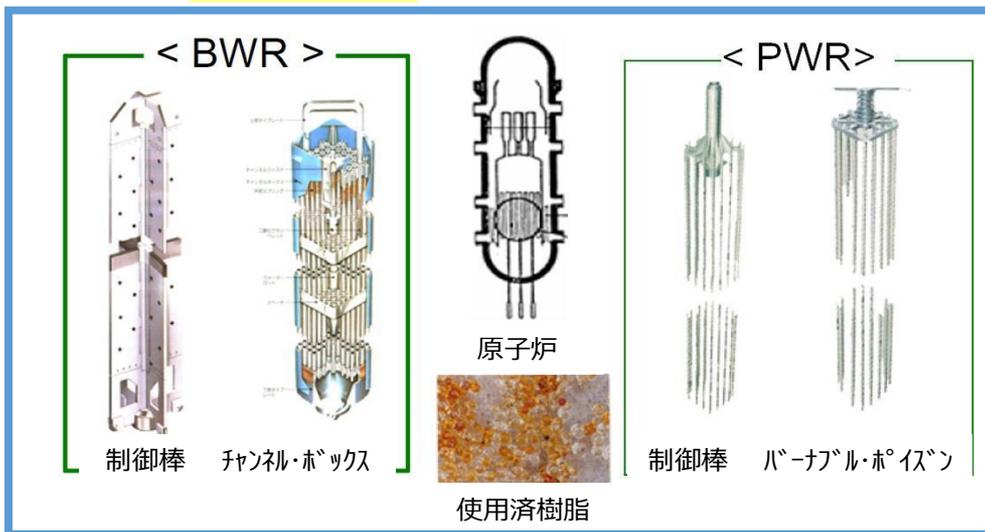
◆低レベル放射性廃棄物のうち、「放射能レベルの比較的高い廃棄物」を処分するための中深度処分施設

## 中深度処分の対象廃棄物

- ・炉内構造物
- ・チャンネル・ボックス
- ・制御棒
- ・バーナブル・ポイズン

放射化金属

- ・使用済樹脂
- ・日本原燃の再処理・MOX施設からの廃棄物

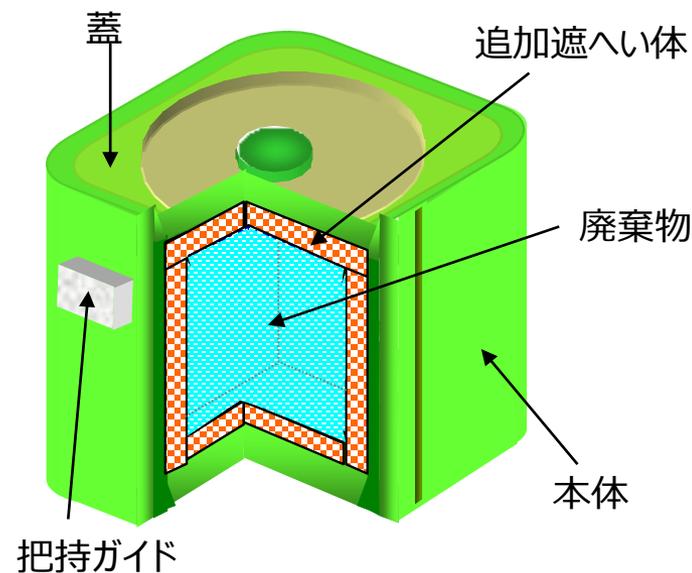


切断等の処理を行い、角型容器に収納

(特徴) 浅地中対象廃棄物に比べ...

- ・放射能濃度が3～4桁程度高い
- ・長半減期核種の比率が若干高い

<中深度処分対象廃棄体>

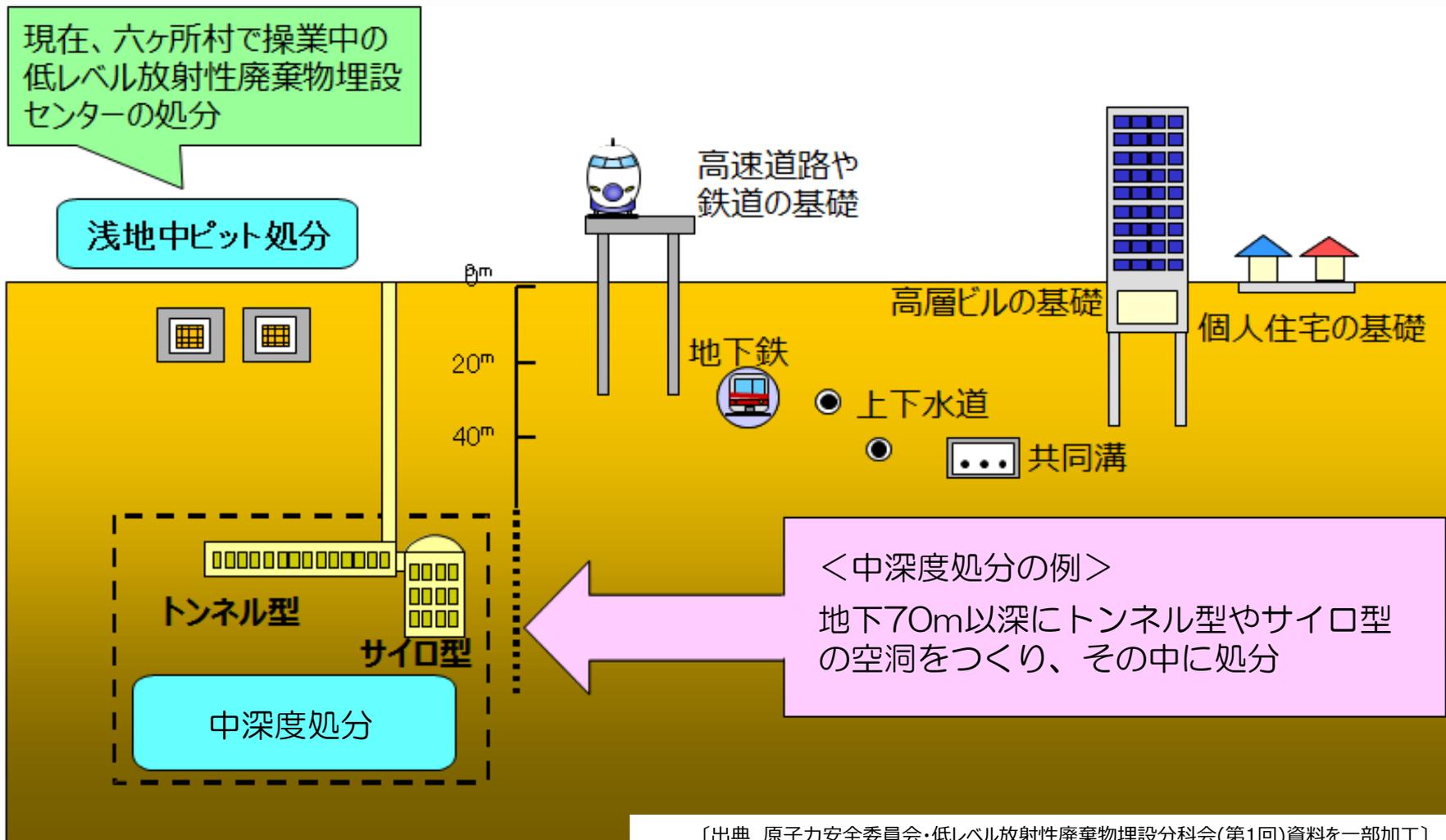


現在、原子力規制委員会にて規制基準等の策定に向けた検討を実施中

# 4. 検討中の低レベル放射性廃棄物の処分

～中深度処分  
(深度イメージ)～

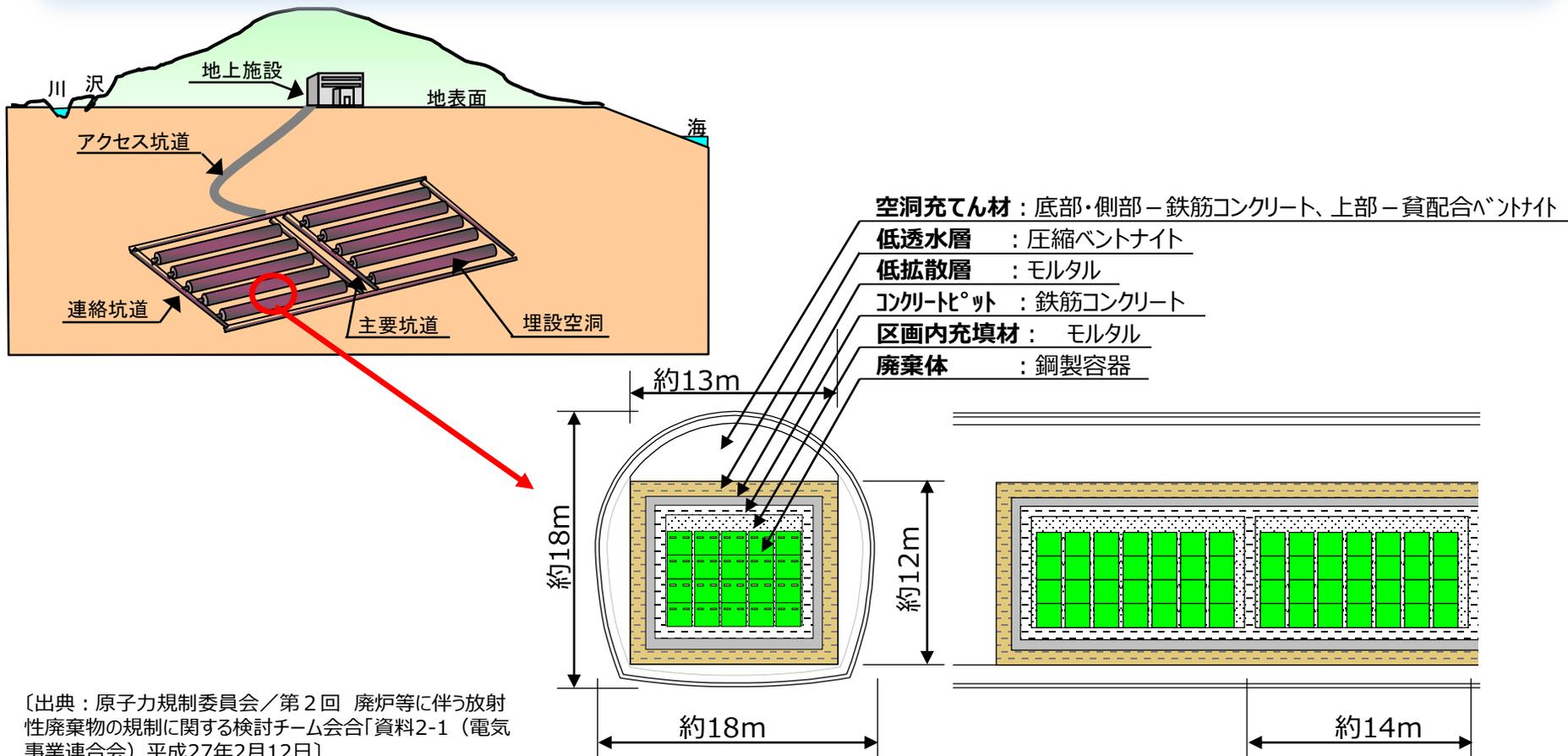
◆中深度とは、“一定期間は一般的な地下利用が及ぶ可能性が低い十分な深さ”



# 4. 検討中の低レベル放射性廃棄物の処分

～中深度処分  
(処分概念)～

- ◆ 中深度処分は、一定期間一般的な地下利用が及ぶ可能性が低い十分な深さへ処分する方法
- ◆ 放射性物質の移行は、「廃棄物(廃棄体)」、「天然バリア」、「人工バリア」により長期にわたり抑制



〔出典：原子力規制委員会／第2回 廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討チーム会合「資料2-1（電気事業連合会）平成27年2月12日〕

## 5. 低レベル放射性廃棄物処分の課題

### ◆ 長期評価に対する課題

管理期間終了後の長期的な安全性を確保するため、不確実性を管理していくことが必要である。

### ◆ 長期運営に対する課題

長期運営のため、人財を確保し教育すると共に、経験知識を伝承していくことが必要である。

### ◆ 原子力利用に関する課題

現在でも原子力発電所以外に原子力利用されているが、放射性廃棄物の処分に関しては共通課題であるため、より原子力を安全に利用できるように処分方法の合理化を図ることが必要である。