

2014年度バックエンド週末基礎講座 資料

原子力施設の廃止措置における 現状と課題



日本原子力発電(株)

近江 正

平成26年10月6日

この資料には当社の知的財産が含まれて
います。取扱いには十分注意願います。

2014.10 日本原子力発電(株)

目 次

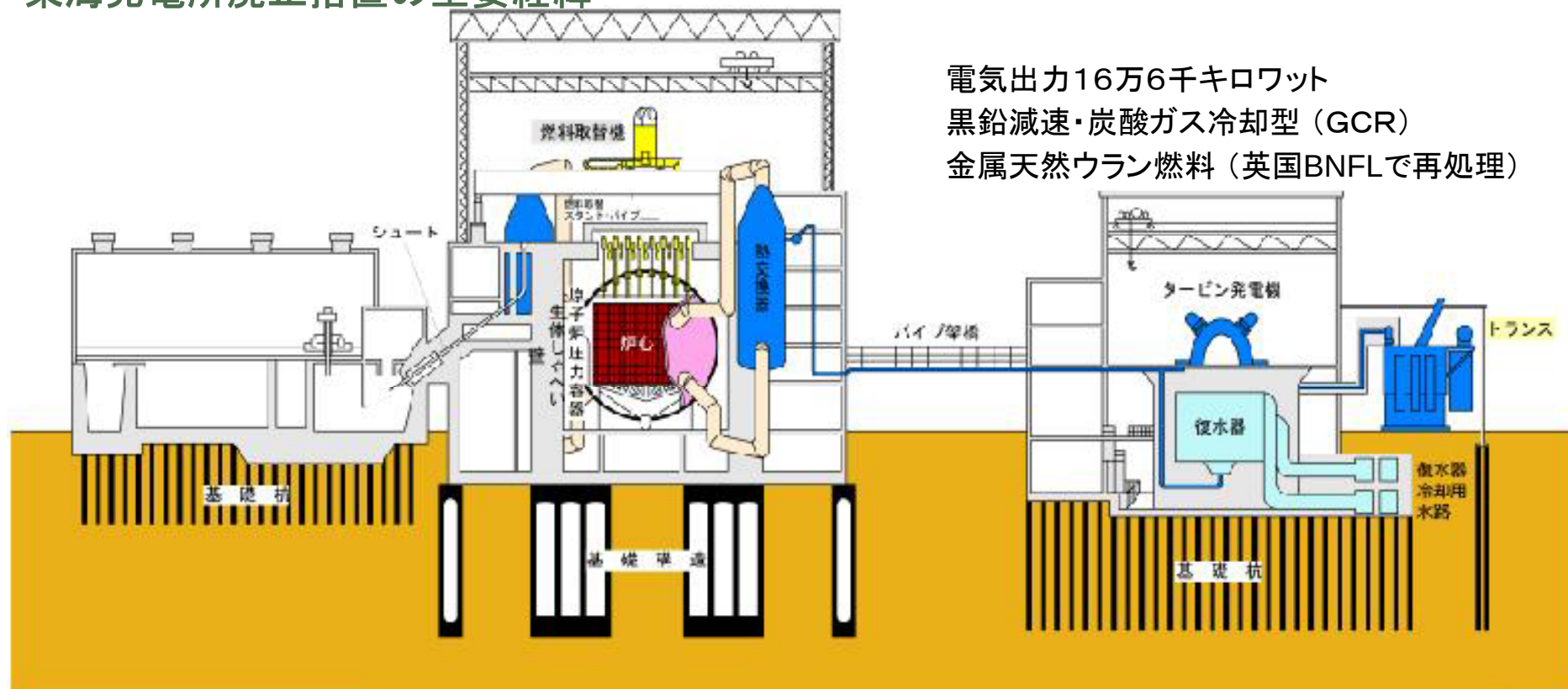
1. 原子力施設の廃止措置
2. 放射性廃棄物の分類
3. 廃棄物の処理・処分と課題
4. クリアランス
5. 放射性廃棄物でない廃棄物(NR)

1. 原子力施設の廃止措置

日本における廃止措置の状況

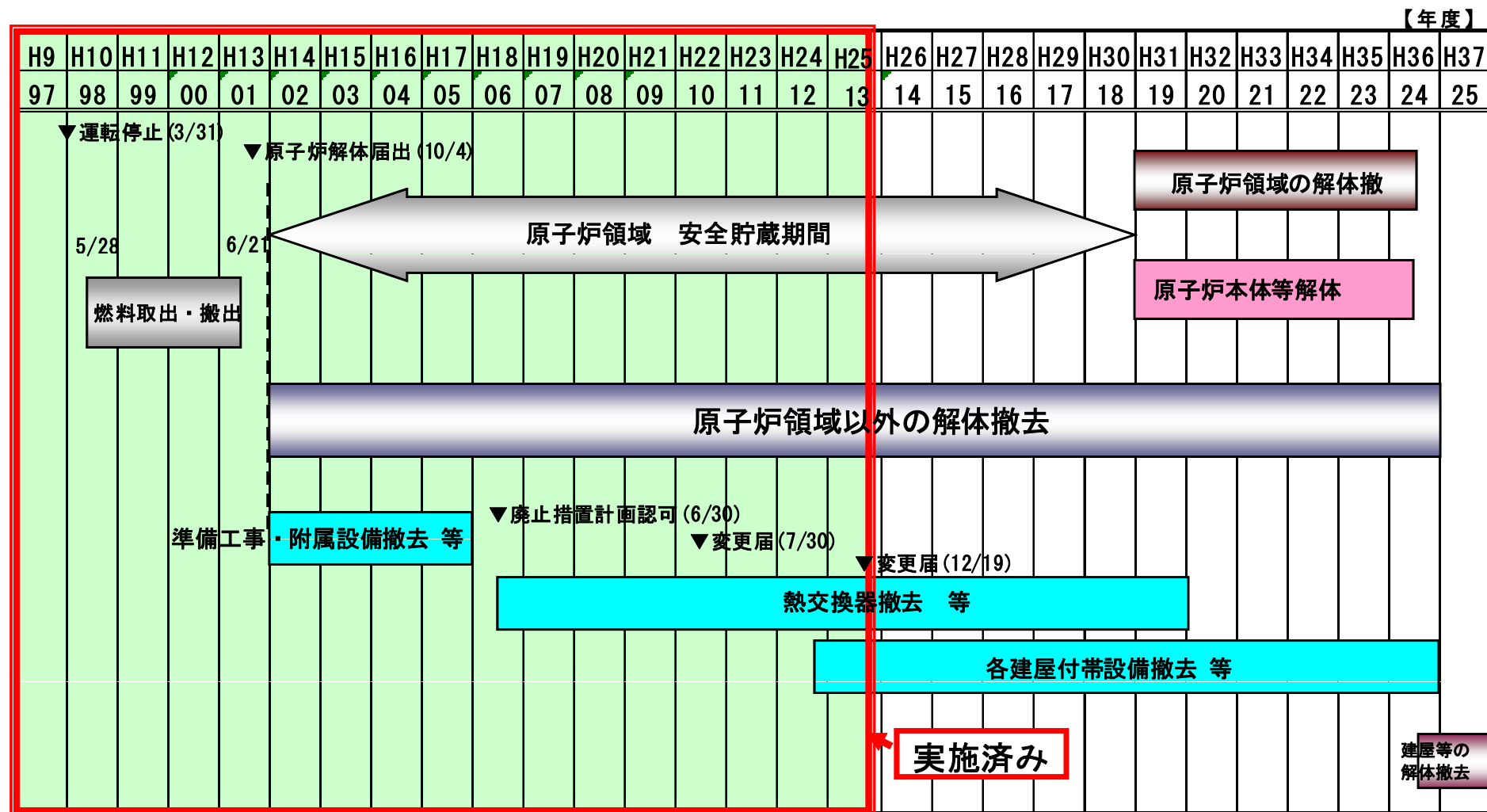
- 昭和50年代から、廃止措置に関連する技術の開発、先行する海外事例の研究などの検討を積み重ね、日本原子力研究所(現 日本原子力研究開発機構)の動力試験炉(JPDR)の解体撤去を平成8年3月に完了。
- 商業用原子力発電所としては、平成13年12月、日本原子力発電(株)東海発電所がはじめて廃止措置に着手。
- 平成20年2月JAEAふげん発電所、平成21年11月中部電力(株)浜岡 発電所1,2 号機が廃止措置を開始。
- 震災による事故で福島第一1～6号機が廃止。

東海発電所廃止措置の主要経緯

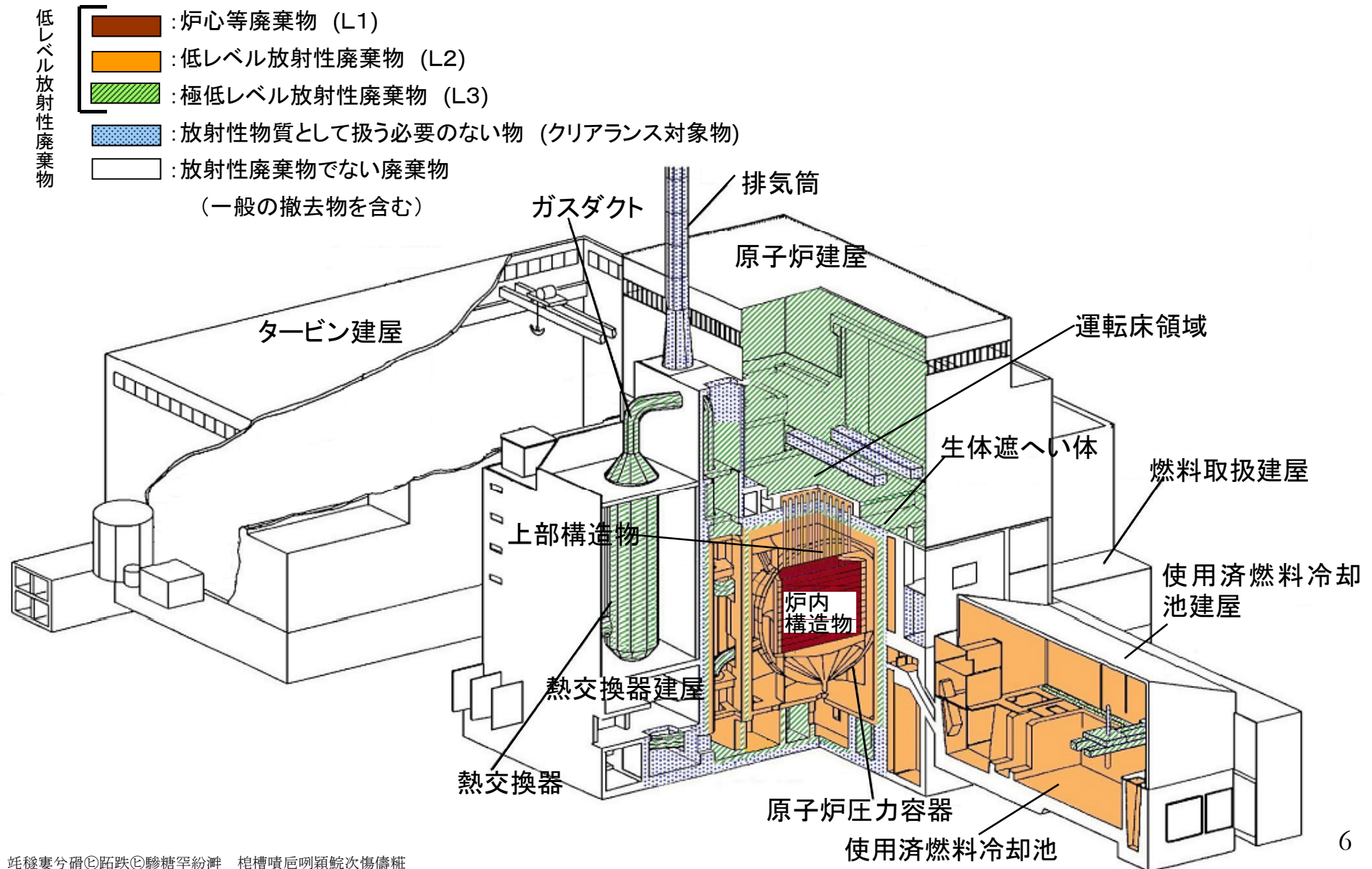


- ・昭和41年 7月25日 営業運転開始
- ・平成10年 3月31日 営業運転停止（約32年間運転）
- ・平成13年10月 4日 原子炉等規制法に基づく「原子炉解体届」を経済産業省に提出
- ・平成13年12月 4日 廃止措置に着手
- ・平成18年 3月31日 第1期工事(5年間)終了
- ・平成18年 6月30日 廃止措置計画の認可（3月10日申請）
- ・平成18年 8月17日 熱交換器撤去等工事着手
- ・平成18年 9月 8日 「クリアランス制度」対象物に係る放射能濃度の測定及び評価方法の認可（6月2日申請）
- ・平成22年 7月30日 廃止措置計画変更届提出

東海発電所廃止措置 全体工事工程表



東海発電所の推定汚染分布



解体撤去物の推定発生量

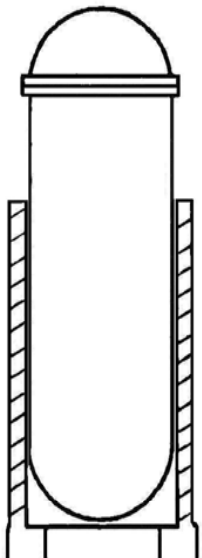
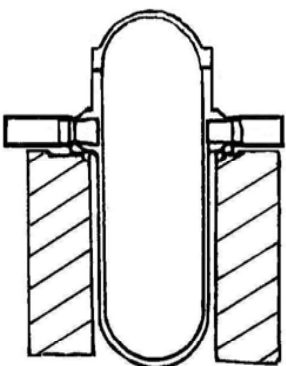
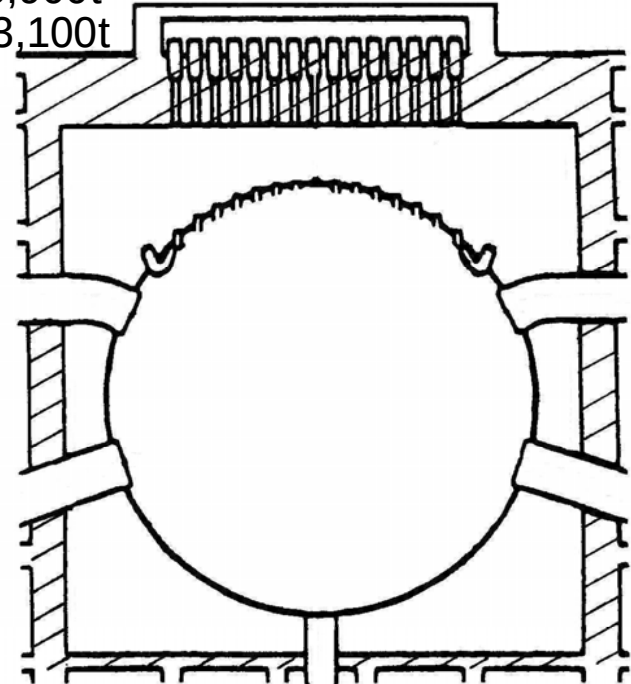
単位:トン

放射能レベル区分		GCR	BWR	PWR
低レベル 放射性 廃棄物	炉心等廃棄物(L1)	約 1,600	約100	約200
	低レベル放射性廃棄物 (L2)	約 8,900	約900	約1,800
	極低レベル放射性 廃棄物(L3)	約 13,100	約11,900	約4,100
小 計		約 23,500	約12,800	約6,000
クリアランス対象物(CL)		約 40,200	約28,500	約11,700
放射性廃棄物でない廃棄物 (一般の撤去物を含む)		約 128,700	約495,500	約477,300
合 計※		約 192,300	約536,700	約495,000

解体後除染処理後の物量

※合計値については、百トン単位で切り上げ(端数処理のため合計値が一致しないことがある。)

東海炉と軽水炉の比較

大型軽水炉		東海発電所
<u>BWR</u> 圧力容器 径:6m 一次遮へい 径:9m [炉内構造物量:260t]	<u>PWR</u> 圧力容器 径:4m 一次遮へい 径:5.2m [炉内構造物量:170t]	<u>GCR</u> 圧力容器 径:18m 一次遮へい 径:22m [炉内構造物量:790t、黒鉛物量:1,600t]
廃棄物量 L1: 100t L2: 900t L3: 11,900t	廃棄物量 L1: 200t L2: 1,800t L3: 4,100t	廃棄物量 L1: 1,600t L2: 8,900t L3: 13,100t
		
冷却材:軽水	冷却材:軽水	冷却材:炭酸ガス

廃止措置に伴って発生する廃棄物の量と種類

110万kW級BWRの場合、発生する廃棄物の総量は約53.6万トン

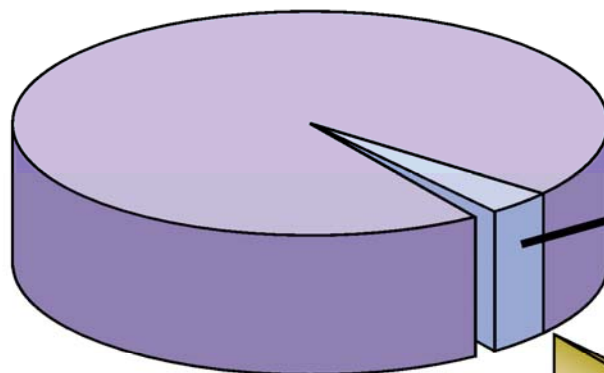
放射性廃棄物でない廃棄物

約93%

(大部分がコンクリート廃棄物:約49.5万トン)

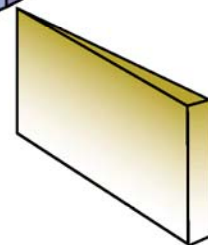


建物のコンクリート、ガラス、金属等



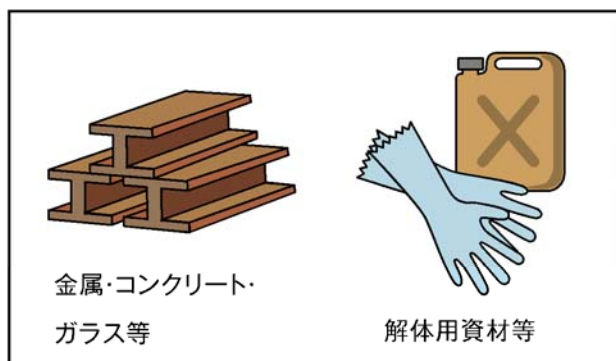
クリアランス物 **約5%**

(金属・コンクリート廃棄物:約2.8万トン)



低レベル放射性廃棄物 **約2%**

(大部分が金属廃棄物:約1.3万トン)



金属・コンクリート・
ガラス等

解体用資材等

出展 原子力・安全保安院「原子力施設の廃止措置」

タービン・発電機等機器撤去(第1期工事)の状況



タービン・発電機等機器撤去作業の状況



発電機撤去【撮影日:平成15年5月頃】



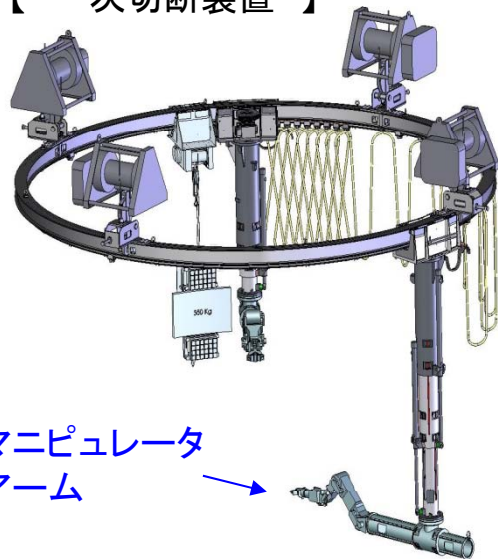
低圧タービン撤去【撮影日:平成15年6月頃】



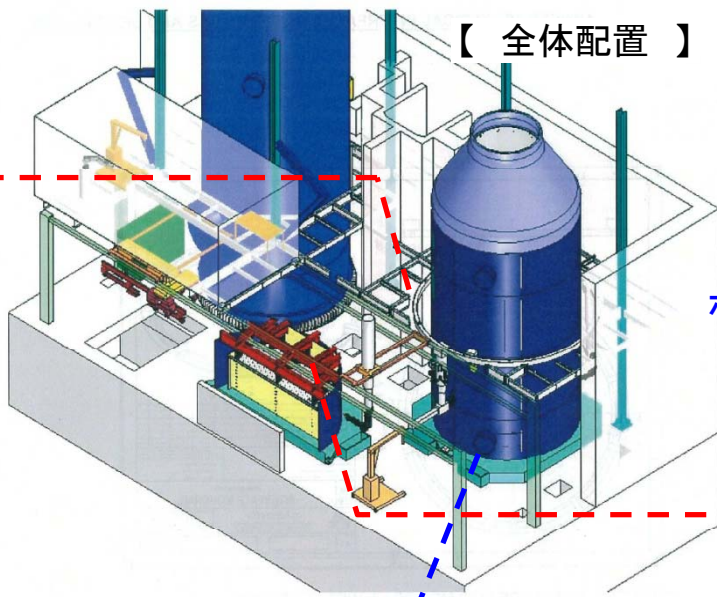
建屋内機器撤去【撮影日:平成16年1月頃】

熱交換器撤去準備工事「遠隔切断装置設置」

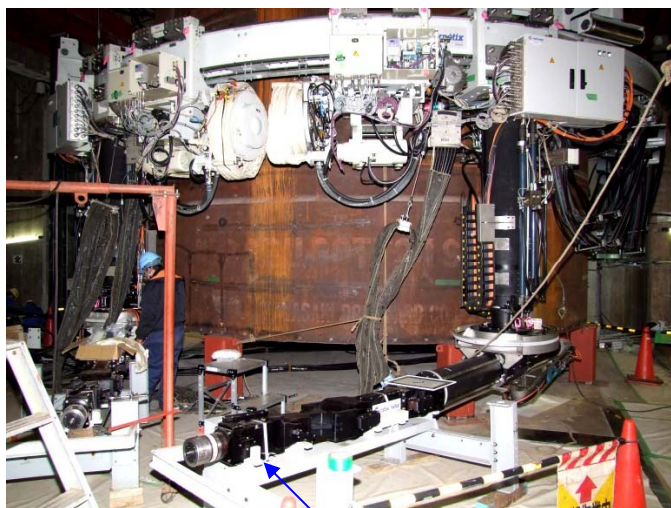
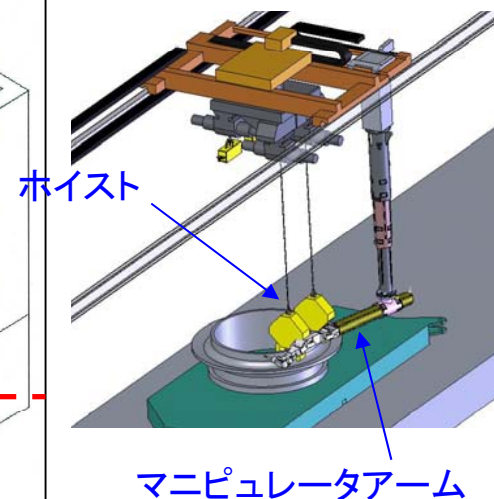
【 一次切断装置 】



【 全体配置 】



【 二次切断装置 】



マニピュレータアーム



遠隔解体装置による熱交換器解体の状況

【ガストーチ】LPG+酸素



熱交換器胴部の熱的切断作業



熱交換器内部構造物の機械的切断作業

【熱交換器内部伝熱管】

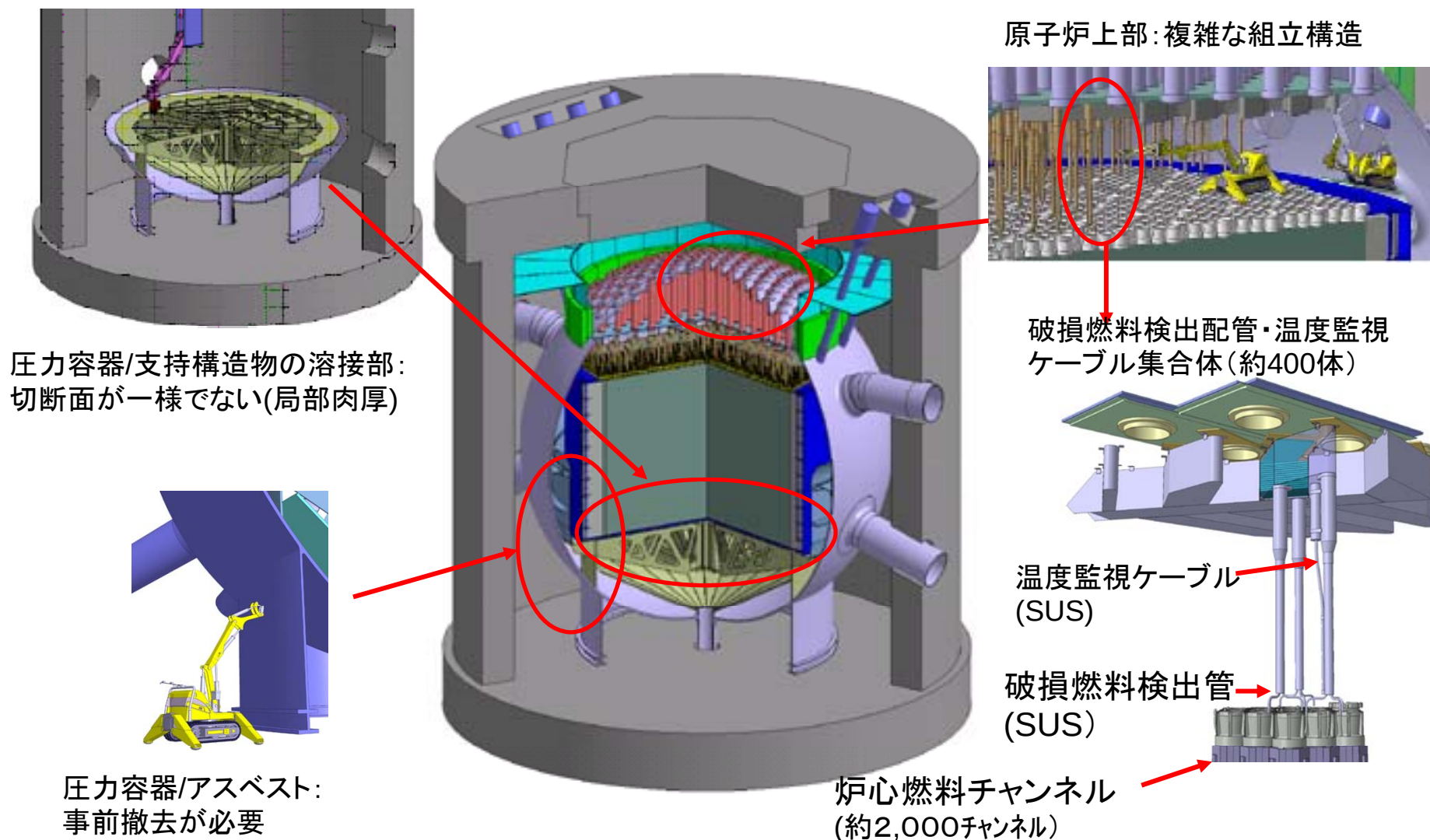


熱交換器ティア切断状況



遠隔解体装置操作室

原子炉領域解体に係る技術検討



世界の廃止措置の状況



海外における廃止措置時の解体工法の例

プラント	原子炉本体	炉内構造物	生体遮へい
ビックロックポイント(米)	一体処分	水圧研磨	制御爆破後、破砕
フォートセントブレイン(米)	ダイヤモンドワイヤーソー	水中プラズマアーク	該当せず
メインヤンキー(米)	一体処分	アブレッシブウォータージェット+金属分解加工(水中)	制御爆破、ダイヤモンドワイヤーソー
ランチョセコ(米)	アブレッシブウォータージェット	機械切断、水圧分離	掘削機
トロージャン(米)	一体処分	原子炉本体と一体処分	Brokk、ウォータージェット、ダイヤモンドワイヤーソー
グライフスヴァルト(独)	一体保管	原子炉本体と一体保管	水中機械切断、熱的切断(計画)
グンドレミンゲン(独)	酸素アセチレン切断	水中プラズマアーク、機械式弓のこ、プラズマトーチ、水圧シャー	ダイヤモンドケーブル
シュターデ(独)	熱切断、機械的切断	水中研磨懸濁液噴射切断法、横引鋸、円筒状帯鋸	未完
ホセカブレラ(スペイン)	機械式分割切断	機械式分割切断	
ショー(仏)	機械式分割切断	機械式分割切断	該当せず

海外での解体技術適用例

ランチョセコ発電所(米)で使用された主な炉内構造物分解・せん断装置



往復動マシンツール



38インチ鋸



ボルトミーリングツール



円周方向水圧駆動切断装置

- 機械的切断だけを用いて炉内構造物の切断を最初に行った大型商業用原子炉
- 運転期間が短かく放射エネルギーがわずかだったため、より多くの切断オプションの検討が可能であった。

2. 放射性廃棄物の分類

日本で発生する廃棄物の量

	発生廃棄物量(トン／日)		備考
一般廃棄物	主に家庭から排出される生ゴミ、粗大ゴミおよびオフィスから排出される紙くず等	124,356	平成23年度実績
産業廃棄物	事業活動に伴って生じた廃棄物のうち、廃プラスチック、廃酸、廃アルカリ等	1,044,411	平成23年度実績
放射性廃棄物	原子力施設の運転、保守等に伴って発生する放射性の廃棄物	高レベル1.4	平成12～18年推定
		低レベル80※	平成24年度実績

※福島第一原子力発電所のデータについては含まない

放射性廃棄物の処理処分とは

一 廃棄物が、人間の生活環境へ与える影響が有意なものとならないような適切な取扱いをすることである。

☆処理：原子力施設から発生する放射性廃棄物を、環境汚染を生じさせないよう処分できる状態にする工程、あるいは安全に貯蔵できる状態にする工程をいう。

☆処分：原子力施設から発生する放射性廃棄物を、環境汚染を生じさせない状態で環境に放出、埋設すること。

（デコミッショニング用語辞典）

放射性廃棄物の分類

放射性廃棄物は、放射能レベルに応じて大きく2つに区分される。

高レベル放射性廃棄物

使用済燃料の再処理の過程において、使用済燃料から分離される高レベル放射性廃液，又はそれをガラス固化したもの。その成分として核分裂生成物とアクチノイド核種を含む。

低レベル放射性廃棄物

原子力施設等から発生する放射性物質に汚染された廃棄物のうち、放射性物質による汚染の程度の低いものをいう。

放射性廃棄物の区分と主な廃棄物

分 類			主な廃棄物	発注元
高レベル放射性廃棄物			ガラス固化体、液体廃棄物	再処理施設
低レベル 放射性 廃棄物	発電用 原子炉の 廃棄物	余裕深度処分廃棄物 (L1)	制御棒、炉内構造物	発電用原子炉
		ピット処分廃棄物 (L2)	液体廃棄物、使用済機器、 消耗品	
		トレンチ処分廃棄物 (L3)	コンクリート、金属	
	超ウラン廃棄物 (TRU)		燃料棒、液体廃棄物、 フィルター	再処理施設、MOX 燃料加工施設
	ウラン廃棄物		消耗品、スラッジ、 使用済機器	濃縮燃料製造施設
医療廃棄物、研究廃棄物		固化容器、金属、 コンクリート、プラスチック、 フィルター、雑廃棄物、 固体廃棄物	燃料・放射性同位 元素研究用原子炉	
クリアランスレベル以下の廃棄物			解体廃棄物	全ての原子力施設

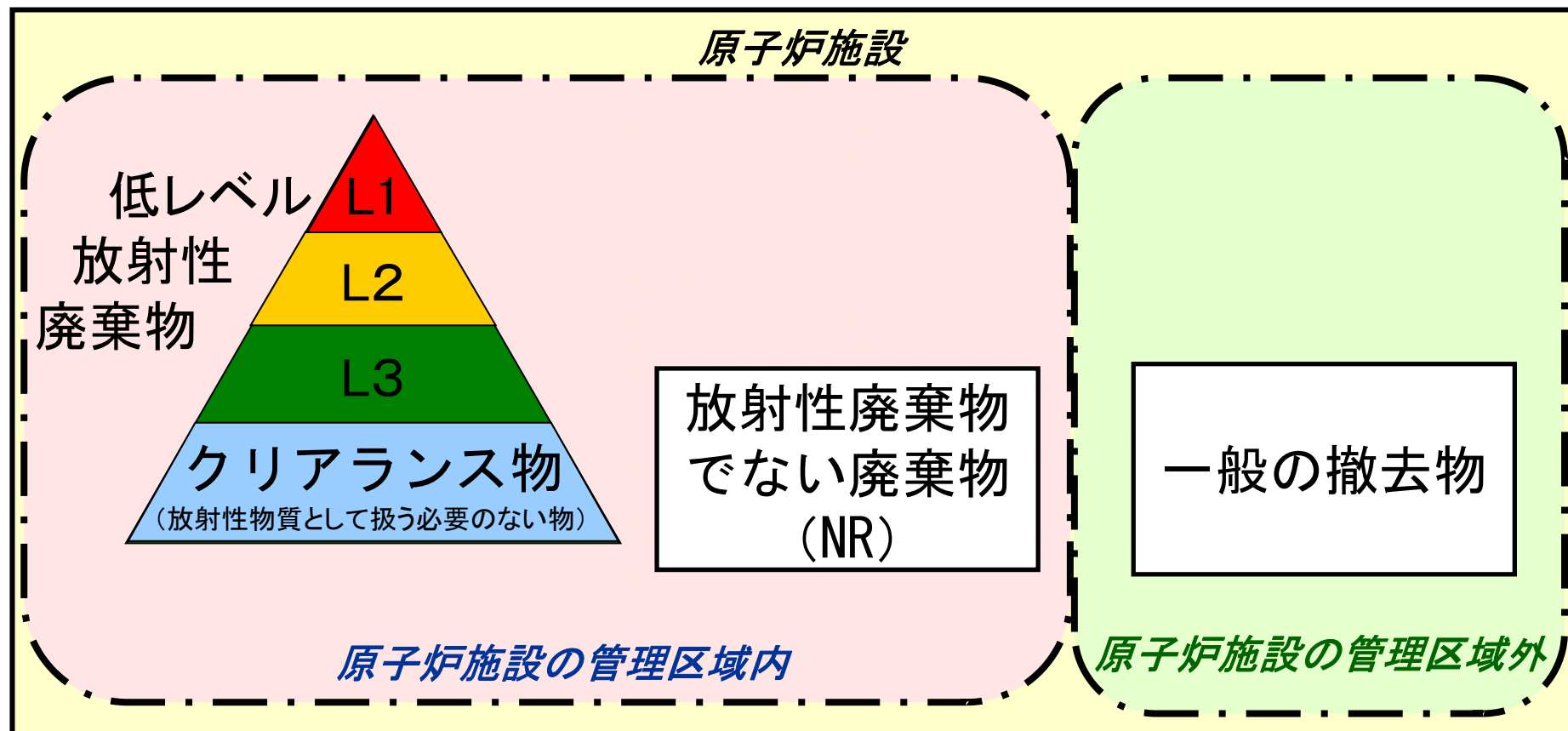
低レベル放射性廃棄物の特徴

- 高レベル放射性廃棄物に比べ，比較的低い放射能を持つ廃棄物。
- 放射線管理区域内で，中性子等の照射を受けて放射性物質になった施設構造材，放射性物質が付着，浸透した施設構造材をいう。

⇒低レベル廃棄物のうち，人体に影響を与えるレベルのものは，生活圏に影響を与えないように濃度に応じ埋設処分する。放射能の減衰を考慮した管理を行う。

3. 廃棄物の処理・処分と課題 (低レベルを中心に)

原子炉施設から発生する廃棄物

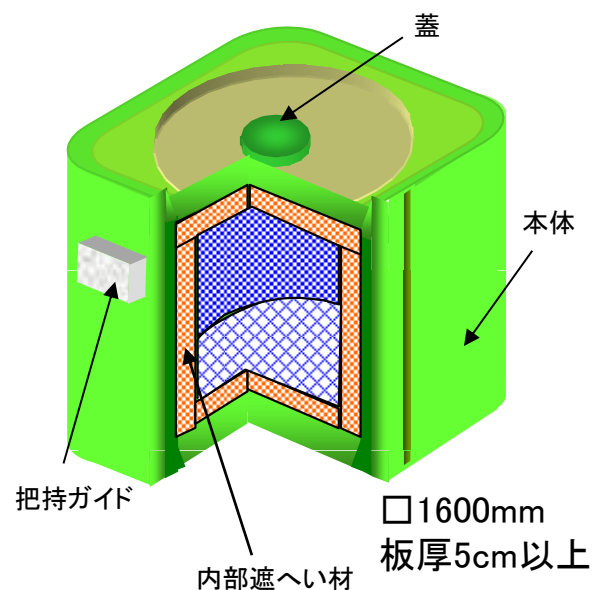


- L1 : 炉心等廃棄物
- L2 : 低レベル放射性廃棄物
- L3 : 極低レベル放射性廃棄物
- クリアランス物 : 放射性物質として扱う必要のない物
- 放射性廃棄物でない廃棄物 : NR物 (Non Radioactive waste)

福島第1の放射性廃棄物は別途の検討が必要

放射性廃棄物の処理

処分方策に応じた廃棄体の作成



L1廃棄物(余裕深度処分)

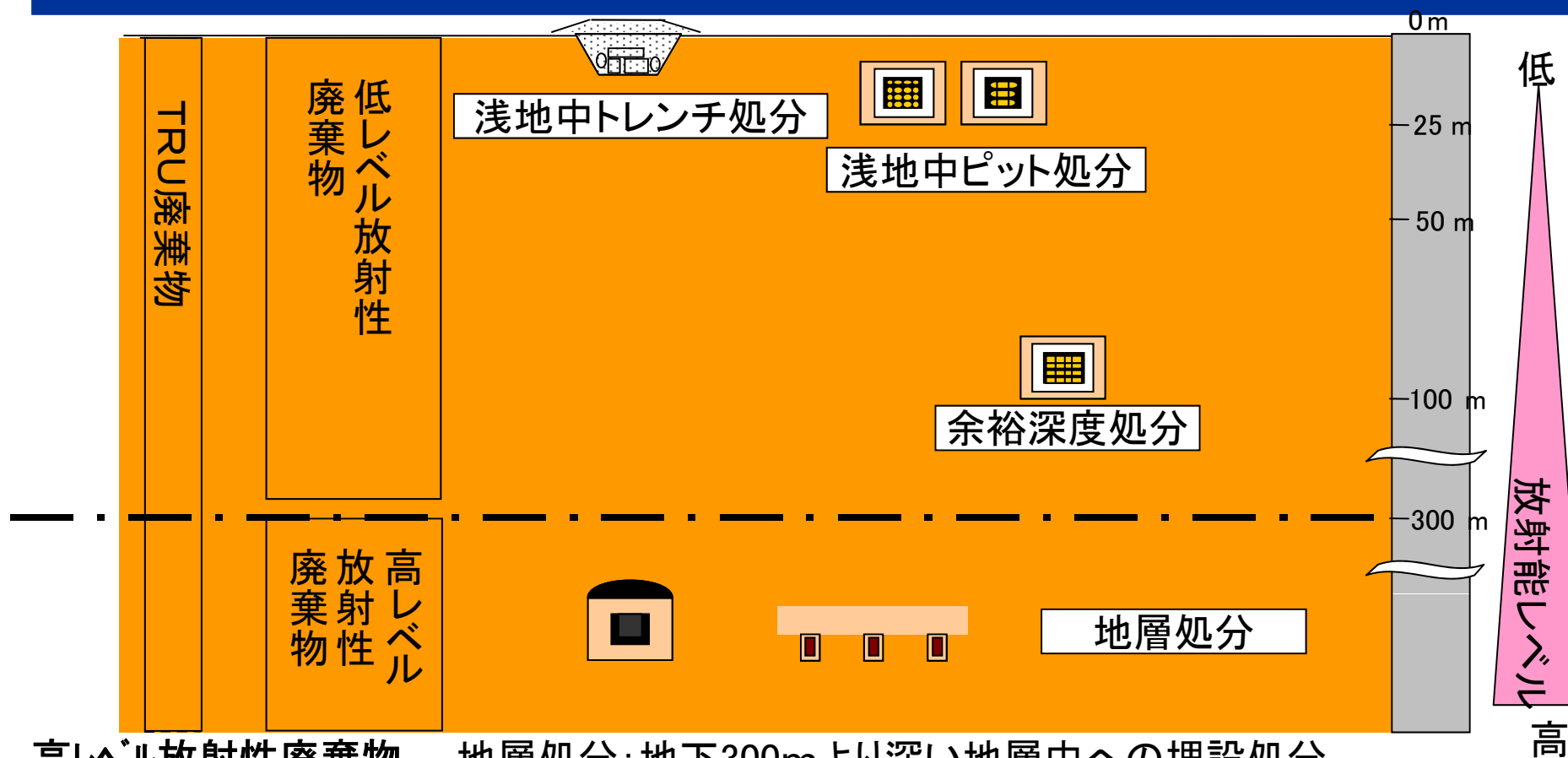


L2廃棄物(ピット処分)



L3廃棄物(トレンチ処分)

放射性廃棄物の処分の方法



高レベル放射性廃棄物

低レベル放射性廃棄物

地層処分: 地下300mより深い地層中への埋設処分

浅地中トレンチ処分: 人工構築物を設けない浅地中への埋設処分

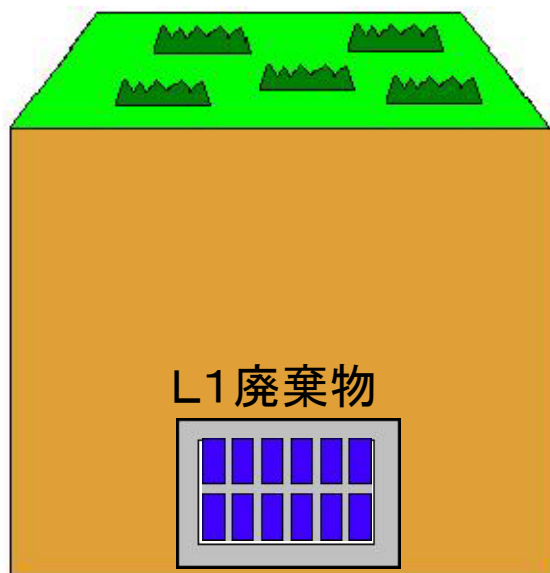
浅地中ピット処分: コンクリートピットを設けた浅地中への埋設処分

余裕深度処分: 一般的な地下利用に対して、十分余裕を持った深度
(例えば地下50~100m)への埋設処分

廃止措置で発生する低レベル放射性廃棄物の 法令に基づく区分と処分概念

炉心等廃棄物

(余裕深度埋設)



300～400年間管理
検討中

低レベル放射性
廃棄物

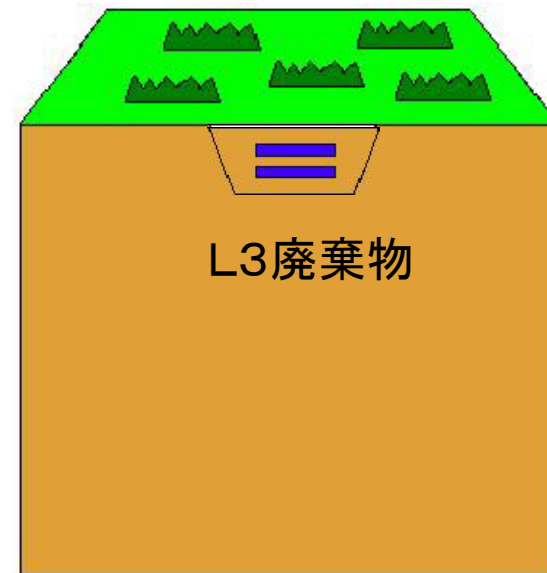
(浅地中ピット埋設)



300～400年間管理
一部操業中

極低レベル放射性
廃棄物

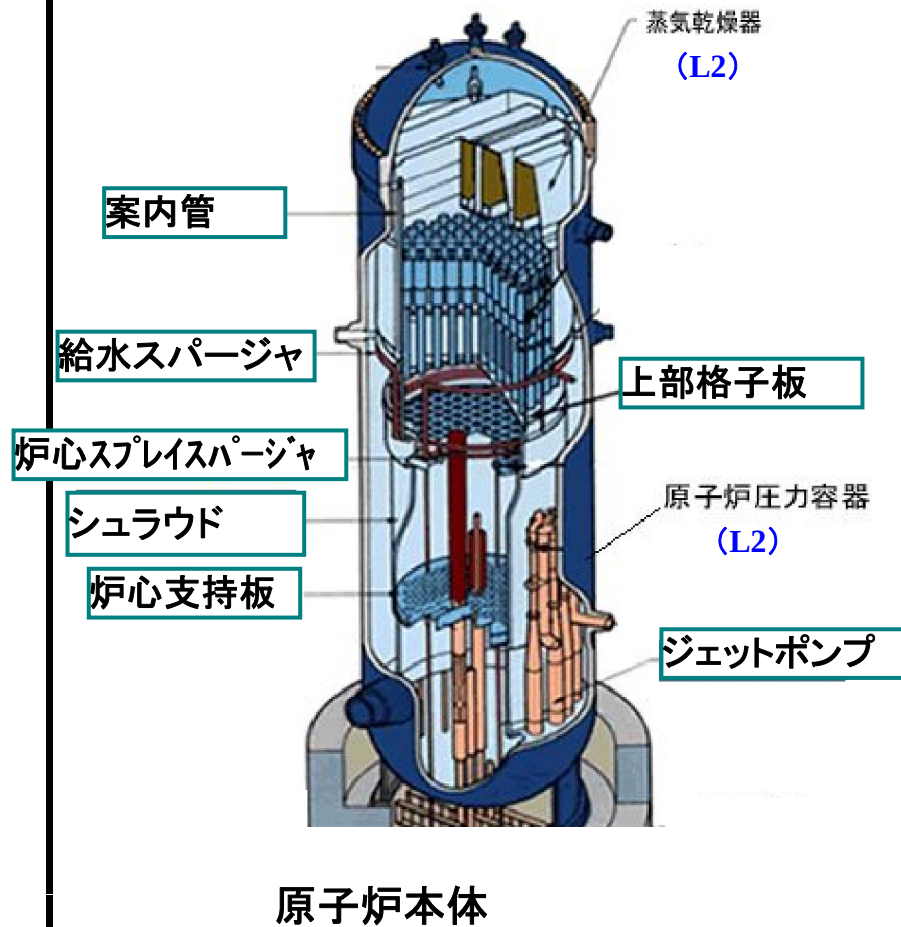
(浅地中トレンチ埋設)



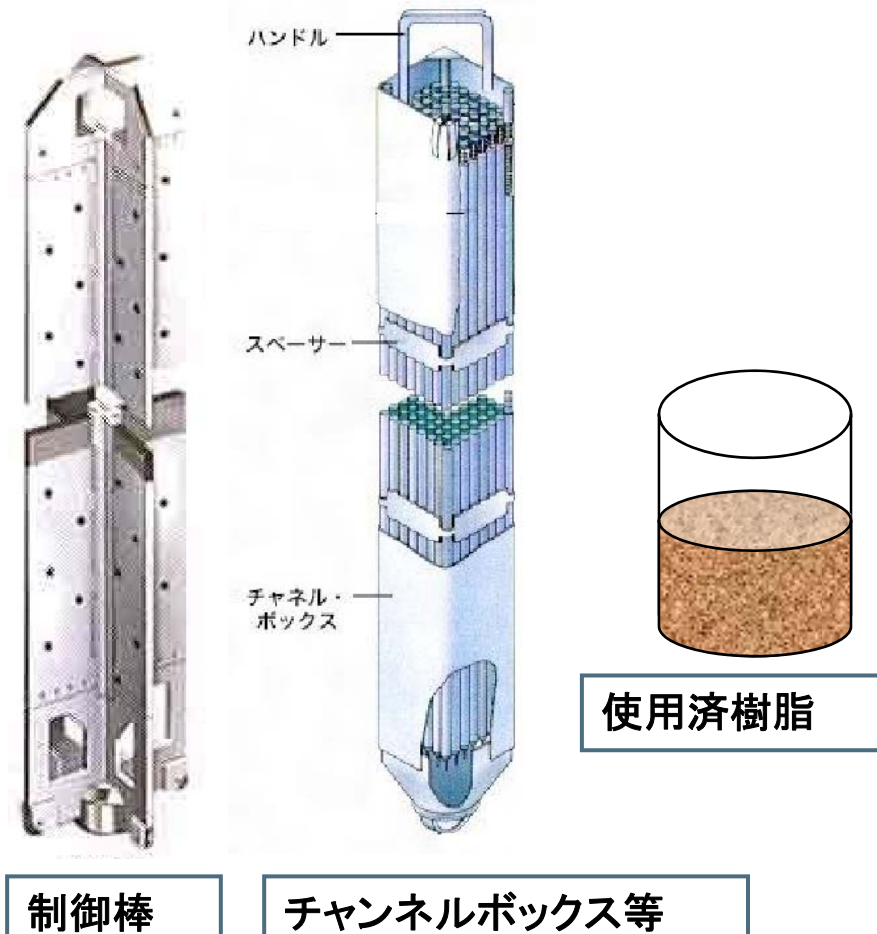
50年間管理
実証研究実施済み

BWRから発生する主なL1廃棄物

解体時に発生

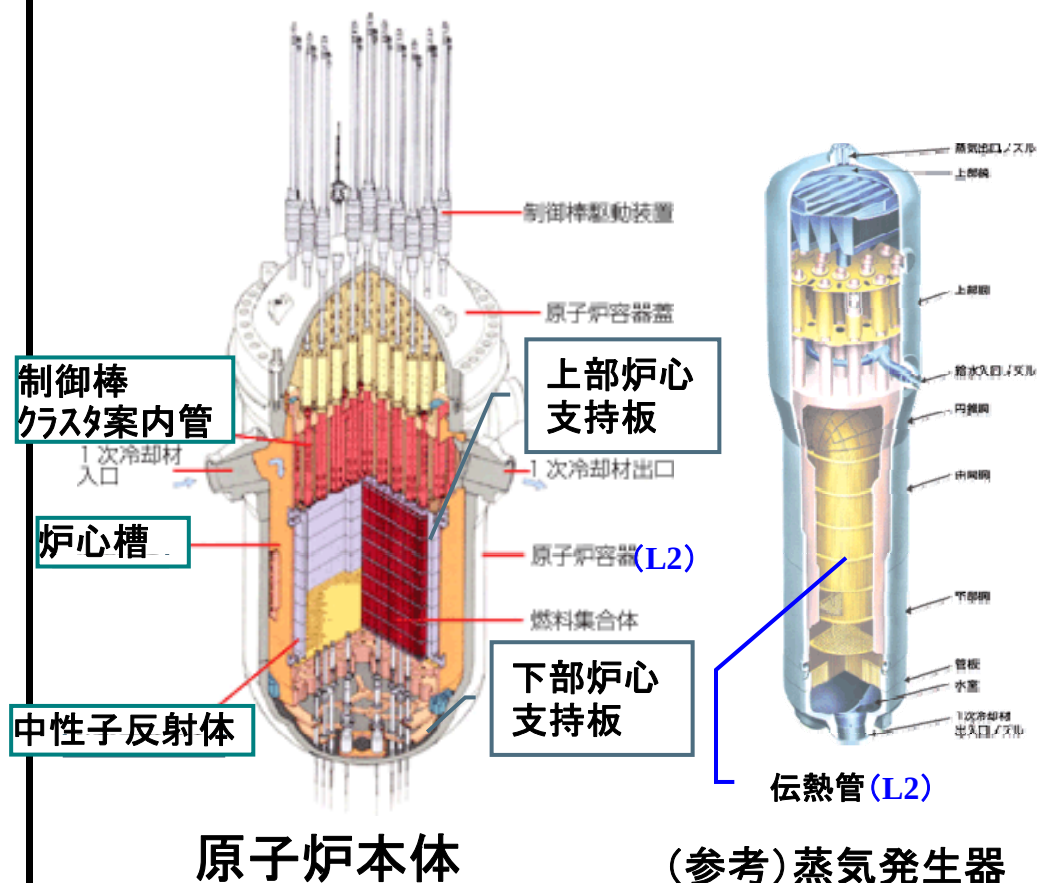


運転中に発生

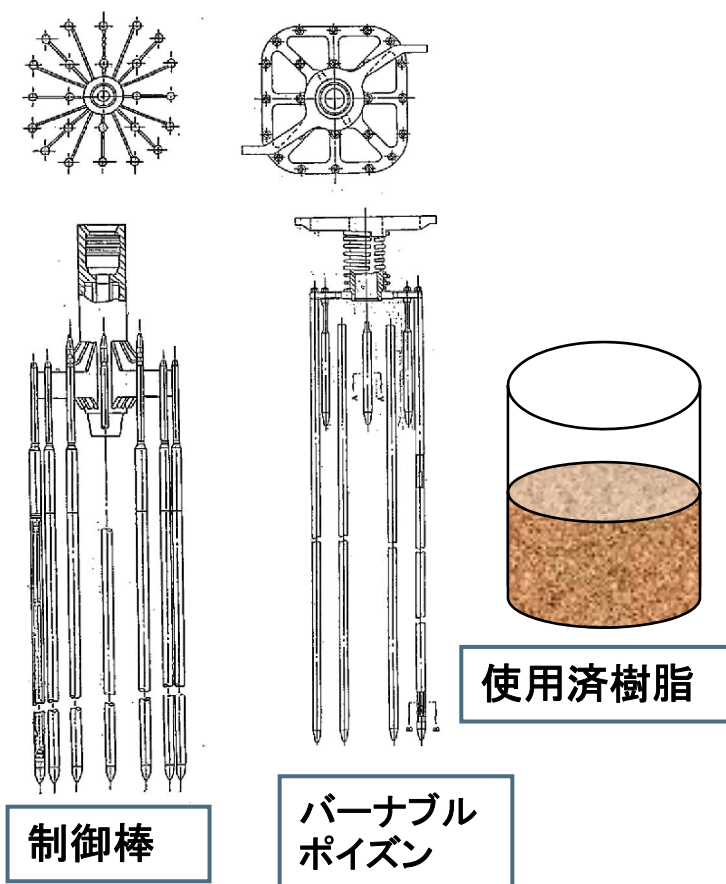


PWRから発生する主なL1廃棄物

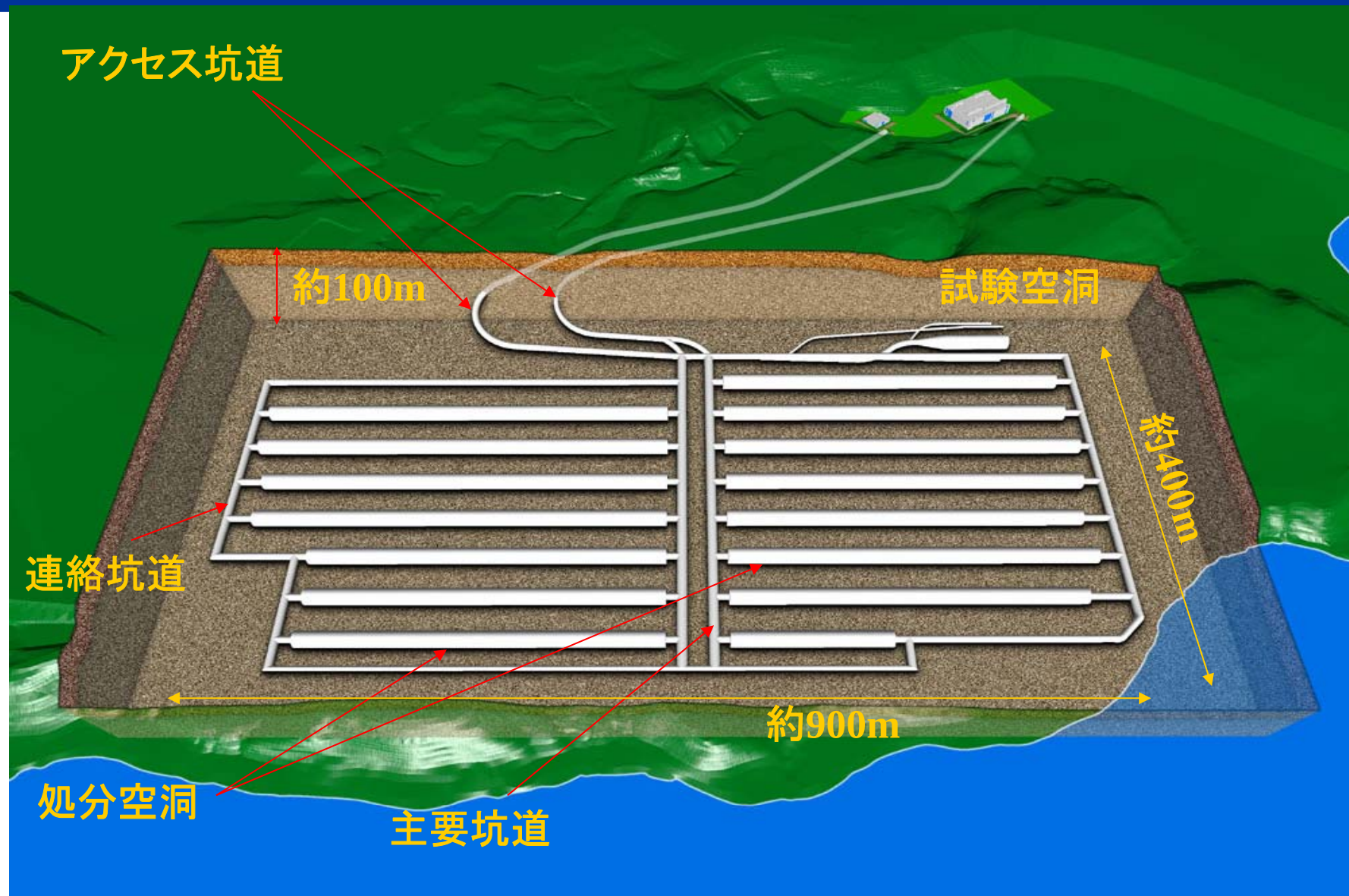
解体時に発生



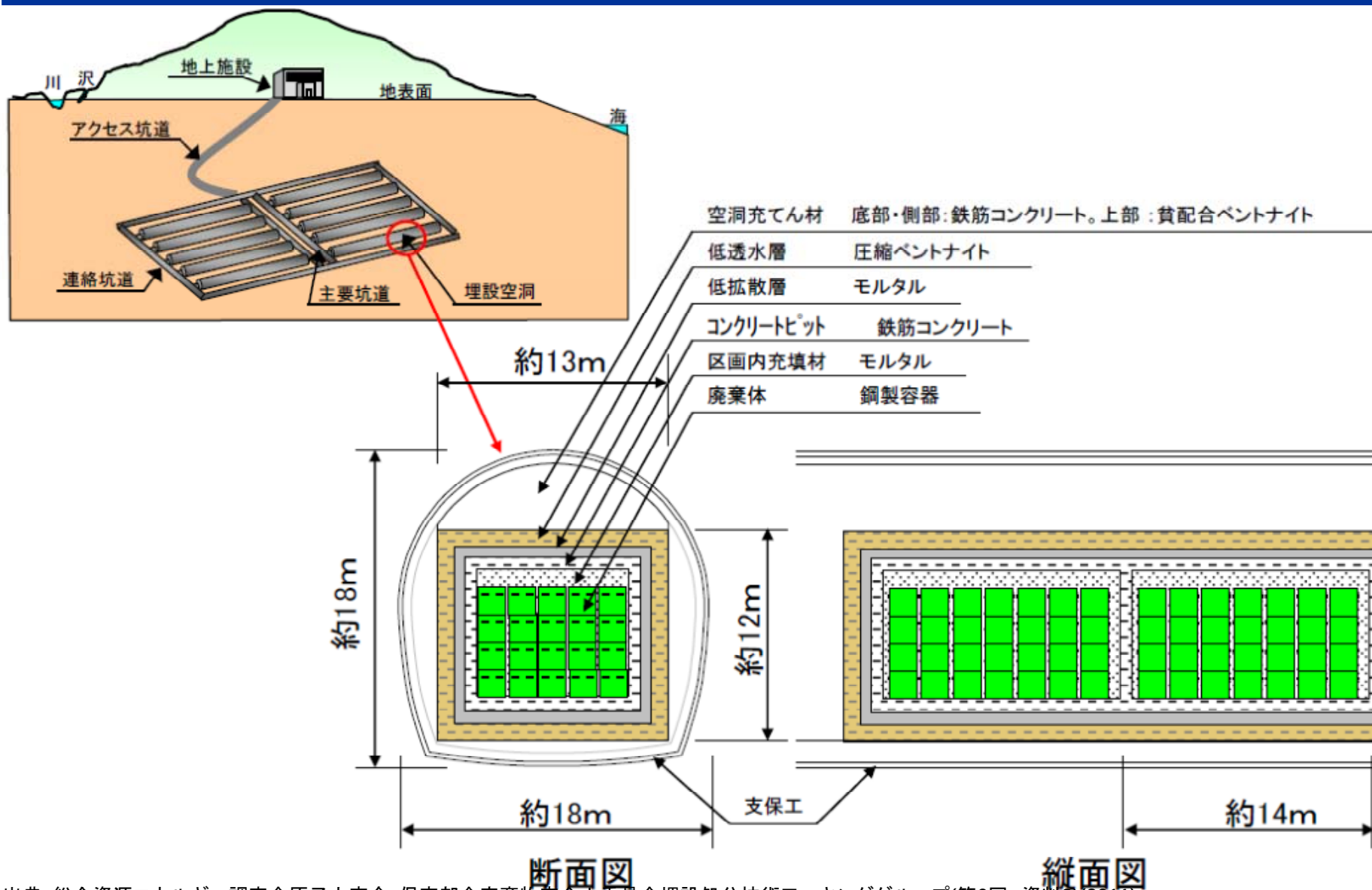
運転中に発生



L 1 廃棄物埋設施設のイメージ図(1/2)



L 1 廃棄物埋設施設のイメージ図(2/2)



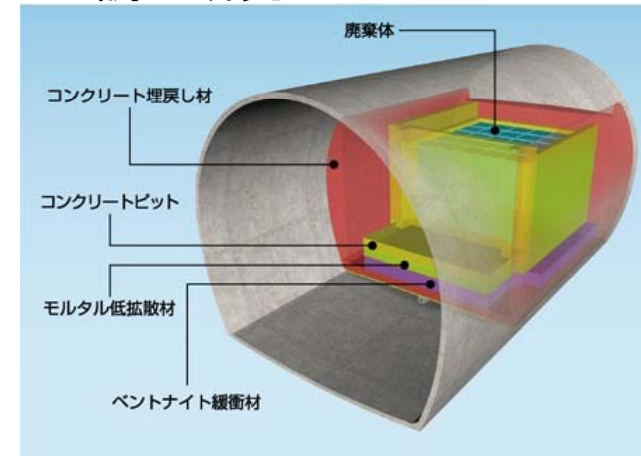
出典:総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会廃棄物安全小委員会埋設処分技術ワーキンググループ(第6回、資料2)(2011)

試験空洞における処分技術に関する調査研究(L1)

地下空洞型処分施設に関する施工性確認のための調査研究



地下空洞型処分施設の施工確認試験施設(平成20年度)



地下空洞型処分施設の概念図



大型振動ローラを用いた底部ベントナイト緩衝材
施工確認試験(平成20年度)

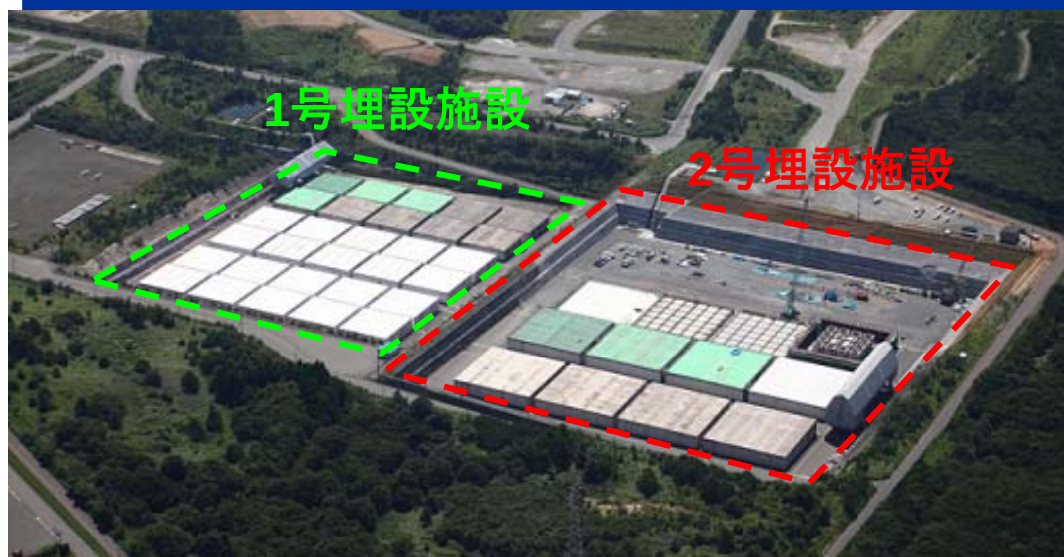


小型振動ローラを用いた側部ベントナイト緩衝材
施工確認試験(平成22年度)

出典: 原子力環境促進・資金管理センターホームページより抜粋

知財情報 目的外使用・複製・開示等禁止 2014.10 日本原子力発電株式会社

低レベル放射性廃棄物埋設センターの概要(L2) 日本原燃(株)



埋設施設 : 1号 約24m × 24m × 6m × 40基

2号 約36m × 37m × 7m × 16基

埋設本数: 1号 146,547本 / 200,000本

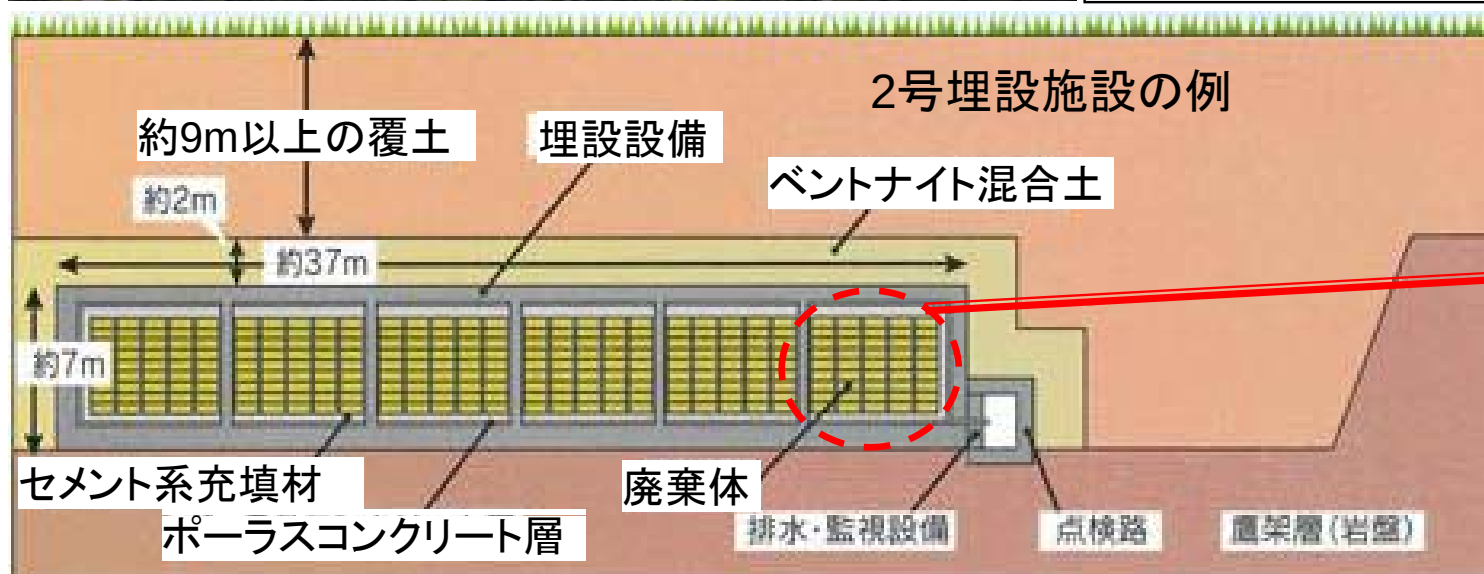
2号 101,152本 / 200,000本

(2012年10月末現在)

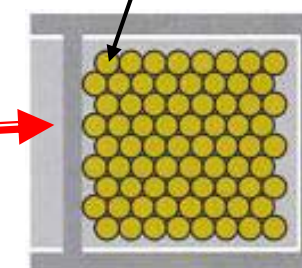
埋設対象: 運転中廃棄物(ドラム缶)

埋設総放射能量: 約 2×10^{15} Bq(1,2号共)

管理期間: 約300年



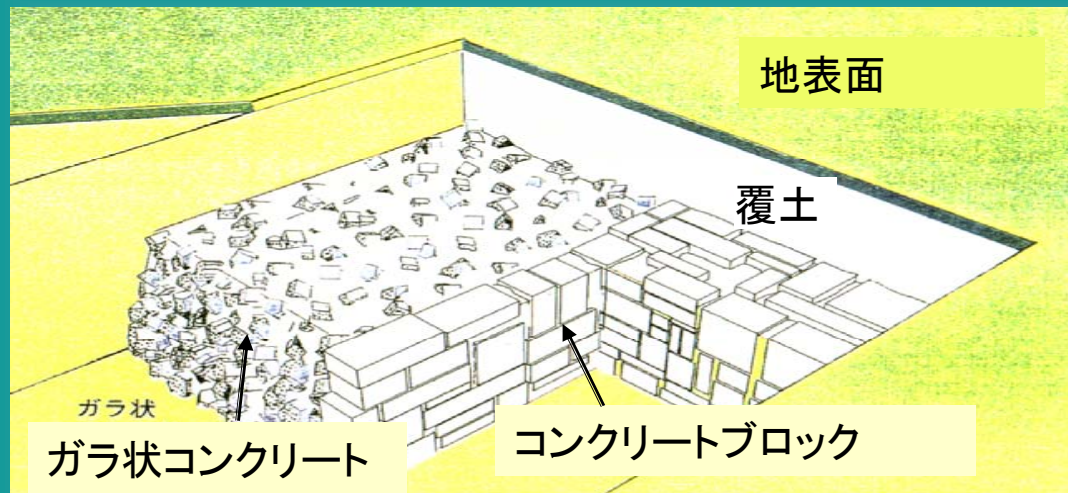
ドラム缶



9段5列8行の俵積みで定置

出展: 日本原燃(株)ホームページより抜粋

L3トレンチ埋設施設（旧日本原子力研究所の事例）



L3廃棄物埋設施設の概念図 (トレンチ)



JPDR 解体コンクリートなどの埋設状況

フレキシブルコンテナ



埋設施設での廃棄物の定置作業



廃棄物上部への覆土、土砂の締め固め作業

4. クリアランス

クリアランスとは

- 原子力発電所の廃止措置や運転・補修に伴って発生するもののうち、「放射性物質として扱う必要のないもの」を、法令等で規定された手続きに基づき、資源としてリサイクル可能な有価物（スクラップ金属など）や一般の廃棄物として取扱えるようにすることを、「クリアランス」という。
- 海外では既に多くの国においてクリアランス制度が運用されており、我が国でも平成17年度に法令が改正され、クリアランス制度が導入された。
- クリアランスは、リサイクルを可能とするもので、地球環境への負荷低減、我が国が目指す循環型社会形成に寄与する。

クリアランスレベル

(放射性物質として取り扱う必要のない放射能レベル)

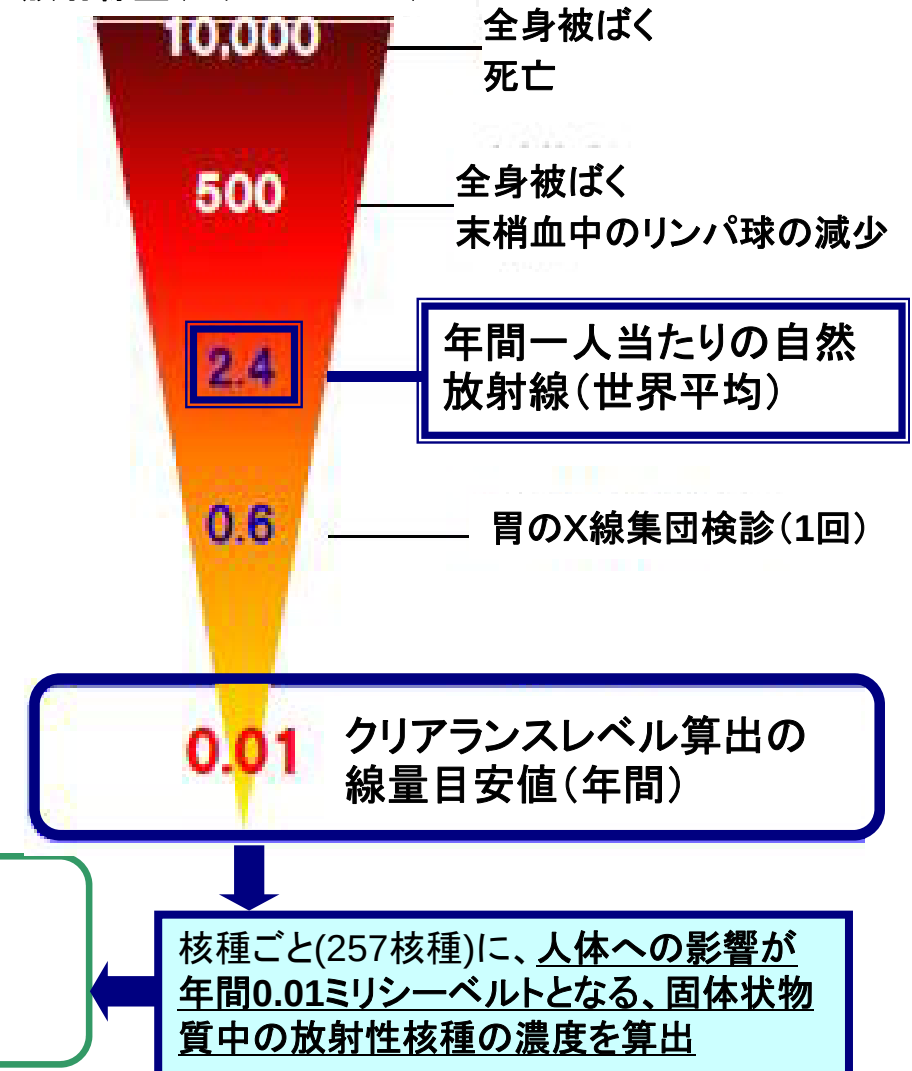
クリアランスレベルとは…

- 日常生活において、自然界の放射線から受ける線量「年間平均2.4ミリシーベルト」の1/100以下である、年間0.01mSvの線量は、人の健康への影響を無視することができると国際的にも認められている。
- クリアランスレベルは、様々な再生利用／処分ケースを想定し、そのうち最も線量が高くなるケースでも、「年間0.01 ミリシーベルト」を超えない値を設定。
- わが国では2005年にクリアランス制度を導入し、クリアランスレベルとしては国際原子力機関 (IAEA) の最新の勧告値を採用している。

主な放射性物質のクリアランスレベル

コバルト 6 0	: 0.1ベクレル／グラム
ストロンチウム 9 0	: 1ベクレル／グラム
セシウム 1 3 7	: 0.1 ベクレル／グラム

放射線量(ミリシーベルト)



クリアランス測定手順と測定装置（東海の例）

経済産業省による対象物測定評価方法の認可

対象物の選定

仕分け、分別等

基準値以下であることの測定・評価

専用測定装置による測定

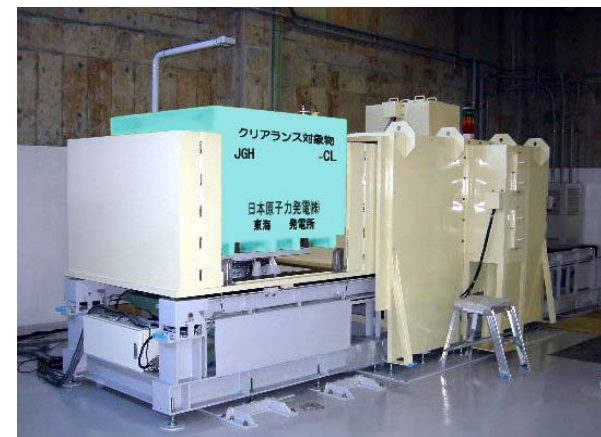
確認待ちエリアに保管

経済産業省による対象物測定・評価結果の確認

搬出待ちエリアに保管

ゲートモニタ／搬出（再利用）

専用測定装置



主要な仕様

測定方法	鉄箱に収納して6面全て測定	
測定単位	容器外寸mm	1350W × 1350L × 1065H
	最大容量	1.5m ³
	最大重量	1.5トン
測定時間	12分（正味計測時間240秒）	

東海発電所 クリアランス金属の再利用実績(1/3)

1. 鑄造品の製造状況



①東海発電所からの搬出



②鉄工所への搬入



③クリアランス物(炭素鋼)



④溶解



⑤溶解したクリアランス金属



⑥遮へい体完成

東海発電所 クリアランス金属の再利用実績 (2/3)

鋳造品再利用実績

① 遮へい体79体 ➡ J-PARC* (KEK向け) [H19年10月10日納品開始]

*大強度陽子加速器施設



遮へい体
1000×500×200mm
約700kg/体

② ベンチ、応接テーブル、ブロック ➡

当社向け [H20年2月29日配備開始]

他社向け [H20年3月28日納品開始]



ベンチ 31脚



応接テーブル 10台



ブロック 600個
(構内利用)

車両の進入を
防止するためのブロック
16個



(H22.6現在)

③ 経済産業省での展示

本館展示 ベンチ6脚、テーブル4脚 H21年5月18日～5月29日

別館展示 ベンチ2脚 H21年5月29日～

④ 環境省での展示

ベンチ 1脚 H22年6月22日～

5. 放射性廃棄物でない廃棄物(NR)

N R 運用に当たっての基本的な考え方

原子力安全委員会報告(平成4年2月)

「低レベル放射性固体廃棄物の陸地処分の安全規制に関する基準値について」

「放射性廃棄物」と「放射性廃棄物でない廃棄物」を区分する際の考え方

1) 二次的な汚染のないこと

- ・ 使用履歴、設置状況等から、放射性物質の付着、浸透等による二次的な汚染がないことが明らかであるもの

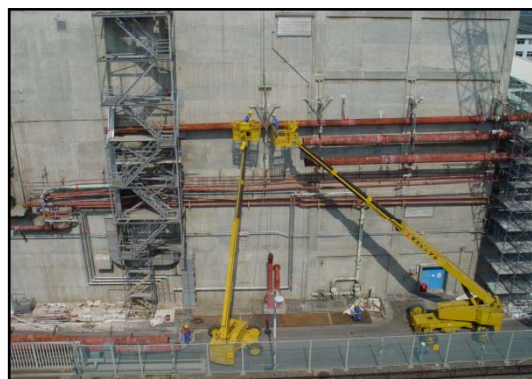
2) 放射化の汚染がないこと

- ・ 十分な遮へい体により遮へいされていた等、施設の構造上、中性子線による放射化の影響を考慮する必要がないことが明らかであるもの

1)、2)について、汚染された部位が分離されたもの

放射性廃棄物でない廃棄物(N R)の考え方と実例

放射化汚染がないこと及び二次的な汚染がないことを使用履歴や設置状況などから判断。ただし、念のための測定として、NR判断したものを事業者が自主的に測定。



(撤去工事: H16年4月～7月)



(保管状況)



(撤去後)



(分別作業)



(念のための測定)



(搬出作業: H20年11月～H21年2月)