



商用炉の廃止措置と 廃棄物マネジメント



日本原子力発電(株)
廃止措置プロジェクト推進室 調査役
苅込 敏

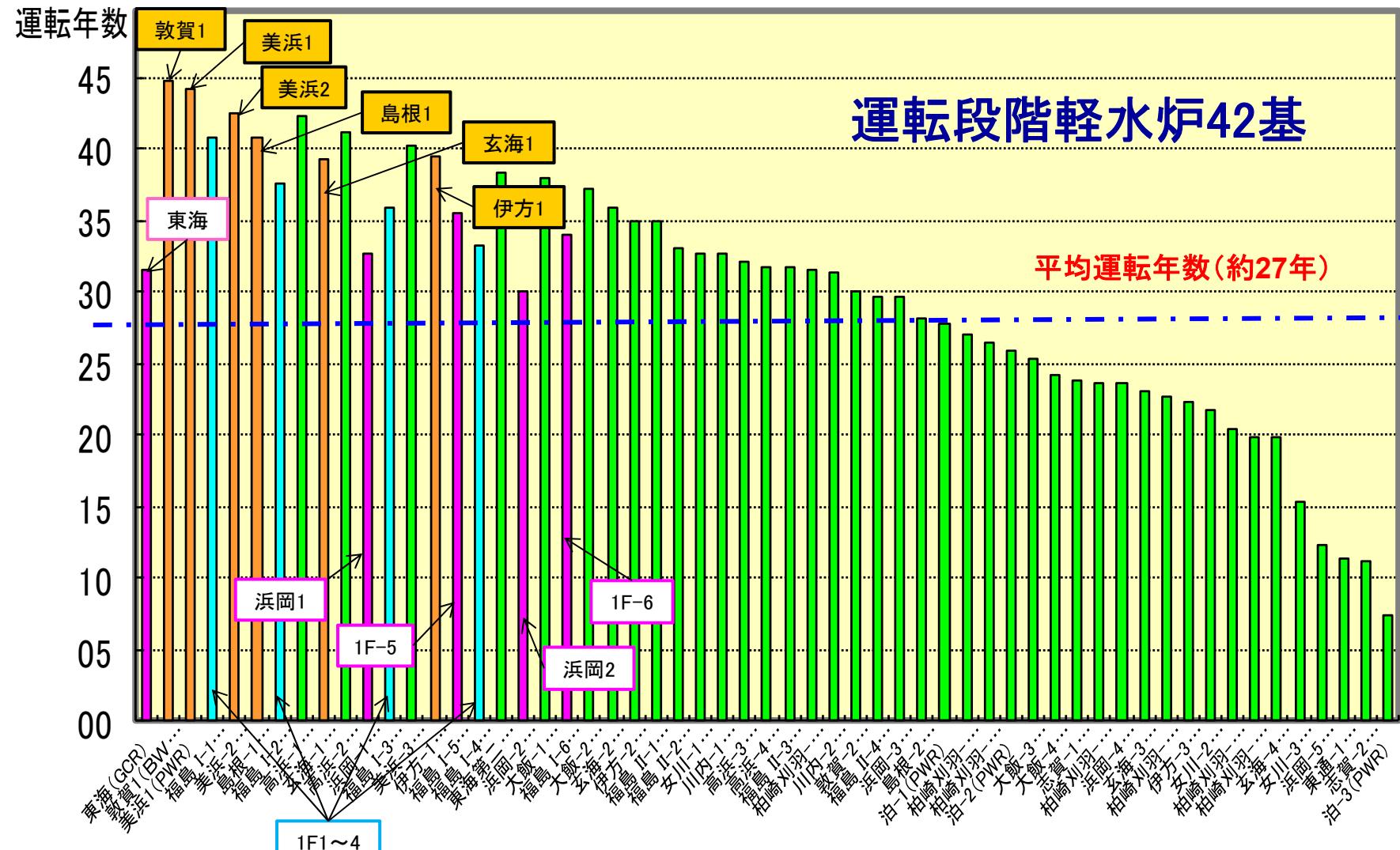
項目

1. 我が国における廃止措置の状況
2. 東海発電所の廃止措置の状況
3. 敦賀発電所1号機の廃止措置の状況
4. 廃棄物処理・処分
5. 廃止措置の課題

我が国における 廃止措置の状況

日本の原子力発電プラントの運転年数

2017年5月末現在



国内の原子力発電所の状況

2017年6月28日現在

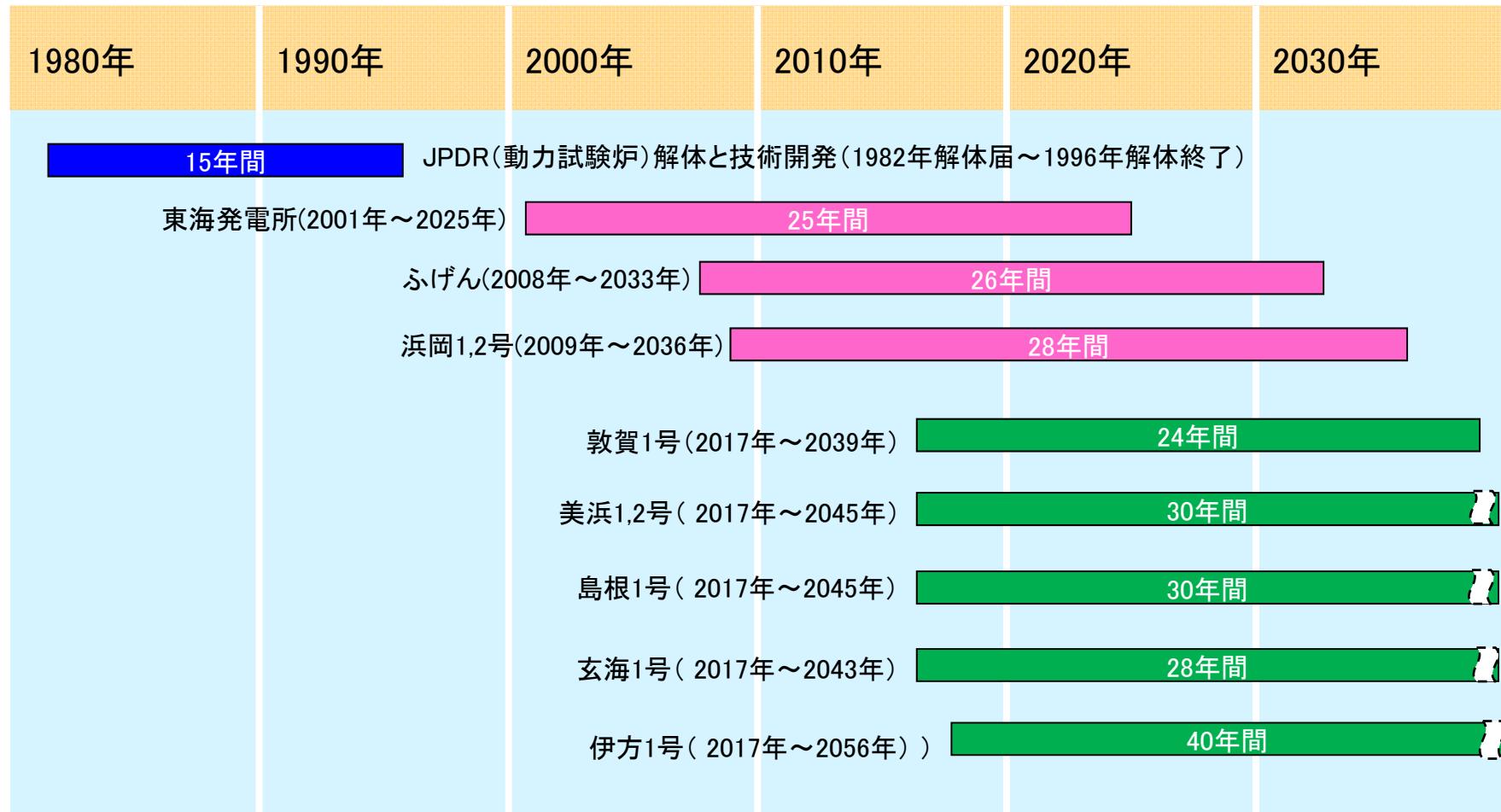
状況	基数	備考
運転中	5基	川内1,2号,伊方3号,高浜3,4号
運転準備段階(設置許可済)	7基	高浜1,2号, 美浜3号, 大飯3,4号,玄海3,4号
安全審査手続き中	14基	東海第二,浜岡3,4号, 泊1~3号,女川2号,敦賀2号他
検討中	19基	柏崎1~5号,大飯1,2号他
廃止措置準備中(恒久停止)	1基	もんじゅ
廃止措置実施中	10基	東海, ふげん,浜岡1,2号, 美浜1,2号, 玄海1号, 島根1号, 敦賀1号,伊方1号
廃炉に向けた取組実施中	6基	福島第一1~6号

建設中の島根3号,大間1号,東電東通1号を含む

運転を停止した原子力発電所

発電所	運転者	炉型	電気出力	営業運転開始日	廃止日
東海	原電	GCR	166MW	1966.07.25	1998.03.31
ふげん	JAEA	ATR	165MW	1979.03.20	2003.03.29
浜岡-1	中部	BWR	540MW	1976.03.17	2009.01.30
浜岡-2	中部	BWR	840MW	1978.11.29	2009.01.30
敦賀-1	原電	BWR	357MW	1970.03.14	2015.04.27
美浜-1	関西	PWR	340MW	1970.11.28	2015.04.27
美浜-2	関西	PWR	500MW	1972.07.25	2015.04.27
玄海-1	九州	PWR	559MW	1975.10.15	2015.04.27
島根-1	中国	BWR	460MW	1974.03.29	2015.04.30
伊方-1	四国	PWR	566MW	1977.09.30	2016.05.10
もんじゅ	JAEA	FBR	280MW	1991.05.18 (試運転開始日)	2016.12.21 (廃止決定日)

国内原子力発電プラントの廃止措置スケジュール

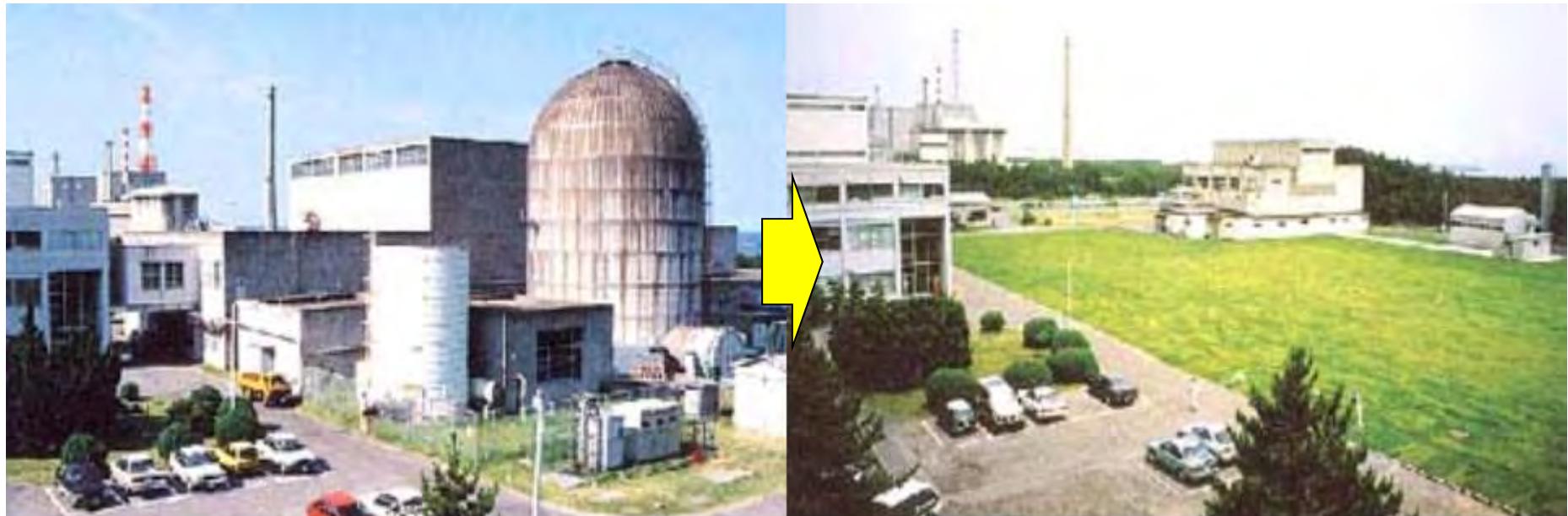


国内原子力プラントの廃止措置スケジュール

(特定原子力施設である1F-1～6は除く。スケジュールは現行廃止措置計画工程。)

研究炉の廃止措置実施例(国内)

- 日本原子力研究所(日本原子力研究開発機構) 動力試験炉
(JPDR:Japan Power Demonstration Reactor)



運転中のJPDRサイト

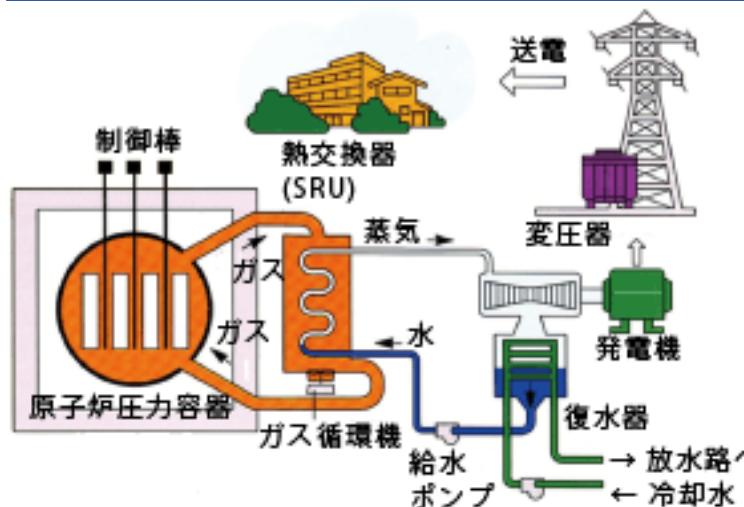
1982. 12 解体届(含む燃料搬出)
1983. 4 燃料体施錠、移送
1986. 12 解体作業開始

廃止措置終了後のJPDR跡地

1996.3 解体完了
費用:約230億円(含技術開発)
放射性廃棄物:3, 770トン

東海発電所の廃止措置の状況

東海発電所の概要

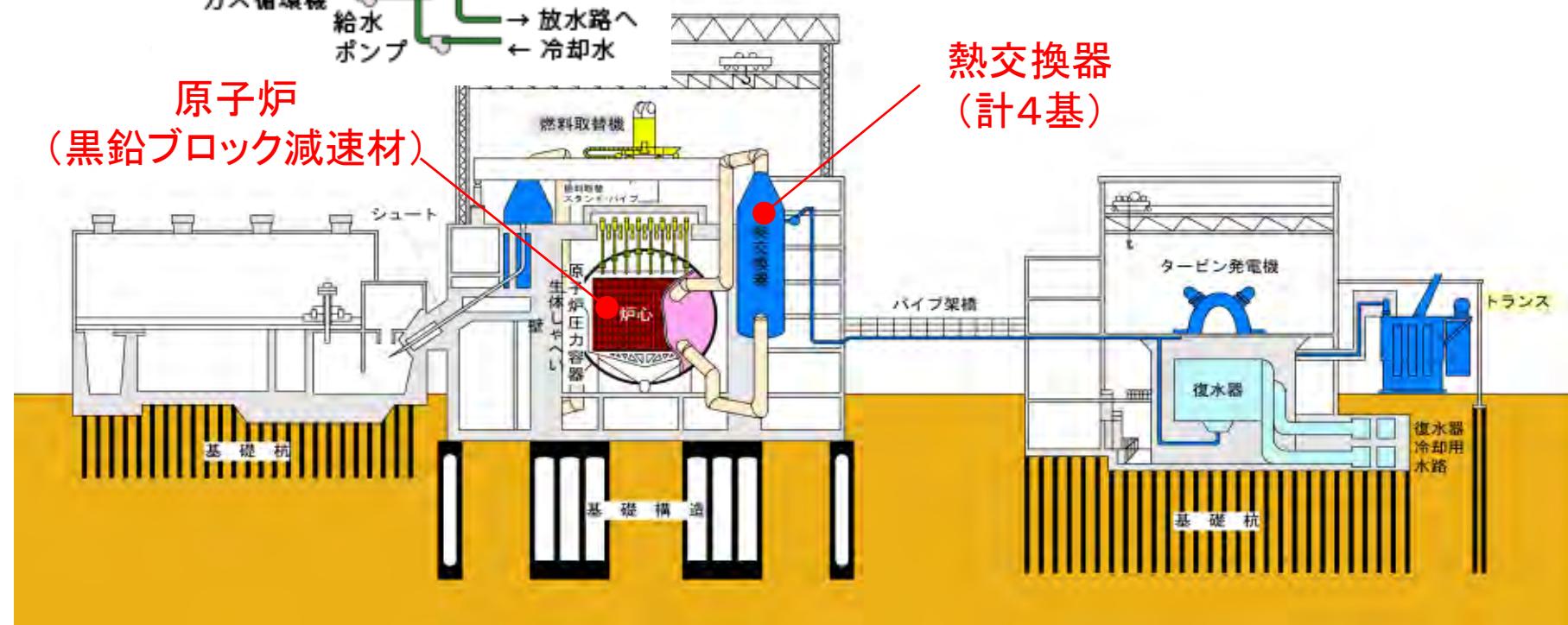


原子炉
(黒鉛ブロック減速材)

- 電気出力：16万6千キロワット
- 原子炉型：黒鉛減速・炭酸ガス冷却型 (GCR)
- 燃 料：天然ウラン燃料 (英國BNFLで再処理)

- ・1966年 7月25日 営業運転開始
- ・1998年 3月31日 営業運転停止 (約32年間運転)
- ・2001年10月 4日 「原子炉解体届」を経済産業省に提出
- ・2001年12月 4日～ 廃止措置

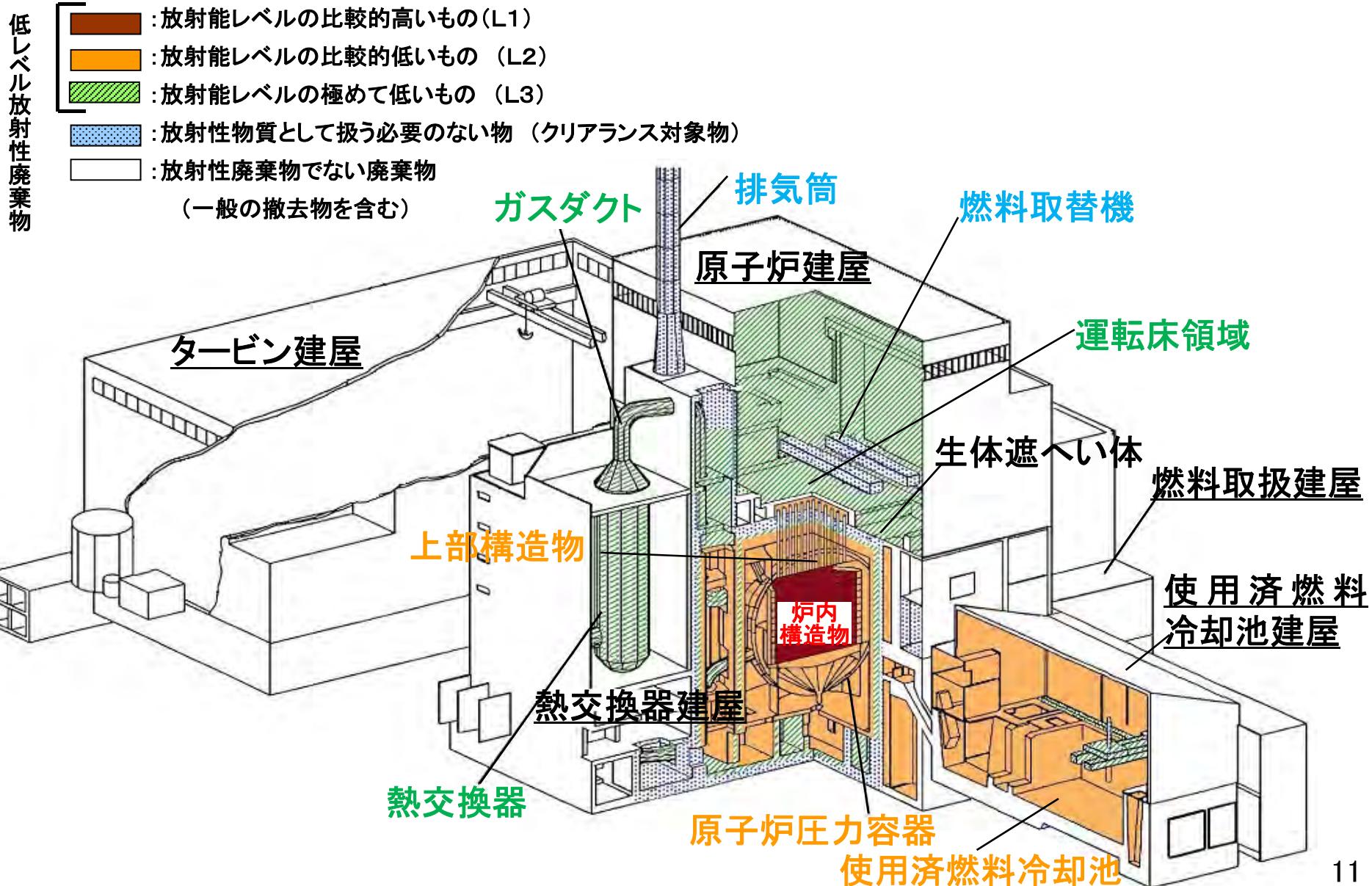
熱交換器
(計4基)



東海発電所廃止措置計画の概要

- 原子炉、附屬設備及び建屋を解体撤去し、更地の状態に復することを基本
- 原子炉領域は、安全貯蔵後、解体撤去
- 原子炉領域以外の附屬設備等は、安全貯蔵期間開始時点から順次解体撤去
- 廃止措置は、長期に亘る計画であるため、工程を分割して進めていく

東海発電所の推定汚染分布

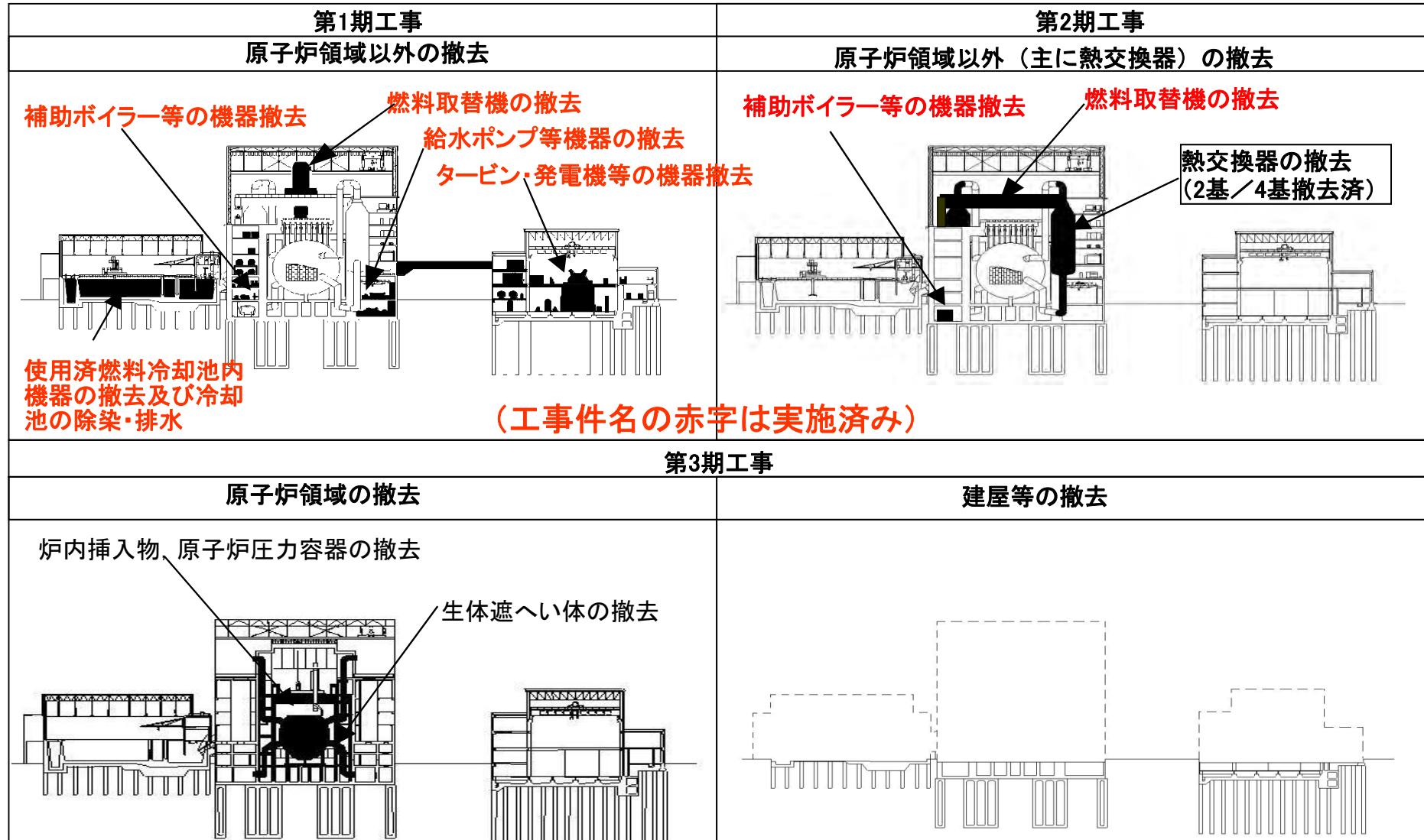


東海発電所廃止措置の全体工程

〔年度〕

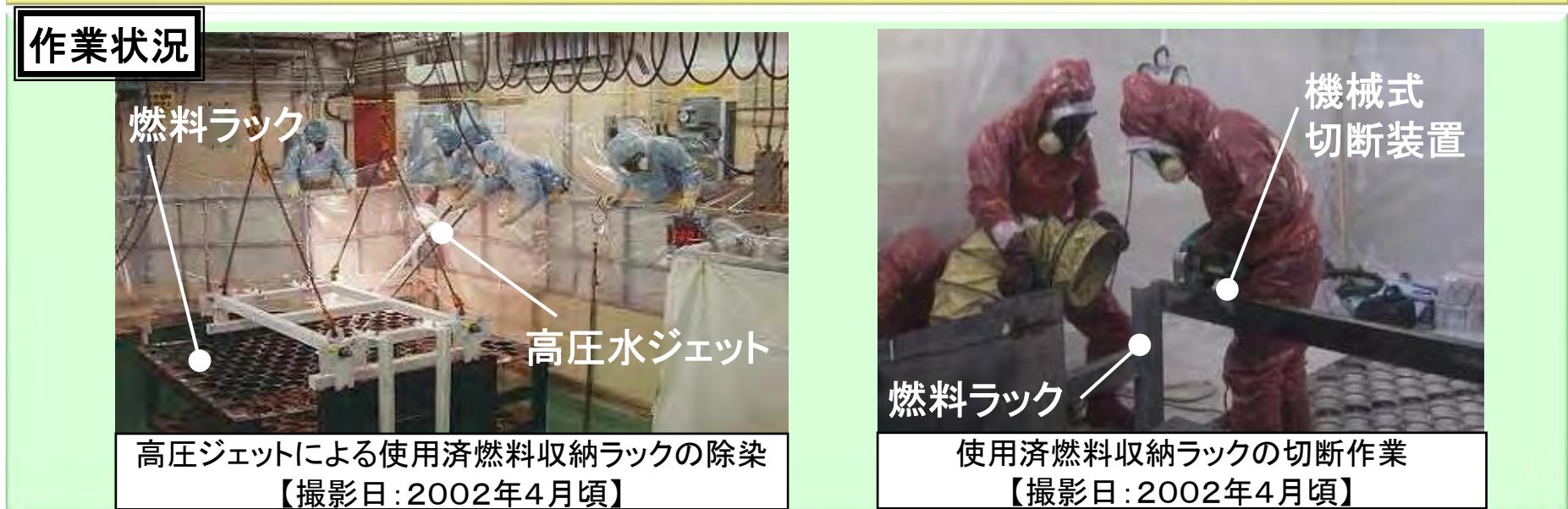
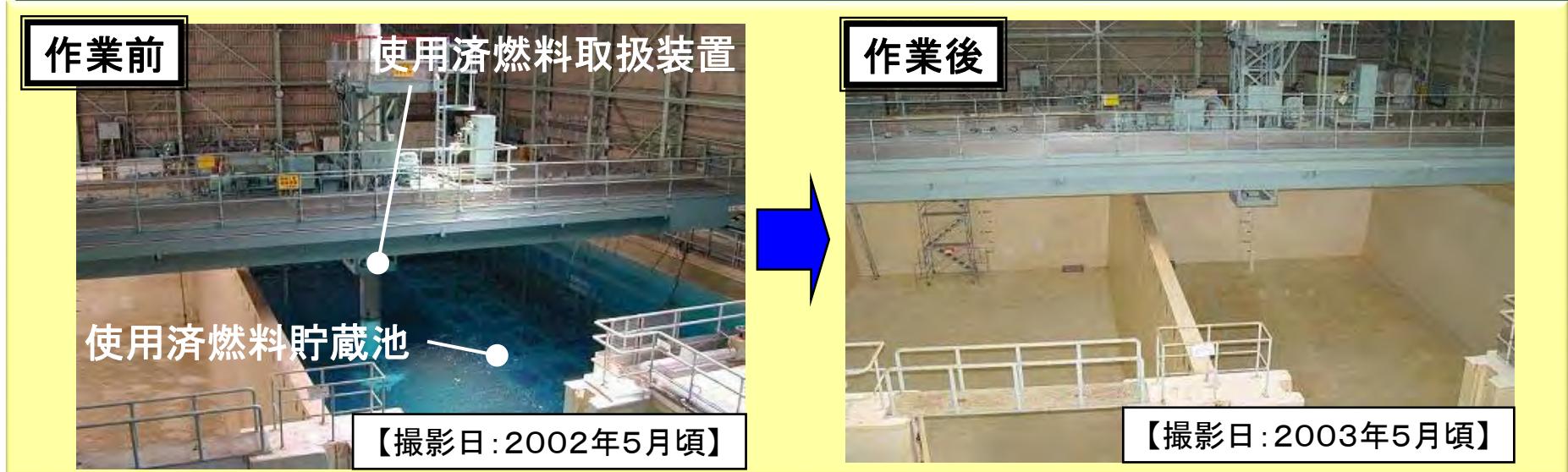
東海発電所廃止措置の全体概要

■ :撤去対象



注)建屋の地下部および基礎部は撤去対象外

第1期工事(使用済燃料冷却池内除染)



第1期工事(タービン・発電機等機器撤去)

撤去前



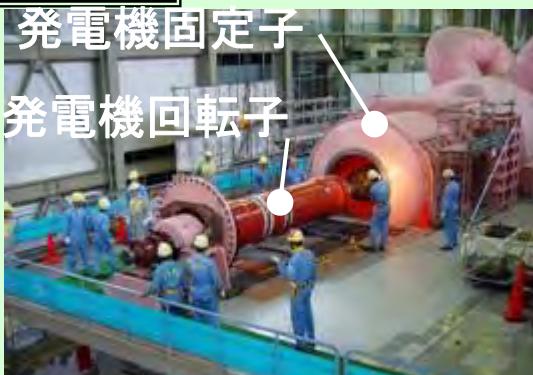
【撮影日:2003年3月頃】

撤去後



【撮影日:2004年3月頃】

作業状況



発電機撤去
【撮影日:2003年5月頃】



低圧タービン撤去
【撮影日:2003年6月頃】



【撮影日:2004年1月頃】

第1期工事(給水ポンプ等機器撤去)



第1期工事(遠隔重機を用いた機器解体)

作業状況(東海発電所での遠隔重機の活用実績)



将来工事への適用例



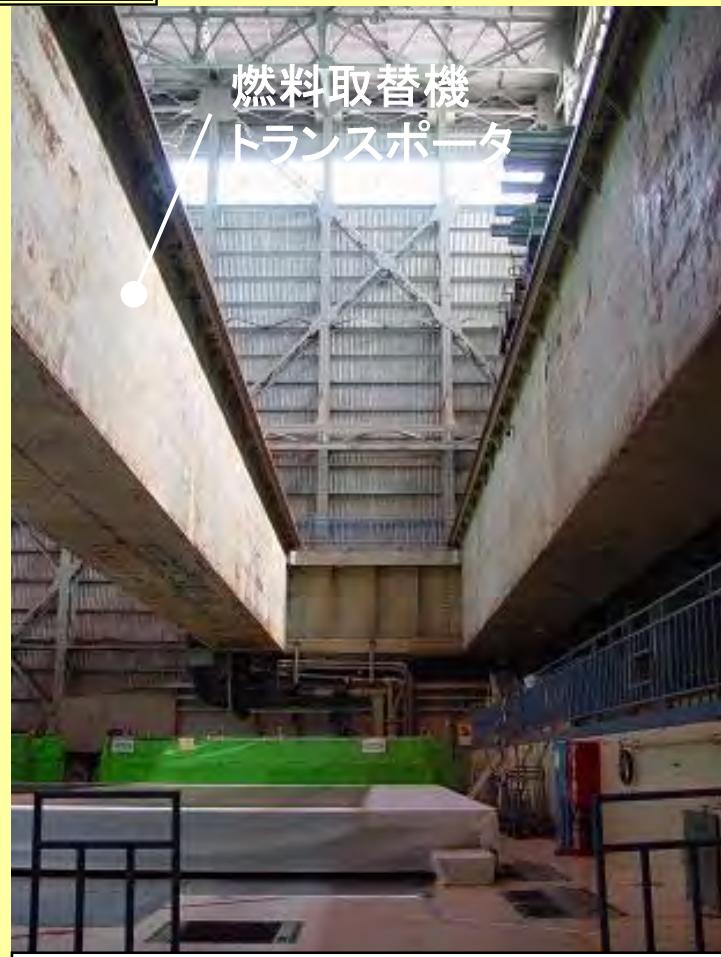
第2期工事(燃料取替機撤去)

撤去前



【撮影日:2004年10月頃】

撤去後



【撮影日:2006年3月頃】

第2期工事(ガスダクト撤去)

撤去前

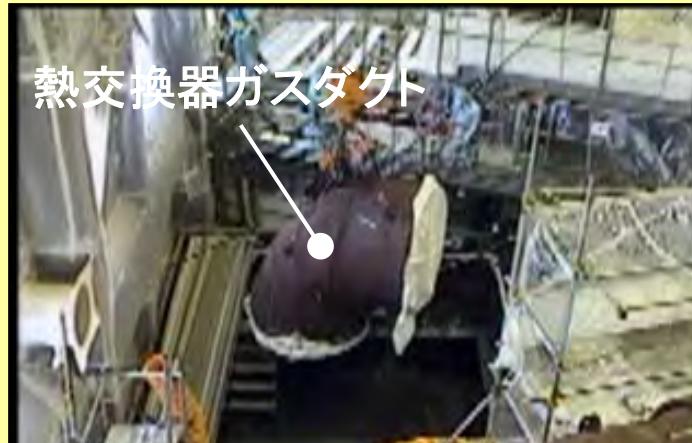


仮設建屋

(放射性粉塵拡散防止用)

仮設建屋の組立状況

熱交換器ガスダクト

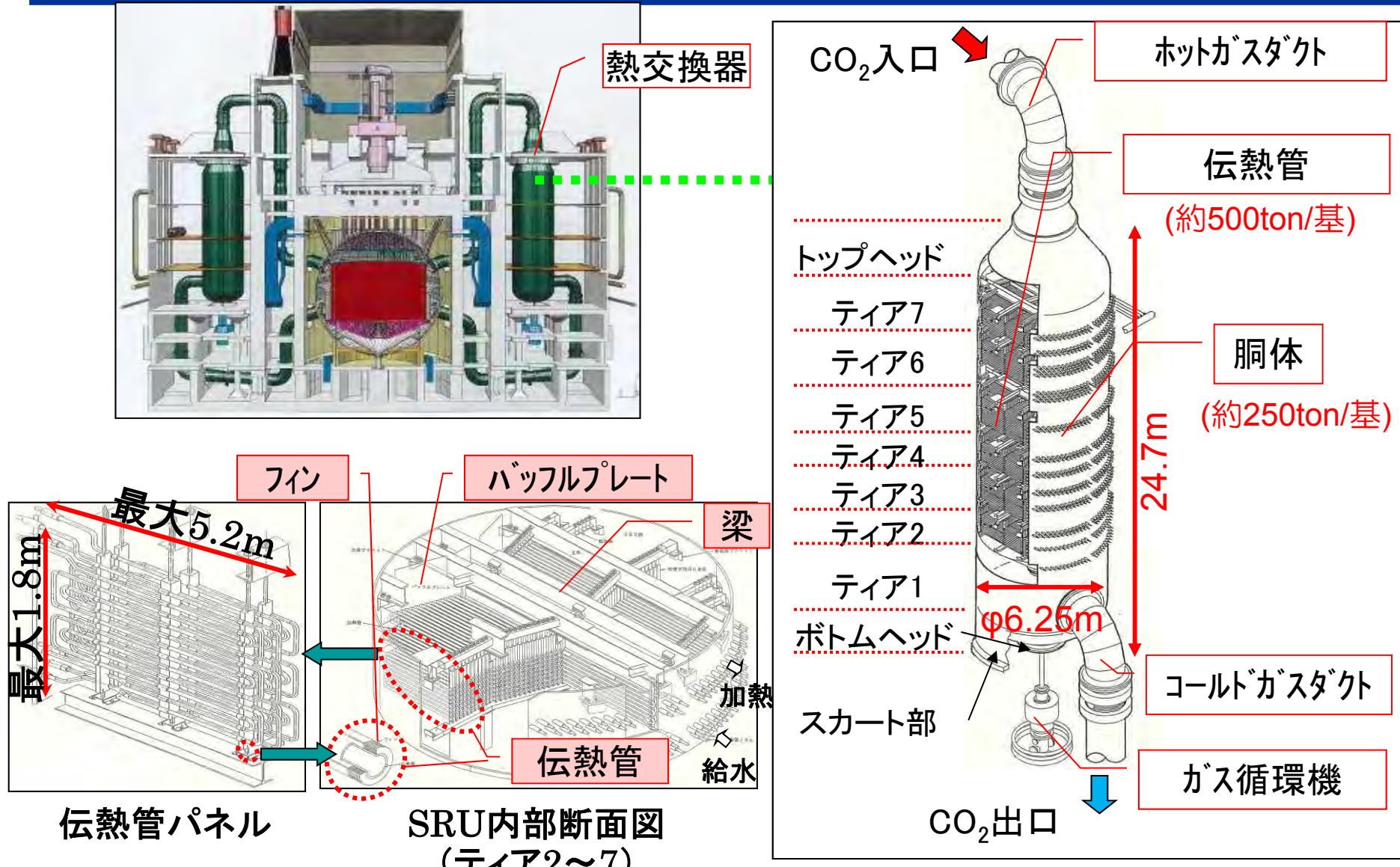


ガスダクト撤去状況(仮設建屋内)

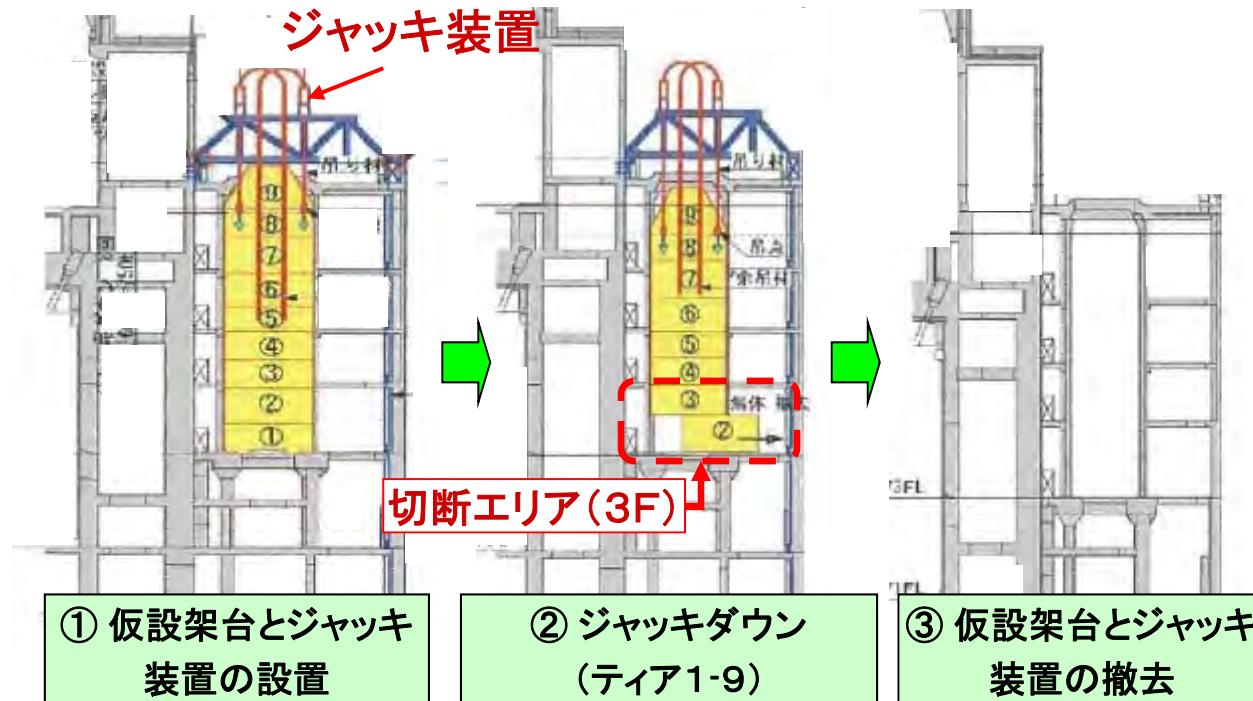
撤去後

閉止栓

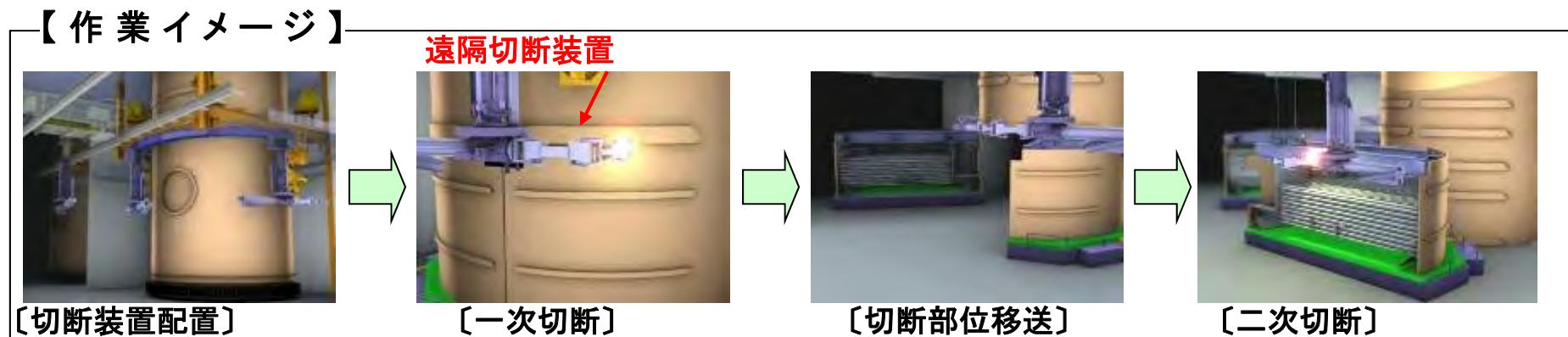
第2期工事(熱交換器解体・構造説明)



第2期工事(No.2熱交換器解体・遠隔解体工法)

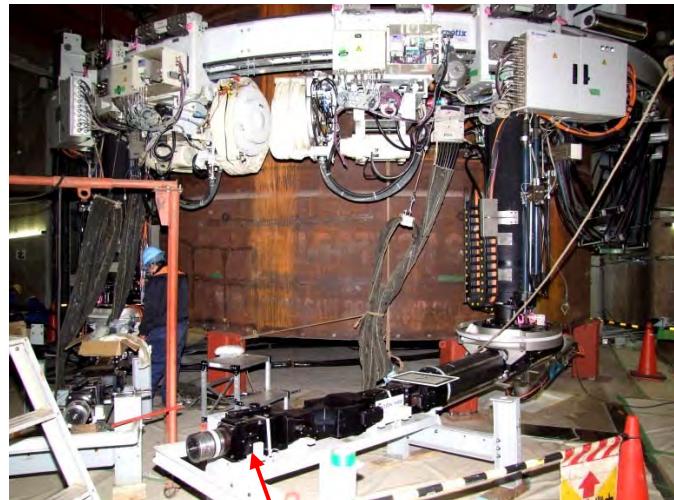
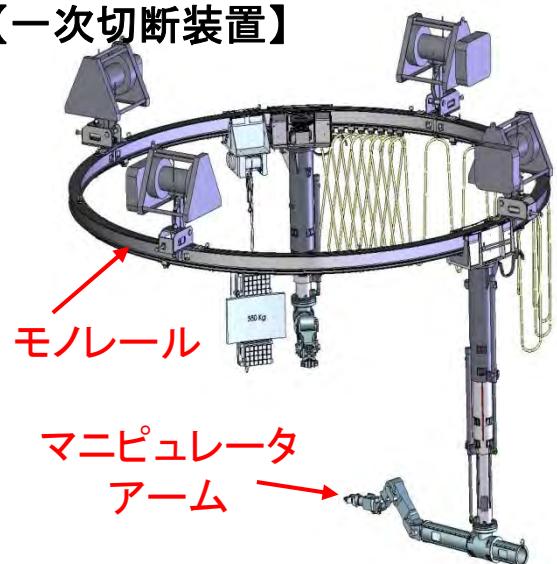


- ・熱交換器の大きさ
高さ: 約24m
直径: 約6m
重量: 約750t
- ・各ティアの大きさ
高さ: 1.7~3.2m
直径: 約6m
重量: 54~135t
肉厚: 54~94mm



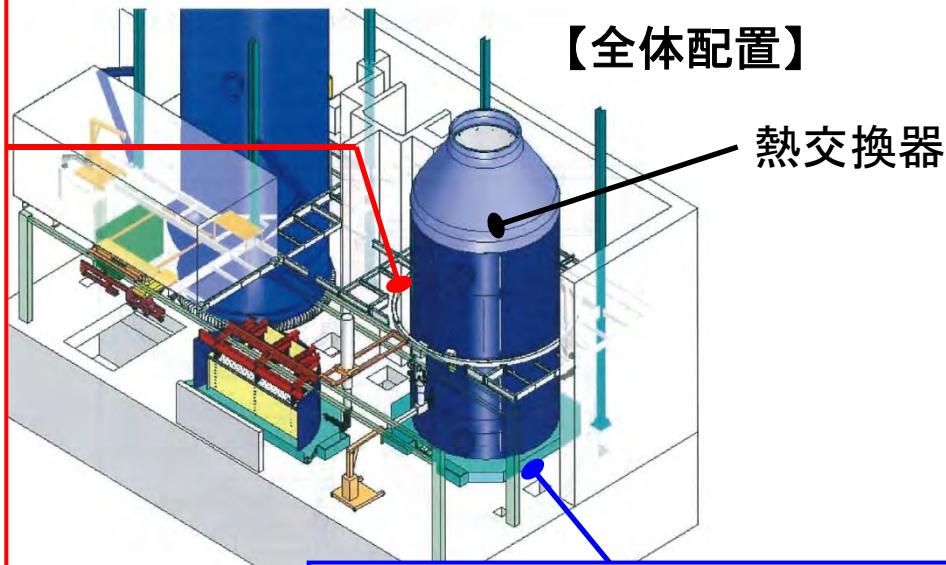
第2期工事(No.2熱交換器解体・遠隔解体工法)

【一次切断装置】



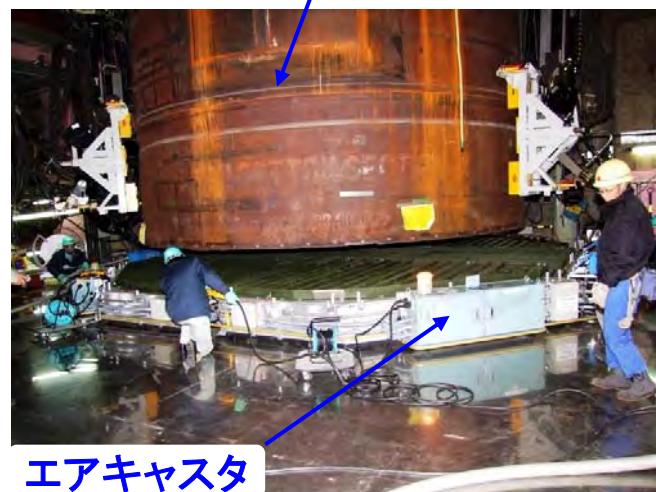
マニピュレータアーム

【全体配置】



熱交換器

【エアキャスター】

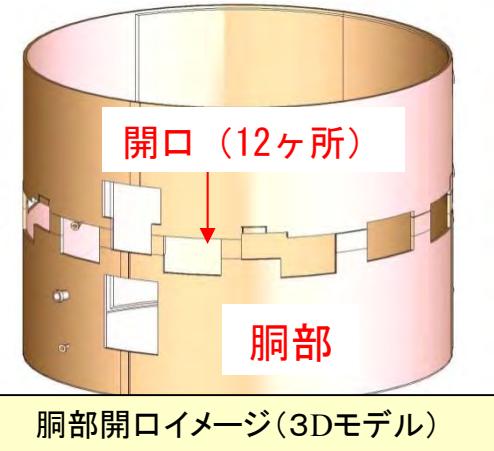


エアキャスター

第2期工事(No.2熱交換器解体・遠隔一次切断)

胴部の切断

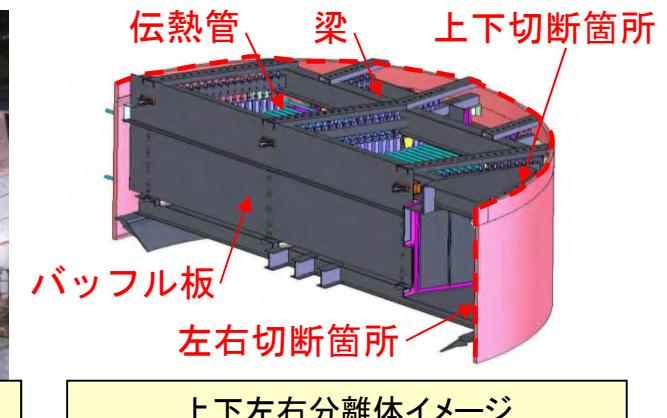
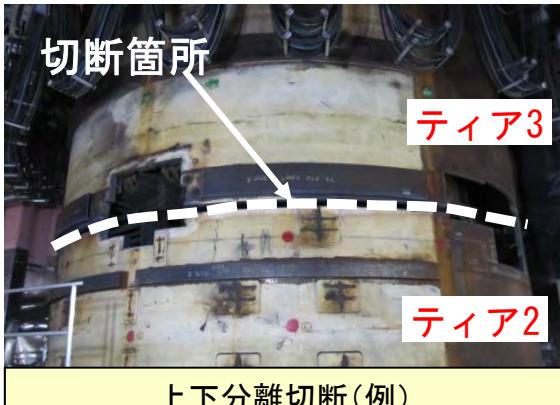
- ① 胴部開口(12ヶ所)：内部構造物（バッフル板等）の切断のため



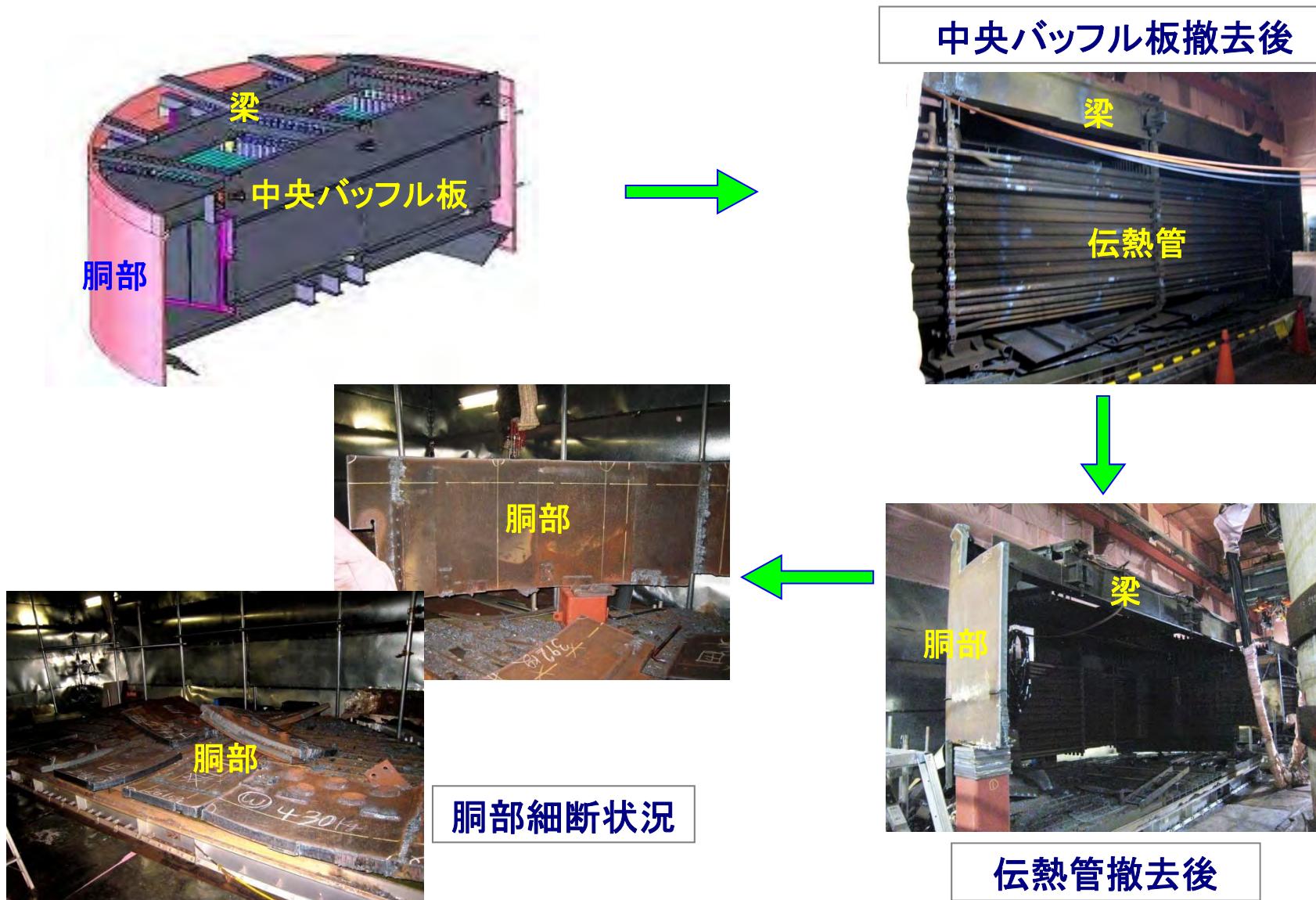
遠隔切断装置



- ② 上下・左右分離：ティア/本体の上下分離、ティア左右分離切断



第2期工事(No.2熱交換器解体・遠隔二次切断)



第2期工事(No.2熱交換器解体・内部構造物切斷)

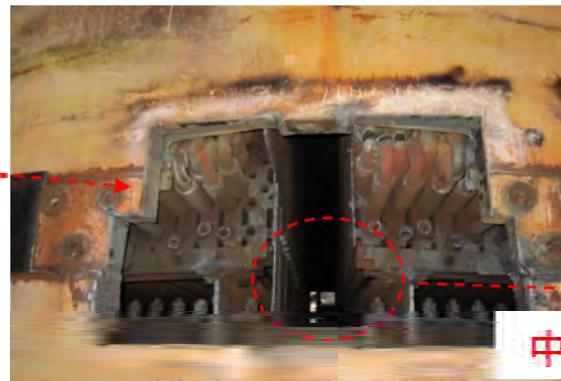
内部構造物 南側中央バッフル板の電動ディスク切斷例 (上下分離)

[制約]

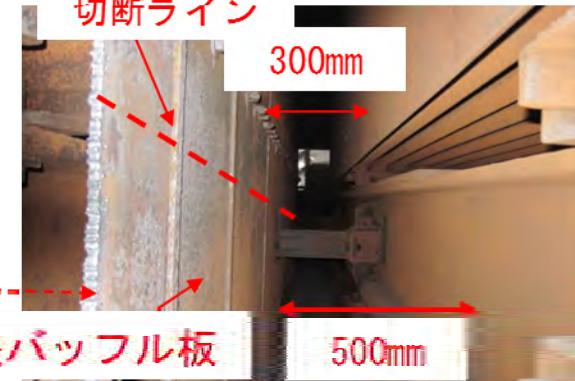
- 切斷アームの挿入経路が狭い：アームの幅250mmに対してバッフル板の間隔300mm



南側胴部開口①



南側胴部開口②



中央バッフル板

500mm

切断ライン

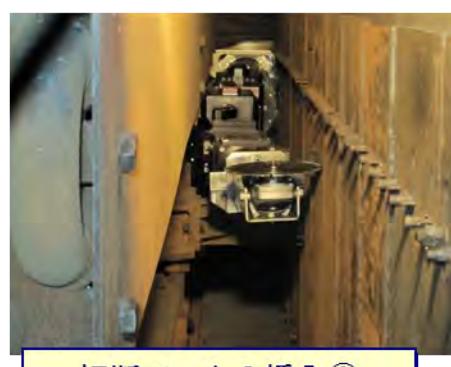
300mm



切斷アームの挿入①



切斷アームの挿入②



切斷アームの挿入③



切斷状況

第2期工事(No.2熱交換器解体・遠隔切斷操作室)



操作室内



遠隔切斷装置操作室



操作パネル構成

○監 視

①3Dモニタ: 1 ②カメラモニタ: 2

○操作

③制御盤 ④ジョイスティック: 3

操作内容

(1) 基本動作: 切断装置/監視カメラ操作
3Dモデル操作

(2) プログラム動作: プログラム設定
切断試験

(3) 点検・修理: 消耗品の交換
簡易メンテナンス

第2期工事(1号、2号熱交換器撤去工事比較)

	1号SRU撤去工事	2号SRU撤去工事
撤去工法		ジャッキダウン工法
撤去手順	1次切断、分割ティア搬送、2次切断	
1次切断	作業員による ガス切断	遠隔切断装置による ガス切断
1次切断片搬送	チェーンブロック等	エクストラクタ
分割ティア搬送	搬送装置	エアキャスター
2次切断	作業員によるガス切断	
2次切断片搬送	天井クレーン(2.8トン)	

第2期工事(No.1熱交換器解体・スカート切斷)

2016年3月11日～4月4日

撤去前



撤去後



作業状況



半自動切斷による切斷



作業員による切斷

第2期工事(No.1熱交換器解体・ボトムヘッド切斷)

2016年4月25日～5月31日

撤去前



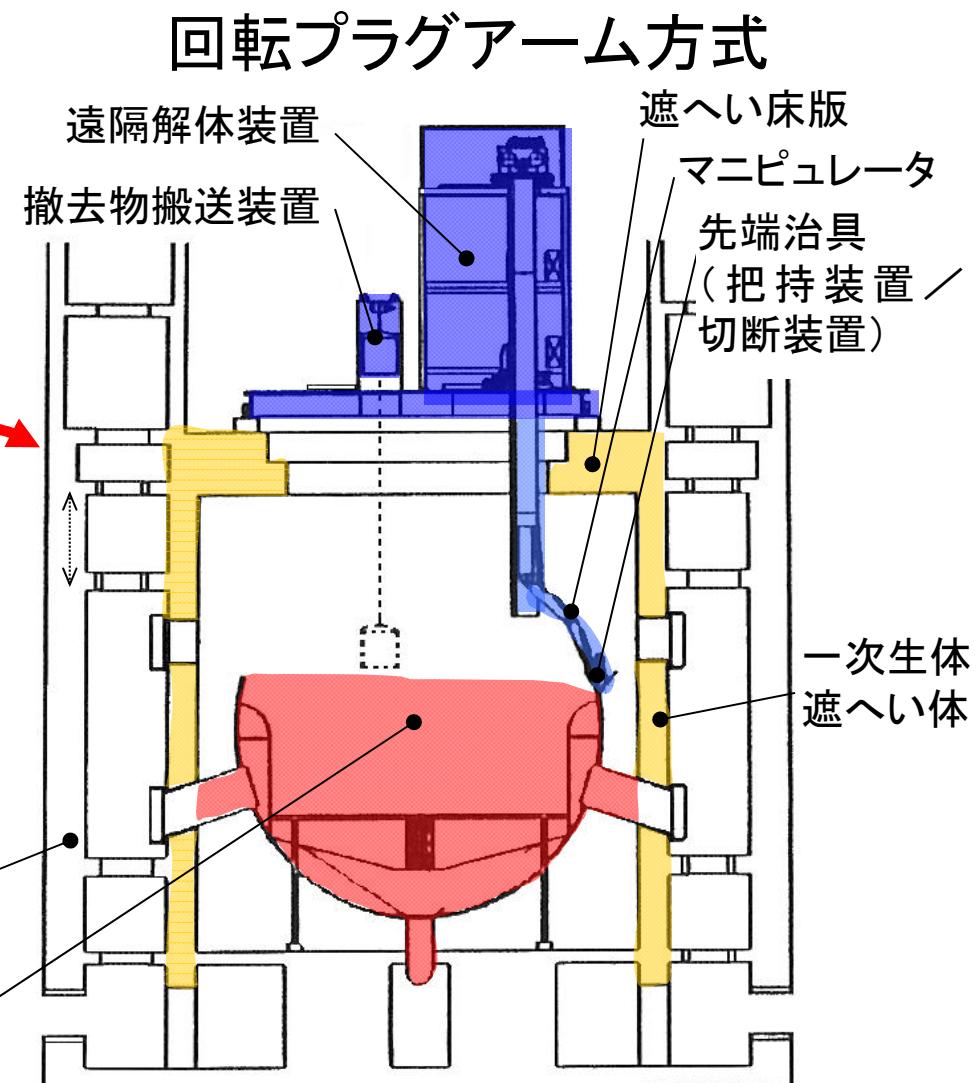
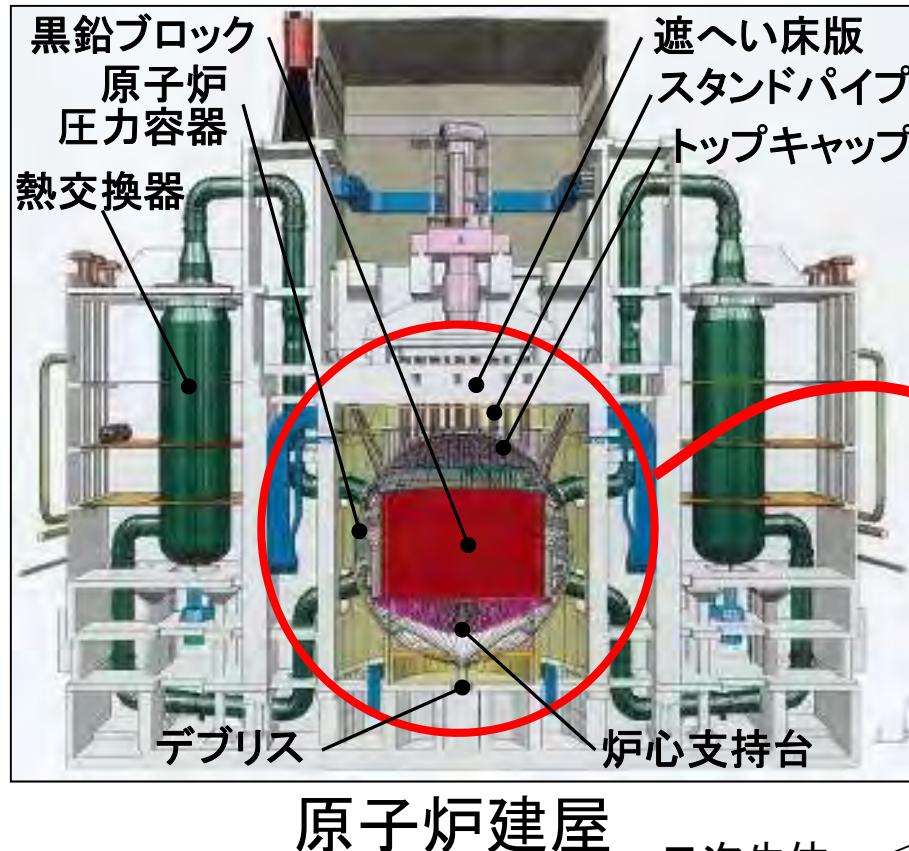
撤去後



作業状況



第3期工事(圧力容器解体工法【検討例】)



第3期工事(原子炉領域解体撤去工事【検討例】)

解体シナリオ

① 炉内挿入物取出し工事



② スタンドパイプ撤去工事



③ 生体遮へい床版の解体撤去工事



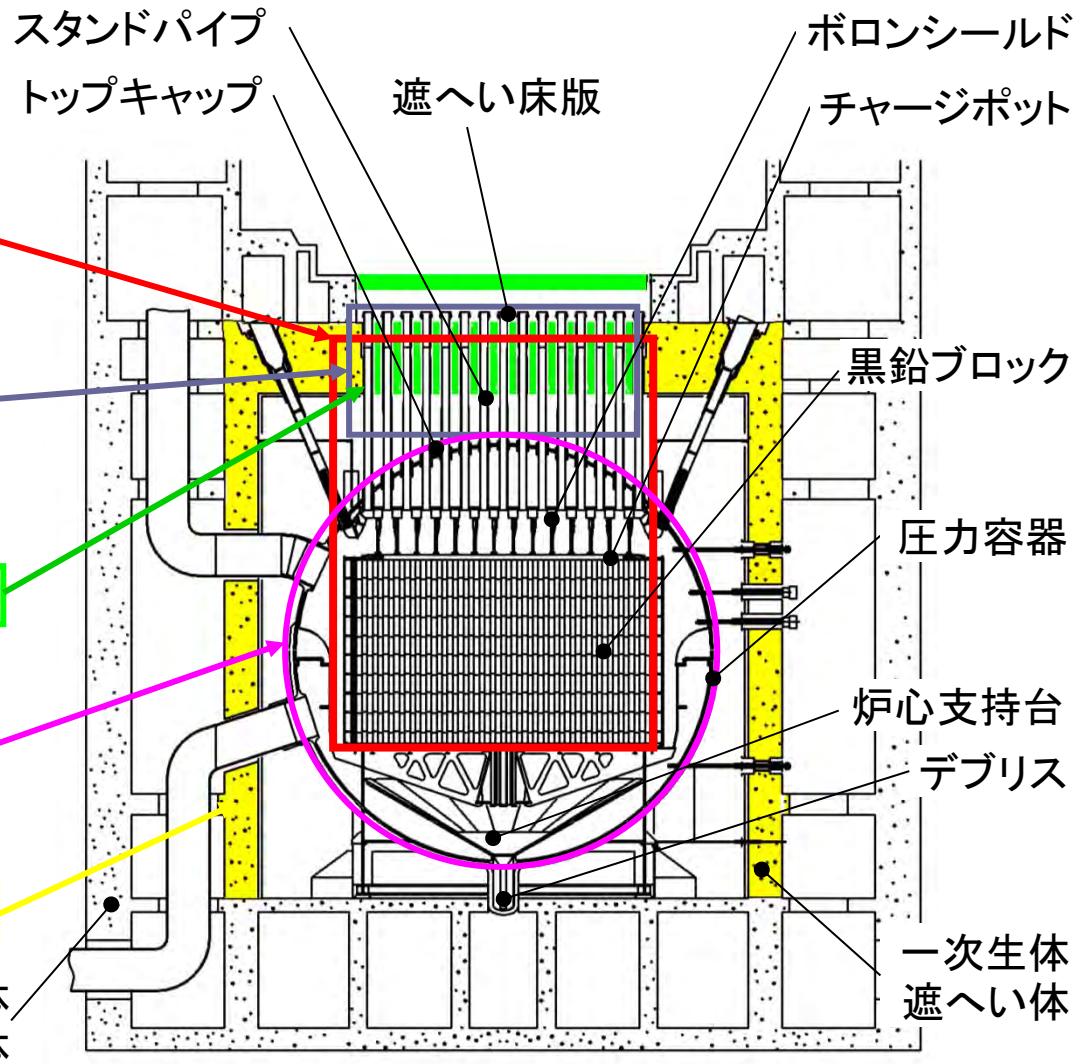
④ 原子炉本体解体撤去工事



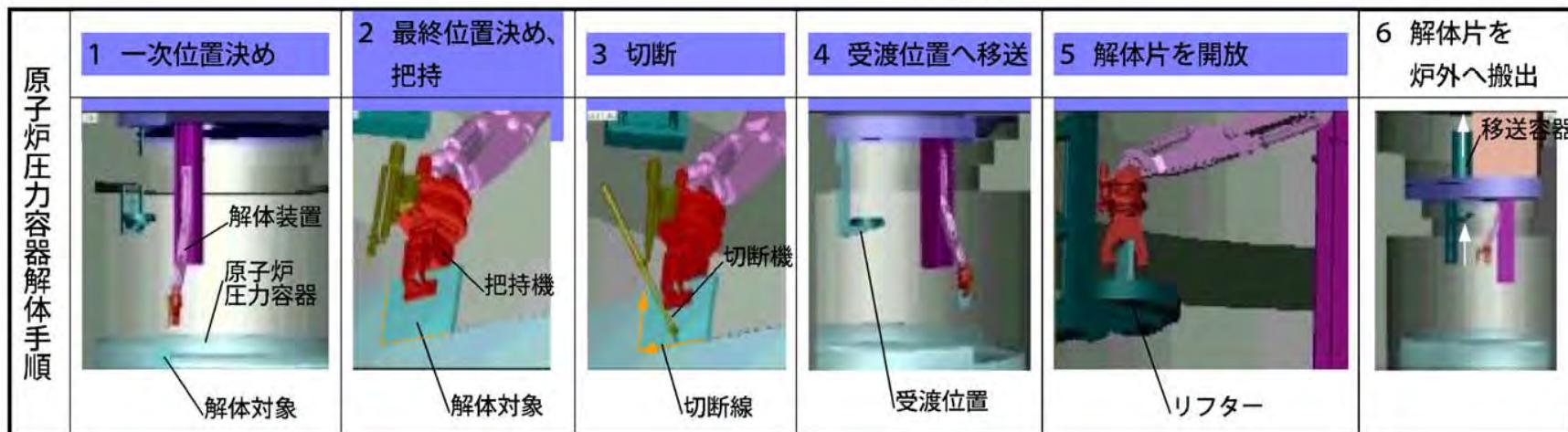
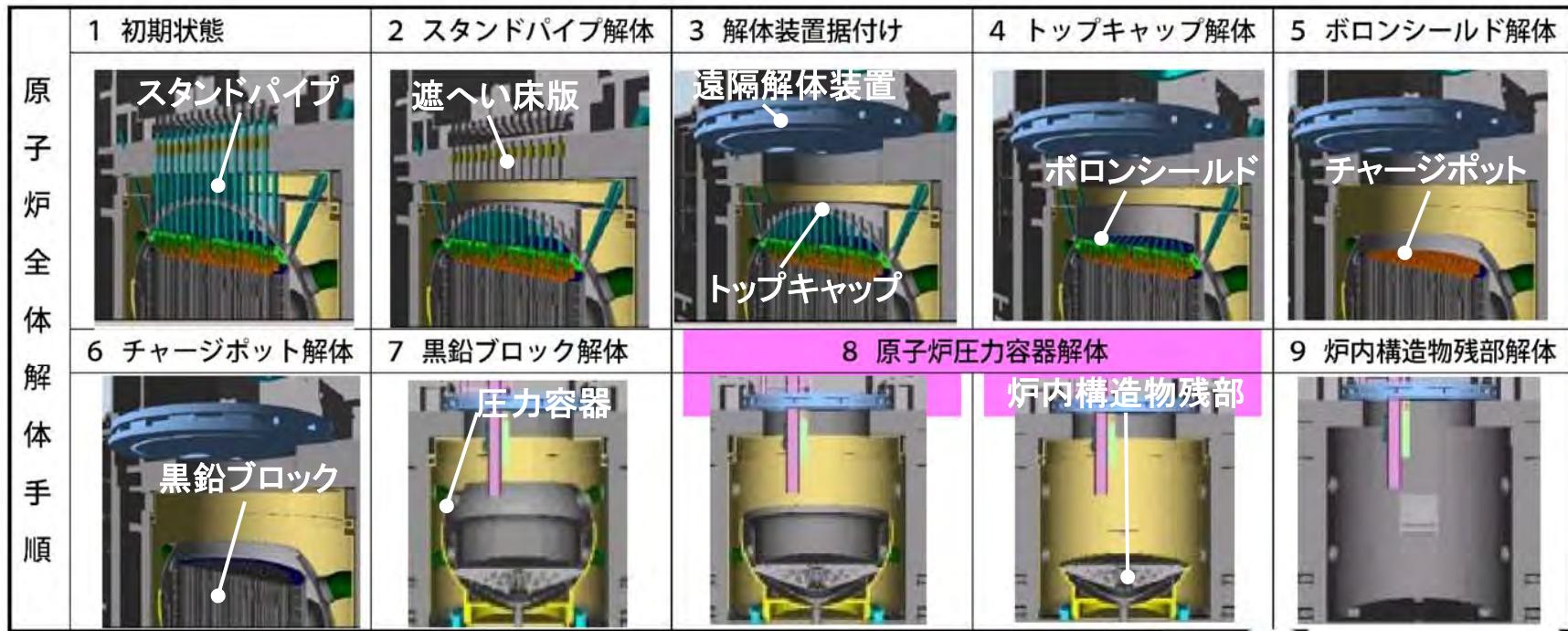
⑤ 生体遮へい体撤去工事



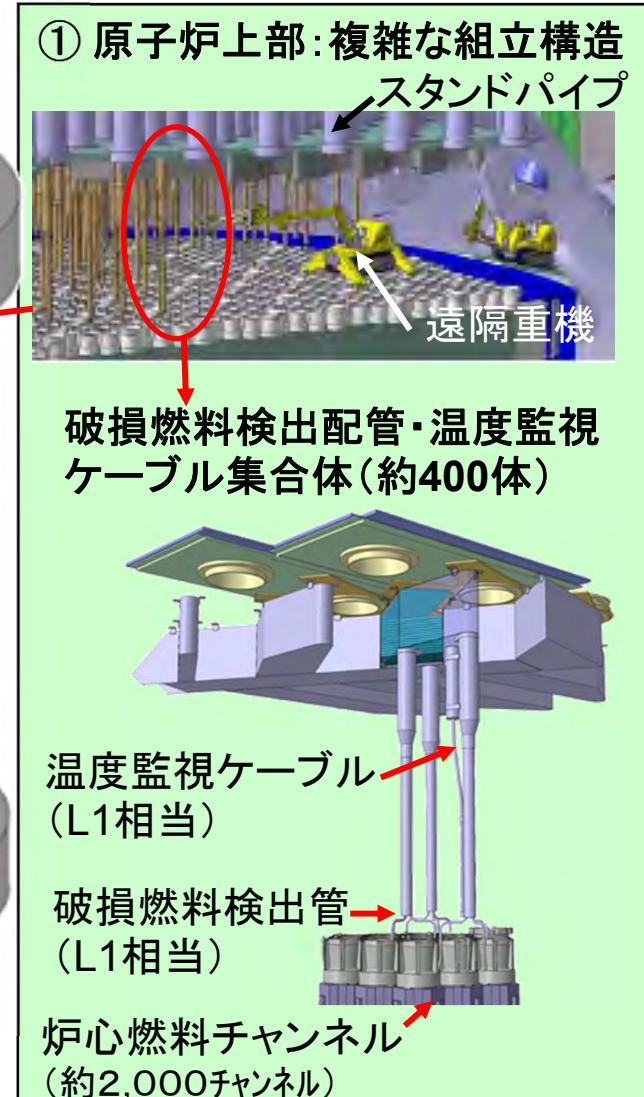
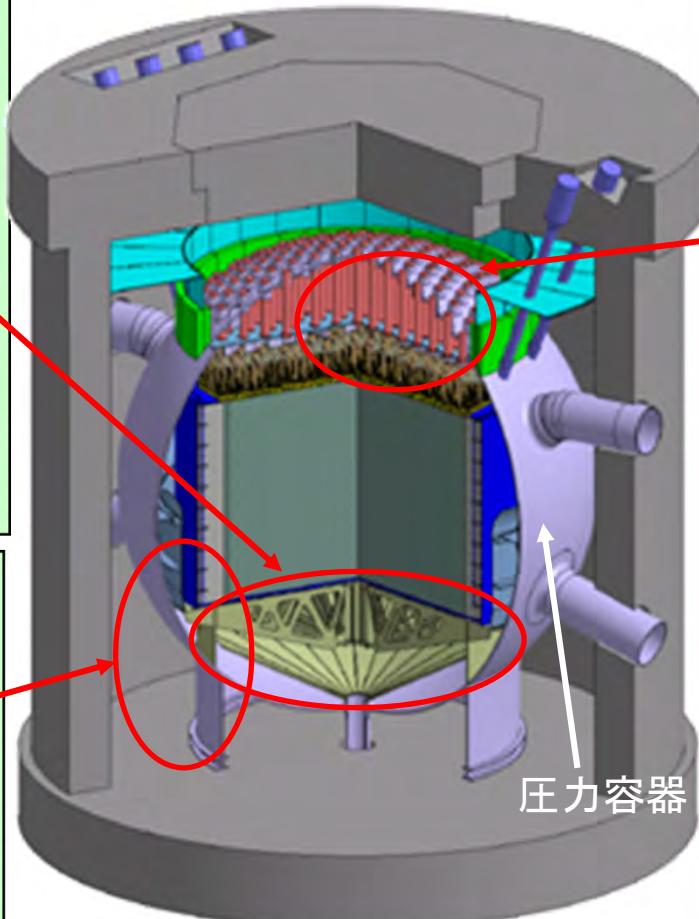
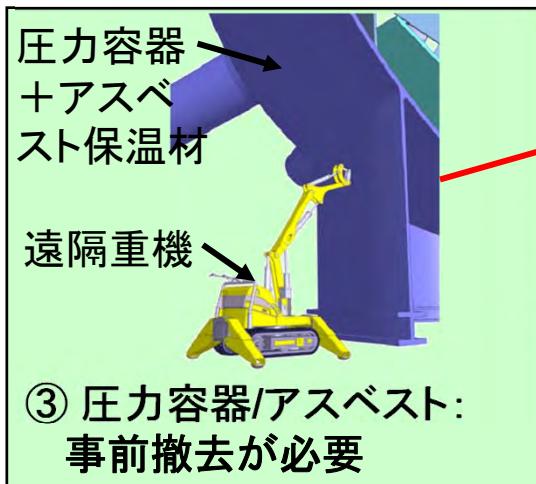
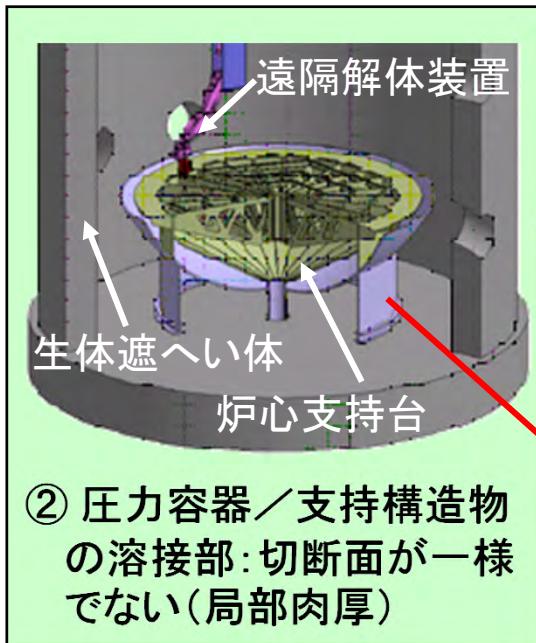
建屋解体



第3期工事(原子炉解体手順【検討例】)



第3期工事(原子炉解体技術の検討【検討例】)

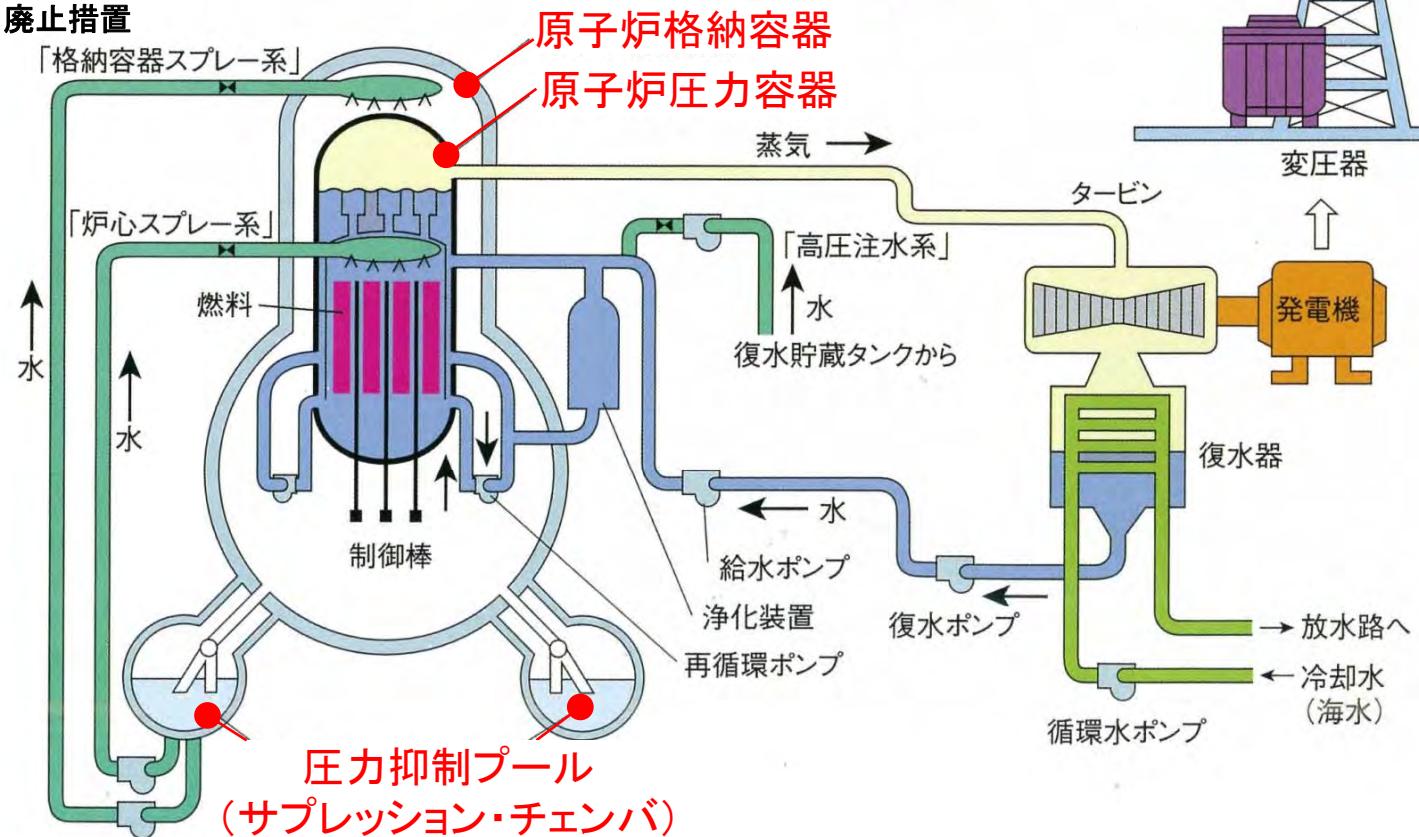


敦賀発電所1号機の廃止措置の状況

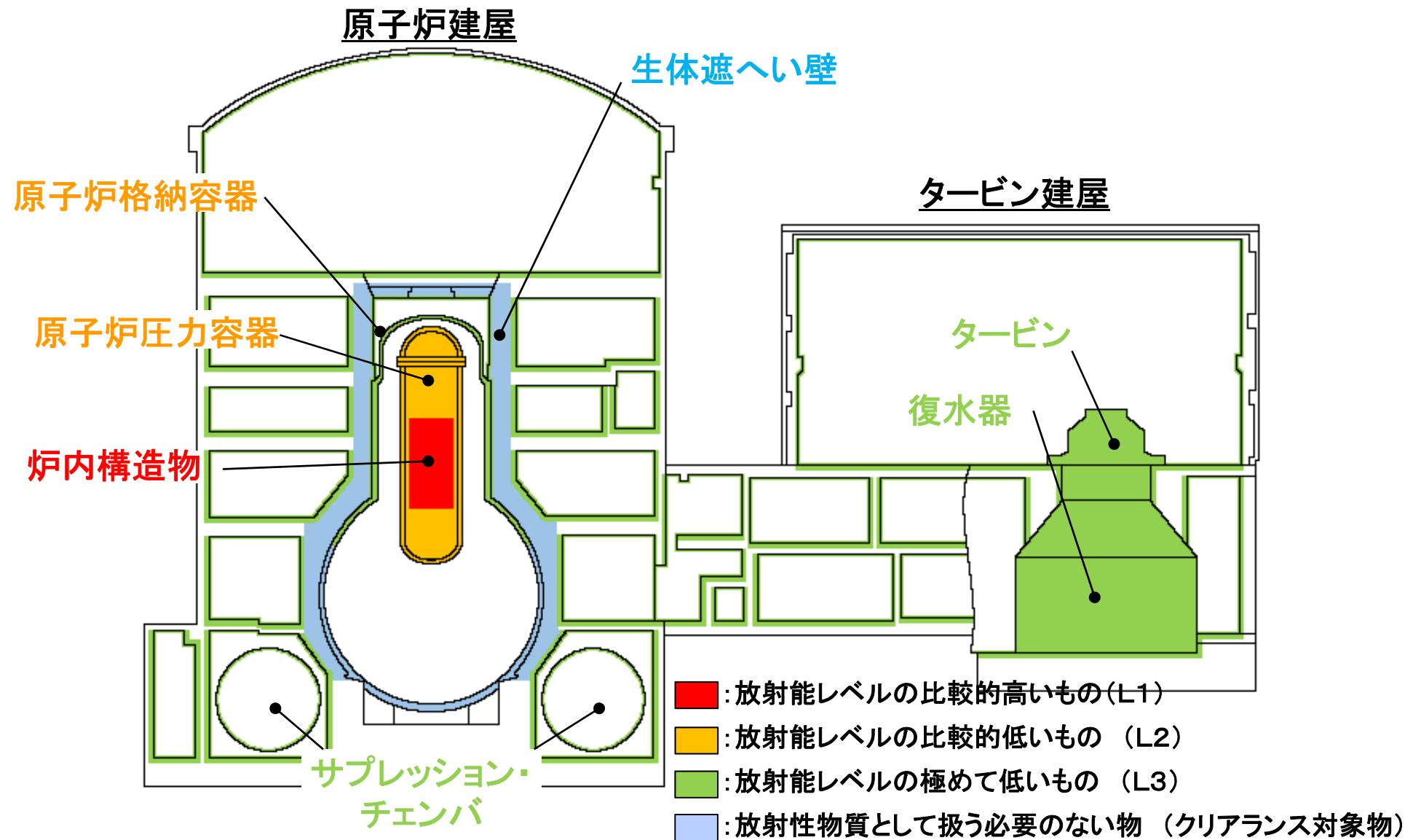
敦賀発電所1号機の概要

- 電気出力：35万7千キロワット
- 原子炉型：沸騰水型（BWR）
- 燃 料：低濃縮ウラン燃料

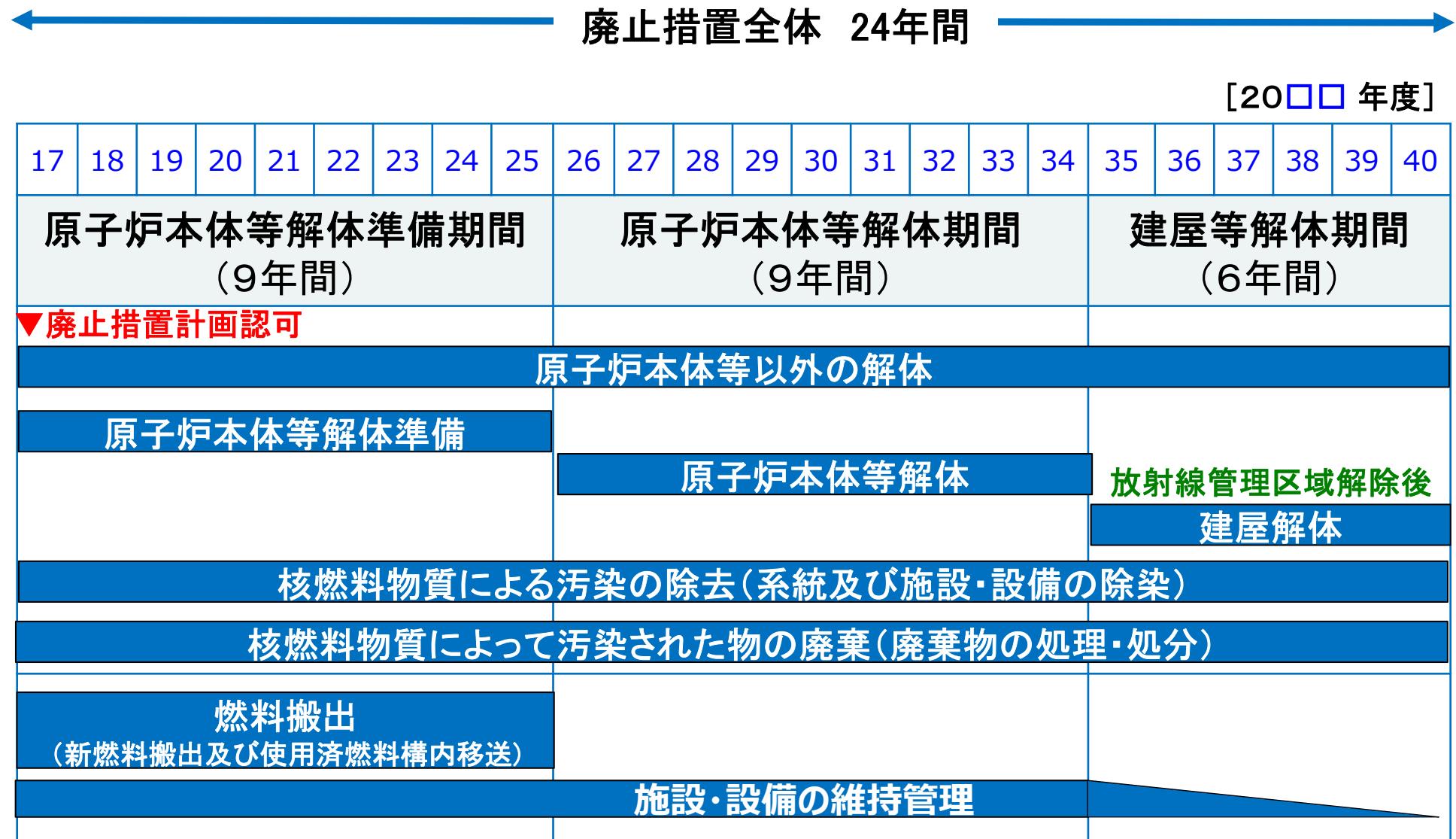
・1970年 3月14日 営業運転開始
・2015年 4月27日 営業運転停止（約45年間運転）
・2017年 4月19日 「廃止措置計画認可申請」を原子力規制委員会が認可
～ 廃止措置



敦賀発電所1号機の推定汚染分布

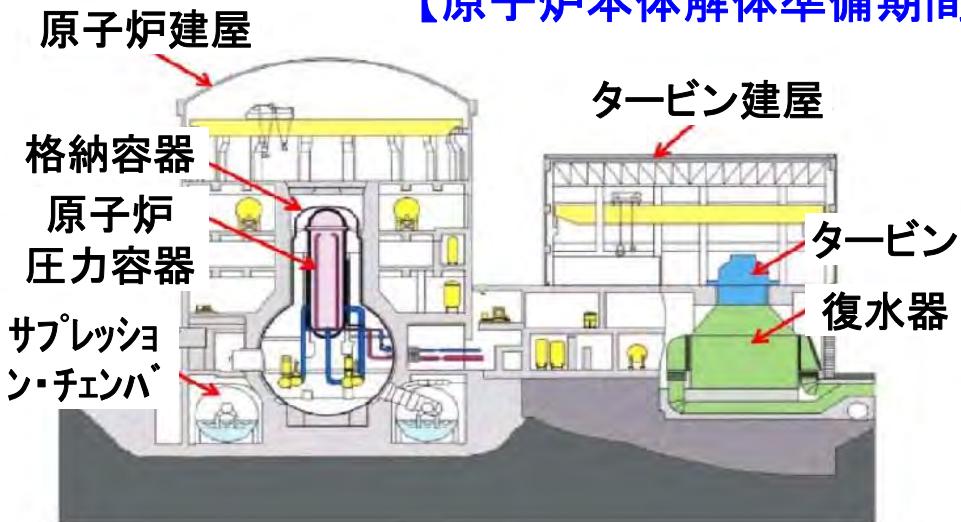


敦賀発電所1号機廃止措置の全体工程

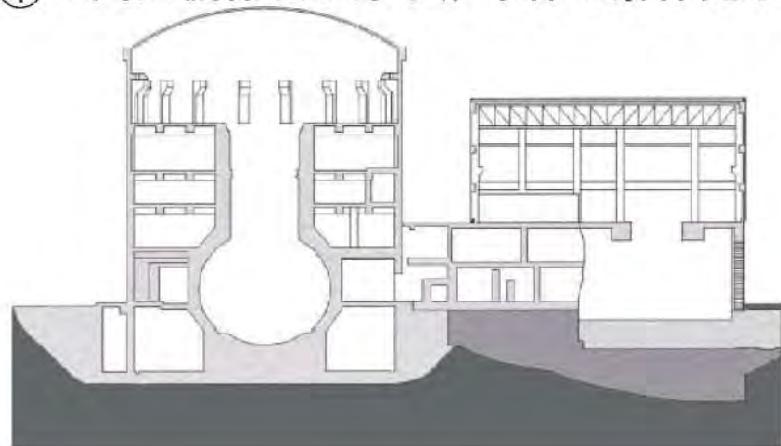


敦賀発電所1号機廃止措置の全体概要

【原子炉本体解体準備期間＋原子炉本体等解体期間】

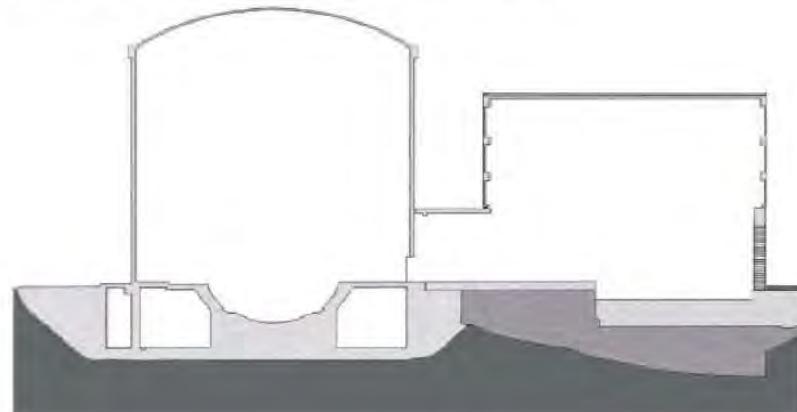


① <周辺機器及び原子炉本体の解体完了後>

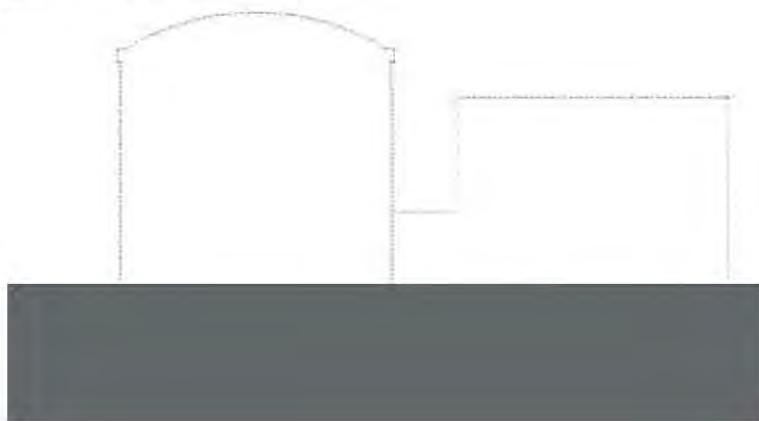


【建屋等解体期間】

② <建屋等汚染の除去完了後>



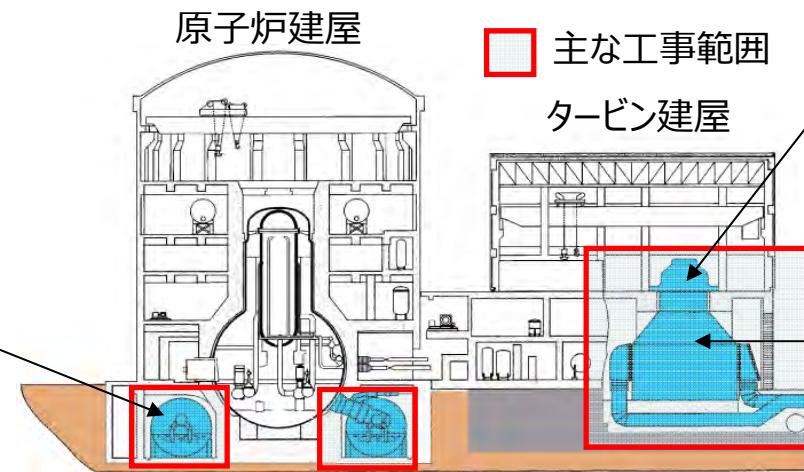
③ <建屋解体>



原子炉本体等解体準備期間(2017年度～2025年度)

＜主な工事内容＞

比較的放射線量が低い区域で、タービン、
圧力抑制プール(サプレッション・チェンバ)等
の施設を解体・撤去する。



設備	圧力抑制プール
サイズ	外径：約30m 幅：約9m
重量	約1,000トン (主に金属)

設備	タービン
サイズ	高さ：約4m 長さ：約20m 幅：約8m
重量	約1,000トン (主に金属)

設備	復水器
サイズ	高さ：約13m 幅：約20m
重量	約800トン (主に金属)

＜作業イメージ(東海発電所の例から)＞

低圧タービンローター撤去作業の様子



管理区域内での撤去物
小割作業の様子（その1）



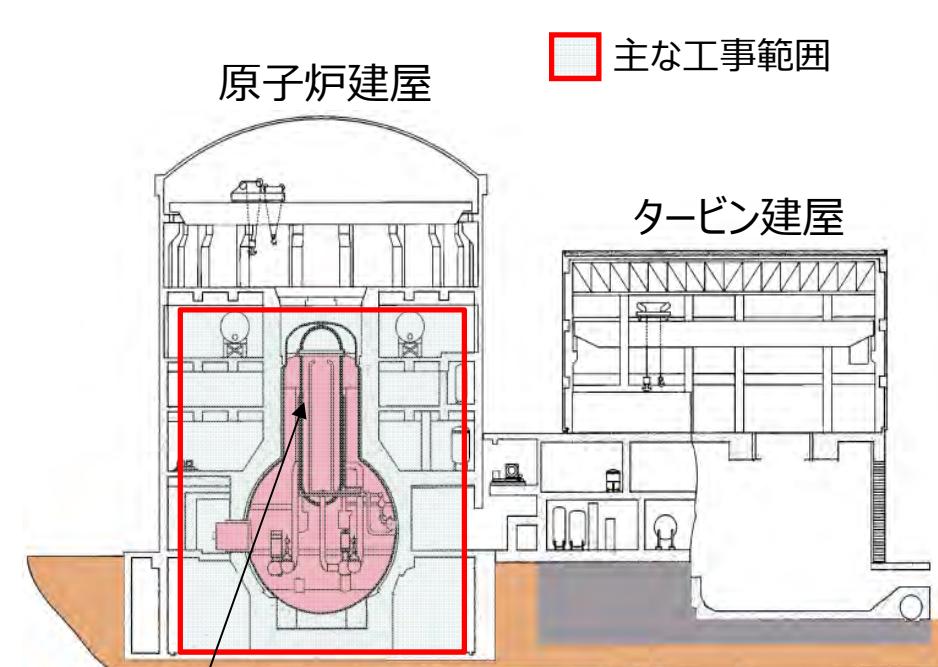
管理区域内での撤去物
小割作業の様子（その2）



原子炉本体等解体期間(2026年度～2034年度)

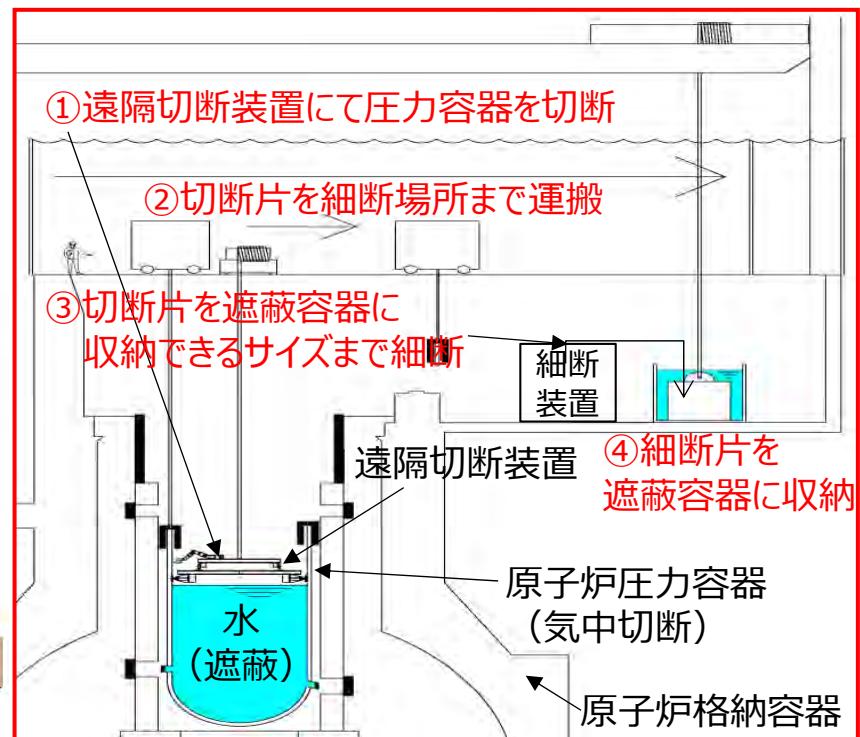
＜主な工事内容＞

比較的放射線量が高い区域で、原子炉圧力容器等の機器を解体する。



設備	原子炉圧力容器
サイズ	高さ：約19m 内径：約4m
重量	約300トン (主に金属)

＜原子炉圧力容器の解体方法（例）＞

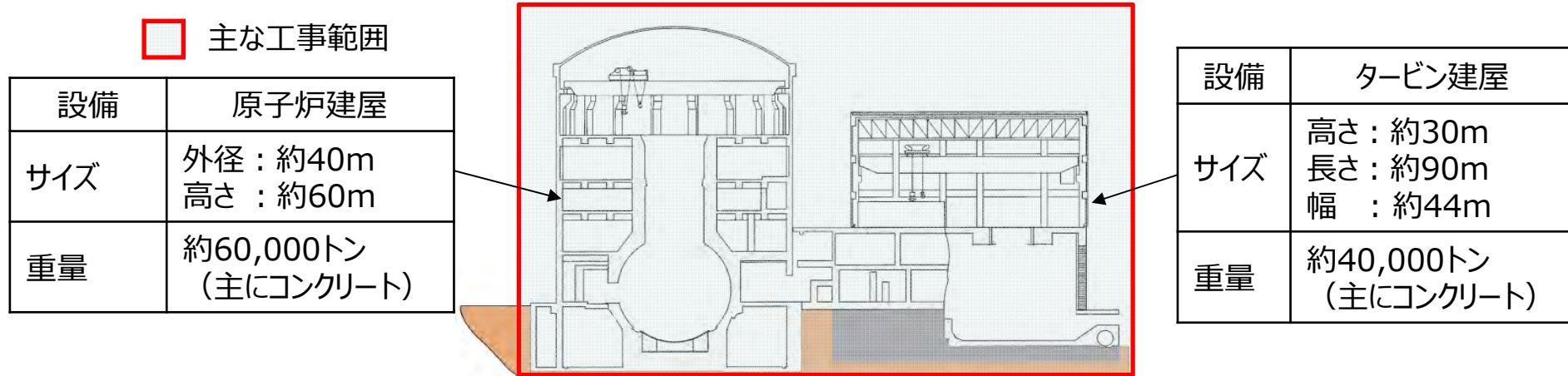


- ①遠隔切斷装置により、圧力容器を切斷
- ②切断物を台車等にて細断場所まで運搬
- ③切断物を遮蔽容器に収納できるサイズまで細断
- ④細断片を遮蔽容器に収納

建屋等解体期間(2035年度～2040年度)

＜主な工事内容＞

管理区域を解除し、原子炉建屋等を解体する。



＜作業イメージ(東海発電所におけるタービン建屋内構造物撤去)＞

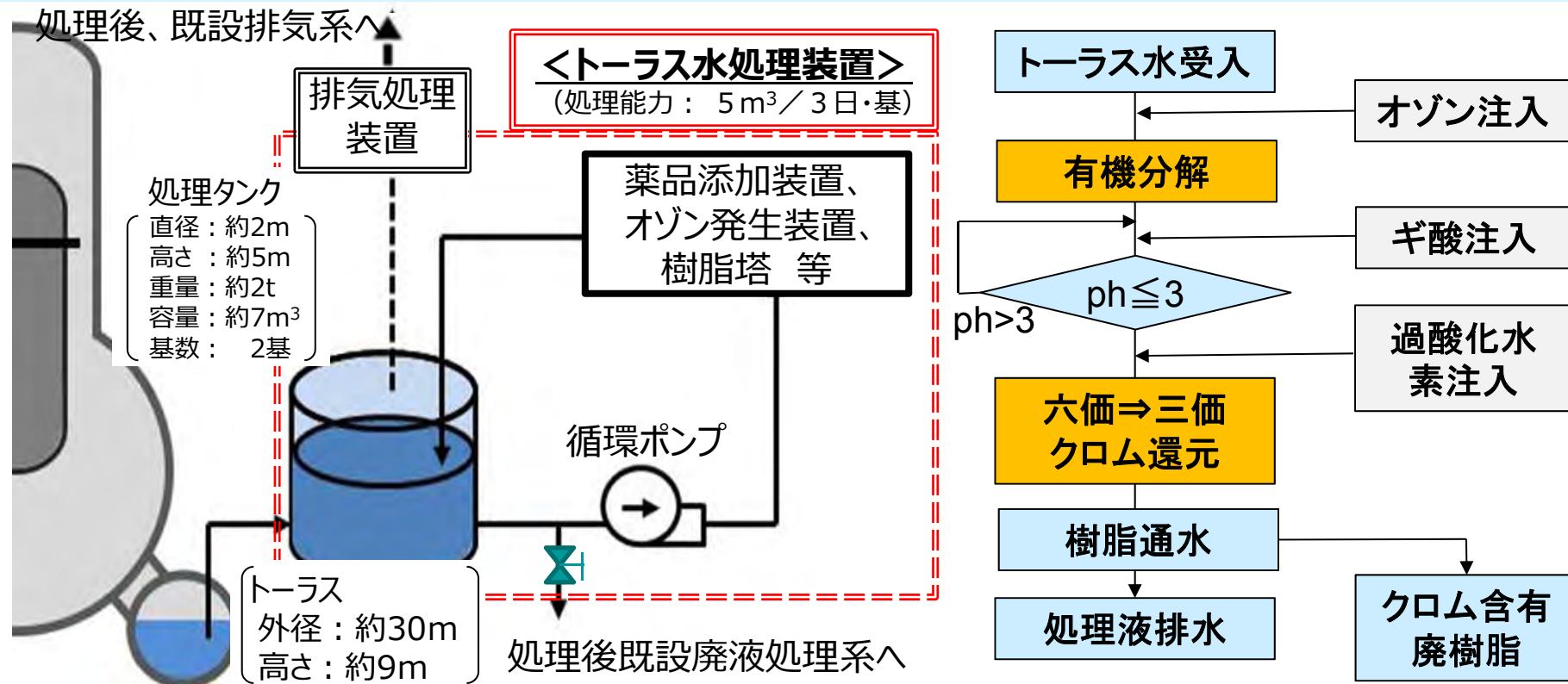


直近3年間の廃止措置工事の工程

工事件名	2017年度	2018年度	2019年度
機器・配管等の除染	T/B1階排水ピット除染作業 ▲6月完了		
圧力抑制プール水処理		処理装置の据付	水処理作業 (~2020年度)
放射能汚染レベルが低い設備の解体		原子炉建屋1階機器の解体 タービン建屋3階機器の解体	
新燃料搬出		期間中に1回実施予定	
使用済燃料の構内移送		期間中に1回実施予定	
施設・設備の維持管理		維持管理設備（換気空調設備、クレーン、非常用ディーゼル発電機等）の管理、運営	

圧力抑制プール(トーラス)水処理の概要

原子炉建屋地下階にある 圧力抑制プール(以下「トーラス」)内の保有冷却水(約2,000m³)に含まれる有機防錆剤及び無機防錆剤を、処理基準値以下まで浄化処理する。

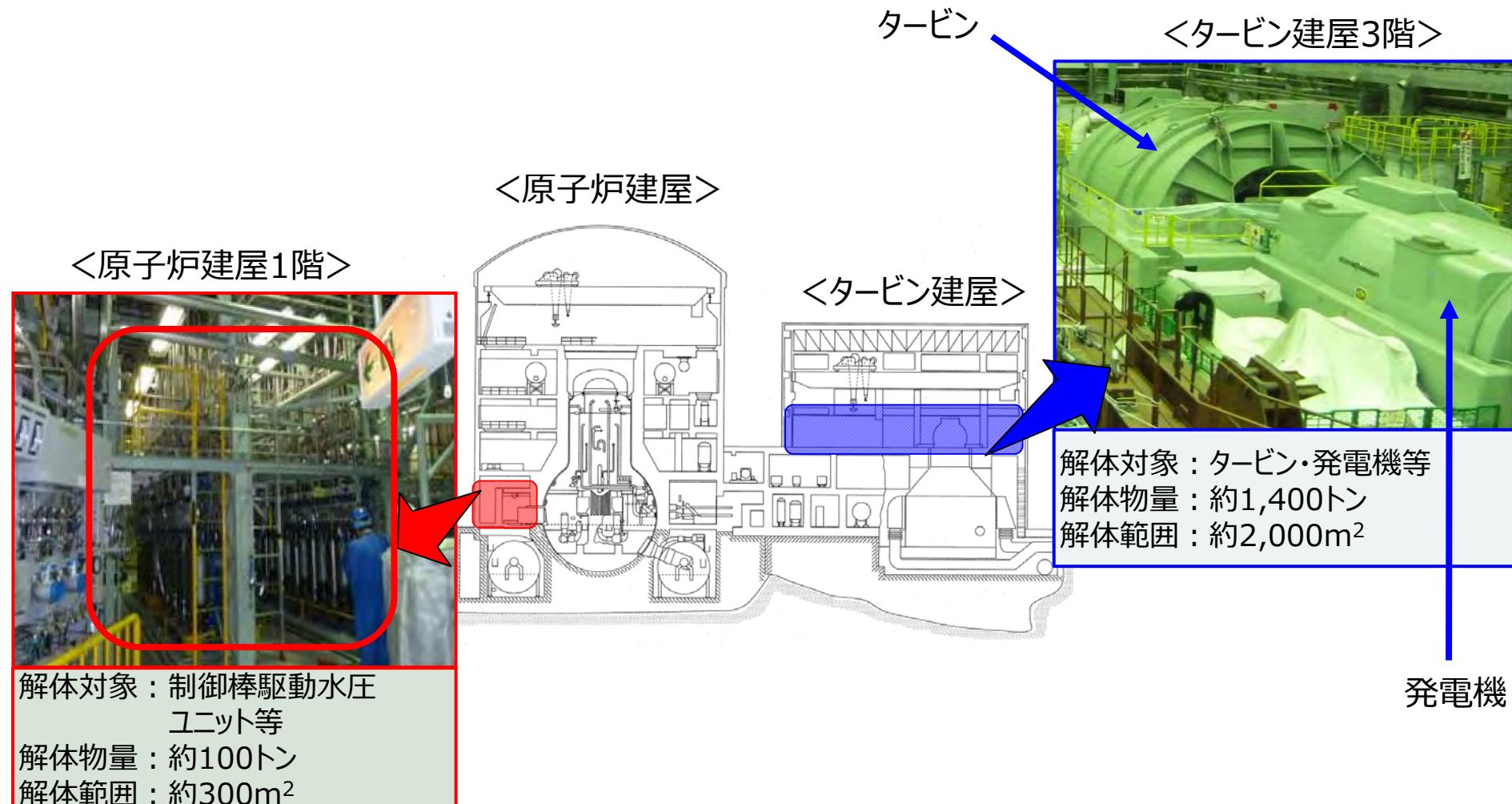


	現状	処理基準
有機防錆剤	約1,500ppm	全有機炭素: 100ppm以下
無機防錆剤	約100ppm	六価クロム: 0.5ppm以下、全クロム: 2.0ppm以下

※トーラス水は放射性物質が含まれているため、放射性物質の除去も必要（クロム含有廃樹脂: 約30m³発生）。

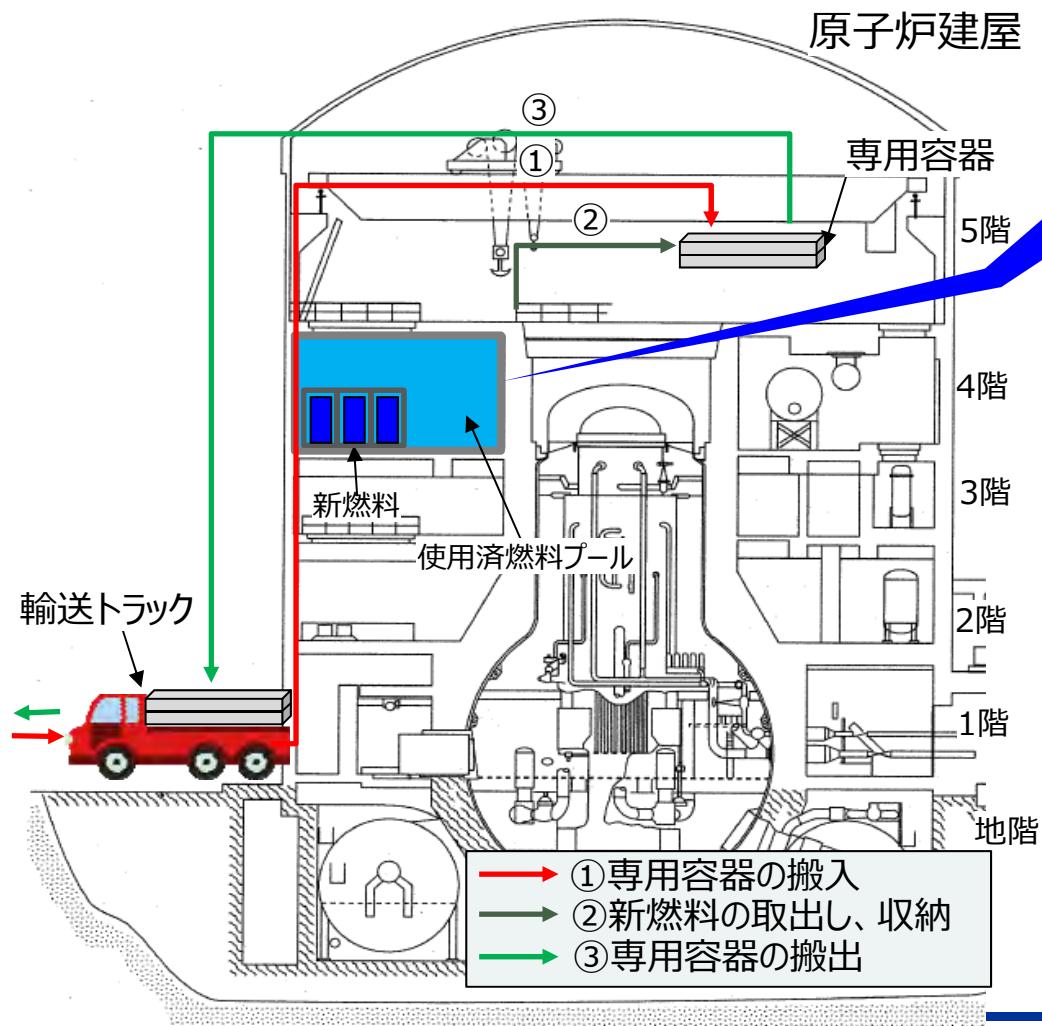
放射能汚染レベルが低い設備の解体工事の概要

圧力抑制プール水処理装置の設置場所や、解体物の除染等を行う場所を確保するため、原子炉建屋1階及びタービン建屋3階に設置されている放射性物質で汚染された機器を解体・撤去する。



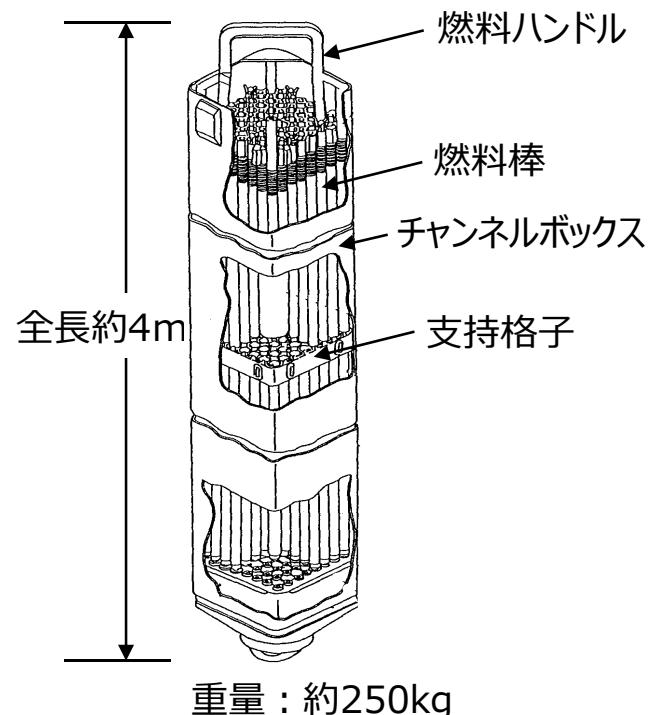
新燃料搬出作業の概要

敦賀発電所1号機の使用済燃料プール内に保管している未使用の燃料(新燃料)を敷地外に搬出する。



保管場所	保管量
使用済燃料プール	36 体

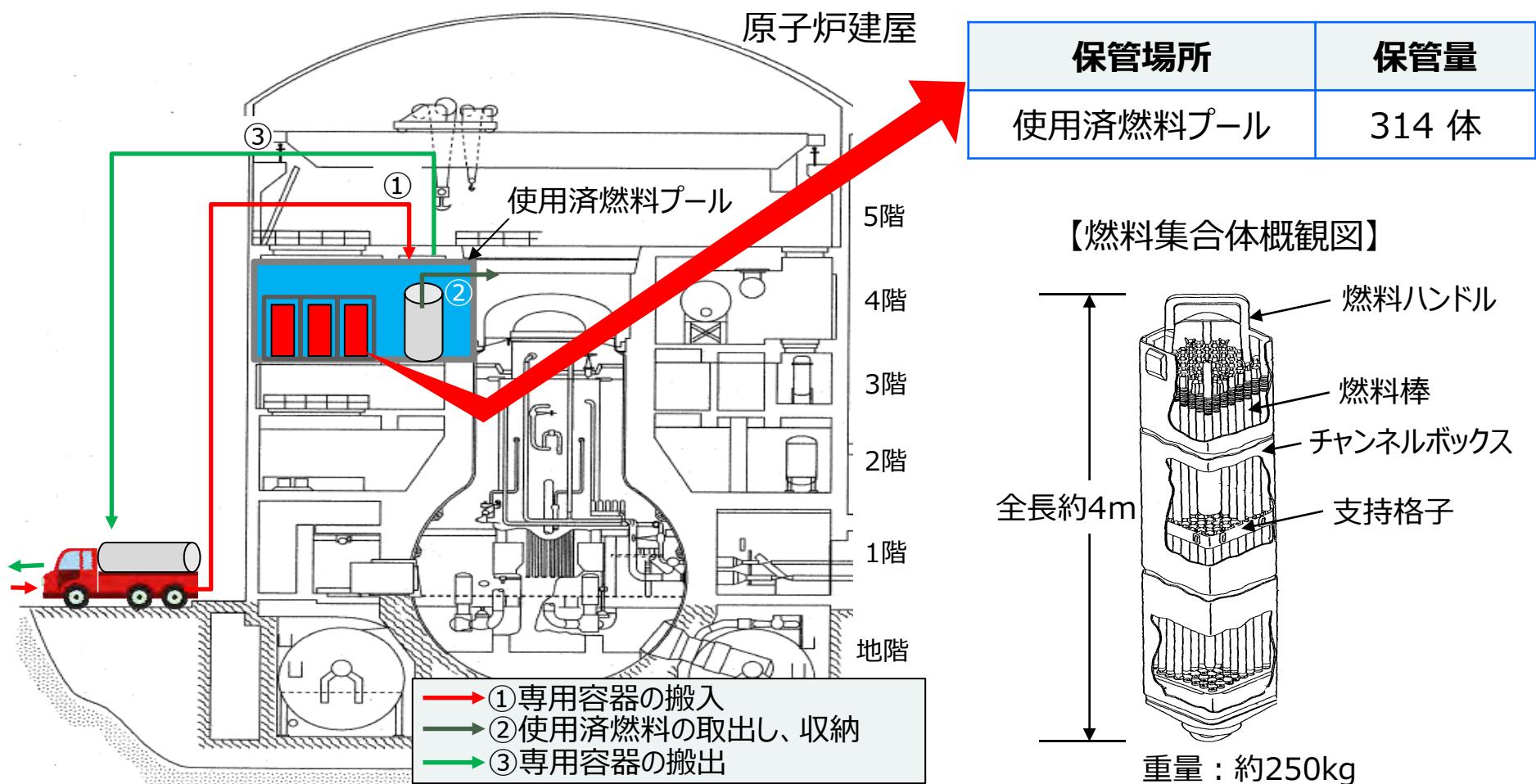
【燃料集合体概観図】



使用済燃料の構内移送作業の概要

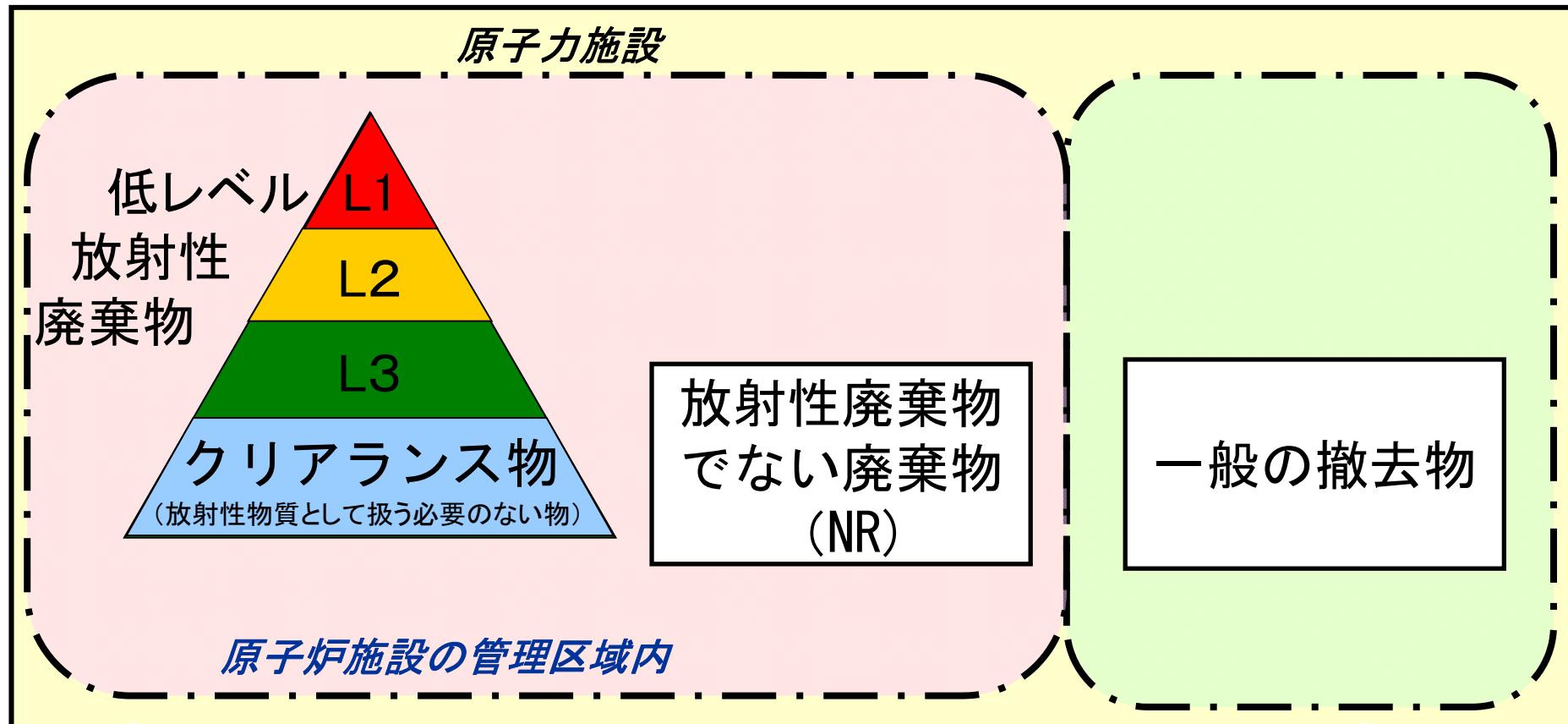
敦賀発電所1号機の使用済燃料プール内に保管している使用済燃料を、敦賀発電所2号機の使用済燃料ピットへ構内移送する。

※構内移送後の使用済燃料は、再処理施設の操業後、敦賀発電所2号機の使用済燃料ピットから搬出する予定



廢棄物處理・処分

原子力施設の廃止措置に伴い発生する廃棄物



L1: 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

L2: 低レベル放射性廃棄物のうち放射能レベルの比較的低い廃棄物

L3: 低レベル放射性廃棄物のうち放射能レベルの極めて低い廃棄物

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)

原子力発電所の解体撤去物の推定発生量

放射能レベル区分		GCR	BWR	PWR
低レベル放射性廃棄物	放射能レベルの比較的高い廃棄物(L1)	約 1,600	約100	約200
	放射能レベルの比較的低い廃棄物(L2)	約 8,700	約900	約1,800
	放射能レベルの極めて低い廃棄物(L3)	約 12,300	約11,900	約4,100
小計		約 22,400	約12,800	約6,000
クリアランス対象物(CL)		約 41,100	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 192,200	約536,700	約495,000

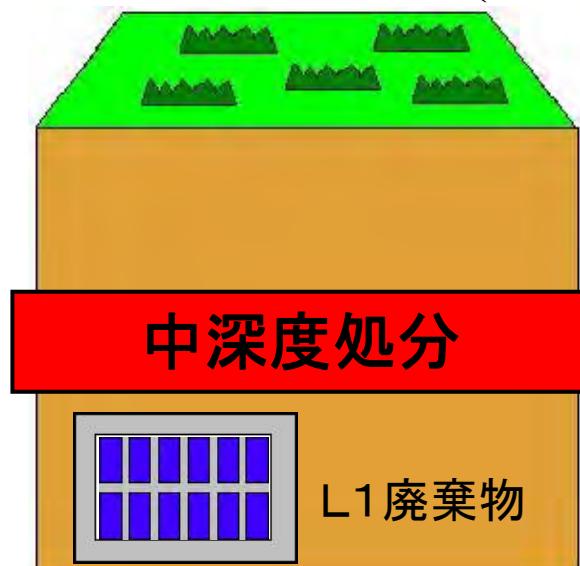
解体後除染処理後の物量

※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。)

低レベル放射性廃棄物の区分と処分方法

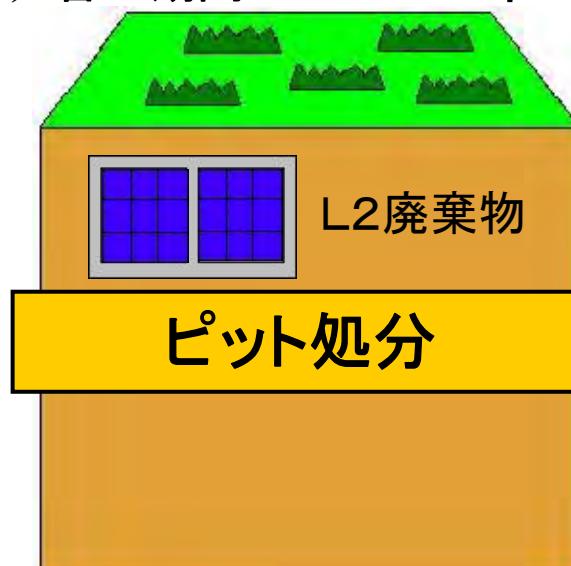
放射能レベルの
比較的高い廃棄物
(L1廃棄物)

人工構築物
地表面下50~100m
管理期間: 300~400 年(検討中)



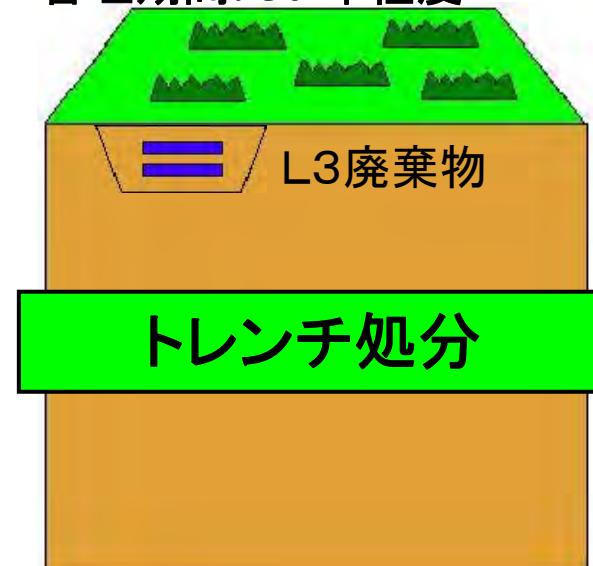
放射能レベルの
比較的低い廃棄物
(L2廃棄物)

コンクリートピット
地表面近く
管理期間: 300~400 年



放射能レベルの
極めて低い廃棄物
(L3廃棄物)

人工構築物なし
地表面近く
管理期間: 50 年程度

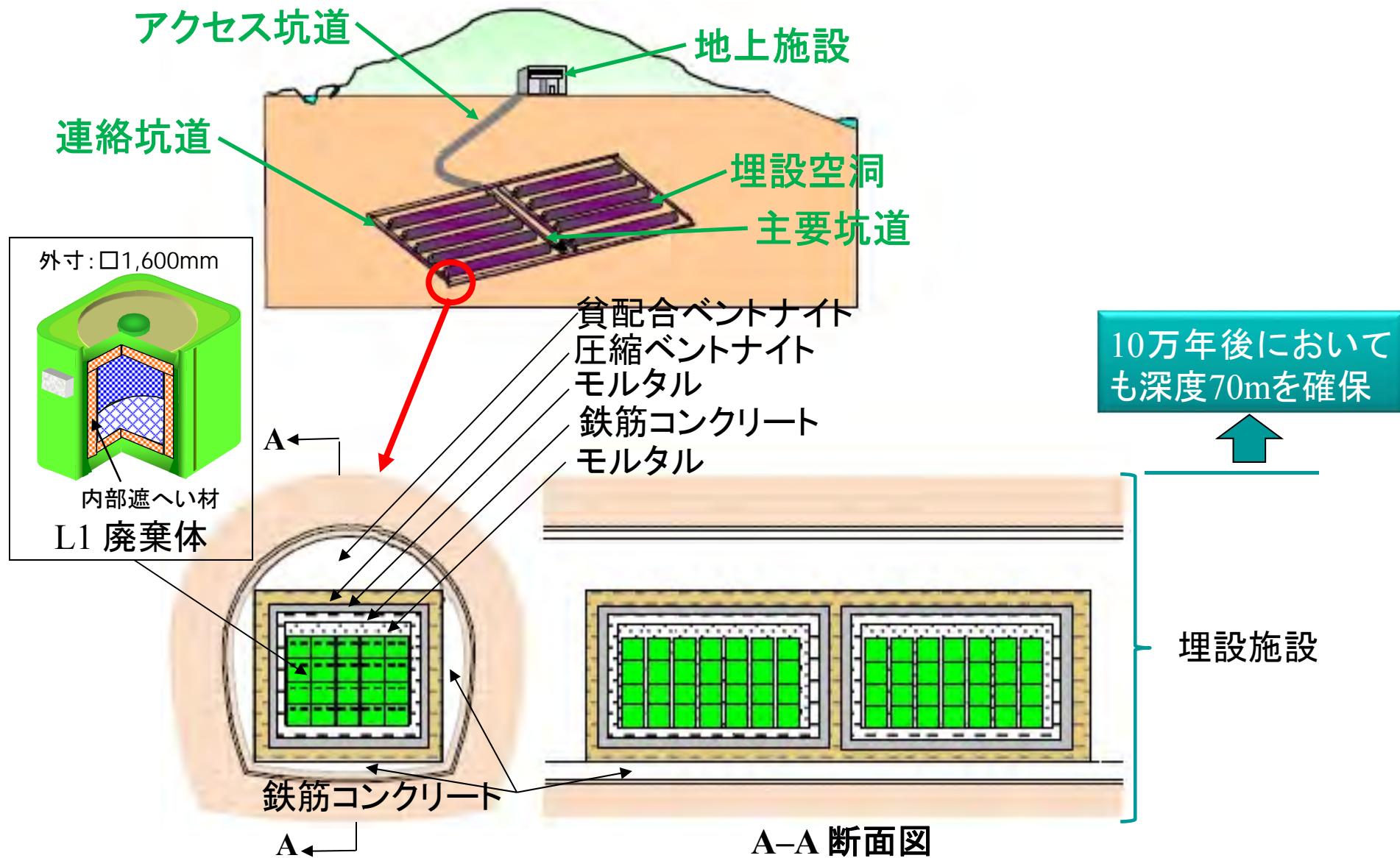


東海発電所から発生するL3
廃棄物の埋設施設を、東海発
電所敷地内に建設する計画

低レベル放射性廃棄物埋設施設の操業状況

	対象廃棄物	場所
L1埋設施設	<p>原子力発電所から発生した</p> <ul style="list-style-type: none"> ・運転中廃棄物 ・<u>解体廃棄物</u> 	検討中
L2埋設施設	<p>原子力発電所から発生した</p> <ul style="list-style-type: none"> ・運転中廃棄物 (濃縮廃液、使用済樹脂、焼却灰) 	原燃六ヶ所LLW埋設センター 1号埋設施設(操業中)
	<p>原子力発電所から発生した</p> <ul style="list-style-type: none"> ・運転中廃棄物 (金属類、プラスチック、保温材、フィルター類などの固体状廃棄物) 	原燃六ヶ所LLW埋設センター 2号埋設施設(操業中)
	<p>原子力発電所から発生した</p> <ul style="list-style-type: none"> ・運転中廃棄物 ・<u>解体廃棄物</u> 	検討中
L3埋設施設	<p>原電東海発電所から発生した</p> <ul style="list-style-type: none"> ・運転中廃棄物 ・<u>解体廃棄物</u> 	原電東海L3埋設施設(安全審査中)
	<p>動力試験炉(JPDR)から発生した</p> <ul style="list-style-type: none"> ・解体廃棄物 	JPDR L3埋設施設(覆土完了・管理期間中)

L1廃棄物埋設施設の検討例

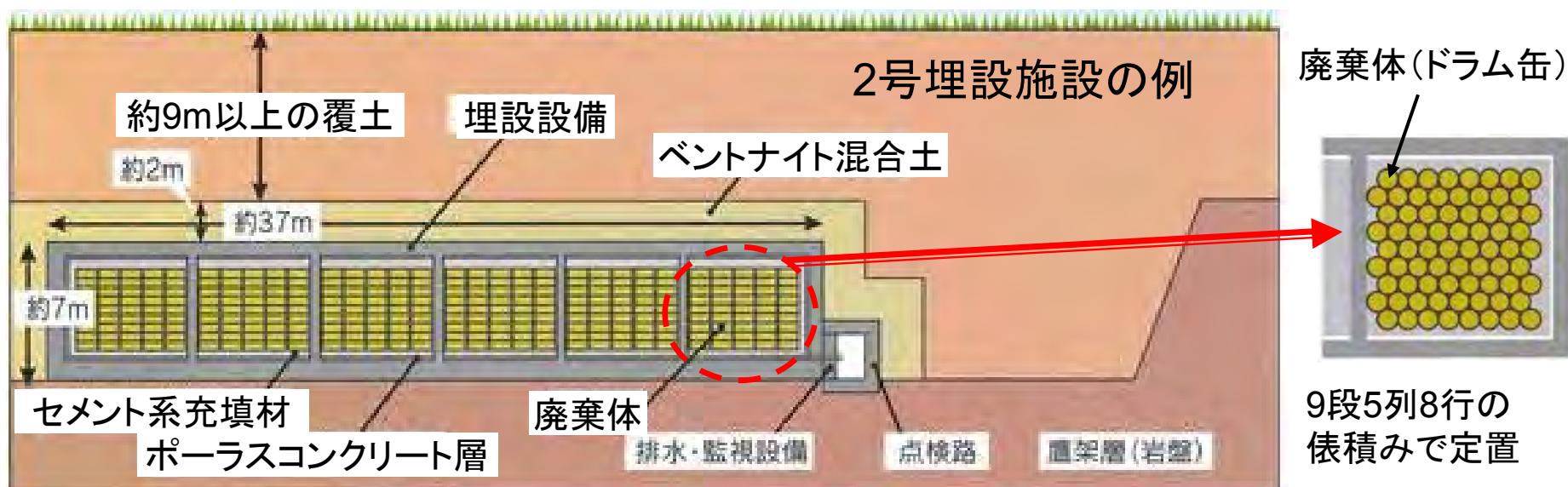


L2廃棄物埋設施設の実例(六ヶ所LLW埋設センター)



日本原燃(株) 六ヶ所
低レベル放射性廃棄物埋設センター(操業中)

	1号埋設施設	2号埋設施設
受入対象 廃棄物	濃縮廃液、使 用済樹脂、焼 却灰等	金属類、プラス チック、保温材、 フィルター類等
埋設容量	20万本相当	20万本相当
埋設ピット数	40	16
操業開始	1992年12月	2000年10月
埋設数 (2017年5月現在)	148,147本	147,232本



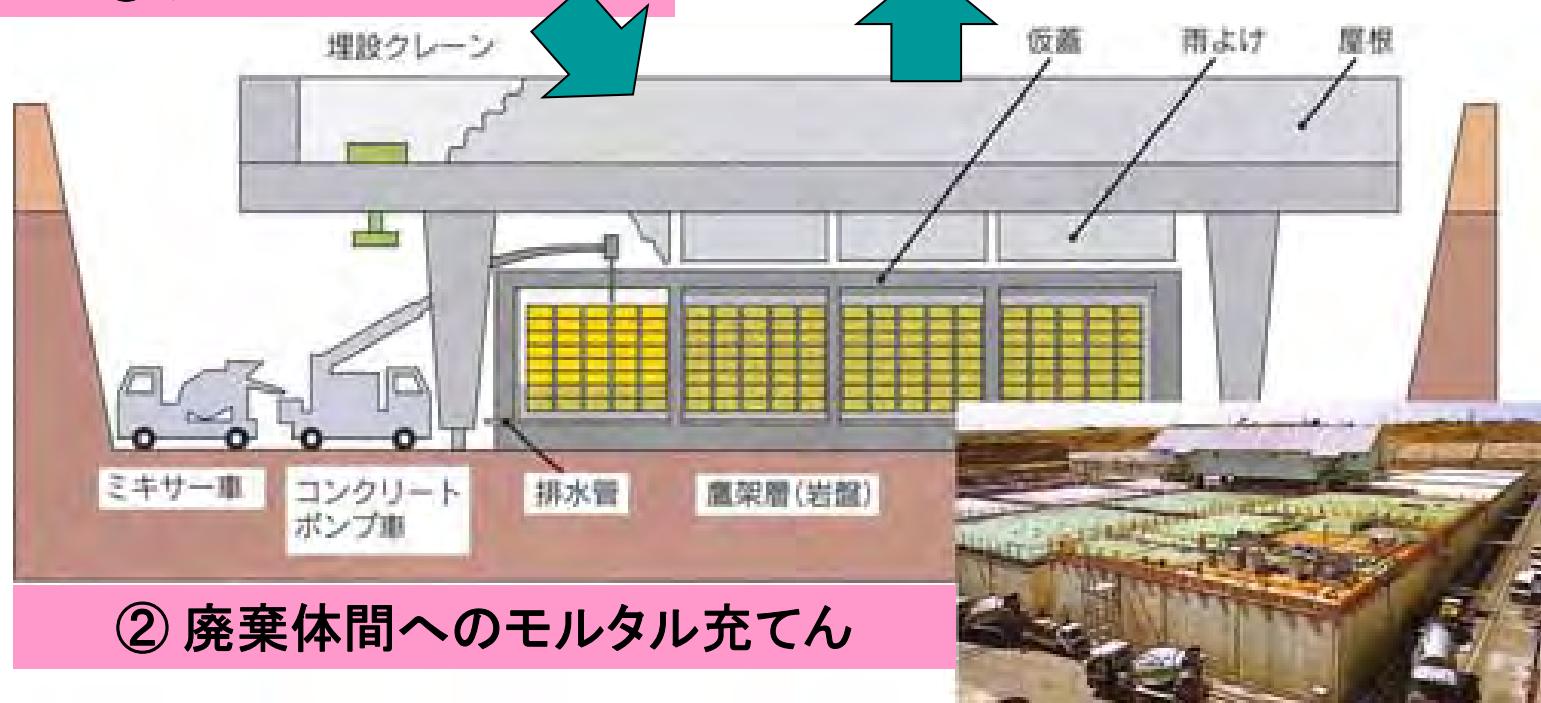
L2廃棄物埋設施設の実例(六ヶ所LLW埋設センター)



① 定置



③ 鉄筋コンクリートによる覆い



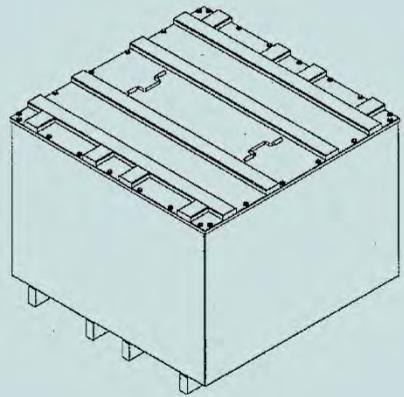
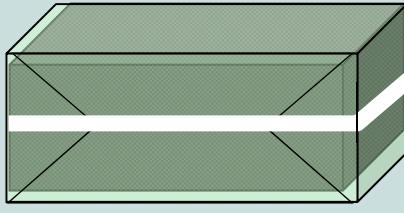
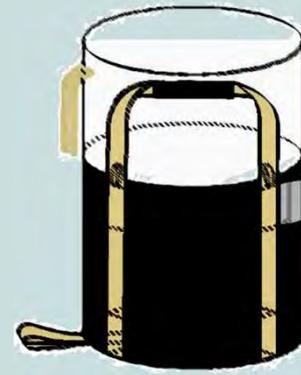
② 廃棄体間へのモルタル充てん

L3廃棄物埋設施設の建設予定地(原電東海)

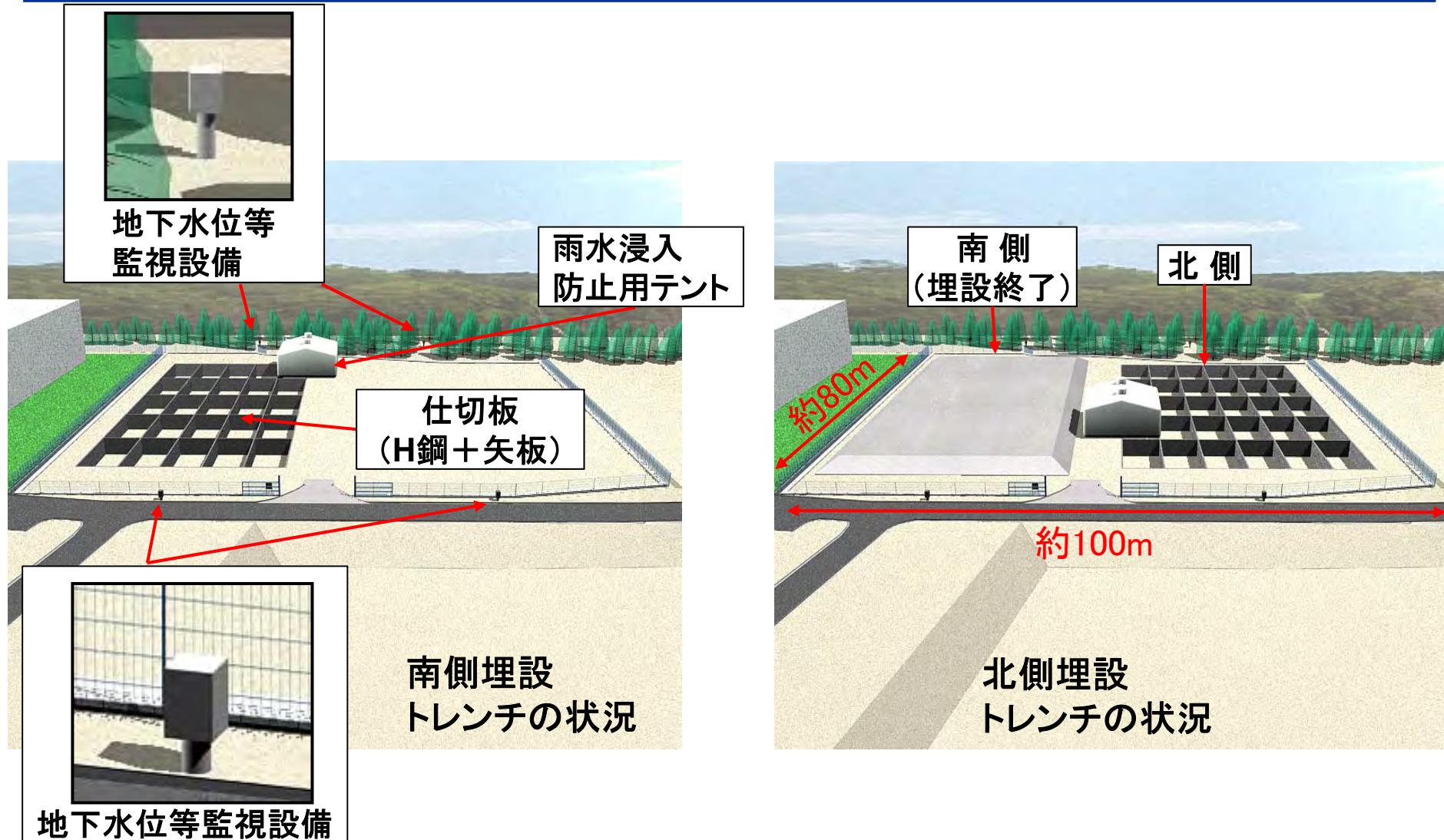
- 廃棄物埋設地は、東海発電所の原子炉建屋の北西約700m、東海第二発電所の原子炉建屋の北西約500mに位置する。



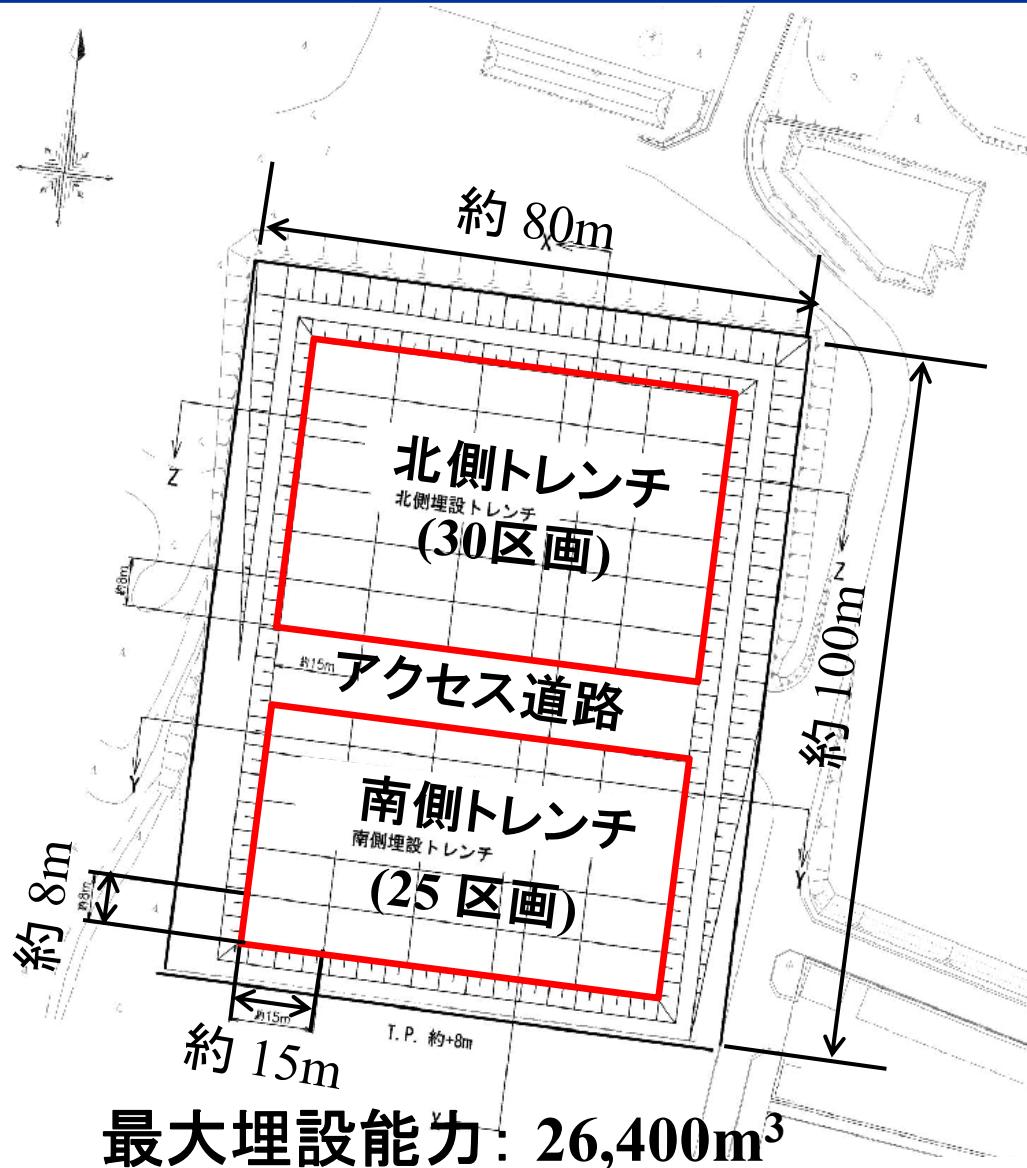
L3対象廃棄物及び収納例(原電東海)

廃棄物	金属	コンクリートブロック	コンクリートガラ
容器等のイメージ			
容器等の材質	炭素鋼	ポリエチレン等	ポリエチレン・ ポリプロピレン等
容器等の外寸 (m)	約1.4×約1.4×約1.1	約0.7×約0.9×約0.9	約Φ1.3×約0.8
廃棄物 収納重量(t)	約1.5	約1.3	約1.0

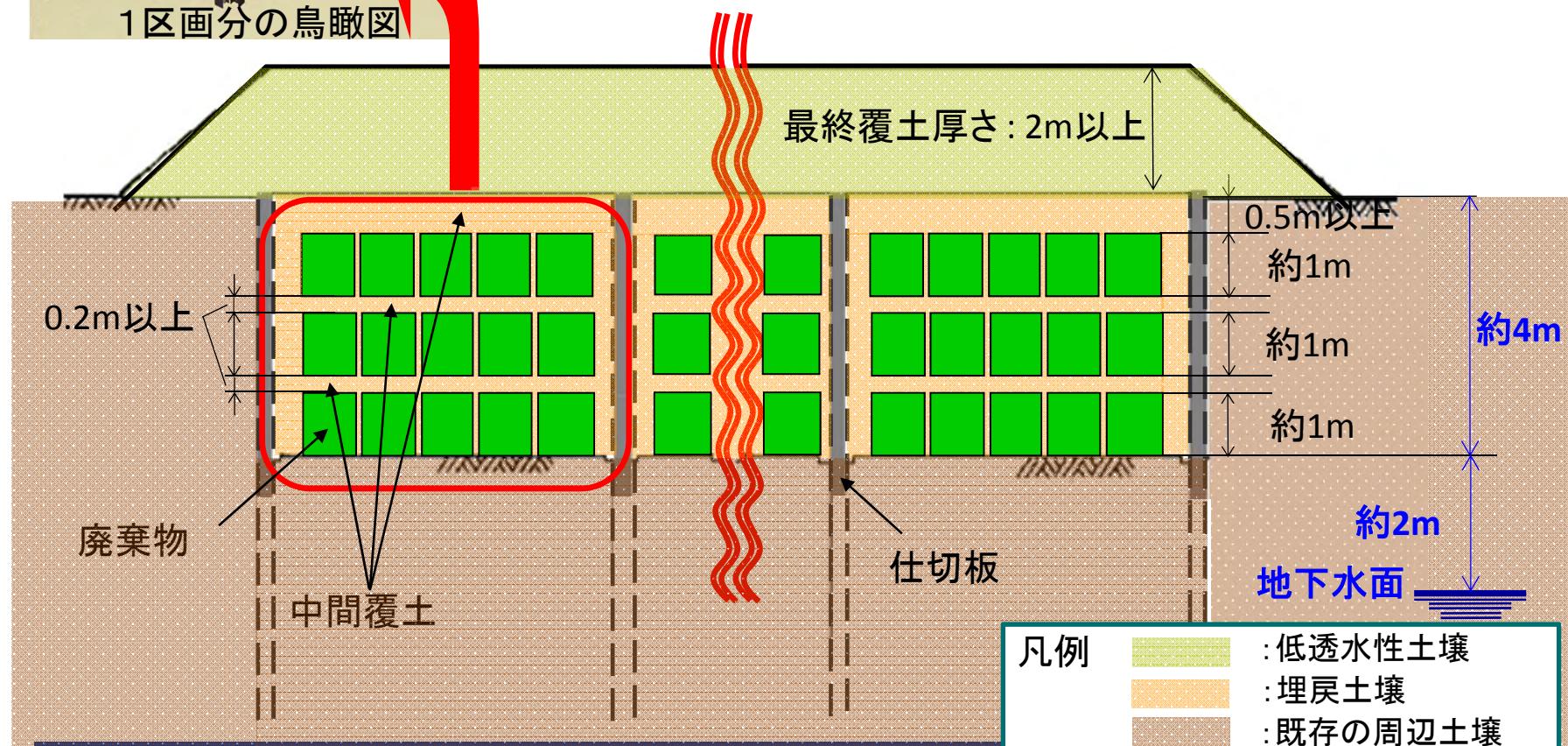
L3埋設施設の鳥瞰図(原電東海)



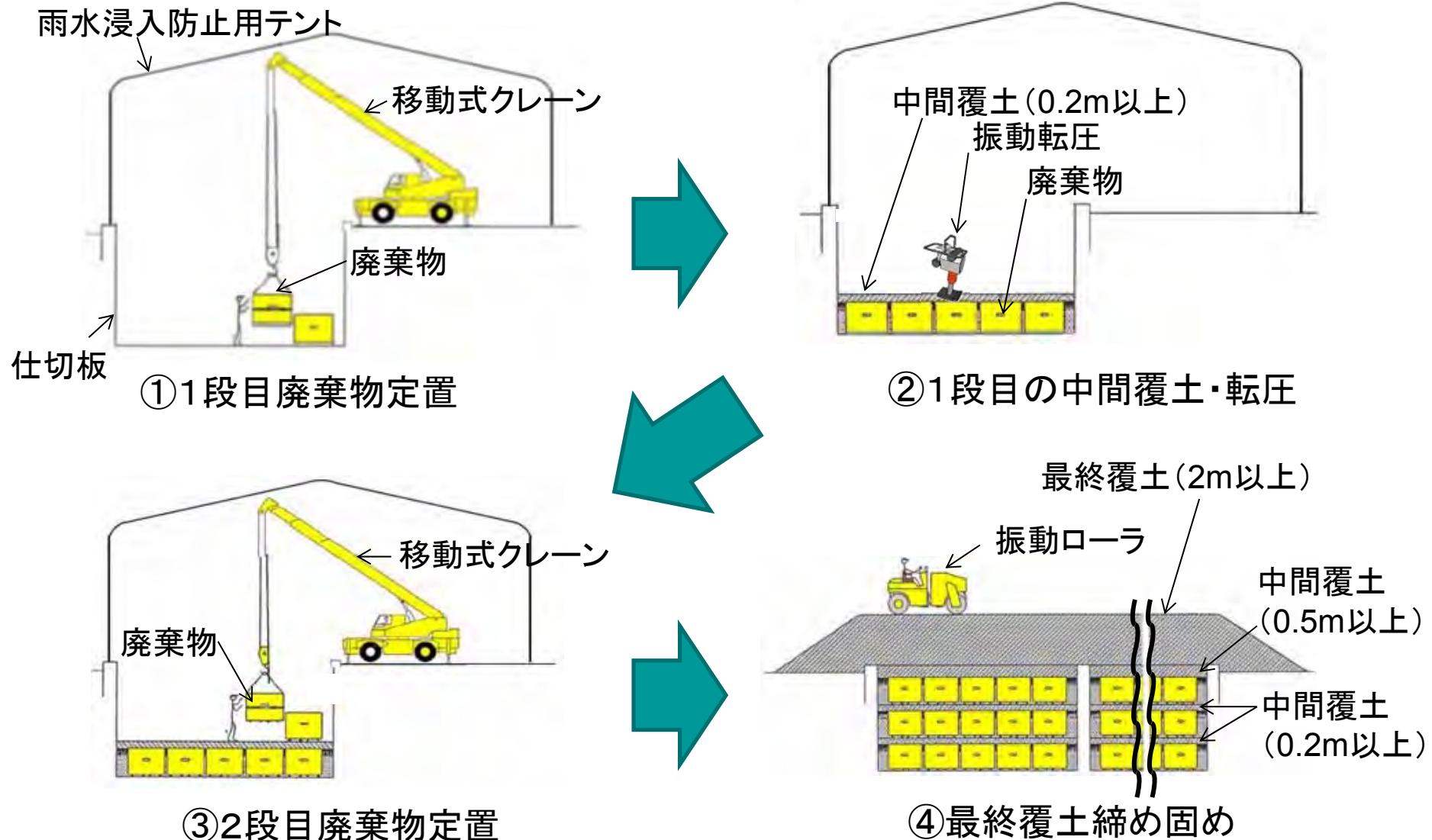
L3埋設施設の平面図(原電東海)



L3埋設施設の断面図(原電東海)



L3対象廃棄物の埋設方法例(原電東海)



L3埋設施設の実例(JPDR)



・JPDR解体において「極低レベル固体廃棄物埋設処分実証試験」として実施。
(埋設実施期間:平成7年12月～平成8年6月、埋設総重量:コンクリート約1,670トン、
管理期間:約30年※)

東海発電所クリアランス処理フローと測定装置

測定及び評価方法の認可申請

機器、配管類の撤去細断

形状、性状による仕分け

除染(必要な場合)

表面汚染測定
(偏在汚染の有無確認)

専用測定器による測定

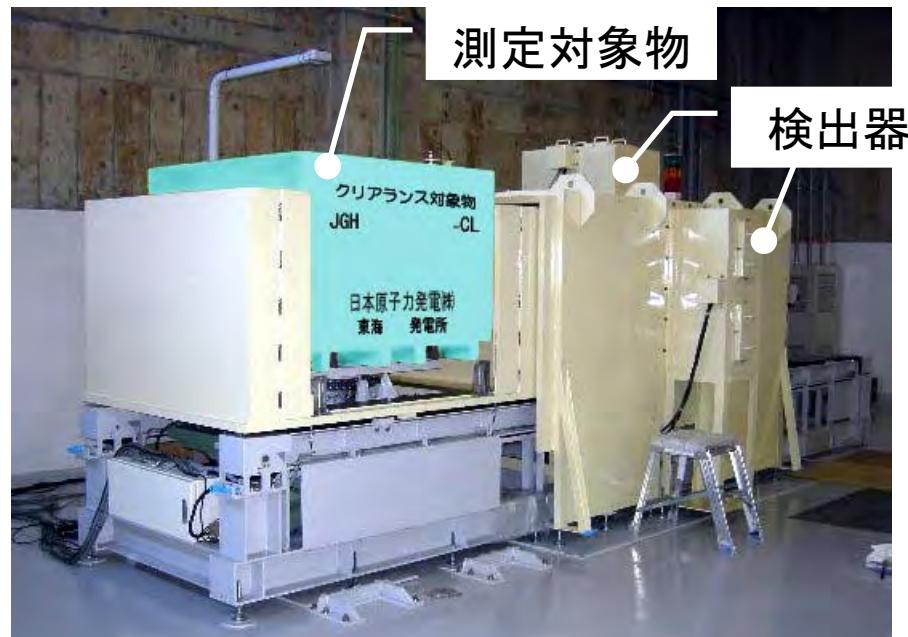
確認待ちエリア

確認申請

搬出待ちエリア

ゲートモニタ／搬出

クリアランス検認専用測定装置

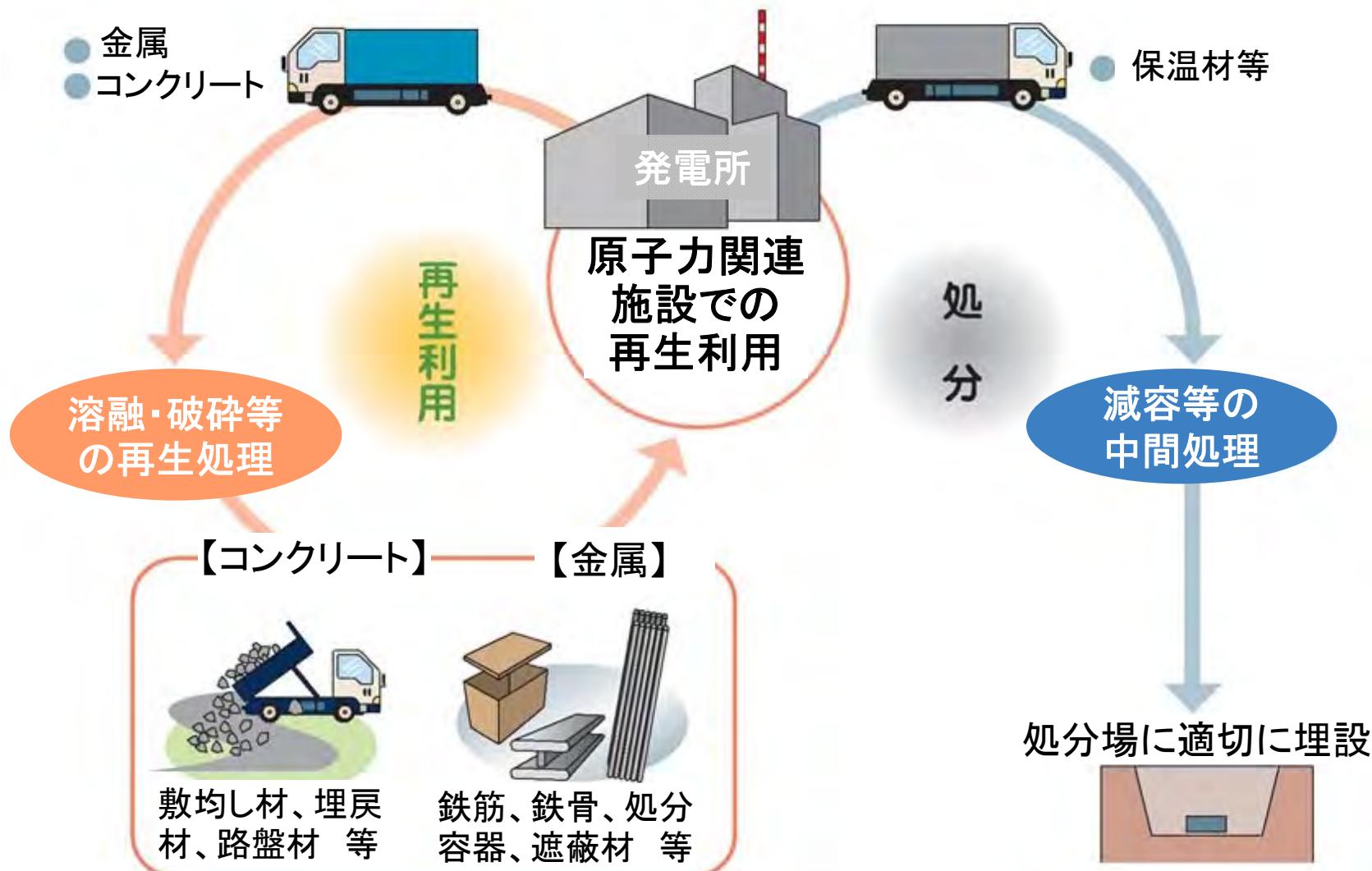


主要な仕様

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(m)
測定最大容量	1.5m ³
測定最大重量	1.0トン以下(旧NISA内規)
測定時間	12分(正味計測時間240秒)

クリアランス対象物の当面の再利用方針

東海発電所のクリアランス対象物の当面の取扱い



東海発電所クリアランス金属の再利用実績

① 遮へい体(J-PARC用)



100 × 50 × 20 cm 700 kg

② ベンチ

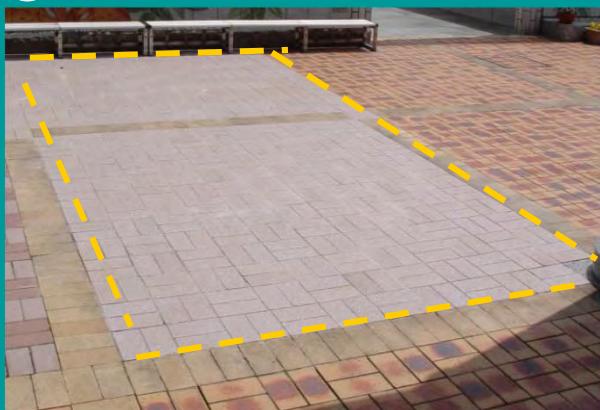


重量:40～50 kg

③ 配管基礎



④ インターロッキングブロック

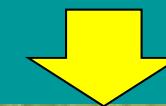


重量:10 kg/1 ブロック

⑤ 車両進入防止用ブロック



重量:1.6 ton



重量:200 kg

廃止措置の課題

廃止措置の課題

① 低レベル放射性廃棄物(解体廃棄物)の埋設施設の確保

- ✓ 現状、L1～L3(解体廃棄物)の埋設施設はいずれも存在しない
- ✓ L1:新規制基準を策定中、埋設施設は電気事業者全体で検討中
- ✓ L2:埋設施設は電気事業者全体で検討中
- ✓ L3:埋設施設は事業者ごとに個別に検討要、原電東海発電所は現在審査中
(特に、物量の多いL3埋設施設の確保は、廃止措置初期段階で必要)

② クリアランス対象物の円滑な市場流通

- ✓ 「クリアランス制度が定着するまでの間、事業者が自主的に搬出ルートを把握・業界内で再生利用(H17.10 国会)」とされており、クリアランス物の流通が現在も限定されている
- ✓ 利用先が限定され、クリアランス物の搬出先確保が困難
- ✓ 制度定着の判断を早期に行い、フリーリリースの実現が必要
- ✓ クリアランス対象物の拡大、検認保守性の排除、法手続きの簡素化も必要

③ 使用済燃料の搬出先の確保

- ✓ 一部電気事業者は中間貯蔵施設を建設中