



東海再処理施設の廃止措置と安全対策

核燃料サイクル工学研究所
再処理廃止措置技術開発センター

永里 良彦

東海再処理施設の概要



東海村

茨城県

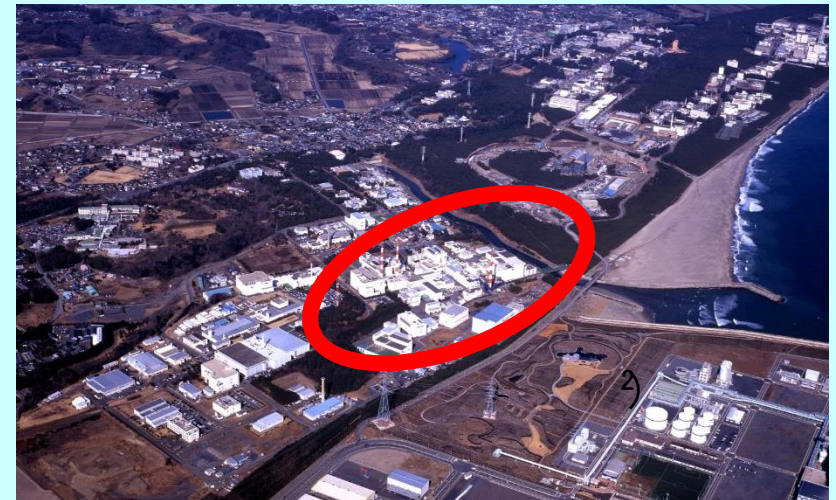


昭和45年



昭和52年

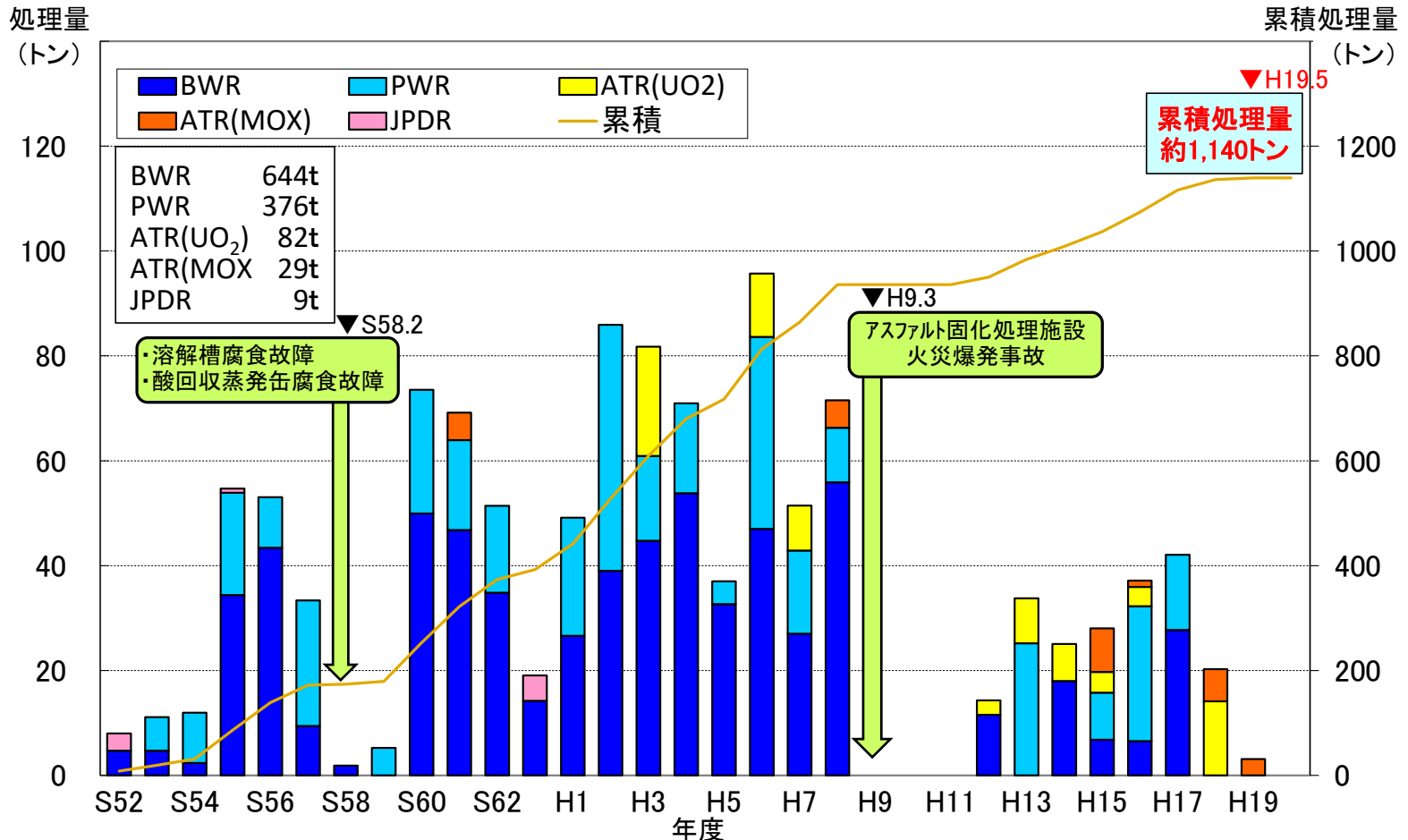
- 昭和45年12月 敷地造成
(松林 約15万 m²を伐採)
(海拔約6 mの高さに整地)
- 昭和46年 6月 建設に着工
- 昭和48年 6月 通水作動試験
- 昭和49年10月 分離精製工場等 竣工
- 昭和50年 9月 ウラン試験開始
- 昭和52年 9月 使用済燃料による試験開始
(ホット試験)



現在(管理区域を有する約30施設)

昭和52年から平成19年まで(約30年間)に、国内の動力試験炉(JPDR)、新型転換炉原型炉ふげん、商業用の原子力発電所(BWR, PWR)で発電に伴い発生した**使用済燃料(約1140トン)**を再処理し、燃料として**再利用可能なプルトニウム, ウラン**を回収した。

また、回収した一部の燃料は、再び発電に供され、核燃料サイクルの環の実証に貢献した。



累積処理量約1,140トンに及ぶ実用レベルでの安定運転及び独自技術の開発等を通して、**再処理技術の国内定着に先導的役割**を果たした。

○社会的な側面から

- ・ 非核兵器国としての再処理を実現
- ・ 再処理技術者等の国内産業基盤の育成に寄与 等



ウラン・プルトニウム混合脱硝

○技術的な側面から

- ・ 工場規模での再処理技術の実証
- ・ 核不拡散を考慮した混合転換技術の開発
- ・ 保障措置技術の再処理プラントへの適用
- ・ 放出放射能低減の実現
- ・ 高放射性廃液のガラス固化技術の開発
- ・ プルトニウム供給を通してMOX燃料製造技術、新型炉開発に貢献 等



ガラス固化技術



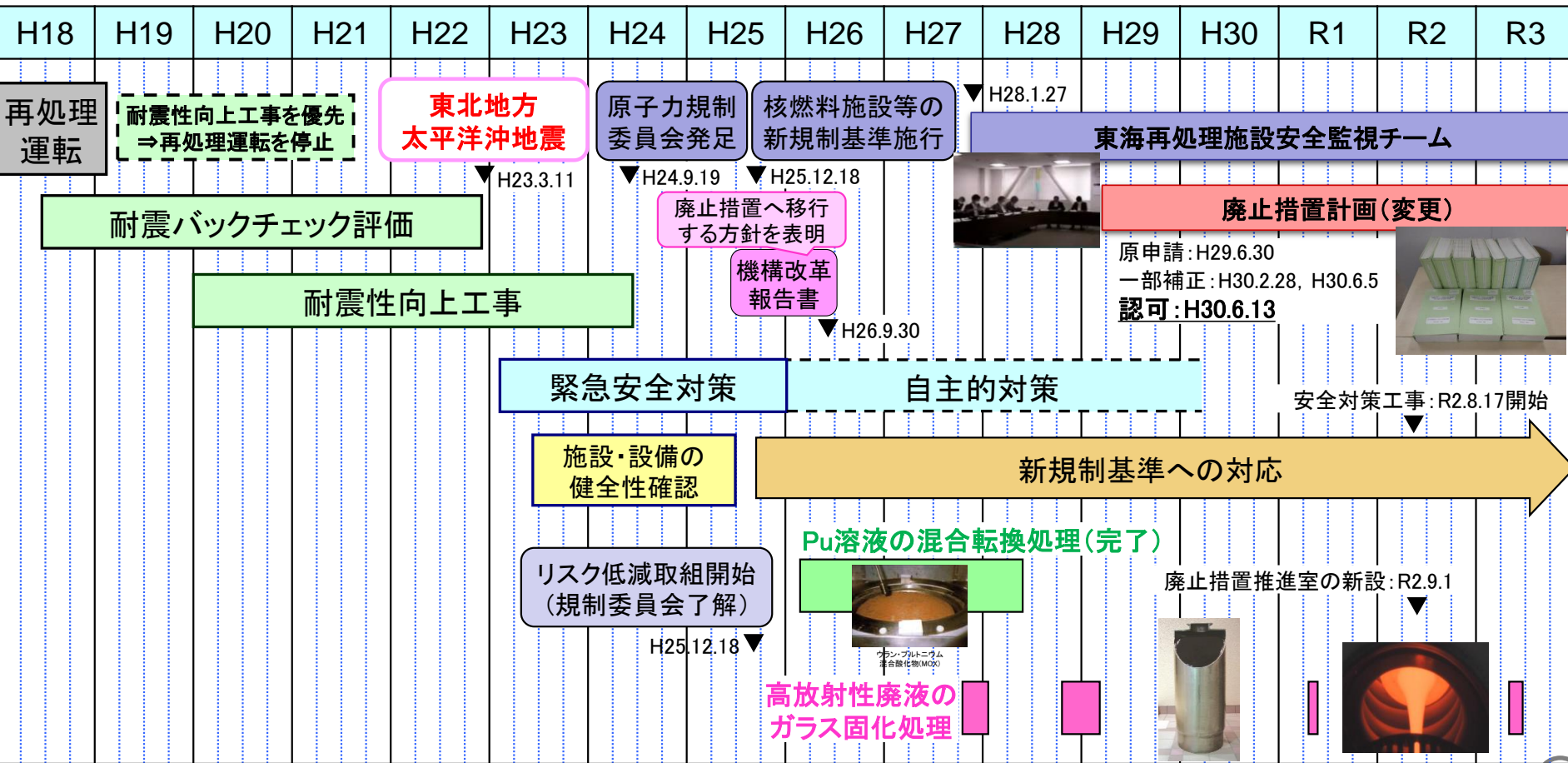
原子力機構の**独自開発技術**，東海再処理施設の**建設・運転を通じて得たノウハウ**等は，日本原燃(株)の六ヶ所再処理工場へ**技術移転をほぼ完了**し，同工場の竣工に向けた技術協力を継続している。



六ヶ所再処理工場(青森県上北郡六ヶ所村)
(出典)日本原燃(株)ホームページ

東海再処理施設の『廃止措置』の概要

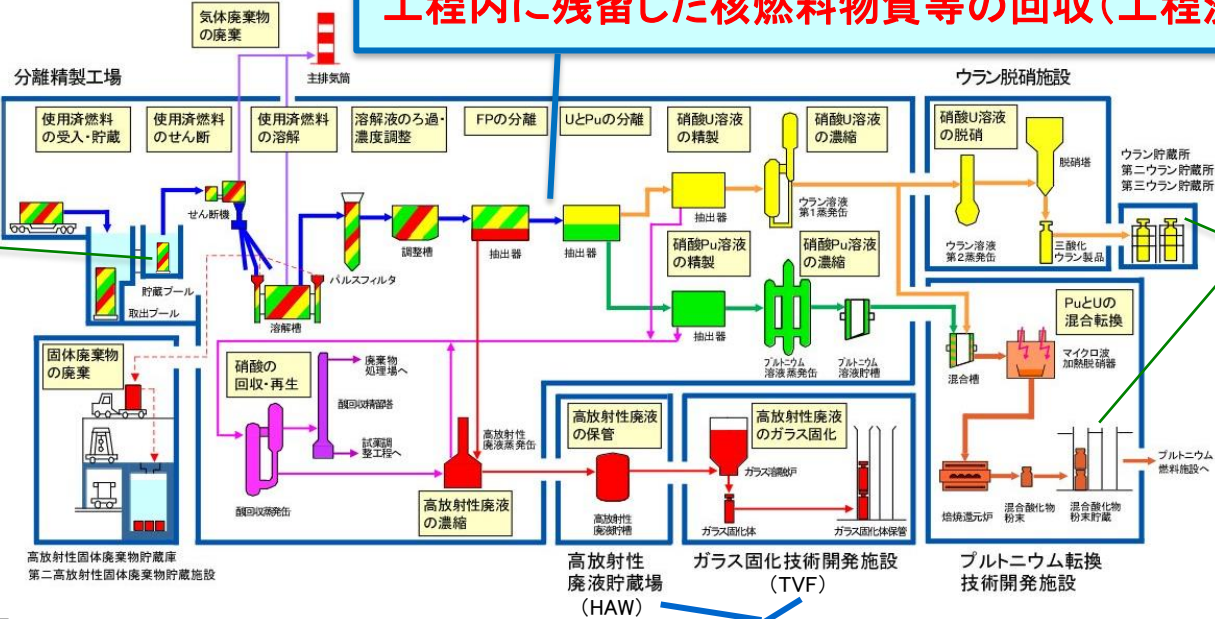
東海再処理施設については、平成26年9月の「日本原子力研究開発機構改革報告書」において、平成23年東北地方太平洋沖地震後に強化された原子力規制委員会の新規制基準への対応等の費用対効果を勘案して、廃止措置へ移行する方針を示した。
 平成29年6月に東海再処理施設の廃止措置計画を申請し、平成30年6月に認可を得た。



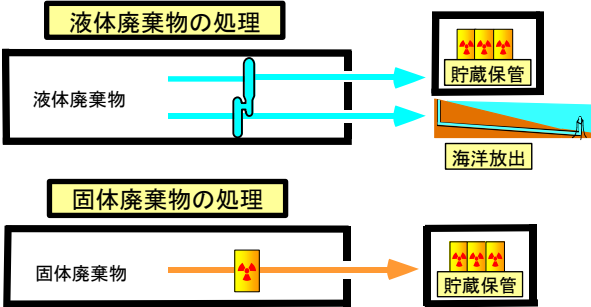
工程内に残留した核燃料物質等の回収(工程洗浄)を実施予定

使用済燃料は
令和8年度までに
搬出予定

核燃料物質は
随時譲渡し

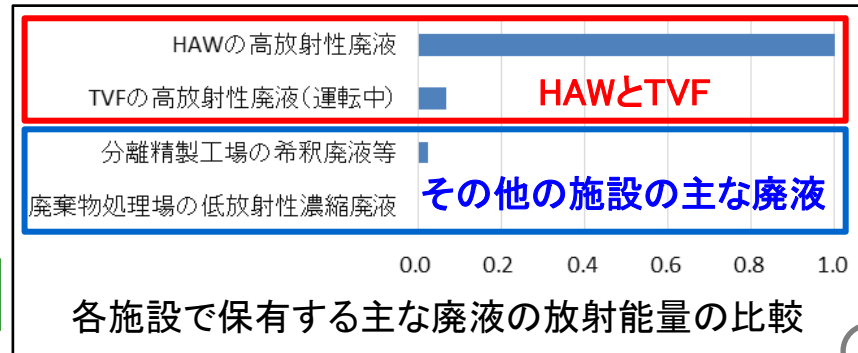


**リスクの高い高放射性廃液はガラス固化処理
新規基準を踏まえた安全性向上対策を実施**



保管中の廃棄物に加え、今後発生する廃棄物を処理

ガラス固化体等は処分施設の操業開始後に随時搬出

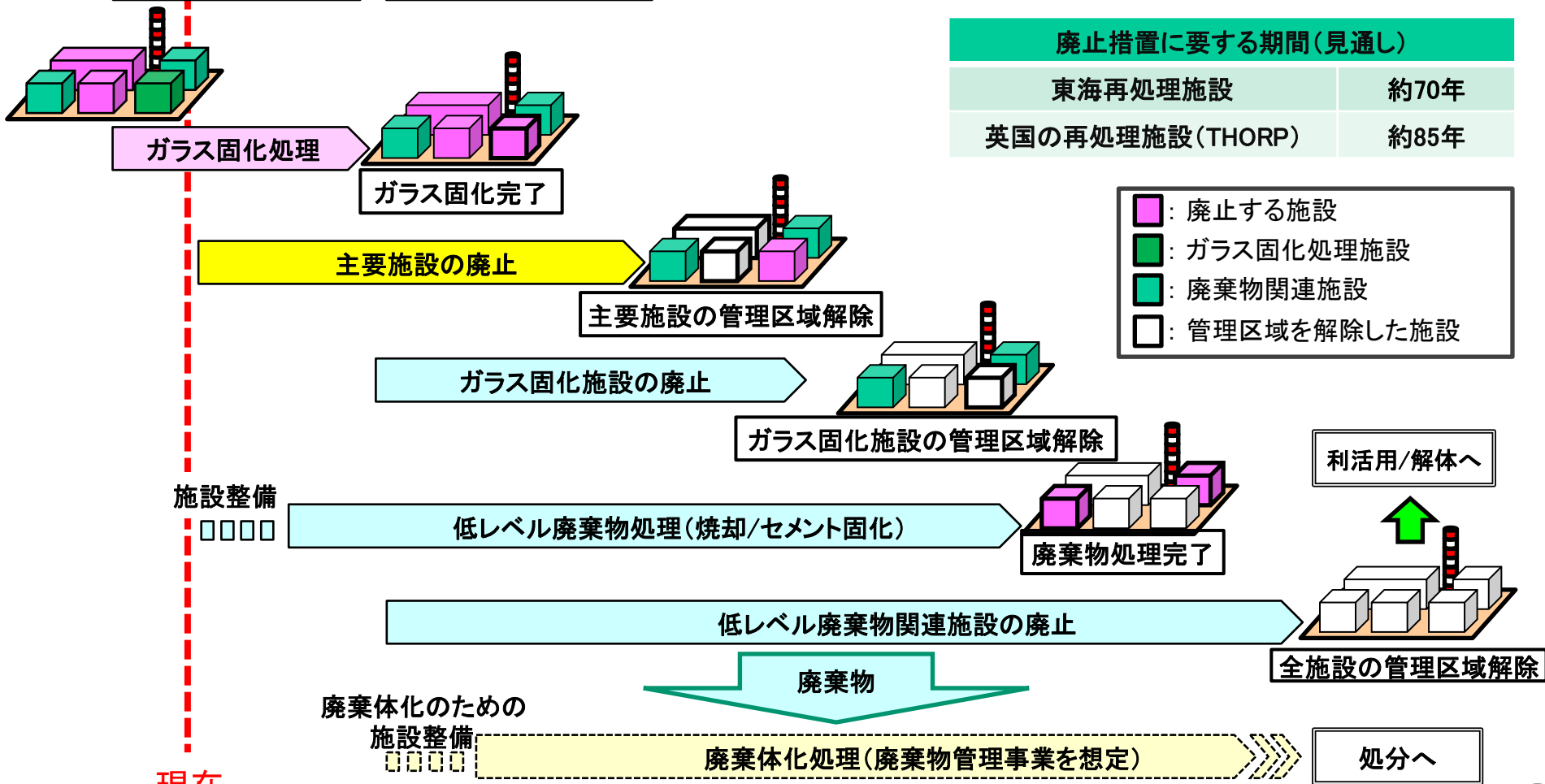


平成30年 約10年後 約20年後 約30年後 約40年後 約50年後 約60年後 約70年後



廃止措置に要する期間(見通し)	
東海再処理施設	約70年
英国の再処理施設(THORP)	約85年

- : 廃止する施設
- : ガラス固化処理施設
- : 廃棄物関連施設
- : 管理区域を解除した施設

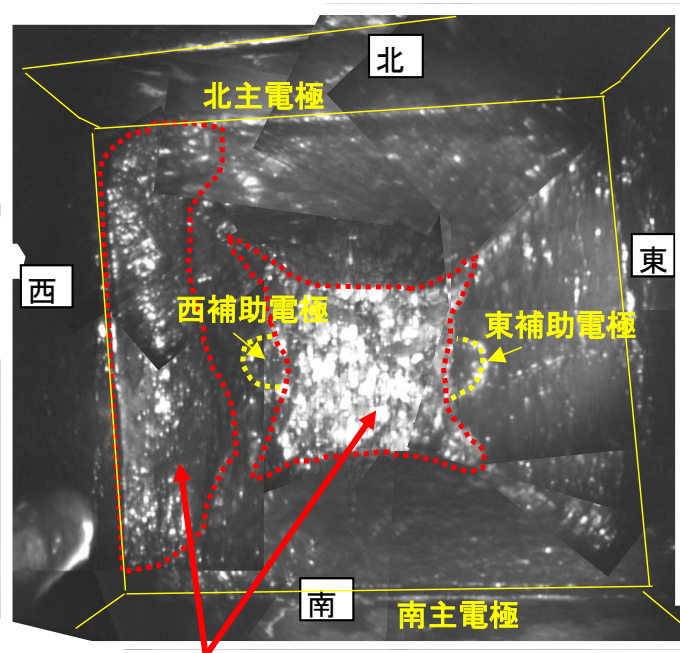
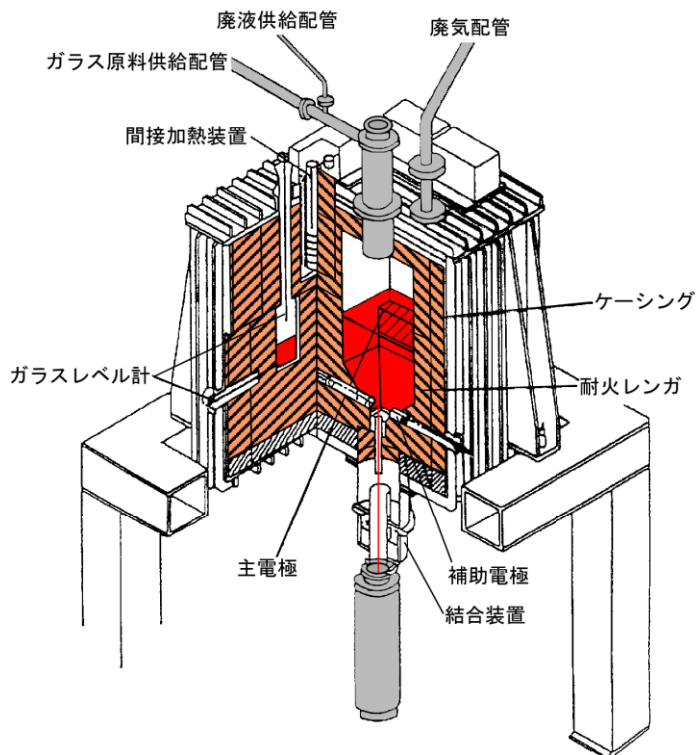


リスク低減の取組

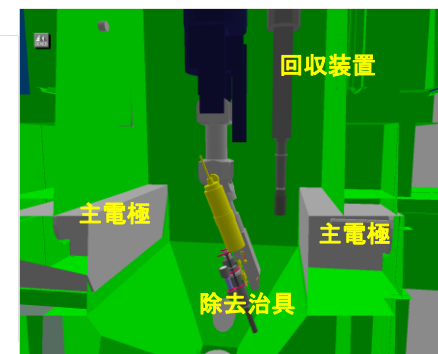
— 高放射性廃液のガラス固化処理 —

東海再処理施設における周辺公衆への影響が大きい事故は、『高放射性廃液の蒸発・乾固』に伴う放射性物質の環境への放出であり、**高放射性廃液のガラス固化を進めることにより、早期にリスクを低減**していく。

TVFでは、令和3年8月にガラス固化処理を再開し、**ガラス固化体を13本製造(累計329本)**したが、**ガラス溶融炉内に残留ガラスを確認**したため、10月に令和3年度の運転を終了した。**残留ガラス除去が終了した後、早期にガラス固化処理を再開する予定。**



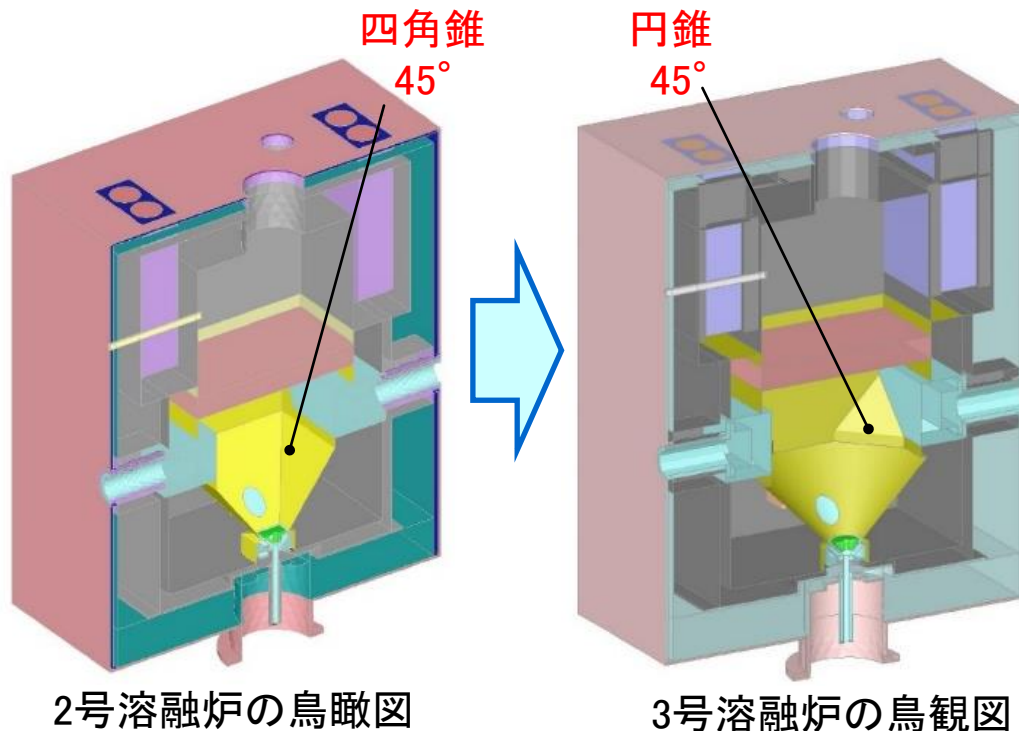
ガラス溶融炉の加熱をしにくくなる白金族元素を多く含む残留ガラス(約31 kg)



TVFにおけるガラス固化では、現在貯蔵している高放射性廃液に加え、工程洗浄や系統除染等に伴い発生する廃液を処理するため、現行の2号溶融炉の設計寿命の本数を超えることから、**新型ガラス溶融炉(3号溶融炉)の開発**を進めてきた。

新型ガラス溶融炉の開発では、リスク低減のための高放射性廃液のガラス固化処理を着実に進めるため、**2号溶融炉の構造からの大幅な変更はせず、国内外で実績を有する炉底構造を採用**するとともに、**2号溶融炉の不具合事象の反映**を行った。

炉底形状



- 2号溶融炉の不具合事象の反映
 - ・流下ノズル加熱電源系統の漏電による流下停止
 - ・間接加熱装置の熱電対断線
- **現在、ケーシング、耐火レンガ、電極等の加工を進めている。**
- 2号溶融炉の撤去、3号ガラス溶融炉の据付時期は、2号溶融炉の運転状況に応じて検討する。
- 3号溶融炉の研究開発要素は、**日本原燃(株)のガラス溶融炉の高度化に寄与**するため、適宜情報共有を図っている。

リスク低減の取組

— 新規制基準を踏まえた安全性向上対策 —

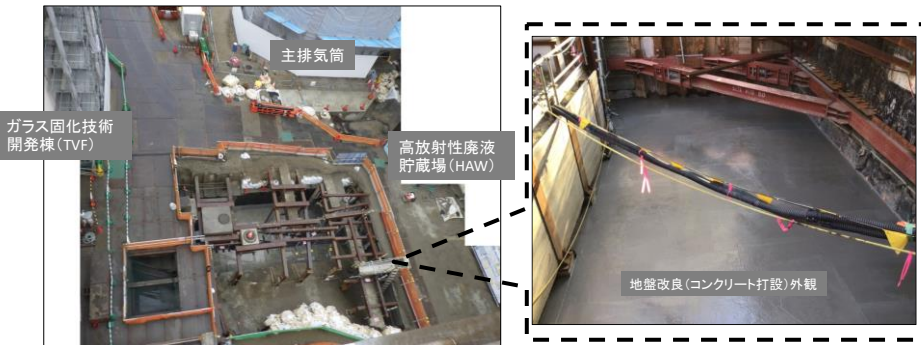
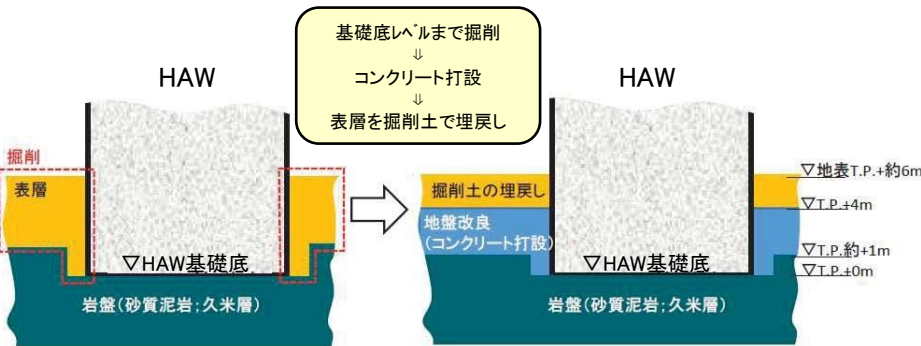
高放射性廃液に伴うリスクが集中するHAWとTVFについて、**設計地震動(最大952 gal)**、**設計津波(T.P.約+14 m)**、外部/内部事象に対して、**必要な安全対策を最優先で実施する。**
 HAW・TVFの重要な安全機能(閉じ込め機能, 崩壊熱除去機能)の維持に必要な電力やユーティリティの喪失に備え、**事故対処設備を整備し, その有効性を評価する。**
 その他施設については、リスクに応じた安全対策を実施する。
 安全対策については、基本方針・スケジュールに従い、**令和5年度までに完了する。**

施設・事象		優先度	対応
HAW ・ TVF	地震・津波	I	設計地震動・設計津波を想定し, HAW・TVFの健全性評価を速やかに実施するとともに 重要な安全機能を維持するために必要な電力やユーティリティ喪失に備えて, 必要な安全対策を実施する。
	事故対処	II	事故対処設備により施設の重要な安全機能の維持を図ることとし, 必要な対策を実施する。
	その他事象	III	立地や周辺環境を踏まえた主な自然事象(竜巻, 森林火災, 火山)等の外部事象に対して, 施設の重要な安全機能を守るために必要な対策を実施する。 内部火災, 溢水等の内部事象に対して, 施設の重要な安全機能を守るために必要な対策を実施する。
その他施設		IV	HAW・TVF以外の施設については, リスクに応じた安全対策の実施内容及び工程を定め, その後必要な安全対策を実施する。

地震に対する安全対策では、高放射性廃液に伴うリスクが集中するHAWとTVFの重要な安全機能(閉じ込め機能, 崩壊熱除去機能)が損なわれることないように、**設計地震動に対して耐震性を確保**する。

HAW周辺の地盤改良工事

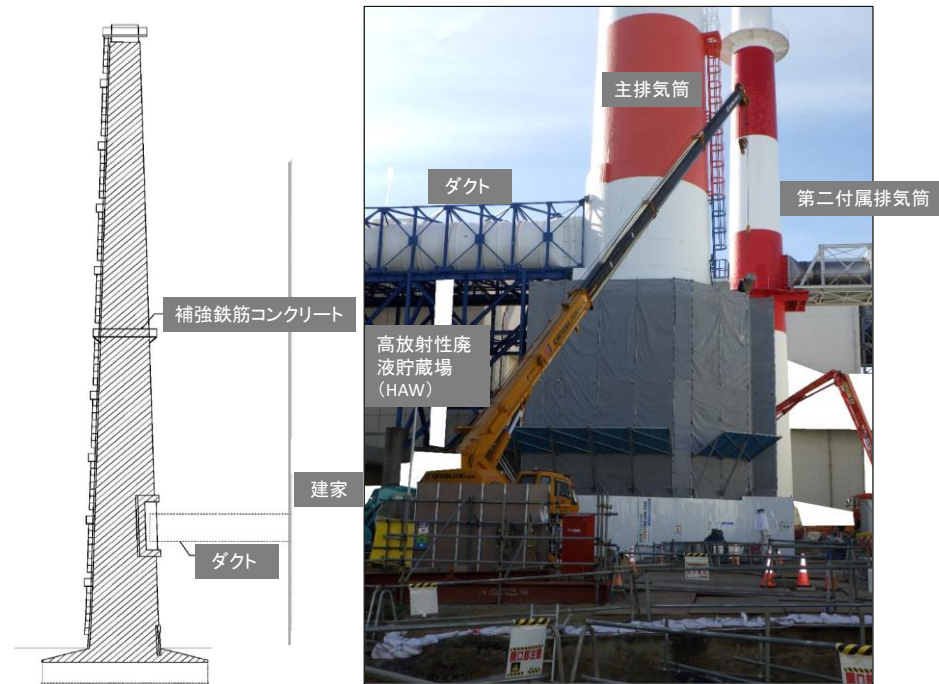
HAW周辺の埋戻土をコンクリート置換し、地盤を強固にすることで耐震性を向上させる。



地盤改良工事の状況(令和3年12月)

主排気筒の耐震補強工事

主排気筒(地上高さ90 m)の基礎及び筒身への鉄筋コンクリート補強を行い、耐震性を確保する。

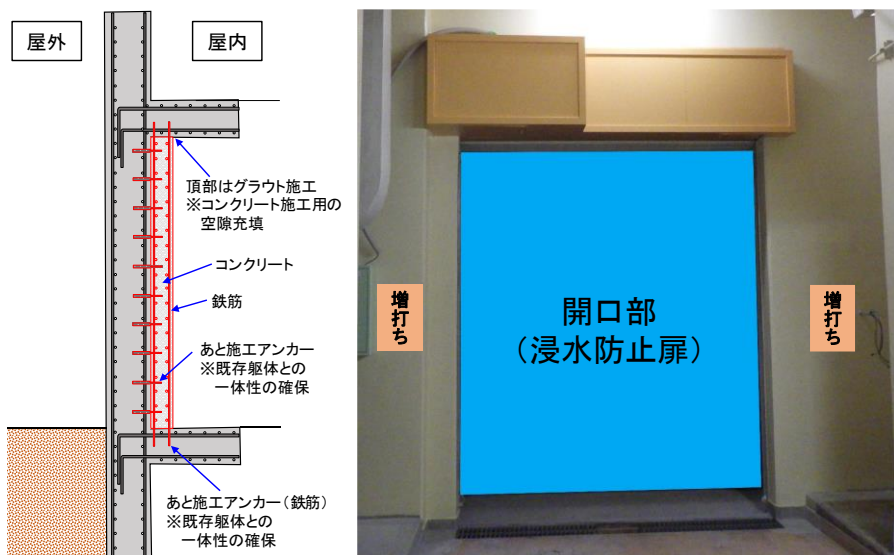


主排気筒の筒身補強工事の状況(令和3年12月)

津波に対する安全対策では、高放射性廃液に伴うリスクが集中するHAWとTVFの重要な安全機能(閉じ込め機能, 崩壊熱除去機能)が損なわれることないように、**設計津波に対して耐津波性を確保**する。

HAWの耐津波補強工事

HAWの開口部周辺の外壁について、浸水防止扉が受ける津波の波力に耐えられるよう、外壁の内側にコンクリートの増打ち補強を行う。



建家内開口部周辺の増打ちの状況(令和3年12月)

津波漂流物防護柵の設置工事

設計津波の遡上に伴う漂流物の衝突からHAW, TVF, 第二付属排気筒を防護するため、津波漂流物防護柵を設置する。



津波漂流物の捕捉状況の例 (えりも港)



津波漂流物の捕捉状況の例 (十勝港)



防護柵の設置場所の試掘状況(令和3年12月)

設計地震動に伴う設計津波が襲来し、既存の給電設備や給水設備が使用不能となった場合でも、**高放射性廃液の蒸発・乾固に伴う放射性物質の環境への放出を防止**するため、HAW・TVFの事故対処設備を整備する。

訓練では、整備したマニュアル等に従い、**夜間、悪天候、瓦礫等の厳しい環境条件を想定**しつつ、訓練を繰り返し行うことで、事故対処の有効性を確認するとともに、**作業員の事故対応の習熟を図る**。



移動式発電機からの給電操作



エンジン付きポンプを用いた外部からの給水操作



不整地運搬車による燃料運搬



がれき撤去(夜間)



消防ポンプ車の展開



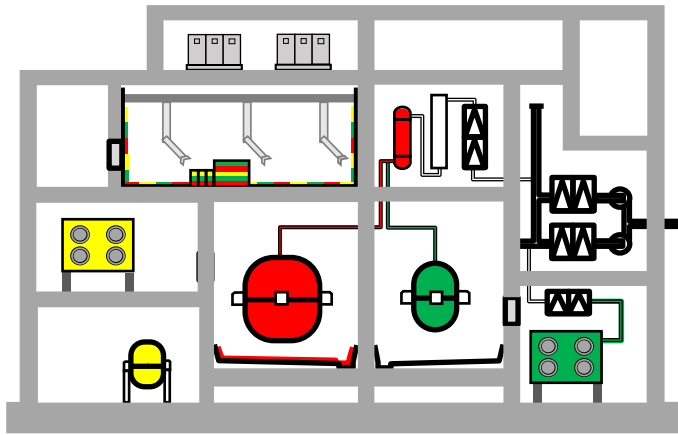
自然水利からの取水

※ 高放射性廃液の蒸発・乾固(HAW:77時間, TVF:56時間)に対し、事故対処(HAW:最大27.5時間, TVF:最大25時間)が有効であることを実際の訓練等を行い確認済み。

施設の廃止に向けた取組の状況

再処理施設

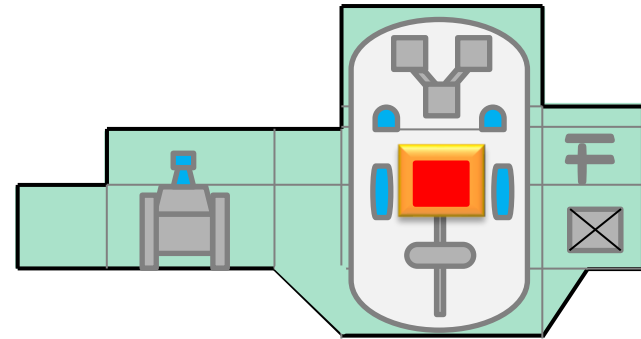
■ : FP/TRU系 ■ : Pu系 ■ : U系



- 放射性物質を扱う機器，配管が広範囲に汚染（放射性物質が付着）。
- セル内，グローブボックス内など広い面積が汚染。
- 場所により，核分裂生成物，長半減期のウラン・プルトニウム等，汚染の組成が異なる。

(参考)原子力発電所

■ : 放射能レベルが比較的高い(主に放射化)
 ■ : 放射能レベルが比較的低い(主に放射化)
 ■ : 放射能レベルが極めて低い



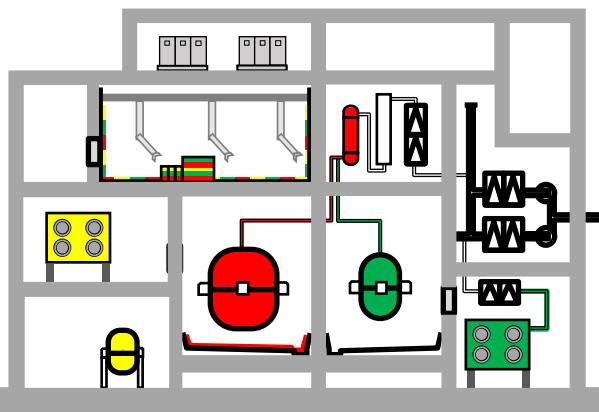
- 大部分の放射性物質は使用済燃料の中に密封（燃料を取り出せば大幅に減少）。
- 原子炉心に放射化が集中。
- 大型の機器や配管が多い。
- 短半減期の放射性核種も存在（冷却期間を設ける）。

第1段階

解体準備期間

- 工程洗浄
- 系統除染
- 汚染状況調査

■: FP/TRU系 ■: Pu系 ■: U系

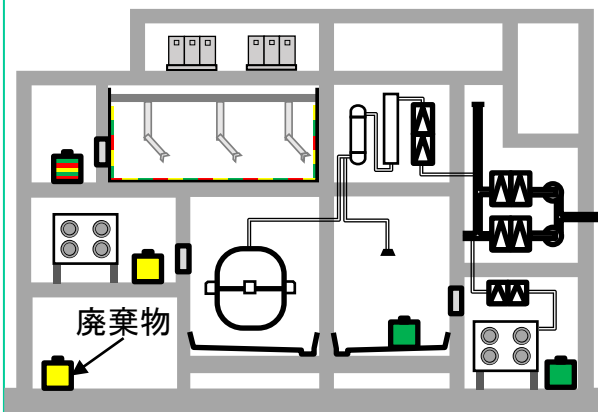


着手前(イメージ)

第2段階

機器解体期間

- 機器解体撤去
- 解体物保管
- 解体物搬出

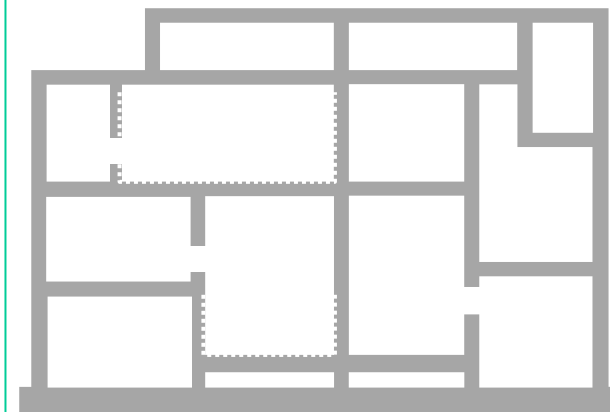


作業中(イメージ)

第3段階

管理区域解除期間

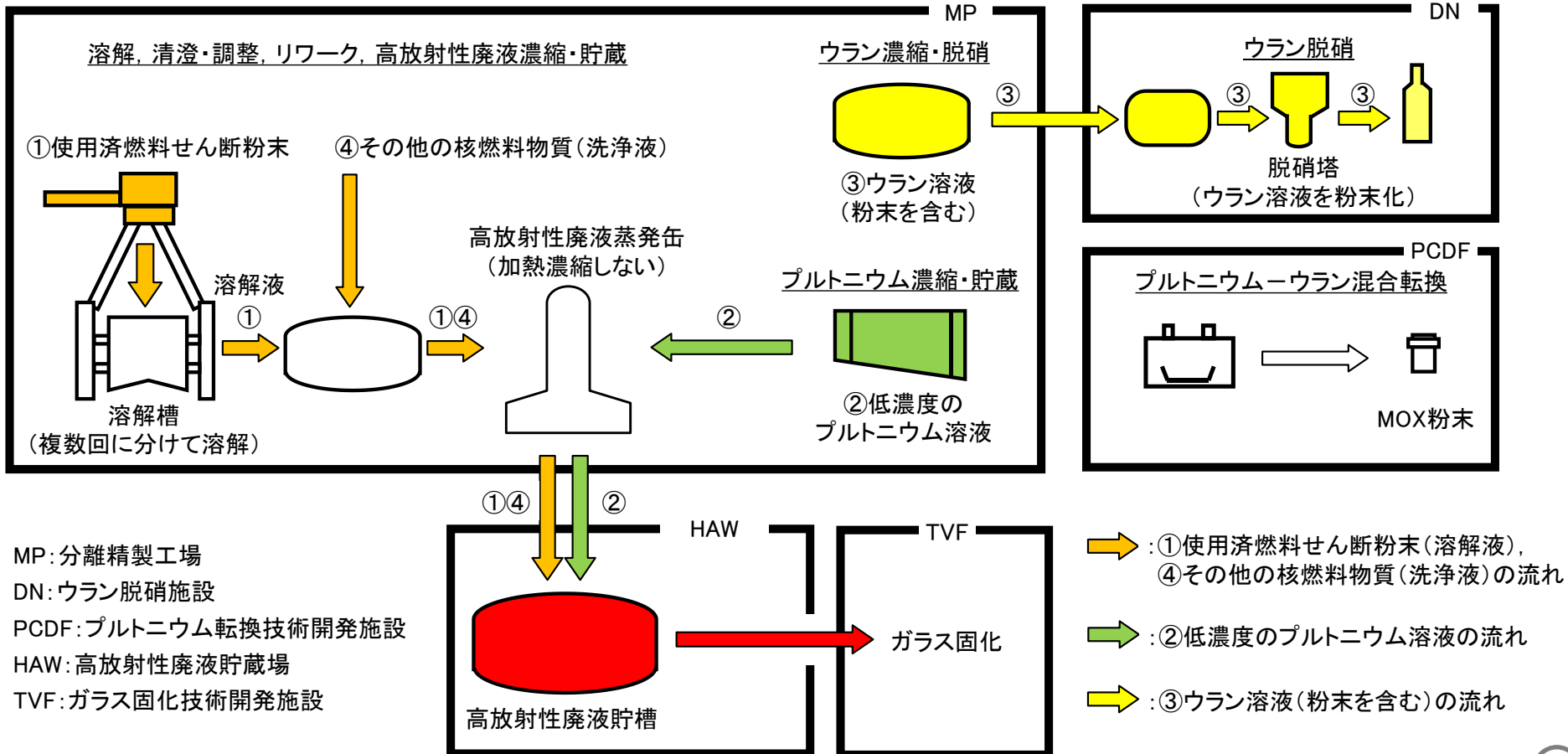
- 建家汚染除去
- 汚染検査
- 換気設備等撤去
- 管理区域解除



終了後(イメージ)

廃止措置の第1段階として、再処理工程内の一部の機器に残存する核燃料物質を取り出すため、「**工程洗浄**」を実施する。

工程洗浄では、残存する核燃料物質のうち、工程内に残存するウラン溶液は三酸化ウランに粉末化し、その他のものは現有する高放射性廃液に混ぜてガラス固化する。



水素供給設備の解体撤去

クリプトン回収技術開発施設の屋外に設置されていた水素供給設備(水素タンク2基: 高さ約18 m×直径約3.6 m)は、老朽化が進み、津波襲来の際に漂流物となる可能性があったことから、解体撤去した。

カスクアダプタの解体撤去

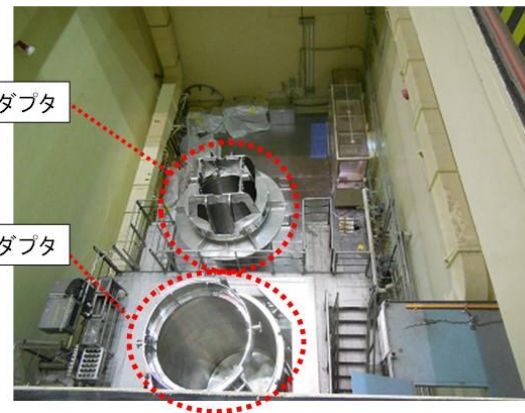
分離精製工場の管理区域において、使用済燃料の受入れに使用してきたカスクアダプタ等は、今後の使用済燃料の搬出作業に支障をきたすことから、解体撤去した。



撤去前
(令和2年9月)



解体撤去後
(令和2年11月)



解体撤去工事
(令和2年10月～
令和3年3月)



ダイヤモンドワイヤーソー
による遠隔解体



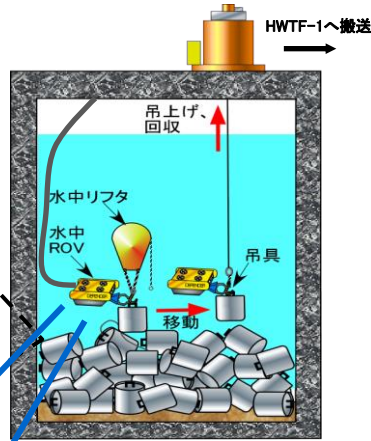
作業員による直接解体
(肉厚25 mm未満)

高放射性固体廃棄物の取出し/再貯蔵

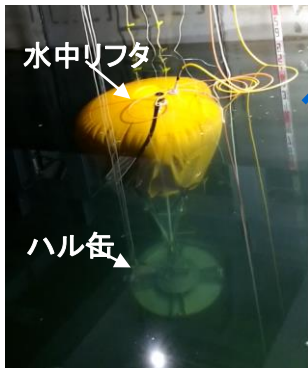
高放射性固体廃棄物貯蔵庫 (HASWS) の水中に無秩序に貯蔵されている状態を改善するため、水中ROV (作業用小型ロボット) 等による遠隔取出装置の適用性を確認する。



廃棄物 (ハル缶) の貯蔵状態



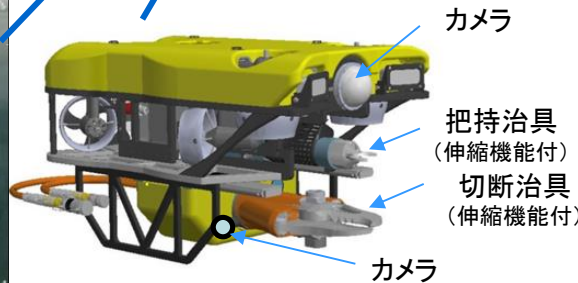
廃棄物取出し方法の例



水中リフタ

ハル缶

ハル缶上昇試験状況



カメラ

把持治具
(伸縮機能付)

切断治具
(伸縮機能付)

カメラ

水中ROV (切断治具, 把持治具装備)

低放射性廃液のセメント固化

低放射性濃縮廃液等を処分可能なセメント固化体にするため、環境規制を踏まえた廃液中の硝酸根を分解するプロセスを実証し、安定運転の确实性を高める。



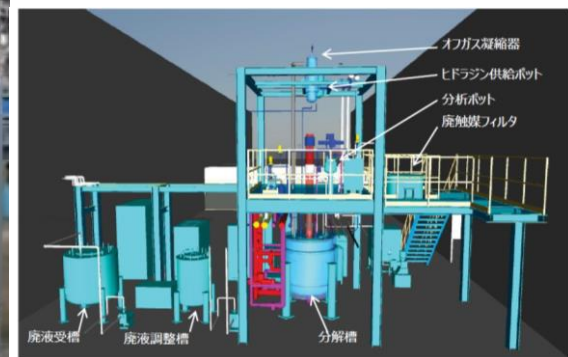
低放射性廃棄物処理技術開発施設 (LWTF)



セメント混練試験装置



硝酸根分解試験装置
(1/25スケール)



実証プラント規模試験装置のレイアウト

廃止措置を通じた原子力分野への貢献

東海再処理施設の廃止措置は、長期大型プロジェクトであり、全プロジェクトの工程管理を組織横断的に実施するため、業務運営(品質, コスト, 納期(スケジュール))を集中して管理するプロジェクトマネジメントオフィス(「廃止措置推進室」)を設置し、プロジェクト管理ツール等を用いた複数プロジェクトの同時並行的な工程管理の実証に取り組んでいる。

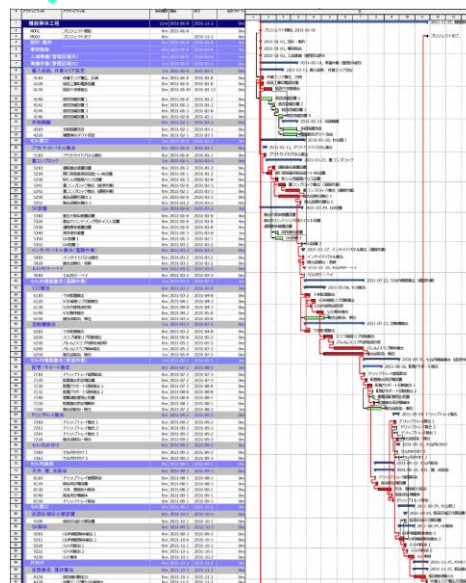


廃止措置工程の最適化

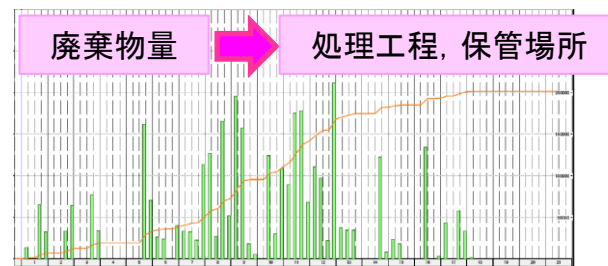
廃止措置工程

全体計画への反映

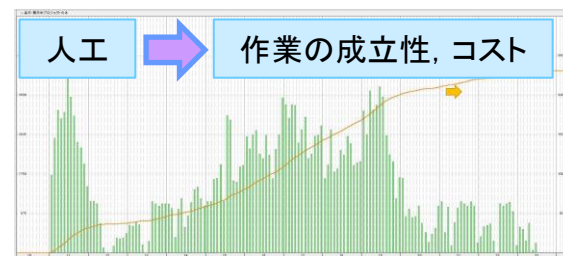
プロジェクト管理ツールを用いた工程管理



作業工程の詳細化・見える化



解体廃棄物発生量の検討



必要な人工数の検討

大型核燃料施設の廃止措置を通じて得られる様々な知見や経験を踏まえ、国内外の原子力施設における保守管理の効率化、廃止措置の期間短縮やコスト削減等の合理化に貢献する。

東海再処理施設の廃止措置を着実に進めるため、**国内の原子力施設の知見**はもとより、先行施設をもつ**フランス、イギリス、アメリカの他、OECD/NEA加盟国との国際協力**を進めており、効率的な計画策定、工程管理に反映している。

また、国内唯一の原子力研究開発の総合機関として、再処理技術の研究開発だけでなく、国際原子力機関(IAEA)、学生、原子力事業者の研修・トレーニングのフィールドとして、**国内外の原子力人材の育成や原子力産業基盤の整備**に貢献している。



海外の有識者を招聘した技術検討会議を開催

東海再処理施設の人材育成フィールドとしての活用例

- 東海再処理施設の廃止措置の実証は、原子力科学技術の研究開発のサイクルを構築し、社会から信頼・受容される持続可能な原子力利用を目指すための試金石であり、その取組を着実に進めることで、バックエンド問題の解決に貢献していく。
- 東海再処理施設は、原子力規制委員会から廃止措置計画の認可を受け、**2018年6月に廃止措置段階に移行**した。施設の廃止では、高放射性廃液のガラス固化による**リスクの早期低減を当面の最優先の課題**とし、施設の安全性向上対策等に取り組む。
- 欧米でいくつかの先行例があるものの、**国内初となる大型核燃料施設の廃止措置**であり、半世紀を超える長大なプロジェクトとなるため、地元や国民の皆様のご理解を得つつ、**安全確保を最優先**に、適切なプロジェクトマネジメントの下で、着実に廃止措置の実証を進める。
- 廃止措置を通じた技術開発では、**最先端技術を取り入れながら**、安全、迅速かつ効率的な施設の除染・解体等の**実証試験や人材育成のフィールド**として廃止施設を活用していくとともに、六ヶ所再処理施設の保守管理や廃止措置コストの削減等に貢献するための**廃止措置技術の体系構築**を目指す。