原子炉施設の廃止措置
ーふげんの廃止措置状況ー

独立行政法人日本原子力研究開発機構
敦賀本部　原子炉廃止措置研究開発センター

報 告 内 容

- 原子炉施設の廃止措置
- 「ふげん」の廃止措置状況
- 海外の廃止措置事例

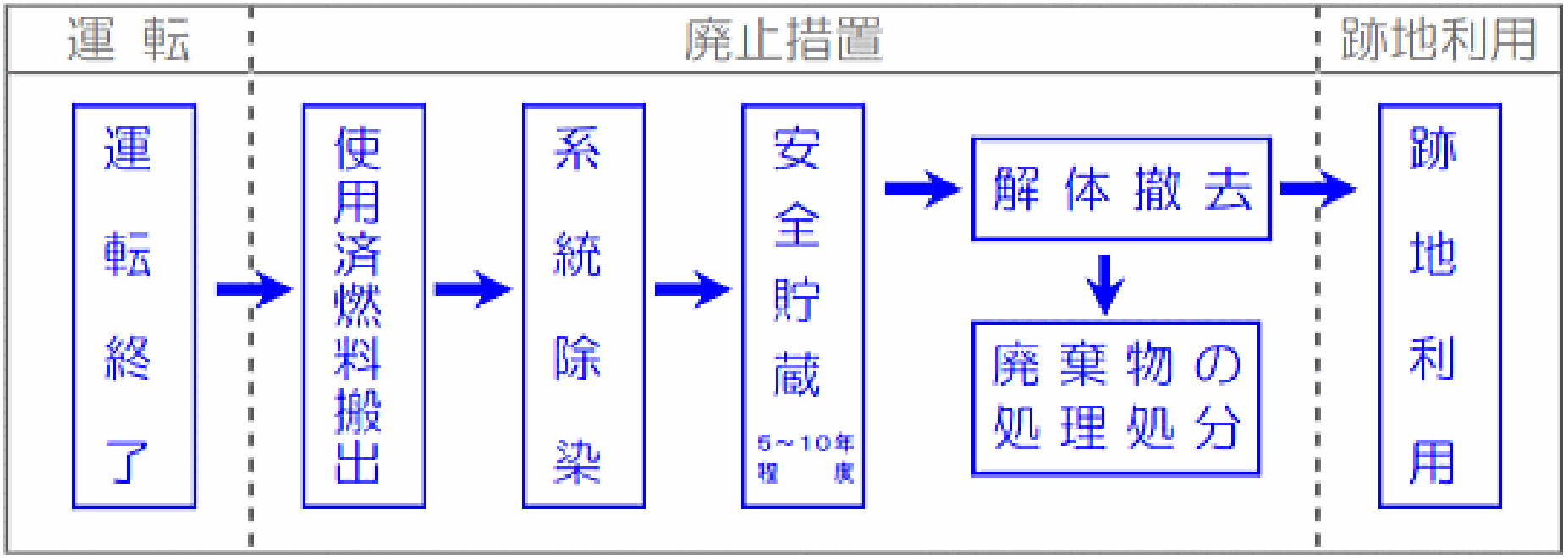
原子力発電所の廃止措置

運転終了後の原子力発電所の取り扱いのこと

我が国では、原子力発電所の運転終了後できるだけ早い時期に解体して、跡地を有効に利用していくこととしています。

- 原子炉施設の解体
- 保有する核燃料物質の譲渡
- 核燃料物質による汚染の除去
- 核燃料物質により汚染された物の廃棄等

商業用原子力発電施設の廃止措置の標準工程



新たな廃止措置規制（原子炉施設の例）

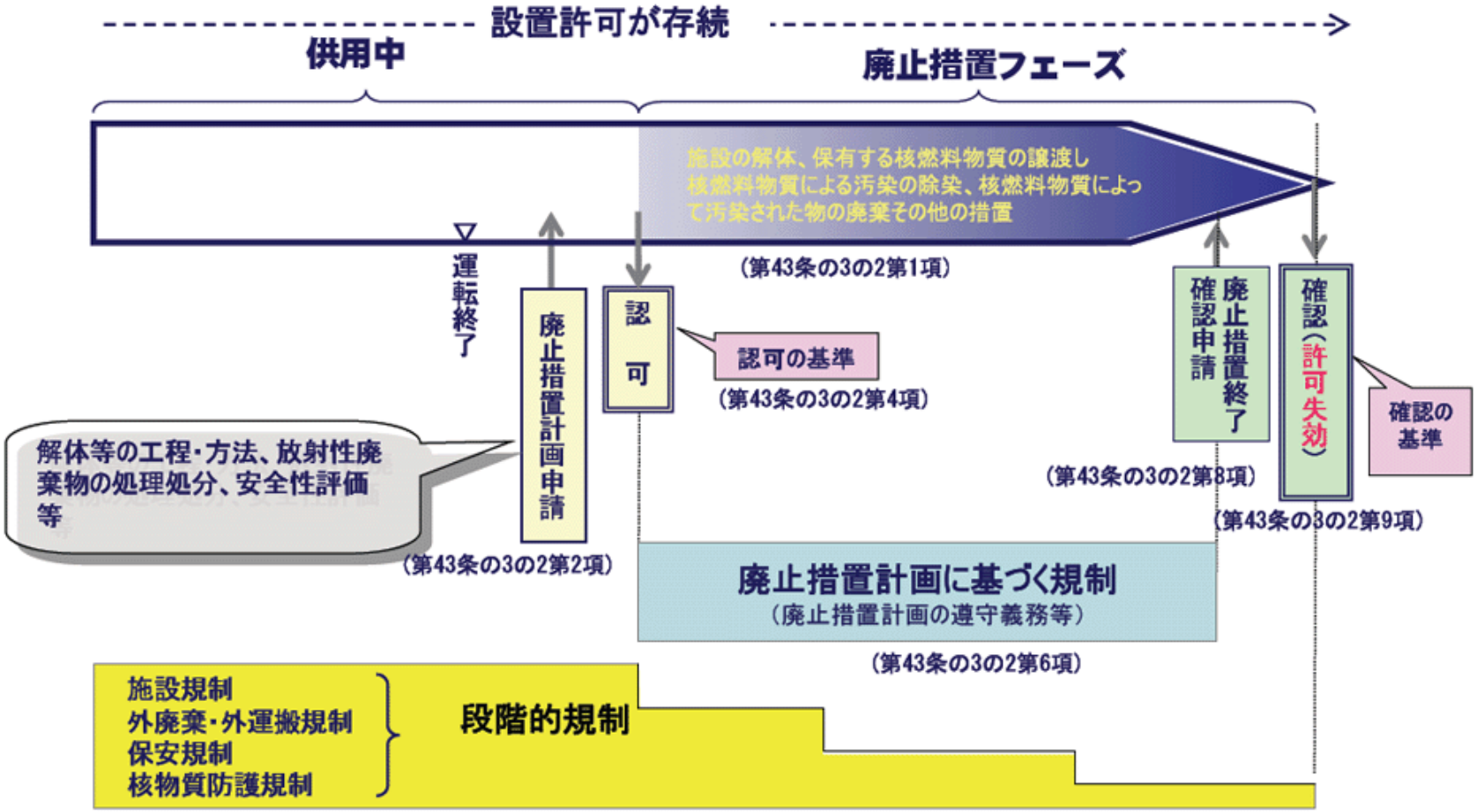
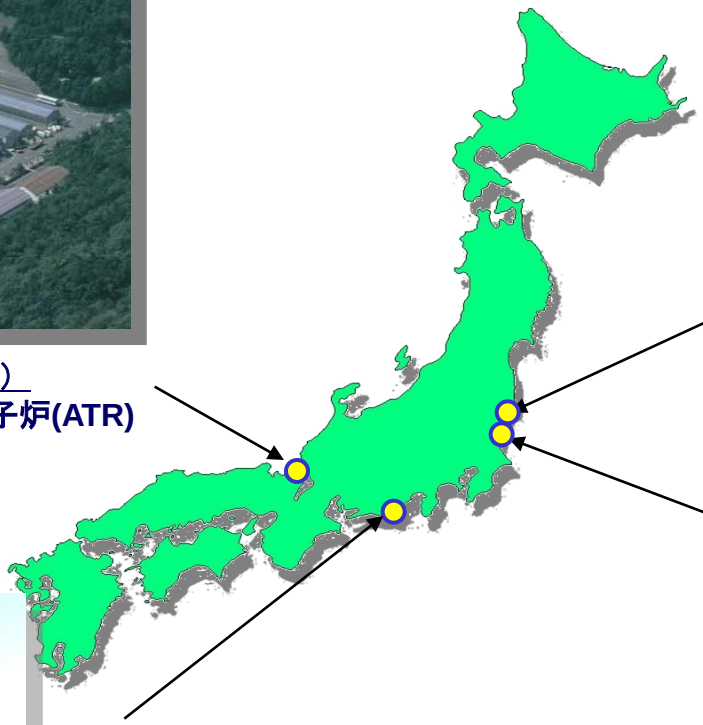


図1　廃止措置規制に関する法体系の概略（原子炉施設の例）

［出所］原子力安全・保安院 放射性廃棄物規制課：原子炉等規制法の改正について～クリアランス制度の導入と廃止措置規制制度の改正～（平成17年8月12日）、P.18、http://www.nsc.go.jp/senmon/shidai/haishi/haishi007/siryo2.pdf

国内における原子炉施設の廃止措置状況

日本原子力発電㈱HP（http://www.japc.co.jp/haishi/）より



新型転換炉ふげん 発電所（原子力機構）
- 重水減速・沸騰軽水冷却圧力管型原子炉(ATR)
- 電気出力：165 MW
- 運転期間：1978年3月～2003年3月
- 廃止措置：2008年2月～2028年

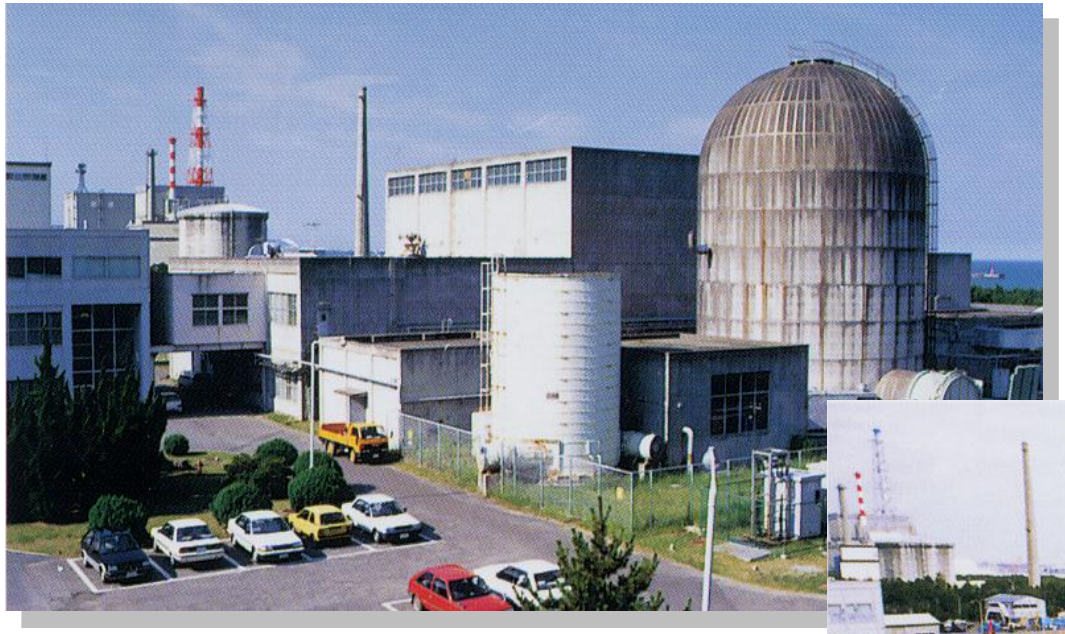
東海発電所（日本原子力発電㈱）
- 黒鉛減速・炭酸ガス冷却型原子炉
- 電気出力:：166 MW
- 運転期間:：1966年7月～1998年3月
- 廃止措置： 2001年12月～2021年

動力試験炉（日本原子力研究所)
- 沸騰水型軽水炉（JPDR）
- 電気出力：12.5 MW
- 運転期間：1963年10月～1976年3月
- 廃止措置：1986年5月～1996年3月

浜岡原子力発電所1・2号機（中部電力㈱）
- 沸騰水型軽水炉
- 電気出力：540 MW(1号機),840MW(2号機)
- 運転期間：1974年8月～2009年1月(1号機)
  1978年5月～2009年1月(2号機)
- 廃止措置：2009年11月 – 2036年

中部電力㈱HP（ http://www.chuden.co.jp/energy/hamaoka/hama_about/location/ ）より

日本初の廃止措置（動力試験炉〔JPDR〕）



解体前（1986年5月）

一口メモ： 原子力の日（10月26日）

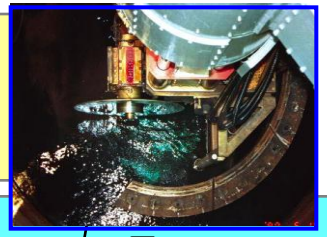
我が国が国際原子力機関（IAEA）憲章に調印した日（昭和31年同日）と、日本原子力研究所の動力試験炉が日本で初めて原子力発電に成功した日（昭和38年同日）にちなみ、昭和39年に設けられた記念日です。

動力試験炉（JPDR）とは

JPDR（電気出力12.5MW、BWR）は、原子力発電所の建設、運転、保守の経験を得ること、および発電用原子炉の国産化に貢献するために、茨城県東海村に建設され、昭和51年3月に運転を終了しました。

解体完了後 （1996年3月）

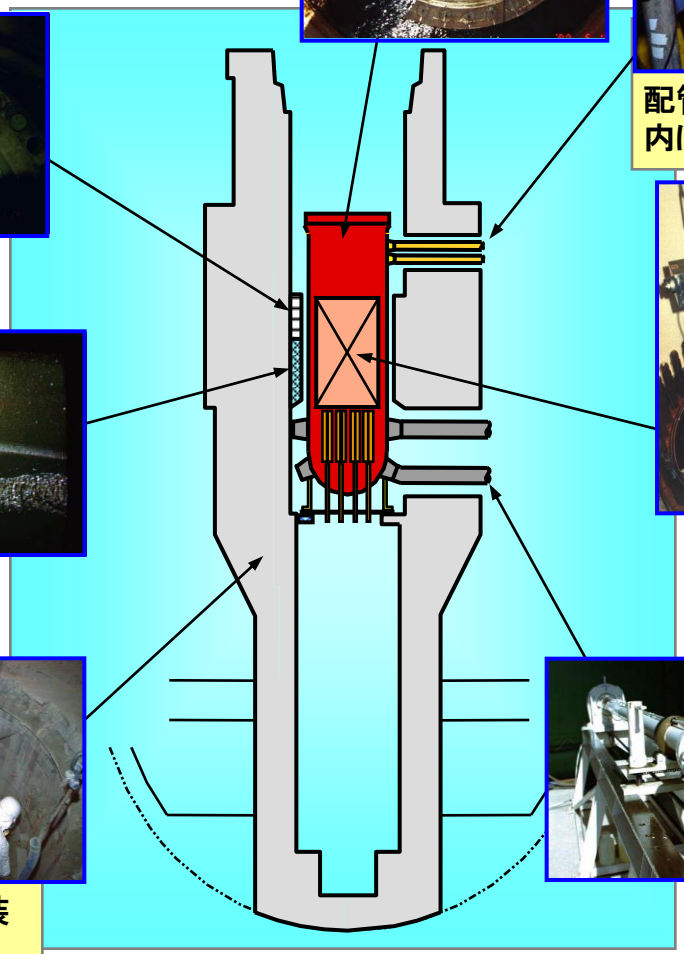
JPDRの廃止措置に適用した工法

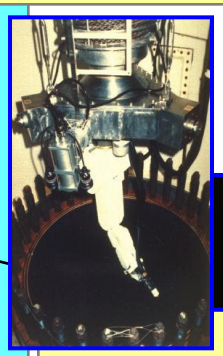


アークソー切断装置
高速回転するブレードと被切断物間にアークを発生させて被切断物を溶融して切断

成型爆薬
配管切断用に特殊成型した爆薬を小型ロットで配管内に装てんし、爆破させて配管を切断

機械的切断装置
ダイアモンドブレードとコアボーリングによる切断

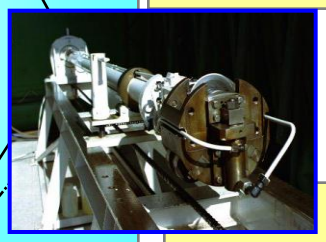




プラズマアーク切断装置
トーチ電極と被切断物間にアークを発生させて高温のプラズマ状態ガス気流を作り、被切断物を溶融して切断

水ジェット切断装置
小孔ノズルから研磨材を含む高圧水を吹き付けて切断

制御爆破工法
コンクリートに装薬孔をあけ、爆薬を装てんして爆破させて破砕

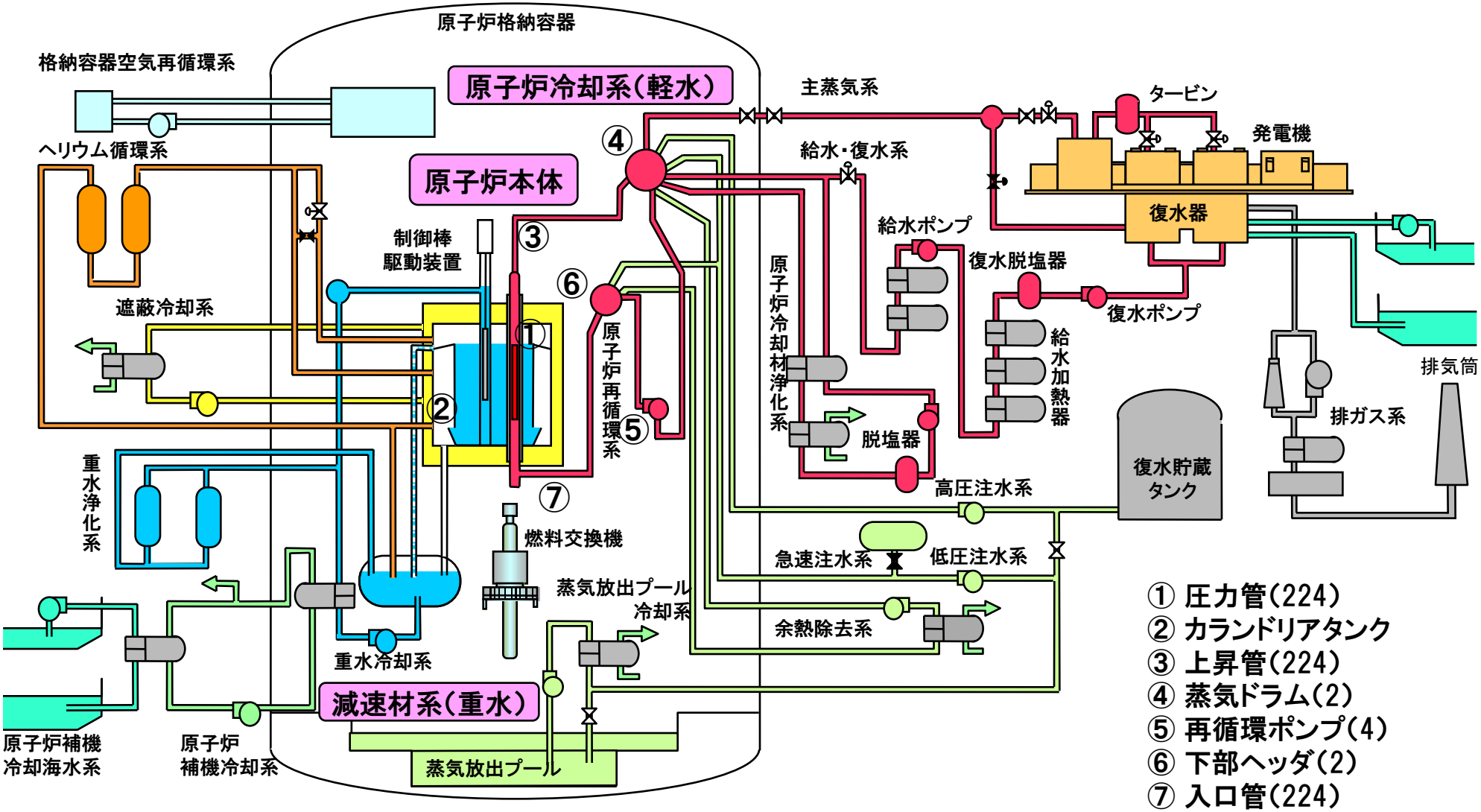


ディスクカッター切断装置
円盤状の特殊鋼製ナイフを配管内表面に高圧で押しつけ回転させ、内側から切断

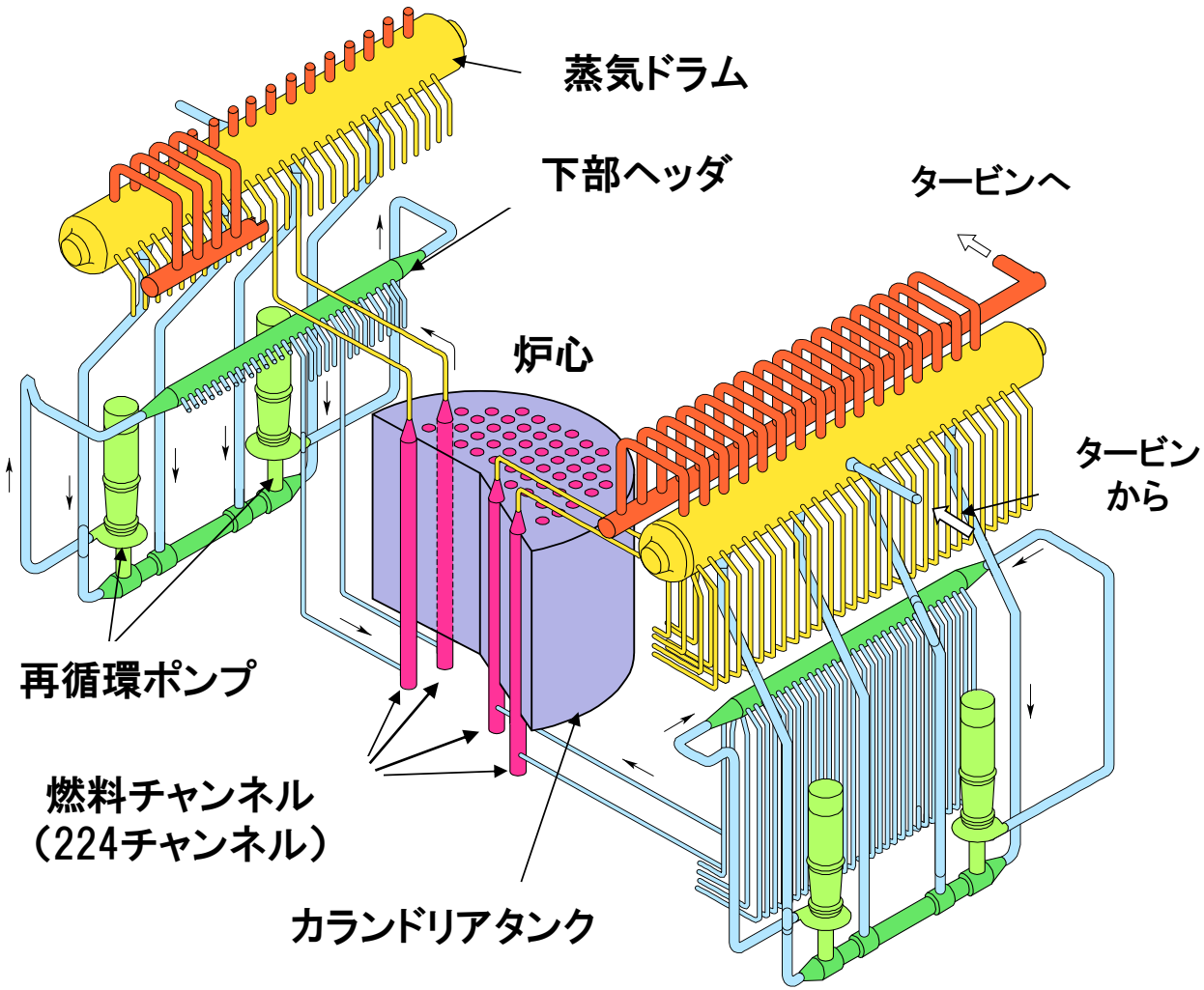
報 告 内 容

- 原子炉施設の廃止措置
- 「ふげん」の廃止措置状況
- 海外の廃止措置事例

「ふげん」の系統概要


原子炉格納容器
格納容器空気再循環系
原子炉冷却系(軽水)
主蒸気系
タービン
発電機
ヘリウム循環系
原子炉本体
給水・復水系
復水器
給水ポンプ
制御棒
駆動装置
復水脱塩器
遮蔽冷却系
原子炉冷却材浄化系
復水ポンプ
原子炉再循環系
給水加熱器
排気筒
排ガス系
脱塩器
重水浄化系
復水貯蔵タンク
高圧注水系
燃料交換機
急速注水系
低圧注水系
蒸気放出プール冷却系
余熱除去系
重水冷却系
減速材系(重水)
原子炉補機冷却海水系
原子炉補機冷却系
蒸気放出プール
① 圧力管(224)
② カランドリアタンク
③ 上昇管(224)
④ 蒸気ドラム(2)
⑤ 再循環ポンプ(4)
⑥ 下部ヘッダ(2)
⑦ 入口管(224)

「ふげん」の原子炉冷却系概要

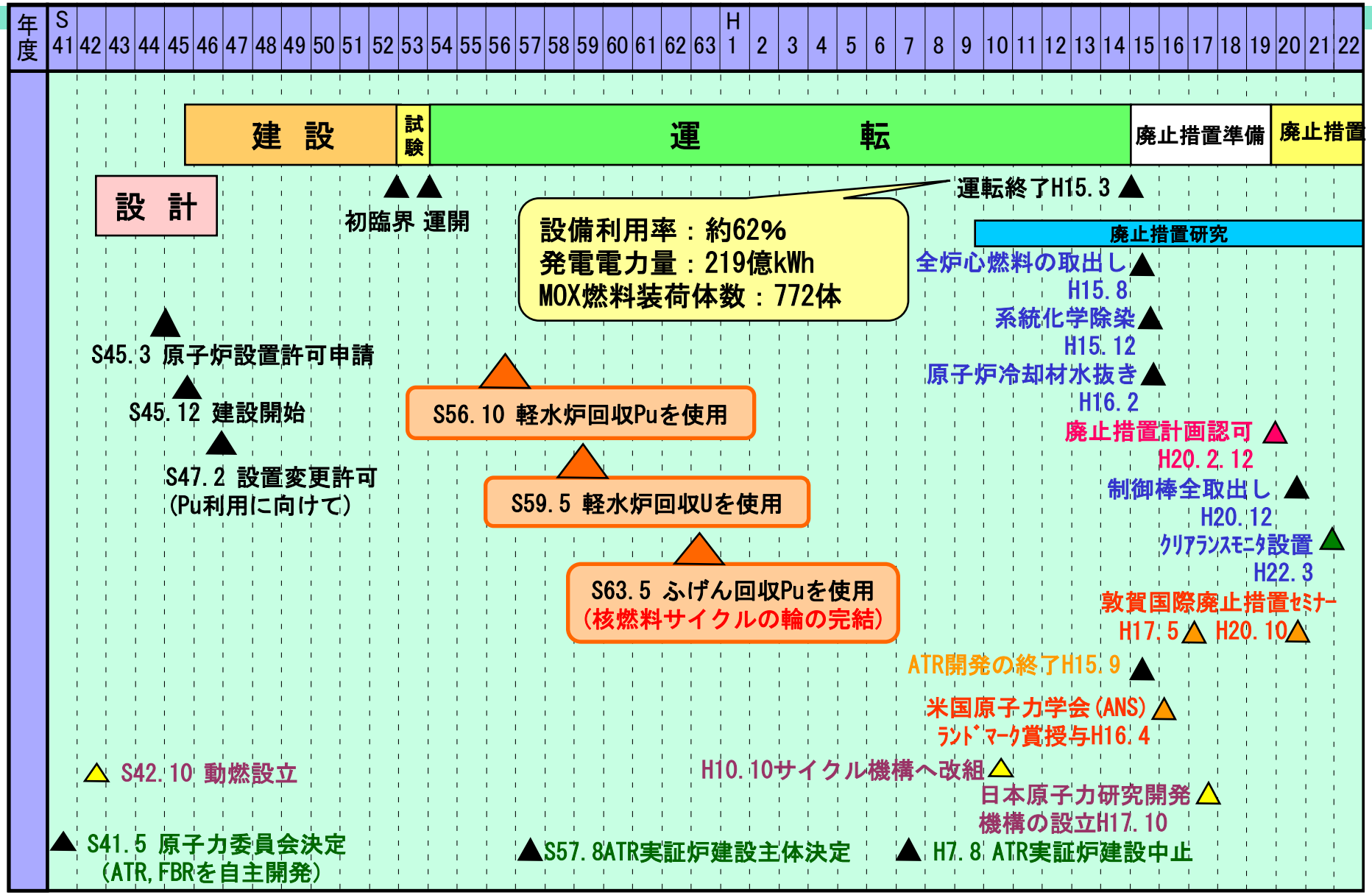


原子炉出力	熱出力: 557 MWt 電気出力: 165 MWe
炉心	高さ : 3,700 mm 直径 : 4,050 mm 燃料チャンネル数 : 224
重水系	重水装荷重量 : 160 t 重水温度: 70 °C
原子炉 冷却系	冷却材 : 軽水（H_2O） 圧力 : 68 kg/cm^2 温度 : 284 °C （蒸気ドラム部） 炉心流量: 7,600 t/h 再循環回路数: 2ループ

「ふげん」の主要プラント諸元

●炉型式	重水減速沸騰軽水冷却型（圧力管型）
●出力	電気出力　16.5万kW（熱出力55.7万kW）
●炉心	炉心高さ　3.7m　炉心直径　4.0m 圧力管間隔　240mm　燃料装荷重量　39t（総ペレット重量）
●圧力管	ジルコニウム2.5%ニオブ合金（内径118mm　肉厚4.3mm）
●カランドリア管	ジルカロイ-2（内径156.4mm　肉厚1.9mm）
●重水系	重水装荷重量　160t
●原子炉冷却系	冷却材　軽水（H_2O）　蒸気ドラム温度　284°C　圧力　68kg/cm^{2}G 炉心流量　7.600t/h 再循環回路数　2ループ
●タービン	蒸気温度　279°C　蒸気圧力　63.5kg/cm^{2}G 蒸気流量　910t/h
●敷地面積	約275.000m^2（東京ドームの約6倍の広さ）
●原子炉建屋	全高　66m　直径　約40.5m
●原子炉補助建屋	長さ　約40m　幅　約35m　高さ　約33.5m

「ふげん」の歩み


年度
S41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 H1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22
建 設
試験
運 転
廃止措置準備
廃止措置
設 計
初臨界 運開
運転終了H15.3
設備利用率：約62%
発電電力量：219億kWh
MOX燃料装荷体数：772体
廃止措置研究
全炉心燃料の取出し H15.8
系統化学除染 H15.12
原子炉冷却材水抜き H16.2
廃止措置計画認可 H20.2.12
制御棒全取出し H20.12
ｸﾘｱﾗﾝｽﾓﾆﾀ設置 H22.3
敦賀国際廃止措置ｾﾐﾅｰ H17.5 H20.10
ATR開発の終了H15.9
米国原子力学会(ANS) ﾗﾝﾄﾞﾏｰｸ賞授与H16.4
S45.3 原子炉設置許可申請
S45.12 建設開始
S47.2 設置変更許可 (Pu利用に向けて)
S56.10 軽水炉回収Puを使用
S59.5 軽水炉回収Uを使用
S63.5 ふげん回収Puを使用 (核燃料サイクルの輪の完結)
S42.10 動燃設立
H10.10サイクル機構へ改組
日本原子力研究開発機構の設立H17.10
S41.5 原子力委員会決定 (ATR,FBRを自主開発)
S57.8ATR実証炉建設主体決定
H7.8 ATR実証炉建設中止

「ふげん」廃止措置の基本方針

- 安全の確保
- 既存技術の徹底活用による合理的な廃止措置
- 発生廃棄物の低減など環境への負荷軽減
- 情報公開の推進
- 地域社会の理解と支援が得られる事業の推進

原子炉廃止措置研究開発センターの取組み

廃止措置技術の開発・集約
- 原子炉本体の遠隔解体技術
- 廃止措置エンジニアリング技術
- 残留放射能評価・除染技術
- 放射性廃棄物の処理技術
- 「ふげん」解体経験・実績の蓄積

国内外研究機関との協力
- OECD/NEA*廃止措置計画
- 英国(NDA)、仏国(CEA)協力協定
- 中部電力との技術協力協定
- アジア地域関連機関との連携
- 国内大学、研究機関との連携
- 国内関連機関/電力との連携

＊:経済協力開発機構／原子力機関

廃止措置技術の発信・普及
- 「ふげん」の廃止措置技術
- 海外の廃止措置技術情報
- 廃止措置に係る理解促進

機構内技術の融合・集中化
- 敦賀本部ﾚｰｻﾞｰ共同研究所との融合・連携
- 機構内廃止措置技術の集約

原子炉廃止措置研究開発センター

協力・支援

研究開発拠点化(福井県)
ｴﾈﾙｷﾞｰ研究開発拠点化推進組織
(若狭湾ｴﾈﾙｷﾞｰ研究ｾﾝﾀｰ)
↑
1. 安全・安心の確保
2. 研究開発機能の強化
3. 人材の育成・交流
4. 産業の創出・育成

文部科学省
- 試験研究炉等廃止措置安全性実証等(H16～H20)
- 研究開発段階炉等の廃止措置技術の研究開発(H21～)

(㈶原子力安全技術センター)

施設の活用

支援(講師・情報)

連携

経済産業省
- 原子力発電施設高経年化調査研究

(原子力安全保安院
→原子力安全基盤機構)

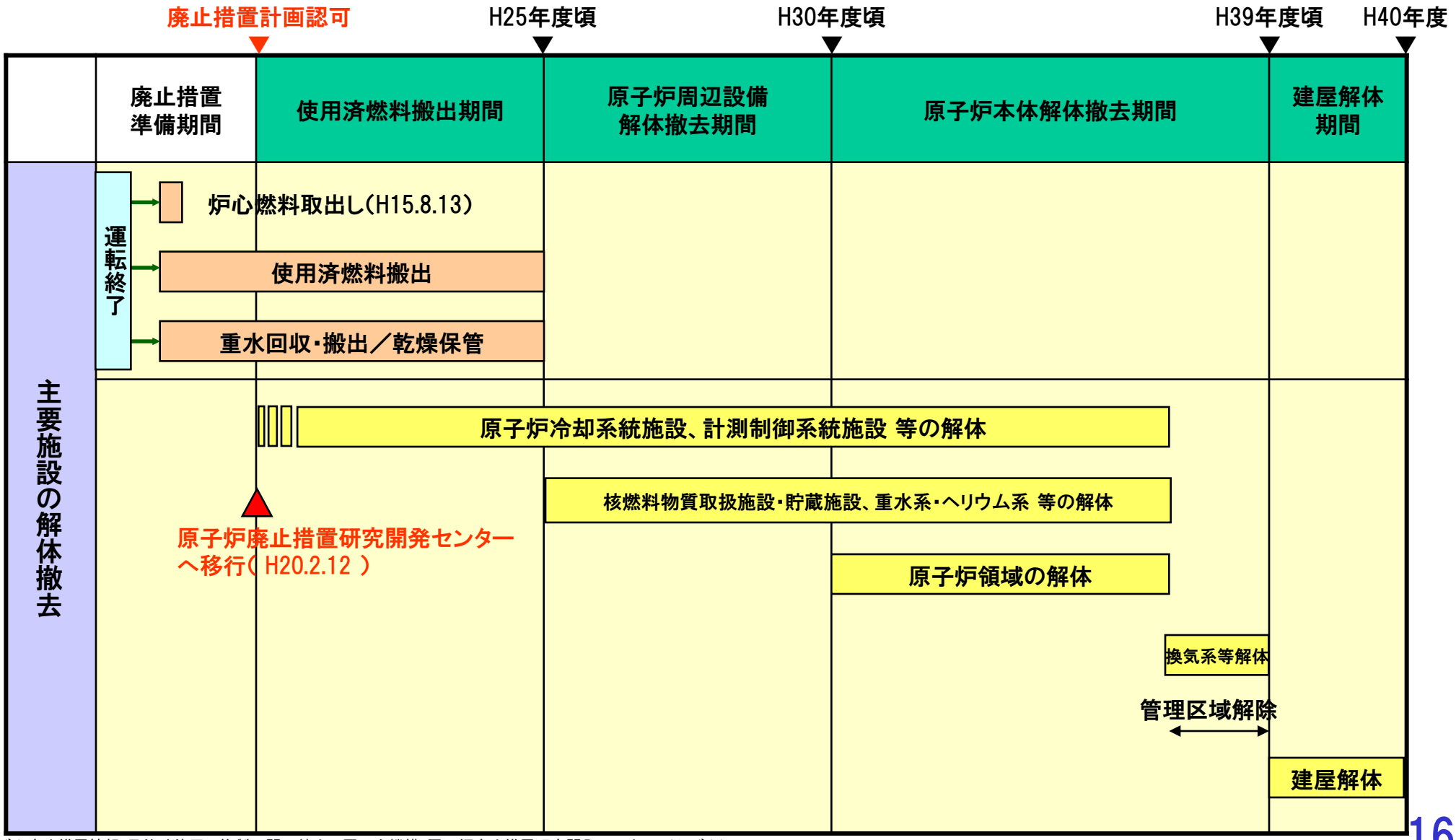
高経年化調査研究会

地元産業界との連携
- 廃止措置研究会(敦賀商工会議所)
- 拠点化研修事業(企業向研修)

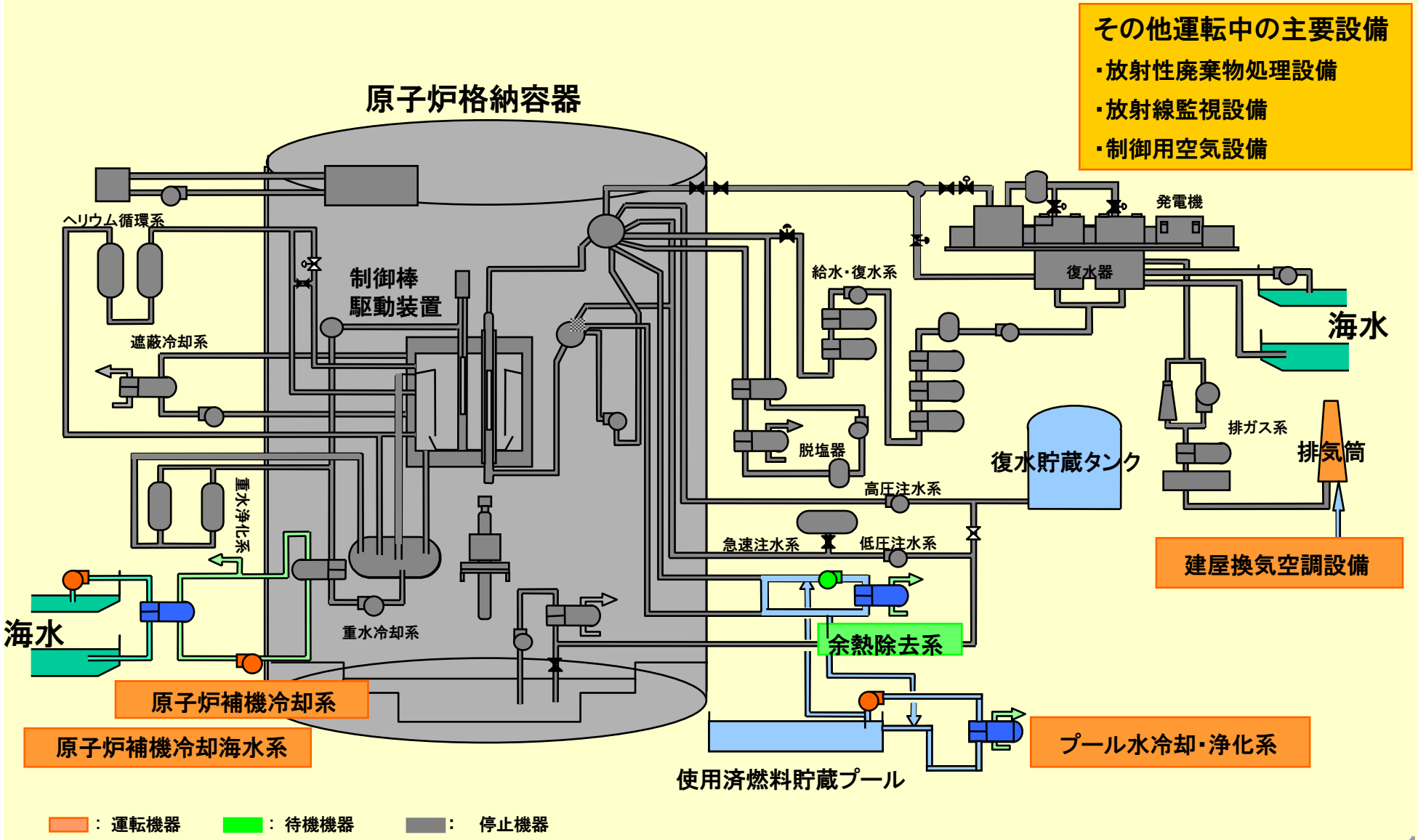
参画

地元企業

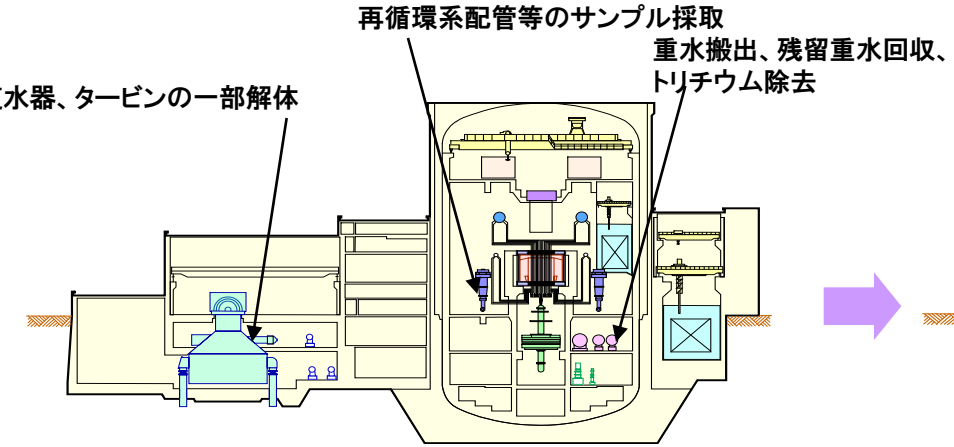
「ふげん」の廃止措置スケジュール



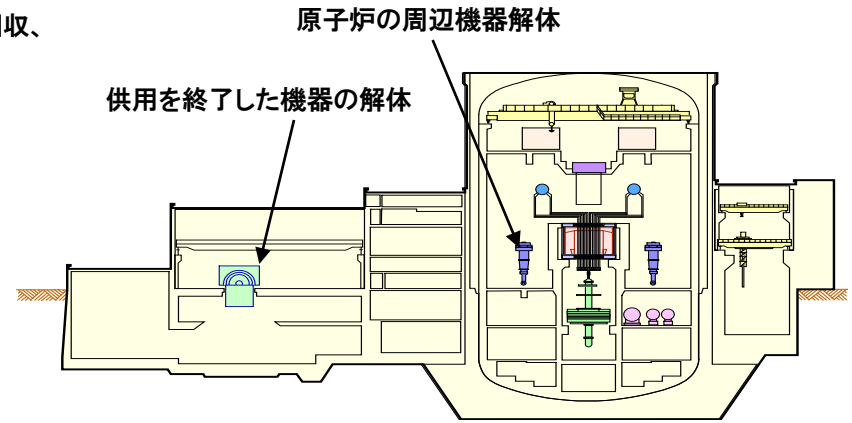
原子炉施設の運転状況


その他運転中の主要設備
・放射性廃棄物処理設備
・放射線監視設備
・制御用空気設備
原子炉格納容器
ヘリウム循環系
制御棒
駆動装置
遮蔽冷却系
重水浄化系
重水冷却系
海水
原子炉補機冷却系
原子炉補機冷却海水系
給水・復水系
発電機
復水器
海水
脱塩器
復水貯蔵タンク
排ガス系
排気筒
高圧注水系
急速注水系
低圧注水系
建屋換気空調設備
余熱除去系
プール水冷却・浄化系
使用済燃料貯蔵プール
：運転機器
：待機機器
：停止機器

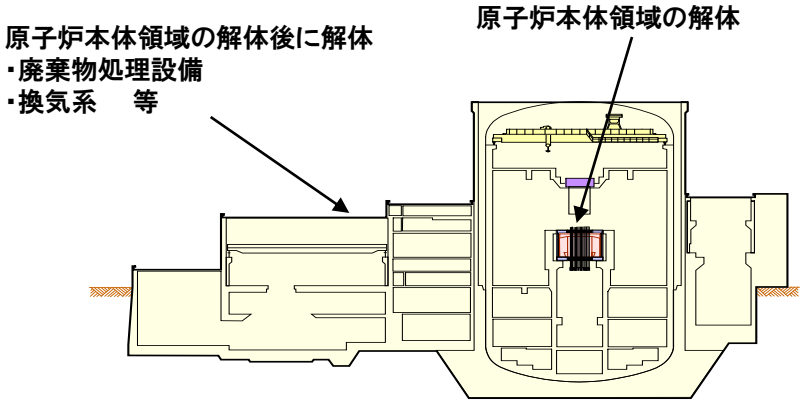
原子炉施設の解体撤去のイメージ



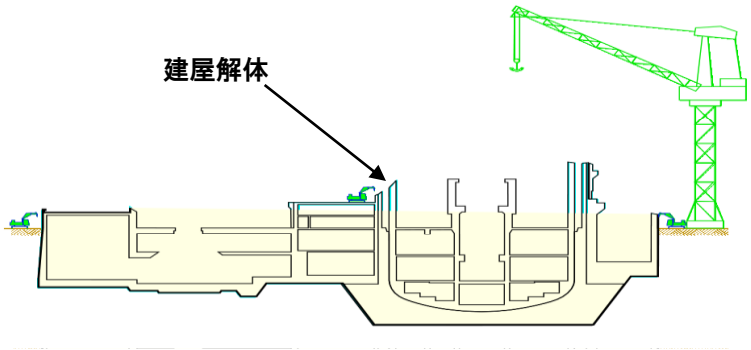
① 使用済燃料搬出期間



② 原子炉周辺設備解体撤去期間

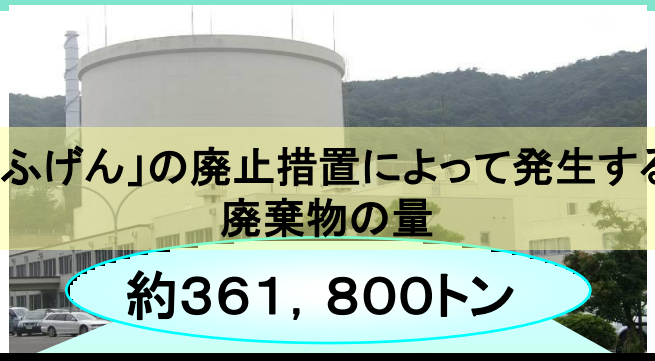


③ 原子炉本体解体撤去期間



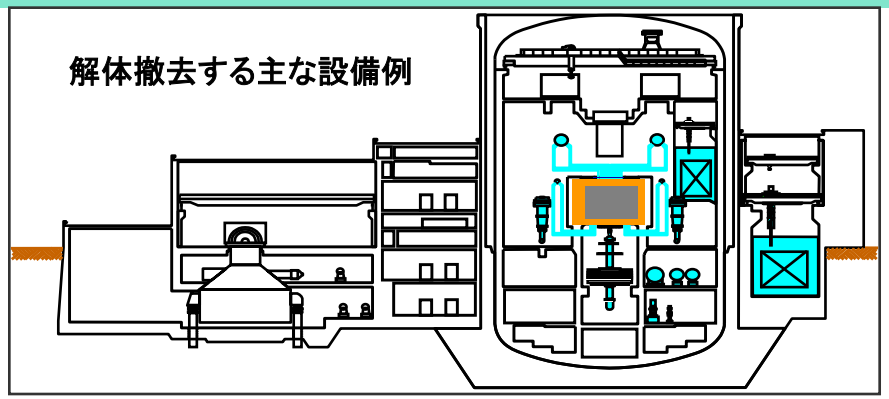
④ 建屋解体撤去期間

「ふげん」から発生する解体撤去物



「ふげん」の廃止措置によって発生する廃棄物の量

約361，800トン



放射能レベル区分		汚染分布図の凡例	発生量（単位:トン）
低レベル放射性廃棄物	放射能レベルの比較的高いもの（レベル1）		約500
	放射能レベルの比較的低いもの（レベル2）		約4,400
	放射能レベルの極めて低いもの（レベル3）		約45,500
放射性物質として扱う必要のないもの			約600
合　計			約50,800
放射性廃棄物でない廃棄物（管理区域外からの発生分を含む）			約141,000
（＊）汚染のない地下の建屋、構造物、事務所、倉庫等			約170,000
（＊）廃止措置計画書記載対象外	総　計		約361,800

除染作業

クリアランス制度*による分別

放射能レベルが基準値より高い

放射能レベルが基準値より低い

・放射性廃棄物として処分（約10，000トン程度）
- ﾚﾍﾞﾙ1 ⇒ 余裕深度処分
- ﾚﾍﾞﾙ2 ⇒ ｺﾝｸﾘｰﾄﾋﾟｯﾄ処分
- ﾚﾍﾞﾙ3 ⇒ ﾄﾚﾝﾁ処分

・一般廃棄物と同様な処分

・リサイクル

（約352，000トン程度）

*クリアランスとは？

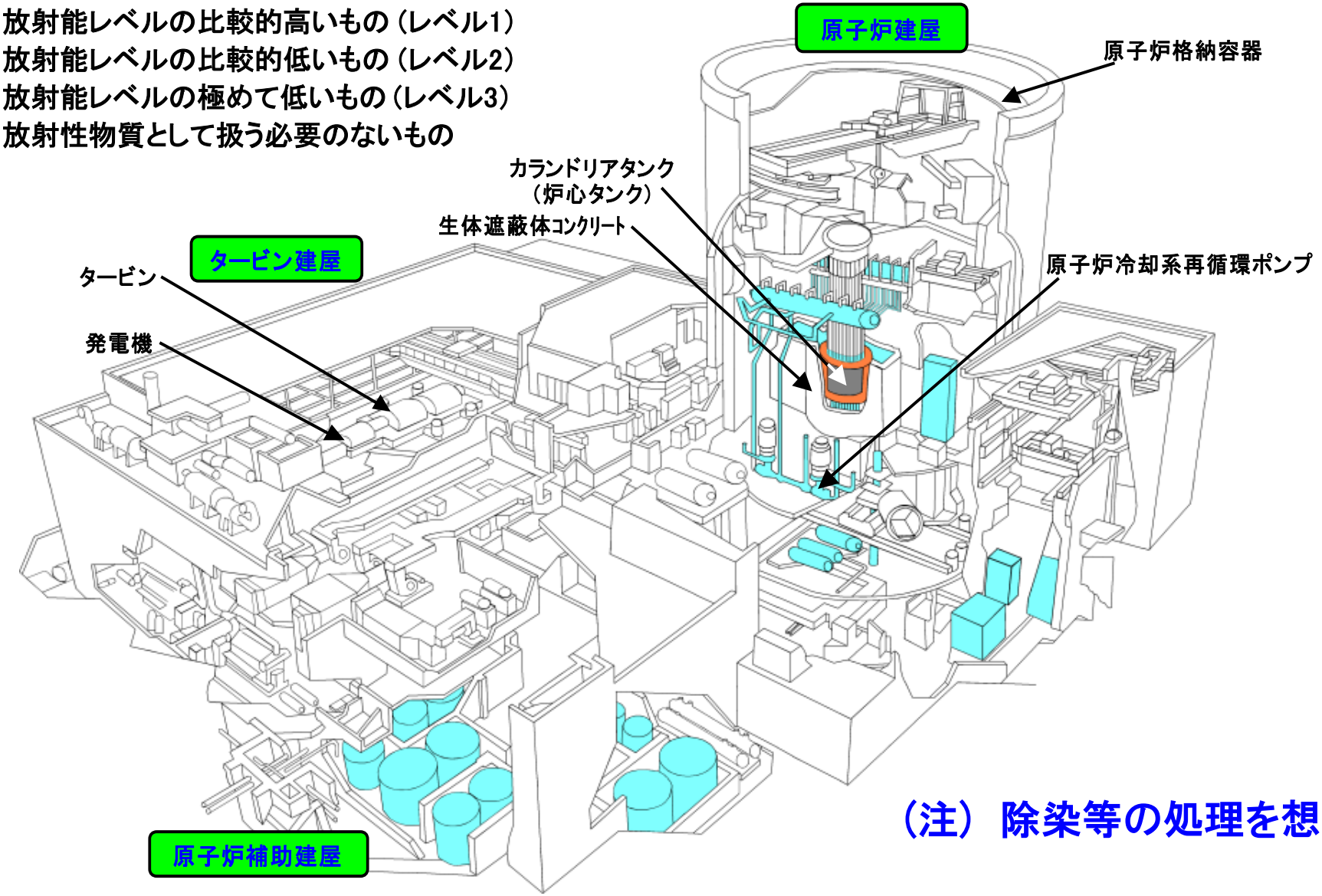
放射性物質の放射能濃度が極めて低く、人の健康への影響が無視できるものについて、放射性物質として扱わず、普通の産業廃棄物として再利用・処分できるようにする制度

●推定発生量は、十トン単位で切り上げ，合計値については、百トン単位で切り上げた値である。（端数処理のため合計値が一致しないことがある）

●放射能レベル区分毎の物量は，除染を考慮していないレベル区分で集計したものである。（今後の除染等により各レベルの数量は変わりうる）

「ふげん」の放射能レベル区分

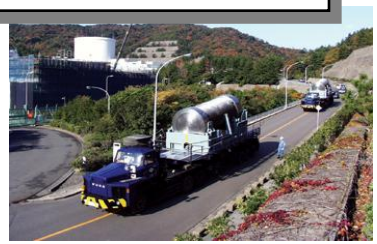
- :放射能レベルの比較的高いもの（レベル1）
- :放射能レベルの比較的低いもの（レベル2）
- :放射能レベルの極めて低いもの（レベル3）
- :放射性物質として扱う必要のないもの



（注） 除染等の処理を想定

使用済燃料の輸送・重水の搬出

○使用済燃料輸送全体計画(予定)



陸上輸送

輸送容器の積込み

海上輸送

→ 東海 再処理施設

	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
使用済燃料輸送								

○重水搬出全体計画(予定)

IP-3型
輸送容器

↓ IP-3型容器を
保護容器に収納

↓ 保護容器毎
コンテナに収納

《ふげん》

	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23
サンプル輸送 重水前処理 重水輸送								

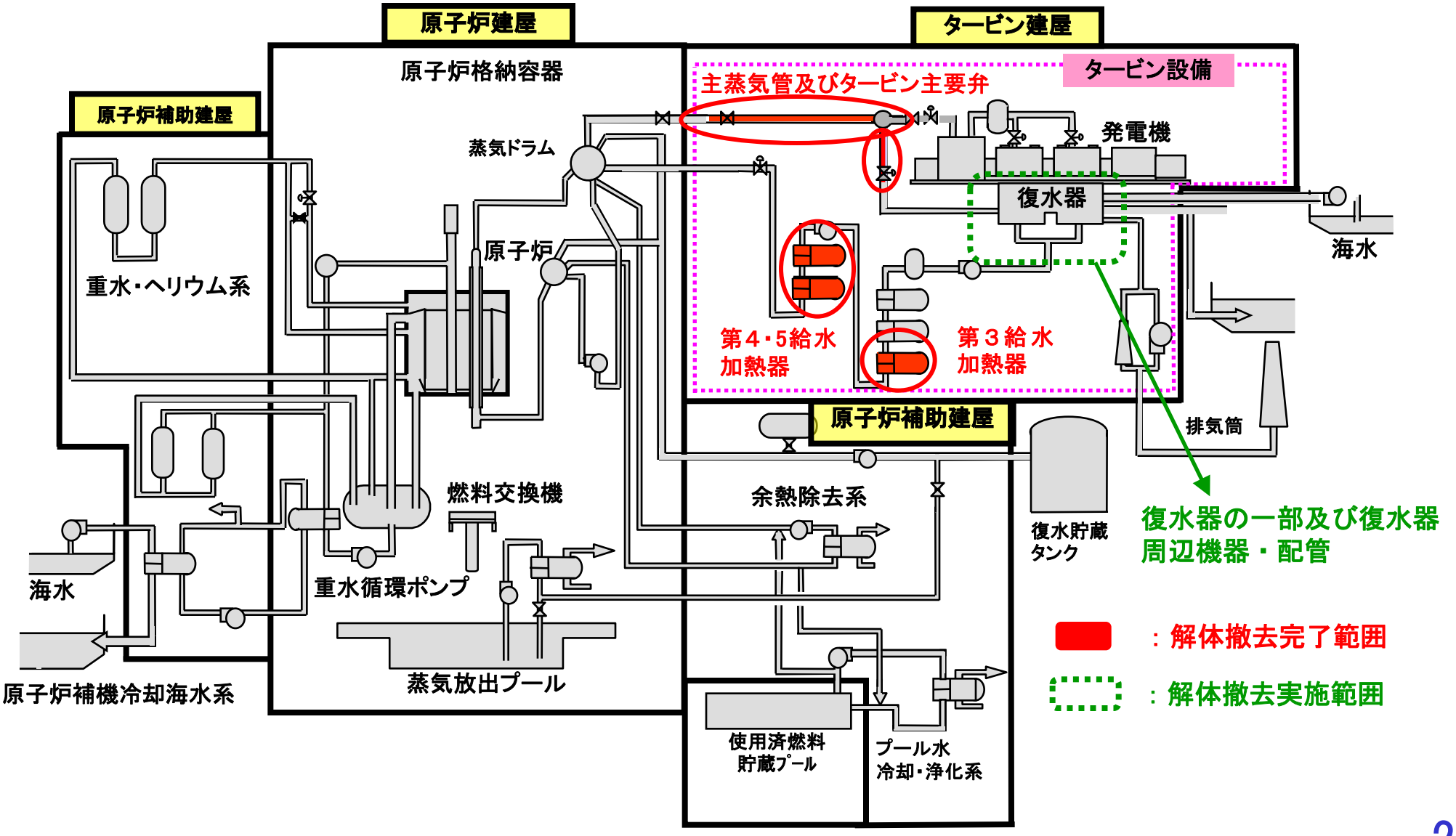
・IP-3型輸送容器48本／コンテナ
・2コンテナ／1輸送(重水量約19m^3)
・2輸送／年 (平成17年度～23年度)予定

コンテナ陸上輸送

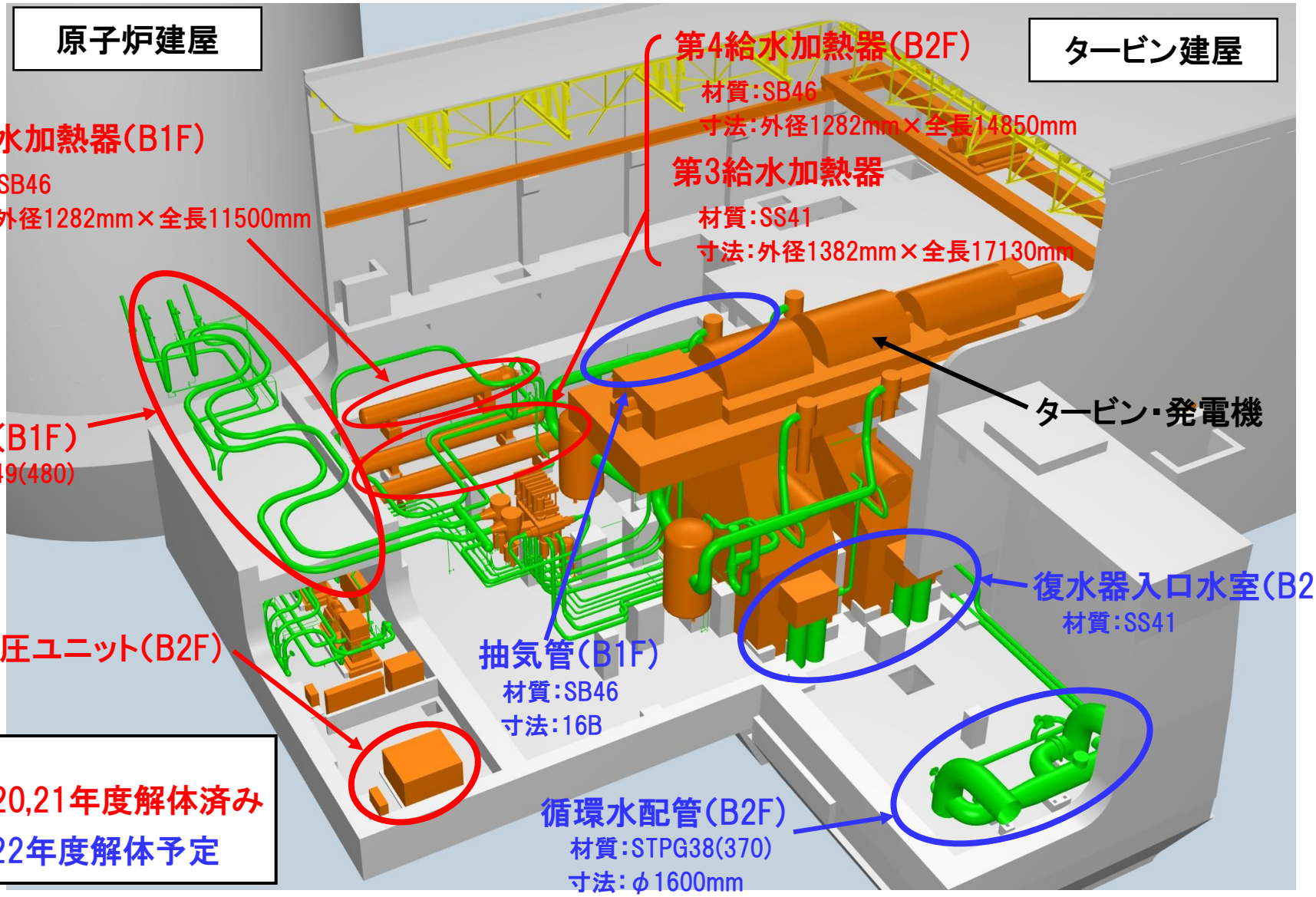
コンテナ海上輸送

→ カナダ 電力会社

これまでの解体撤去工事範囲



解体撤去工事の主な対象設備・機器



凡例

:H20,21年度解体済み

:H22年度解体予定

解体撤去工事の作業フロー例

作業準備	・ｸﾞﾘｰﾝﾊｳｽ、足場、養生等の設置
解体撤去範囲の確認	・ｱｲｿﾚｰｼｮﾝ確認、供用中設備との識別確認
保温材撤去	・保温材（石綿）と外装板の分別
切断箇所マーキング	・切断箇所のﾏｰｷﾝｸﾞ（ﾋﾞﾆｰﾙﾃｰﾌﾟ等）
機器・配管等の解体撤去	・機械的切断（ﾊﾞﾝﾄﾞｿｰ、ｾｰﾊﾞｰｿｰ、ﾃﾞｨｽｸｸﾞﾗｲﾝﾀﾞｰ 等） ・熱的切断　（ｶﾞｽ切断機、ﾌﾟﾗｽﾞﾏ切断機　等）
基礎の解体撤去	・ｺﾝｸﾘｰﾄﾌﾞﾚｰｶｰ、電気ﾊﾝﾏ
解体撤去物等の分別管理	・放射能ﾚﾍﾞﾙ区分及び機器種別に応じて識別 ・解体撤去物等認識帳票（QRｺｰﾄﾞ）の貼付 ・解体撤去物等管理票の作成 ・放射性廃棄物 ⇒ 固体廃棄物貯蔵庫で保管 ・放射性物質として扱う必要のないもの ⇒ 一時保管場所
後片付け	・ｸﾞﾘｰﾝﾊｳｽ、足場、養生等の撤去

第3・4給水加熱器等の解体撤去工事
【着工前】

第3･4給水加熱器等の解体撤去工事
【保温材撤去】

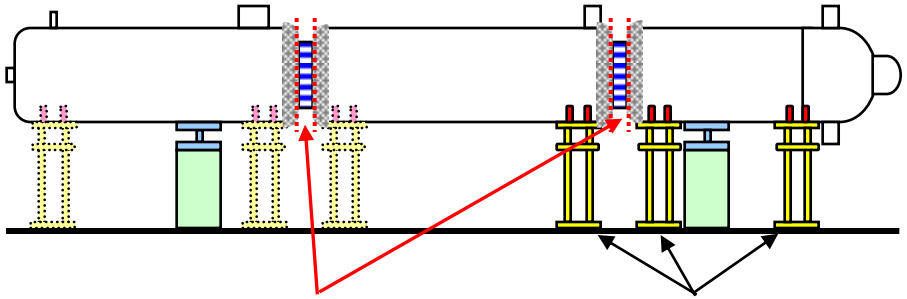
第3・4給水加熱器等の解体撤去工事
【配管切断】

第3・4給水加熱器等の解体撤去工事
【機器・配管類の解体撤去】

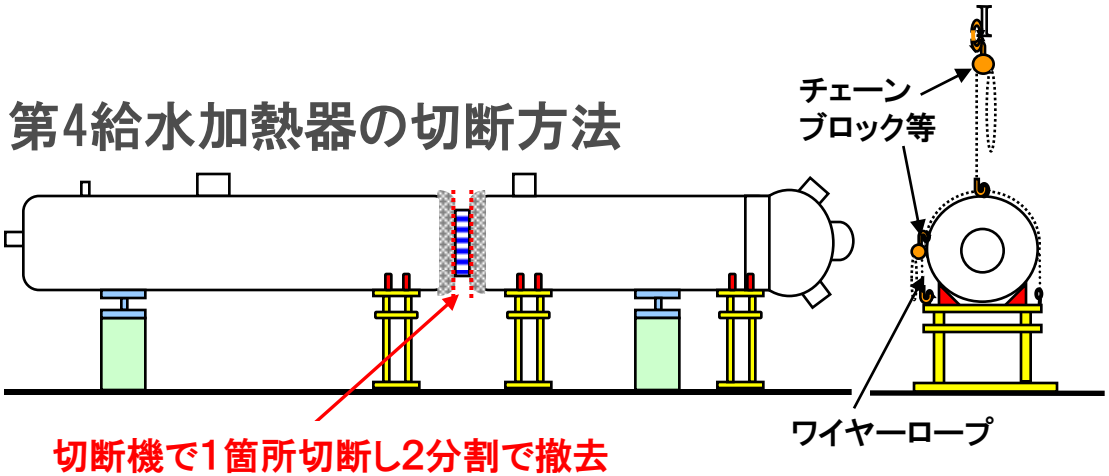
第3・4給水加熱器等の解体撤去工事

【給水加熱器胴切断】

第3給水加熱器の切断方法



第4給水加熱器の切断方法



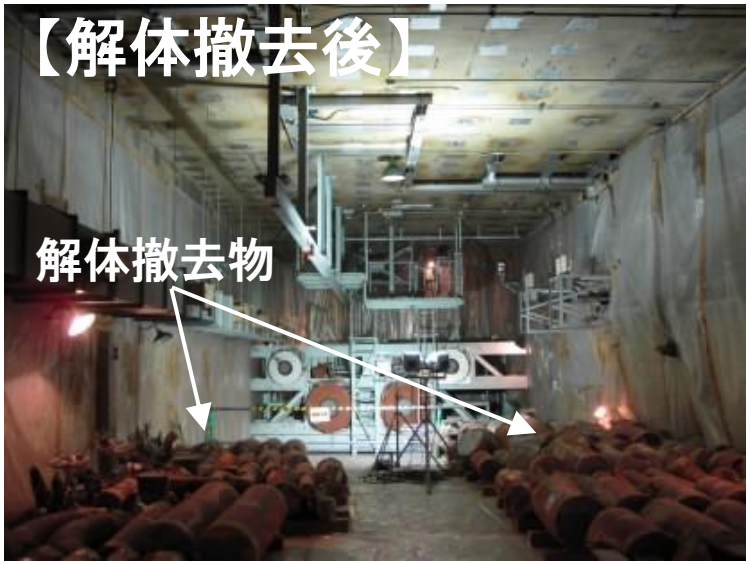
機械切断(オービタルパイプ切断機)

熱切断(自動パイプガス切断機)

第3･4給水加熱器等の解体撤去工事

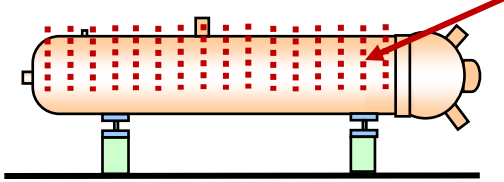
【第3･4給水加熱器撤去後】

主蒸気管等の解体撤去工事

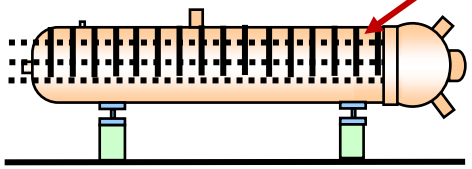


第5給水加熱器等の解体撤去工事(1)

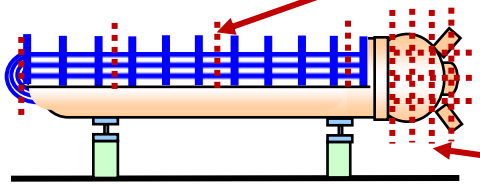
① 胴板の上部2/3程度をガス溶断(半自動)にて切断線入れ



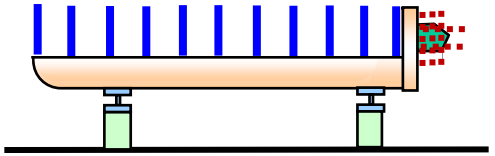
② 50cm角程度になるようガス溶断(手動)にて切断



③ 伝熱管は粗断後に引き抜き、水室はガソリン溶断にて切断

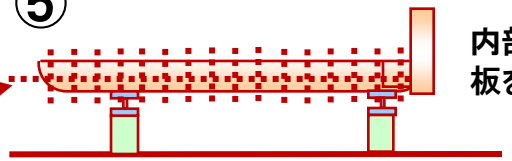


④



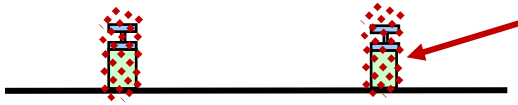
内部構造物のうち、取外し可能なものは取り外したうえで取外し困難なものは据付状態で、ガス溶断にて切断

⑤



内部構造物の解体後に残りの胴板をガス溶断(手動)にて切断

⑥ 基礎コンクリートはブレーカにて破砕(コンクリートと鉄筋は分離)



第5給水加熱器の解体撤去で使用した主な工具

- ■胴板(CS,16mm厚) ⇒ ガス溶断器(半自動・手動)
- ■水室(CS,55mm厚) ⇒ ガソリン酸素溶断器
- ■伝熱管(SUS,φ16mm) ⇒ バンドソー、チップソー、プラズマ溶断器
- ■基礎コンクリート ⇒ コンクリートブレーカ、電動ハンマ

第5給水加熱器等の解体撤去工事(2)

【解体撤去前】

【解体撤去後】

切断方法の例

バンドソーによる切断

ガス切断器（手動）による切断

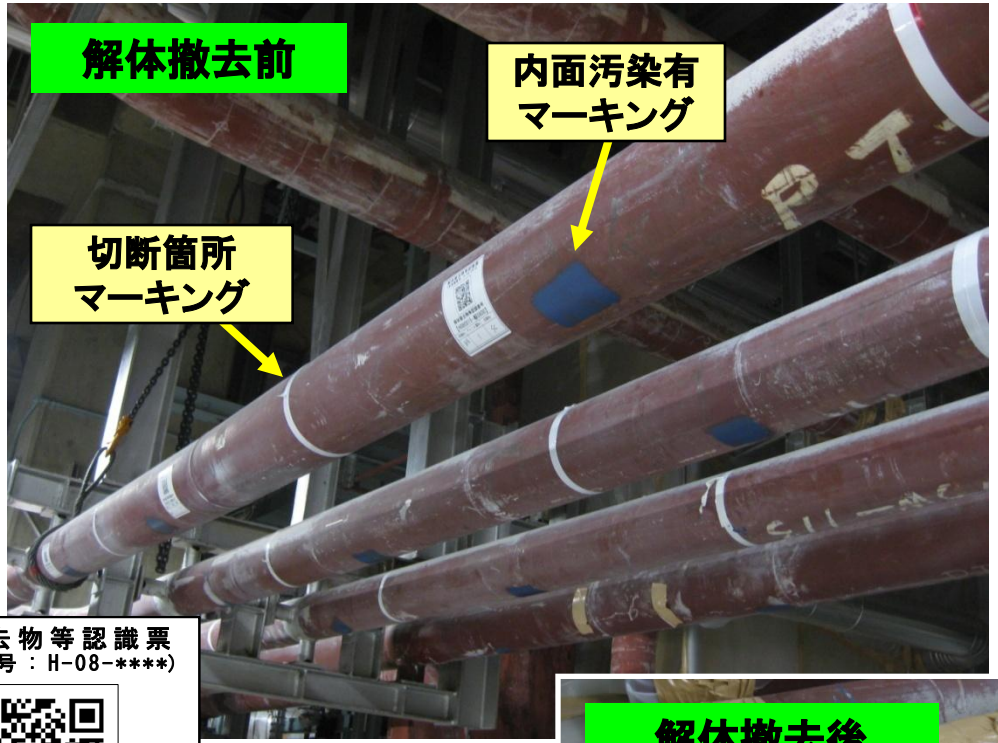
バンドソー（床上固定式）による切断

オービタルパイプ切断機による切断

自動ガス切断器（自走式）による切断

ハンドブレーカによる破砕
（基礎コンクリート部分）

第3・4給水加熱器等の解体撤去工事
【解体撤去物の識別管理】



解体撤去物等認識票
（作業票番号 ： H-08-****）

解体撤去物等認識番号
【H08****-解****】

系統No	アイソメ図No	切断No

解体撤物等認識票(様式)

品質マネジメントシステムに係る記録

保存責任者	開発実証課長
保存期間	廃止措置が終了し、その結果が経済産業省令で定める基準に適合していることについて、経済産業大臣の確認を受けるまでの期間

原子炉廃止措置研究開発センター
規定番号：KJM710-03
様式-710-03-01

開発実証課				協力会社		
課長	課長代理		担当者			

解体撤去物等　管理帳票

解体撤去物等認識番号 (*)

（作業票情報）

作業票番号 (*)		作業件名 (*)	
改訂No.(*)			
SWP・RWP番号 (*)		発行日 (*)	協力会社名 (*)
作業予定期間 (*)	～		

（解体撤去物等に係る記録）

発生日 (*)

解体撤去物等の区分 (*)
（工事計画に基づく取扱区分）
- 放射性廃棄物
  - □ 放射性廃棄物(レベル1)
  - □ 放射性廃棄物(レベル2)
  - □ 放射性廃棄物(レベル3)
- □ 放射性物質として扱う必要のないものと推定されるもの
- □ 放射性廃棄物でない廃棄物
- □ その他 （　　）

表面線量当量率に係る記録	表面線量当量率	mSv/h
	測定日	
	測定機器番号	
	測定者氏名	
表面密度に係る記録	表面密度(外表面)	Bq/cm²
	測定日	
	測定機器番号	
	測定者氏名	
	表面密度(内表面)	Bq/cm²
	測定日	
	測定機器番号	
	測定者氏名	
重量に係る記録	重量	kg
	測定日	
	測定機器番号	
	測定者氏名	

解体撤去物等分類
- □ A:紙類
- □ B:可燃性合成樹脂類
- □ C:難燃類
- □ D:布類
- □ E:木材類
- □ F:可燃性潤滑油脂類
- □ G:不燃性合成樹脂類
- □ H:不燃性ゴム類
- □ J:無機質
- □ K:ガラス類
- □ L:機器類
- □ M:ｺﾝﾎﾟｼﾞｯﾄ類
- □ N:ｽﾗｯｼﾞ類
- □ O:ペイント類
- □ P:可燃性フィルタ類
- □ Q:不燃性フィルタ類
- □ R:焼却灰類
- □ S:石綿類
- □ T:コンクリート
- □ I:金属類
  - □ ｽﾃﾝﾚｽ鋼
  - □ 炭素鋼
  - □ 非鉄金属 （　　）
  - □ その他の金属 （　　）
- □ その他（A～T以外）（　　）

（必要に応じて収集する記録）

発生場所（建屋、階層、部屋名称等）
- □ T/B （　　）
- □ A/B （　　）
- □ F/B （　　）
- □ R/B （　　）
- □ RW/B （　　）
- □ その他の管理区域 （　　）
- □ 保全区域 （　　）
- □ その他 （　　）

系統番号	機器名称

保管等の措置
- □ 収納容器等へ収納 （　　）
- □ 集荷場へ運搬 （　　）
- □ 一時保管（仮置き） （　　）
- □ 搬出 （　　）
- □ その他 （　　）

（備考）

(*):KJM710-03で規定する項目を示し、その他は必要に応じて収集する記録項目を示す

解体撤物等管理票(様式)

解体撤去物の識別と保管

（サポート類）

（給水加熱器・配管類）

（保温材）

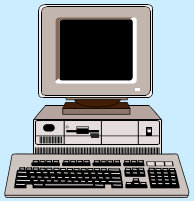
一時保管場所

解体実績の活用：管理データ評価システム開発

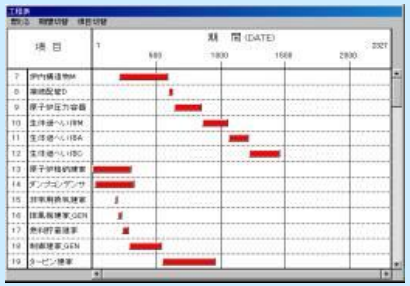
管理データ評価システム：COSMARD

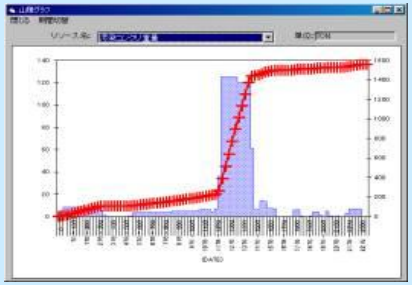
（Code System for Management of JPDR Decommissioning）

合理的な解体計画立案に資するため、動力試験炉（JPDR)の解体経験をもとに、作業工数、被ばく線量、廃棄物発生量や解体工程などを評価するシステム



- 作業人工数
- 被ばく線量
- 廃棄物発生量
- 解体工程





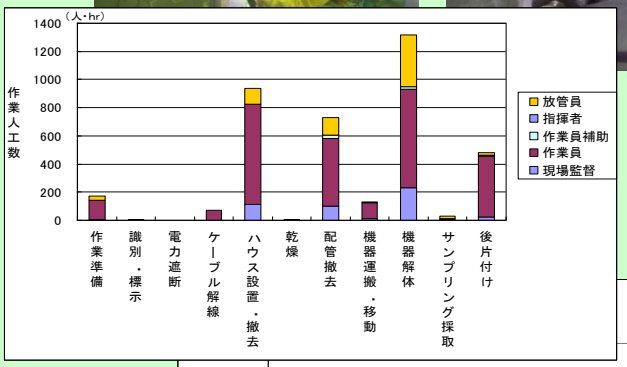
「ふげん」の廃止措置計画に適用

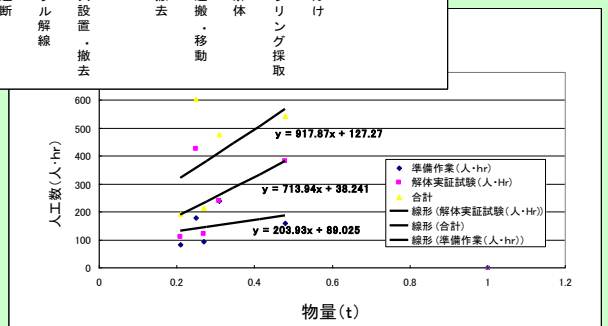
- 作業工数　：約 22万人日
- 被ばく線量　：約 2.5 人Sv

データーの収集

反映

施設の解体



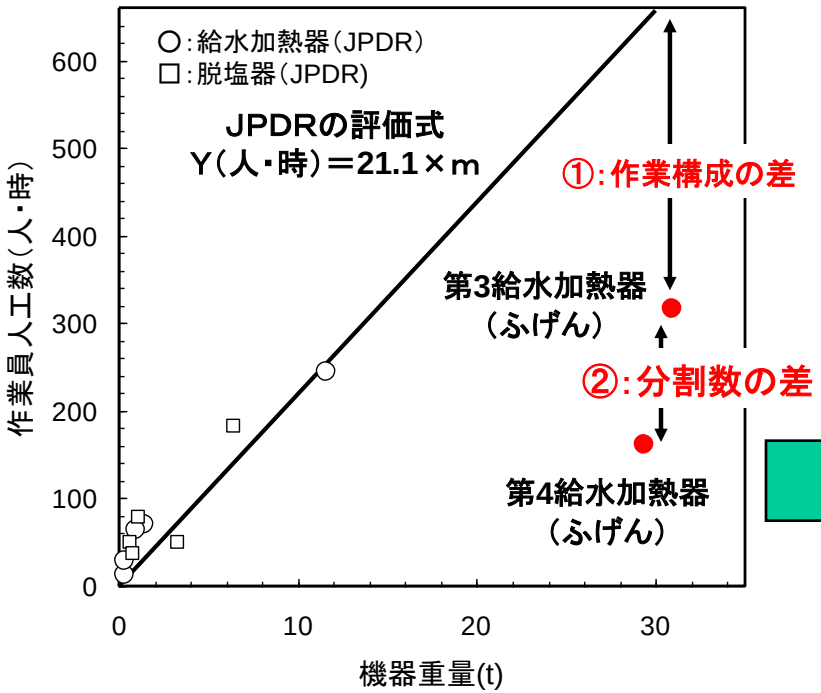


タンク　物量と人工数の関係

解体作業データに基づき評価モデルを検証

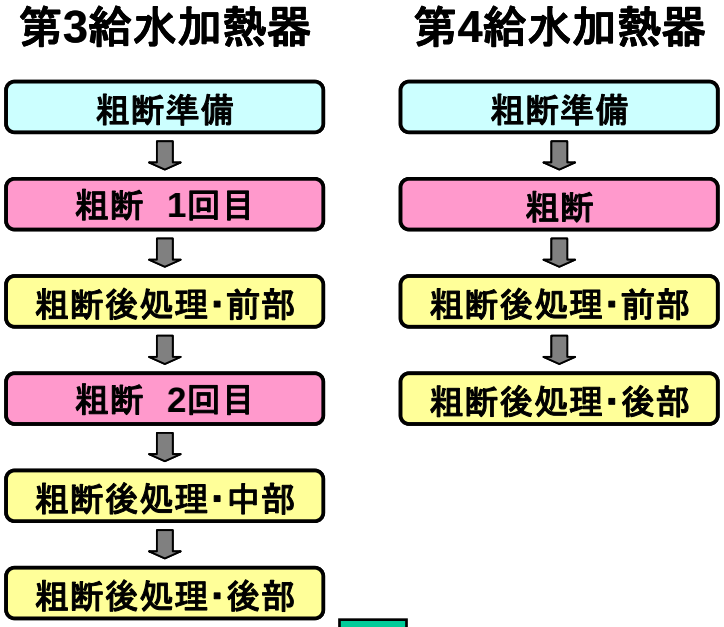
解体作業から得られる作業人工数、被ばく線量等の実績データを収集し、JPDRの評価モデルと照らし合わせながら、検証を予定

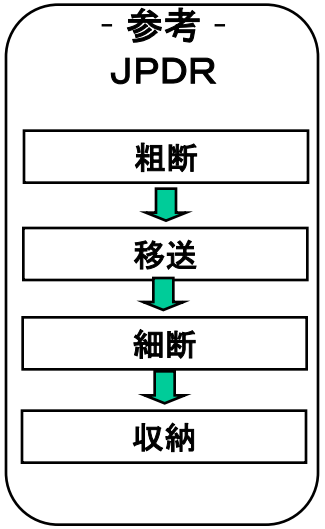
管理データ評価システム評価モデルの検討例（給水加熱器の粗断撤去）



「給水加熱器の解体」にかかる作業員人工数

作業フローの整理





JPDRの評価式（給水加熱器）

Y(人・時)＝21.1×m

m:機器物量(ton)

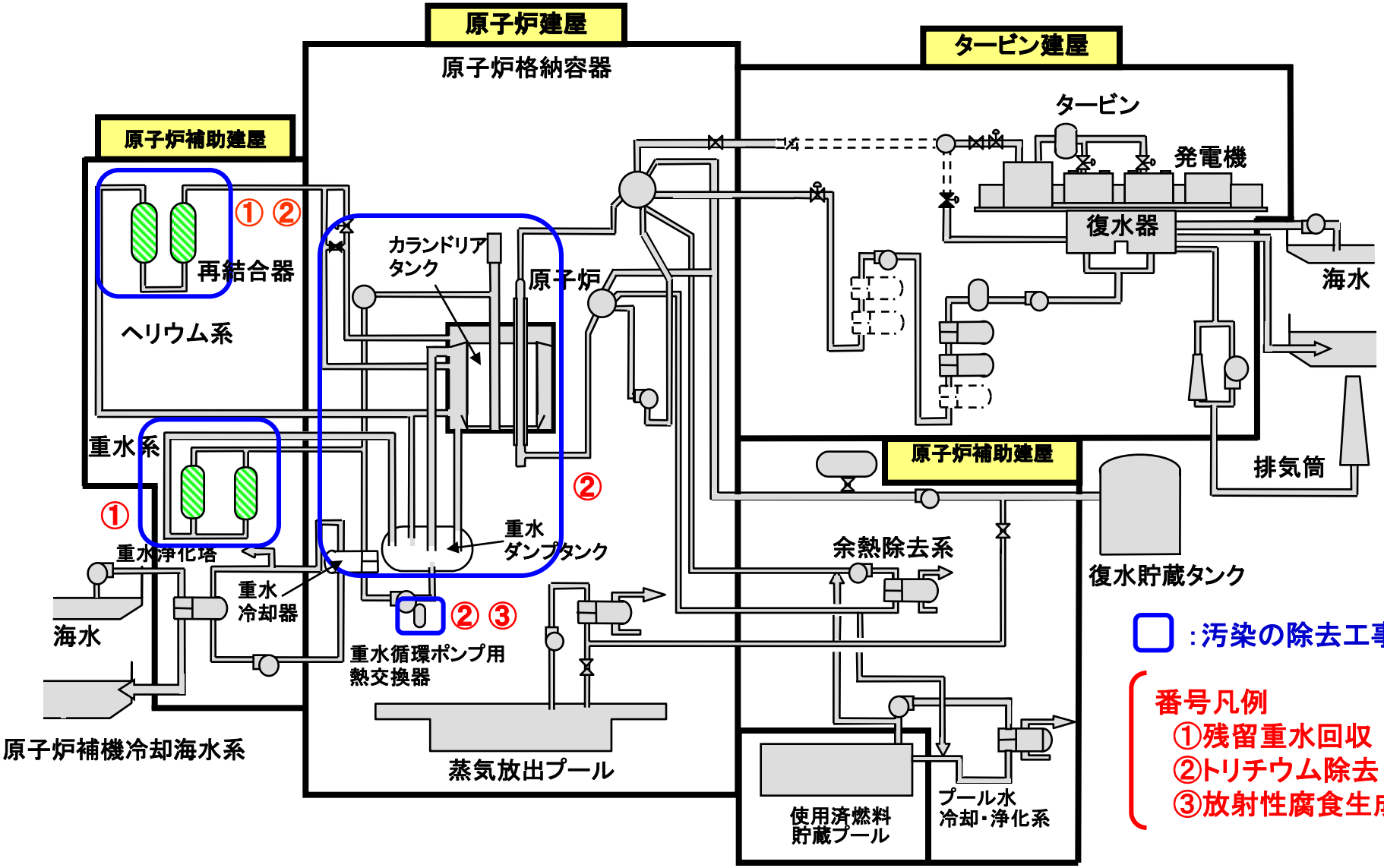
評価式（粗断）

作業を構成する要素ごとに評価式を分割して構築

Y(人・時) = 20.43×n + 0.49×m + 2.49×m×n + 21.43×(n + 1) + 17.50

m:機器重量(t)、n:切断回数(回)

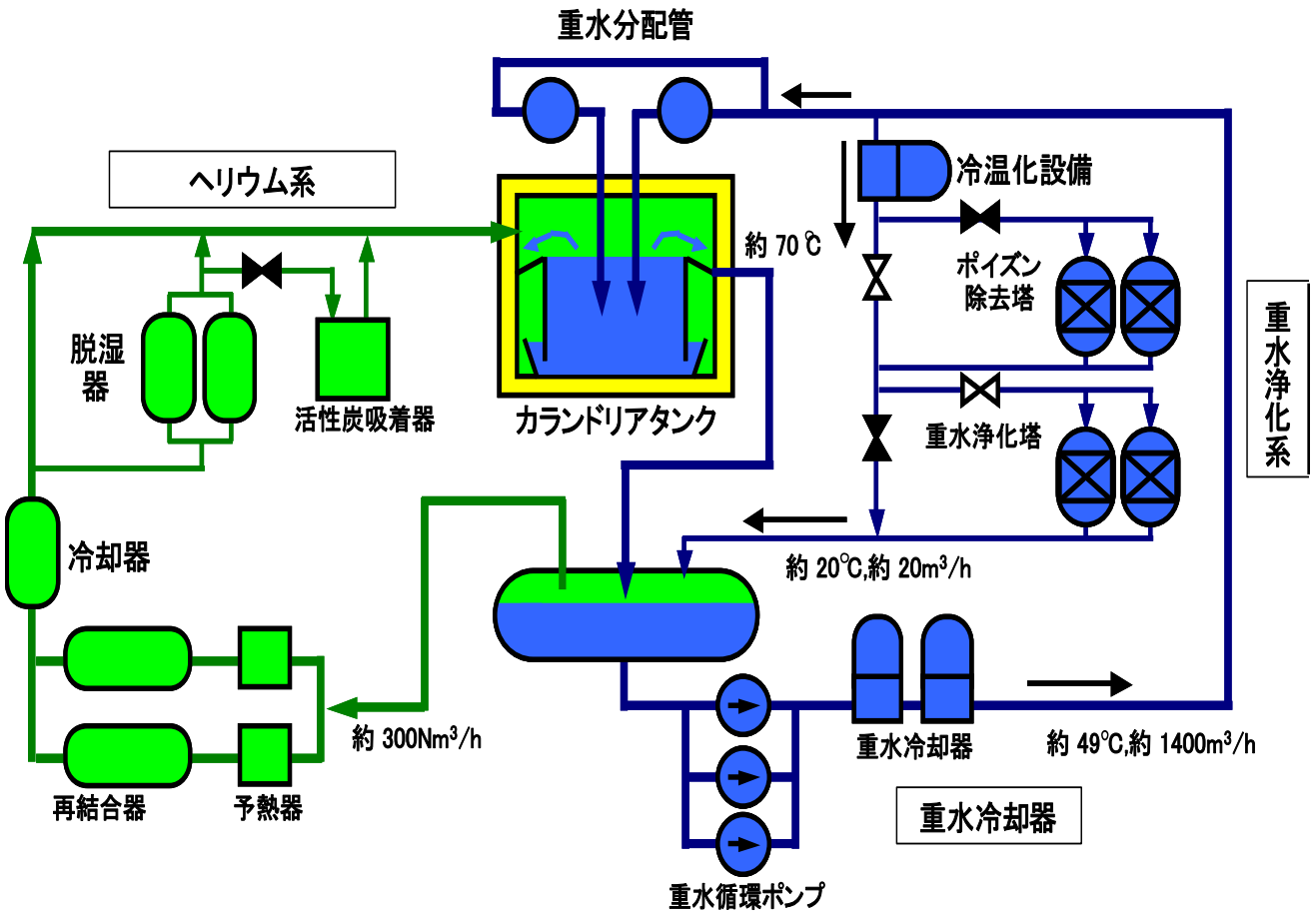
これまでの汚染の除去工事範囲



□ :汚染の除去工事範囲

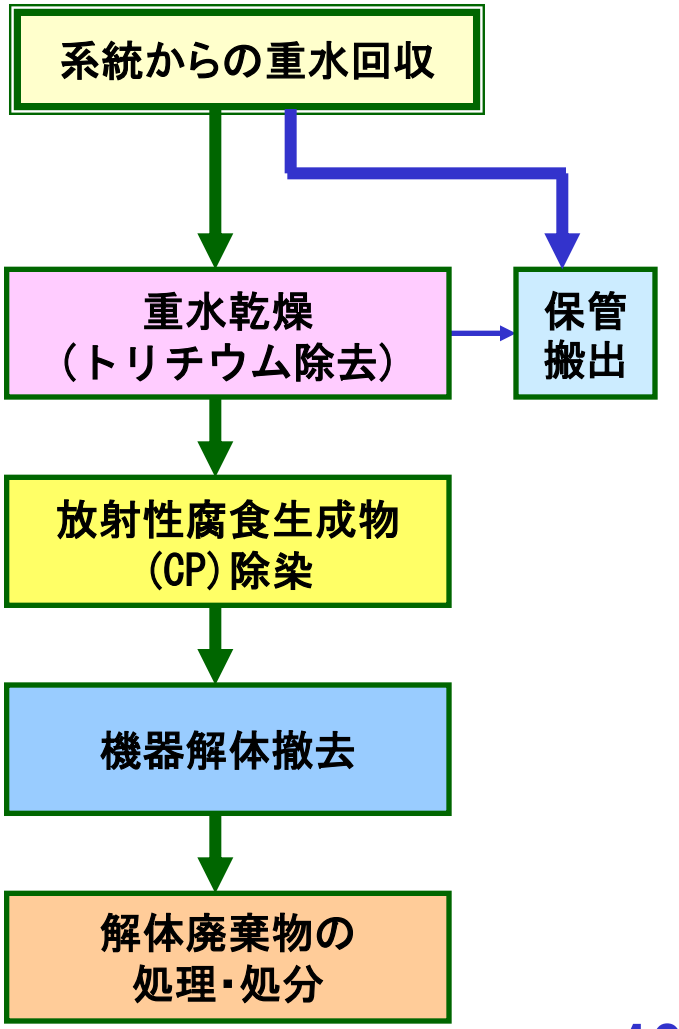
番号凡例
①残留重水回収
②トリチウム除去
③放射性腐食生成物除染

重水ヘリウム系設備の除染・解体



重水系、ヘリウム系

設備解体の手順



トリチウム取扱作業の状況

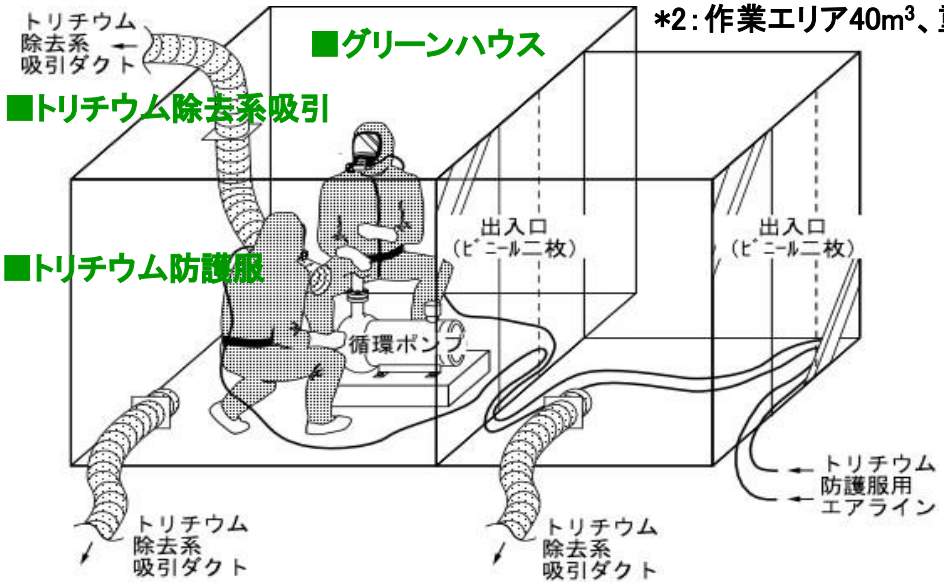
重水循環ポンプの分解点検作業

装備	着用基準*1 （空気中H-3濃度） Bq/cm^3-air	重水 換算量*2 cm^3	防護 係数
なし （つなぎ服）	～0.08	～0.01	1
エアライン マスク	0.08～0.8	0.01～0.1	10
トリチウム 防護服	0.8～	0.1～	100

*1：トリチウム防護服の着用基準である0.8Bq/cm3-airは、空気中濃度限度の値

*2：作業エリア40m^3、重水中トリチウム濃度220MBq/cm^{3}として算出

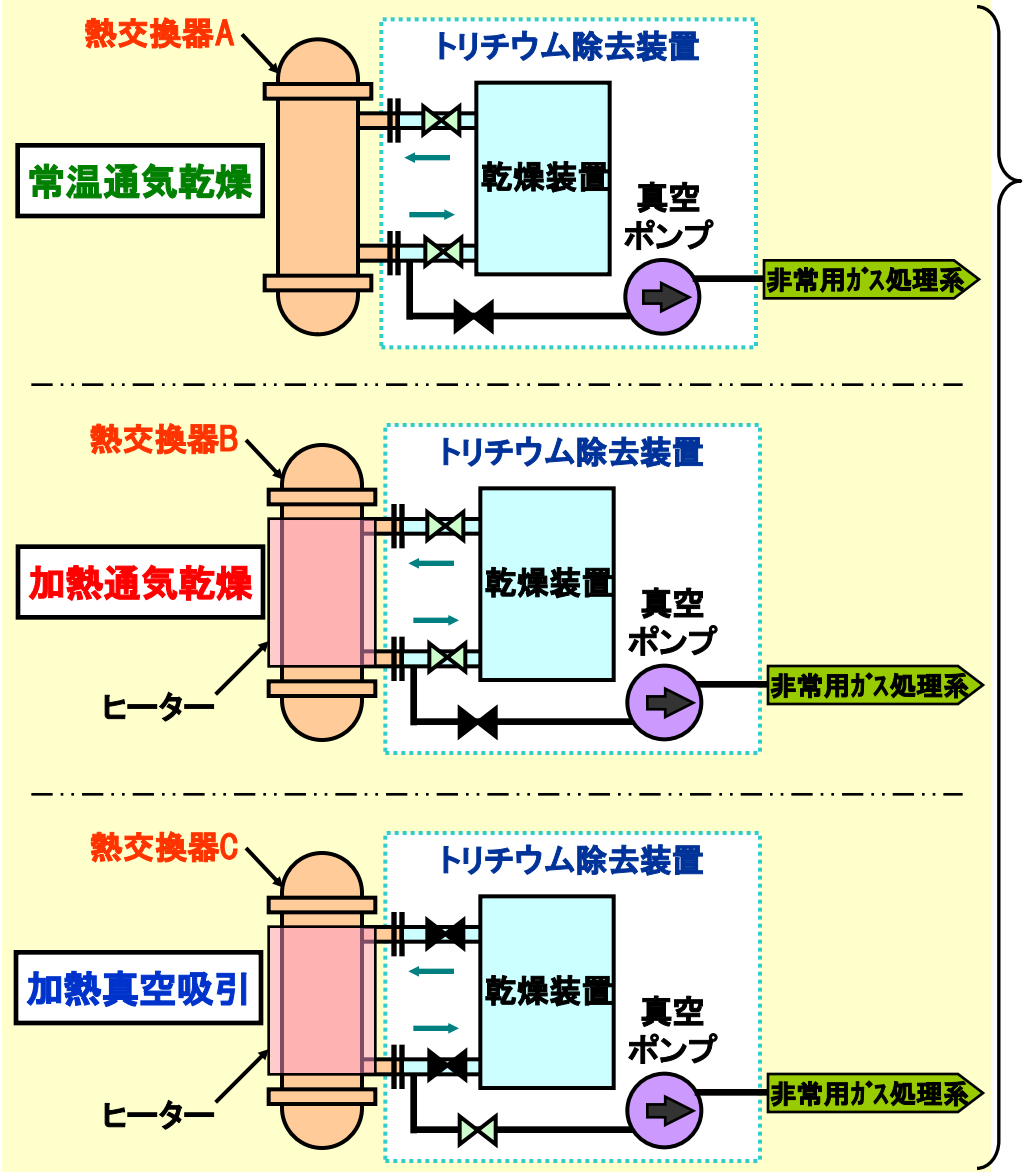
グリーンハウス

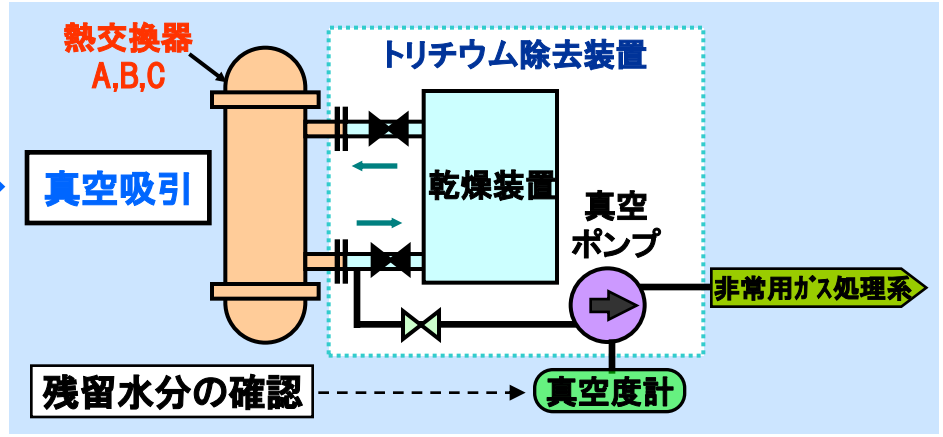


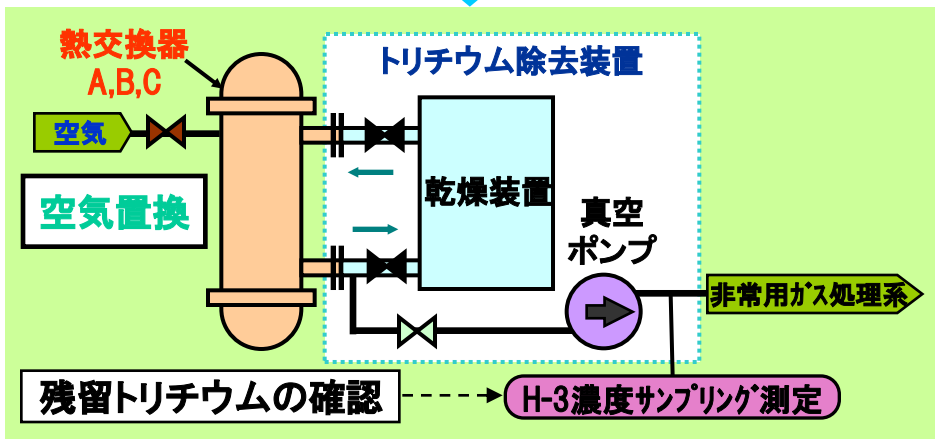
作業時のトリチウム対策

トリチウム防護服

重水系・ヘリウム系のトリチウム除去方法





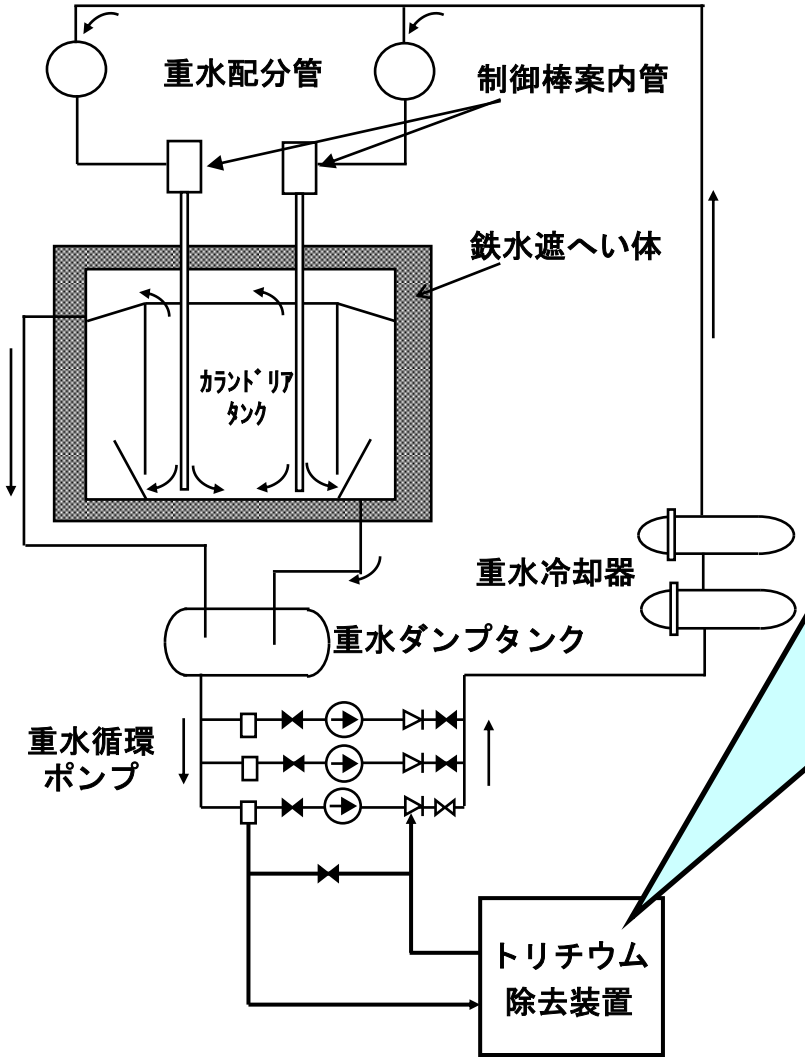


トリチウム濃度の変化、除去に要する時間等を考慮し、最適な処理方法の組合せを選定して、重水系・ヘリウム系全体のトリチウム除去工事を継続実施

★防護具着用が軽減できるトリチウム濃度を目標

原子炉建屋でのトリチウム除去作業

＜重水冷却系に対するトリチウム除去＞



トリチウム除去装置
（設置場所：原子炉建屋地下２階）

原子炉本体の構造

構造仕様

■主要寸法

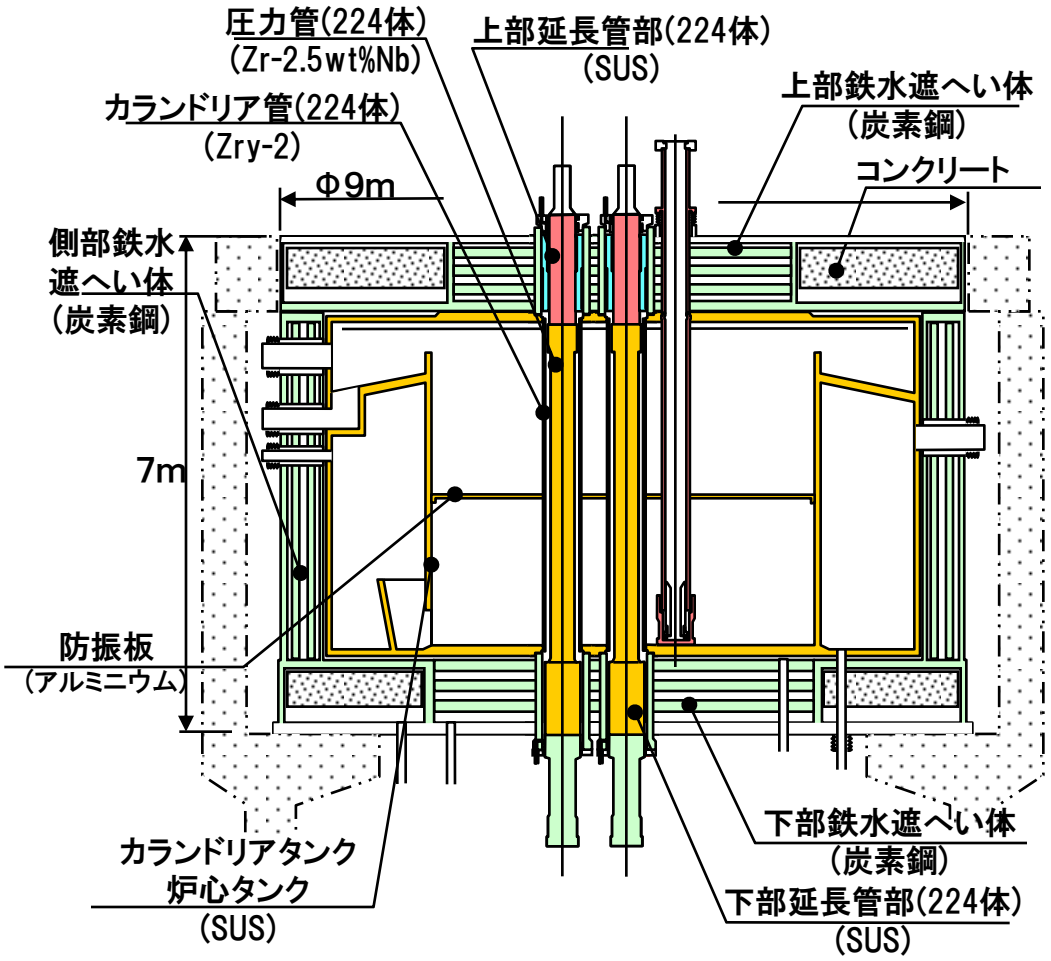
本体:　外径　9000mm
　　高さ　7000mm

圧力管(224本):
　　材質　Zr-2.5wt%Nb
　　内径　117.8mm
　　肉厚　4.3mm

カランドリア管(224本):
　　材質　ジルカロイ-2
　　内径　156.4mm
　　肉厚　1.8mm

■総重量:　約1000 t

■材質(板厚)
- ステンレス鋼　(max.150mm)
- 炭素鋼　(max.150mm)
- ジルコニウム合金　(4.3mm)
- アルミニウム　(25mm)
- コンクリート　(550mm)

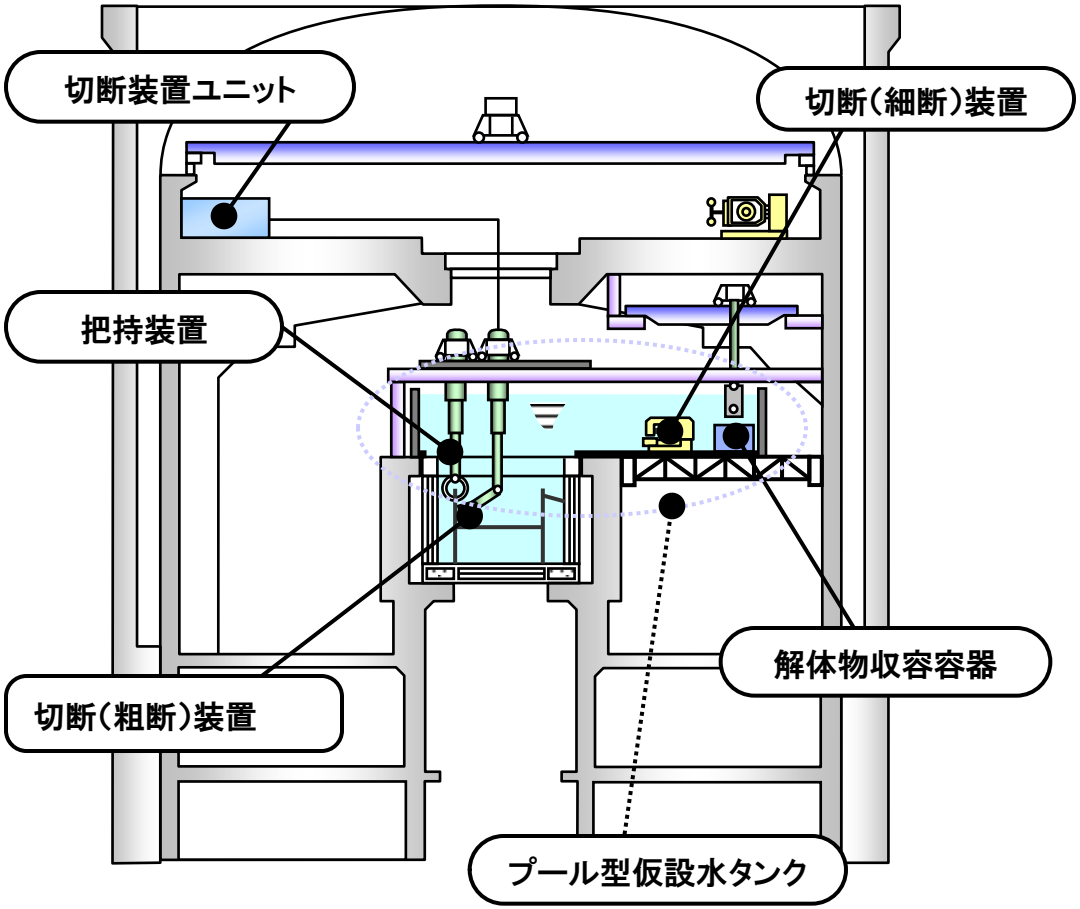


放射化
異種材料
稠密構造
多様な配置

放射能
(Bq/ton, γ)
- >10E+13
- >10E+12
- >10E+10
- >10E+05

(炉停止後6年)

原子炉本体解体の概念



① 準　備
・解体装置設置
・プール型仮設水タンク設置

並行作業(粗断／細断並行作業による工期短縮)

②-1
一次粗断切断／移送

②-2
二次細断切断

③ 解体物収容容器収容／搬出

④ 解体設備機器撤去、片付け

必要となる技術

- ◆高線量下の遠隔解体ロボット技術
- ◆高線量下センシング・モニタリング技術
- ◆金属切断技術
- ◆切断粉回収技術

原子炉本体解体に係る開発ステップ及び各切断試験状況

解体工法の概略検討

↓

水中での各切断工法による
圧力管等材料切断ﾃﾞｰﾀ取得

↓

各切断工法の評価及び選定

↓

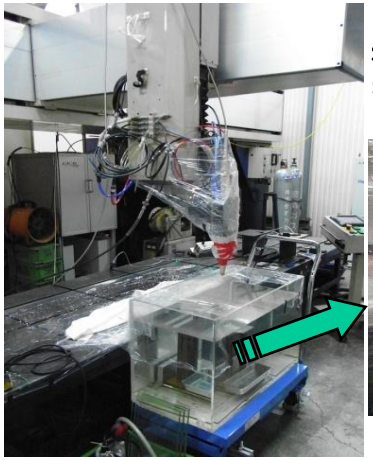
選定工法による
遠隔水中解体装置の
設計、製作・検証試験・評価

↓

解体装置の改造及び付属装置
の設計・製作・設置・試運転

↓

原子炉本体解体着手

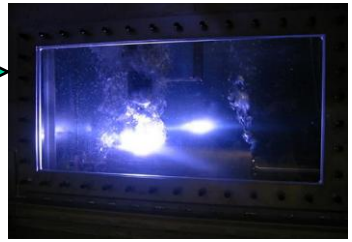


機構レーザー技術
利用推進室と連携

切断試験時状況

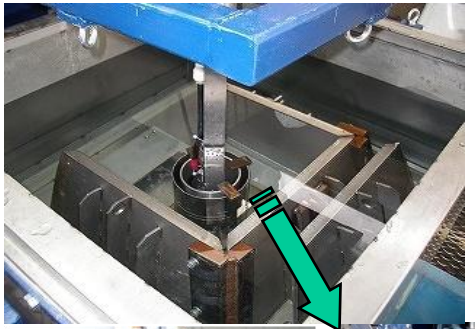
レーザ水中切断試験装置

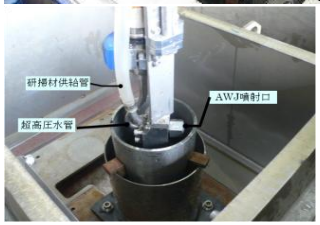
若狭湾エネルギー
研究センターと連携



切断試験時状況

プラズマ水中切断試験装置

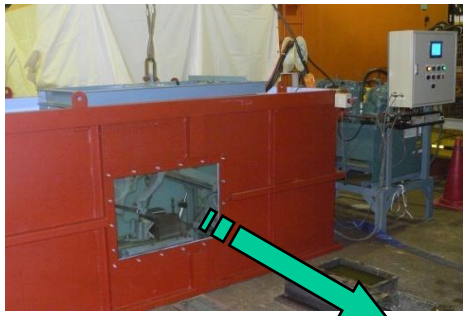




ｶｯﾃｨﾝｸﾞﾍｯﾄﾞ

切断試験時状況

ｱﾌﾞﾚｯｼﾌﾞｳｫｰﾀｰｼﾞｪｯﾄ水中切断試験装置



ﾊﾞﾝﾄﾞｿｰ

切断試験時状況

バンドソー水中切断試験装置

原子炉本体解体工法検討の進め方（案）

運　転　　廃止措置準備　　廃止措置

解体方法の概略検討

↓ 解体方法の詳細化検討

解体に適用する技術の検討
方法の合理化検討

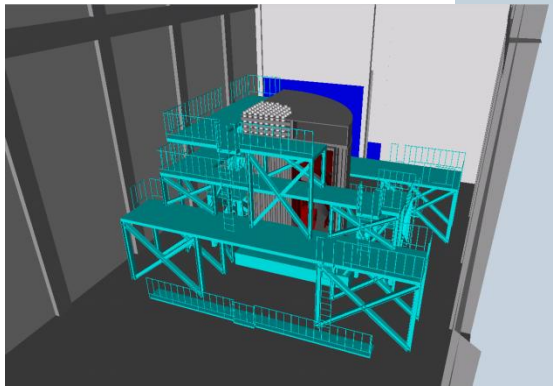
遠隔解体装置開発・ﾓｯｸｱｯﾌﾟ試験

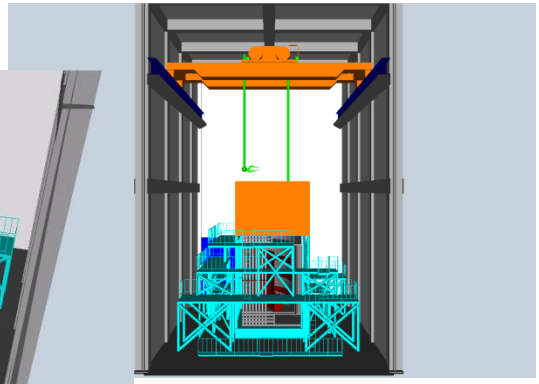
（試験装置の活用）

装置設計改良・据付

解体要領策定
試験・訓練

原子炉本体解体





ﾓｯｸｱｯﾌﾟ試験による装置・
方法の確証（想定案）

原子力発電所の解体で発生する廃材

原子力発電所が解体された時の廃材の90%以上は有効利用 することができます。

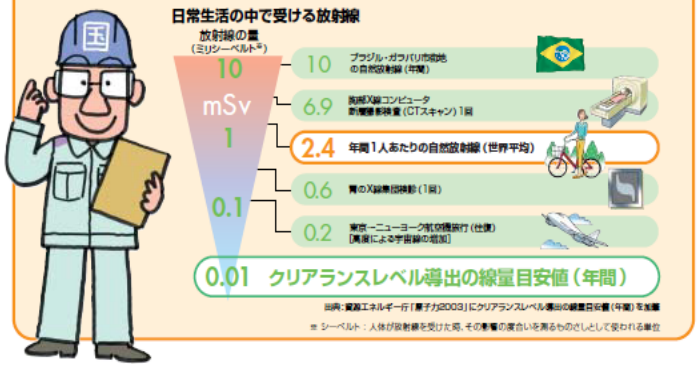
原子力発電所を解体すると廃材は3種類に分けられます。

- 低レベル放射性廃棄物 約2% → 処分 → 放射性廃棄物として処分
  - クリアランスレベル
- 放射性物質としての扱いが不要と思われる廃材 約5% → 安全かどうかを確認 クリアランスレベル検認（このページを開くと詳しい説明があります） → 再生利用・処分
- 明らかに放射性廃棄物ではない廃材 約93% → 再生利用・処分 → 産業廃棄物と同様に処分 / 資源として有効利用

数値は沸騰水型原子炉110万キロワット級原子力発電所1基を解体した場合

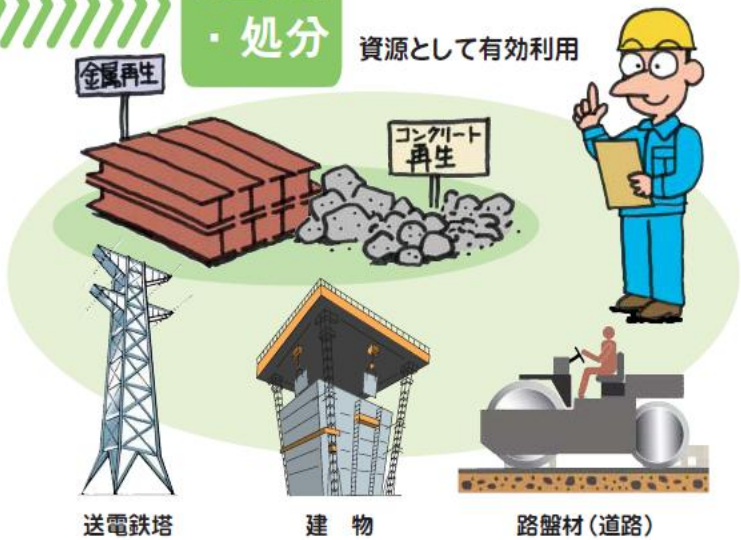
クリアランスレベルとは?

クリアランスレベルは、原子力施設から出てくる金属やコンクリートが、どのように再利用されたり処分されても、人体への影響が1年間あたり0.01ミリシーベルト*以下となる放射能レベルのことをいいます。



出典：資源エネルギー庁「原子力2003」にクリアランスレベル導出の線量目安値（年間）を加筆

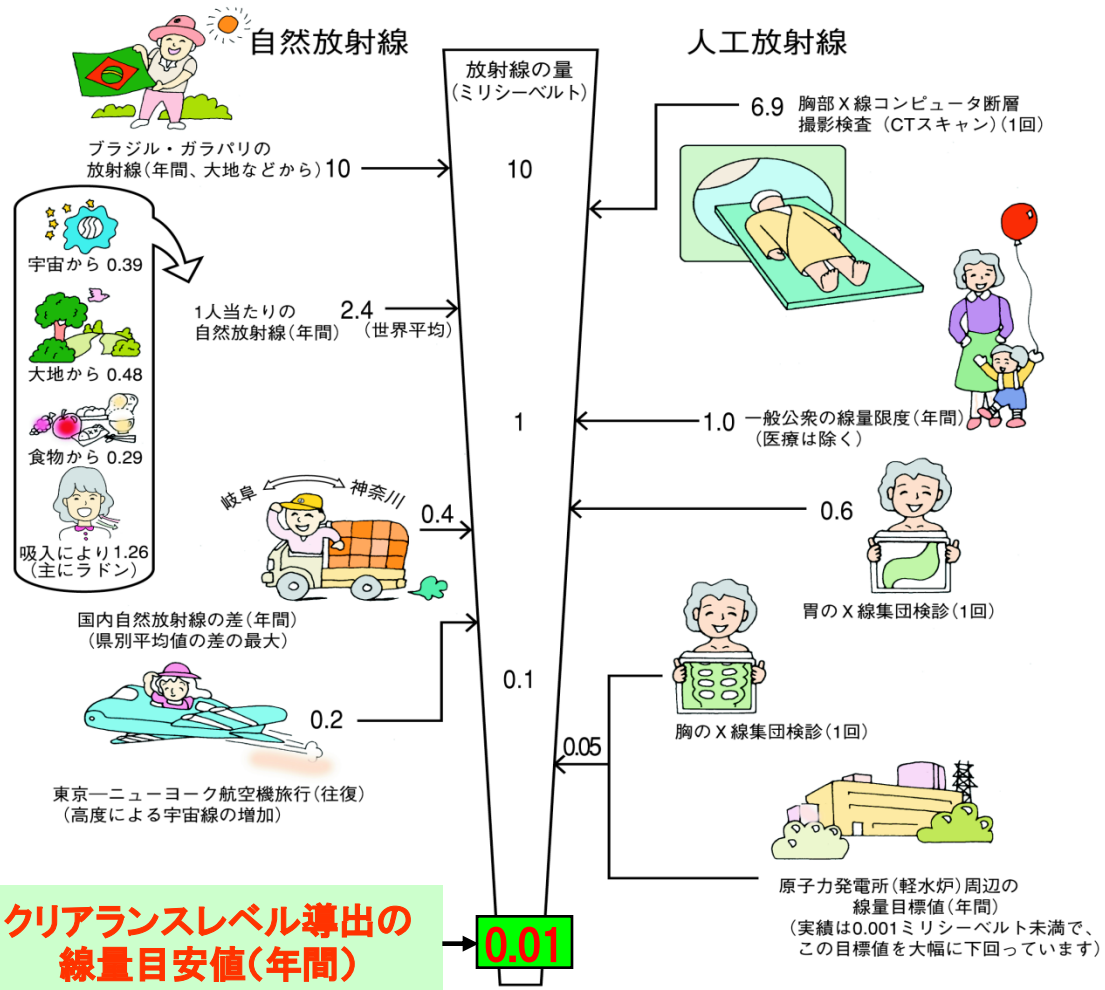
＊シーベルト：人体が放射線を受けた時、その影響の度合いを測るものさしとして使われる単位



原子力安全・保安院パンフレット「クリアランス制度とは」から引用

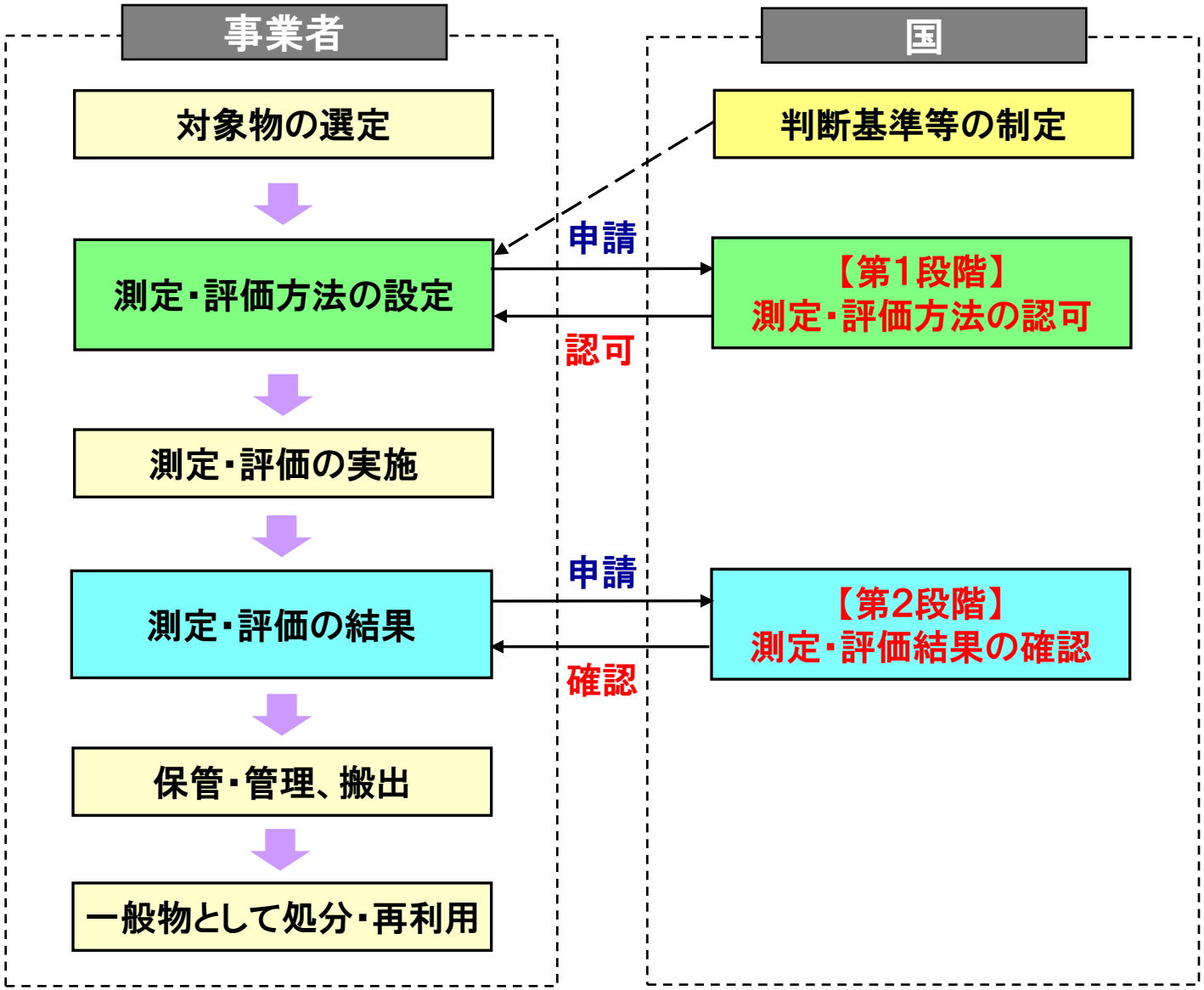
クリアランスレベル導出の線量目安値(年間)

日常生活と放射線



出典：資源エネルギー庁「原子力2005」 他

クリアランスレベル検認の流れ



クリアランスモニタ

測定前取扱エリア側：B区域

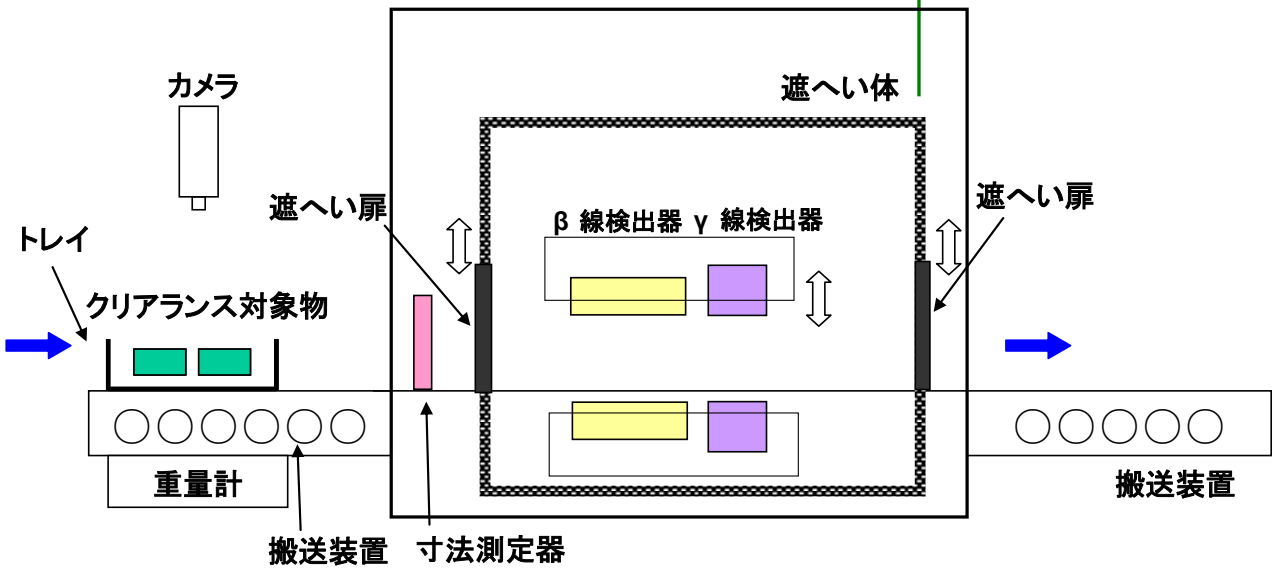
仕様概要

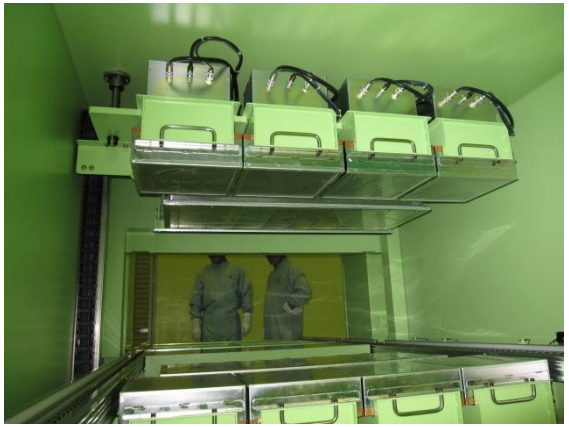
- 寸法：800W×800D×400H mm以下
- 重量：100kg(最大)
- 対象種類：金属類（平板、棒状、配管等）
- 検出器：プラスチックシンチレーション式検出器
- 測定部位：上面、下面(4ch/面、計8ch)
- 測定対象の放射線種類：γ 線

測定前取扱エリア
法令に定める表面密度等を超えるおそれのある管理区域（B区域）

測定後取扱エリア
汚染のおそれのない管理区域（A区域）

測定後取扱エリア側：A区域





装置の検出部

高経年化調査研究事業

事業目的　原子力発電所の高経年化対策の充実を目的として、長期運転に供したふげんの機器・構造物の実機材料データを採取して、保全管理技術の妥当性検証等の研究を行う

安全研究センター

高経年化調査研究の評価

・委員会の運営

連携

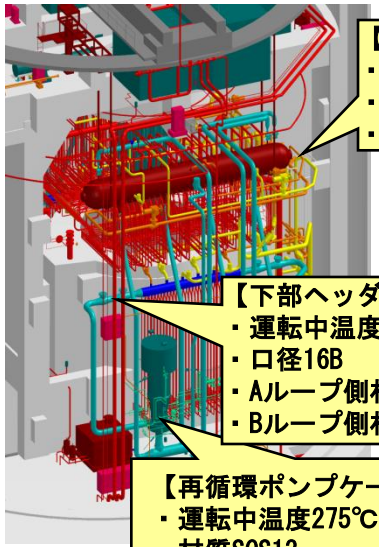
ふげん

・材料試料の採取作業

・データ採取作業

(1)ステンレス鋳鋼の熱時効脆化調査

・再循環ポンプ、大型弁が対象



【下部ヘッダ注水弁】
- 運転中温度＜40℃
- 口径12B
- 材質SCS13

【下部ヘッダ逆止弁】
- 運転中温度275℃
- 口径16B
- Aループ側材質SCS16A
- Bループ側材質SCS13

【再循環ポンプケーシング】
- 運転中温度275℃
- 材質SCS13

フェライト測定

脆化機構の検証
メゾ・ミクロスケールの現象を考慮した脆化機構のモデル化

機械特性試験
引張・硬度・衝撃・破壊靭性試験

硬化機構の検証
硬化に寄与する因子

破壊モードの検証
硬化→脆化へと至る機構の理解

α相の硬化
スピノーダル分解
析出物（G相など）
ひずみ時効

新たな知見

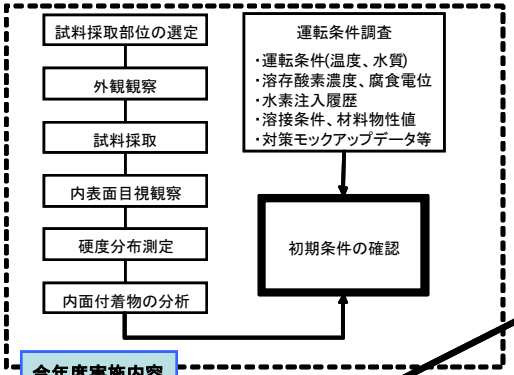
凝固組織
フェライト量とその分布
凝固モード（α-γ界面の整合性）

拡散に関与するパラメーターの検証

熱時効条件
温度・時間

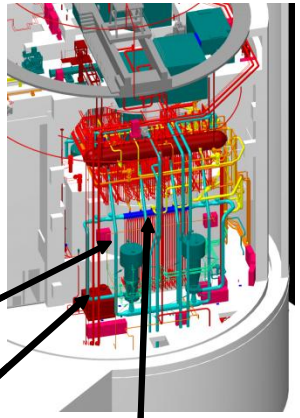
鋳造条件
化学成分・コンタミ（Nなど）
凝固速度

(2)SCC対策の検証



今年度実施内容

詳細計画の立案



下降管14B
SUS316L+SUS316L溶接部

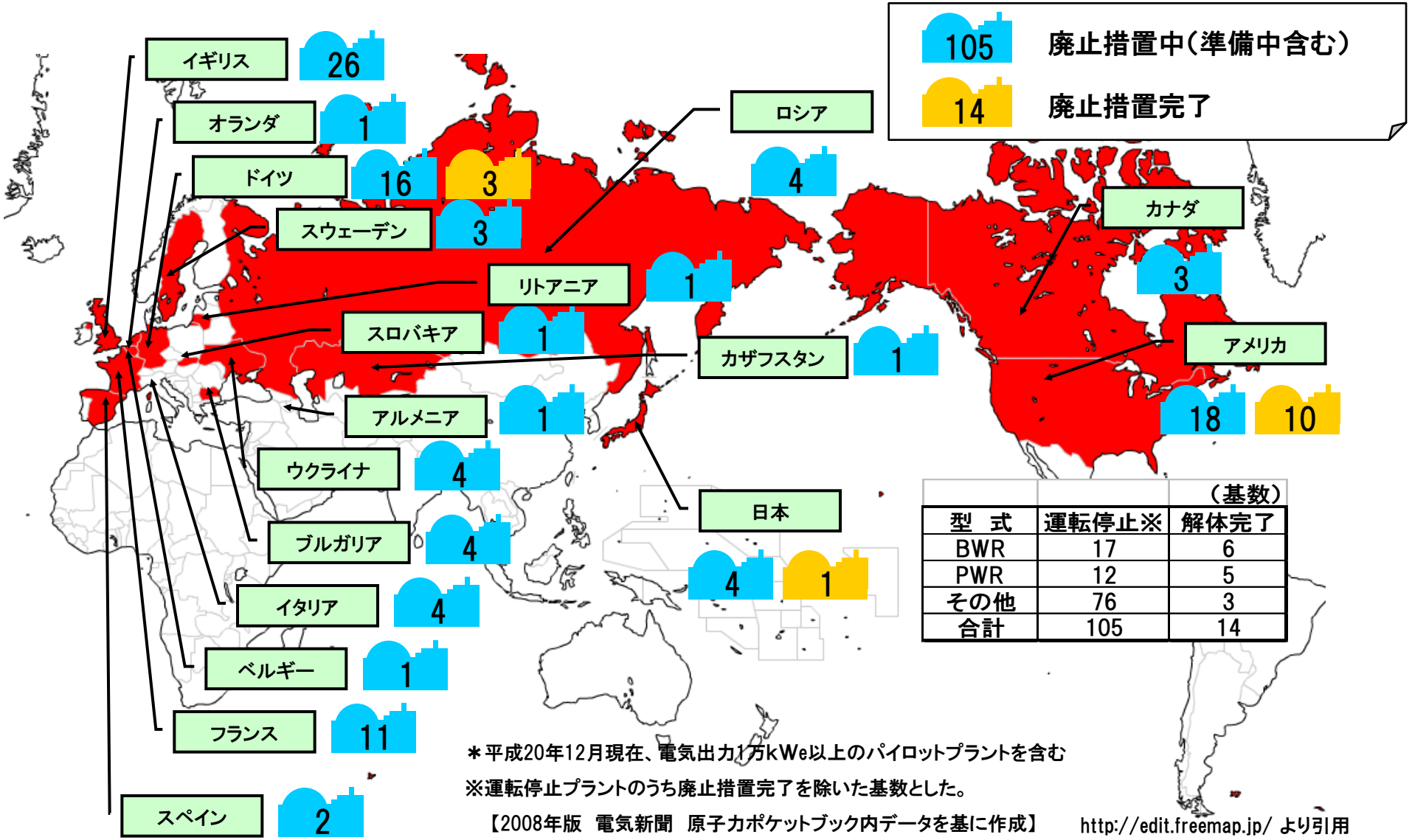
吐出管16B
SUS316L+SUS316L溶接部

入口管2B
SUS316L＋SUS304水冷溶接部

報 告 内 容

- 原子炉施設の廃止措置
- 「ふげん」の廃止措置状況
- 海外の廃止措置事例

世界の廃止措置状況



（基数）

型　式	運転停止※	解体完了
BWR	17	6
PWR	12	5
その他	76	3
合計	105	14

＊平成20年12月現在、電気出力1万kWe以上のパイロットプラントを含む

※運転停止プラントのうち廃止措置完了を除いた基数とした。

【2008年版　電気新聞　原子力ポケットブック内データを基に作成】　http://edit.freemap.jp/ より引用

海外の廃止措置(1/4)

廃止措置の状態

(米国ＮＲＣ)

DECON(即時解体)

使用済燃料等の搬出、系統除染の後、原子力発電施設のすべてを解体撤去。

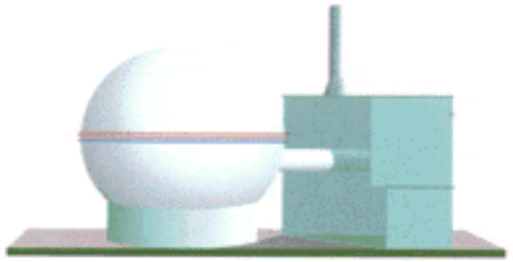
SAFESTOR(安全貯蔵)

使用済燃料等の搬出、系統除染の後、原子力発電施設全体を閉鎖して適切に管理(20-150年)。通常は、放射能の減衰を待ってDECONに移行。

ENTOMB(遮蔽隔離)

使用済燃料等の搬出、系統除染の後、原子炉建屋内の放射能の高い部分をコンクリート等で遮へい隔離して適切な管理下に置き、他の放射能の低い部分は解体撤去。

(IAEA)



Stage-1

除染、冷却材の抜き取り、運転系統の閉止、立入制限、モニタリングの継続、一定期間の施設維持管理、使用済燃料の搬出　等

Stage-2

容易に解体可能な設備建物の解体撤去や除染、建物の再利用化

原子炉の遮蔽隔離、燃料取扱系や冷却系の解体撤去、モニタリングの緩和

Stage-3

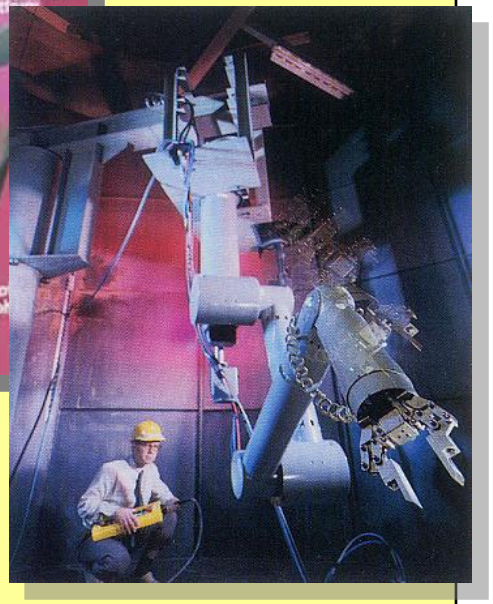
全ての設備や建物の解体撤去、廃棄物の処理、搬出・処分、残された設備や建物は一般民生用に再利用、“グリーンフィールド”に再生

海外の廃止措置(2/4)

	廃止措置の考え方や特徴	廃止措置サイトの例
イギリス	・過去においては、放射能の減衰を待って(100年程度の安全貯蔵の後)解体撤去する方式を考慮 ・原子力廃止措置機関(NDA)の設立:2005年4月 -英国内の廃止措置対象施設を一元的に所管し廃止措置を促進 -セラフィールドサイト等の老朽化した施設の廃止措置を優先 -原子炉廃止措置を短期化する方向(25年程度)	SGHWR(重水減速軽水冷却炉) Windscale-AGR(改良型ガス冷却炉) Berkley 1,2(ﾏｸﾞﾉｯｸｽ(黒鉛減速ガス冷却)炉) Hunterston A-1,2(ﾏｸﾞﾉｯｸｽ炉) Trawsfynydd 1,2(ﾏｸﾞﾉｯｸｽ炉)　等
フランス	・原子炉の廃止措置については、過去において、ステージ2で炉心部の放射能を減衰させた後に解体撤去することを考慮 ・2000年に方針を変更。プラント閉鎖後に除染した後に解体(資金を制約を考慮し実施時期を設定)	EL-4(重水減速ガス冷却炉) Bugey 1(黒鉛減速ガス冷却炉) Chinon A1,A2,A3(黒鉛減速ガス冷却炉) Saint-Laurent A1, A2(黒鉛減速ガス冷却炉) Super-Phoenix(高速増殖炉)　等
ドイツ	・原子炉の廃止措置については、主に即時解体方式を選択 ・解体撤去物は放射能減衰を待って処理/処分する解体物の中間貯蔵方式を選択しているサイトもある。	Greifswald 1～5(旧ソ連型PWR(VVER)) KRB-A(BWR) MZFR(重水減速加圧水冷却炉) AVR(高温ガス炉)　等
アメリカ	・原子炉の廃止措置については、主に即時解体方式を選択 ・原子炉や大型機器は、主に細断せずに一括で解体撤去し埋設処分する方式を採用	Trojan(PWR) Yankee Rowe (PWR) Maine Yankee(PWR) Big Rock Point (BWR)　等

(参考) ー原子力施設の廃止措置協力ネットワーク:http://www.ec-cnd.net
ー欧州原子力施設廃止措置サイト:http://www.eu-decom.be/siteentrance/
ー英国NDAホームページ:http://www.nda.gov.uk/
ー米国NRC廃止措置サイト : http://www.nrc.gov/reading-rm/basic-ref/students/decommissioning.html
ー敦賀国際廃止措置セミナー資料、平成20年10月20日、原子力機構

海外の廃止措置(3/4)



炉内構造物の
遠隔解体

イギリスの例(WAGR)

タービン設備の解体

原子炉上部機構の解体

イギリスの例(SGHWR)

海外の廃止措置(4/4)

大型容器の一括解体・埋設処分

アメリカの例
(Trojan発電所等)

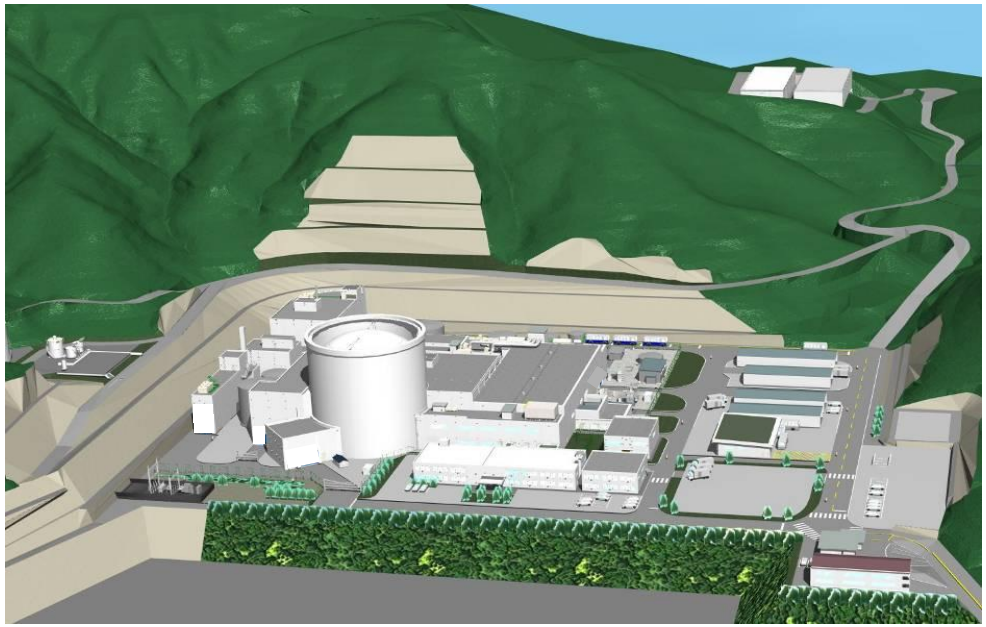
大型機器の中間貯蔵

ドイツの例
(Greifswald発電所)

おわりに

**廃止措置計画に基づき、先駆的役割を果たしつつ、
安全かつ合理的に廃止措置を推進**

現在の「ふげん」



廃止措置完了時の予想図