

IRIDの研究開発の状況

- 安全と実現性を高める概念設計と今後の技術開発 -

平成30年8月2日

国際廃炉研究開発機構 (IRID)

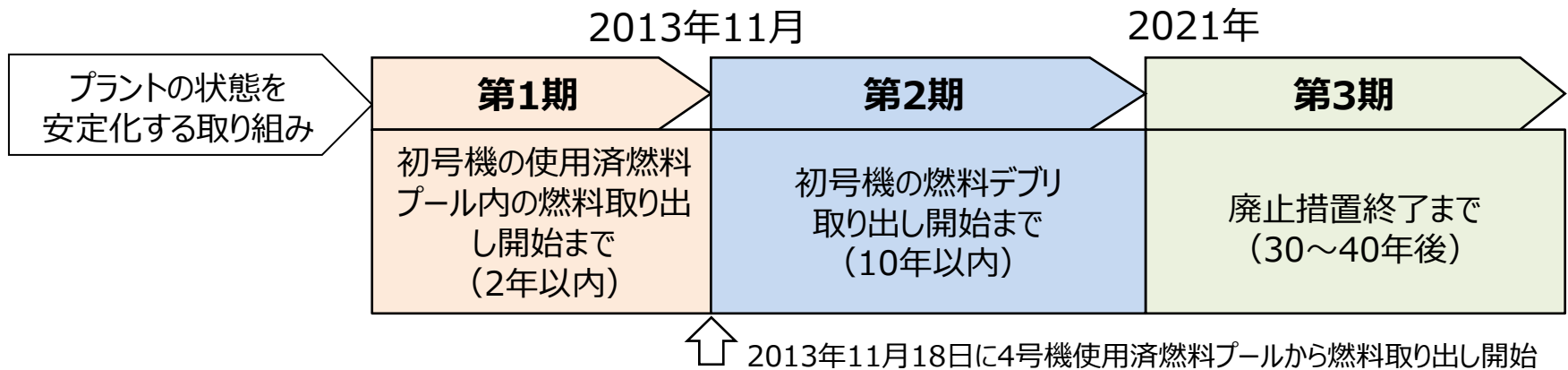
高守 謙郎

この成果は、経済産業省/廃炉汚染水対策事業費補助金の活用により得られたものです。

無断複製・転載禁止 技術研究組合 国際廃炉研究開発機構

燃料デブリ取り出しへの期待

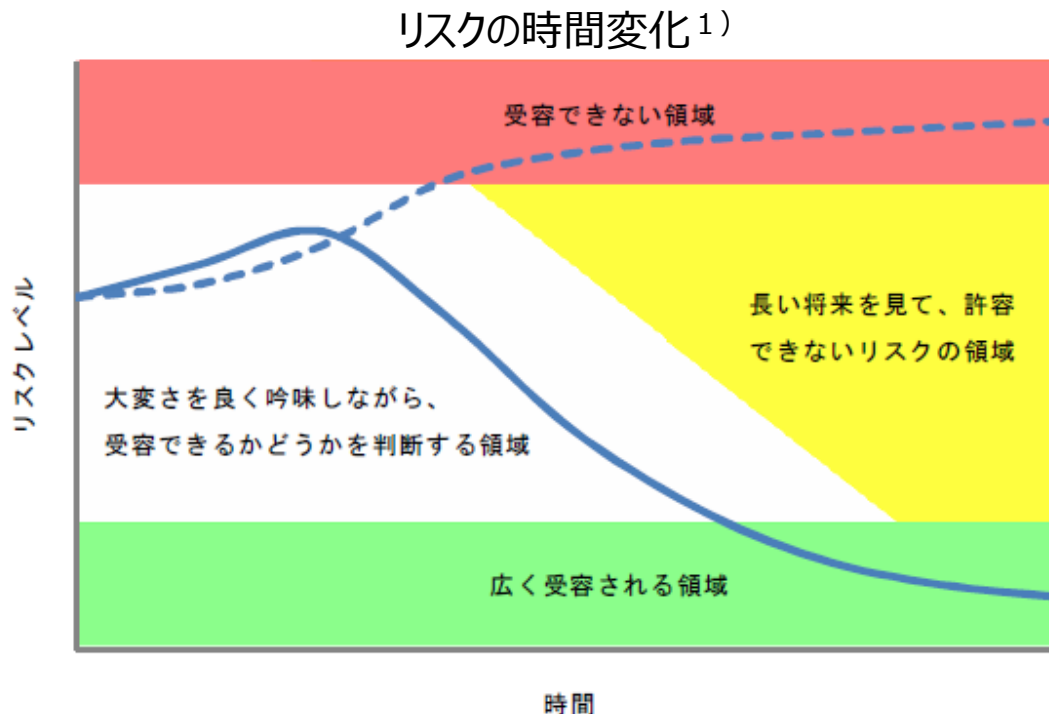
- 「福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」¹⁾
燃料デブリ取り出しから廃止措置終了までの実行期間を30~40年程度
- NDF戦略プラン²⁾
暫定措置により一定の安定状態を維持している状況にあり、このような状況を**抜本的に改善**して、より安定的な状態に持ち込む
安全かつ速やかに取り出す：**安全、確実、合理的、迅速、現場指向**
- 措置を講ずべき事項³⁾
溶融した燃料の取り出し・保管を含む廃止措置をできるだけ早期に完了、特定原子力施設全体のリスクの低減と最適化，廃炉に向けたプロセスの安全性の確保・・・



1) 廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議，東京電力ホールディングス（株）福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ
2) 原子力損害賠償・廃炉等支援機構，東京電力ホールディングス（株）福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン2017
3) 「東京電力株式会社福島第一原子力発電所に設置される特定原子力施設に対する「措置を講ずべき事項」

安全かつ速やかに

- 燃料デブリ取り出し作業によって一時的に増加するリスクが受容範囲内：
安全要求事項とその達成
- 最新の原子力安全基準に沿って建設された施設に貯蔵できるまでの時間：
例えば、スループット



(略) リスク低減措置を実施する場合には、リスクレベルが一時的に増加する可能性があるものの、周到な準備と万全の管理によって、受容できない領域に入らないようにすることが可能である。このように、受容又は許容できない領域に入ることなく、リスクレベルを十分に下げることを目指すべきである(実線)。 M. Weightman, "The Regulation of Decommissioning and Associated Waste Management" 第1回福島廃炉国際フォーラム(2016年4月)。

[ref. 1) 東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン2017]

IRIDの技術開発

設計可能な技術構成プランを提供し、エンジニアリングを支援

1. リスクの上昇を抑制する

- **環境影響リスクを下げる**；安全システムの構築
- **作業線量を下げる**；遠隔機器，線量率低減，作業ステップ（量）

2. 30-40年間での廃炉を可能にする：スループットへの挑戦

- **FACTの充実**；燃料デブリ（廃棄物も）の特性・所在・量
- **シナリオの構築**；取り出し－収納－移送－保管（乾燥・移送）
- **さまざまな選択肢**；工法のバラエティ（切削・回収・保守）、作業対象と速度
- **エンジニアリングの展開**；現場への実装、効率化，合理化

燃料デブリの取り出し技術の開発-バックグラウンド

- 概念設計がきわめて重要, …ロバストな概念設計であること
 - 事故後の現場がスタート：高放射線環境
現場状況が不明確
現状のリスク
 - 不定型の燃料を取り扱う設備：原子力発電システムでない
 - 前例がない：モデル、ビジョン、具現化された要求事項が無い
- 最初に**安全要求事項の設定が必須** - 原子力安全
- 現場調査（Factの充実） - 評価・推定・仮説
- 工法と設計成立性の評価 - 現場作業・維持, スループット etc

安全設計とその実装（システム設計への展開）

安全設計

原子力安全

原子力原則
(達成されるべきもの)

安全要求

判断基準

機能要求の設定

重要監視パラメータの
抽出

- 原子力安全の基本まで立戻り原子力安全リスクを網羅

人と環境を放射線リスクから防護する

放射性物質の過大な放出防止 放射性物質の閉じ込め
放射線による過大な被ばくの防止 異常な追加生成の防止

- 福島第一の状況に応じた展開

システム設計

システム構成・機能の設定

・機能要求とシステムの対応

システム仕様の設定

・監視パラメータ
管理目標値

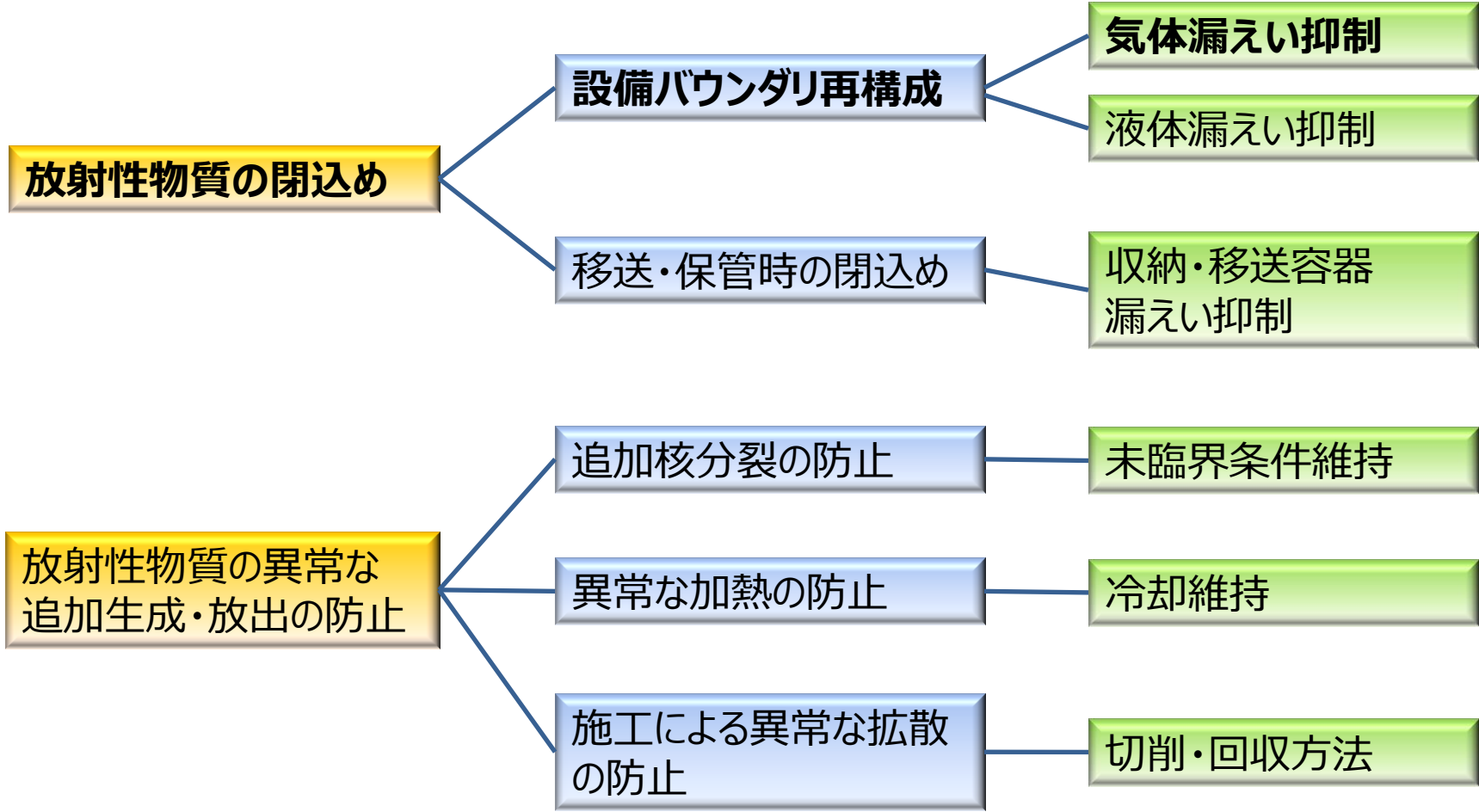
...

・機器選定、配置検討など

安全設計とその実装の検討例（原子力安全～安全要求）

原子力安全		安全原則(達成されるべきもの)		基本的安全要求	安全要求
人と環境を放射線リスクから防護する	公衆と環境を放射線リスクから防護する	放射性物質の過大な放出防止	放射性物質の閉じ込め	バウンダリによる放射性物質の閉込め	気体中の放射性物質の安全基準で許容される以上の漏えい防止
				取り出された放射性物質の移送容器による閉込め	液体系の放射性物質の安全基準で許容される以上の漏えい防止
			放射性物質の異常な追加生成の防止	追加核分裂反応の防止（臨界防止）	核反応による異常な放射性物質の生成防止
		異常な加熱の防止（冷却状態維持）		燃料デブリの異常な温度上昇による放射性物質の放出防止	
		切削による異常な放射性物質の拡散の防止		燃料デブリ、構造物の切削による異常な放射性物質の拡散の防止	
		放射線による過大な被ばくの防止	外部被ばくに対する防護	直接放射線による過大な被ばく防止のための遮へい	
作業員を放射線リスクから防護する	作業員の過大な外部被ばく・内部被ばくの防止 - デブリ取り出し作業に必要な新規装置設置に伴う被ばく - デブリ取り出し関連作業に伴う被ばく - デブリ取り出し関連以外のサイト内作業員の被ばく	作業員の被ばく低減のための設計	遮蔽、汚染・線量区分の適切な設定と被ばくを低減する遠隔保守及び動線等システム設計		
		作業員の被ばく低減のための運転管理	被ばく低減のための運転方法、保守計画及び作業管理		

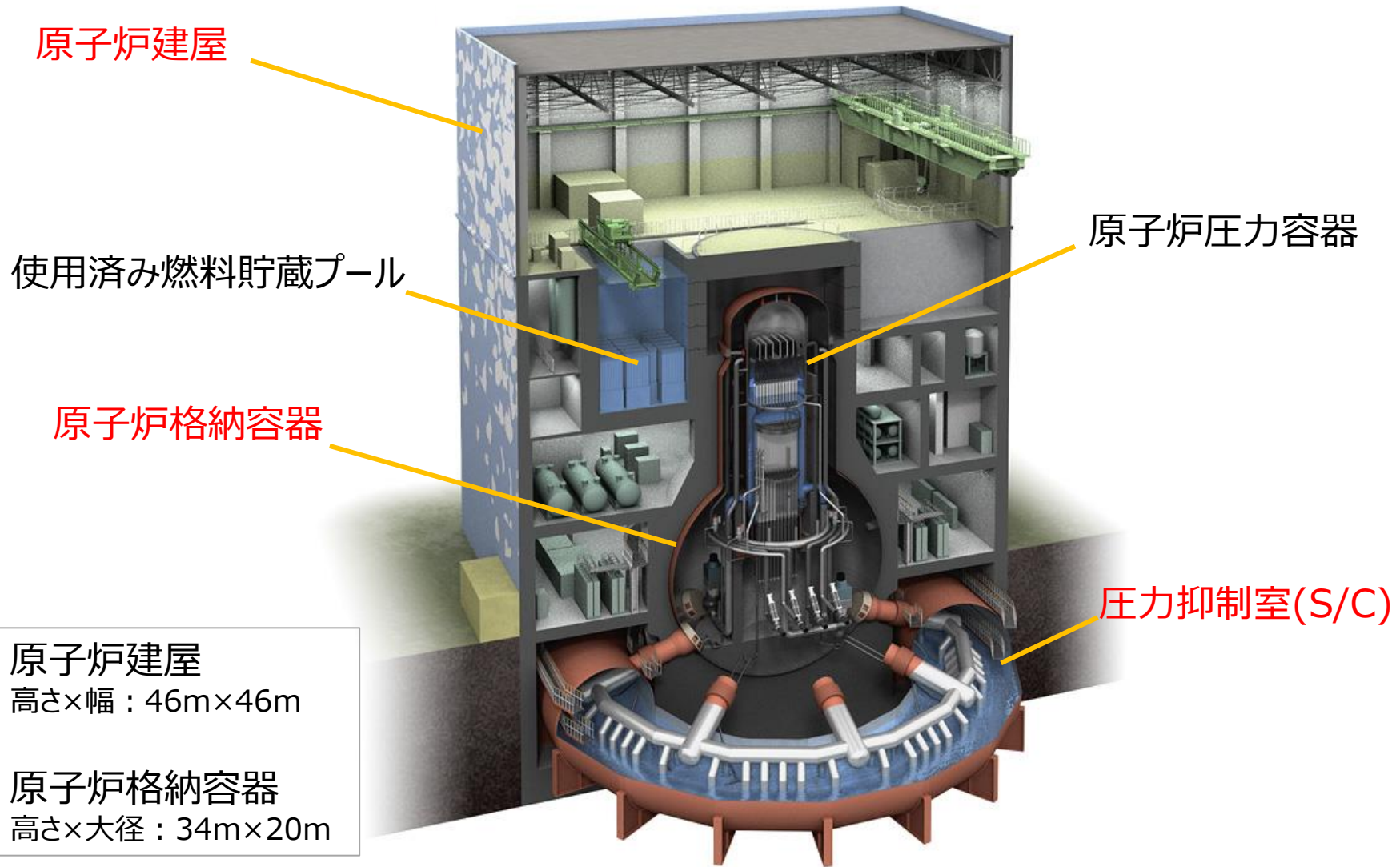
安全設計とその実装の検討例（ポイントの整理）



バウンダリを構成する

- ・気体中放射性物質の場合
- ・デブリ取り出し作業で発生するダストを閉じ込める

沸騰水型原子力発電所 原子炉建屋



原子炉建屋イメージ

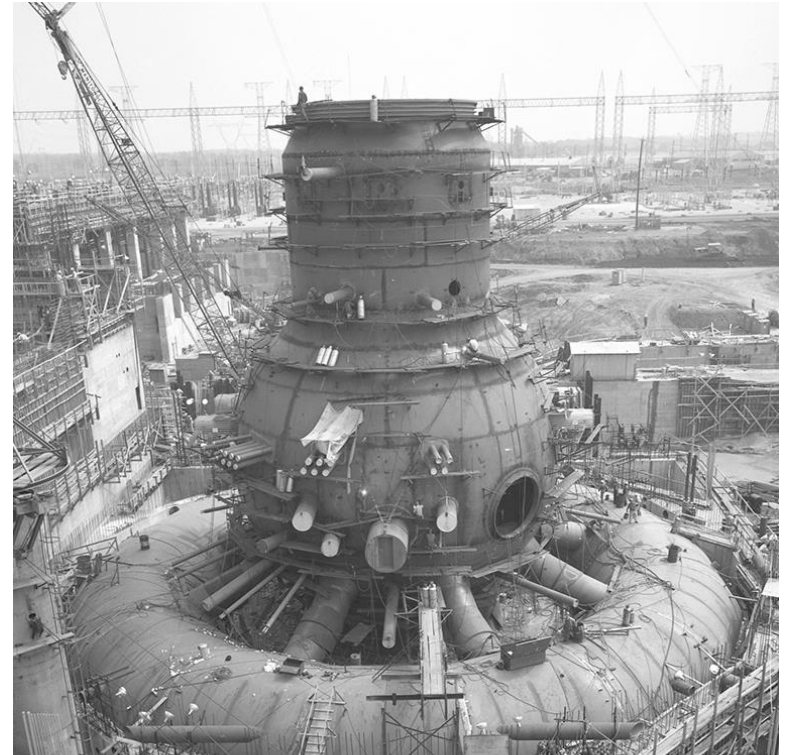
原子炉格納容器のバウンダリ再構築

静的バウンダリ リーク箇所をふさぐ

- 多数のペネトレーション
- 圧力抑制室とベント管
- 漏えい個所の特定
- 補修工法の開発と工事
- 健全箇所の検証
- 経年劣化対応
- 作業線量, 所要期間

動的バウンダリ 負圧勾配:インリーク許容

- 大規模漏えい個所の特定
- 補修工法の開発と工事 (必要な場合)
- 負圧勾配システムの開発と工事
- 負圧維持 (作業中常時)
- 排気浄化
- メンテナンス

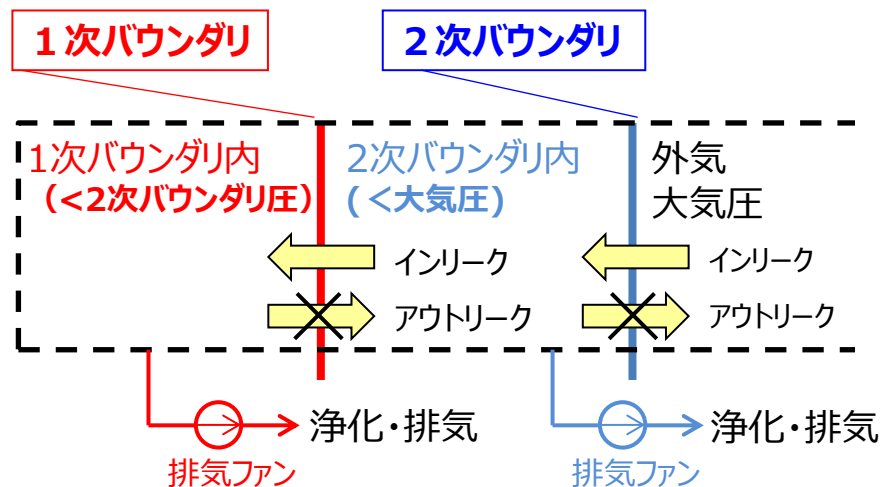


「Browns Ferry Unit 1 under construction 1966.Sep.」
Tennessee Valley Authority – TVA's 75th Anniversary webpage

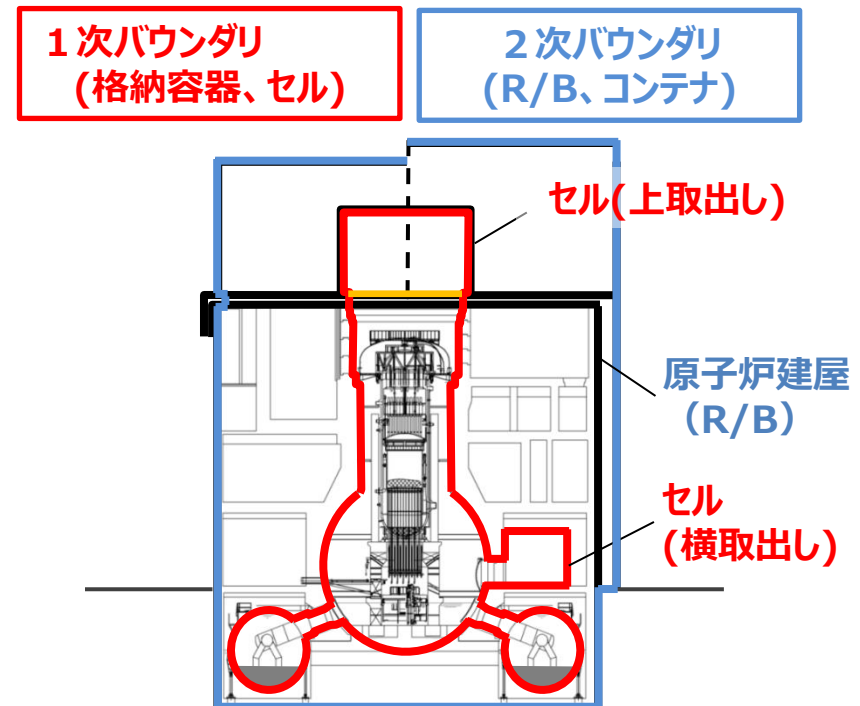
気相バウンダリ再構築（案）

動的バウンダリによる 発生した放射性ダストの閉じ込め

- PCV損傷部の補修を可能な範囲で実施
- 排気ファンによりPCV及びR/B内の圧力を負圧に維持
- 負圧維持（作業中常時）
- 多重化（1次/2次バウンダリ）の検討
- 排気の浄化



負圧勾配システムの検討



気相バウンダリのイメージ

安全設計とその実装 気体系の検討例

安全設計

原子力安全

原子力原則
(達成されるべきもの)

安全要求

判断基準

機能要求の設定

重要監視パラメータの
抽出

人と環境を放射線リスクから防護する

放射性物質の過大な放出防止 放射性物質の閉じ込め
放射線による過大な被ばくの防止 異常な追加生成の防止

仮：敷地境界線量を0.1mSv/年以下とする
気体中の放射性物質の安全基準で許容される以上の
漏えい防止

放出管理目標値

オブジェクティブツリーで具体的に展開

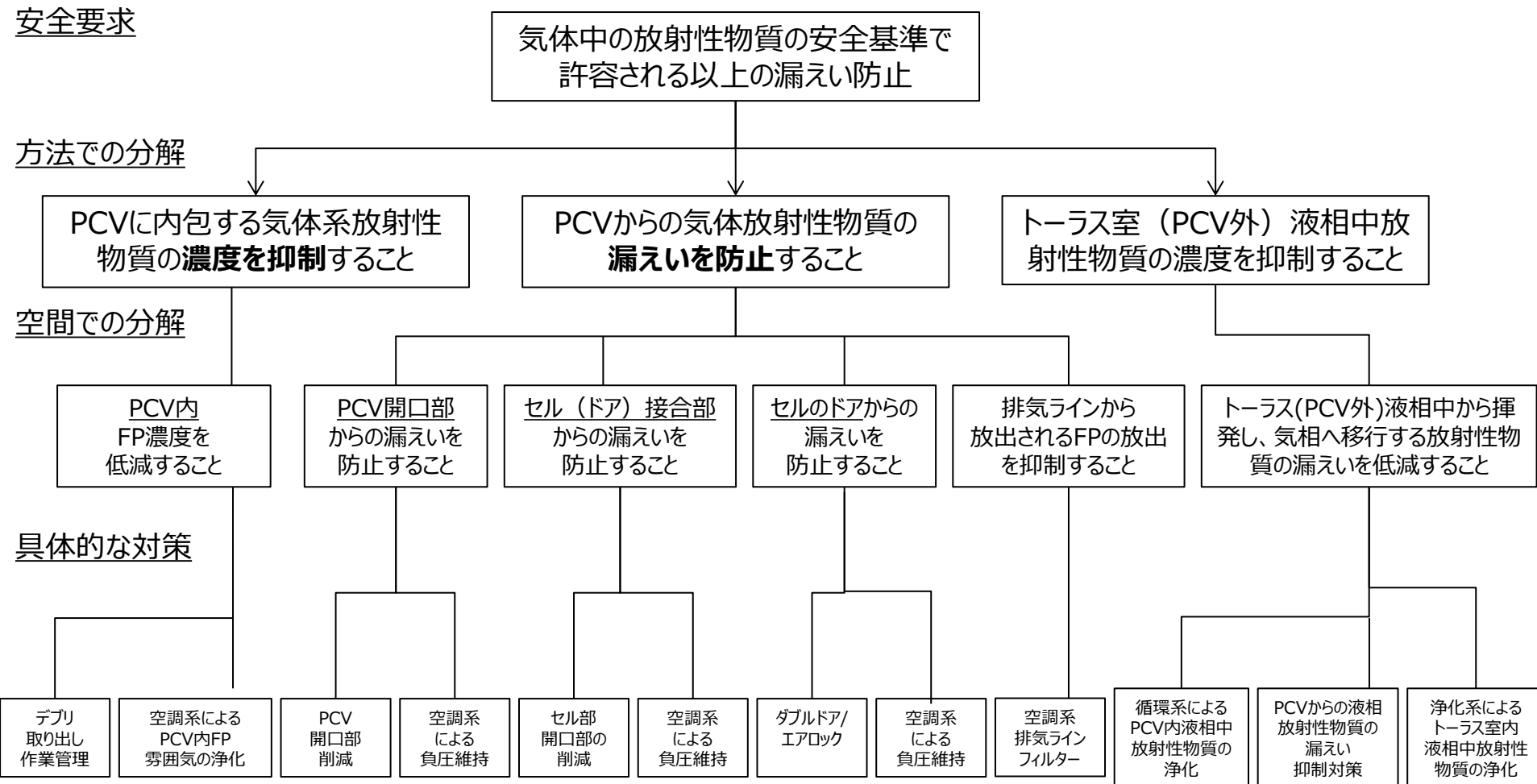
例：除染係数（排気浄化能・PCV内濃度）、漏えい率

設定された機能要求を維持するための監視パラメータ

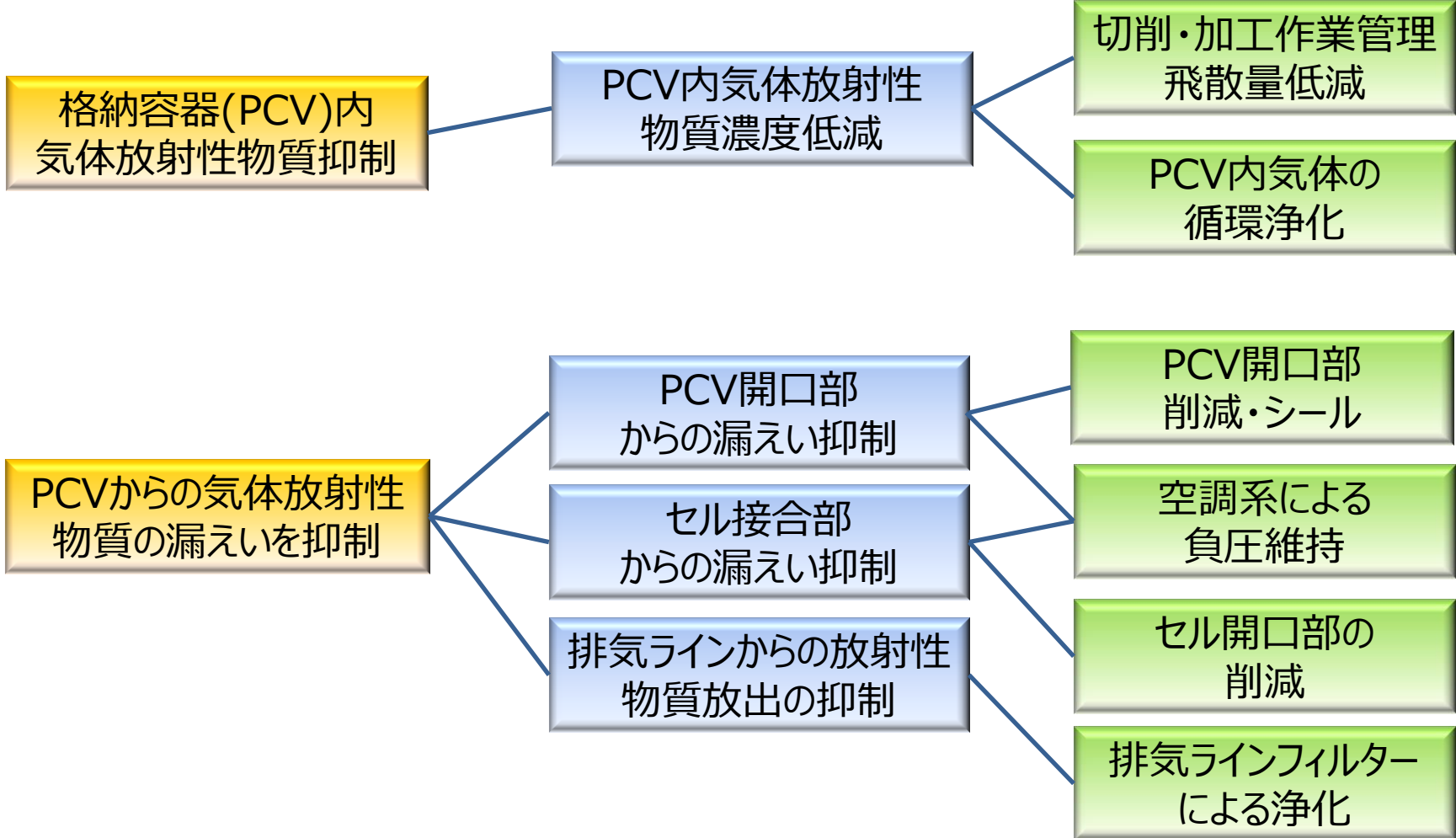
・このバウンダリは設計可能か？ ・機能要求や監視要求を満たす技術構成が取れるか？

気体中の放射性物質の漏えい防止(例)

- 安全基準で許容されるレベルに維持する
- オブジェクティブツリーでの整理と具体的対策への展開



気体中の放射性物質の漏えい防止(例) (ポイントの整理)



技術開発課題(例) 動的バウンダリの成立性②

切削・加工作業管理 飛散量低減：

- ・ダスト発生抑制, 集塵, 加工速度 (スループット), PCV内再循環浄化



コアビット



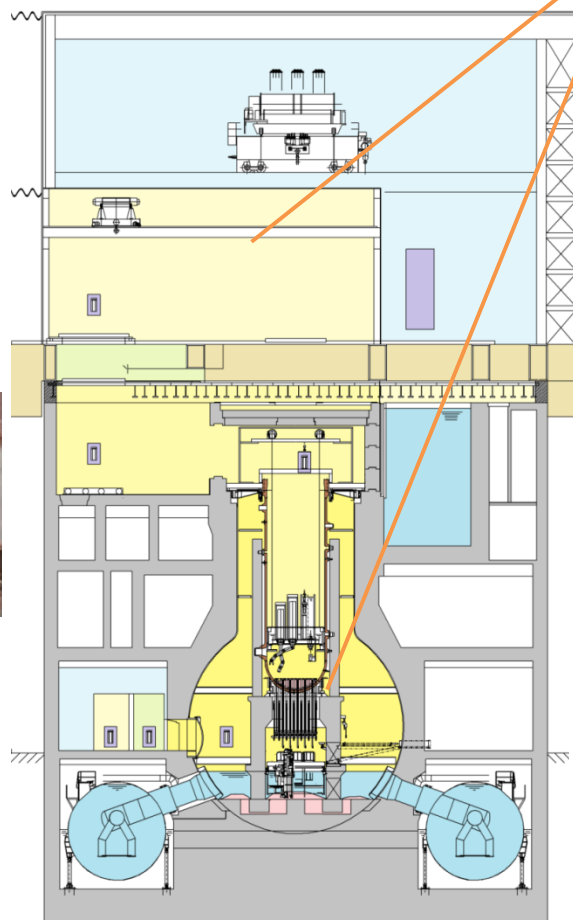
チゼル加工予備試験



超音波チゼル



レーザーガウジング

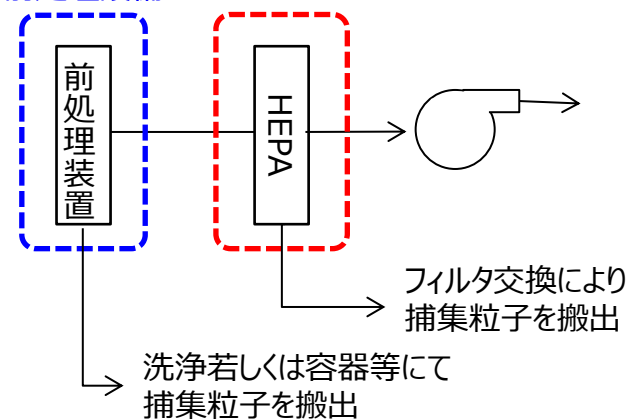


デブリ分離機 (サイクロンセパレータ)

排気ラインフィルター浄化：

- ・浄化性能 (DF)

前処理設備 最終処理設備



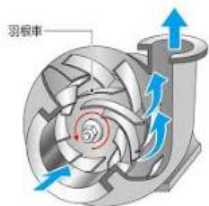
気相系粒子捕集・除去設備 構成 (案)

粒径分布

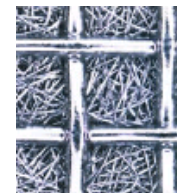
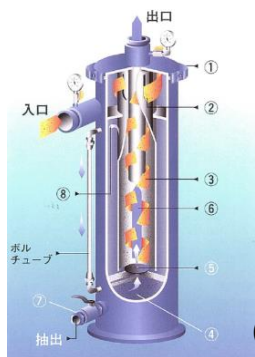
プロセス条件 (流量等)

ガス組成 (湿度等)

逆洗・遠隔回収・遠隔交換 等



デブリ吸引ポンプ



HEPA (左: グラスファイバー, 右: 金属)

燃料デブリの取り出し 安全要求のまとめ

放射性物質の閉じ込め

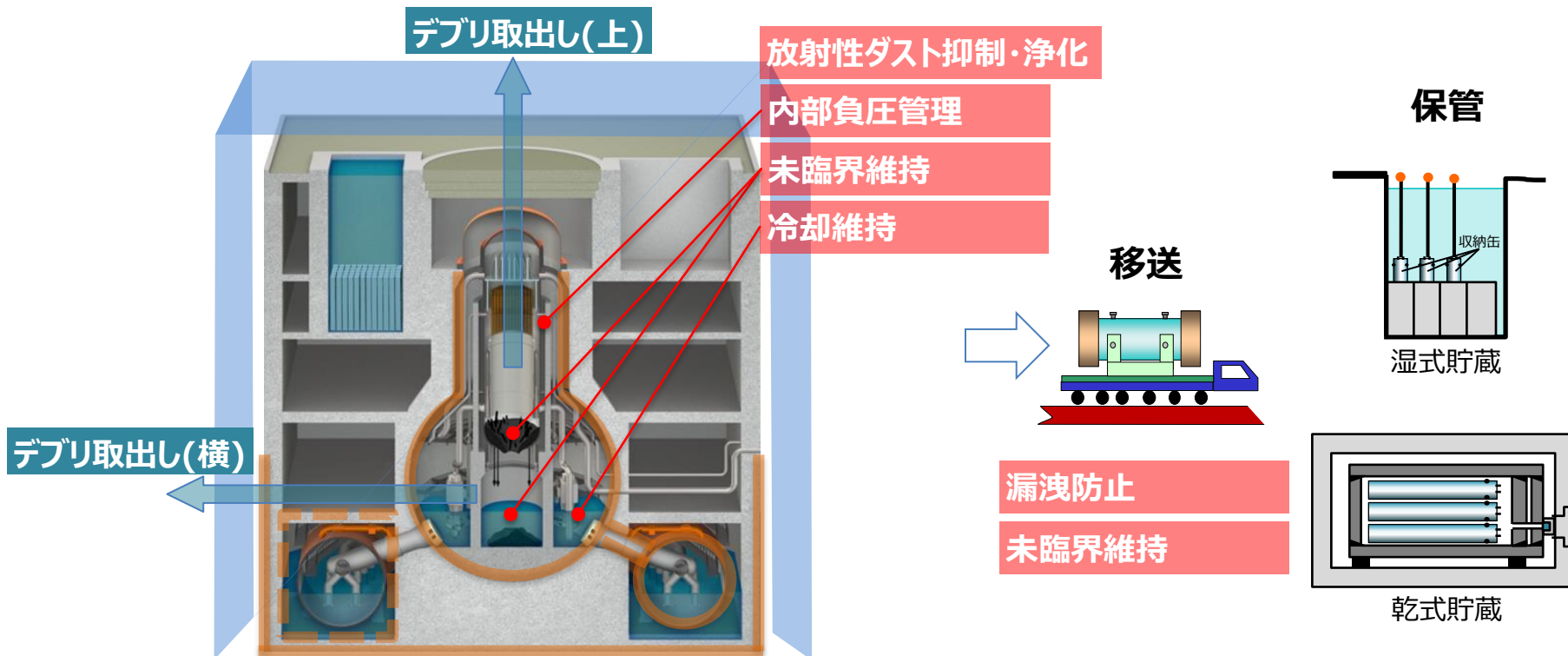
- 気体中／液体中の放射性物質の安全基準で許容される以上の漏えい防止
- 移送容器による放射性物質の漏洩防止

放射性物質の追加生成の防止

- 核反応による異常な放射性物質の生成防止
- 燃料デブリの異常な温度上昇による放出防止
- 燃料デブリ、構造物の切削による異常な拡散の防止

一般要求等

- 火災・爆発の防止
- 状態監視・モニタリング

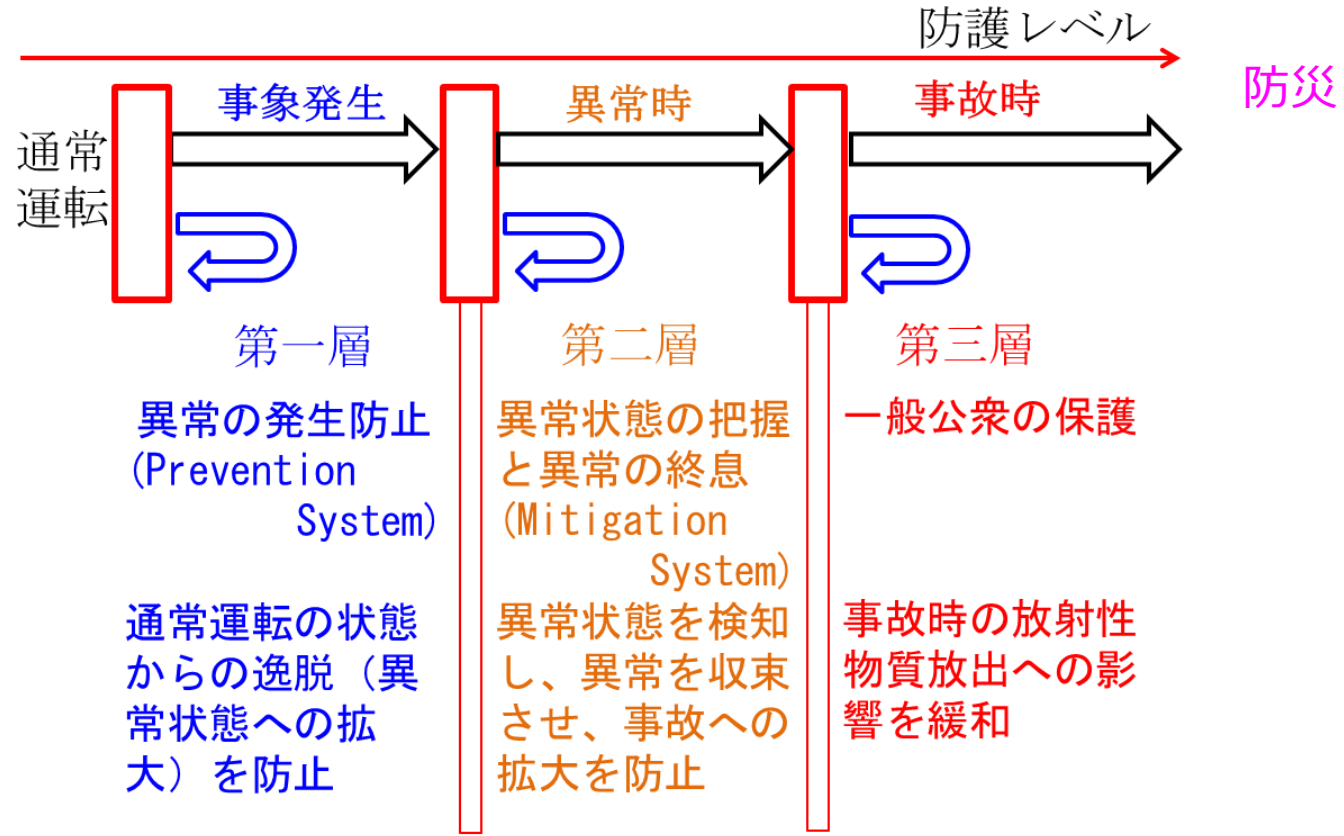


深層防護を考える

放射線リスクから人と環境を護るため不確かさを考慮して、防護全体の
実効性を高める。※

深層防護の検討 defense in depth

- 影響度の高い事象に対して、多層の防護策を設定し、事象の発生の可能性を低減する。*



* 例えば、「原子力安全の基本的考え方について 第 I 編 別冊2 深層防護の実装の考え方」

機能要求の検討 (深層防護)

安全設計

原子力安全



原子力原則
(達成されるべきもの)



安全要求



判断基準



機能要求の設定



重要監視パラメータの
抽出

安全設計の検討にあたり、安全要求および機能要求の位置付けを明確化

人と環境を放射線リスクから防護する

放射性物質の過大な放出防止 放射性物質の閉じ込め
放射線による過大な被ばくの防止 異常な追加生成の防止

- 各安全要求に対し、深層防護レベル毎に判断基準を設定
機能要求を検討する際の要求レベルのために必要
- 深層防護レベル毎に機能要求を体系的、網羅的に再設定
各防護レベルに機器・システムや品質を規定
- 設定された機能要求を維持するための
監視パラメータ (管理基準) を抽出

深層防護 各レベルの判断基準（公衆被ばく）を考える

デブリ取り出し時における各深層防護レベルの判断基準（公衆被ばく）の例

防護レベル	判断基準 (被ばく線量)	根拠
レベル1	X_1 mSv/年	平常時の一般公衆の線量限度に対して1/10となる値を適用
レベル2	X_2 mSv/事象	本レベルで発生の可能性のある事象に対して許容線量として、有意なリスク上昇がないように設定
レベル3	X_3 mSv/事象	安全評価指針における事故時の判断基準線量を適用

(別途、作業被ばくも設定)

深層防護 系統構成（案）を考える

各深層防護レベルの定義と系統構成の例

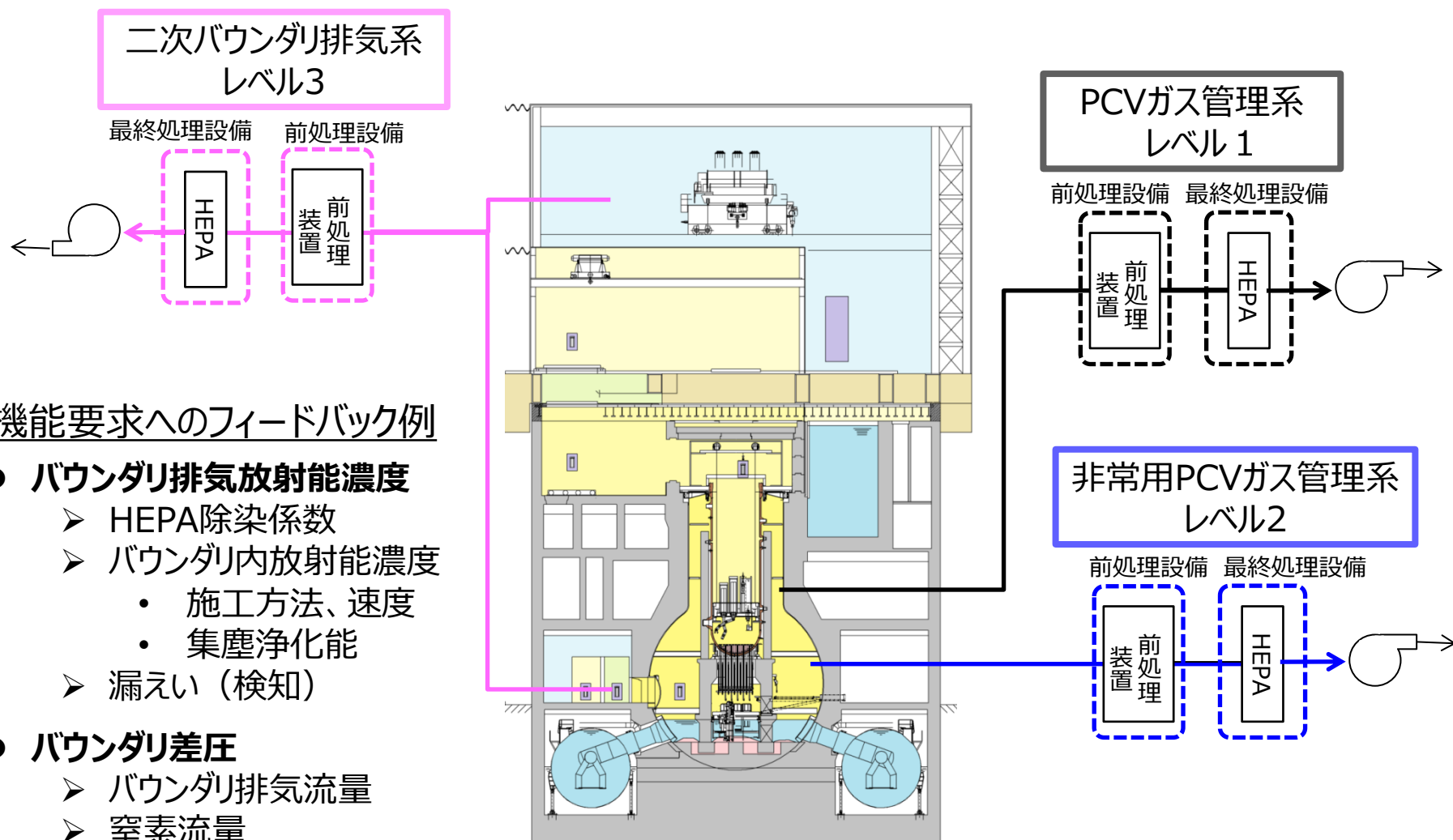
		レベル1	レベル2	レベル3 ^[*1]	レベル4 (参考)
状態の定義		通常状態	異常時	事故時	防災
防護上の目的		通常運転からの逸脱の防止 安全上重要な施設の故障の防止	通常運転からの逸脱の検知 及び制御	設計基準で想定する事象 の制御	被ばく影響緩和
系統構成	①気相漏えい防止	PCVガス管理系	非常用PCVガス管理系	二次バウンダリガス排気系	機動的対応 及び防災
	②液相漏えい防止	冷却水循環系（D/W側） PCV漏えいがある場合は、 トラス室排水系含む	冷却水循環系（S/P側） PCV漏えいがある場合は、非常用 トラス室排水系含む	非常用トラス室排水系 PCV漏えいがある場合は、非常用 トラス室排水系（可搬設備）	
	③臨界防止	常用ホウ酸水注入系 ^[*2] 【臨界近接監視 ^[*3] 】 中性子監視系／FPガス監視系	非溶解性中性子吸収材投入系 【臨界検知 ^[*3] 】 中性子監視系／FPガス監視系	非常用ホウ酸水注入系 【臨界状態監視 ^[*3] 】 中性子監視系／FPガス監視系	
	④崩壊熱除去	冷却水循環系(循環冷却)	非常用冷却系(循環冷却)	非常用冷却系 [可搬式]	

[*1] 必要に応じて、可搬式設備の活用を検討
 [*2] 通常時から中性子吸収剤を使用する場合
 [*3] 号機ごとに選択

十分性、網羅性、冗長性、合理化は以降検討してゆく
 (ここでは仮に二次バウンダリを形成する場合)

深層防護の系統構成（例）

管理値あるいは機能要求へのフィードバック



スループットへの挑戦

デブリ取り出し作業の速度

バックグラウンド:遠隔作業への期待

<廃炉措置>

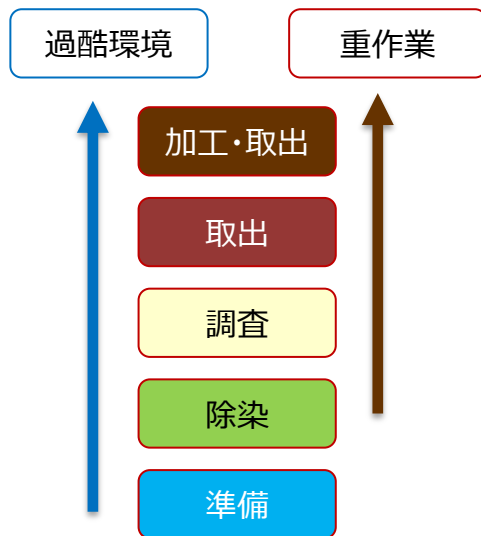
- 人が近づけない高放射線環境
- 安全最優先で着実な調査や作業

<技術のポイント>

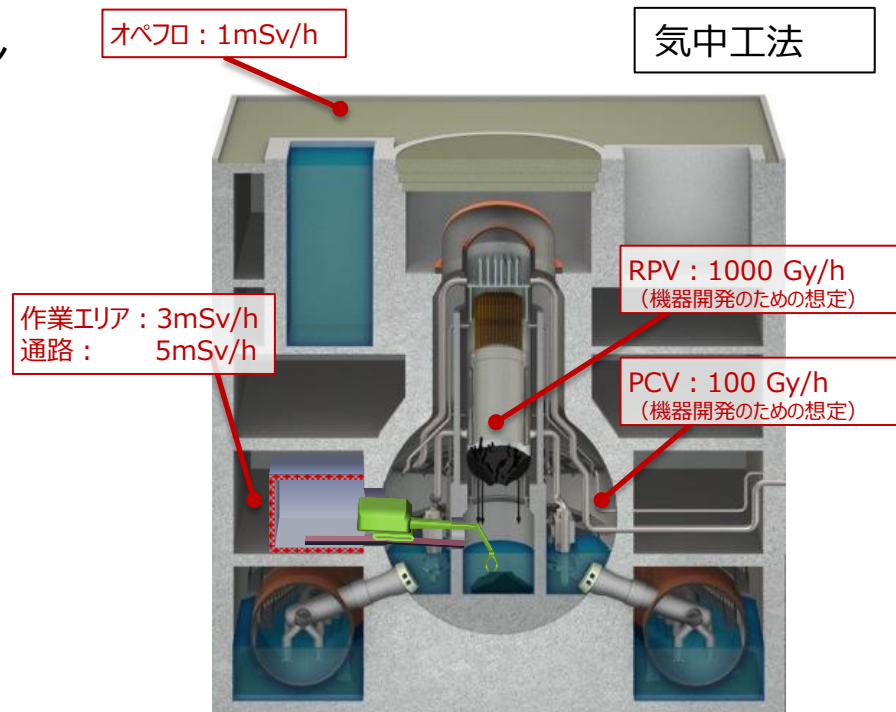
- 高線量率環境への対応
- バウンダリの確保
- ケーブルマネジメント, オペレーション
- 作業速度

<課題の難しさ>

- 実際の内部状況が不明で手探りの状況
- アクセスできる空間や使えるリソースの制約
- あらゆる事態を想定した対処の検討
- 進捗状況によって廃炉措置全体の構想の変化



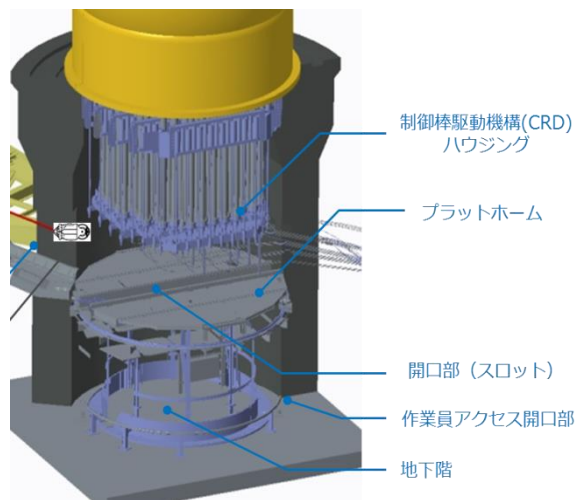
遠隔作業への期待



作業環境の推定

何を取り出さなければならないのか

- 燃料デブリ, **MCCI** (Molten Core Concrete Interaction, 溶融炉心コンクリート相互作用)
- 炉心燃料域以下 (上部格子板含む) の構造物
- ペDESTAL内構造物
- アクセス・搬出経路の干渉物 等



3号機格納容器内
ペDESTAL内

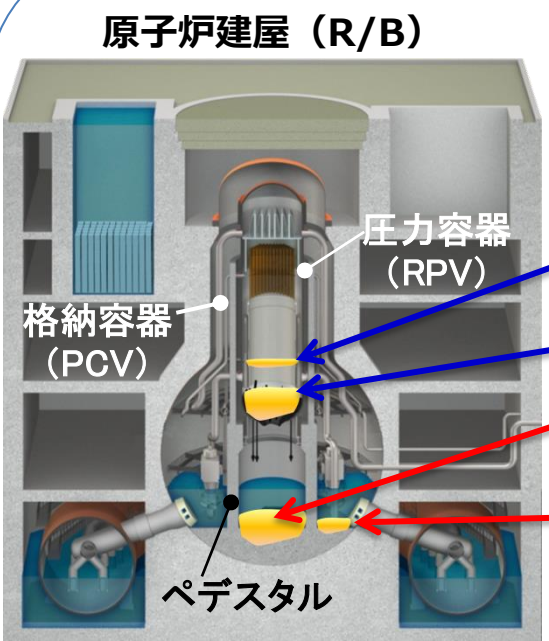


2号機格納容器内底部,
ペDESTAL内 内壁付近

TOSHIBA PITCH -011 TILT -073

燃料デブリ分布の推定(解析)例

解析による評価



 : RPV内 : RPV外 (単位: トン)

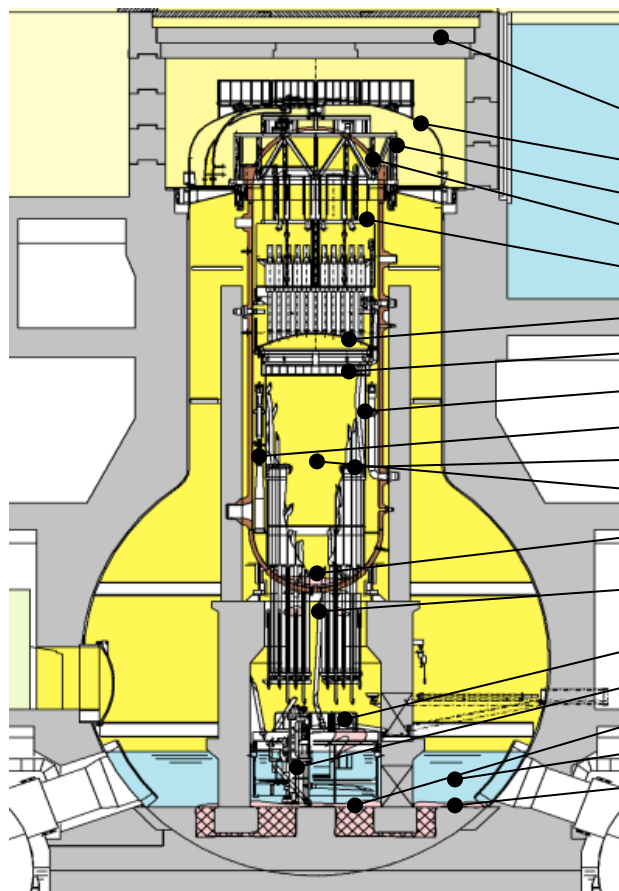
	1号機	2号機	3号機
場所	代表値※	代表値※	代表値※
炉心部	0	0	0
RPV底部	15	42	21
ペDESTAL内側	157	146	213
ペDESTAL外側	107	49	130
合計値	279	237	364

「代表値」: 現時点において最も確からしい値。
 「推定重量」: 燃料 + 溶融・凝固した構造材 (コンクリート成分を含む)

- ▶ 解析結果及び実機調査データ (温度データ、ミュオン測定、PCV内部調査等) を総合的に分析・評価。

燃料デブリ取り出し作業の排出物想定

- 燃料デブリ（扱い）として取り出す量の想定：数百トン
- 構造材と溶融凝固した燃料の分離・分別は可能か（当座、燃料デブリ扱い）
- アクセス（搬出）経路に介在する構造物の解体撤去（廃棄物）



排出物の想定・分類例

No.	排出物	分類
1	シールドプラグ	廃棄物
2	PCVヘッド	廃棄物
3	RPV保温材	廃棄物
4	RPVヘッド	廃棄物
5	蒸気乾燥器	廃棄物
6	シュラウドヘッド	廃棄物
7	上部格子板	燃料デブリ
8	シュラウド	燃料デブリ
9	ジェットポンプ	燃料デブリ
-	炉心支持板	燃料デブリ
10	炉心部燃料デブリ	燃料デブリ
11	RPV底部燃料デブリ	燃料デブリ
12	RPV下部/CRDハウジングに付着した燃料デブリ	燃料デブリ
13	ペDESTAL内部構造物	燃料デブリ
14	CRD交換機	燃料デブリ
15	ペDESTAL内部燃料デブリ	燃料デブリ
16	ペDESTAL外部構造物	廃棄物
17	ペDESTAL外部燃料デブリ	燃料デブリ

燃料デブリ取り出し 切削・回収ステップ

- 目指すべきスループットの試算例：200～300kg/日（構造材含む）

作業ステップ（例）

切削・回収作業・要求効率を考える（検討例）

アクセス搬出経路構築

.....

未臨界度評価

燃料デブリの切削

燃料デブリの回収

ユニット缶への収納

水切り

.....

ユニット缶搬出

乾燥

キャニスタへ収納

.....

項目	仮定条件
燃料デブリ取り出し期間 仮目標	1号機：10年間、2号機：10年間、3号機：10年間
年間燃料デブリ 取り出し日数	200日間(作業日数以外はメンテナンス日とする)
1日の燃料デブリ 加工時間	10時間以内
燃料デブリの量	3号機（仮）：(CRD計装管付着：6ton*、ペDESTAL内：最大277ton、ペDESTAL外：最大146ton、合計：429ton)
燃料デブリ加工ツール	1. MCCI：チゼル加工、超音波コアボーリングなど。 2. CRD計装管付着：ディスクカッター、AWJ、レーザなど。 3. 金属類付着：ディスクカッター、AWJ、レーザなど。
燃料デブリ加工速度	1. チゼル加工、超音波コアボーリング：機械的加工 2. ディスクカッター、AWJ、レーザ：干渉物撤去と同様の速度 3. コアボーリング：3.25kg/h- 高速度化検討中 4. レーザガウジング：熱的切断が必要な場合
燃料デブリ回収方法	吸引、把持、すくうなどの実績がある回収方法で回収速度を仮定

燃料デブリ切削の要求事項

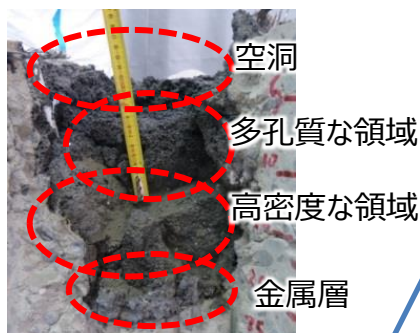
要求事項（コンセプト）

	要求内容	燃料デブリ加工技術選定の観点
安全要求*1	核反応による異常な放射性物質の生成防止	（未臨界管理において検討中）
	燃料デブリの異常な温度上昇による放射性物質の放出防止	燃料デブリへの入熱が少ないこと。 （熱的加工については飛散率を評価）
	燃料デブリ、構造物の切削による異常な放射性物質の拡散の防止	大気中に放出されるヒューム（粉末、微粒子など）が少ないこと。 水中に放出される切りくず、粉末、などが少ないこと。
作業要求	燃料ペレット、燃料被覆管などの燃料集合体、炉内構造物、圧力容器、およびコンクリートなど様々な燃料デブリの加工ができる	電気伝導特性（導体、絶縁体）、機械的特性（硬さなど）、熱的特性（融点、沸点）などに依存せず加工ができること
	可能な限り短期間で燃料デブリを回収できる	加工速度が速いこと
	炉内やPCV内の狭あい部で燃料デブリにアクセス	加工装置（特に先端部分のヘッド）が小さいこと
	システムシステムへの影響が少ない	アシストガスなどの供給が少ないこと
		供給水やAWJの砥粒などが少ないこと
	作業エリアの成立性が高い	ユーティリティが少なく、出来るだけ付帯設備の規模が小さいこと
技術の入手性がある	調達性、できれば現在でもベンダーから技術を入手できること	

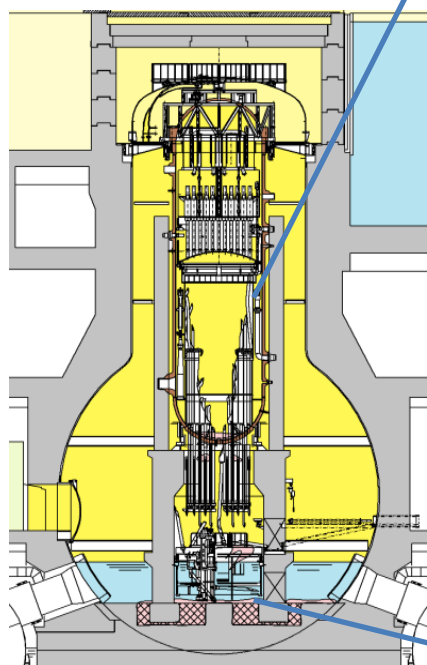
*1：安全要求から燃料デブリの加工に係る要求だけを抜粋

切削・回収対象の特性 燃料デブリの特性を検討

- TMI-2の調査結果やデブリ/MCCI模擬生成試験, 事故進展解析を参照
- 組織、硬さ、構造材との混合状態、存在領域、量等を推定



MCCI模擬試験






燃料デブリ特性の推定

	燃料デブリ種類	主な燃料デブリ	特徴	質量[t]	燃料デブリ物性
				MAAP	寸法
炉心部	切株燃料 (未熔融破損燃料)	すべて崩落している可能性もあるが、燃料集合体存在の可能性あり	燃料集合体の一部が溶融せず残留	0~3	~4m
	粉状、小石状	残存構造物に付着あるいは積層して存在	溶融した炉心材料が急冷され、小片化		数μm~数cm
炉底部	粉状、小石状	大部分を炉底部のクラストが占める	溶融した炉心材料が急冷され、小片化	7~20	数μm~数cm
	塊状	クラスト部にはZr金属やZrBが存在し、硬く韧性のある部位が存在	ゆっくり冷却され塊となったもの		厚さ数十cm
	クラスト(岩盤状)		溶融した金属と酸化燃料が混合固化した燃料デブリ		厚さ0.1~1m
CRD/計装管	構造物+付着燃料デブリ	管内部の隙間や外面に燃料デブリが付着して存在	圧力容器下端から下方の部分のSUS配管内を燃料デブリが流路閉塞		侵入長10数cm
ペDESTAL内	MCCI/粉状、小石状	複数の層をなしており、大部分が塊状のMCCIであると思われる	溶融した炉心材料がRPVから漏出し、分散急冷固化 MCCI進行時クラスト破損、溶融コリウムの噴出により小片化	120~209	50μm~20cm
	MCCIクラスト	気孔率が高く、韧性が低い燃料デブリが多量に存在	壁面には金属成分を含んだ噴出物が付着、床面は中空構造、上部クラストは気孔多く金属成分は少量		厚さ0.1~1m
	塊状MCCI		上部は硬いコリウムであるが気孔率大 下部は気孔率小で硬い 中央部または壁近傍に金属球在り		数10cm~
	金属層		MCCIの底部に比較的均一に分布		検討中
ペDESTAL外	MCCI/粉状、小石状	ペDESTAL内部位ほど明確な層分離はなく、クラストおよび塊状MCCIが存在	ペDESTALから流出した小石状燃料デブリが存在	70~153	50μm~20cm
	MCCIクラスト/塊状MCCI		ペDESTALから流出したコリウムがコンクリートと反応・凝固 金属成分やや多い		~0.5m

切削技術の開発・遠隔チゼル加工の例

- 要求事項を満たす切削技術の構成を検討中
- コアボーリング, ディスクソー, 超音波コアドリル, 油圧カッター, チゼル, アブレイブウォータージェット(AWJ), レーザーガウジング 他
- 加工速度

No.	チゼル種類	チゼル本数	加工状況/チゼル形状	加工結果状況	加工速度*1
1	電動駆動式	1本			28.74 kg/h*1 (287kg/日*1)
2	電動駆動式	1本			43.38kg/h*1 (433kg/日*1)
3	エア駆動式	2本			255.576kg/h*1 (2.5ton/日*1)

*1: 予備試験結果であるため、加工速度は参考値とする。加工目標は、300kg/日。1日の作業時間は10時間。

収納・移送・保管技術 課題

作業ステップ (例)

.....

ユニット缶搬出

乾燥

キャニスタへ収納

仕分け

キャスクへ収納

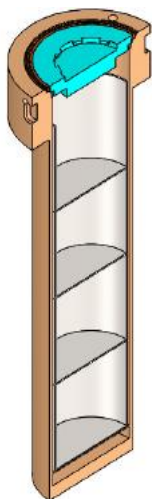
..... 保管設備へ移送

キャスク受入れ

キャニスタ解放

完全乾燥

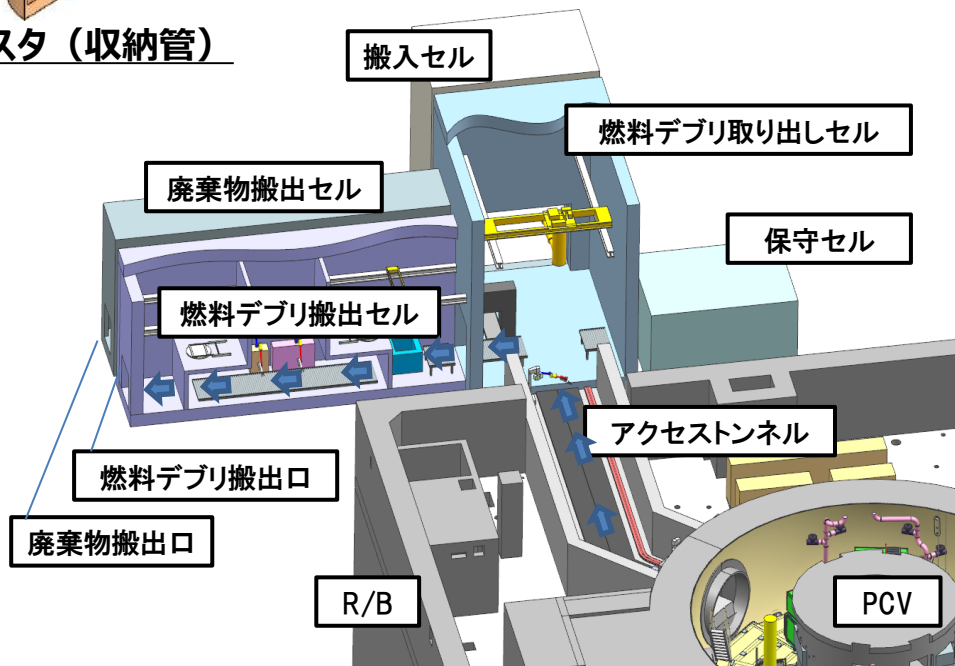
再収納・保管開始



キャニスタ (収納管) の設計要求

- 未臨界維持
 - 形状による担保 (直径)
 - 量による制限 (最少臨界量) 【測定】
 - 減速材の制限 (水分) 【乾燥】
- 水素発生抑制
 - 水分の除去【乾燥】
- 漏えい防止
- 冷却

キャニスタ (収納管)



デブリ/廃棄物搬出ライン イメージ

収納・移送・保管技術 課題

.....

ユニット缶搬出

乾燥

キャニスタへ収納

仕分け

カスクへ収納

..... 保管設備へ移送

カスク受入れ

キャニスタ解放

完全乾燥

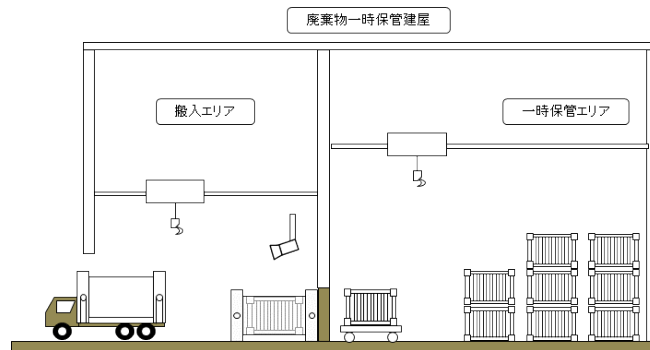
再収納・保管開始

燃料デブリと廃棄物の仕分け可能性, 安全要求事項

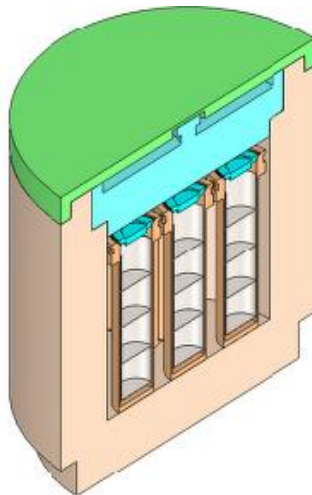
- 未臨界維持：燃料デブリのみ
- 水素発生抑制
- 漏えい防止
- 冷却
- 遮蔽

仕分けの基準と方法

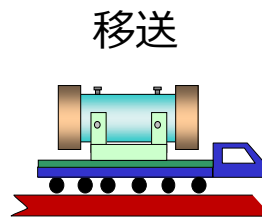
- 発生した領域、形状
- 核燃料の量
- 汚染密度
- 測定・評価方法



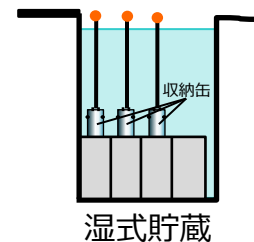
廃棄物保管



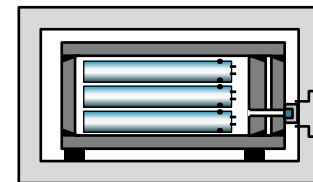
カスク イメージ



燃料デブリ保管



湿式貯蔵



乾式貯蔵

まとめ

● 安全 を最初に考える

- ・内在するリスクを徹底的に抽出し、リスクの全体像を構築
- ・対応、対策を、デブリ取り出しシステムへの要求機能で具現化
- ・深層防護レベルに展開・対応
- ・要求機能に機器・設備構成を割付けし設計に反映

● 迅速

- ・スループットの成立と極限の追求：デブリ取出しに要する期間

● 合理的、現場指向、確実（主に今後のステップ）

- ・仮構築した安全システムを現場のfactを積み重ねつつ、試験・評価／検証により合理化してゆく（エンジニアリング、詳細設計、PDCA）

所感

- ・長期にわたり具体的な技術開発ニーズが多数抽出されてくるものと思量
- ・デブリ取り出しへの挑戦に若手技術者の参加を期待