
4 . 中長期ロードマップについて

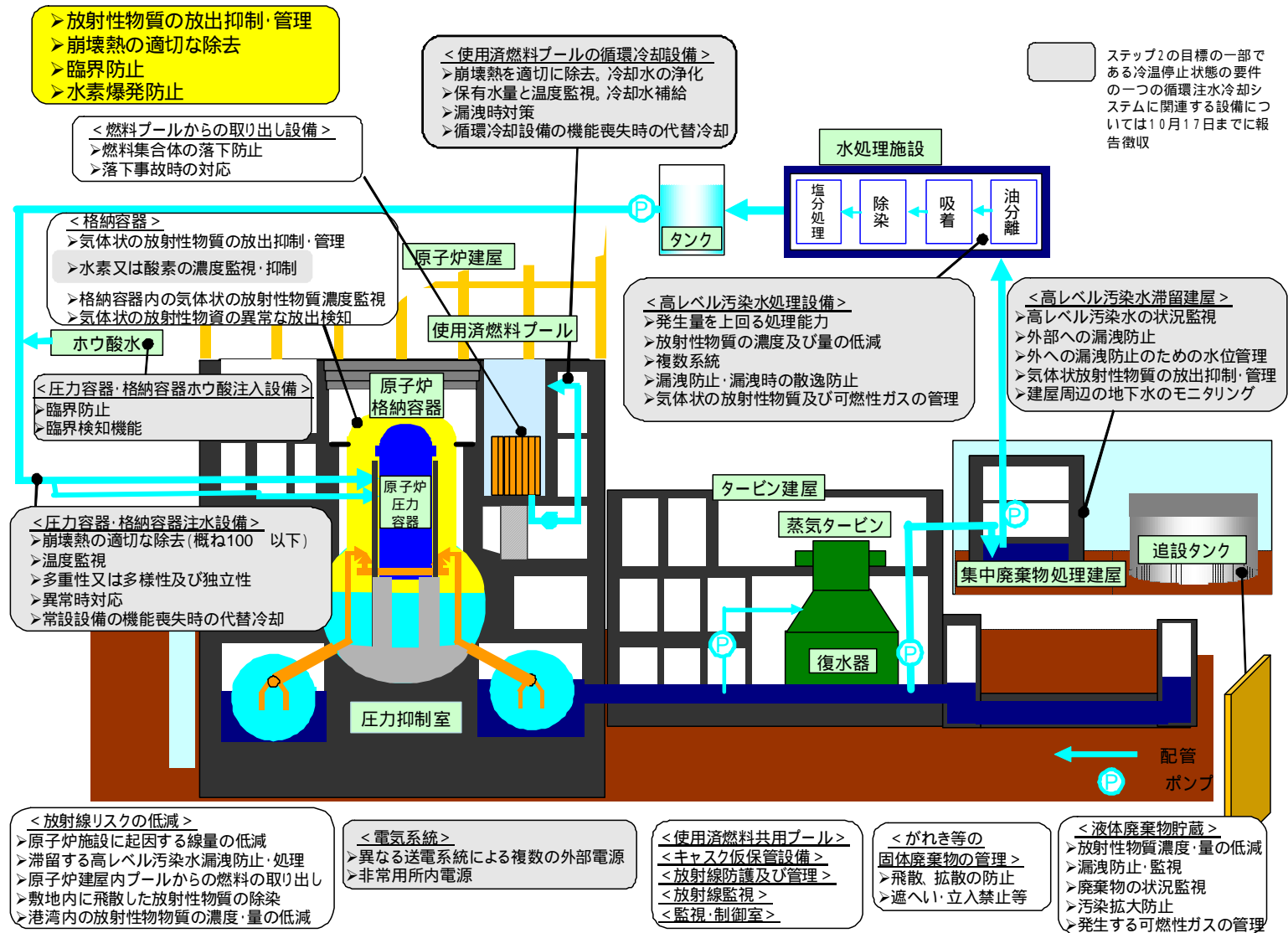
(平成24年3月26日改訂)

発電所の作業状況について (1/1 ~ 2/29 現在)



中期的安全確保の考え方（基本目標の概要）

- 原子力安全・保安院により原子炉の廃止に向けての作業が開始されるまでの「中期的安全確保の考え方」が平成23年10月3日に公表されました。
- 中期的安全確保の考え方に基づき、循環注水冷却システムに係る設備等の運営計画及び安全性の評価の結果について原子力安全・保安院に報告しました。その他の設備等の報告も今後速やかに実施します。



中長期ロードマップの位置づけ・安全確保の考え方

中長期ロードマップは、平成23年11月9日における枝野経済産業大臣及び細野原発事故収束・再発防止担当大臣からの指示を受け、東京電力、資源エネルギー庁、原子力安全・保安院にてとりまとめ、12月21日の政府・東京電力中長期対策会議において決定したものの。

< 中長期の取組の実施に向けた基本原則 >

【原則1】地域の皆様と作業員の安全確保を大前提に、取組を計画的に実現していく。

【原則2】透明性を確保し、地域や国民の皆様のご理解をいただきながら進める。

【原則3】今後の現場状況や研究開発成果等を踏まえ、継続的に本ロードマップを見直していく。

【原則4】本計画に示す目標達成に向け、東京電力、資源エネルギー庁、原子力安全・保安院は、各々の役割に基づき、連携を図った取組を進めていく。

< 中長期安全確保の考え方 >

・至近約3年間について、東京電力は、原子力安全・保安院より示された「中期的安全確保の考え方」に基づいて策定した施設運営計画を確実に実施し、原子力安全・保安院が東京電力の報告や独自の調査に基づき、確認・評価を実施することにより安全性を確保する。

・中長期の取組においても同様に、東京電力は、個別作業ごとに具体的な作業方法を検討する各段階において、安全性、環境影響評価を実施し、原子力安全・保安院がこれを確認・評価した上で作業を進めることにより、安全性を確保していく。

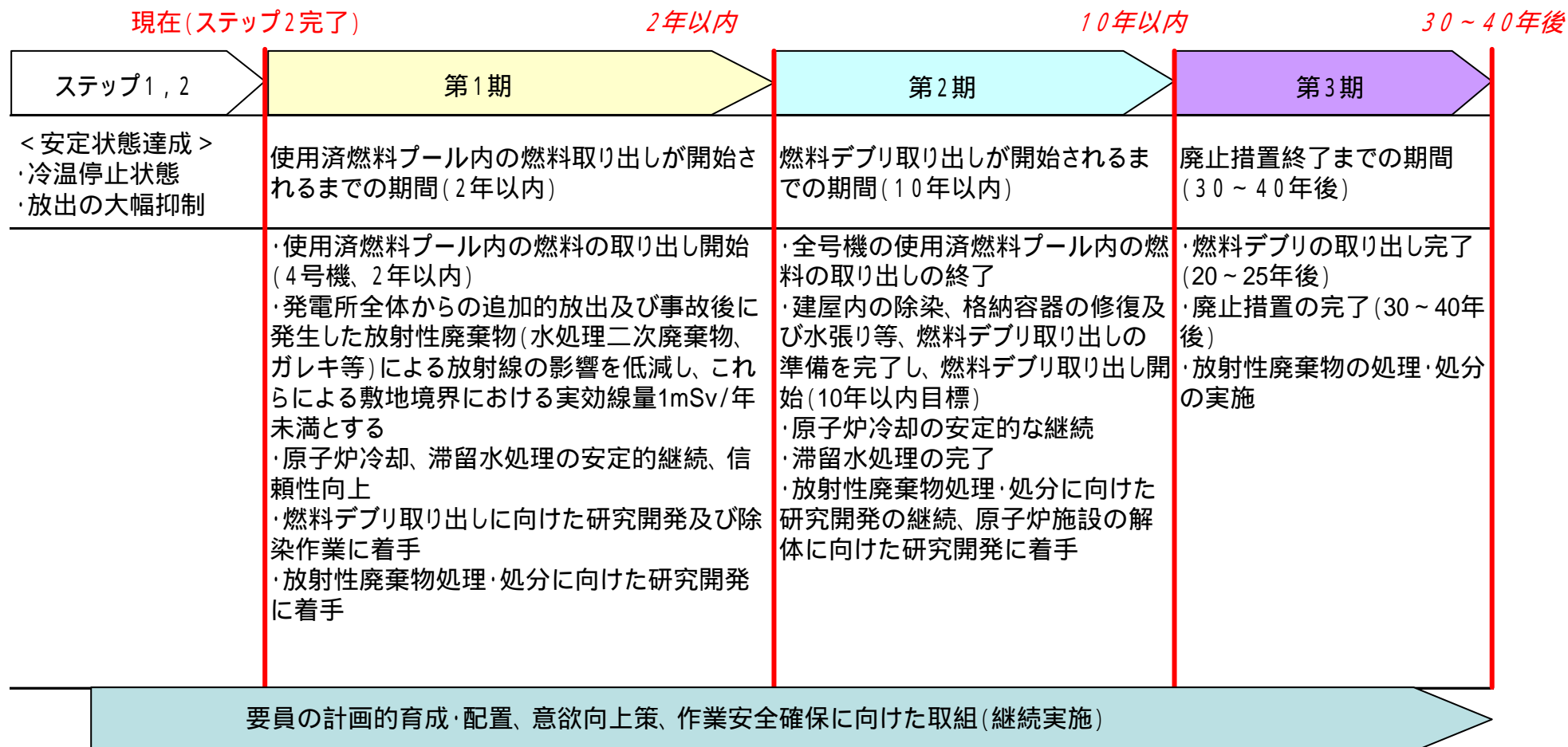
中長期ロードマップ

< 主要な目標 >

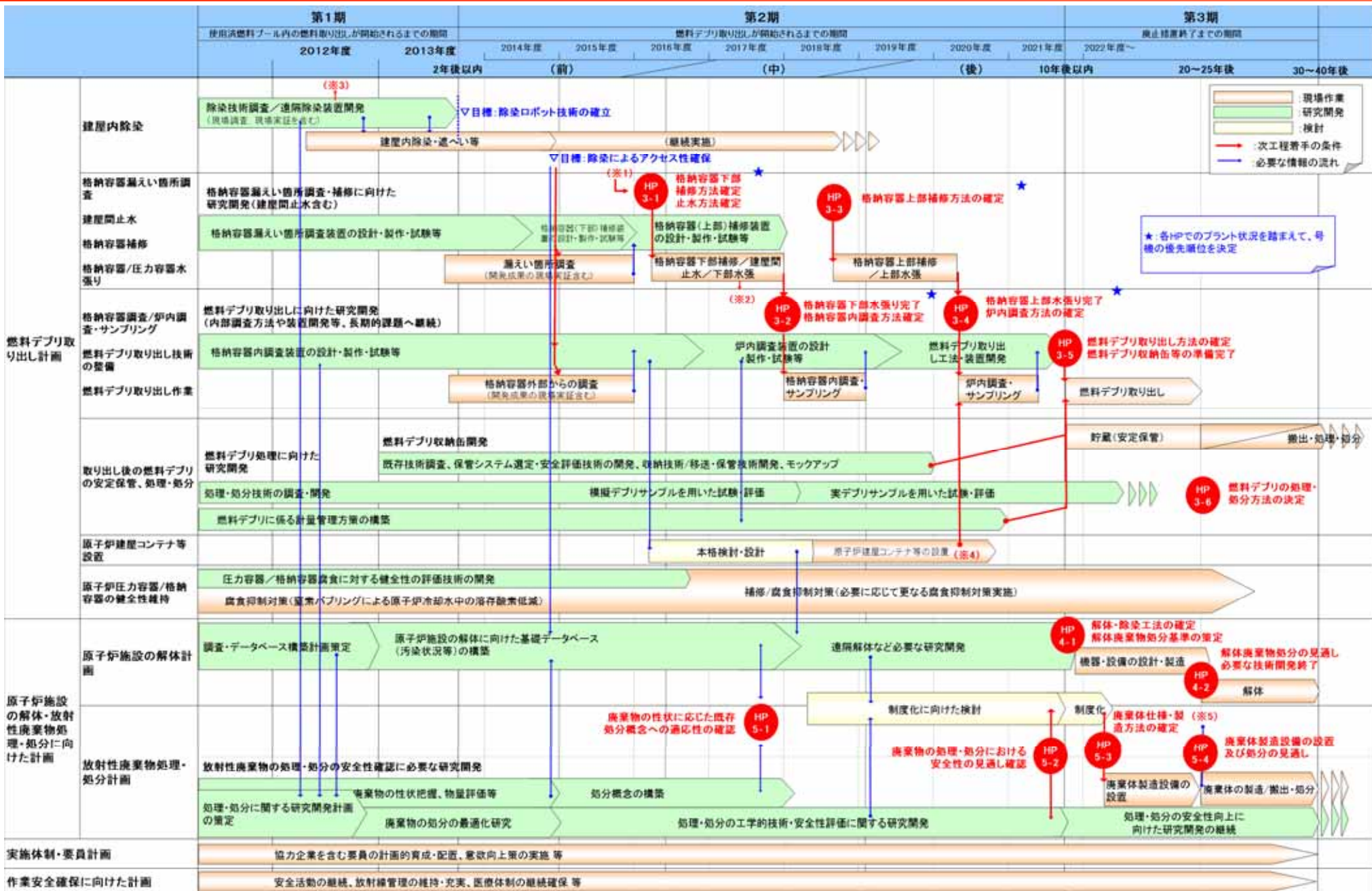
今後実施する主要な現場作業や研究開発等のスケジュールを可能な限り明示。

< 時期的目標及び判断ポイント >

- ・ 至近3年間については年度ごとに展開し、可能な限り時期的目標を設定。
- ・ 4年目以降は、次工程へ進む前に追加の研究開発等を検討するための判断ポイントを設定。



中長期ロードマップの主要スケジュール(2/2)



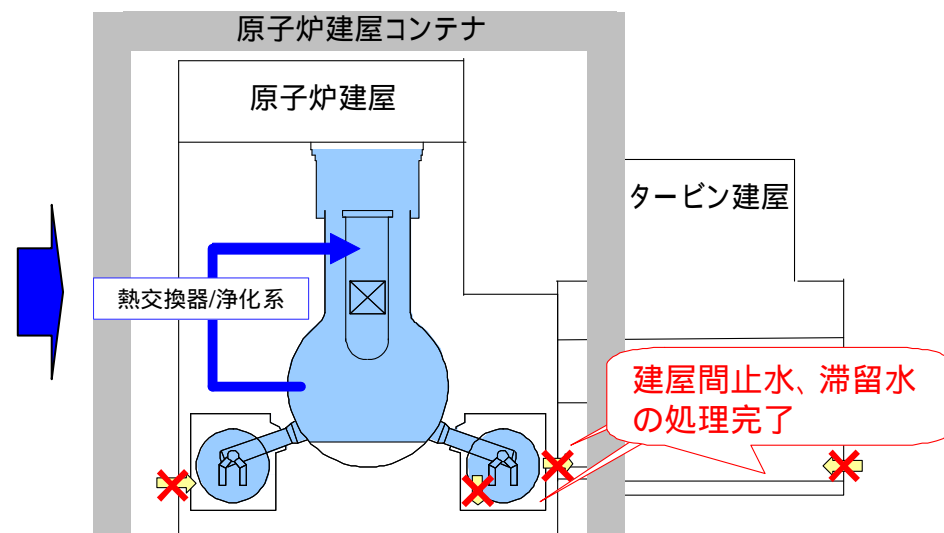
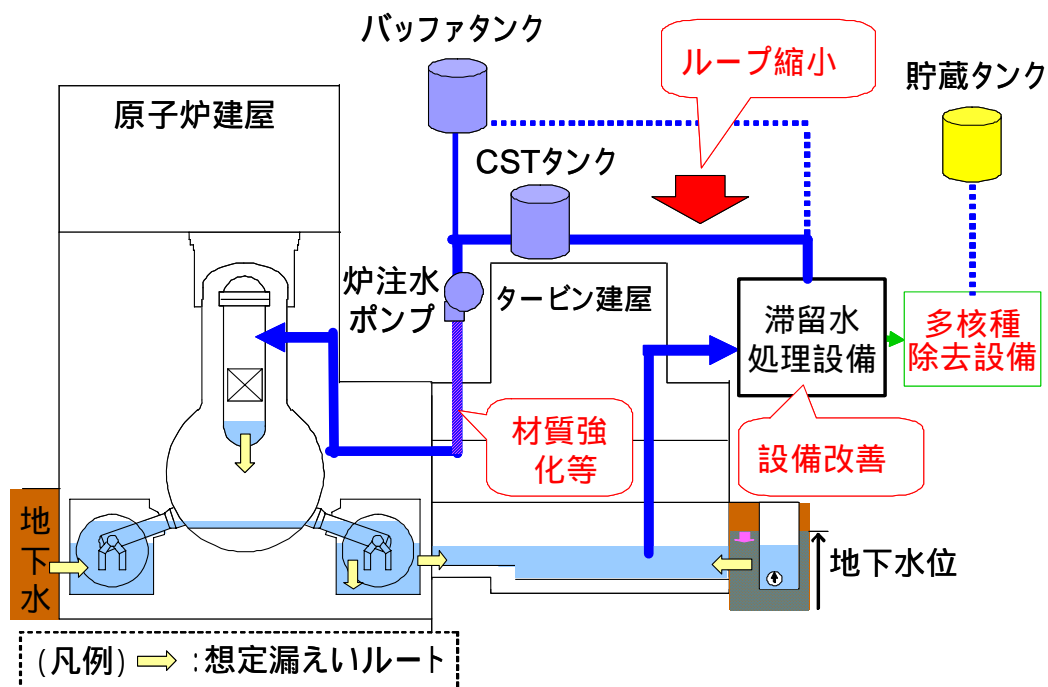
中長期ロードマップ実現に向けた実施体制

- 中長期ロードマップを着実に実施していくために、現場作業にかかるプロジェクトの運営体制、研究開発の推進体制を整備
- これに必要な研究開発については世界的に見ても経験のない難しい課題がおきことから、国内外の協力を得ながら、世界中の叢智を結集して進めていく。
- 現場作業では、東京電力が協力企業約400社との体制を継続するとともに、中長期の取組のための専任組織を本店に設置する。また、作業環境の改善や要員育成等の計画的実施により、確実な作業遂行を担保しうる体制・要員を確保する。

主な時期的目標

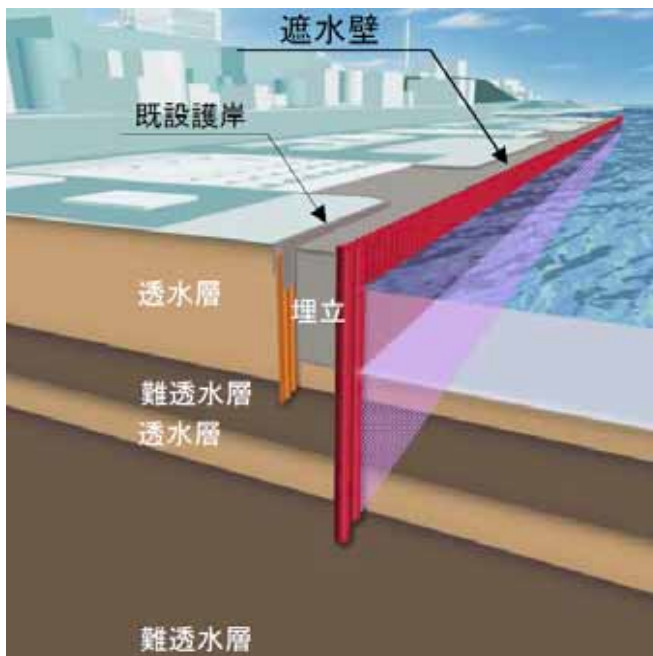
原子炉の冷却・滞留水処理

- 燃料デブリ取り出し終了までは注水冷却を継続し、冷温停止状態を安定的に維持。
- 引き続き設備の信頼性向上等を検討し、継続的に設備改善を実施。循環ループの縮小についても段階的に実施。
- 現行水処理施設では除去が困難なセシウム以外の放射性物質を除去可能とする多核種除去設備を2012年内に導入。
- 第2期中には、タービン建屋 / 原子炉建屋間止水、格納容器下部補修を実現後、建屋内滞留水処理を完了。原子炉冷却はより安定的な冷却となる小循環ループ化を検討。

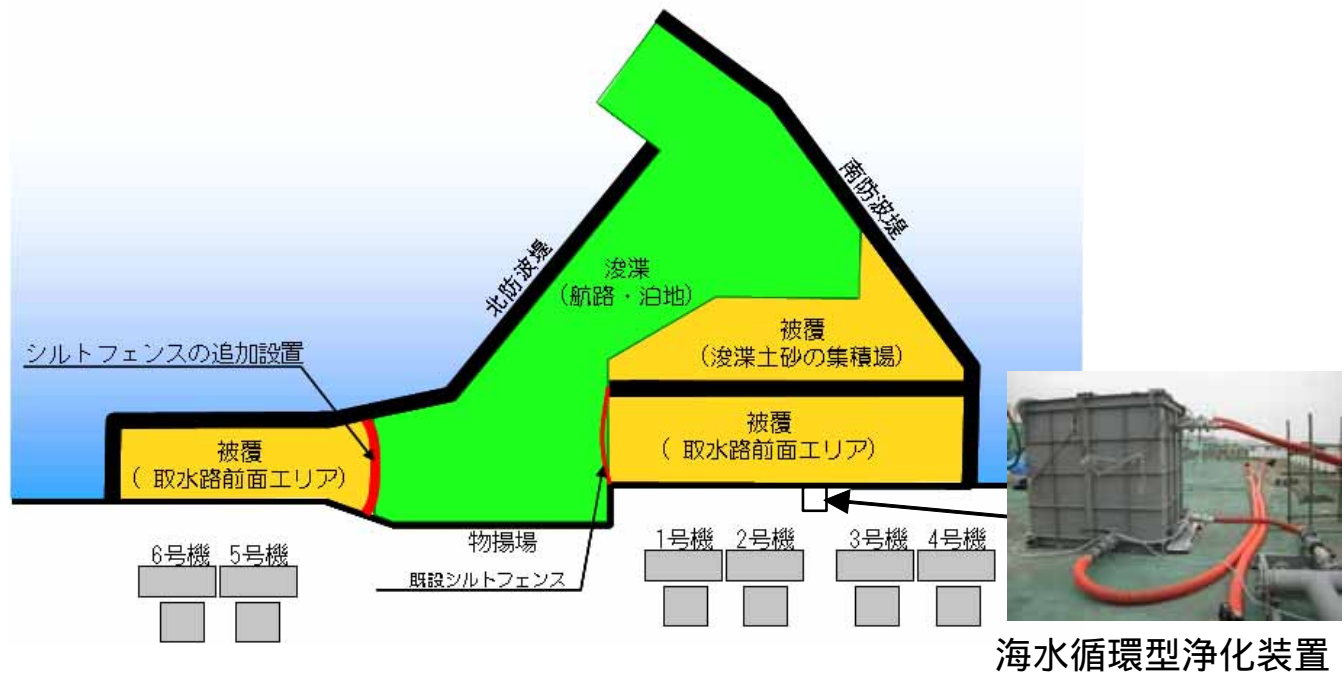


主な時期的目標 海洋汚染拡大防止計画

- 万一地下水が汚染した場合の海洋流出を防止するため、2014年度半ばまでに遮水壁を構築。
- 取水路前面エリアの海底土を固化土により被覆し、海底土中の放射性物質の拡散を防止。加えて海水循環型浄化装置の運転を継続し、2012年度中を目標に、港湾内の海水中の放射性物質濃度を、告示に定める周辺監視区域外の濃度限度未満とする。また、大型船の航行に必要な水深確保に向けた浚渫により発生する土砂についても、同様の被覆を実施。
- 以降、構築した設備等を維持・管理しつつ、地下水、海水の水質等のモニタリングを継続。

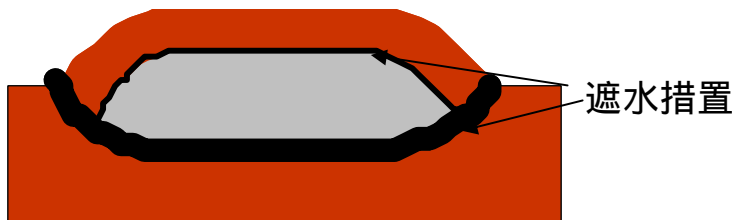


遮水壁（イメージ）

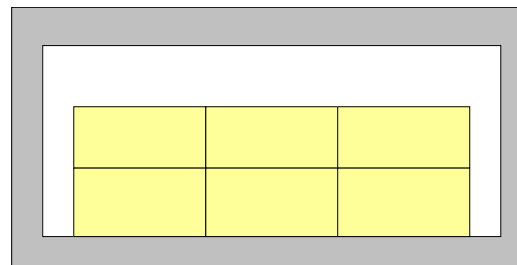


港湾内海底土の被覆等イメージ

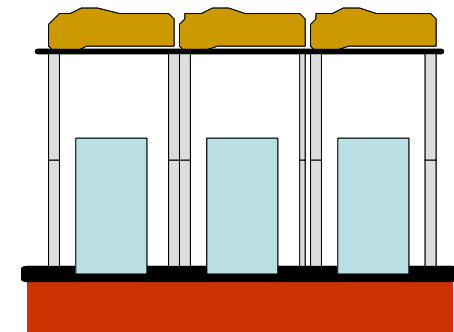
- 2012年度内を目標に、発電所全体からの追加的放出及び敷地内に保管する事故後に発生した放射性廃棄物（水処理二次廃棄物、ガレキ等）による敷地境界における実行線量 1mSv / 年未満を達成。
- 水処理二次廃棄物の保管容器の寿命を評価した上で、2014年度末までに保管容器等の設備更新計画を策定。
- 現在実施している陸域、海域の環境モニタリングを継続していく。
- 一般公衆、従事者の被ばく線量低減、作業性向上を目的に、免震重要棟等の執務エリア、作業エリア等から計画的・段階的に除染を実施し、敷地外の線量低減と連携を図りつつ、低減を実施。



土による遮へい（ガレキ）



建屋遮へい(ガレキ)



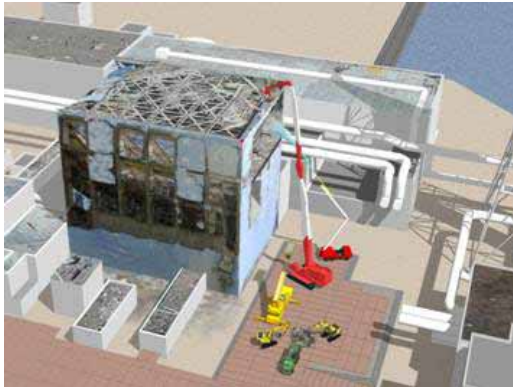
土嚢等による遮へい
(水処理二次廃棄物)

遮へい対策（例）

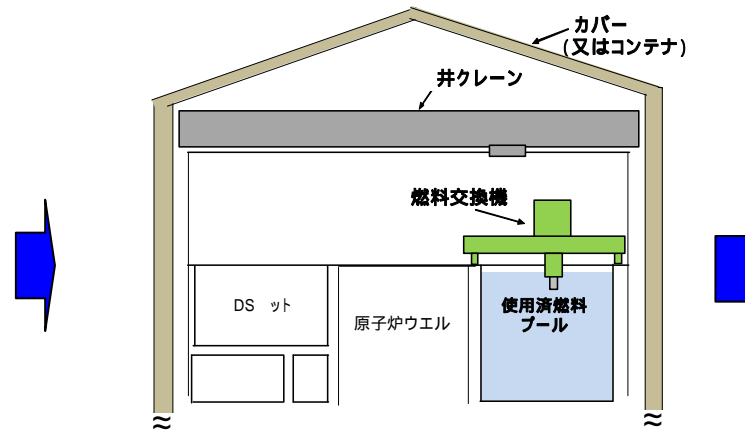
主な時期的目標

使用済燃料プールからの燃料取り出し計画

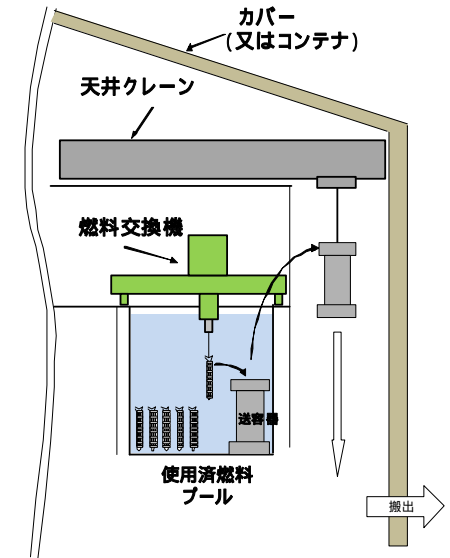
- 4号機において、ステップ2完了後2年以内（2013年中）に取り出し開始
- 3号機において、ステップ2完了後3年後程度（2014年末）を目標に取り出し開始
- 1号機は、3,4号機での実績等を把握し、ガレキ等の調査を踏まえて計画立案し、第2期中に取り出す
- 2号機は建屋内除染等の状況を踏まえ、既設設備の調査を実施後、計画立案し、第2期中に取り出す
- 第2期中に、全号機の燃料取出しを終了
- 取り出した燃料の再処理・保管方法について、第2期中に決定



原子炉建屋上部のガレキ撤去



カバー（又はコンテナ）/クレーンの設置



取り出し作業

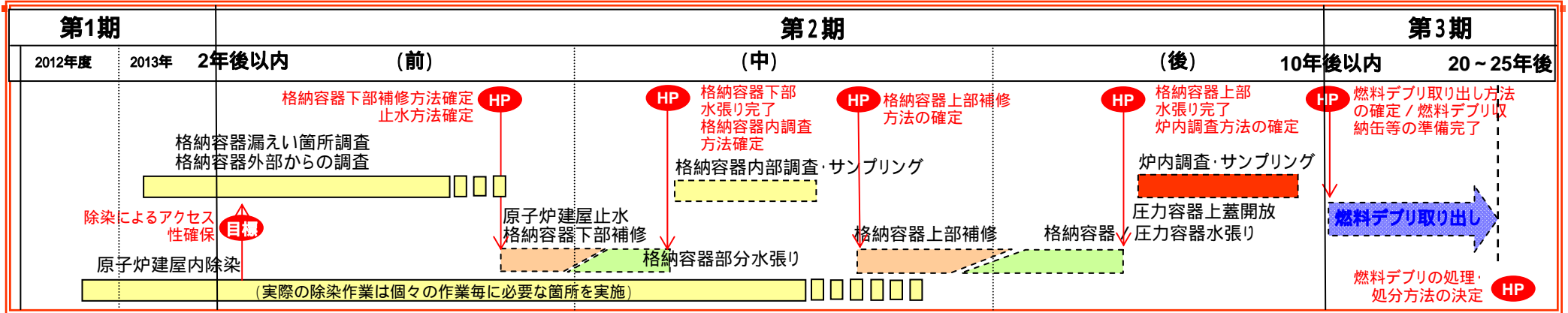
プール燃料取り出し作業（イメージ）

- 初号機での燃料デブリ取り出し開始の目標をステップ2完了後10年以内に設定。
- 以下のステップで作業を実施する。作業の多くには遠隔技術等の研究開発が必要であり、これらの成果、現場の状況、安全要求事項等を踏まえ、段階的に進めていく。
 - a) 技術開発成果を順次現場に適用し、原子炉建屋内除染を進め、2014年度末までに漏えい箇所調査等に本格着手。
 - b) 2015年度末頃に格納容器補修技術（下部）の現場実証を終了し、当該技術を現場に適用することにより、a)において特定された漏えい箇所（下部）を補修し、止水する。その後、格納容器下部の水張りを行う。
 - c) 格納容器下部の水張り後、格納容器内部調査技術の現場実証を2016年度末頃に終了し、本格的な内部調査を行う。
 - d) 格納容器（上部）の補修を実施し、格納容器に更なる水張りを実施する。その後、原子炉建屋コンテナ（又はカバー改造）を設置し、閉じ込め空間を形成した上で、原子炉压力容器の上蓋を解放する。
 - e) 原子炉压力容器内部調査技術の現場実証を2019年半ば頃に終了し、原子炉压力容器内部調査を本格的に実施する。
 - f) これまで実施した格納容器、原子炉压力容器内部調査結果等も踏まえ、燃料デブリ取り出し方法を確定することに加え、燃料デブリ収納缶開発、計量管理方策の確立が完了していること等も確認した上で、ステップ2完了から10年以内を目途に燃料デブリ取り出しを開始する。

主な時期的目標

燃料デブリ取り出し計画

作業ステップ 1 / 3



TMIと同様に水中での取り出しを想定した一連の作業を記載。

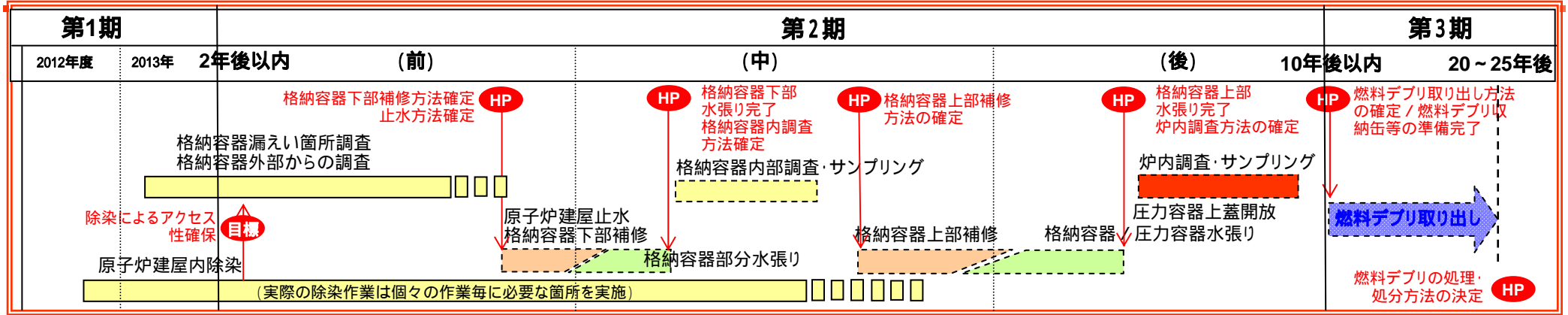
HP: 技術的な判断ポイント。現場状況、技術開発成果により、次工程以降を見直していく。

ステップ	原子炉建屋内除染 (以降の作業毎に必要な箇所を順次実施する)	格納容器漏えい箇所調査 格納容器外部からの調査	原子炉建屋止水 格納容器下部補修
イメージ			
内容	格納容器へのアクセス性を向上するため、高圧水、コーティング、表面はつり等により、作業エリアを除染。	格納容器及び原子炉建屋の漏えい箇所を、手動または遠隔の線量測定やカメラ等で調査。また、格納容器外部から線測定、音響調査等により、格納容器内部の状況を推定調査。	デブリの取出しは、水中で実施することが放射線の遮へいの観点からも有利と考えられることから、格納容器の漏えい箇所を補修・止水。まずは格納容器内調査に向け、下部を優先して実施。
技術開発における留意点と課題	<u>高線量箇所（数100~1,000mSv/hレベル）の存在。建屋内ガレキによるアクセスが制限されていること。</u> ・上記を踏まえた遠隔除染方法の検討・確立が必要	<u>調査対象が高線量エリア、汚染水中、狭隙部などにあること。</u> ・漏えい箇所調査方策・装置の開発 ・格納容器外部からの内部調査方策・装置の開発	<u>炉心循環冷却のための注水を継続しながら、高線量下・流水状態で止水すること。</u> ・漏えい箇所の補修・止水技術・工法の開発 ・代替方策の検討・開発
安全確保に向けた主な留意点	・炉心安定冷却の維持 ・除染作業に伴う空気中への放射性物質拡散防止 ・作業員の被ばく低減（遠隔化、遮へい等）	・炉心安定冷却の維持 ・作業員の被ばく低減（遠隔化、遮へい等）	・炉心安定冷却の維持 ・作業員の被ばく低減（遠隔化、遮へい等）

主な時期的目標

燃料デブリ取り出し計画

作業ステップ2 / 3



TMIと同様に水中での取り出しを想定した一連の作業を記載。

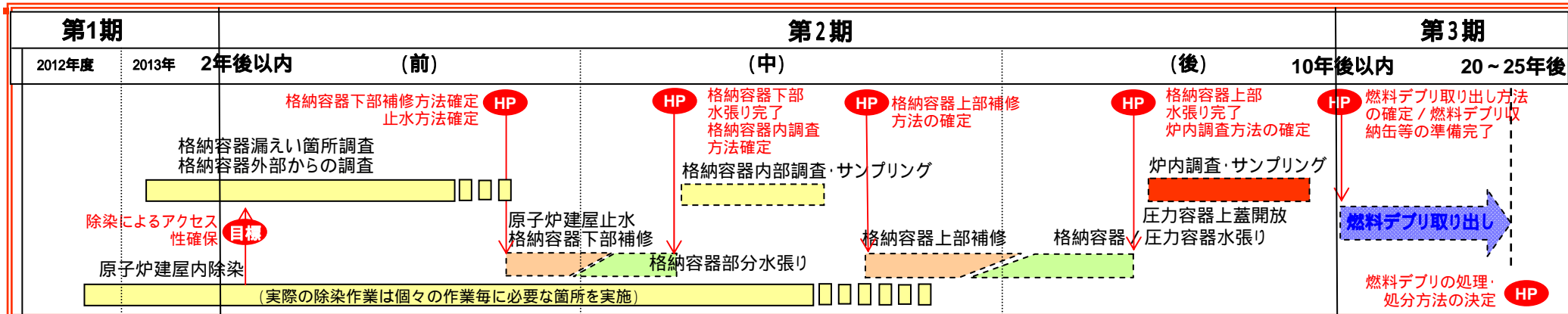
HP : 技術的な判断ポイント。現場状況, 技術開発成果により, 次工程以降を見直していく。

ステップ	格納容器部分水張り	格納容器内部調査・サンプリング	格納容器上部補修
イメージ	<p>格納容器下部のバウンダリ構築が実現すれば、循環注水冷却の取水源をトラス室から格納容器に変更</p>		
内容	格納容器内部調査の開始に向け、格納容器下部に部分的な水張りを実施。	格納容器内を調査し、圧力容器から流れ出たと推定されるデブリの分布状況の把握、サンプリング等を実施。	格納容器を満水まで水張りすべく、上部の漏れ箇所を、手動または遠隔にて補修。
技術開発における留意点と課題	<p>と同様</p> <ul style="list-style-type: none"> 格納容器下部のバウンダリ構築（トラス室にグラウト充てんする案も含む）が大前提 	<p>高線量によるアクセス性の制約、格納容器内部環境（内部水の濁り、デブリの所在等）が不明</p> <ul style="list-style-type: none"> 上記を踏まえた遠隔調査方法及びサンプリング方法の開発 	<p>と同様</p> <ul style="list-style-type: none"> 格納容器漏れ箇所の補修・止水技術・工法の開発（と同様）
安全確保に向けた主な留意点	<ul style="list-style-type: none"> 炉心安定冷却の維持 未臨界確認 	<ul style="list-style-type: none"> 炉心安定冷却の維持 未臨界確認 格納容器内の放射性物質の拡散防止 作業員の被ばく低減（遠隔化、遮へい等） 	<ul style="list-style-type: none"> 炉心安定冷却の維持 作業員の被ばく低減（遠隔化、遮へい等）

主な時期的目標

燃料デブリ取り出し計画

作業ステップ3 / 3



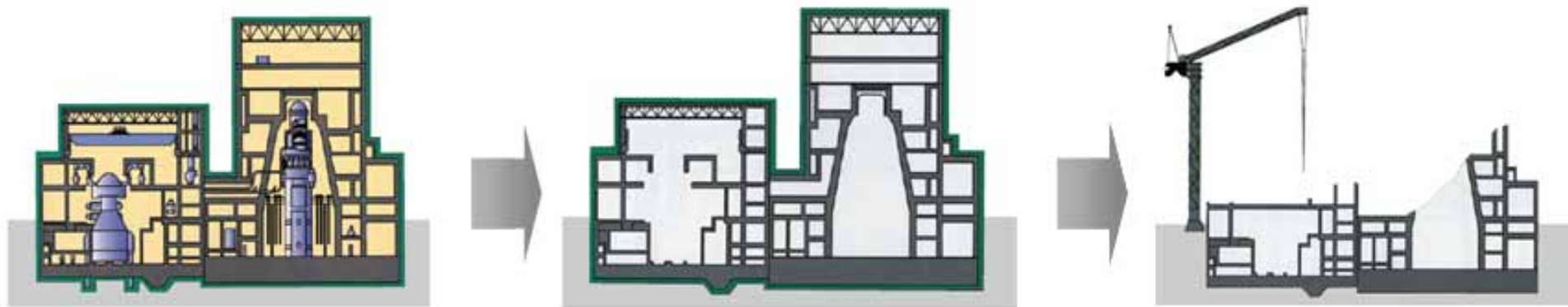
TMIと同様に水中での取り出しを想定した一連の作業を記載。

HP : 技術的な判断ポイント。現場状況、技術開発成果により、次工程以降を見直していく。

ステップ	格納容器 / 压力容器水張り 压力容器上蓋開放	炉内調査・サンプリング	燃料デブリ取り出し
イメージ			
内容	十分遮へいが担保できる水位まで格納容器 / 压力容器を水張り後、压力容器上蓋を取り外し	炉内を調査し、デブリや炉内構造物の状態把握、サンプリング等を実施。	压力容器 / 格納容器内のデブリの取り出しを実施。
技術開発における留意点と課題	(により格納容器バウンダリ構築が大前提)	高線量によるアクセス性の制約、压力容器内部環境(内部水の濁り、デブリの所在等)が不明 ・上記を踏まえた遠隔調査方法及びサンプリング方法の開発	デブリの分布状況によっては技術開発範囲が拡大(特に格納容器内の燃料取出しはTMIでも経験なし) ・TMIに比べ、より高度な取り出し技術・工法の開発
安全確保に向けた主な留意点	<ul style="list-style-type: none"> 炉心安定冷却の維持 未臨界確認 格納容器内の放射性物質の拡散防止 	<ul style="list-style-type: none"> 炉心安定冷却の維持 未臨界確認 デブリの収納(閉じ込め等) 作業員の被ばく低減(遠隔化、遮へい等) 	<ul style="list-style-type: none"> 炉心安定冷却の維持 未臨界確認 デブリの収納(閉じ込め等) 作業員の被ばく低減(遠隔化、遮へい等)

主な時期的目標 原子炉施設の解体計画 放射性廃棄物の処理・処分計画

- 1～4号機の原子炉施設解体の終了の目標をステップ2完了から30～40年後に設定
- 解体・除染工法等の検討に必要な汚染状況等の基礎データベースの構築、これに基づいた遠隔解体などの研究開発、必要な制度の整備等を実施し、解体工事で発生した廃棄物処分の見通しが得られていることを前提に、第3期に解体作業に着手
- 事故後に発生した廃棄物は、従来の廃棄物と性状（核種組成、塩分量等）が異なることも踏まえ、2012年度中に研究開発計画を策定。
- 研究開発成果を踏まえ、既存処分概念への適応性、安全性等を見極め、処分にに向けた安全規制、技術基準等を整備することで廃棄体仕様を確定
- これに基づき、処理設備を整備後、処分の見通しが得られた上で、第3期に処理・処分を開始。



原子炉施設の解体イメージ

配置措置等に向けた研究開発実施にあたっての基本的考え方

(1) 現場ニーズへの貢献

- 本研究開発の目的は、使用済み燃料プール内の燃料の取り出し及び炉内燃料デブリの取り出し等の廃止措置等に向けた計画を実施していくために必要な技術課題を解決すること
- 本研究開発は、廃止措置等に向けた作業に直結することから、現場での技術実証までを研究開発の範囲に含める
- 研究開発の成果が得られる段階等の節目において、次段階に進めるかどうかの判断は、技術の実現性・妥当性を評価して行う
- 止水技術等の技術的ハードルの高いと考えられる課題は、予め代替方策を検討する

(2) 国の関与・支援のあり方

- 資源エネルギー庁が研究開発計画の策定やプロジェクト管理において主導的役割を果たし、文部科学省と連携を図りながら国内外の叢智を結集する研究開発体制を整備する
- 原子力安全・保安院（新規制庁）は、研究開発に伴う現場での試験や実証等に際して、必要な法制度に基づく安全規制を行う
- 東京電力は廃止措置等に向けた現場作業に責任を有する立場として計画を着実に推進する

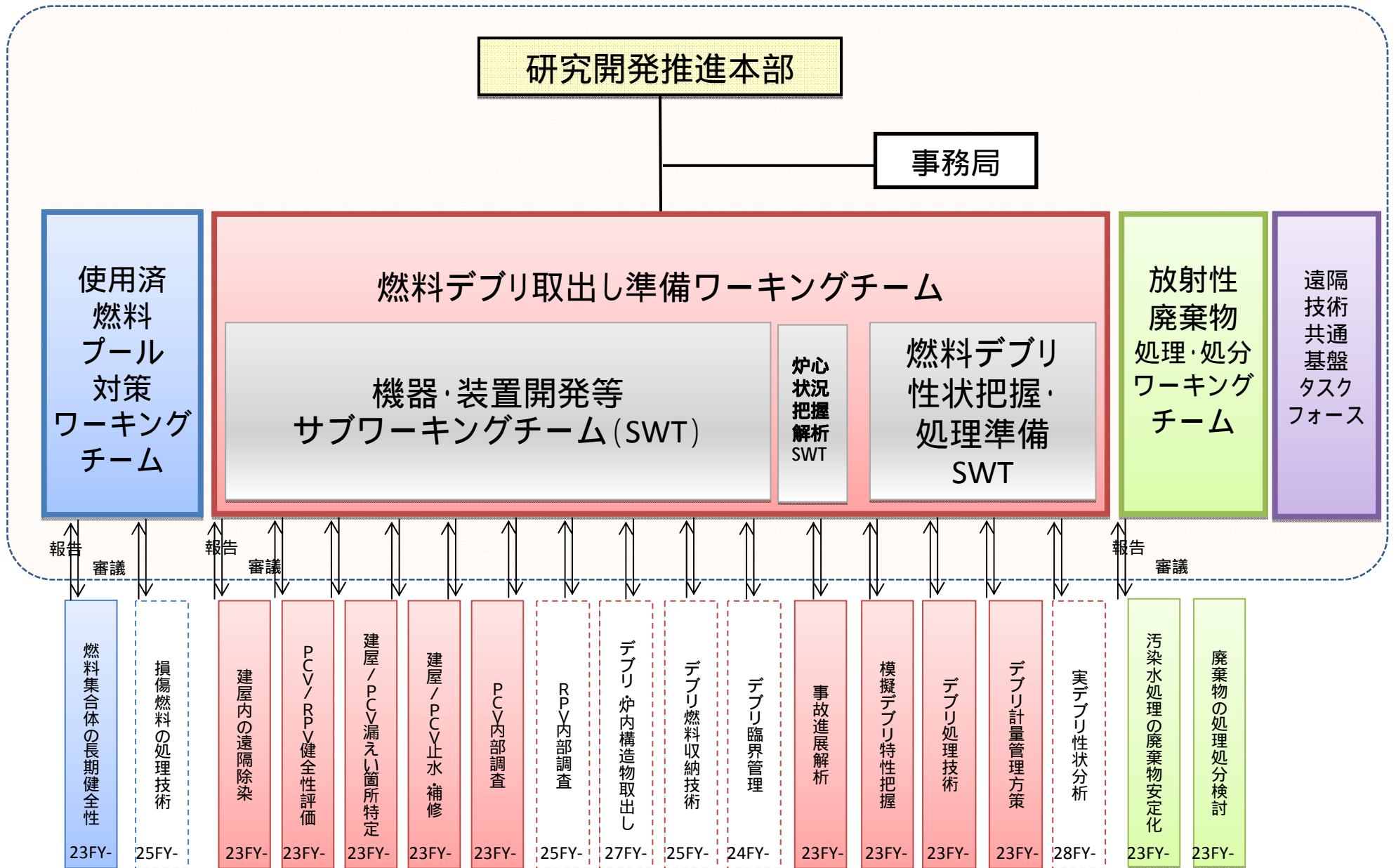
(3) 国内外の叢智を結集するオープンかつ柔軟な実施体制

- 適用可能な国内外の技術及び専門家の知見を活用し、研究開発に反映する
- 諸外国の政府関係機関、国際機関及び民間事業者からの情報・助言や具体的な協力の可能性を的確に評価し、効果的・効率的な研究開発の仕組みを構築していく

研究開発の実施体制について

全体マネジメント

個別研究開発プロジェクト



燃料デブリ取り出し作業に係る主な研究開発のイメージ

建屋内の遠隔除染技術の開発

内容

漏えい箇所調査、補修等の作業環境改善のため、現場の汚染状況に合った遠隔除染装置を開発する。

技術開発のポイント

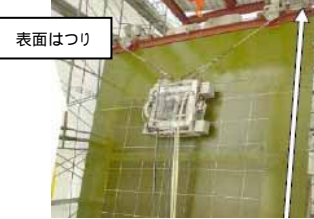
- 汚染形態に応じた有効な除染技術の整理、開発
- 高線量、狭隘等の過酷環境下における遠隔除染装置の開発

除染技術(例)

高压水洗浄



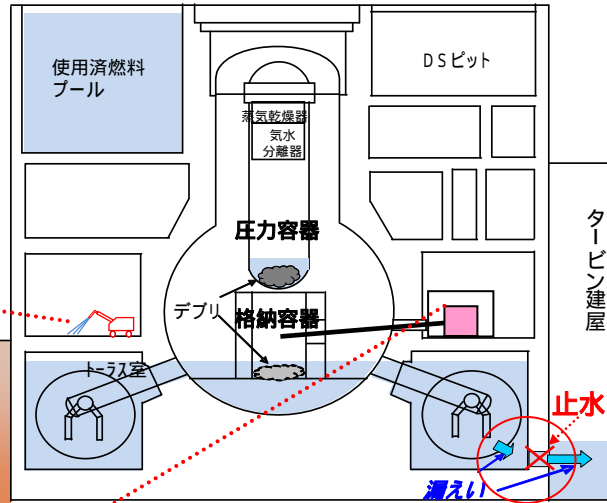
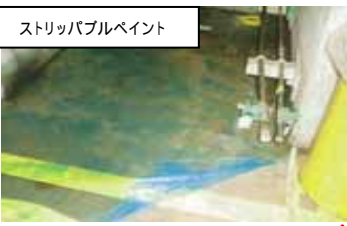
表面はつり



自走式ブラッシング



ストリッパブルペイント



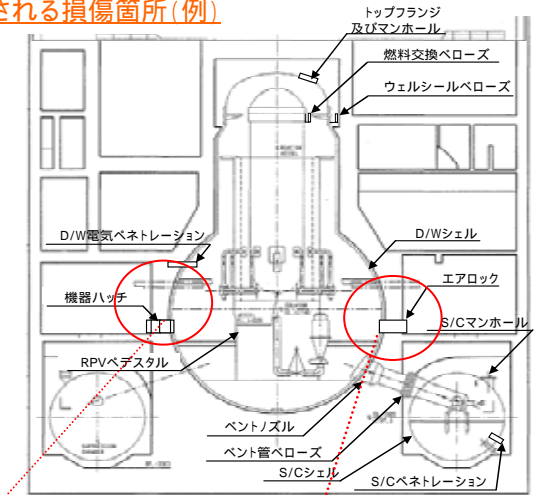
格納容器漏えい箇所特定技術の開発

内容

格納容器等の漏えい箇所を遠隔で特定する技術の開発。技術開発のポイント

高線量、狭隘等の過酷環境下における遠隔調査技術の開発

想定される損傷箇所(例)



格納容器内部調査技術の開発

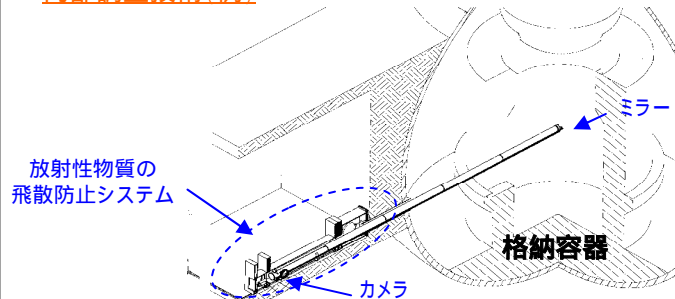
内容

格納容器内の状態及び燃料デブリの状況把握のため遠隔による調査工法、装置を開発する。

技術開発のポイント

- 高温、多湿、高線量下における遠隔調査技術の開発
- 放射性物質の飛散防止システム

内部調査技術(例)



水張り技術の開発(補修・充てん等)及び工法・装置開発

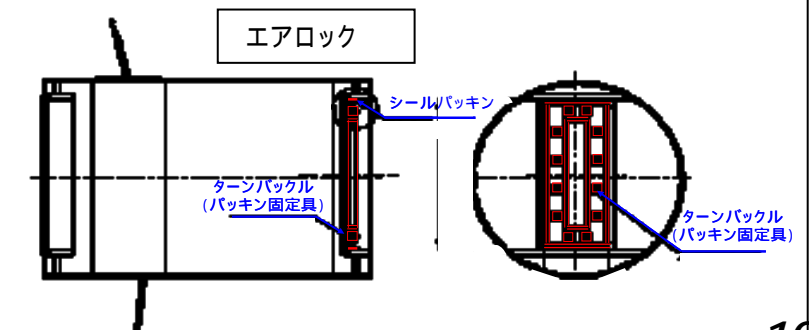
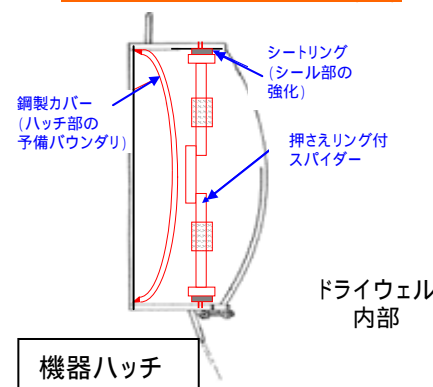
内容

漏えい箇所(トラス室、格納容器等)を補修するため、遠隔による止水方策及び補修技術を開発する。

技術開発のポイント

- 高線量、狭隘等の環境下における遠隔補修技術の開発
- 水中(PCV下部等)で適用可能な補修技術

貫通孔に対する補修技術(例)



放射性廃棄物処理・処分に係る研究開発のイメージ

→ アウトプットの流れ

1. 性状調査

調査のポイント

- ・ガレキ・スラッジ・除染廃液など従来の廃棄物と性状が異なる（核種組成・塩分含有など）。
- ・各技術開発に資する基本情報を把握。

従来廃棄物との相違点例

- ・主要核種：Co-60、C-14など。
今回：Cs-137、Sr-90など。
- ・海水が5～9割混入しNa濃度がTMIの5倍。
Cs吸着性能低下、廃棄物発生量増加。
- ・スラッジなど化学組成が不明なものも存在。
分析により同定が必要。



アウトプット

- ・核種別の放射能濃度
- ・含有成分
- ・物理化学的特性 等

除染や燃料デブリ取出しに伴い高線量で輸送が困難な試料が大量発生すると想定されるため、1F近傍にホットラポ施設を設置する検討も必要

2. 長期保管技術

技術開発のポイント

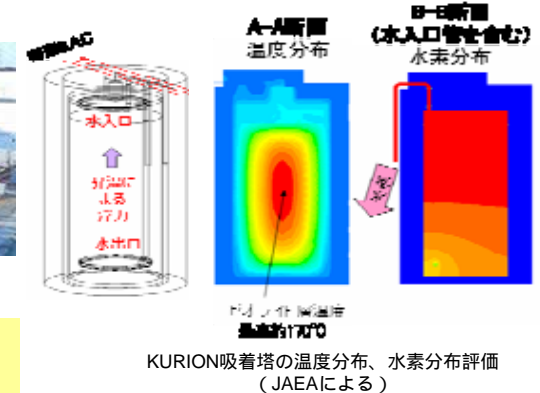
- ・塩分（腐食）、高放射線（発熱・水素・表面線量）による影響。
- ・想定する保管期間をどのくらいに設定するか。
- ・保管のための処理の要否。



アウトプット

- ・各廃棄物の長期保管形態

処理・処分技術の確立まで安定保管する必要がある



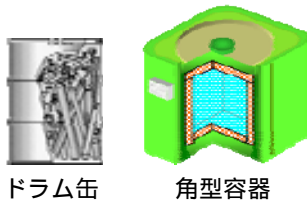
3. 処理技術

技術開発のポイント

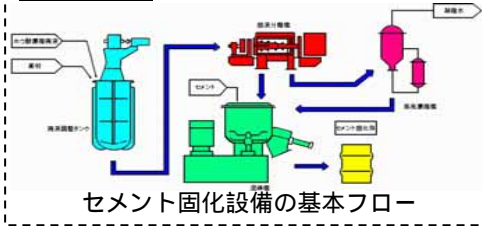
- ・既存技術をベースにする。
- ・前処理・固型化技術が適用可能か。

廃棄物を容器に詰め、セメントで固める等の加工をして処分場に埋設できるように加工すること

処分容器の例



固型化の例



出典：日本原子力産業会議（編）放射性廃棄物管理 - 日本の技術開発と計画 -、1997年7月、P81

アウトプット

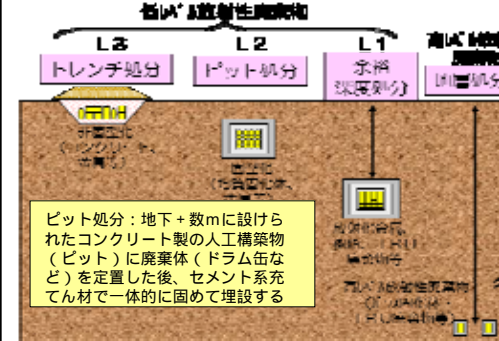
- ・保管向け処理方法
- ・廃棄体製作方法
- ・廃棄体性能

4. 処分技術

技術開発のポイント

- ・既存処分概念をベースにする。
- ・安全評価上問題となる課題を抽出・解決する。

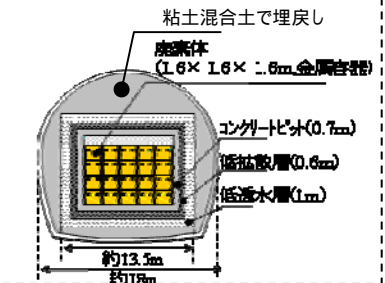
既存概念



アウトプット

- ・廃棄物の処分方法（必要な埋設深度や人工バリア構成など）

人工バリアの例（余裕深度処分）



既存技術が適用困難な廃棄物については新たな処分概念構築を含めた技術開発が必要