

1. はじめに

2013年2月8日、原子力災害対策本部において、東京電力福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議が設置され、廃炉を加速していくために、政府、東京電力に加えて、関係機関の長の参加を得て、現場の作業と研究開発の進捗管理を一体的に進めていくこととされた。これを受け、同年3月7日に、第1回会合が開催され、燃料デブリ取り出しのスケジュール前倒しなどの検討を進め、6月中を目途に、中長期ロードマップの改訂版を取りまとめるよう、同会議の議長である茂木経済産業大臣から指示がなされた。

6月10日に公表した「検討のたたき台」に対する福島県、地元自治体、有識者からの御意見を踏まえながら、今般、中長期ロードマップの改訂版をとりまとめ、廃炉対策推進会議として決定を行うもの。

改訂に際しての主要なポイント

1. 号機毎の状況を踏まえたスケジュールの検討

- 初号機の燃料デブリ取り出し開始を10年後と設定した現行目標とは異なり、号機毎の状況を踏まえたスケジュールを検討
- 燃料取り出し・デブリ燃料取り出しにつき、現場状況に応じて柔軟に対応できるよう複数のプランを準備
- 初号機の燃料デブリ取り出し開始目標の前倒しを検討し(最速ケースで、2021年12月から約1年半前倒し)、これを踏まえて研究開発計画を見直し

2. 地元をはじめとした国民各層とのコミュニケーションの強化

- 地元関係者への情報提供・コミュニケーションの強化を図る観点から、福島県、周辺自治体、地元関係機関、地域振興やコミュニケーション分野の有識者の参加を得た「廃炉対策推進会議福島評議会(仮称)」を設置し、一層緊密な情報提供を行った上で、廃炉の進め方や情報提供・広報活動の在り方について御意見を伺う
- 廃炉に向けた作業に関して、福島県内にて企業とのマッチングの場の開催や、機器・用品供給等を長期的に担う地元企業の育成、新規の企業設立等による地域経済の活性化

3. 国際的な叡智を結集する体制の本格整備

- 研究開発運営組織に助言する国際顧問の登用、国際連携部門の設置や海外各分野の専門家からなる国際廃炉エキスパートグループの設置
- 国外の研究機関・企業の廃炉作業への参画を促進するための環境整備
- 多国間・二国間協力の枠組みを通じて、国際社会との協力を強化

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、廃止措置等に向けた中長期の取組を計画的に実現していく。
- 【原則2】 中長期の取組を実施していくに当たっては、透明性を確保し、地域及び国民の皆様の御理解をいただきながら進めていく。
- 【原則3】 今後の現場状況や研究開発成果等を踏まえ、本ロードマップは継続的に見直していく。
- 【原則4】 本ロードマップに示す目標達成に向け、東京電力と政府は、各々の役割に基づき、連携を図った取組を進めていく。政府は、前面に立ち、安全かつ着実に廃止措置等に向けた中長期の取組を進めていく。

中長期の取組の実施に係る安全確保の考え方

➤ 特定原子力施設としての安全確保(基本的な考え方)

福島第一原子力発電所の1～4号機については、特定原子力施設制度の下、設備の状況に応じて、施設全体のリスク低減及び最適化を図り敷地内外の安全を図ることを目標とし、具体的な対応策を定めるとともに、現場の状況を踏まえ、現場における作業に支障がないように迅速かつ柔軟に見直し等を行う。

➤ 安全確保に向けた具体的な取組

(1) 設備安全 ～設備の信頼性向上に向けた継続的取組～

- 「信頼性向上対策に係る実施計画」(2012年5月策定)に基づく取組の継続
- 「福島第一信頼度向上緊急対策本部」(2013年4月設置)体制の下、信頼度向上対策の迅速な検討及び実施

(例) 復水貯蔵タンクを水源とした注水への変更、滞留水移送ラインのポリエチレン化、水処理設備の保全方針検討・策定、重要負荷の給電変更等

(2) 作業安全 ～作業員の安全管理、放射線管理～

作業員の一般作業安全確保に加え、防護装備の適正化による作業負荷軽減、除染等による線量低減などにより、作業員の被ばく線量を極力低減する。

(3) 周辺環境への影響低減 ～敷地境界の放射線量低減・管理～

原子炉の安定的な冷却により、原子炉建屋からの放射性物質の放出は抑えられている。発電所全体から新たに放出される放射性物質による敷地境界線量の低減(目標<1mSv/年)に向け、ガレキや水処理に伴い発生する二次廃棄物、汚染水等の適切な管理を行う。

➤ 新たな基準の整備と規制上の対応に向けた準備

廃止措置に向けた工程を進める上で、判断要件や基準に照らした規制上の対応が迅速に行われるよう、最速のスケジュールを踏まえ、規制に対応する考え方やそれを裏付けるデータを、可能な限り早い時期に提示していく。

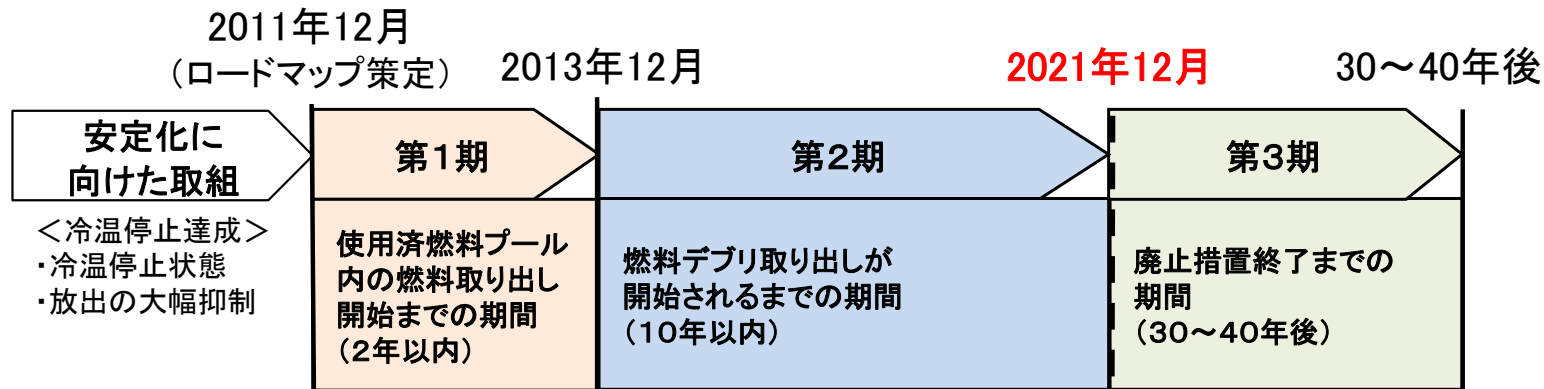
2. 号機別の燃料取り出し、燃料デブリ取り出しの具体的計画

号機別のスケジュール

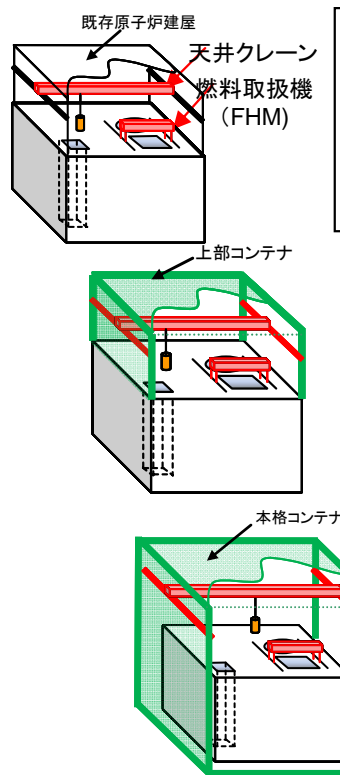
- リスク低減のために、可能な限り早期に、①使用済燃料プールからの燃料取り出しと、②燃料デブリ取り出しを行う。その際、号機の状態に応じて、作業工程を積み上げ、複数のプランを検討。

	燃料取り出し	燃料デブリ取り出し
現行目標	2013年12月(初号機)	2021年12月(初号機)
1号機 (最速プラン=プラン2)	2017年度下半期	2020年度上半期 (1年半前倒し)
2号機 (最速プラン=プラン1)	2017年度下半期	2020年度上半期 (1年半前倒し)
3号機 (最速プラン=プラン1)	2015年上半期	2021年度下半期
4号機	2013年11月 (1ヶ月前倒し)	-

現行ロードマップ上の目標



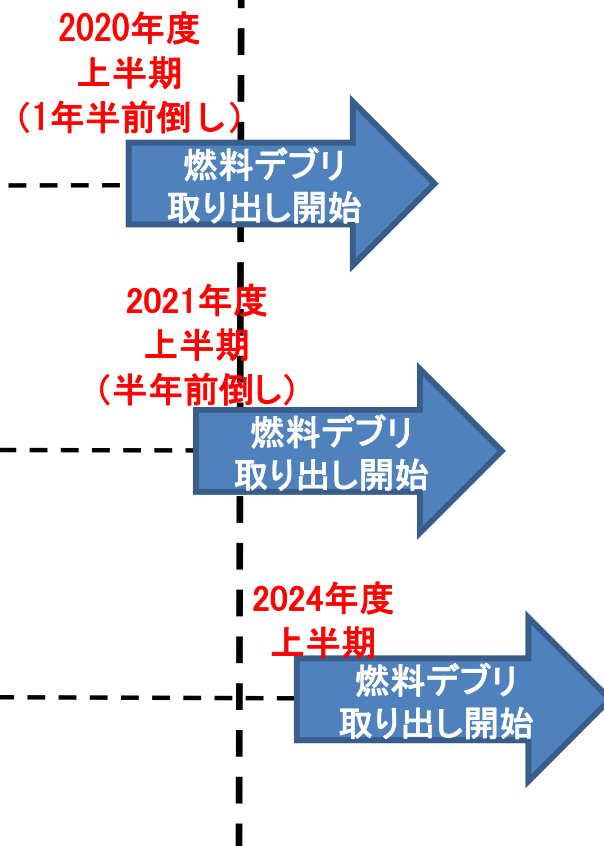
改訂ロードマップ上のプラン(2号機の場合)



<プラン1>
 既存原子炉建屋の除染が可能で、燃料取扱設備が復旧できる場合

<プラン2>
 原子炉建屋の上部にコンテナを設置できる耐震安全性がある場合

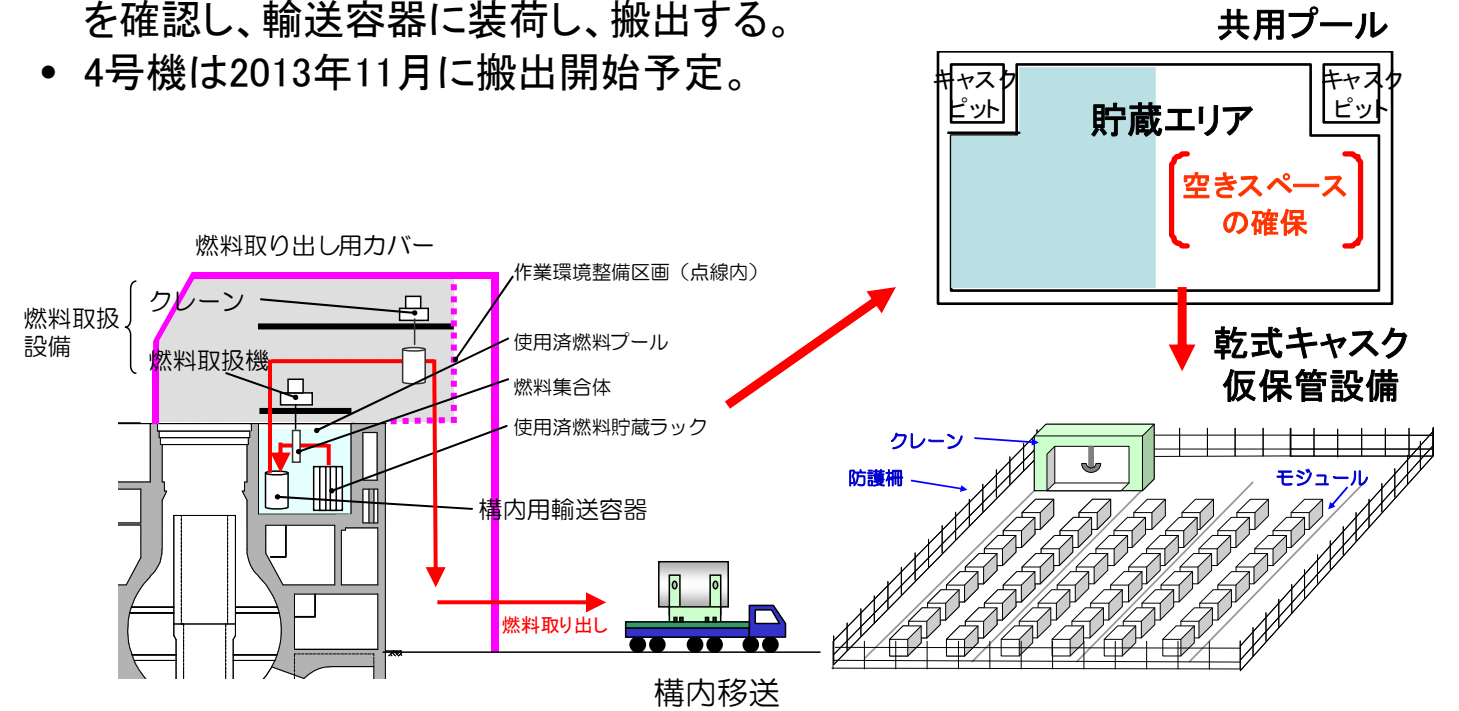
<プラン3>
 原子炉建屋の耐震安全性がなく、本格的なコンテナを設置する必要がある場合



既存原子炉建屋の除染可能性、燃料取扱設備の復旧可能性、既存原子炉建屋の耐震安全性の検討結果を踏まえ、2014年度上半期にプランを絞り込む。

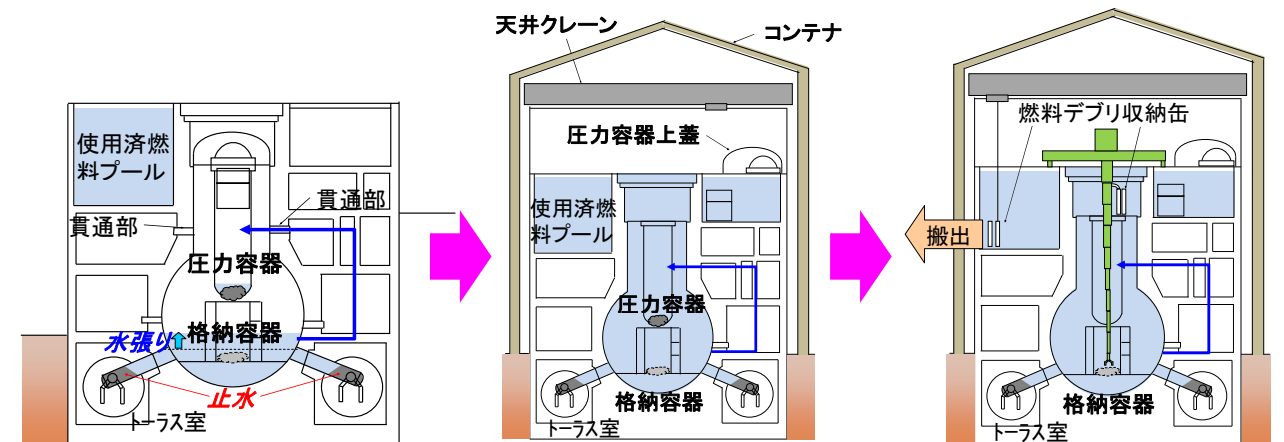
燃料取り出しに係る作業ステップ

- 使用済燃料プール内の燃料取り出しについては、まず、①原子炉建屋上部のガレキを撤去し(4号機は完了、3号機は実施中。)、②原子炉建屋を覆うカバー(又はコンテナ)を設定し、プール燃料取り出しに必要な設備を設定する(4号機は建設中。)
- 併行して、③使用済燃料プールから取り出した燃料を共用プールに移送するため、共用プール内に貯蔵している燃料を乾式キャスク仮保管設備に搬出し、空きスペースを確保し、④使用済燃料プールから取り出した燃料は、健全性を確認し、輸送容器に装荷し、搬出する。
- 4号機は2013年11月に搬出開始予定。



燃料デブリ取り出しまでの作業ステップ(1号機、2号機及び3号機)

- 燃料デブリ取り出しは、燃料デブリを冠水させた状態で取り出す方法が作業被ばく低減の観点から最も確実な方法。
- 作業ステップを見越して、原子炉格納容器水張りに向けた調査・補修、燃料デブリの調査等に加え、燃料デブリの取り出し・収納・保管に必要な技術開発等を進める。



原子炉格納容器下部補修(止水)~下部水張り(イメージ)

燃料デブリ取り出し(イメージ)

3. 中長期ロードマップの実現に必要な他の具体的計画

原子炉の冷温停止状態の継続監視及び冷却計画

- 冷温停止状態の維持継続
 - 原子炉圧力容器及び原子炉格納容器の温度監視のバックアップを強化。

汚染水処理計画

- 汚染水処理に当たっては、以下の対策について必要な検討を行い、海への安易な放出は行わない方針。

①増水の原因となる原子炉建屋等への地下水流入に対する抜本的な対策

現行対策が十分に機能しないリスクに備えた重層的対策を講じることが必要。サブドレン復旧等による水位管理に加え、凍土方式による陸側遮水壁を設置することで、地下水の流れを遮断し、建屋内への地下水の流入を抑制する。今後、凍土方式による陸側遮水壁の概念設計等を進めていく中で、技術的な課題の解決状況を検証していく。

②水処理施設の除染能力の向上や安定的稼働

多核種除去設備の本格運転に向け、汚染水処理設備の信頼性向上を推進。

③汚染水管理のためのタンク増設

中長期で必要とされるタンク容量を見直し、増設計画を策定。2016年度中に80万立米に増設する計画の検討を進める。また、柔軟に増設計画を見直し、運用していく。



[陸側遮水壁の配置案]

発電所全体の放射線量低減・汚染拡大防止に向けた計画

- 海洋汚染拡大防止を図るため、海側遮水壁の設置を進め、2014年度中期までに完成。
- 護岸付近の地下水の放射性物質濃度上昇に対応し、汚染経路の調査等、モニタリングを強化するとともに、汚染拡大防止を図るための地盤改良、海側トレンチ内の汚染水の止水・除去などの対策を実施。
- 廃棄物管理及び敷地境界の放射線量低減に向けた取組を継続。

固体廃棄物の保管管理と処理・処分に向けた計画

- 廃棄物発生量低減対策について、「持込抑制＞発生量最小化＞再使用(リユース)＞リサイクル」という優先順位で実施。
- 処理・処分方法の検討のため、性状把握、分析手法等の研究開発を推進。

原子炉施設の廃止措置計画

- 最終的な形態を念頭においた廃止措置の安全確保の考え方について、広く国内外に置ける情報を収集・整理し、廃止措置シナリオを検討・立案。

4. 作業円滑化のための体制及び環境整備

中長期の取組に向けた要員計画

- 今後3年間の作業に対する必要人員は、これまでと同規模の見通し。
- 中長期的には、これまでの作業と異なる高線量下の作業もあり、ロードマップを改定する度に見直しを実施。

労働環境、労働条件の改善に向けた計画

- 作業安全、健康管理:休憩所の整備、熱中症予防対策、医療体制確保等
- 放射線管理:全面マスク着用省略エリアの拡大、入退域管理施設の新設等
- 適切な労働条件確保に向けた取組:労働条件確保に関する教育、労働条件に関する元請の取組調査等

5. 地域との共生及び国民各層とのコミュニケーション

- 地元関係者への情報提供・コミュニケーションの強化を図る観点から。福島県、周辺自治体、有識者、地元関係機関、地域振興やコミュニケーション分野の有識者の参加を得た「福島評議会(仮称)」を廃炉対策推進会議の下に設置。

6. 研究開発と人材育成

研究開発計画

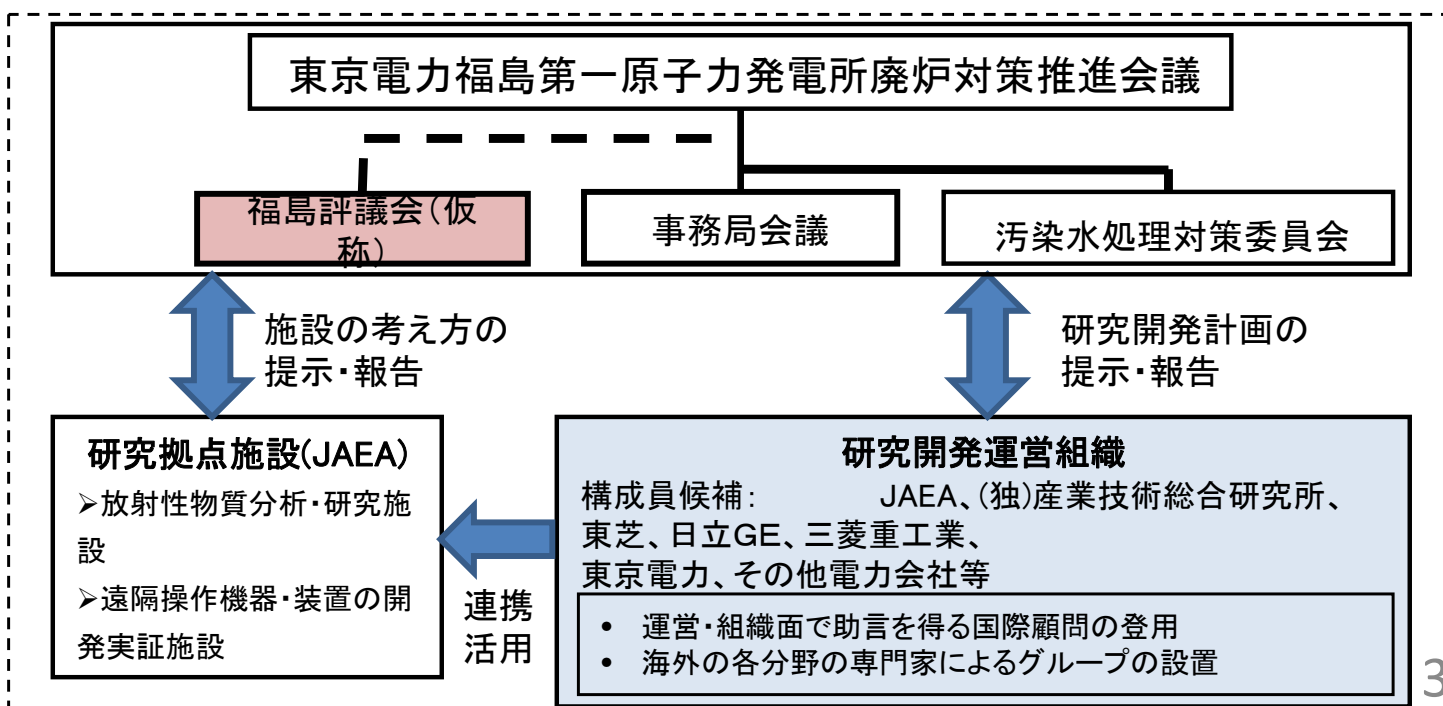
- 「使用済燃料プールからの燃料取り出し」、「燃料デブリ取り出し準備」及び「放射性廃棄物処理・処分」に係る研究開発を計画的に推進。

研究開発の推進体制

- 研究開発を一元的にマネジメントする研究開発運営組織の設立を準備中。国際顧問の登用、国際廃炉エキスパートグループの設置を検討中。

人材育成

- 中長期的視点での人材育成に関する重点分野、中核拠点を選定し、国・JAEA・民間が連携して人材育成を推進。



**東京電力(株)福島第一原子力発電所1～4号機の
廃止措置等に向けた中長期ロードマップ(案)**

平成25年6月27日

原子力災害対策本部

東京電力福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議

目次

1. はじめに.....	3
2. 中長期の取組の実施に向けた基本原則.....	5
3. 中長期の取組の実施に係る安全確保の考え方.....	7
3-1. 特定原子力施設としての安全確保.....	7
(1) 特定原子力施設指定に伴う安全確保への移行.....	7
(2) 安全確保に関する基本的な考え方.....	8
3-2. 安全確保に向けた具体的な取組.....	10
(1) 設備安全 ～設備の信頼性向上に向けた継続的取組～.....	10
(2) 作業安全 ～作業員の安全管理、放射線管理～.....	12
(3) 周辺環境への影響低減 ～敷地境界の放射線量低減・管理～.....	12
3-3. 新たな基準の整備と規制上の対応に向けた準備.....	14
4. 中長期の具体的対策.....	15
4-1. 中長期ロードマップの期間区分の考え方.....	15
4-2. 号機別の使用済燃料プールからの燃料取り出し、燃料デブリ取り出しの具 体的計画と判断ポイント.....	16
(1) 1号機.....	17
(2) 2号機.....	20
(3) 3号機.....	23
(4) 4号機.....	24
(5) 共通設備・共通事項.....	25
①使用済燃料プールからの燃料取り出し関係.....	25
②燃料デブリ取り出し準備関係.....	27
4-3. 中長期ロードマップの実現に必要な他の具体的計画と判断ポイント... ..	34
(1) 原子炉の冷温停止状態の継続監視及び冷却計画.....	34
(2) 汚染水処理計画.....	39
(3) 発電所全体の放射線量低減・汚染拡大防止に向けた計画.....	50
(4) 固体廃棄物の保管管理と処理・処分にに向けた計画.....	56
(5) 原子炉施設の廃止措置計画.....	61

5. 作業円滑化のための体制及び環境整備.....	64
5-1. 中長期の取組に向けた東京電力の実施体制.....	64
5-2. 中長期の取組に向けた要員計画.....	64
5-3. 労働環境、労働条件の改善に向けた計画.....	69
6. 研究開発及び人材育成.....	73
6-1. 研究開発.....	73
6-2. 研究開発推進体制の基本的考え方.....	75
6-3. 研究開発拠点施設の整備.....	75
(1) モックアップ施設.....	76
(2) 放射性物質分析・研究施設.....	76
6-4. 中長期の視点での人材育成及び大学・研究機関との連携.....	76
7. 国際社会との協力.....	78
8. 地域との共生及び国民各層とのコミュニケーション.....	79
8-1. 地域との共生.....	79
8-2. 地元をはじめとした国民各層とのコミュニケーションの強化.....	79
9. おわりに.....	81

【添付資料】

- 添付資料1： 東京電力(株)福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップの主要スケジュール
- 添付資料2： 廃止措置等にむけた中期スケジュール
- 添付資料3： 使用済燃料プールからの燃料取り出しに係る作業ステップ
- 添付資料4： 燃料デブリ取り出しに係る作業ステップ
- 添付資料5： 各号機毎の施設の状況
- 添付資料6： 信頼性向上対策リストとその対応状況

【別冊】 東京電力(株)福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた個別研究開発プロジェクト（全体計画）

1. はじめに

東京電力(株)福島第一原子力発電所(以下「福島第一原子力発電所」という。)については、事故発生後、政府及び東京電力は、「東京電力福島第一原子力発電所・事故の収束に向けた道筋 当面の取組ロードマップ」をとりまとめ、これに基づいて事故の早期収束に向けた取組を進めてきた。

2011年7月には、上記ロードマップにおけるステップ1の目標である「放射線量が着実に減少傾向にある」状況の達成、同年12月には、ステップ2の目標である「放射性物質の放出が管理され、放射線量が大幅に抑えられている」状況を達成した。

中長期の取組については、2011年8月の原子力委員会に設置された「東京電力(株)福島第一原子力発電所における中長期措置検討専門部会」により、福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置に係る技術課題や研究開発項目の整理が行われ、「燃料デブリ取り出し開始までの期間は10年以内を目標。廃止措置がすべて終了するまでは30年以上の期間を要するものと推定される。」との整理が行われた。2011年11月には、経済産業大臣及び原発事故収束・再発防止担当大臣より、廃止措置等に向けた中長期ロードマップを策定するよう、東京電力、資源エネルギー庁及び原子力安全・保安院(当時)に対して指示が出され、2011年12月21日に原子力災害本部政府・東京電力中長期対策会議において中長期ロードマップの初版を決定した。

その後、ステップ2完了以降も漏水などのトラブルが発生していた状況を受けて、東京電力は、原子力安全・保安院(当時)の指示を受け、中長期的な信頼性向上のために優先的に取り組むべき事項についての具体的な計画(以下「信頼性向上計画」という。)を策定し、2012年7月25日には、原子力安全・保安院(当時)から評価結果が公表された。これを受け、2012年7月30日、信頼性向上計画や、それまでの取組の進捗状況を反映して中長期ロードマップの改訂が行われた。

さらに、2013年2月8日、原子力災害対策本部において、燃料デブリ取り出し等に向けた研究開発体制の強化を図るとともに、現場の作業と研究開発の進捗管理を一体的に進めていく体制を構築することを目的として、東京電力福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議(以下「廃炉対策推進会議」という。)が設置された(これに

に伴い、政府・東京電力中長期対策会議は廃止)。2013年3月7日に、廃炉対策推進会議（第1回）が開催され、燃料デブリ取り出しのスケジュール前倒しなど検討を進め、同年6月中を目途に「改訂版ロードマップ」を取りまとめるよう、議長である茂木経済産業大臣から指示が出された。

これを受け、廃炉対策推進会議の事務局会議において、6月10日に、改訂のための「検討のたたき台」を策定、公表し、福島県、地元自治体、有識者から御意見を踏まえながら、今般、中長期ロードマップの改訂版をとりまとめ、廃炉対策推進会議として決定を行うものである。

2. 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、廃止措置等に向けた中長期の取組を計画的に実現していく。
- 【原則 2】 中長期の取組を実施していくに当たっては、透明性を確保し、地域及び国民の皆様の御理解をいただきながら進めていく。
- 【原則 3】 今後の現場状況や研究開発成果等を踏まえ、本ロードマップは継続的に見直していく。
- 【原則 4】 本ロードマップに示す目標達成に向け、東京電力と政府は、各々の役割に基づき、連携を図った取組を進めていく。政府は、前面に立ち、安全かつ着実に廃止措置等に向けた中長期の取組を進めていく。

上記基本原則を踏まえ、東京電力と政府は、本ロードマップの実現の重要性を認識し、下記の方針に基づき、安全かつ着実に、適切な対応を実施していく。また、本計画について定期的に見直すとともに、中長期の取組状況を公表するなど、透明性を確保していく。

- (1) 多くの作業が、これまで経験のない技術的困難性を伴うものであるとの共通認識の下、関係する産業界や研究機関の協力も得つつ、必要となる研究開発を実施し、現場作業に適用していく。
- (2) 東京電力は、①廃止措置事業の実施主体として安全かつ着実な事業の推進、②中長期ロードマップに基づく具体的な取組の策定・実施、③特定原子力施設に係る「実施計画」の策定・実施を行う。また、原子力規制委員会が、廃止措置に向け必要な審査を行うに当たり、時宜を得た対応が可能となるよう、早期に対処方針や参考情報を示していく。また、原子力規制委員会が安全確保の観点から実施する確認に、適切に対応していく。
- (3) 資源エネルギー庁は、①東京電力が行う廃止措置事業に対する所管官庁

としての指導・監督、②中長期ロードマップを通じた基本的な計画の策定と進捗状況の確認、③取り組むべき研究開発計画の策定・推進と国際連携・協力について、前面に立ち、責任をもって対応する。

なお、本取組とは別に、原子力規制委員会は、原子炉等規制法に基づき福島第一原子力発電所を「特定原子力施設」に指定し、同法に基づく規制の実施・運用を行っているところである。

3. 中長期の取組の実施に係る安全確保の考え方

福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置に向けた取組は、安全を確保しつつ進めることが重要であるとの認識の下、設備安全・作業安全・周辺環境への影響低減のための取組を継続して実施していく。

3-1. 特定原子力施設としての安全確保

(1) 特定原子力施設指定に伴う安全確保への移行

福島第一原子力発電所の原子炉施設は、2012年11月7日に、「特定原子力施設」に指定されるとともに、施設全体のリスクの低減及び最適化を図り、敷地内外の安全を図ることを目標とした、「措置を講ずべき事項」が原子力規制委員会より提示された。

東京電力は、これを受けて、同年12月7日に「措置を講ずべき事項」に基づく「実施計画」を作成し、原子力規制委員会に提出しており、現在、審査が行われている。

(参考)原子力規制委員会による「措置を講ずべき事項」のポイント

「特定原子力施設」とは、原子力事故が発生し、応急の措置を講じている施設に対して、当該施設を「特定原子力施設」に指定し、設備の状況に応じた、廃炉のための措置に向けた特別な安全管理を適切に講じさせる枠組みである。

原子力規制委員会による「措置を講ずべき事項」とは、福島第一原子力発電所に対し、できる限り速やかな燃料の取り出し完了など、特定原子力施設全体のリスクの低減及び最適化を図り、敷地内外の安全を図ることを目的として、その達成のために必要な措置を迅速かつ効率的に講じること、1号機から4号機については廃止措置に向けたプロセスの安全性の確保、溶融した燃料(燃料デブリ)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すること等、特定原子力事業者が講ずべき事項を定めるものである。

また、今後の技術開発の進展が必要なものについては、その状況等を踏まえつつ、適切な時期に、実施計画を適切に見直し、変更を行うことを事業者に求めるとともに、原子力規制委員会からは実施計画の変更を命ずるなど柔軟な対応を行うこととされて

いる。

「措置を講ずべき事項」は、以下のとおり。

- I. 全体工程及びリスク評価について講ずべき事項
- II. 設計、設備について措置を講ずべき事項
- III. 特定原子力施設の保安のために措置を講ずべき事項
- IV. 特定核燃料物質の防護のために措置を講ずべき事項
- V. 燃料デブリの取り出し・廃炉のために措置を講ずべき事項
- VI. 実施計画を策定するにあたり考慮すべき事項
- VII. 実施計画の実施に関する理解促進
- VIII. 実施計画に係る検査の受検

(2) 安全確保に関する基本的な考え方

特定原子力施設である福島第一原子力発電所は、通常の原子力発電所と異なり、施設全体のリスクの低減及び最適化を図るために必要な措置を迅速かつ効率的に実施していくことが求められている。東京電力は、実施計画において「措置を講ずべき事項」に対する具体的な対応策を示すとともに、現場の作業の進捗に応じて、必要な措置を迅速かつ効果的に講じることができるよう、実施計画の柔軟な見直し等の対応を行っていく。

また、実施計画で具体化された措置等を速やかに実施することで、特定原子力施設から敷地外への放射性物質の影響を極力低減させ、事故前のレベルとすることを大目標とし、この大目標を達成するために、以下の安全確保の目標を設定する。

- ①プラントの安定状態を維持しながら廃止措置をできるだけ早期に完了させる
- ②敷地外の安全確保を図る（公衆への被ばく影響の低減）
- ③敷地内の安全確保を図る（作業員への被ばくの低減）

上記の目標の達成に向けては、まず、使用済燃料プール内の燃料と、原子炉格納容器内の燃料デブリというハザードの除去を可及的速やかに進めることが重要である。また、これらを円滑に進めるためにも汚染水処理を推進することが重要である。その際には、安全を最優先としつつ、地域及び国民の皆様の御理解を得ながら、廃止措置の全体計画を見据え、適用可能な最良の技術を用いて、合理的に最も早く実現可能な方法で取り組むことが必要である。

なお、これらの取組にかかわらず、緊急事態が発生した場合に備えて、東京電力は「福島第一原子力発電所原子力事業者防災業務計画」を策定しており、これを基に、東日本大震災の経験も踏まえて対応を実施する。

(参考) 中長期的な安全確保に当たってのリスク低減及び最適化

福島第一原子力発電所全体のリスク低減及び最適化を図ることを目的に、東京電力は、敷地外への広域的な環境影響を含めた評価を行い、リスクの低減及び最適化が敷地内外の安全を図る上で十分なものであることを確認し、多くの放射性物質を含有する燃料デブリや使用済燃料において異常時に発生する事象を想定したリスク評価を実施している。また、これに加えて、放射性物質の量や種類に応じて存在するリスクを抽出し、これらが顕在化する可能性や時間的進展、顕在化した場合の影響について評価を行うとともに、想定されるリスクに対する多層的な防護策について整理を行っているところである。

特に、全体としてリスクを十分低くするという観点で比較的重要なものとして、以下が挙げられることから、更なる設備の信頼性向上、汚染水処理に向けて取り組みを進めていく。

- 原子炉格納容器・圧力容器内の燃料デブリ
- 使用済燃料プール内の燃料
- 高濃度汚染水が滞留する建屋・トレンチ
- 中低濃度汚染水を貯留するタンク

また、原子炉格納容器内の燃料デブリや使用済燃料プール内の燃料を取り出す作業工程におけるリスクについて評価を行うことが必要である。さらに、施設全体のリスク低減や将来の廃止措置に向けた取組により、現状のリスクは変化していくため、適時にリスク評価を行い、取組の安全確保を図っていく。

なお、2013年7月に施行予定の新規制基準に基づく地震や津波に対しても、リスクを評価した上で、プラントの状況に応じて、燃料の損傷防止及び放射性物質の拡散防止対策（汚染水タンク周りの堰設置、建屋の補強等）を実施する。

その際、冷却を維持するためのバックアップとして、放水車・電源車・消防車等の配備及び訓練をすでに実施していることを考慮する。

3-2. 安全確保に向けた具体的な取組

(1) 設備安全 ～設備の信頼性向上に向けた継続的取組～

設備安全については、放射性物質の放出抑制・管理機能、原子炉・使用済燃料プールの冷却機能、臨界防止機能、水素爆発防止機能の維持・強化を図っていく。特に、電源設備の信頼性を向上・維持する対策として、仮設設備から恒久的な設備へ変更するなど、長期間の使用に耐えうるよう信頼性を向上・維持する対策を実施する。

原子炉建屋については、水素爆発による損傷状況等を踏まえた耐震安全性評価を実施し、東北地方太平洋沖地震と同程度の地震に対して十分な耐震性を有していると判断している。特に、4号機については、建屋が傾いていないことや、ひび割れの調査、コンクリートの強度確認を定期的実施しており、安全に使用済燃料を貯蔵できる状態であることを確認している。

① 「信頼性向上対策に係る実施計画」に基づく対策等

東京電力は、2012年5月に策定した「信頼性向上対策に係る実施計画」に基づき、現状の設備が長期間の使用に耐え得るように、適切に対応を実施していく。また、現場の状況等を踏まえ、経年劣化への対応を含め、設備の更なる信頼性向上に必要な対策について継続的に検討し、迅速に必要な措置を講じていくものとする。

(参考) 信頼性向上対策に係る実施計画におけるな対策の実施状況

A) 復水貯蔵タンク (CST)¹を水源とした注水への変更等

原子炉注水設備の信頼性向上対策として、CSTへ水源を変更して保有水量の増加を図るとともに、配管を信頼性の高いポリエチレン管へ取り替える計画としていた(2012年12月目標)が、水源変更については、水源の追加(3号CSTに1号・2号CSTを追加)、操作性の向上(免震重要棟での遠隔操作

¹ 復水貯水タンク (CST: Condensate Storage Tank) : プラントで使用する水を一時貯蔵しておくためのタンク

化)等、更なる信頼性向上対策を盛り込んだこと、CST内にある滞留水の水抜き先確保に時間を要したことから、目標時期を延期した(2013年7月完了予定)。

B) 滞留水移送ラインのポリエチレン管化

滞留水を移送する配管として、漏えいの発生した耐圧ホースから信頼性の高いポリエチレン管へ取り替えることとし、系外への放出リスク、作業員の被ばくへの影響等を踏まえて優先順位をつけて取替計画を策定した。このうち、屋外に敷設されている2号機~3号機間は優先的に取替を完了(2012年8月)したものの、建屋内に敷設している4号機ラインにおいて耐圧ホースからの漏えいが発生した(2012年8月)ことから、滞留水移送ラインの取替計画を見直し、2013年9月までに計画どおり取替が完了する予定。逆浸透膜装置及び蒸発濃縮装置の建屋テント内等を除き、これまでに大部分の取替が完了している状況である。

C) タンクやその他水処理設備についての保全方針検討・策定

プラントの安定状態維持・継続に必要な設備について、設備の信頼性向上と点検・保守活動による信頼性確保を組み合わせることにより、長期間の使用に耐え得る設備を維持することとし、点検保守活動を保全方針として策定することとした(2012年9月を目標)。なお、タンクについて、漏えいが発生した箇所(フランジボルト接合部)の補修方法等を検討し保全計画に反映することとした(2013年3月を目標)が、現在実施している実機試験のスケジュールを考慮し目標を延期した(2013年9月に目標を延期)。

D) タンクの早期漏えい検知、漏えい拡大防止

漏えいの早期検知を目的に、タンクの設置状況に合わせて、タンク廻りに監視カメラを設置するとともに、万一漏えいした場合の影響緩和策として、堰や土堰堤を設置し、排水路を暗渠化することで漏えいした水が系外に放出するリスクを低減している。

E) 使用済燃料プール等の重要負荷の給電元変更等の対策

外部電源から重要負荷に電源を配分する受変電装置について、長期使用に対する信頼性を評価し、信頼性の低い仮設設備を計画的に更新していく計画とした(仮設3,4号機動力用電源盤:期限2013年3月、共用プール動力用電

源盤：期限 2013 年 7 月)。

②最近のトラブルとその対応

2013 年 3 月 18 日に電源系（仮設 3/4 号動力用電源盤）のトラブルで停止した使用済燃料プール冷却設備に関しては、2013 年 3 月中に対策を完了し、類似の電源設備（共用プール動力用電源盤）についても、2013 年 9 月までの計画を 7 月までに前倒しして対策を実施する。

また、2013 年 4 月に発生した福島第一原子力発電所の地下貯水槽からの水漏れについては、当該タンクに貯留していた汚染水を地上タンクへ移送するとともに、拡散防止やモニタリングの強化を実施してきた。今後も、モニタリングを継続するとともに、汚染した土壌の除去等の対策を実施していく。

これらのトラブルに鑑み、東京電力は「福島第一信頼度向上緊急対策本部」を設置し、本部傘下の部門横断的対策チームが現場を確認した上で、リスクの抽出、短中期的に講じるべき対策を策定・実行していくこととしている。

さらに、設備の長期間使用に向け、設備の重要度や使用環境に応じた設備設計、保全計画（点検、補修、取替等）の考え方を整理し、対策を実施していく。

(2) 作業安全 ～作業員の安全管理、放射線管理～

作業員の一般作業安全確保に加え、防護装備の適正化による作業負荷軽減、除染等による線量低減、ロボット等の遠隔技術の利用等により、作業員が立ち入る場所を拡大しつつも、その線量及び作業員の被ばく線量を線量限度以下に抑えるとともに、個々の作業における被ばく線量を低減させる。また、作業員の健康管理については、福島第一緊急医療室において、医師と看護師が 24 時間体制にてローテーション勤務を実施する医療体制を継続している。

(3) 周辺環境への影響低減 ～敷地境界の放射線量低減・管理～

現状（2013 年 6 月 27 日現在）、原子炉内の核燃料は安定的に冷却され、原子炉建屋からの放射性物質の放出は抑えられている。これによる敷地境界における年間被

ばく線量は最大でも 0.03mSv/年と評価されており、ステップ2 完了時点²と比較して低下傾向を示している。これに加え、2012 年度末には、発電所全体からの放射性物質の追加的放出及び敷地内に保管する事故後に発生したガレキ等や汚染水処理に伴い発生する二次廃棄物（使用済セシウム吸着塔、スラッジ等。以下「水処理二次廃棄物」という。）からの敷地境界における実効線量を 1mSv/年未満とする目標を達成した（図1）。

他方、2013 年 4 月に発生した地下貯水槽からの水漏れを受け、地下貯水槽に貯留していた汚染水を地上タンクに移送しているが、この影響による敷地境界の線量が最大地点で 7.8mSv/年と評価されており、目標値を超えることから、当該タンク内の汚染水を多核種除去設備等を用いて浄化することにより、可能な限り速やかに線量低減を図ることとする。

液体廃棄物については、以下について必要な検討を行い、地元関係者の御理解を得ながら対策を実施することとし、海への安易な放出は行わないものとする。

- ① 増水の原因となる原子炉建屋等への地下水の流入に対する抜本的な対策（地下水流入抑制）
- ② 汚染水処理施設の除染能力の向上確保や故障時の代替施設も含めた安定的稼働の確保方策（汚染水処理システムの強化）
- ③ 汚染水管理のための陸上施設等の更なる設置方策（タンク増設計画）

なお、海洋への放出は、関係省庁の了解無くしては行わないものとする。

² 2011 年 12 月。

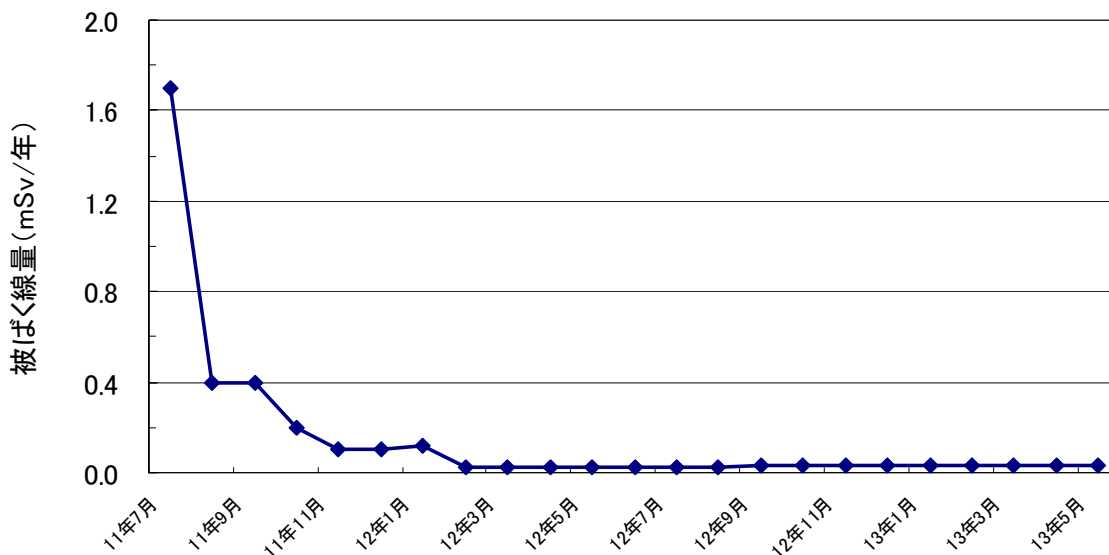


図1 1～3号機原子炉建屋からの放射性物質による敷地境界における年間被ばく線量

3-3. 新たな基準の整備と規制上の対応に向けた準備

燃料デブリ取り出し等、廃止措置に向けた工程を進める上では、タイムリーに判断要件や必要な基準を整備するとともに、これらの判断要件や基準に照らした規制上の対応が迅速に行われることが重要である。

東京電力は、規制に対応する考え方やそれを裏付けるデータを可能な限り早い時期に提示していくことが重要であり、燃料デブリ取り出し開始に向けた最速のスケジュールを踏まえ、これらの基準の整備と規制当局への提示に係るスケジュールを検討・提示していく。

今後、廃止措置等を進める上で、燃料デブリ取り出し等に向けて新しい技術を適用していくこととなる。具体的には、安全を最優先に着実に工程を管理していくに当たり、燃料デブリを取り出す際に未臨界を監視しつつ作業を行うこと、取り出す燃料デブリに対して合理的な計量管理を行うこと、燃料デブリを収納する容器（収納缶）に求める安全機能を明確にすること等が必要となる。このため、東京電力は、燃料デブリの取り出しにおいて準拠する規格・基準の考え方の基本的方向性を2013年度中に整理する。

加えて、燃料デブリ取り出し準備関係の研究開発を進めていく上でも、これらの規制上の対応や、現場作業の進捗等を踏まえながら段階的に取り組んでいく。

4. 中長期の具体的対策

添付資料1に福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた本ロードマップの主要スケジュールを示す。本ロードマップは、現時点における知見や号機毎の状況の違いの詳細な分析を基に策定したものである。本ロードマップにおける工程・作業内容は、号機間の作業の重複は考慮して策定したものの、今後の現場状況や研究開発成果等によって変わり得るものである。安全を最優先としつつ、地域と国民の皆様の理解を得て、継続的に検証を加えながら見直していくこととする。

4-1. 中長期ロードマップの期間区分の考え方

【第1期】ステップ2³完了～初号機の使用済燃料プール内の燃料取り出し開始まで
(目標はステップ2完了から2年以内)

- ・ 使用済燃料プール内の燃料取り出し開始のための準備作業を行うとともに、燃料デブリ取り出しに必要な研究開発を実施し、現場調査にも着手する等、廃止措置等に向けた集中準備期間となる。

【第2期】第1期終了～初号機の燃料デブリ取り出し開始まで (目標はステップ2完了から10年以内)

- ・ 当該期間中は、燃料デブリ取り出しに向けて多くの研究開発や原子炉格納容器の補修作業などが本格化する。
- ・ また、当該期間中の進捗を判断するための目安として、(前)、(中)、(後)の3段階に区分。

【第3期】第2期終了～廃止措置終了まで (目標はステップ2完了から30～40年後)

- ・ 燃料デブリ取り出しから廃止措置終了までの実行期間。

現在、第1期の作業中であり、4号機使用済燃料プール内の燃料取り出しを2013年11月までに開始することにより、半年以内に第2期へ移行する予定である。第2

³ ステップ2：福島第一原子力発電所の事故収束の道筋として定められたステップの一つ。「放射性物質の放出が管理され、放射線量が大幅に抑えられている」状況を目標としたもの。

期以降の各作業は技術的にも一層多くの課題があり、段階的に工程を進めていくことが必要となる。このため、次工程へ進む判断の重要なポイントにおいて、追加的に必要となる研究開発や、工程又は作業内容の見直しも含めて検討・判断することとしており、これを判断ポイント（HP⁴）として設定している。

4-2. 号機別の使用済燃料プールからの燃料取り出し、燃料デブリ取り出しの具体的計画と判断ポイント

今回の見直しにより、号機別の状況の違いを詳細に分析し、スケジュールの前倒しを検討した。号機別の使用済燃料プールからの燃料取り出し⁵、原子炉格納容器等からの燃料デブリ取り出し⁶に当たっては、複数のプランを用意し、プランの絞り込みや修正・変更を行う可能性が想定される時期的なポイントを、HPとして設定・明示した（図2～図4）。

⁴ 号機別の使用済み燃料プールからの燃料取り出し、燃料デブリ取り出しに向けたHPにおいては、次工程の候補が複数存在する場合に、直前工程の結果を踏まえ、どの工程を選択するかを確認・判断することとなる。

⁵ 1～4号機の使用済燃料プールからの燃料の取り出し作業を「燃料取り出し」と呼ぶ。

⁶ 1～3号機の炉心損傷により生じた燃料デブリの取り出し作業を「燃料デブリ取り出し」と呼ぶ。

(1) 1号機

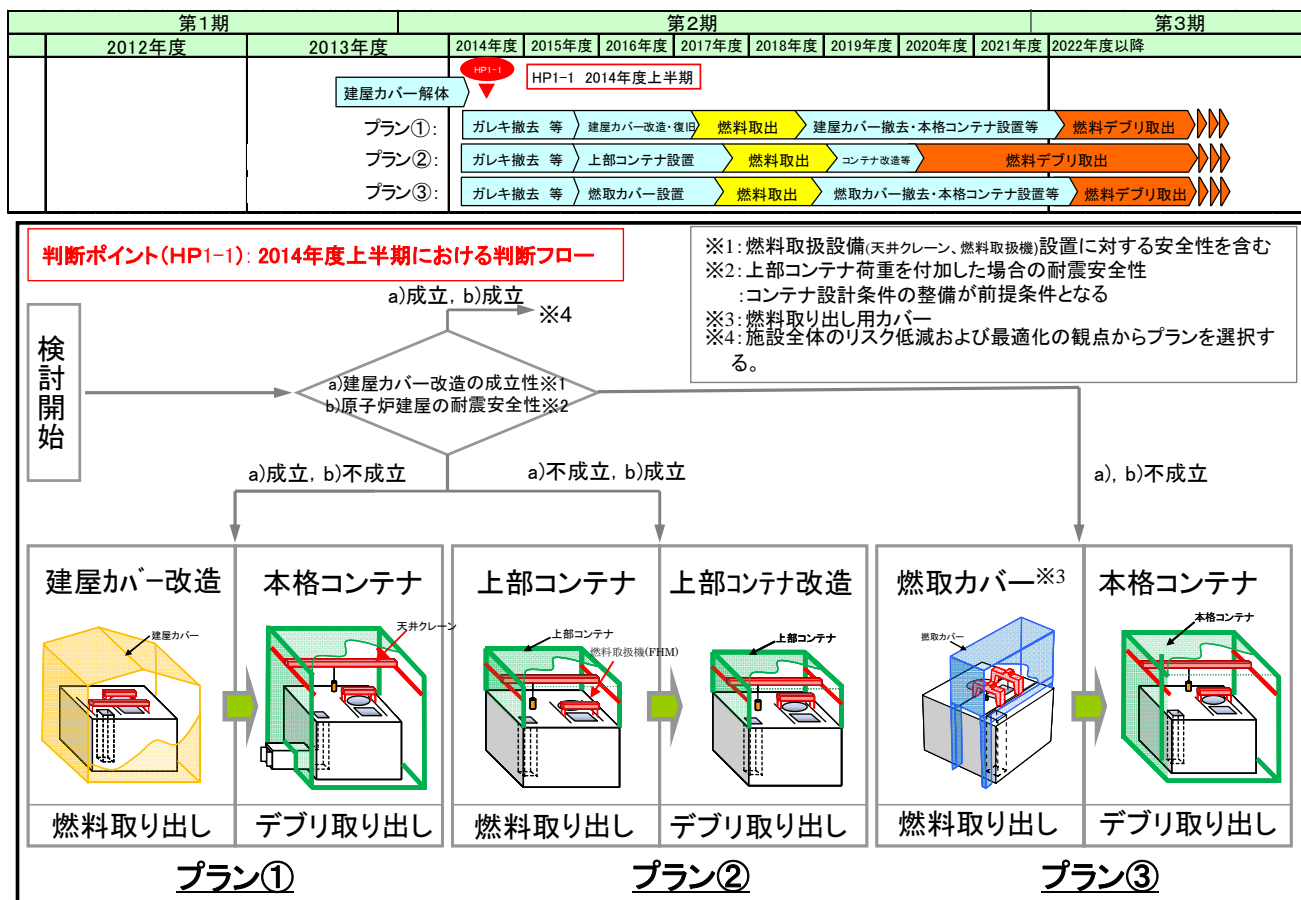


図2 1号機使用済燃料プールからの燃料取り出し・燃料デブリ取り出しの計画

1号機原子炉建屋は、水素爆発により原子炉建屋上部が破損したため、建屋からの放射性物質の飛散抑制を目的として2011年10月に建屋カバー⁷を設置した。その後、原子炉の安定冷却の継続により、放射性物質の放出量は減少した。今後、建屋カバーを解体し、オペレーティングフロア上部のガレキ撤去を実施する予定である。

【プラン①】建屋カバーを改造し、オペレーティングフロア上に燃料取り出し作業のための燃料取扱設備を設置し燃料を取り出す計画。燃料デブリ取り出しは、

⁷ 建屋カバーとは、原子炉建屋からの放射性物質の飛散抑制を目的として1号機に設置した構築物。

建屋カバーを撤去後に本格コンテナ⁸を設置し実施する。

(目標工程)

- ・ 燃料取り出し開始 (2017 年度上半期)
- ・ 燃料デブリ取り出し開始 (2022 年度上半期)

(判断条件)

- ・ 既存建屋カバーが耐震性及び施工性の観点から改造可能であること
- ・ 既存原子炉建屋のオペレーティングフロアに燃料取扱い設備を設置できること

【プラン②】建屋カバーの改造が実施できない場合に、燃料取り出しに必要な機能を持たせた上部コンテナを設置して燃料を取り出す計画。その後、上部コンテナを改造し、燃料デブリ取り出しに必要な機能を持たせた上で燃料デブリを取り出す。

(目標工程)

- ・ 燃料取り出し開始 (2017 年度下半期)
- ・ 燃料デブリ取り出し開始 (2020 年度上半期)

(判断条件)

- ・ 原子炉建屋の耐震安全性評価結果から上部コンテナを設置可能であること
- ・ コンテナの設計条件の整備が完了していること

【プラン③】建屋カバーの改造の成立性、原子炉建屋の耐震安全性の評価結果及びコンテナの設計条件の整備において、プラン①とプラン②が成立しない場合の計画。

(目標工程)

- ・ 燃料取り出し開始 (2017 年度下半期)
- ・ 燃料デブリ取り出し開始 (2022 年度下半期)

⁸ コンテナとは、燃料デブリを取り出すための設備を設置し、作業に求められる環境を整備するための構築物を指し、原子炉建屋を覆うコンテナを本格コンテナと呼ぶ。

<プラン①～③を決める HP>

(HP1-1) 燃料取り出し計画、燃料デブリ取り出し計画の選択 (2014 年度上半期)

燃料取り出し計画、燃料デブリ取り出し計画は、上部コンテナ及び本格コンテナを設計する上で必要となる条件の検討を進めるとともに、建屋カバー改造の成立性、原子炉建屋の耐震安全性の評価結果を踏まえ決定する。

<燃料デブリ取り出し開始の時期を判断する HP>

(HP1-2) 燃料デブリ取り出し方法の確定

1 号機の燃料デブリ取り出し設備設置が可能となるよう、燃料デブリ取り出し工法・装置の開発を行い、プラン①においては 2020 年度下半期、プラン②においては 2019 年度上半期、プラン③においては 2020 年度下半期までに取り出し方法を確定する。

(2) 2号機

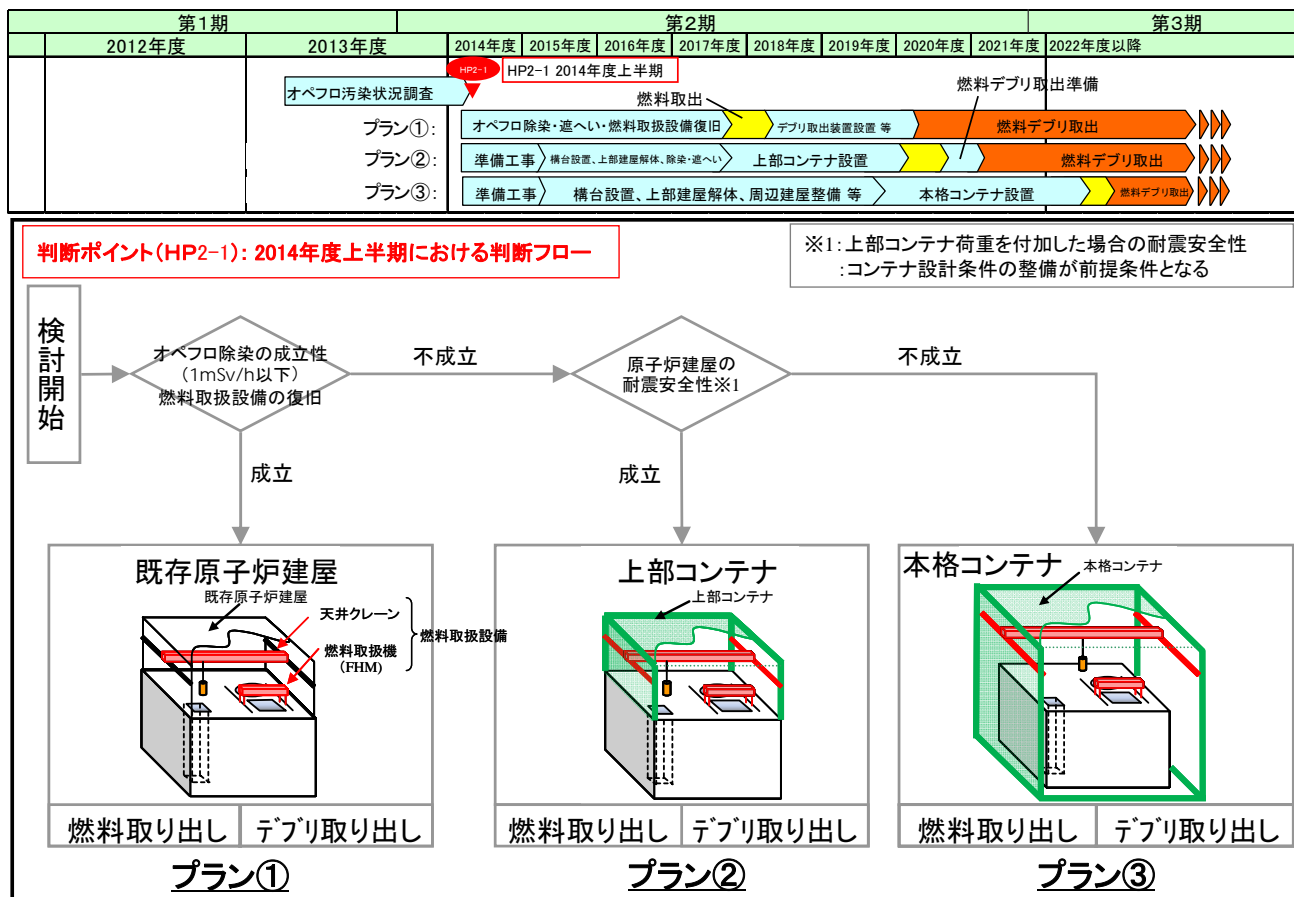


図3 2号機使用済燃料プールからの燃料取り出し・燃料デブリ取り出しの計画

2号機原子炉建屋は、水素爆発による損傷はないが、建屋内の線量が非常に高い状況である。今後、オペレーティングフロアの汚染状況調査を実施する予定。

【プラン①】除染・遮へいによりオペレーティングフロアの線量を低減した上で、既存の燃料取扱設備の復旧を行い、燃料デブリ取り出しは、原子炉建屋内に燃料デブリ取り出し装置を設置して行う計画。

(目標工程)

- ・ 燃料取り出し開始 (2017年度下半期)
- ・ 燃料デブリ取り出し開始 (2020年度上半期)

(判断条件)

- ・ オペレーティングフロアの汚染状況の詳細調査を行い、線量を低減できること
- ・ 既存の燃料取扱設備の復旧が可能であること

【プラン②】 オペレーティングフロアの除染と既存燃料取扱設備の復旧が成立しない場合に、燃料取り出しに必要な機能を持たせた上部コンテナを設置して燃料を取り出す計画。

(目標工程)

- ・ 燃料取り出し開始 (2020 年度上半期)
- ・ 燃料デブリ取り出し開始 (2021 年度上半期)

(判断条件)

- ・ 原子炉建屋の耐震安全性評価結果から上部コンテナを設置可能であること
- ・ コンテナの設計条件の整備が完了していること

【プラン③】 オペレーティングフロアの除染、既存の燃料取扱設備の復旧及び原子炉建屋の耐震安全性の評価結果及びコンテナの設計条件の整備において、プラン①とプラン②が成立しない場合の計画。

(目標工程)

- ・ 燃料取り出し開始 (2023 年度上半期)
- ・ 燃料デブリ取り出し開始 (2024 年度上半期)

<プラン①～③を決める HP>

(HP2-1) 燃料取り出し計画、燃料デブリ取り出し計画の選択 (2014 年度上半期)

燃料取り出し計画、燃料デブリ取り出し計画は、上部コンテナ及び本格コンテナ設計条件の整備を進めるとともに、オペレーティングフロアの汚染状況調査、燃料取扱設備の復旧可能性及び原子炉建屋の耐震安全性の評価結果を踏まえ決定する。

<燃料デブリ取り出し開始の時期を判断する HP>

(HP2-2) 燃料デブリ取り出し方法の確定

2号機の燃料デブリ取り出し設備設置が可能となるよう、燃料デブリ取り出し工法・装置の開発を行い、プラン①においては2018年度上半期、プラン②においては2018年度上半期、プラン③においては2021年度上半期までに取り出し方法を確定する。

(3) 3号機

第1期			第2期					第3期				
2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度以降		
オペフロガレキ撤去		オペフロ除染・遮へい		燃取カバー設置								
			燃取カバー改造等		燃取カバー撤去・本格コンテナ設置等						燃取カバー改造等	
			燃取カバー撤去・本格コンテナ設置等		燃取カバー撤去・本格コンテナ設置等						燃取カバー撤去・本格コンテナ設置等	

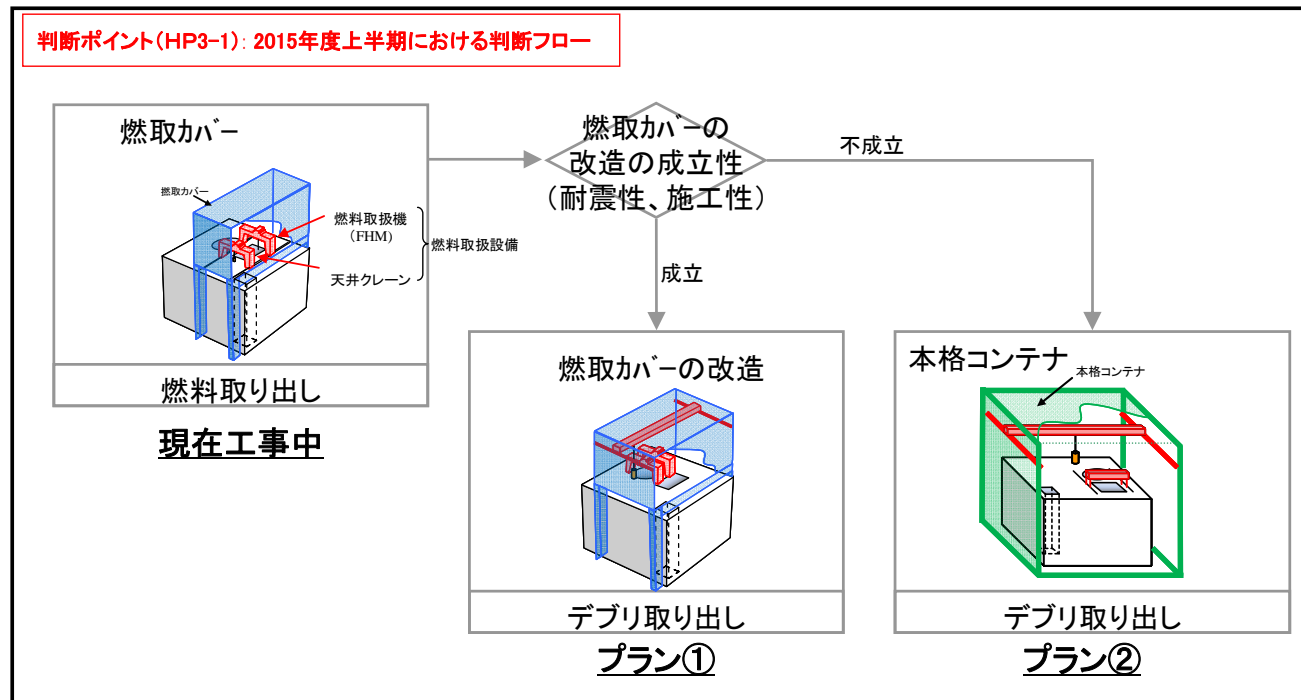


図4 3号機使用済燃料プールからの燃料取り出し・燃料デブリ取り出しの計画

3号機原子炉建屋は、オペレーティングフロア上部に、ガレキが複雑に積み重なっており、オペレーティングフロアの線量が非常に高い状況であった。現在、オペレーティングフロア上部や使用済燃料プール内のガレキ撤去を実施している。今後、燃料取り出し用カバー及び燃料取扱設備を設置する予定。

【プラン①】使用済燃料プール内の燃料を燃料取り出し用カバーに設置された燃料取扱設備を用いて取り出し、その後、当該カバーを改造し、燃料デブリを取り出す計画。

(目標工程)

- ・ 燃料取り出し開始 (2015年度上半期)
- ・ 燃料デブリ取り出し開始 (2021年度下半期)

(判断条件)

- ・ 耐震性、施工性の観点からの燃料取り出し用カバーの改造が可能であること

【プラン②】プラン①において、燃料取り出し用カバーの改造が耐震性、施工性の面で成立しない場合の計画。

(目標工程)

- ・ 燃料取り出し開始 (2015 年度上半期)
- ・ 燃料デブリ取り出し開始 (2023 年度下半期)

<プラン①、②を決める HP>

(HP3-1) 燃料デブリ取り出し計画の選択 (2015 年度上半期)

燃料デブリ取り出し計画は、耐震性、施工性の観点から燃料取り出し用カバーの改造の成立性を検討し、その結果を踏まえ決定する。

<燃料デブリ取り出し開始の時期を判断する HP>

(HP3-2) 燃料デブリ取り出し方法の確定

3 号機の燃料デブリ取り出し設備設置が可能となるよう、燃料デブリ取り出し工法・装置の開発を行い、プラン①においては2019 年度下半期、プラン②においては2019 年度下半期までに取り出し方法を確定する。

(4) 4 号機

4 号機原子炉建屋のオペレーティングフロア上部におけるガレキ撤去は、2012 年 12 月に完了し、燃料取り出し用カバーの設置工事を実施している。現在、燃料取り出し用カバーの内部に燃料取り出し作業のための燃料取扱設備の設置工事中である。

使用済燃料プールからの燃料取り出し開始をステップ2 完了(2011 年 12 月)後、2 年以内としていたが、燃料取り出し用カバーの鉄骨、外装、屋根工事の工程短縮や並行作業等を織り込むことにより、目標の前倒しを行い、2013 年 11 月からの燃料取り出し開始を目指す。

燃料取り出し作業は、作業環境下による効率低下、機器故障・トラブル対応等のリスクが想定されるものの、事前の新燃料取り出しの結果、燃料取扱いに影響しそうな変形、腐食が見られず、想定していたスケジュールに遅延が生じる可能性が低いことが確認されている。また、構内用輸送容器 2 基を用いた並行作業により、当初計画の取り出し期間を 2 年程度から 1 年程度へ短縮し、2014 年末頃の燃料取り出し作業の完了を目指す。

(目標工程)

- ・ 燃料取り出しの開始 (2013 年 11 月)
- ・ 燃料取り出しの完了 (2014 年末頃)

(5) 共通設備・共通事項

①使用済燃料プールからの燃料取り出し関係

(使用済燃料プールからの燃料取り出しに係る作業ステップは、添付資料 3 を参照)

(a) 共用プール・乾式キャスク仮保管設備

使用済燃料プールから取り出した燃料を発電所内にある共用プールに移送し、安定的に貯蔵することを基本とする。燃料取り出しに当たっては、発生するリスクと対策を明確にしていく。(燃料取り出しに係る、各燃料の移動は図 5 を参照)。

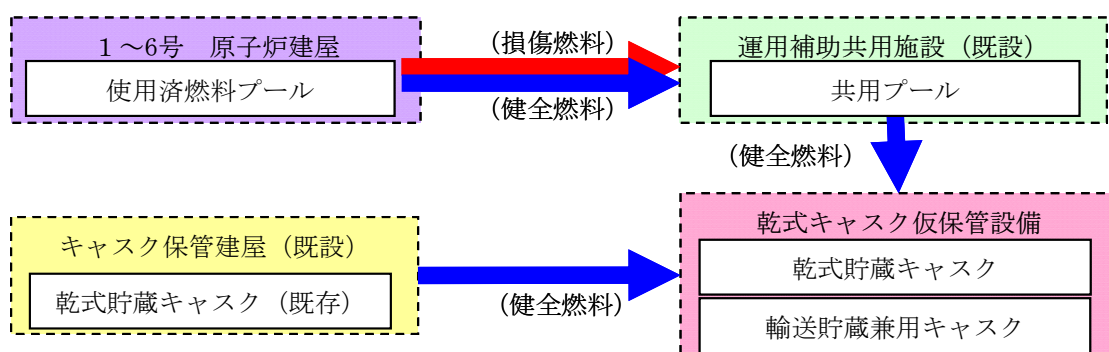


図 5 福島第一原子力発電所における燃料取り出しに係る燃料の移動

共用プール内に事故前から貯蔵中の健全な使用済燃料は、新たに設置する乾式キャスク仮保管設備に搬出することとしている。この乾式キャスク仮保

管設備（図 6）は、津波により被災したキャスク保管建屋に保管していた 9 基の乾式貯蔵キャスクを仮保管するため、2013 年 4 月に受け入れ運用を開始している。1～4 号機の使用済燃料プールに保管中の全ての燃料を共用プールに受け入れるためには乾式キャスク仮保管設備の容量に不足が発生すること等から、乾式キャスク仮保管設備の増設を行う予定。また、乾式キャスクの確実な調達に取り組む。

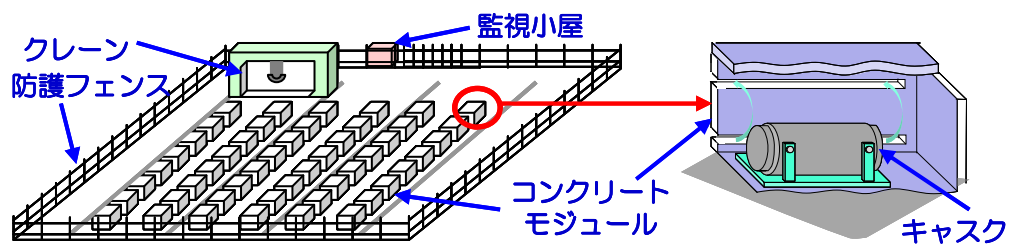


図 6 乾式キャスク仮保管設備の概要図

【目標工程】

2013 年度上半期	共用プールに保管している使用済燃料を乾式キャスクに収納し、乾式キャスク仮保管設備に輸送開始
2014 年度上半期	共用プールにおける損傷燃料受入のためのラックの入れ替え

(b) 構内用輸送容器・収納缶

使用済燃料プールから共用プールへの健全な燃料の移送については、既存の構内用輸送容器を適用することの検討に加え、作業エリアの線量が高い号機では、遠隔操作可能な燃料取扱設備、構内用輸送容器を新規に製造する方針で対応する。

4 号機では、福島第一原子力発電所において構内輸送用として従来使用している輸送容器 2 基を使用する予定としている。

損傷燃料は、損傷形態に応じて放射性物質の飛散・拡散を防止できる設計とした上で、構内用輸送容器に収納し、移送する。

【目標工程】

- | | |
|------------|--|
| 2014 年度下半期 | 4号機以降の燃料取り出しにおいて、損傷燃料が確認された場合に使用する可能性のある収納缶の調達 |
| 2014 年度下半期 | 3号機の使用済燃料プールからの燃料取り出し等に使用する遠隔操作対応の輸送容器の開発・調達 |

(c) 取り出した後の燃料の取り扱い

使用済燃料プールから取り出した燃料は、当面の間、共用プールに保管する。これに並行して、海水の影響等も踏まえた長期的な健全性の評価及び処理に向けた検討を実施する。

【目標工程】

- | | |
|----------|--------------------------------|
| 2017 年度頃 | 使用済燃料プールから取り出した燃料集合体の長期健全性評価終了 |
| 2017 年度頃 | 使用済燃料プールから取り出した損傷燃料等の処理方法の検討終了 |
| 2020 年度頃 | 使用済燃料の処理・保管方法の決定（HP SF-1） |

HP SF-1 では、使用済燃料プールから取り出した燃料の長期健全性の評価、処理に向けた検討結果を踏まえ、将来の処理・保管方法を決定する。

②燃料デブリ取り出し準備関係

<基本方針>

燃料デブリ取り出し開始時期は、号機別の状況の違いや現場作業工程等によって、号機別に複数想定している一方で、燃料デブリ取り出しに向けて必要となる研究開発は、各号機に共通したプロジェクトとして効率的に進め、初号機の燃料デブリ取り出し開始時期（2020 年度上半期）を踏まえたスケジュールにより進めていく必要がある。

現在、燃料デブリの位置・性状、原子炉格納容器・圧力容器の損傷箇所等の詳細状況は不明であるが、TMI-2⁹と同様に、燃料デブリを冠水させた状態で取り出す方法（以下「冠水工法」という。）が、作業被ばく低減等の観点から最も確実な方法であると考えられる。

水中で燃料デブリを取り出すためには、高線量・狭隘等の厳しい環境下において、原子炉格納容器水張りに向けた止水を行う必要がある。このため、原子炉格納容器の止水に向けた調査及び補修（止水）をするための技術・工法の開発を早急かつ着実に進めることが必要である。

また、燃料デブリを取り出すための工法及び機器・装置開発を並行して着実に進めることも必要であり、この開発に資するため、燃料デブリの位置・性状等を可能な限り把握するための研究開発を並行して進め、その成果を燃料デブリ取り出し工法や機器・装置開発に活かすことが求められている。

加えて、燃料デブリ取り出し工法や機器・装置の開発状況は、各号機に設置する予定の上部コンテナ又は本格コンテナ等の設計にも反映させる必要がある。

上記の条件を念頭に置き、冠水工法による作業ステップ（添付資料4参照）に沿って、以下の具体的計画(a)～(k)に示す燃料デブリ取り出しに向けた準備を、研究開発や現場作業の進捗等を確認しながら段階的に進めていく。

なお、過酷な事故の影響を受けた原子炉格納容器の上部まで冠水させるための技術は、多段階で難しい課題を抱えており、原子炉格納容器上部まで冠水することが困難となる場合も想定される。このため、原子炉格納容器に水を張らずに燃料デブリを取り出す代替工法についても併せて検討を進めていく。

<具体的計画>

(a) 原子炉建屋内線量低減

原子炉建屋内は依然として高線量な状態にあり、ガレキ・粉塵等が散在し、作業員のアクセスが困難であるため、原子炉建屋内の状況調査を行い、核種

⁹ 米国スリーマイルアイランド原子力発電所2号機

を踏まえて汚染状況を推定・評価し、適用可能な除染技術を整理するとともに、遠隔操作が可能な除染装置を開発し、原子炉建屋内の除染等を実施してアクセス性を確保する。

【目標工程】

2014 年度上半期	初号機として 2 号機の原子炉格納容器下部調査が可能となるよう除染等を完了
2015 年度上半期	初号機として 2 号機の原子炉格納容器上部調査が可能となるよう除染等を完了
2019 年度下半期	原子炉建屋内の線量低減完了

(b) 原子炉格納容器の水張りに向けた調査・補修

燃料デブリを冠水させた状態を取り出す方法が作業被ばく低減等の観点から最も確実な方法であると考えられるため、原子炉格納容器の調査・補修（止水）装置を開発し、原子炉格納容器の水張りに向けた調査・補修を実施する。また、代替工法として、原子炉格納容器に水を張らずに燃料デブリを取り出す工法についても併せて検討を進めていく。

【目標工程】

2016 年度下半期	初号機として 2 号機の原子炉格納容器下部補修（止水）方法の確定（HP DE-1）
2017 年度上半期	原子炉格納容器下部補修（止水）に着手
2018 年度上半期	原子炉格納容器上部補修（止水）方法の確定（HP DE-3）

(c) 原子炉格納容器の内部調査

燃料デブリの取り出しに当たっては、燃料デブリの位置を特定することが必要であるため、原子炉格納容器内の状況を調査する装置を開発し、燃料デブリの位置、分布、形状などの情報を取得する。その際、燃料デブリの状況が、国内外の関係機関にとっても貴重な情報であることを踏まえ、注意深く、情報を集め、分析し、記録を残す。

【目標工程】

2016 年度下半期	原子炉格納容器内調査方法の確定 (HP DE—2)
2016 年度下半期	原子炉格納容器内部調査の開始

(d) 原子炉圧力容器の内部調査

燃料デブリの取り出し前には、原子炉圧力容器内の状況（燃料デブリ、炉内の損傷・汚染機器の状況）把握に資する調査技術を開発することが必要であり、これらの対策を講じる。その際、前項と同様に、燃料デブリの状況が、国内外の関係機関にとっても貴重な情報であることを踏まえ、注意深く、情報を集め、分析し、記録を残す。

【目標工程】

2018 年度下半期	原子炉圧力容器内部調査方法の確定 (HP DE—4)
2019 年度下半期	原子炉圧力容器内部調査の開始

(e) 燃料デブリ取り出し技術の整備

燃料デブリ取り出しのための前提条件を整理し、原子炉開放や炉内構造物の取り出しも含めた燃料デブリの取り出し装置を開発する。

【目標工程】

2018 年度上半期	燃料デブリ・炉内構造物取り出し方法の確定 (HP DE—5 の一部)
2020 年度上半期	初号機の燃料デブリ取り出しの開始（最速プランの場合）

(f) 燃料デブリ収納・移送・保管

燃料デブリ収納・移送・保管に関する基本的な考え方は TMI-2 が参考となるが、福島第一原子力発電所事故により発生した燃料デブリの方が一層高い線量・発熱量であると推定されるため、炉内状況を把握した上で、燃料デブリ収納・移送・保管に関する技術開発を行う。

【目標工程】

2019 年度下半期	燃料デブリ収納缶の開発・準備完了（HP DE-5の一部）
2020 年度上半期	初号機から取り出された燃料デブリの収納・移送・保管の開始（最速プランの場合）

(g) 原子炉圧力容器・格納容器の健全性評価

海水等が注入された原子炉圧力容器・格納容器の構造材に対する腐食や、原子炉圧力容器を支える構造物（ペDESTAL）の事故後の高温等による強度低下が懸念されるため、各機器に想定される腐食速度や材料強度データ等を取得し、燃料デブリ取り出しまでの期間の構造健全性評価を行う。

【目標工程】

2015 年度下半期	冠水までのプラント状態を考慮した健全性・寿命延長効果再評価
2016 年度下半期	原子炉格納容器下部補修（止水）方法の確定（HP DE-1）（再掲）

(h) 燃料デブリの臨界管理

燃料デブリを取り出す過程において、注水、取り出し作業等を行うことに伴い、燃料デブリの形状や水量が変化した場合でも再臨界を防止する必要があることから、中性子吸収材の開発に加え、未臨界評価やモニタリング技術の開発を行う。

【目標工程】

2019 年度下半期	燃料デブリ臨界管理技術の開発
2020 年度上半期	初号機の燃料デブリ取り出しの開始（最速プランの場合）（再掲）

(i) 事故進展解析技術の高度化による炉内状況の把握

カメラ等の物理的な観測が当面困難である中で、原子炉内の状況を推定・把握する手段の一つとして期待される事故進展解析技術に関しては、現状、

得られる結果に大きな不確かさがある。サイトでの実作業から得られる情報を分析し、過酷事故解析コード（MAAP¹⁰ 及び SAMPSON¹¹）の高度化を図りながら、炉内状況の把握に努め、内部調査や機器開発の準備に反映する。

【目標工程】

2013 年度上半期	MAAP 及び SAMPSON のモデルの追加・改良
2013 年度下半期	改良版 MAAP 及び 2013 年度上期までの改良を反映した SAMPSON による炉内状況の評価
2016 年度下半期	格納容器内部調査の開始

(j) 燃料デブリの性状把握、処理・処分準備

福島第一原子力発電所事故により発生した燃料デブリの特性を、模擬デブリや TMI-2 デブリ等を用いた分析試験により把握する。また、燃料デブリ取り出し後の処理・処分に向けて処理技術の検討を進める。

【目標工程】

2015 年度下半期	模擬デブリ性状データ取り纏め
2016 年度上半期	燃料デブリ取り出し工法・装置開発の本格化
2016 年度上半期	実デブリサンプルを用いた性状把握に向けた計画策定開始
2017 年度下半期	放射性物質分析・研究施設の運用開始
2019 年度下半期	実デブリサンプルの性状データの燃料デブリ処理・処分に向けた研究開発等への反映開始
第 3 期	燃料デブリの処理・処分方法の決定（HP DE-6）

(k) 燃料デブリの計量管理

日・IAEA 保障措置協定等に基づき、国及び IAEA に対して、燃料デブリ中の核燃料物質量の申告や核燃料物質の実在庫の調査報告が必要となっている。燃料デブリについては、燃料集合体を 1 単位とする通常の計量管理手法を適

¹⁰ 事故進展評価をモジュール化した過酷事故解析コード（Modular Accident Analysis Program）

¹¹ 並列演算を活用した機構論的モデルによる原子力過酷事故解析コード（Severe Accident Analysis Code with Mechanistic Parallelized Simulations Oriented towards Nuclear Field）

用することができないため、今後、燃料デブリの取り出し・保管を行うまでに、透明性を確保し合理的に計量管理を実施できる手法を構築する。

【目標工程】

2013 年度下半期	燃料デブリ中の核燃料物質測定技術の適用性評価完了
2014 年度上半期	燃料デブリ中の核燃料物質測定技術及び計量管理手法の開発着手
2019 年度下半期	燃料デブリ中の核燃料物質測定器の運用開始及び燃料デブリの計量管理方策の構築完了

【判断ポイント】

上記HPについて、その考え方を整理すると、以下のとおりとなる。

HP DE-1：原子炉格納容器下部の補修（止水）装置の開発完了及び原子炉格納容器下部からの取水系統の構築完了等をもって、原子炉格納容器下部の補修（止水）工事の着手を判断する。

HP DE-2：原子炉格納容器内部の調査方法及び装置の開発の完了等をもって、原子炉格納容器内部調査の開始を判断する。

HP DE-3：原子炉格納容器上部の補修（止水）装置の開発完了等をもって、原子炉格納容器上部の補修（止水）工事の着手を判断する。

HP DE-4：原子炉格納容器の上部（原子炉压力容器を含む）までの水張り完了後、原子炉压力容器内部調査方法及び装置開発の完了等を確認し、原子炉压力容器内部調査の開始を判断する。

HP DE-5：燃料デブリの性状、臨界管理、計量管理、取り出し工法及び取り出し後の長期保管や処理処分の各観点の条件・状況に対して合理的に対応可能な技術開発が完了していることを確認し、燃料デブリ取り出しへの着手を判断する。

HP DE-6：取り出した燃料デブリについて、関連する研究開発及び政府の政策との整合性等を踏まえ、燃料デブリの処理・処分方法を決定する。

4-3. 中長期ロードマップの実現に必要な他の具体的計画と判断ポイント

(1) 原子炉の冷温停止状態の継続監視及び冷却計画

1～3号機の燃料デブリを適切に冷却し、原子炉の安定状態を維持していくため、注水冷却を継続し、温度等のパラメータを継続監視するとともに、保守管理等による信頼性の維持・向上を図る。また、使用済燃料プールに貯蔵している使用済燃料についても、適切に冷却を継続していくため、循環冷却を継続していく。加えて、将来の燃料デブリ取り出しに向け、原子炉格納容器を止水するまでに、原子炉注水冷却ラインの小循環ループ化（格納容器循環冷却）の構築を検討する（図7）。

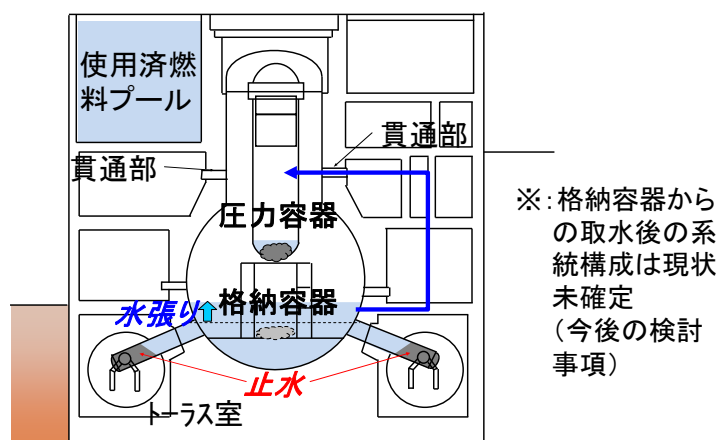


図7 原子炉冷却ラインの小循環（格納容器循環冷却）イメージ図

① 原子炉压力容器及び原子炉格納容器の冷温停止状態の継続監視

<基本方針>

原子炉压力容器の温度について、1号機・3号機は、保安規定の監視対象としている既設の温度計が概ね健全であることを確認しており、これらを用いた温度監視を継続している。2号機は、保安規定の監視対象としている既設温度計が、故障によって、現在1個しか機能していないことから、交換可能な

温度計 1 個を追加設置し、温度を監視している。温度監視が可能な箇所を選定し、各号機の温度監視のバックアップが保たれるようにする。

1 号機・2 号機の原子炉格納容器内の温度については、格納容器内部調査の際に、1 号機では常設監視計器（温度計・水位計）を設置し、監視を継続している。2 号機についても、今後、常設監視計器を設置する。3 号機については、線量が高いため作業環境改善を図った上で、今後、格納容器内部調査を行うとともに常設監視計器を設置する。

各号機の温度の継続監視に加えて、燃料デブリの臨界の兆候を監視するため、1～3 号機とも、格納容器ガス管理システムを用いて、放射性気体（キセノン 135）の濃度を確認している。仮に臨界の兆候が見られた際には、原子炉圧力容器・格納容器に五ホウ酸ナトリウム溶液を注入することとしている。これらの緊急時の対応方法を整えつつ、今後も、冷温停止状態の連続監視を行う。

<具体的計画>

原子炉圧力容器内温度計について、既設温度計の故障に備えて追加温度計を設置できるように、1 号機は追加の温度計設置に向け、2013 年度中期を目途に、配管改造工法（切断・接続方法）についてモックアップ試験を行い、工法を確立する。3 号機は、2014 年 3 月を目途に除染・遮へいによる環境改善を実施後、現場調査（線量調査・寸法測定等）を行い、追加温度計の設置に使用できる配管の候補系統を具体化する。2 号機は、原子炉内調査の早期実施に合わせ追加の温度計設置が望ましいことから、2013 年 9 月を目標に、TIP¹²案内管 への内視鏡・温度計の挿入による温度計設置（原子炉内調査を含む）を目指す。

また、原子炉格納容器内温度計について、3 号機は 2013 年度末までに原子炉建屋の作業環境改善を行った上で、常設監視計器を設置する。2 号機は、原子炉格納容器下部を含め更なる調査に資する温度計設置を試みており、継続

¹² TIP (Traversing Incore Probe System) : 移動式炉内計装計 (炉内の上下方向の中性子の分布を測定する装置)

して検討を行う。

② 水素爆発のリスク低減

1～3号機原子炉格納容器内で水の放射性分解により発生する可能性がある水素爆発を防止するため、原子炉圧力容器及び格納容器への窒素充填を継続している。窒素充填に当たっては、各号機の格納容器内の水素濃度が可燃限界濃度（4%）を上回らないように窒素封入量を監視するとともに、水素濃度を監視している。

これらの取組に加え、間欠的に水素濃度の上昇が確認された1号機について、サプレッションチェンバ上部に残留する事故初期の水素濃度の高い気体を窒素により置換する取組を実施し、水素に関するリスクの低減を図っている。2号機も、想定より若干大きい水素濃度の上昇が観測された実績があり、1号機同様、サプレッションチェンバ上部に事故初期の水素濃度の高い気体が残留している可能性も考えられることから、残留の有無を確認するため、サプレッションチェンバへの窒素の試験封入を実施している。3号機は、水素濃度の上昇は観測されておらず、サプレッションチェンバ内の閉空間は安定な状態と考えられることから、パラメータの推移を確認している。

今後もこれらの取組を継続し、水素爆発のリスク低減に努める。

③ 循環注水冷却設備の信頼性向上

<基本方針>

燃料デブリを継続して注水冷却するため、漏えい防止の対策を講じる必要がある。このため、循環注水ラインを信頼性の高い材質へ変更するとともに、複数のバックアップシステムを設置する。

配管にポリエチレン管を使用する場合には、経年劣化評価・火災対策の強化を確実に実施していく。

<具体的計画>

循環注水ラインの更なる信頼性向上のため、①炉注水ラインの縮小による注水喪失リスクの低減、②耐震性の向上、③タンク容量の増加等の観点から、2013年

6月までに、現在のバッファタンクから、より信頼性の高い復水貯蔵タンクに水源を変更する。さらに、配管のポリエチレン管化や屋外配管の簡易トレンチ設置、ポンプ起動や流動調整の遠隔操作化等を行い、耐震性、耐津波性の向上や被ばく低減対策を行う。

④ 循環ラインの縮小／小循環ループ化

<基本方針>

現状、循環注水ライン（大循環）（図8）により滞留水の処理及び注水を実施しており、循環注水ラインの信頼性向上を継続するとともに、燃料デブリ取り出し及び建屋内の滞留水処理の完了を見据え、建屋外での汚染水の漏えいリスクを低減するために、小循環ループの実現を図る。

<具体的計画>

建屋内の滞留水を、現在の汚染水処理設備を経由せずに原子炉へ注水する建屋内循環ループについて、建屋内の滞留水水質が改善される状況を踏まえつつ、2014年度末までのループ構築完了を目標に取り組む。

循環注水冷却は、タービン建屋を取水源としているため、建屋間止水、原子炉格納容器の止水や建屋内の滞留水処理等の動向を踏まえ、計画的に取水源を変更することが必要である。これらを考慮しつつ、最終的に原子炉注水ラインの小循環ループ化（格納容器循環冷却）を構築することについて検討していく（図9参照）。

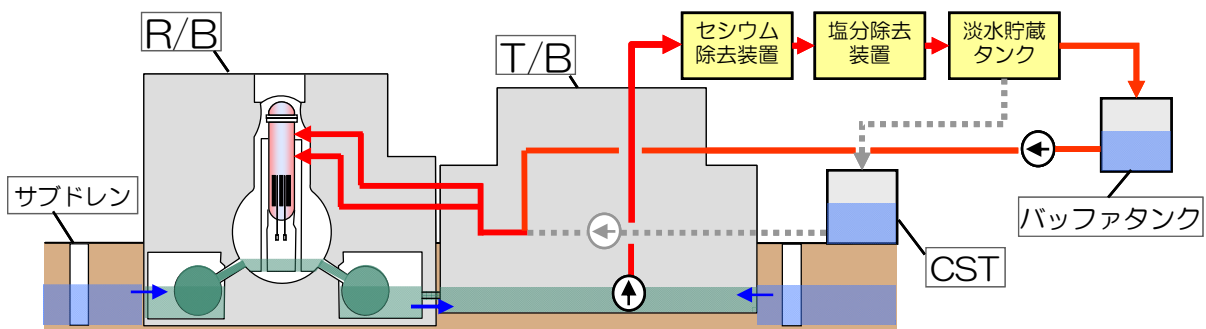
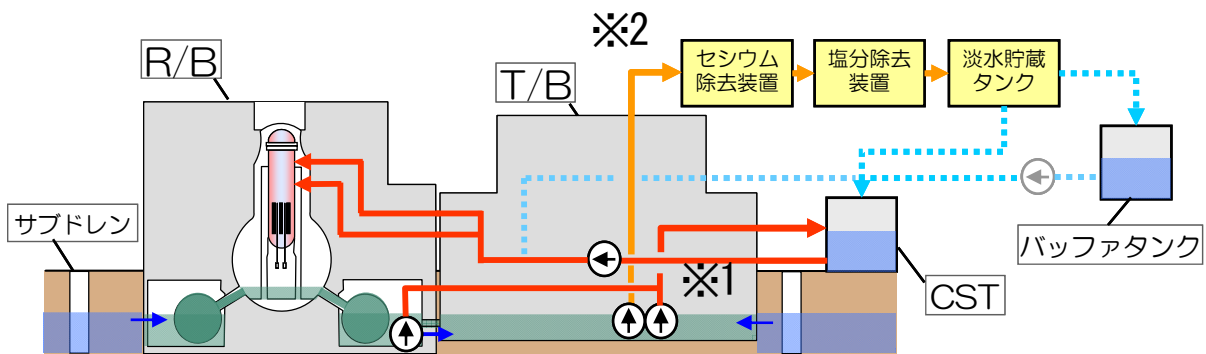


図8 循環注水ライン（大循環）イメージ図



※1 取水位置等については、水質動向等を踏まえて継続検討中であり、検討結果に応じた系統構成とする予定

※2 建屋への地下水流入分の移送を意図しているが、汚染水対策等の状況に応じた系統構成とする予定

図9 建屋内循環ループ イメージ図

【目標工程】

- 2014 年度下半期 建屋内循環ループの構築完了
- 2015 年度上半期 建屋内循環ループの開始
- 2016 年度中期～2017 年度中期 格納容器下部補修（止水）方法確定（HP CR-1）に向けた原子炉建屋及び格納容器下部からの取水設備設置完了
- 2018 年度中期 原子炉注水冷却ラインの小循環ループ化（格納容器循環冷却）の構築

⑤ 使用済燃料プールの循環冷却

＜基本方針＞

使用済燃料プールの循環冷却を継続することで、使用済燃料の健全性を確保する。また、使用済燃料プールの健全性に影響を与えうる、冷却水内の塩素イオン濃度は、2013年3月までに制限値（100ppm）以下の濃度まで低減することを実現しており、今後、設備の信頼性向上により循環冷却の維持を図るとともに、温度等のパラメータ監視、塩素イオン濃度の維持を図る。

＜具体的計画＞

使用済燃料プール循環冷却を継続し、温度等のパラメータを継続監視するとともに、計画的な保守点検を行うことで、信頼性の維持・向上を図る。さらに、設備の予備品の確保及び対応手順を継続して整備する。

所内電源系の停電事故に対する対策としては、2013年3月までに電源の多重化の工事を完了しており、今後、可搬式ディーゼル発電機（既存の可搬式ディーゼル発電機は共通設備として使用するが、使用済燃料プール用の可搬式のディーゼル発電機を追加する予定）の追加配備等の検討を進める。併せてコンクリートポンプ車を配備することで、使用済燃料プール冷却の多様化を図っており、この配置を継続する。

（2）汚染水処理計画

基本的な考え方として、汚染水の処理に当たっては、以下について必要な検討を行い、地元関係者の御理解を得ながら対策を実施することとし、汚染水の海への安易な放出は行わないものとする。（汚染水処理の全体像は図10を参照）

- A) 増水の原因となる原子炉建屋等への地下水の流入に対する抜本的な対策（地下水流入抑制対策）
- B) 水処理施設の除染能力の向上確保や故障時の代替施設も含めた安定的稼働の確保方策（水処理システムの強化）
- C) 汚染水管理のための陸上施設等の更なる方策（タンク増設計画）

なお、海洋への放出は、関係省庁の了解なくしては行わないものとする。

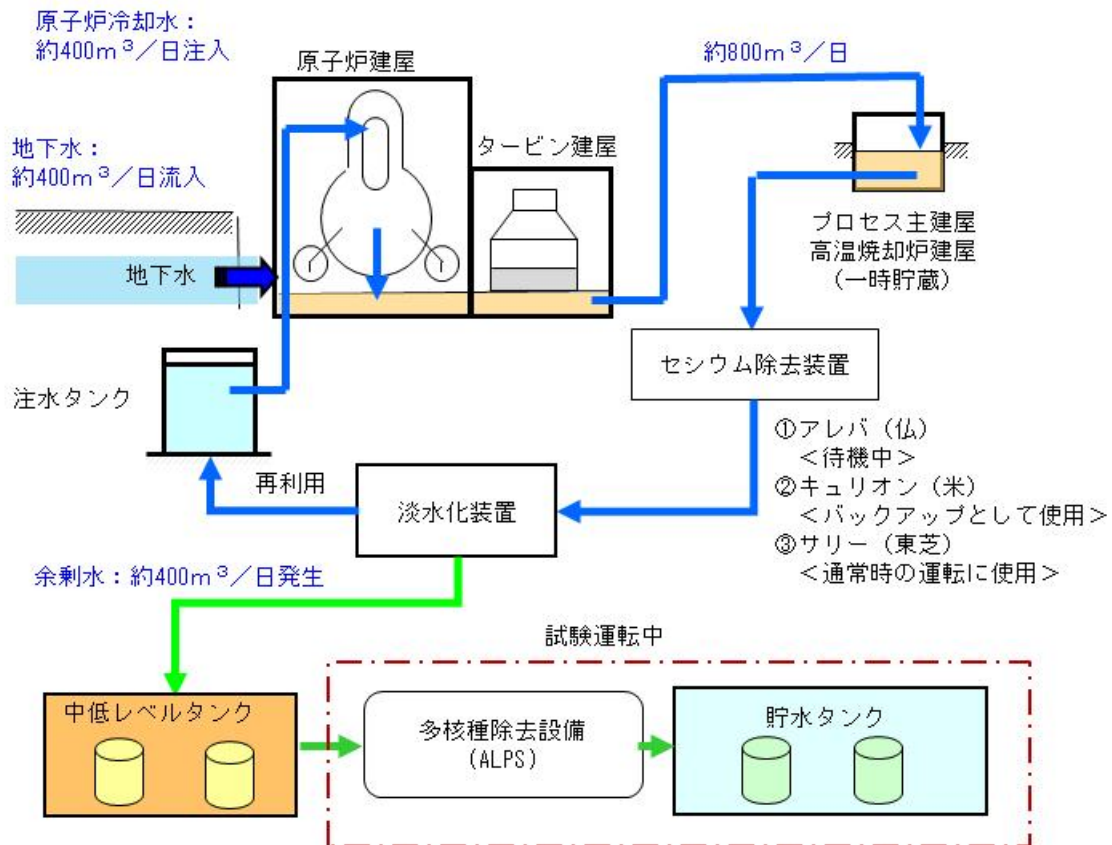


図10 汚染水処理の全体像

① 地下水の流入抑制策

地下水の流入抑制のためには、取り組んでいる対策が十分に機能しないリスクに備えた重層的対策を講じ、信頼性の高い全体計画とすることが必要である。このため、これまでに取り組んできた地下水バイパス、サブドレンによる水位管理等に加えて、プラント全体を取り囲む陸側遮水壁を設置する。陸側遮水壁の施工方式は、遮水効果と施工性に優れる凍土方式として、早期の建設・運用を目指す。

(a) 地下水バイパス

<基本方針>

山側から海側に対して流れている地下水を、建屋の上流で揚水し、地下水の流路を変更し、建屋周辺の地下水位を低下させ、建屋内への地下水の

流入を抑制する地下水バイパスについて、準備を進めていく。その際、建屋内の汚染水の外部への流出を防ぐために、建屋周辺の地下水位の低下状況を評価しながら、段階的に揚水量を引き上げていく。

<具体的計画>

地下水バイパスについて、現在、くみ上げた地下水の水質確認を進めており、稼働開始に向けて関係者の御理解を得るための取組を進めてきている。稼働後は、水質確認を継続的に行うことを前提として、建屋周辺の地下水位を把握し、建屋内の汚染水位との水位差を保ちながら、徐々に揚水量を増やしていく計画である。東京電力は、この対応策により、フル稼働時には、建屋への流入量を約 400 立米/日から、約 300 立米/日まで抑制することを目指すとしている。

(b) サブドレンによる水位管理

<基本方針>

サブドレンは、建屋底部への地下水の流入の防止や、建屋に働く浮力の防止を目的として、ポンプにより地下水をくみ上げ、地下水位のバランスを取るために建屋近傍に設置されているものである。東日本大震災前には、1号機から4号機のサブドレンにおいて約850立米/日の揚水を行っていた。今後は、東日本大震災の津波等の影響によって稼働することができなくなった井戸（サブドレンピット）の復旧作業を行っていくとともに、新たな井戸の掘削、サブドレンの浄化設備の設置を進めていく。建屋周囲の地下水位をより直接的に管理することが可能であり、サブドレンを復旧させて、建屋周辺の地下水をくみ上げることにより、建屋内への地下水の流入を抑制する。

<具体的計画>

この対応策により、建屋周囲の地下水位をコントロールしながら低下させることが可能となり、地下水の流入量が相当程度抑制されると考えられる。事故後に稼働できなくなった設備を復旧するという既存設備の活用で

あることに加え、新規に設置するものと併せ、建屋周辺の地下水位を効果的に管理できる唯一の方法であるなど、効果的な地下水の流入抑制策と考えられる。

しかしながら、周辺工事と干渉するサブドレンピットや、ガレキが混入しているサブドレンピットがあるため、短期間で全てのサブドレン設備を復旧することは困難である。

また、サブドレンピットには、事故により大気中に放出された放射性物質が降雨等を媒体として混入しており、建屋内に滞留している汚染水（以下「建屋滞留水」という。）に比べて濃度は低いものの、放射性物質が検出されているため、サブドレンピット内部の浄化試験を行っている。しかしながら、建屋滞留水漏えい防止の観点から、ピット内の水位が建屋滞留水の水位を下回らないように管理する必要があったため、ピット内部の十分な浄化は困難であるという結論に至った。

以上を踏まえ、2012 年度には、サブドレン浄化・復旧方法の検討、ピット内の浮遊物質除去及び新設ピット試験掘削を実施した。また、2013 年度以降は、サブドレンピットの新設、サブドレン浄化設備の設置を含めたサブドレン設備の復旧工事を実施していく。2014 年度半ばには、サブドレン設備を稼働させ、建屋周辺の地下水位と建屋滞留水の水位の差を減少させ、建屋への地下水流入量低減を図る予定である。

【目標工程】

2013 年度～	サブドレンピットの新設、サブドレン浄化設備の設置を含めたサブドレンの復旧工事
2014 年度半ば	サブドレンの稼働を目指す

(c) 陸側遮水壁の設置

<基本方針>

陸側遮水壁は、1 号機～4 号機の汚染水が滞留している建屋を囲い込むように、遮水性の高い壁を設置するものである。これにより、山側を含めた外側から建屋に向かう地下水の流れを遮断し、建屋周辺の地下水位を

低下させることができ、建屋内への地下水の流入を抑制するものである。この陸側遮水壁を設置し、可能な限り早期の建設・運用を行う。また、地下水の流入抑制を効果的に行うために、地下水観測網の整備、遮水壁で囲い込む範囲の地下水位の管理等を実施するとともに、フェーシング（地面をアスファルト等で覆うことで、雨水の地下への浸透を防止するなど）等の検討を進める。汚染水処理対策委員会¹³で、凍土方式による施工が適切と判断されていることを踏まえ、今後、概念設計等を進めていく中で、技術的な課題の解決状況を検証していく。

凍土方式による陸側遮水壁により長期間建屋を囲い込む今回の取組は、世界に前例のないチャレンジングな取組であり、多くの技術的課題もあることから、事業者任せにするのではなく政府としても一歩前に出て、研究開発への支援やその他の制度措置を含めて検討し、その実現を支援する。その際、建屋周辺の地下水と建屋滞留水の水位のバランスを十分に制御することも重要な技術課題である。

<具体的計画>

汚染水処理対策委員会での検討の結果、陸側遮水壁の施工方式は、以下の理由から凍土方式とすることが適切であると判断されている。

- ・ 遮水能力が高く、地下水の流入抑制効果が高いこと
- ・ 施工期間の短さ、施工可能性の高さから、遮水壁を囲い込む範囲を狭くできること
- ・ このため、取り扱う地下水の総量が少なく、地下水位管理が比較的容易であること

国、東京電力、ゼネコン、プラントメーカー等からなる実務的なタスクフォースを汚染水処理対策委員会の下に設置し、凍土方式の陸側遮水壁の概念設計、施工計画の策定等の評価、進捗管理を行うことにより、速やかな陸側遮水壁の設置を図る。具体的には、2013年12月に技術的課題の解

¹³ 2013年4月に設置され、三回の開催の後、2013年5月30日に中間報告を行っている。

決状況を検証するとともに、2013 年度末までにフィージビリティ・スタディを実施し、その後準備が整い次第、速やかに建設工事着手、2015 年度上期を目途に運用開始する。

凍土方式による陸側遮水壁については、技術的課題が多く存在するため、今後取り組んでいく概念設計の中で、各種課題を検討し、2013 年 12 月に以下のような陸側遮水壁の技術的課題の解決状況を検証するとともに、実施工法の絞り込み、他工法との組み合わせなど実施に向けた最適方策の取りまとめを行う。(判断ポイント(HP IW-1))

- ① 水位管理方法の確立（リチャージ等の成立性・信頼性）
- ② 地下水の流入抑制効果の確認（シミュレーション等）
- ③ 施工性・効果の確認（試験施工、高流速下での施工等）
- ④ 津波対策を含めた凍土システムの長期的な信頼性の確保
- ⑤ 他プロジェクトとの干渉・波及を考慮し、かつ、特殊環境（高線量、地中埋設構造物の存在等）下での施工計画の策定
- ⑥ 高線量下かつ防護服着用を要する中での、必要な作業員の確保
- ⑦ 海水配管トレンチの建屋接続部止水方法 等

【目標工程】

2013 年 6 月～	概念設計、詳細設計、施工計画等の策定
2013 年上期	地下水観測網の拡充、早期の整備
2013 年 12 月	陸側遮水壁の施工性、効果、水位管理方法等の検証の実施 (HP IW-1)
2013 年度内	陸側遮水壁のフィージビリティ・スタディの実施
2015 年度上期	陸側遮水壁の運用開始

(d) 建屋の貫通部等の止水

<基本方針>

1号機から4号機の建屋には、合計で880箇所以上の外壁貫通部がある。このうち、地下水に水没し、かつ、外部とつながっている貫通部は建屋への地下水の流入経路となっている可能性が高く、この貫通部を地盤改良で

止水することにより地下水の流入抑制を期待できる。また、トールス室にグラウトを注入することで、貫通部等を止水できる可能性がある。これらの実施可能な止水対策を行うことにより、建屋への地下水の流入量を抑制する。

<具体的計画>

建屋の貫通部の止水について、これまでに3箇所を止水を実施しており、このうち、2箇所については、止水前の流入量を合計約56立米としている。東京電力は、この止水により、建屋への流入総量は減少していると考えている。2013年上半期までに流入経路の分析と止水対策の立案を進め、速やかに止水作業を開始する。

また、原子炉建屋等の周囲への流入抑制策が十分に機能しないリスクに備え、これまで検討を進めてきた地盤改良による建屋の貫通部の止水（特に、外部に面している貫通部の止水）に加えて、トールス室へのグラウト充填による止水について、その実現に向けた概念設計と施工計画の策定に至急着手する。

こうした貫通部等の止水策は、流入量が多い箇所での止水方法の確立、高線量下での作業員の被ばく対策等、技術的に非常に難易度が高いが、陸側遮水壁の設置、サブドレンによる水位管理等の他の対応策が機能しない場合でも、建屋内への地下水の流入抑制の効果を期待できるものである。したがって、貫通部等の止水策は、対応可能なものから速やかに着手し、他の対応策の実現性が明らかになってくるまで継続的に実施していく。

【目標工程】

<建屋貫通部の止水>

2013年上半期 建屋貫通部の止水に関する分析・立案を進め、対応可能な箇所からの止水作業を開始

※他の対応策の実現性が明らかとなってくるまで継続的に止水を実施

<トールラス室へのグラウト充填による止水>

2013 年上期	フィージビリティ・スタディの開始
2014 年度内	フィージビリティ・スタディの結果を踏まえ、施工計画の策定を目指す
2017 年度	止水の完了を目指す

② 海水配管トレンチ内の汚染水の除去

<基本方針>

2号機から4号機の海水配管トレンチ（図11）には、高濃度の汚染水が滞留している。早期に海水配管トレンチ内の汚染水を処理するため、まず、汚染水の放射性物質の濃度を再計測し、建屋接続部の止水方法、トレンチ内の汚染水の移送方法、トレンチ内の充填方法等について直ちに具体化するとともに、その濃度の低減を図るなどの環境改善措置を行う。また、この対策は、建屋を囲い込む形で陸側遮水壁を運用開始する前に、完了させることを目指す。

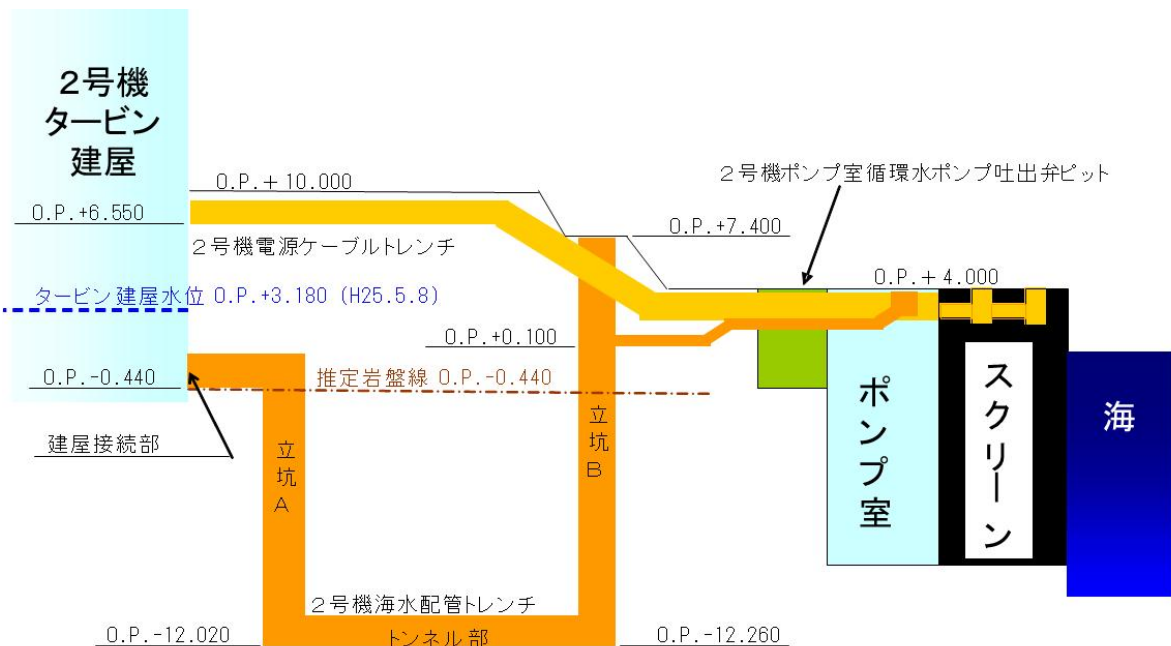


図11 海水配管トレンチの構造図

<具体的計画>

海水配管トレンチに滞留する高濃度の汚染水が、大量に海洋に流出する万

がーのリスクを未然に防止するため、2014 年度中の対策完了を目指し、凍結工法による建屋接続部の止水方法の成立性、海水配管トレンチ内の汚染水の移送方法、トレンチ部の充填方法について直ちに具体化するとともに、その濃度の低減を図るなどの環境改善措置を行う。なお、止水方法の成立性については、凍結時の配管等への影響評価、高線量下での作業員の被ばく低減策等の技術課題があることから、実証試験を実施し、2013 年 12 月までに評価する。

【目標工程】

2014 年度内 海水配管トレンチ内の汚染水の除去完了を目指す

③ 水処理システムの強化

＜基本方針＞

汚染水処理設備（多核種除去設備等）の処理水に含まれる放射性物質（トリチウムを除く）を、告示濃度限度を十分下回るように除去し、浄化した浄化水（以下「処理済み水」という。）と減容された廃棄物に分別し、汚染水処理設備の処理水貯蔵量を低減する。

＜具体的計画＞

多核種除去設備については、本計画に必要となる、廃棄物を移送・貯蔵する高性能容器（HIC¹⁴）について、追加の安全対策を実施したことにより、ホット試験を当初の目標の 2012 年 9 月から約半年遅れての 2013 年 3 月末より開始した。

今後、多核種除去設備の本格運転に向けて、ホット試験を確実に行うとともに、原子力規制委員会より示された本格運転に向けての要件の検討を行っていく。さらに、RO 濃縮水の量の早期低減に向けて、多核種除去設備の 3 系統運転についても検討していく。汚染水処理設備の信頼性向上として、処理水移送ラインの配管のポリエチレン管化工事、冷却水の移送ラインの短縮化

¹⁴ 高性能容器 (High Integrity Container)

等を実施する。

汚染水処理設備については、信頼性向上として、2012年度に、①セシウム吸着装置のポンプスキッドの追設工事、②滞留水移送装置の滞留水移送ライン、淡水化装置廻りの処理水移送ライン等の主要な配管のポリエチレン管化工事などを実施した。

2013年度上期までに、淡水化装置廻り等のポリエチレン管化を行うとともに、計画的に設備・機器の保全を行い、汚染水処理設備の信頼性を確保していく。

今後、更なる循環注水冷却システムの信頼性向上として、既存の汚染水処理設備を経由せずに建屋内の滞留水を原子炉へ注水する建屋内循環ループを2014年度下半期の運用開始を目標として検討を行う。

なお、トリチウムについては、今後、汚染水処理対策委員会にて、その処理対策について検討する。

【目標工程】

2013年度中頃 多核種除去設備の一部系統の本格稼働開始

④ タンク増設計画

＜基本方針＞

地下水の流入抑制策を取ったとしても一定程度増加する汚染水を十分に貯蔵できるよう、中長期で必要とされるタンク容量を見通して、増設計画を策定する。また、地下水流入抑制のための各対応策が機能しない場合に対応できるよう、対応策の進捗を見定めつつ、柔軟に増設計画を見直し、運用していく。

＜具体的計画＞

地下水の流入抑制のための対応策（地下水バイパス、サブドレンによる水位管理、陸側遮水壁の設置等）を重層的に実施する場合、汚染水処理対策委員会による簡易な試算の結果では、必要となる汚染水の貯蔵容量は、2014年4月に約45万立米、2015年4月に約55万立米、2016年4月に約63万立米、

2021年1月に約80万立米となった後、横ばいとなる。

今後、貯蔵容量の増加が急遽必要となるリスクに備え、常に半年分の空き容量（約1万から7万立米）を確保していく。現在、2015年中頃に70万立米としているタンク容量を、2016年度中に80万立米に増設する計画の検討を進める。また、各対応策が機能しない場合に対応できるよう、対応策の進捗を見定めつつ、柔軟に増設計画を見直し、運用していく。

タンクの貯蔵容量の確保については、既設タンクのフランジ接合部の補修、溶接式タンクへの更新に加え、従来型のタンクで対応できない場合の方策（タンクの大型化等）についても実現可能性の評価を行う。

【目標工程】

2015年中頃 タンク容量を70万立米に増設

2016年度内 タンク容量を80万立米に増設（今後、具体的に検討）

⑤ 滞留水処理を完了させるまでの道筋

＜基本方針＞

第1期では、タービン建屋等の滞留水の水位が地下水位を上回らないように管理しつつ地下水位を下げていく方針で対応を実施している。特に、地下水の流入抑制策として、地下水バイパス、サブドレンによる水位管理、陸側遮水壁の設置を進めていく。

第2期（前）では、原子炉建屋に排水ポンプを設置し、原子炉建屋から汚染水を排出するとともに、必要に応じて、建屋周辺の地下水へのリチャージを行う等の地下水位管理の高度化により、地下水の流入量を抑制する。第2期（中）では、原子炉建屋とタービン建屋間の止水や原子炉格納容器の漏えい箇所での止水の実現状況を踏まえつつ、これに応じた循環ラインを構築する。また、第2期（後）では、原子炉格納容器の止水完了以降、原子炉建屋等の汚染水の水位、建屋周辺の地下水位を低下させ、建屋内の除染を行いながら滞留水処理を完了させる。

【目標工程】

2015 年上半期	原子炉建屋への排水ポンプの設置
2018 年内	格納容器の止水完了
2020 年内	建屋内の滞留水処理の完了

(3) 発電所全体の放射線量低減・汚染拡大防止に向けた計画

① 海洋汚染拡大防止

<基本方針>

港湾内の1～4号機取水路前の一部エリアにおいて、海水中の放射性物質濃度が線量限度等を定める告示（以下「告示」という。）に定める周辺監視区域外の濃度限度を下回らない状況にある。このため、海水中の放射性セシウムの除去を進めるとともに、除去が困難な放射性ストロンチウムについて除去技術の検討を進め、告示に定める濃度限度を下回ることを目指す（2015年度以降目途）。また、1、2号機タービン建屋東側の護岸付近の地下水において、放射性物質（トリチウム、ストロンチウム）が告示濃度限度を上回る高い濃度で検出されたことから、地下水を經由しての海洋汚染の拡大を防止する措置を早急に講じるとともに、汚染経路の調査を実施することとする。また、海洋汚染の拡大防止のための対策として着手している海側遮水壁の設置を進めるとともに、湾内の環境改善のために海底土砂に含まれる放射性物質の拡散防止を行う。

引き続き、地下水及び海水の放射性物質のモニタリングを強化することに加え、港湾内の魚類についてもモニタリングを継続するとともに、港湾外に移動しないための対策を講じる。

<具体的計画>

2013年度末までに、1～4号機取水路前面において、海水中の放射性セシウムの除去を目的とした繊維状吸着材浄化装置を設置し、その効果を検証する（図12）。

海水中の放射性セシウムや放射性ストロンチウムの除去方法やその効果については、専門家の協力を得て検討を行う。

汚染水が地下水に漏えいした場合の海洋汚染拡大防止を目的として着手している海側遮水壁の設置工事については、既に2012年4月に本格着工し、2014年度中期までに完成する計画である(図13)。港湾内の土砂について、港湾内の大型船航行に必要な水深を確保する浚渫において、その土砂を港湾内に集積して被覆等を行い、環境改善を目的として拡散防止を図る(2013年度下期～工事開始予定)。

1～4号機タービン建屋東側の護岸付近の地下水の放射性物質濃度上昇については、汚染経路の調査、地下水中の放射性物質の拡散評価等について専門家の協力を得て検討を進める。また、地下水、海水中のセシウム、ストロンチウム、トリチウム等の放射性物質のモニタリングを強化するとともに、告示濃度限度を超える放射性物質の海域への流出防止のため、護岸付近の地盤改良等の対策を実施し、海洋への汚染拡大の防止を図る。また、高濃度汚染水が滞留する海側トレンチに対する漏えい防止対策等を早急に具体化し、前倒ししての実施を図る。(2013年度～速やかに着手)特に、海水中におけるトリチウム濃度の上昇傾向が見られることから、可及的速やかに汚染水の海洋への漏えい拡大防止対策の実施・完了が必要。

また、港湾内の魚類についての定期的なモニタリング、刺し網の設置など港湾外に移動しないための対策を継続的に行う。

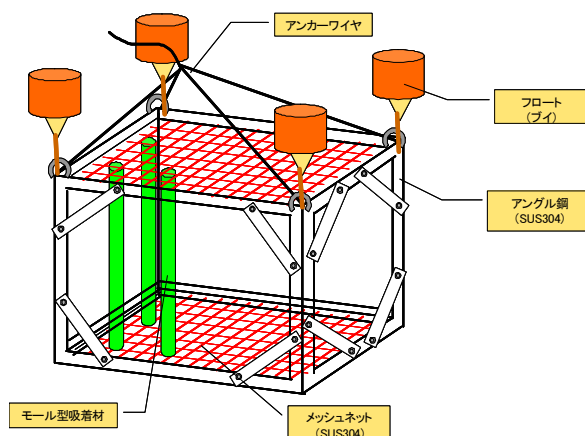


図12 繊維状吸着浄化装置 (概念図)

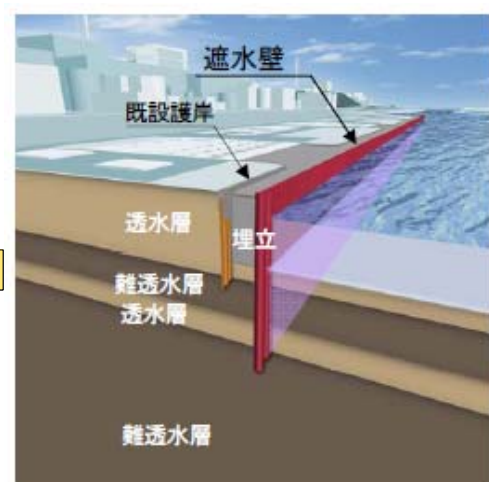


図13 海側遮水壁 (概念図)

② 廃棄物管理及び敷地境界の放射線量低減

<基本方針>

気体廃棄物については、告示に定める濃度限度を超えないよう厳重な放出管理を行うとともに、合理的な手法に基づき、できる限り濃度の低減を図ることを目標として管理していく。なお、液体廃棄物の海洋への放出は、関係省庁の了解なくしては行わないものとする。

敷地境界の放射線量低減については、発電所全体からの放射性物質の追加的放出及び敷地内に保管する事故後に発生したガレキ等や水処理二次廃棄物による放射線の影響を低減し、これらによる敷地境界での放射線量低減を図っていく。

<具体的計画>

(a) 気体廃棄物管理

気体状の放射性物質を内包する建屋等について、その気体の放出抑制、放出監視を行い、放出管理の精度向上を図っていく。具体的には、原子炉格納容器ガス管理設備により、環境中への放出量を抑制するとともに、排気設備出口や原子炉建屋、タービン建屋及び廃棄物処理建屋等の開口部においてダストモニタリングを継続する。

排気設備のない放出源である使用済セシウム吸着塔一時保管施設、貯留設備（タンク類、地下貯水槽）等については、基本的に気体として放出・拡散するものではないが、放射性物質の追加的放出が無いことをエリア周辺のモニタリングにより継続して確認していく。また、モニタリング方法の精度向上を図る（2013年度中）。

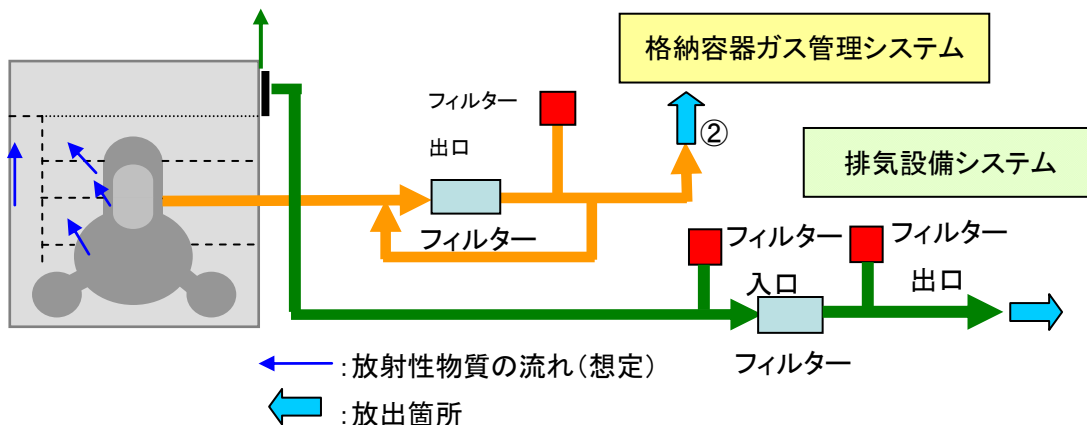
敷地境界付近での空気中放射性物質濃度については、告示に定める周辺監視区域外の空気中の濃度限度を下回っていることを引き続き確認していく（図14）。

1、2号機については、HP1-1、HP2-1として燃料取り出し方法を決定するものであるが、その過程で上記の対策を通じた気体廃棄物管理を行う。3、4号機については、使用済燃料プールからの燃料取り出し時の放射性物質の飛散抑制のため、作業エリアを被うカバーを設置し、換気設備を設置してい

く（3号機：2015年度上半期取り出し開始予定、4号機：2013年11月取り出し開始予定）。

【目標工程】

2013年度	排気設備出口や原子炉建屋、タービン建屋及び廃棄物処理建屋等の開口部におけるダストモニタリングの継続
2013年度	建屋外からの風の影響を排除する等、モニタリング方法の改善
2013年度11月	4号機の使用済燃料プールからの燃料取り出しに併せて、作業エリアを覆うカバー、換気設備を設置
2015年度上半期	3号機の使用済燃料プールからの燃料取り出しに併せて、作業エリアを覆うカバー、換気設備を設置



①排気設備等からの放出量

排気設備フィルタ出口のダスト濃度に排気設備流量を乗じたものと、排気設備フィルタ入口のダスト濃度にブローアウトパネル等からの漏えい量を乗じたものを積算して放出量を算出。

②原子炉格納容器ガス管理設備からの放出量

ガス管理設備フィルタ出口のダスト濃度に設備流量を乗じて、放出量を算出。

図 14 モニタリングの概要（2号機原子炉建屋の例）

(b) 液体廃棄物管理

滞留水等の液体廃棄物については、貯蔵又は水処理施設による放射性物質の浄化を実施している。浄化に伴う処理水は、タンクに貯蔵するとともに、淡水化した上で再利用を行う等、今後も適切に管理していく。また、具体的な取組については、4-3.(2) 汚染水処理計画に記載のとおりである。

(c) 敷地境界の放射線量低減

発電所全体からの放射性物質の追加的放出及び敷地内に保管する事故後に発生したガレキ等や汚染水処理に伴い発生する水処理二次廃棄物からの放射線による敷地境界における実効線量を 2012 年度末において 1mSv/年未満とする目標を達成した。

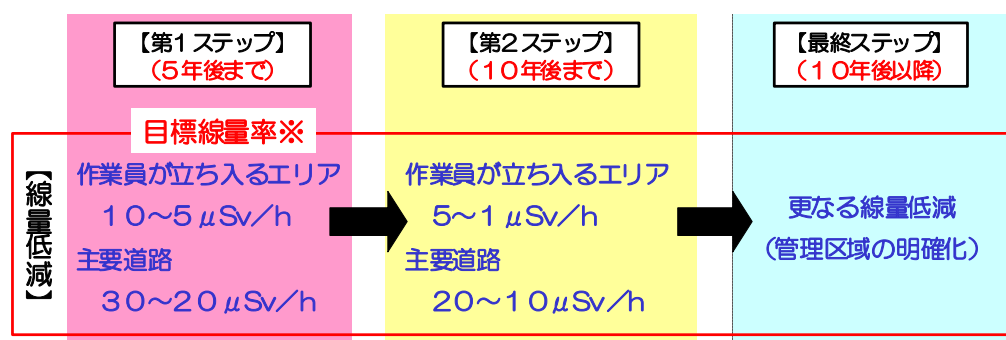
しかしながら、2013 年 4 月に発生した地下貯水槽からの水漏れ事象を受け、地下貯水槽に貯留している汚染水を敷地南エリア等の地上タンクに移送しているが、この貯留水の影響による敷地境界の線量を最大地点で 7.8mSv/年と評価しており、目標値を超えることから、多核種除去設備等を用いた汚染水の浄化により、可能な限り速やかに線量低減を図ることとする。

今後、基本方針に基づき、放射性物質の保管、管理を継続することにより、敷地周辺の線量をできる限り低減する。加えて、陸域、海域において、引き続きモニタリングを実施する。

③ 敷地内除染

<基本方針>

敷地内の除染については、東京電力が策定した「中長期実施方針」に基づき、作業員の立ち入りが多い箇所を優先し、対象箇所を選定後、目標線量率を設定し、具体的な計画を立てて段階的に進めていく。目標線量率は段階的に下げ、最終的には事故前の状態に近づけていくことを目指す（図 15）。



※「主要道路」の目標線量率は、車両による通過のための、「作業員が立ち入るエリア」とは別に設定する。

図 15 敷地内除染の中長期実施方針

<具体的計画>

これまで、免震重要棟周辺、正門周辺、入退域管理建屋建設エリアの線量低減を実施してきたが、2013年度、2014年度は、厚生棟・企業棟周辺や5、6号機周辺（目標線量率10~5 μSv/h）、主要道路（目標線量率30~20 μSv/h）の除染を実施する。2015年度以降については、現場状況を勘案して実施箇所を追加していく（図16）。第2期以降は、敷地外の環境中の放射線量を踏まえつつ、敷地内全体の除染を継続し、最終的には事故前の状態に近づける。

【目標工程】

2013年度	厚生棟・企業棟周辺、主要道路の除染
2013年度末	構外飛散ガレキの調査
2014年度	厚生棟・企業棟周辺、5、6号機周辺、主要道路の除染

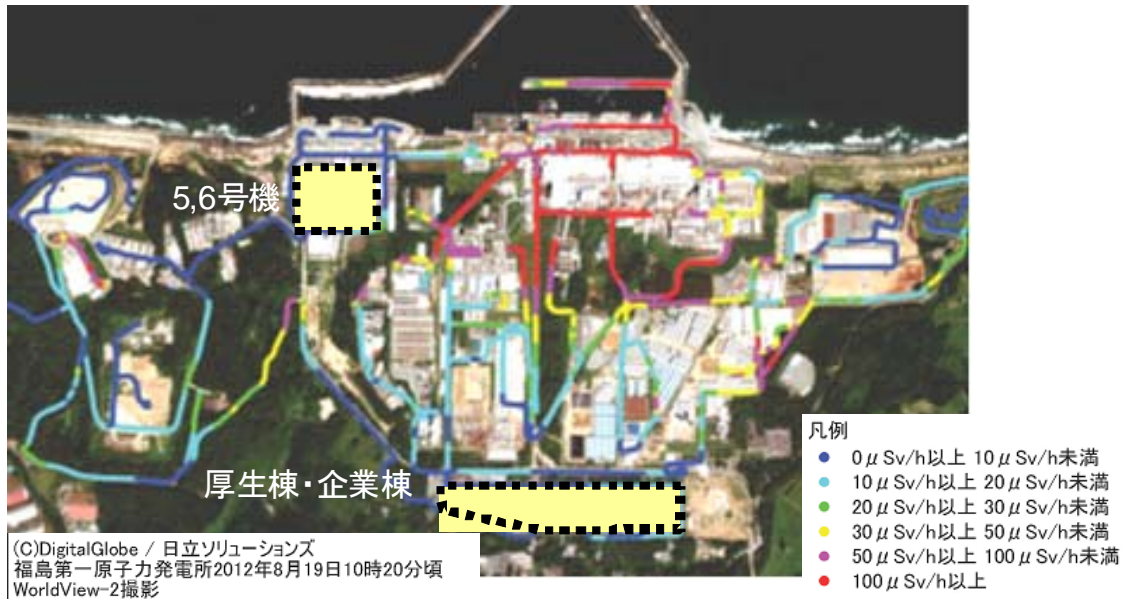


図16 敷地内除染実施予定エリア（2013、2014年度計画）

（4）固体廃棄物¹⁵の保管管理と処理・処分に向けた計画

＜基本方針＞

①保管管理

固体廃棄物の保管管理を行う上では、敷地内の有効利用、管理のしやすさ、処理・処分の負荷を低減する観点等から、発生量をできるだけ少なくすることが重要である。そのため、敷地内へ持ち込む梱包材や資機材等の持込抑制を最優先とし、「持込抑制＞発生最小化¹⁶＞再使用（リユース）＞リサイクル」という優先順位に従った発生量低減対策により継続的に廃棄物発生量の低減を図っていく。

それでもなお発生する廃棄物に対しては、廃止措置に向けた取組を円滑に進めるため、一時保管エリアを確保し、安全を最優先としながら保管対策を継続する。さらに、適切な遮へい及び飛散抑制対策を施した恒久的な

¹⁵事故後に発生したガレキ等には、後述のとおり、敷地内での再利用等により廃棄物あるいは放射性廃棄物とされない可能性があるものもあるが、これら及び事故以前から福島第一原子力発電所に保管されていた放射性固体廃棄物を含めて、以下「固体廃棄物」という。

¹⁶ 持ち込んだ物品の汚染管理や分別を適切に行うことにより、最終的に廃棄物となる物量をできるだけ少なくする考え方

保管施設を計画的に導入し保管の適正化を図っていく。

発生量低減対策と保管対策は、保管管理計画として集約し、作業の進捗状況に応じて定期的に更新、具体化を図っていく。

②処理・処分

事故後に発生した固体廃棄物は、破損した燃料に由来した放射性物質等の付着、塩分の含有等、従来の原子力発電所で発生していた廃棄物と特徴が異なるため、将来的な処理・処分に向けては、技術的課題を有する。

固体廃棄物の性状把握や廃止措置作業の進展に伴い、必要な情報が十分に蓄積されると期待される 2021 年度頃を目処に、研究開発により、処理・処分の安全性に関する技術的見通しを得る。また、それと並行して制度的措置に必要な検討を行い、処理・処分に関する安全規制や技術基準を明確にする必要がある。これらの制度的な検討の結果を踏まえ、発電所内に処理設備を設置し、処分場に搬出する廃棄体¹⁷の製造に着手する。

また、研究開発に当たっては、現段階では固体廃棄物の処理方法や処分概念について幅広く検討・評価を行い、固体廃棄物の性状把握や廃止措置作業の進展等に伴う知見の蓄積に応じて処理・処分技術を絞り込んでいくこととする。また、今回の事故により発生した固体廃棄物の中には国内で処理・処分を行った実績がほとんどないものも含まれるため、広く国内外の関係する産業界、研究機関、学会や大学の協力を得ながら検討を進める。

廃棄物の性状把握に当たっては、現在、独立行政法人日本原子力研究開発機構（以下「JAEA」という。）東海研究開発センター等の既存施設において研究を進めているが、研究拠点の一つとして、2017 年度の運用開始を目指して整備する放射性物質分析・研究施設を最大限活用することにより研究開発の迅速化を図る必要がある。

¹⁷ 廃棄物を容器の中に詰めてセメントで固型化するなどして処分に適した形態としたもの

<具体的計画>

①保管管理

固体廃棄物の発生量低減対策は、各対策の内容と優先順位を踏まえて進める。持込抑制については、2013年度は車両整備場を新たに設置し、新規車両の持込抑制を図るとともに、梱包材や資機材等の持込抑制対策が発電所全体で機能する仕組みを検討する。再使用（リユース）やリサイクルについては、既に一部では工事に用いた重機類や資機材等の他の工事への転用等を進めているが、2013年度は更に再使用やリサイクルが進む環境の整備等について検討する。減容処理については、2014年度に焼却炉を設置し、使用済保護衣等の焼却可能なものの処理を開始する。この過程で発生する焼却灰はドラム缶に詰めて密閉し、固体廃棄物貯蔵庫などの遮へい機能を有する設備に保管する。

保管対策としては、作業員の被ばくや敷地境界線量の低減を念頭に、引き続き、線量率の高い固体廃棄物は、既存の固体廃棄物貯蔵庫や覆土式一時保管施設への保管、土嚢の設置等により遮へいを実施する。また、線量率が周辺環境に対し比較的高い伐採木（枝葉根）は、伐採木一時保管槽に保管していく。また、より適正な保管を行うため、至近では、ドラム缶を23,000本以上保管できる規模の恒久的な保管施設について、2015年度の運用開始を目指し、2013年度から施設の基本設計に着手する。以後の恒久的な保管施設等については、廃棄物の保管状況や発生予測を踏まえて2013年度から概念検討に着手する。

また、水処理二次廃棄物の保管については、発熱、ガス発生、容器の腐食など基礎研究の成果に基づく対策が必要となるため、2013年度末に初期に導入した保管容器の長期的健全性について評価し、必要に応じて2014年度末に設備更新に関する方針を取りまとめる。

【目標工程】

2013年度 車両整備場の設置、発電所全体での持ち込み抑制対策・再使用・リサイクルの検討、恒久的な保管施設等の概念検討着手、初期に導入した水処理二次廃棄物保管容器の長期健全性評価

2014 年度 使用済保護衣等の焼却処理開始、水処理二次廃棄物の設備更新に関する方針策定

2015 年度 ドラム缶 23,000 本以上が保管できる恒久的な保管施設の設置

②処理・処分

水処理二次廃棄物の長期的な保管や、その他全ての固体廃棄物の処理・処分のためにはその性状把握（含有する放射性核種、化学組成・物理性状の把握）が必要不可欠である。2013 年度は、引き続き、ガレキや水処理二次廃棄物等の固体廃棄物の性状把握、難測定核種等の分析手法の開発、データベースの構築等を進めるとともに、安全な処理・処分に向けた技術的な見通しの検討に必要な処理・処分概念、安全評価等に関する文献情報の収集・整理を実施する。また、廃棄物の処分を進める上では、放射能レベルが高く、長半減期の α 核種等を含む燃料デブリについて技術的な見通しを得ることが重要であると考えられるため、燃料デブリの処分に向けた予備的な検討に 2013 年度から着手する。

廃棄物の性状把握等を継続して行い、廃棄物毎の核種組成や汚染レベルに関する特徴がある程度推定できるようになると思われる 2016 年度末を目標に、幅広く抽出した処理・処分技術の適用性に関する検討を行うとともに、難測定核種等の分析手法やインベントリ評価技術の開発を行う。ただし、この時点においても廃棄物の性状等に関するデータは限定的であるので、以降も性状把握等を継続する。

2016 年度末までに得られた情報を踏まえ、2017 年度は「廃棄物の処理・処分に関する基本的な考え方」をとりまとめ、制度的な検討を開始するための HP とする。

2017 年度以降も、新たに整備する放射性物質分析・研究施設を活用し、固体廃棄物の性状把握、開発技術を活用した分析データの蓄積、インベントリ評価の精度向上を図る。

2021 年度頃までを目途に処理・処分における安全性に関する技術的な見通しを得ることと並行して、制度的措置に関する必要な検討を行い、併せ

て処理・処分に関する技術基準の整備や安全規制上の対応を行う必要がある。

これを踏まえ、2021 年度頃以降において発電所内に処理設備を設置し、廃棄体の製造に着手することとする。

【目標工程】

2013 年度 廃棄体化技術調査の取りまとめ、データベース試運用開始

2014 年度 既存処分概念調査・既存安全評価手法調査の取りまとめ

2015 年度 廃棄体化技術基礎試験の取りまとめ

【判断ポイント】

固体廃棄物の保管管理と処理・処分に向けた計画における HP と、その考え方を整理すると、以下のとおりとなる。

HP SW-1：固体廃棄物の処理・処分に関する基本的な考え方の取りまとめ（2017 年度）

固体廃棄物の処理・処分に関する安全規制などの制度化に向けた検討の着手に資するため、基本的な考え方を取りまとめた報告書を作成する。なお、報告書には処分の安全性の観点から見た燃料デブリの処理の必要性についての評価を含める。

HP SW-2：固体廃棄物の処理・処分における安全性の見直し確認（2021 年度）

固体廃棄物の処理・処分に関して、技術的な成立性を踏まえた安全性の見直しを確認する。また、処理・処分に関する安全規制の枠組みを作るために必要な情報を整理する。なお、燃料デブリ取り出し等の廃止措置作業により性状が異なる廃棄物が発生する可能性があるため、必要に応じて研究開発を継続し、処理・処分の安全性の向上を図る。

HP SW-3：廃棄体仕様・製造方法の確定（第3期）

廃棄物の処理・処分に関する研究開発の結果を踏まえ、必要に応じて制度化を図り、処理・処分において必要な条件（廃棄体の仕様、処分場に必要立地要件、処分場の設計要件）を明らかにする必要がある。上記条件に基づき、最終的な廃棄体の仕様や製造方法を確定する。

HP SW-4：廃棄体製造設備の設置及び処分の見通し（第3期）

廃棄体を製造する製造設備の設置を完了し、処分の見通しを得た上で、廃棄体の製造を開始し、搬出する。

（5）原子炉施設の廃止措置計画

＜基本方針＞

福島第一原子力発電所1～4号機の燃料デブリ取り出し後の施設の解体など原子炉施設の廃止措置は、通常の原子炉施設と大きく異なるものとなることから、廃止措置が合理的に実施されるよう、あらかじめ様々なケースを想定した廃止措置に係るシナリオ（以下「廃止措置シナリオ」という。）の検討・策定を行い、使用済燃料プール内の燃料取り出し、建屋地下の滞留水処理及び炉心からの燃料デブリ取り出しが終了した後に、原子炉施設の廃止措置計画を策定する。

廃止措置シナリオは、想定される廃棄物の種類と量、環境への影響、作業員の被ばく、適用される工法や工程、更に廃棄物の処分の見通し等を踏まえた上で、策定する。

廃止措置シナリオの策定に向けては、建屋除染、原子炉圧力容器／原子炉格納容器の調査、建屋間止水、燃料デブリの取り出し作業等によって得られる建屋や機器の汚染状況、原子炉圧力容器／原子炉格納容器内の燃料デブリの残存量など、必要なデータの蓄積を図るとともに、遠隔解体技術、コンクリート・金属の除染、減容技術等の廃止措置技術の検討を実施していく。

＜具体的計画＞

事故の影響により残存設備の利用範囲や発生する廃棄物の種類や量が、通常

の原子力施設の廃止措置と異なることから、最終的な形態を念頭に置いた廃止措置の安全確保の考え方については、広く国内外の事例を参考に整理し、合理的な廃止措置シナリオを検討・立案する。併せて、立案したシナリオを念頭に置いた安全規制上の対応のあり方と、今後必要となる制度化に向けた道筋についても論点を整理する。

廃止措置シナリオの検討に当たっては、学協会と共同し、国内有識者からなる検討会によるレビューを行う。

さらに、原子炉施設の廃止措置の着手に先立って、廃棄物を処分するための技術的な基準の整備や、処分の見通しを得ることも念頭に入れる。

【目標工程】

- | | |
|----------|--|
| 2013 年度 | 国内外における廃止措置情報及び廃止措置に係る安全条件を収集・整理 |
| 2014 年度 | 廃止措置シナリオの検討・立案
遠隔解体技術、コンクリート・金属の除染、減容技術等の廃止措置技術の検討に着手 |
| 2015 年度 | 複数の廃止シナリオを立案し、IAEA や経済協力開発機構／原子力機関（OECD/NEA）などの国際専門機関や海外の廃止措置実施主体からも幅広いレビューを受けることで国際標準に照らしても妥当なシナリオを確立 |
| 2015 年度～ | 国内関係機関による議論を経て廃止措置シナリオに対するコンセンサスを得る。目標時期としては、廃止措置シナリオや廃棄物量に影響を及ぼす可能性がある原子炉建屋コンテナ等の設計に反映が可能な 2018 年頃までを目指す。 |

30～40 年後の廃止措置終了を目標とし、以下の判断ポイントを設定して進めて行く。その際、炉心に燃料デブリの無い 4 号機から廃止措置を開始することを念頭に、現場の状況等に合わせ、廃止措置シナリオを順次改訂・絞り込みを行っていく。

【判断ポイント】

HP ND-1：廃止措置シナリオの立案（2015年度）

実現可能で合理的な廃止措置シナリオを複数立案し、海外レビューを経た上で2015年度中を目途に複数のオプションを提示。ここで、1～3号機の燃料デブリ取り出しに関連した原子炉格納容器の止水方法や原子炉建屋コンテナなどの大型構築物の選択が廃止措置シナリオを大きく影響することも念頭に入れる。

HP ND-2：除染・機器解体工法の確定（第3期）

通常の原子力施設と比較し、廃棄物の種類や量が異なることが予想されるため、放射性物質の種類に応じた除染・機器解体など、必要な廃止措置技術の研究開発を取りまとめ、その成果に基づき必要な機器・設備の設計・製造に着手する。

HP ND-3：廃棄物処分の見通し・必要な研究開発の終了（第3期）

廃棄物の処分の見通しが得られていることを確認した上で、廃止措置工事に着手する。

5. 作業円滑化のための体制及び環境整備

第1期以降も、線量の高い環境下での多くの作業が想定される。このような中、これまで同様、協力企業との協力体制を維持しつつ、法定被ばく線量限度（100mSv/5年、50mSv/年）を確実に遵守することで作業員の安全を確保しながら、長期にわたって要員を確保していく必要がある。

5-1. 中長期の取組に向けた東京電力の実施体制

中長期的に作業を円滑に進めるため、東京電力は、2012年2月に、①「福島第一対策プロジェクトチーム」を本店に設置し、中長期の取組を着実に推進していくための専任の体制を構築するとともに、②「原子力保健安全センター」を本店に設置し、社内外の作業員に対して、健康相談や被ばく線量に応じた検診を行う等、作業員の健康や被ばく線量について一元管理を行うこととした。また、東京電力は、③現場の設備リスク対策を迅速に検討・実施するため、2013年4月に、社長を本部長とする「福島第一信頼度向上緊急対策本部」を設置し、電源設備、使用済燃料プール冷却設備、滞留水保管設備のトラブル事象の発生を踏まえ、安定化維持・強化のための設備・運営管理の信頼度向上対策を迅速に実施していくこととした。東京電力は、これまでと同様に元請企業約30社を中核とする協力企業約800社と、現場における作業の安全性の向上等の実施体制の強化に取り組んでいく。

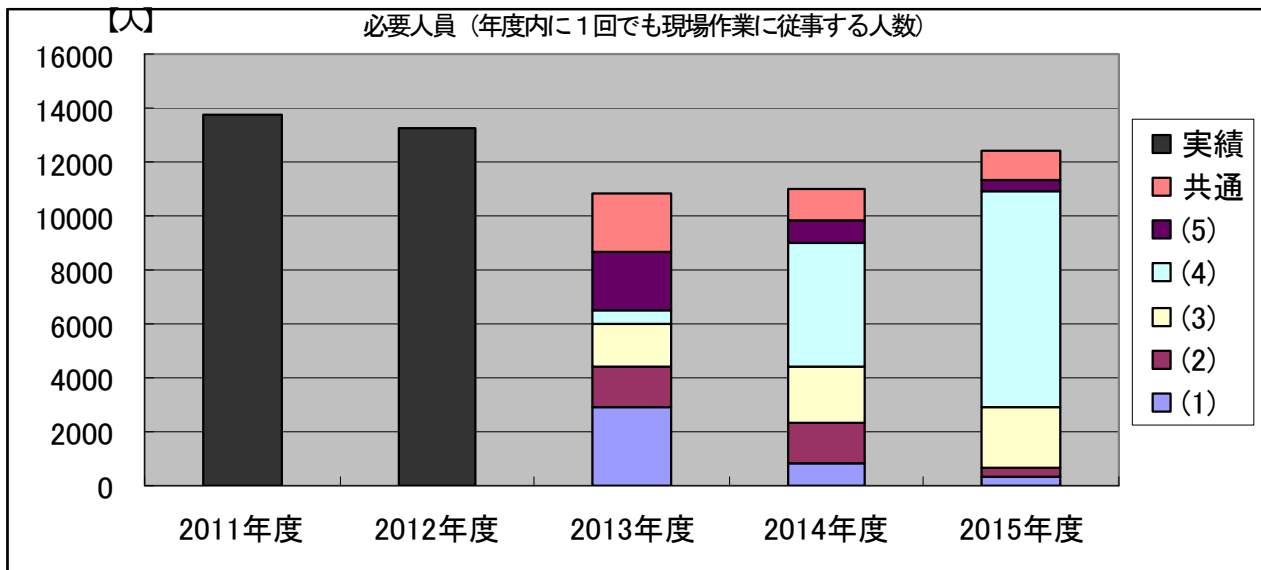
5-2. 中長期の取組に向けた要員計画

(1) 必要作業員数の見通し

今後3年間に計画している作業に対して必要となる人員数について、東京電力において推計を行ったところ、各年度の要員数はこれまでと同規模の見通しとなることが確認された。中長期ロードマップに記載されている計画毎に、想定される必要作業員数を（図17）に示す。

また、中長期的には、これまでの作業と異なる、高線量の原子炉建屋内の作業や燃料デブリの取り出しなどの作業もあり、今後機器・装置の技術開発を行った上で作業工程を検討するものが多いことから、必要作業員数の見通しについては、

ロードマップを改訂する度に見直しを実施することとする。



(1)プラントの安定状態維持・継続に向けた計画

（原子炉冷温停止状態の維持・監視等）

(2)発電所全体の放射線量低減・汚染拡大防止

に向けた計画

（遮水壁の構築等）

(3)使用済燃料プールからの燃料取り出し計画

（プール燃料取り出し等）

(4)燃料デブリ取り出し計画

（建屋内除染等）

(5)放射性固体廃棄物等の管理、処理・処分、原子炉施

設の廃止措置に向けた計画

(注) 本計画は現段階で想定可能な範囲で試算したものであり、今後、現場調査が進み新たな作業が必要となるなど状況に変化が生じた場合、必要作業員数に増減が生じる可能性がある。なお、汚染水処理対策委員会の提言内容については工事内容が具体化した段階で必要作業員数に反映する。

図 17 今後 3 年の必要作業員数

(2) 要員確保の見通し

①短期的見通し

短期的には、作業員数と従事者登録数の傾向、累積線量が一定以上の作業員の増加数と新規入域者数の傾向、協力企業への要員確保状況の確認の結果や、今後計画している作業の必要作業員数を踏まえると、現時点において必要となる作業員数の急激な増加は想定されないことから、必要人数は確保できる見通しである。

(a) 作業員数と従事者登録数の傾向

「1ヶ月間に1日でも従事者登録したことのある人数（約8,500人）※」が「1ヶ月間に1日でも作業に従事したことのある人数（約5,800人）※」を上回っており、ある程度の余裕のある範囲で放射線従事登録者が確保されていると考えられる（図18）。

※2012年7月から2013年4月の平均（2013年6月現在）

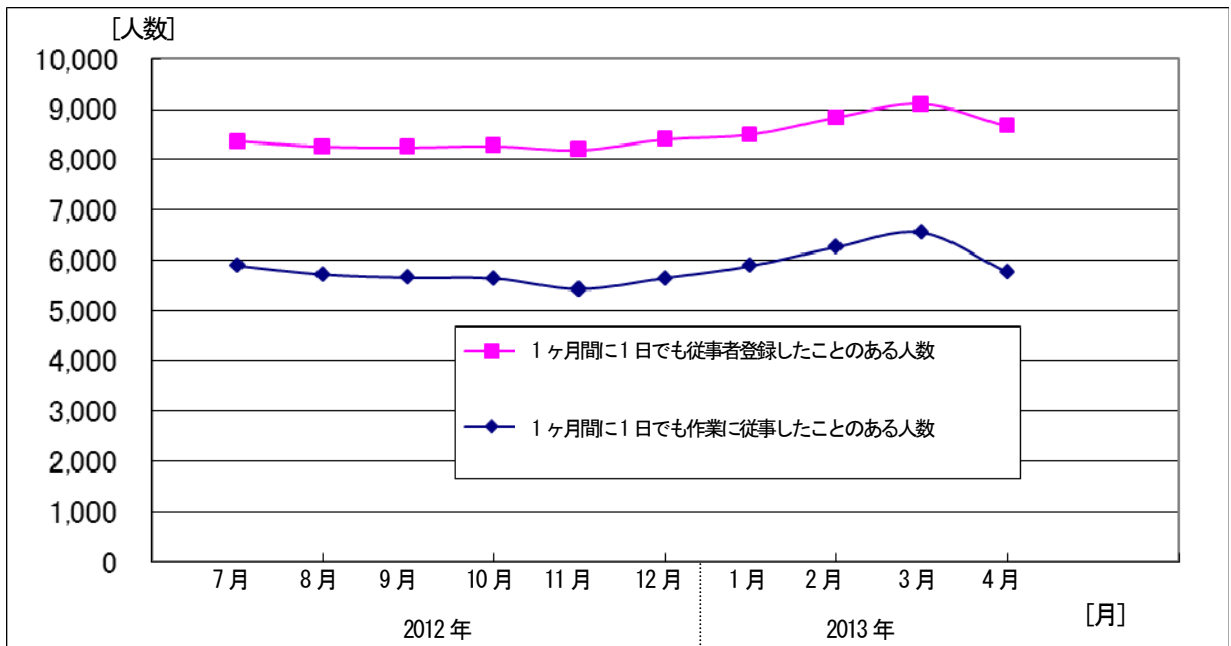


図18 作業員数と従事者登録数の比較

(b) 被ばく者数と新規入域者数の傾向

「20mSv以上被ばくした方の累積人数」の増加割合（約120人/月）※を「入域実績のある方の累積人数」の増加割合（約460人）※が上回っていることから、ある程度の線量で作業員の配置転換が行われてきていると考えられる（図19）。

※2012年7月から2013年4月の平均（2013年6月現在）

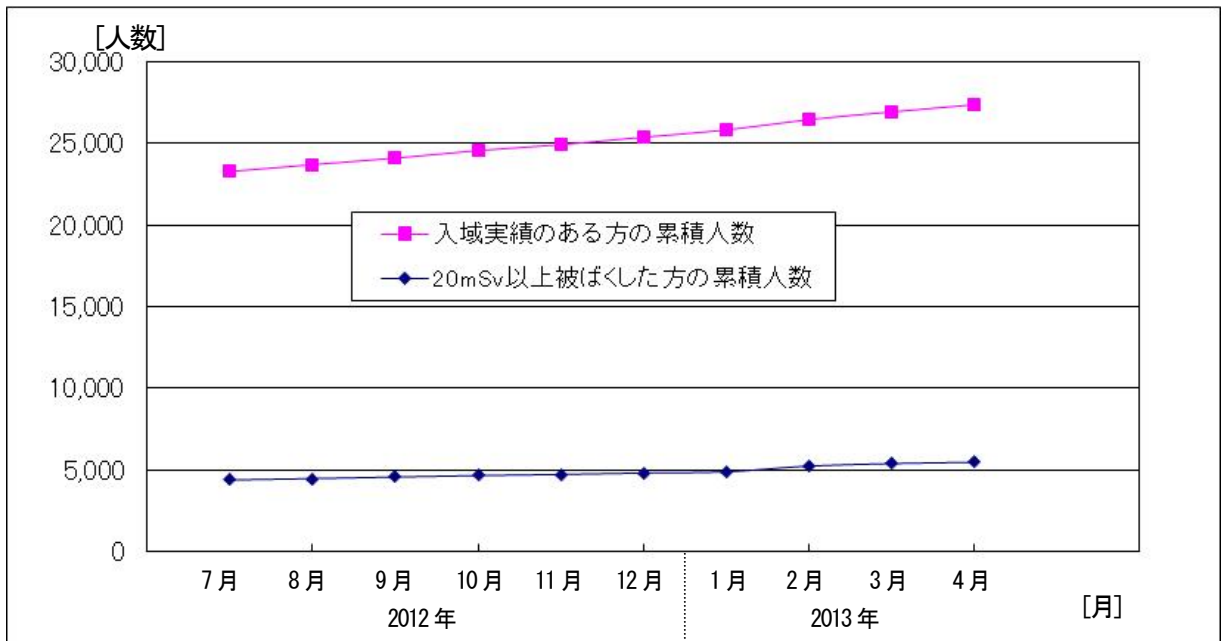


図19 被ばく者数と新規入域者数の比較

(c) 協力企業との意見交換

福島第一原子力発電所の作業に携わっている主要な元請企業から、毎月、翌月の予想される作業に対して、作業員の方の手配状況を確認してきている。

② 中長期的見通し

中長期的には、これまでの作業と異なる、高線量の原子炉建屋内の作業や燃料デブリの取り出し等の作業もあり、今後機器・装置の技術開発を行った上で具体的な作業工程を検討するものが多いことから、必要作業員数の見通しについて、ロードマップを改訂する度に見直しを実施し、必要な要員の確保に向けた適切な取り組みを検討することとする。

(3) 要員確保に向けた今後の取組

① 短期的取組

短期的には作業の方法や工程について技術的な検討を進めながら、今後も協力企業と一体となって安定的な作業員の確保に努めていく。また、協力企業へ今後の作業計画を早期に提示することにより、計画的な作業員の手配を行う。

具体的には、(a) 協力企業による、作業毎の被ばく線量予測に基づいた必要な

作業員の配置、配置変更、(b) 作業員の負担を軽減するための作業環境の改善（作業場所や休憩所等の被ばく線量の低減）、(c) 労働条件の問題等に関する専用相談窓口への作業員からの相談に対する対応、(d) 協力企業のニーズを踏まえた放射線管理要員研修の継続実施等を行う。

② 中長期的取組

熟練作業員と一般の作業員の被ばく線量を比較したところ、熟練作業員の被ばく線量は、高い線量区分で一般の作業員に比べ僅かながら高い傾向がある（図 20）。このため、長期にわたる廃止措置等を着実に進めていくためには、高度な技術、豊富な知見を有する人材を中長期にわたって適切に配置していくことが重要であり、計画的に要員の育成・確保を進めていく。

そのために、(a) 協力企業へ今後の作業計画を早期に提示することによる計画的な熟練作業員の養成、(b) 中長期的な要員確保・熟練作業員の被ばく線量の適切な管理・安定的な地元雇用に配慮した調達方針の検討といった人材の育成・確保に関する取組を実施する。

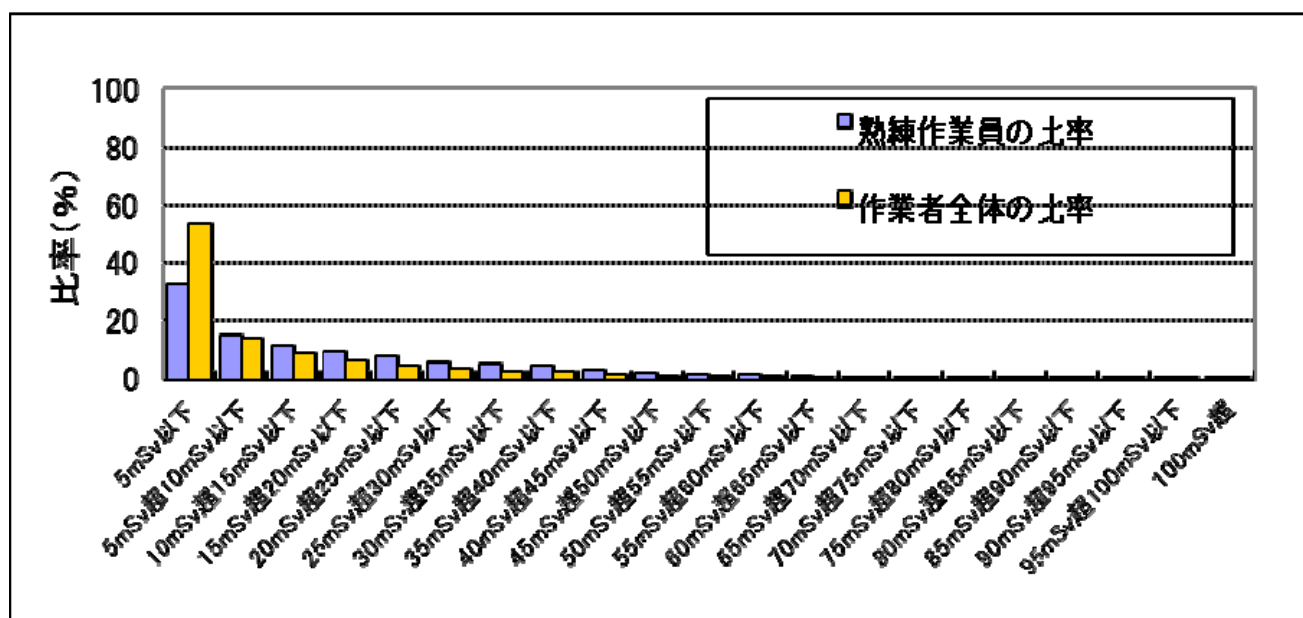


図 20 作業員全体及び熟練作業員における被ばく線量区分の比率

5-3. 労働環境、労働条件の改善に向けた計画

事故以降、これまでに経験のない環境、内容での対応が求められてきた作業現場において、放射線管理を含めた安全面の確保は、継続的な復旧作業を進めるに当たっての大前提であり、関係者全員で強い安全意識を共有し、作業環境、作業条件の継続的な改善が必要である。とりわけ、安全面から作業安全、放射線管理、健康管理、加えて安心面から適切な労働条件確保に向けて取り組んでいく。

(1) 作業安全全般

① 継続的な安全活動

2012年度は、事前検討会や安全パトロール等を実施した結果、2011年度のけが人が59人だったのに対し、半数以下の25人に減少した。2013年度も厳しい作業環境下での対応や、従来とは異なる新たな作業の実施が継続して求められていることから、作業員等に対して繰り返し安全意識の高揚を図るとともに、(a) 東京電力工事監理員の立会いの下での事前検討会、(b) 新たな工法や福島第一原子力発電所特有の作業についての安全事前評価、(c) 協力企業との安全推進連絡会等の取組を今後も継続することにより、災害の撲滅を目指す。

② 休憩所の整備

福島第一原子力発電所構内で働く作業員のための休憩所の拡充・整備を段階的に進めている。具体的には、(a) 旧登録センターを休憩所として利用できるように整備（2013年度下半期運用開始予定、一部運用開始済）、(b) 大規模な休憩所を正門付近に設置（2014年度末運用開始予定）等を行う。

③ 熱中症予防対策

2012年度は、酷暑期を念頭に置いた熱中症予防対策を継続して実施した結果、熱中症患者数は、2011年度の23名に対し7名と激減した。これまでの熱中症予防対策の効果が認められたことから、今後も、(a) WBGT¹⁸を活用した作業時間の短縮、作業内容の変更等、(b) 炎天下作業の制限（7～8月：14～17時）、(c) クールベストの着用促進等の対策を継続することにより更なる定着化を進め、熱中

¹⁸湿球黒球温度 (Wet Bulb Globe Temperature) : 酷暑の環境下での行動に伴うリスクの度合いを判断する際の指標。

症発症の低減を図る。

(2) 放射線管理

① 防護装備の適正化

空气中放射性物質濃度が全面マスク着用基準を十分下回ることを確認し、被ばく管理に万全を期した上で、順次全面マスク着用省略エリアを拡大して作業員の負荷軽減、作業性向上を図る（図 21）。

全面マスク着用省略エリア内の作業は、高濃度粉塵作業以外であれば、使い捨て式防塵マスクを着用可とし、正門、入退域管理施設周辺（土壌の放射性物質濃度がエリア全体で $1 \times 10^4 \text{Bq/kg}$ を下回っているエリア）は、サージカルマスクも着用可とした。今後も段階的に防護装備を適正化して、作業員の負荷軽減、作業性向上を図る。



図 21 福島第一原子力発電所構内における全面マスクエリア着用省略可能エリア

（これまで設定した全面マスク着用省略エリア）

- ・ 正門（2011年11月8日）
- ・ 免震重要棟前（2011年11月8日）
- ・ 5、6号サービス建屋前（2011年11月8日）

- ・ 企業センター厚生棟前（2012年6月1日）
- ・ 車輛汚染検査場（2012年8月9日）
- ・ 入退域管理建屋建設地（2012年11月19日）
- ・ 協力企業棟の一部エリア（東電環境自力棟周辺）（2013年1月28日）
- ・ 多核種除去設備（2013年4月8日）
- ・ キャスク仮保管設備建設地（2013年4月8日）
- ・ 協力企業棟の一部エリア（旧登録センター周辺）（2013年4月15日）
- ・ 1～4号機周辺・タンクエリア・ガレキ保管エリアを除くエリア
(2013年5月30日)

② 出入り拠点の整備

現在、福島第一原子力発電所への出入り管理（スクリーニングや保護衣類の着脱及び放射線測定器の着用）はJヴィレッジにて行っているが、警戒区域及び避難指示区域の見直しに対応して、福島第一原子力発電所への出入り管理機能を福島第一原子力発電所正門付近に設置している入退域管理施設に移転する（2013年6月30日運用開始予定）。

なお、出入り管理機能のうち、車輛外部のスクリーニング及び除染については既に2012年8月より福島第一原子力発電所にて実施している。

③ 個人線量管理の確実な実施

長期にわたる作業の線量管理について、通常線量限度（50mSv／年、100mSv／5年）と、緊急作業に適用される線量限度（100mSv／緊急、100mSv／5年）を厳守するため、外部被ばくと内部被ばくの評価を確実にを行い、評価結果を放射線従事者登録センターへ適切に報告し、線量管理に万全を期すこととする。

さらに、今後も引き続き作業員に現行の線量管理ルールの遵守徹底を図っていく。

④ 被ばく低減活動

プラント安定化維持の作業や廃止措置に係る作業が今後本格化され、かつ長期にわたることを踏まえると、作業員の被ばく線量を可能な限り低く押さえる必要

がある。作業に当たっては、事前に作業環境に応じて放射線防護具類の着用、作業人数、作業時間等、放射線業務従事者の線量限度を超えないよう作業計画を立てて実施していく。また、遮へい、機器の配置、遠隔操作を行うことで、作業員が立ち入る場所の線量及び作業に伴う線量を、達成できる限り低減するようにする。

(3) 健康管理

①医療体制の継続的確保

現地の地域医療が一定程度戻るまでの間は、東京電力社員だけでなく、協力企業作業員の安全・安心を確保する観点から、(a) 医師をはじめとした医療職の配置、必要な医療資機材・医薬品の配備、(b) 救急救命士の配置、(c) 外部医療機関への搬送体制の維持(定期的な訓練の実施など)等の対策を継続実施することによって、福島第一原子力発電所、福島第二原子力発電所等、各拠点の医療体制を継続的に確保する。

②長期健康管理の実施

厚生労働省より示された「東京電力福島第一原子力発電所における緊急作業従事者等の健康の保持増進のための指針」(2011年10月11日)も踏まえながら、緊急作業従事者に対して、(a) 健康相談窓口の運営、(b) がん検査の実施等の対策を継続実施することによって、放射線業務から離れた後及び離職後も含めた長期的な健康管理を実施する。

(4) 適切な労働条件確保に向けた取組

福島第一原子力発電所内において、放射線業務に従事するすべての作業員の方が適正な労働条件の下で働けるようにすることは、極めて重要な課題であるという認識の下、監督官庁の指導を得ながら、東京電力と元請会社との協力体制の下で、適切な労働条件確保に関する協力企業の取組を調査するとともに、労働条件に関する研修や普及啓発活動、相談窓口に寄せられた要望への対応等を継続的に行う。

6. 研究開発及び人材育成

6-1. 研究開発

福島第一原子力発電所の廃止措置等に関しては、東京電力における取組のみならず、放射性物質の分析、遠隔操作機器の開発・実証といった研究開発において、政府が主導的な役割を果たしていくことが必要である。

廃止措置に取り組む体制として、原子力災害対策本部の下に設置された政府・東京電力中長期対策会議を廃止し、2013年2月8日に、新たに、東京電力福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議を設置した。メンバーは、政府、東京電力に加え、廃止措置に関係する主要機関が参加し、燃料デブリ取り出し等に向けた取組の強化を図るとともに、現場の作業と研究開発の進捗管理を一体的に進めていく体制とした(図22)。

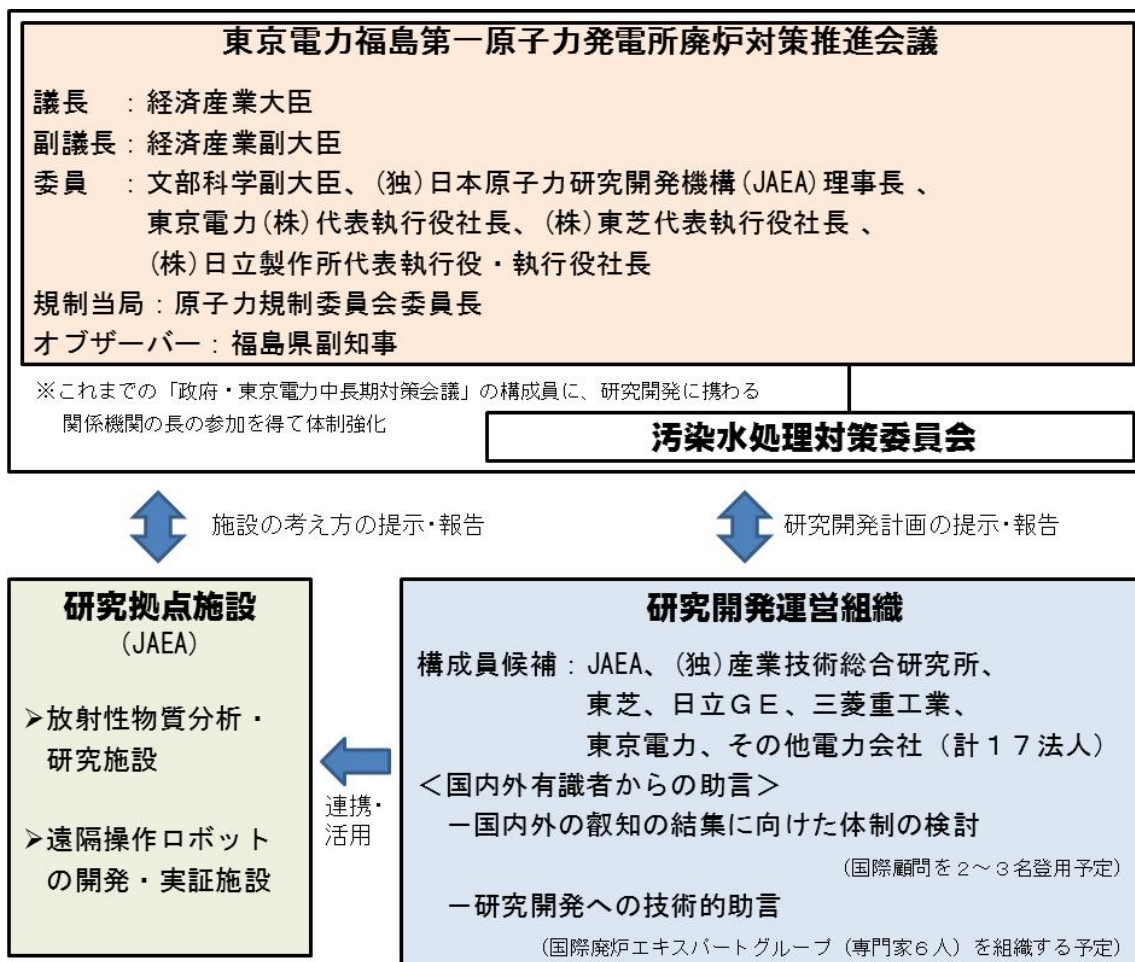


図22 東京電力福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議 体制図

(1) 研究開発実施に当たっての基本的考え方

廃止措置等を進めるに当たっては、現場の状況や知見を常に研究開発の実施内容に反映していくことが重要である。特に、現場調査の結果により、適用できる技術が大きく変わる可能性もあるため、格納容器水張りのための補修技術等、技術的ハードルが高いと考えられる課題については、予め代替方策を検討する。

資源エネルギー庁は、文部科学省や関係機関と密接な連携を図りながら、研究開発のための予算措置やプロジェクト管理において主導的役割を果たしていく。また、JAEAは、その専門的知見、施設の有効活用により研究開発を支援するとともに、中長期的な視点での人材確保・育成も視野に入れた現場ニーズを踏まえた基礎基盤的な研究開発を、大学や他の研究機関と連携して着実に進める。

また、研究開発を実施するに当たり、現場での試験や実証等を行う際には、地元の住民の方々や作業現場の安全を最優先にするとともに、必要な規制上の対応を迅速に行うことが重要である。

(2) 研究開発計画

廃止措置等に向けた取組に必要となる研究開発としては、「使用済燃料プールから取り出した燃料等に係る研究開発」、「燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発」及び「固体廃棄物の処理・処分に係る研究開発」に大きく分類される。また、これらの必要となる研究開発の実施に加えて、困難性が見込まれる課題に対しては、最新の遠隔技術を活用したソリューション及びバックアッププランを検討していくこととする。

今般の燃料デブリ取り出し等に係る工程の前倒しに伴い、個別の研究開発課題（プロジェクト）毎の全体計画については、第4章に示した中長期の取組における基本方針や具体的計画、目標工程等を踏まえ、2012年7月に策定したものから必要となる見直しを行った。この際、中長期ロードマップの主要スケジュール（添付資料1）に示される現場作業の工程や、他の研究開発プロジェクトの工程との関連性も考慮して検討を行った（個別研究開発プロジェクトの全体計画については、別冊を参照）。

なお、中長期ロードマップの第1期においては、使用済燃料プール内の燃料取

り出し開始のための準備作業を行うとともに、燃料デブリの取り出し等に必要となる研究開発に順次着手している。第2期においては、燃料デブリ取り出し作業の着手に向けて多くの研究開発を実施する予定である。

また、これらの研究開発は、技術的にも多くの課題があり、後年度の計画においては、その実施内容が大きく変わり得るため、目標工程を設定し、今後の現場状況、研究開発成果、安全要求事項等の状況を踏まえながら、段階的に工程を進めていくこととする。

これらの研究開発成果等を踏まえ、第3期においては、燃料デブリ取り出しから廃止措置終了までの取組を実行していく。

6-2. 研究開発推進体制の基本的考え方

研究開発の実施に当たっては、現場ニーズを踏まえた、柔軟かつ機動的な進め方を可能とする体制を整備することが重要である。研究開発を個々に行うのではなく、一元的なマネジメントを担う研究開発運営組織の下で、全体の進捗を踏まえた計画の策定及び体制の柔軟な見直しを行っていく。

2013年3月7日に開催した廃炉対策推進会議（第1回）において、研究開発運営組織の設立準備を加速することが、東京電力他四者から報告された。その後、関係者間での協議を重ね、研究開発運営組織の立ち上げに向けた準備が進められているところである。

6-3. 研究開発拠点施設の整備

放射性物質の分析・研究や災害対応ロボット等に関する技術基盤を確立するために、遠隔操作機器・装置の開発実証施設（モックアップ施設）及び放射性物質の分析・研究施設を整備する。当該施設は福島第一原子力発電所への対応を含む原子力施設の廃止措置等に向けた研究開発に活用する。整備に当たっては、関連する研究者のみならず幅広い専門分野の研究者が知見を持ち寄り、研究開発が実施できる体制の構築や、国際共同研究や海外人材の受け入れについても考慮する。

現在、JAEAが建設・運営主体となり、検討を進めているところである。

(1) モックアップ施設

主な事業としては、原子炉格納容器下部の漏えい箇所を調査・補修するロボット等の機器・装置の開発、実証試験や、燃料デブリ取り出しに係る機器・装置開発、実証試験等を想定している。遠隔操作機器・装置の開発、実証施設としては、例えば、原子力施設解体に係る機器・装置の開発、実証試験の用途にも利用することも考慮する。原子炉格納容器下部補修等に関するモックアップ施設について、設計・建設工事を2013年度から開始し、2014年度内の運用開始を目指す。

(2) 放射性物質分析・研究施設

主な事業としては、燃料デブリや放射性廃棄物などに含まれる難測定核種分析手法等の開発や、燃料デブリや汚染水処理後の二次廃棄物等の性状把握、処理・処分技術の開発等を想定している。放射性物質の分析・研究施設については、概念検討を2013年度から開始し、許認可手続きを経て建設工事を行い、2017年度内の運用開始を目指す。

6-4. 中長期の視点での人材育成及び大学・研究機関との連携

廃止措置に向けた取組は、終了までに30～40年程度かかると見込まれることから、廃止措置に係る現場作業及び研究開発プロジェクトを進めるに当たっては、中長期的な視点で人材確保・育成していくことが重要であり、政府の強力な人材育成推進体制の下、大学等の教育・研究機関やJAEA及び民間が連携して人材育成を実施していくことが必要である。

その際には、廃炉対策推進会議で、中長期的視点での人材育成に関する重点分野を設定するとともに、中核となる大学・研究機関（中核拠点）を選定し、政府・JAEA・民間が連携して共同研究を進めていく。この分野別の中核拠点は、連携すべき他の大学・研究機関との間で、基盤研究プロジェクトの推進を行うだけでなく、研究者・学生等の参加を広く得ていくための人材育成に関する取り組みにおいてリーダーシップを発揮することが期待される。また、廃止措置に係る人材育成だけでなく、福島第一原子力発電所の事故の経験を踏まえたシビアアクシデント研究の人材育成を図ることは、国内外の原子力施設の安全基盤の強化に資する観点からも重要である。

また、中核拠点をはじめ、大学・研究機関との連携強化を図るため、共同研究を

進めることはもとより、連携講座、大学間連携プログラム、集中ワークショップやセミナーの開催等の支援を行うとともに、現場の最新状況・データ、技術ニーズに関する密接な情報共有・提供を図るための情報・データのアーカイブ化、最新状況のアップデートを行うための仕組み等を検討する。

7. 国際社会との協力

大規模かつ長期にわたる廃止措置等に向けた取組を、効率的かつ効果的に進めるためには、海外の事故対応等に関する知見・経験を十分に活用していくなど、国内外の叡智の集結と活用が重要である。また、かかる事故を起こした我が国の国際社会に対する責任として、国際機関等での活動に対して適切に状況を伝えるなど、世界に向けて積極的な情報の発信を行い、国際社会に開かれた形で廃止措置等を進めることが引き続き重要である。

2013年4月には、IAEAのレビュー・ミッション（専門家により組織される調査団）を受け入れ、中長期ロードマップ及び廃止措置の作業に関する諸課題に対する評価・助言を得たところである。2013年秋頃にも第2回のレビュー・ミッションを受け入れる予定である。

今後も、IAEAやOECD/NEA等の多国間協力の枠組み、米・英・仏及び露との間での二国間協力の枠組みを通じ、国際社会との協力を進めていく。

さらに、新たに設立される研究開発運営組織に、助言を行う国際顧問の登用、国際連携部門や海外の各分野の専門家からなる国際廃炉エキスパートグループの設置が検討されており、これらの方策を通じ、国内外の研究機関・関係者との連携を強化する。

また、廃止措置等に知見のある国外の研究機関・企業の福島での廃止措置作業への参画を促進するための環境整備を速やかに進めることが重要である。例えば、廃止措置の知見を有する国外の企業には、廃止措置作業に伴い生じる可能性のある原子力賠償に係る訴訟リスクを懸念し、参画を躊躇しているものもある。

8. 地域との共生及び国民各層とのコミュニケーション

8-1. 地域との共生

福島第一原子力発電所の廃止措置に向けた取組は、周辺地域の住民の安心・安全に深く関わるものであることから、各工程の作業に地域との共生の観点も踏まえて取り組むことが重要である。また、廃止措置に向けた作業では、装置・機器等の技術開発や資材調達において、地元企業、人材を積極的に活用することが期待されている。そのため、廃止措置作業に係る機器・用品供給等を長期的に担う地元企業の育成、新規の企業設立等により地域経済の活性化を図る。東京電力は、廃止措置に向けた取組において、地元からの資材発注を促進するよう発注先に働きかけていく。

また、福島県内にて企業とのマッチングの場を設けるなどの取組により地域経済の活性化を図る。

このほか、遠隔操作機器・装置の開発実証施設（モックアップ施設）及び放射性物質の分析・研究施設の整備を通じて、地域雇用の創出を図る。

8-2. 地元をはじめとした国民各層とのコミュニケーションの強化

(1) 積極的な情報提供

資源エネルギー庁は、福島県及び関係 13 市町村との間で、テレビ会議システムや個別の直接訪問を通じて、中長期ロードマップの進捗状況を定期的に説明してきており、こうした情報提供を継続的に進める。

東京電力は、各自治体と締結している「原子力発電所周辺地域の安全確保に関する協定書」及び「原子力発電所に係る通報連絡に関する協定書」に基づく通報連絡により、発電所の廃止措置等の進捗状況などは定期的に、核燃料の冷却機能や窒素封入設備の停止などは発生後直ちに、情報提供を実施する。さらに、地元住民の方々をはじめ地域社会に対しても、適時適切に情報提供を実施する。特に、事故・トラブルに関しては、社会への迅速・的確な情報提供が必要であり、社会の関心事や情勢の変化に呼応した対応が重要である。東京電力は、これまでの対応で公表等の遅延があったと思われる事例について真摯に受け止め、改善を図っていくことにより、今後、事故・トラブル等の通報・公表について、基準の明確化を図っていく。

また、東京電力、政府は、地元住民や地域社会の方々に対してきめ細かい情報提供を行うために分かりやすいパンフレット、資料を作成し、地元自治体の御協力を得て各戸に届ける取り組みを継続するとともに、説明会などを通じた双方向コミュニケーション活動による情報提供を図る。

さらに、これまでの取組に加え、地元関係者への情報提供・コミュニケーションの強化を図る観点から、福島県、周辺自治体、地元関係機関、地域振興やコミュニケーション分野の有識者の参加を得た「廃炉対策推進会議福島評議会（仮称）」を設置し、一層緊密な情報提供を行った上で、廃炉の進め方や情報提供・広報活動のあり方について御意見を伺う。また、福島の復興加速化を進めていく上で、現場の工程・作業内容の地域経済・雇用・社会への影響が重要な要素の一つとなることから、研究拠点構想を含め、今後の廃止措置等のあり方について地元関係者とともに検討していくことが重要である。

（２）リスクコミュニケーション

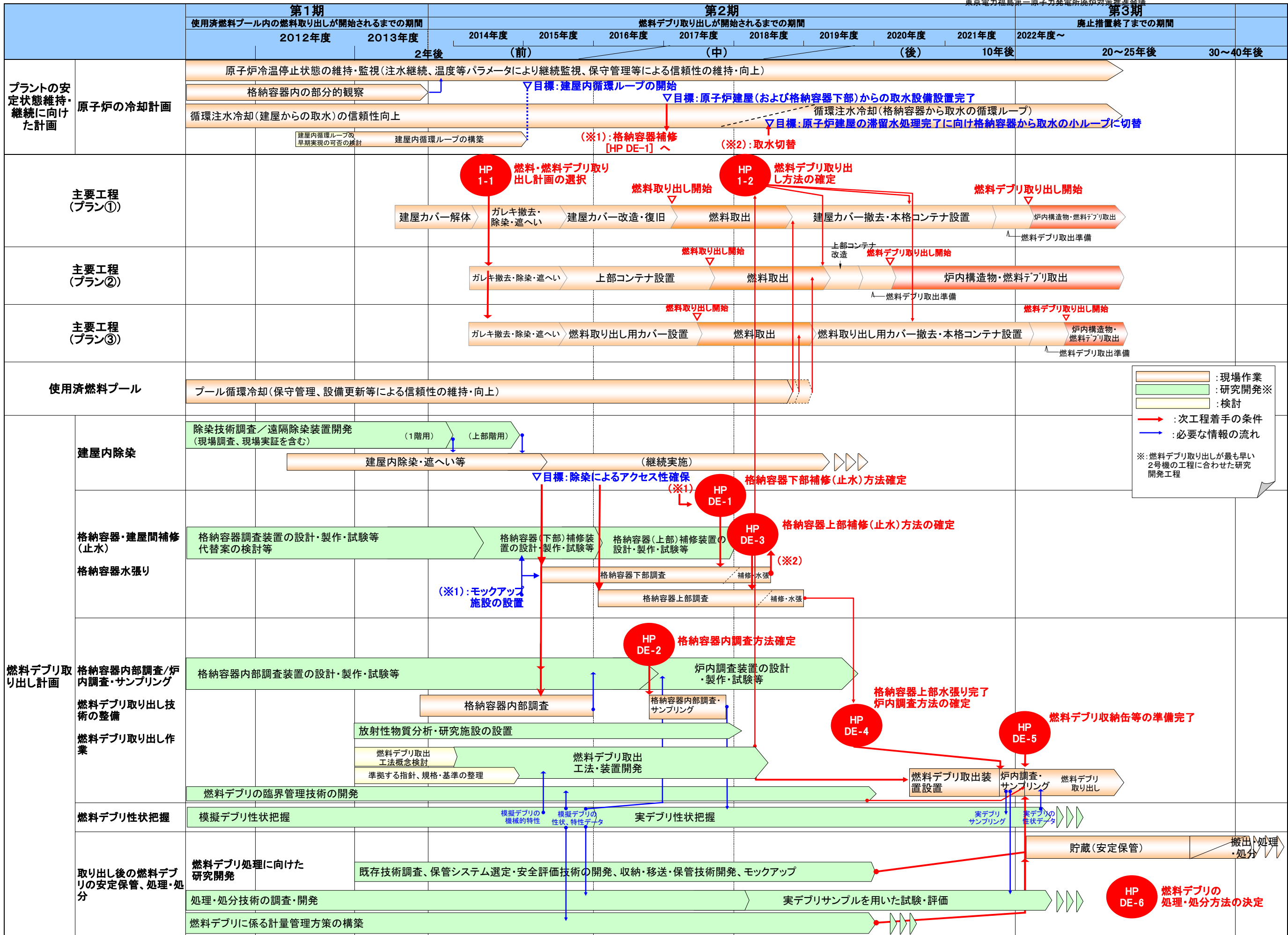
廃止措置に関わる作業は少なからずリスクを有しており、これを最小化することがリスク管理の基本的考え方となる。的確なリスク評価を行った上で、リスクの内容やリスクを緩和する対策等について明確に提示しながら、継続的に地域社会と対話をしていくことが重要である。

9. おわりに

避難されている住民の皆様の一刻も早い御帰還を実現し、地域及び国民の皆様の不安を解消するためにも、政府、東京電力を中心とする関係機関は、適切な協働体制の下、本ロードマップに基づき、廃止措置等に向けた中長期の取組を着実に進めていく。

併せて、今後の現場状況や研究開発成果等を踏まえ、廃炉対策推進会議において本計画の進捗状況を確認・公表するとともに、定期的に見直すことなどを通じ透明性の確保・向上を図る。

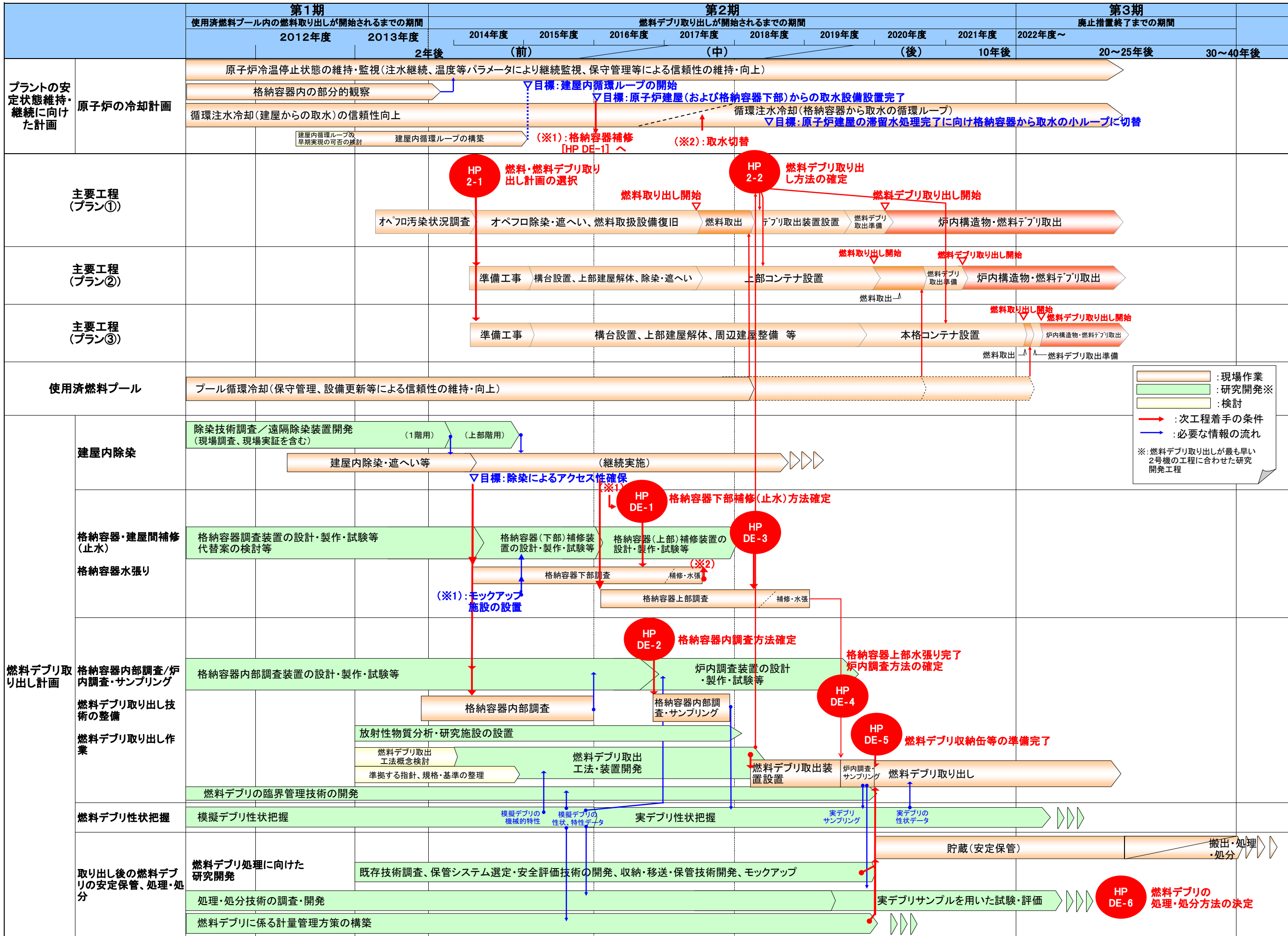
なお、本ロードマップは、廃止措置等に向けた作業や必要な研究開発の内容などを取りまとめた技術的な工程を示すものであり、その検討過程において費用の見積もりは行っていない。安全の確保が最優先との基本認識の基で、廃止措置等に向けた取組みを着実に進めていく。



*本ロードマップについては、研究開発及び現場状況を踏まえて、継続的に見直ししていく。

(注)HP : 判断ポイント

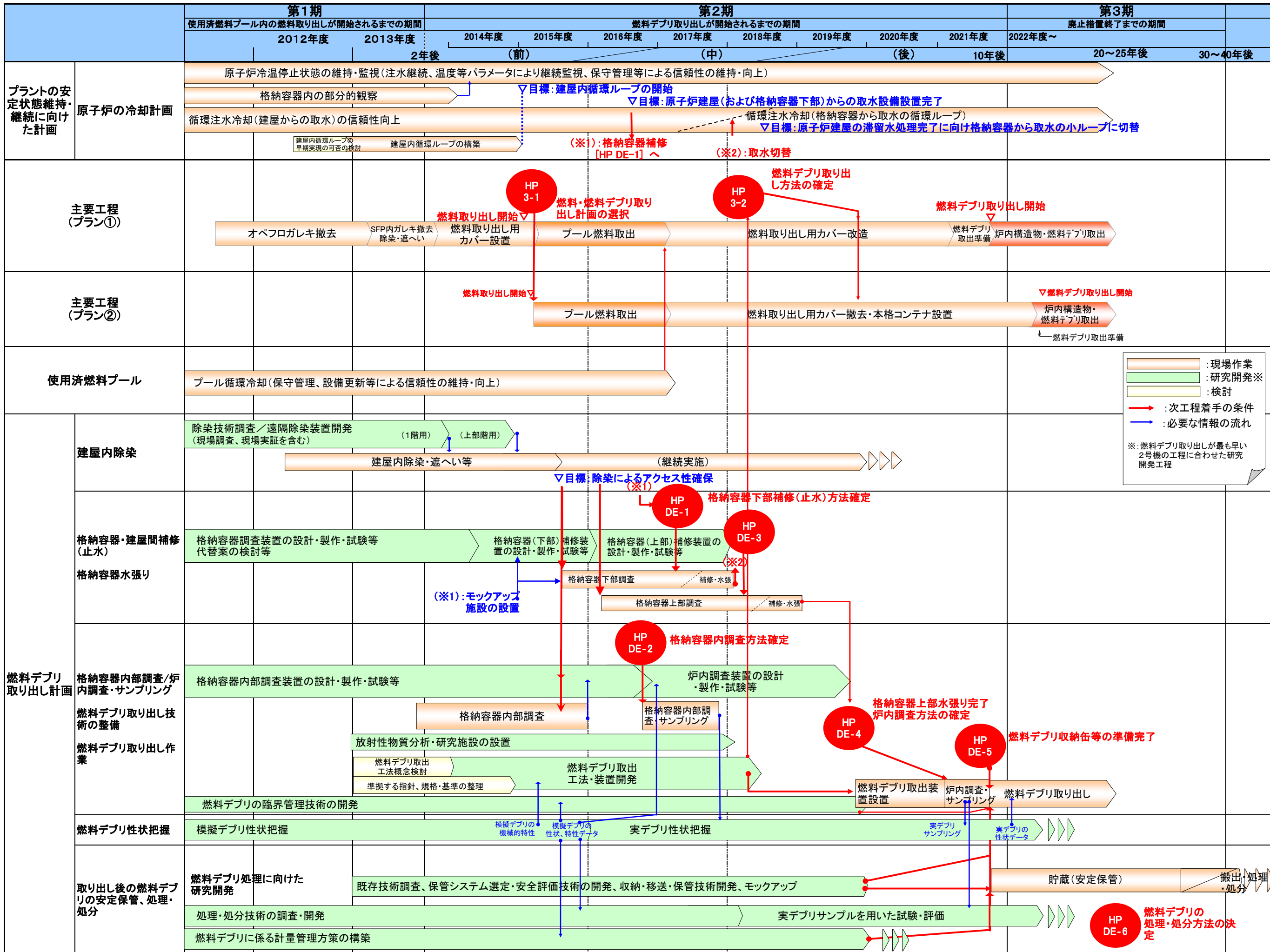
東京電力(株)福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップの主要スケジュール(2号機)



*本ロードマップについては、研究開発及び現場状況を踏まえて、継続的に見直ししていく。

(注)HP : 判断ポイント

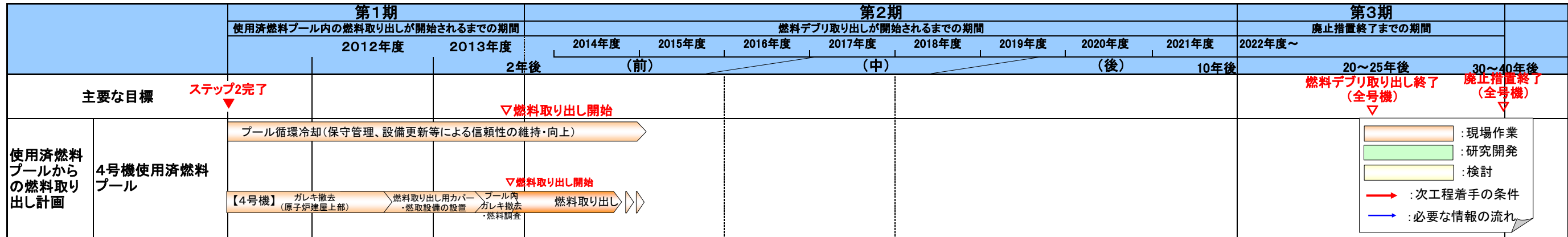
東京電力(株)福島第一原子力発電所1~4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップの主要スケジュール(3号機)



*本ロードマップについては、研究開発及び現場状況を踏まえて、継続的に見直ししていく。

(注)HP : 判断ポイント

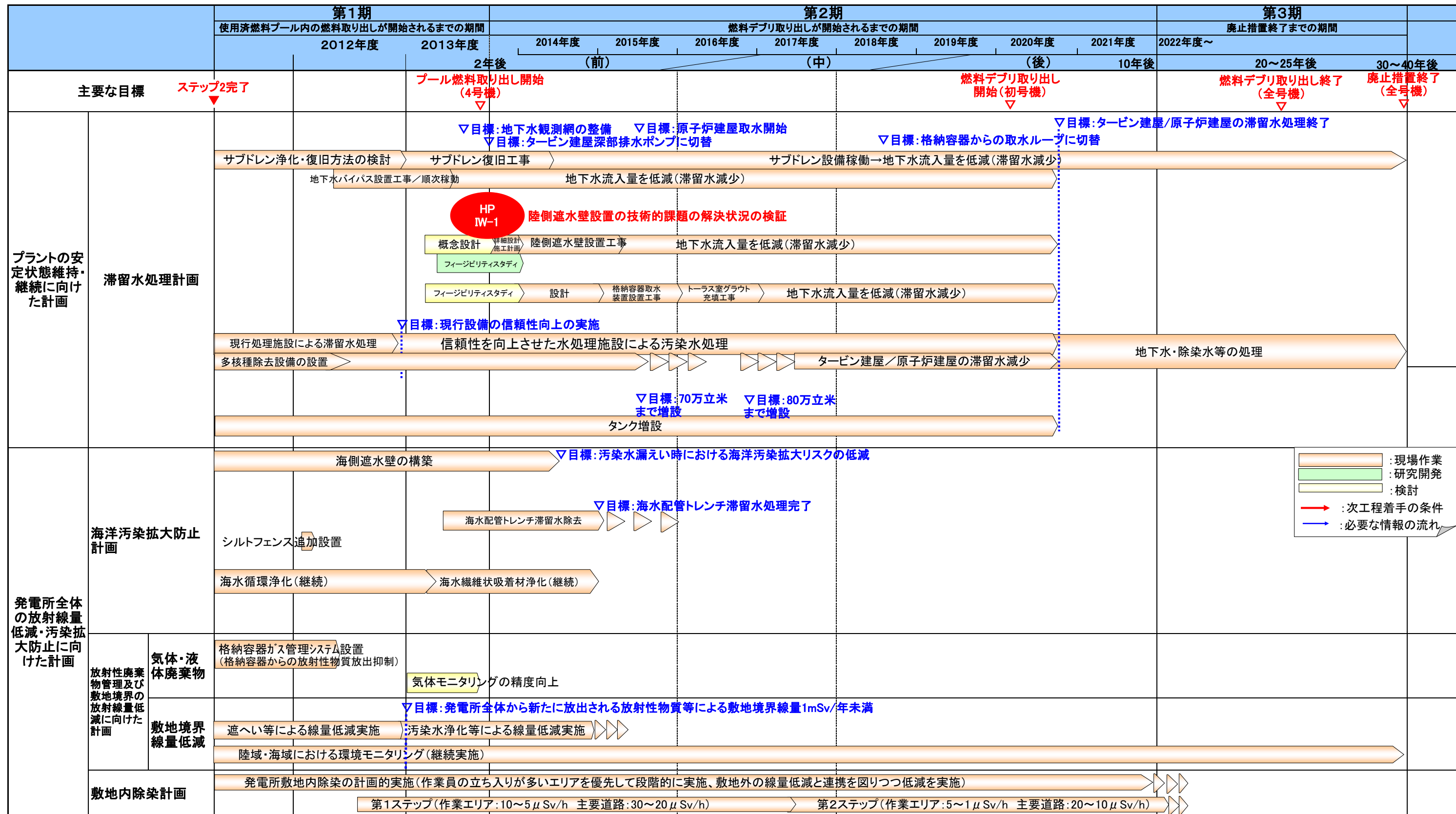
東京電力㈱福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップの主要スケジュール(4号機)



*本ロードマップについては、研究開発及び現場状況を踏まえて、継続的に見直していく。

(注)HP : 判断ポイント

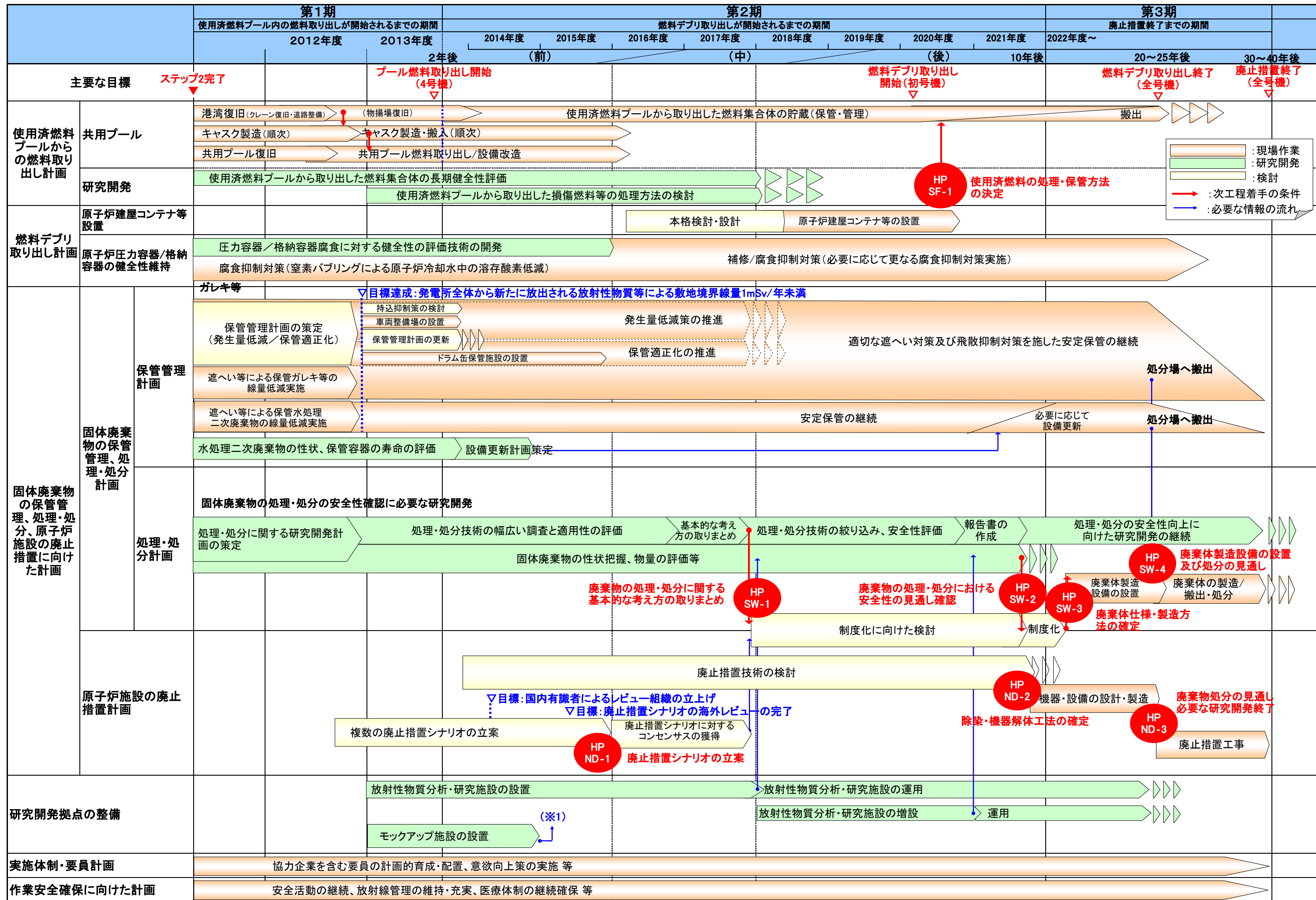
東京電力(株)福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップの主要スケジュール(共通)



*本ロードマップについては、研究開発及び現場状況を踏まえて、継続的に見直していく。

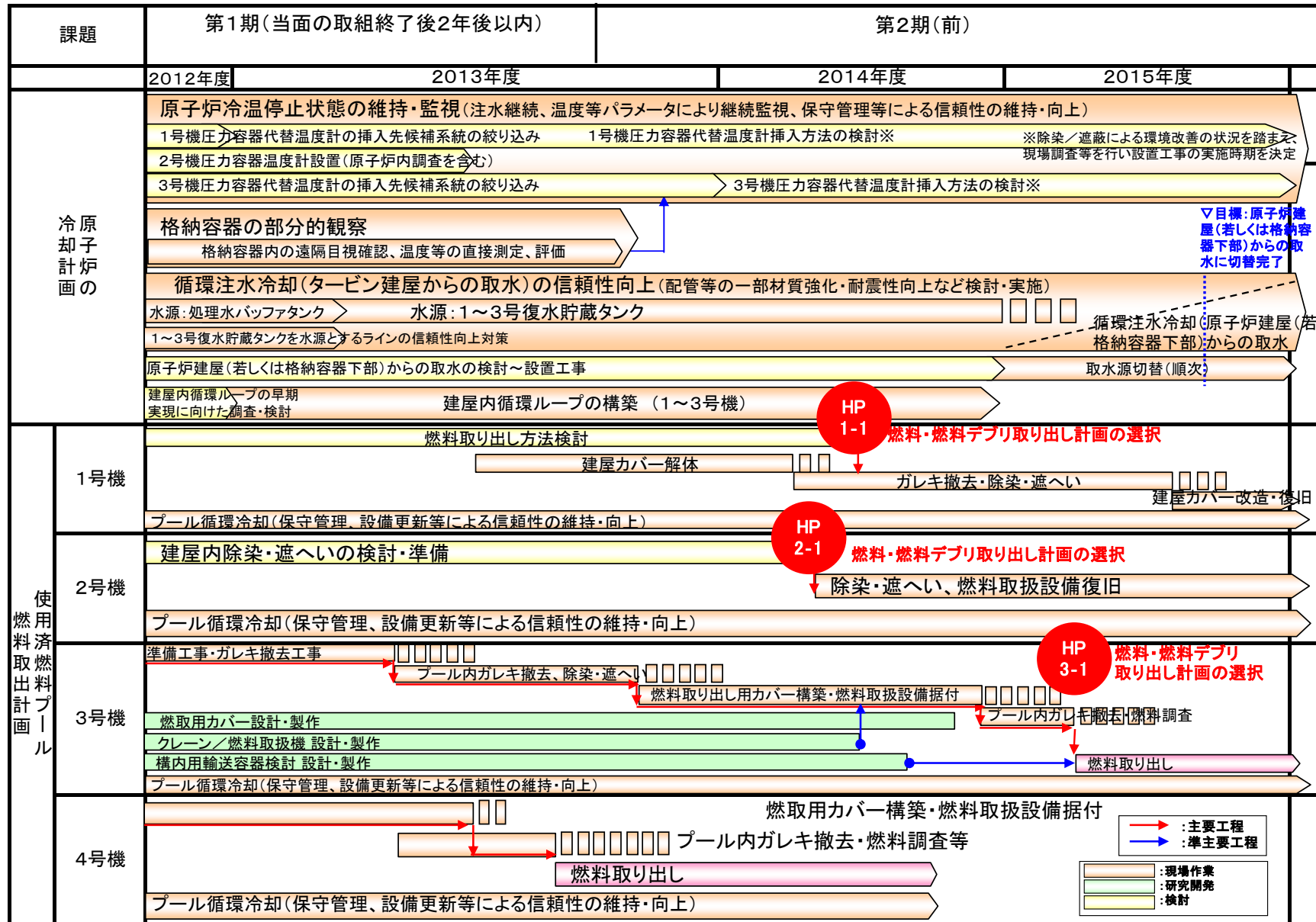
(注)HP : 判断ポイント

東京電力(株)福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップの主要スケジュール(共通)



*本ロードマップについては、研究開発及び現場状況を踏まえて、継続的に見直ししていく。

諸計画の取り組み状況(その1)



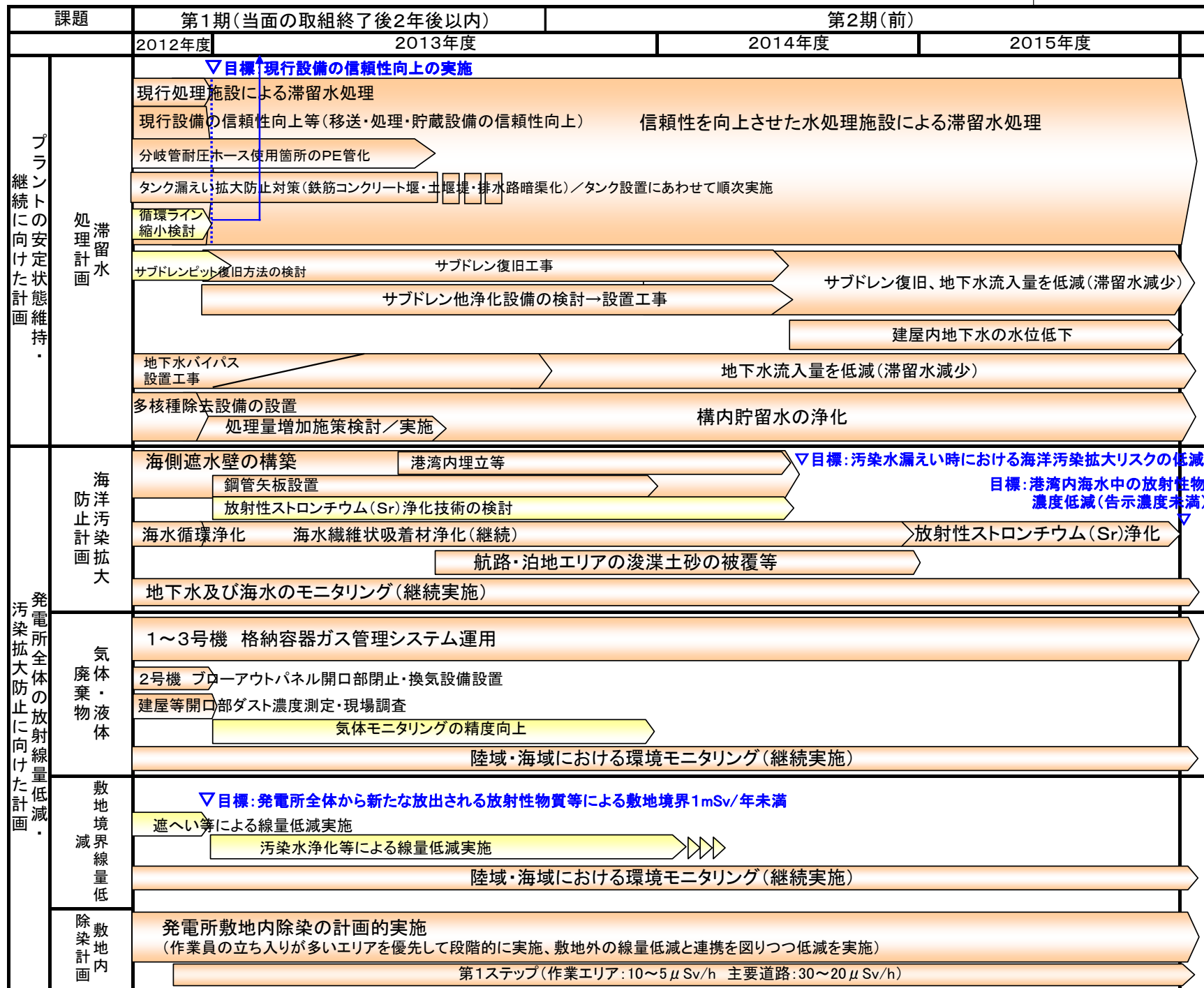
諸計画の取り組み状況(その2)



課題	第1期(当面の取組終了後2年後以内)		第2期(前)	
	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度
燃料デブリ取出計画	建屋内除染	除染技術調査／遠隔除染装置開発		▽目標: 除染ロボット技術の確立
		遠隔汚染調査技術の開発① 遠隔除染装置の開発① 現場調査・現場実証(適宜)		
	低減対策	建屋内除染・遮へい等(作業環境改善①)		継続
		原子炉建屋内 1階 原子炉建屋内 2階以上		
	調査・補修	総合的な被ばく低減計画の策定		格納容器漏えい箇所調査☆
		作業エリアの状況把握 原子炉建屋内の作業計画の策定 爆発損傷箇所の作業計画の策定		
	燃料デブリ取出	格納容器漏えい箇所調査・補修に向けた研究開発(建屋間止水含む)		格納容器外部からの調査(開発成果の現場実証含む)
		格納容器調査装置の設計・製作・試験等② 格納容器補修装置の設計・製作・試験等③⑥ 【1, 3号機】 原子炉建屋地下階調査 【2号機】 原子炉建屋地下階調査 【2号機】 漏えい箇所調査☆		
	管理・処分	燃料デブリ取出に向けた研究開発(内部調査方法や装置開発等、長期的課題へ継続)		収納缶開発(既存技術調査、保管システム検討・安全評価技術の開発他)
		格納容器内調査装置の設計・製作・試験等⑤ 燃料デブリに係る計量管理方策の構築		
その他	臨界評価、検知技術の開発			

諸計画の取り組み状況(その3)

→ : 主要工程
→ : 準主要工程
 : 現場作業
 : 研究開発
 : 検討



諸計画の取り組み状況(その4)

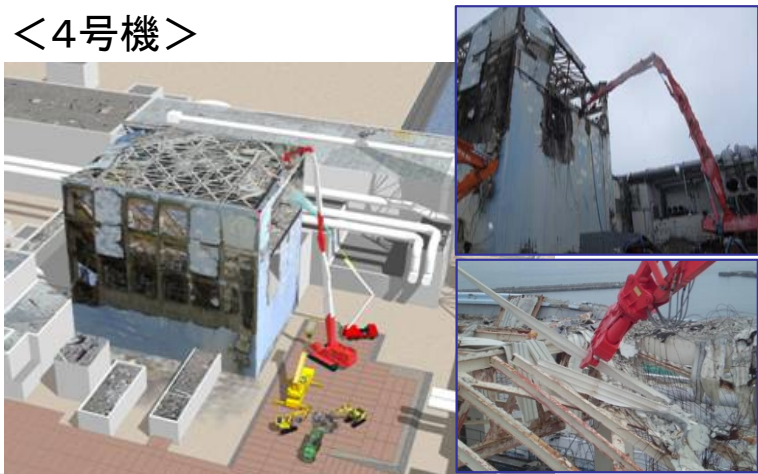
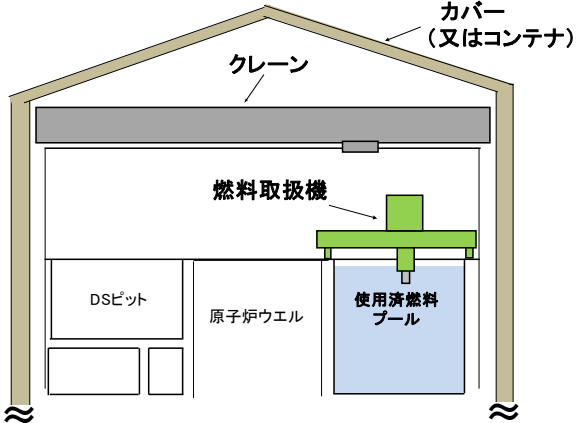

→ : 主要工程
→ : 準主要工程
 : 現場作業
 : 研究開発
 : 検討

課題	第1期(当面の取組終了後2年後以内)		第2期(前)		
	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	
使用済燃料プールからの燃料取り出し計画	輸送貯蔵兼用キャスク	キャスク製造			
	乾式貯蔵キャスク	キャスク製造			
	港湾	物揚場復旧工事			
	共用プール	空キャスク搬入(順次)			
		搬入済み	順次搬入	共用プール燃料取り出し	
		既設乾式貯蔵キャスク点検(9基)		損傷燃料用ラック設計・製作	据付
	キャスク仮保管設備	設計・製作	設置	キャスク受入・仮保管	
研究開発	使用済燃料プールから取り出した燃料集合体の長期健全性評価				
燃料取り出し計画	原子炉建屋コンテナ等設置				
	RPV/PCV健全性維持	圧力容器/格納容器腐食に対する健全性の評価技術の開発			
施設の廃止措置に向けた計画	固体廃棄物の保管管理計画	適切な遮へい対策及び飛散抑制対策を施した安定保管の継続			
		保管管理計画の策定(発生量低減/保管)	持込抑制策の検討	発生量低減策の推進	
			車両整備場の設置	保管適正化の推進	
			保管管理計画の更新		
			ドラム缶保管施設の設置		
		雑固体廃棄物焼却設備 設計・製作	雑固体廃棄物焼却設備の設置		
	固体廃棄物の処理・処分計画	ガレキ等の覆土式一時保管施設への移動			
		伐採木の覆土工事			
		遮へい等による保管水処理二次廃棄物の線量低減実施			
		水処理二次廃棄物の性状、保管容器の寿命の評価	設備更新計画策定		
処理・処分に関する研究開発計画の策定		処理・処分技術の幅広い調査と適用性の評価			
原子炉施設の廃止措置計画	複数の廃止措置シナリオの立案				
実施体制・要員計画	協力企業を含む要員の計画的育成・配置、意欲向上策の実施 等				
作業安全確保に向けた計画	安全活動の継続、放射線管理の維持・充実、医療体制の継続確保 等 <small>事務本館休憩所・免震重要棟前休憩所・免震重要棟の線量低減</small>				

HP ND-1

廃止措置シナリオの立案

第1期		第2期	第3期
2012年度	2013年		
①ガレキ撤去/②カバー、クレーン等の設置/③輸送容器・収納缶の設計、製造			
港湾復旧 キャスク製造(順次)		⑤プール燃料取り出し/貯蔵(保管・管理)	搬出
共用プール設備復旧	キャスク搬入(順次)		
	④共用プール内空きスペース確保/設備改造		

ステップ	① 原子炉建屋上部ガレキ撤去 (4号機完了、3号機にて実施中)	② カバー(又はコンテナ) / クレーン等の設置	③ 取り出し用輸送容器・収 納缶の設計、製造
イメージ	<p><4号機></p> 		<p><輸送容器の例: NH-25></p>  <p>(メーカ資料より)</p>
内容	大型クレーンや重機を用いて原子炉建屋上部のガレキを撤去。	原子炉建屋を覆うカバー(又はコンテナ)を設置し、プール燃料取り出しに必要なクレーン、燃料取扱機を設置。	プールから取り出した燃料を共用プールに移送するため、輸送容器・収納缶等を設計・製造。
技術開発における留意点と課題	—	—	—
安全確保に向けた主な留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・プール水の安定冷却の維持 ・ガレキ撤去時の空気中への放射性物質拡散防止 ・環境モニタリング ・作業員の被ばく低減(遠隔撤去等) 	<ul style="list-style-type: none"> ・プール水の安定冷却の維持 ・作業員の被ばく低減(雰囲気線量低減等) 	—

使用済燃料プールからの燃料取り出しに係る作業ステップ(2/2)

第1期		第2期	第3期
2012年度	2013年		
①ガレキ撤去/②カバー、クレーン等の設置/③輸送容器・収納缶の設計、製造			
港湾復旧		⑤プール燃料取り出し/貯蔵(保管・管理)	搬出
キャスク製造(順次)	キャスク搬入(順次)		
共用プール設備復旧	④共用プール内空きスペース確保/設備改造		

ステップ	④ 共用プール内空きスペース確保/改造	⑤ プール燃料取り出し														
イメージ	<p>＜共用プール＞(震災時の貯蔵体数)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>号機</th> <th>燃料貯蔵体数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1号機</td> <td>392</td> </tr> <tr> <td>2号機</td> <td>615</td> </tr> <tr> <td>3号機</td> <td>566</td> </tr> <tr> <td>4号機</td> <td>1,535</td> </tr> <tr> <td>1~4号機合計</td> <td>3,108</td> </tr> <tr> <td>共用プール</td> <td>6,375</td> </tr> </tbody> </table> <p>※2012年7月、4号機から新燃料2体を共用プールに搬出。</p> <p>＜乾式キャスク仮保管設備＞</p> <p>順次搬出 当面は、構内乾式キャスク仮保管設備にて仮保管</p>	号機	燃料貯蔵体数	1号機	392	2号機	615	3号機	566	4号機	1,535	1~4号機合計	3,108	共用プール	6,375	
号機	燃料貯蔵体数															
1号機	392															
2号機	615															
3号機	566															
4号機	1,535															
1~4号機合計	3,108															
共用プール	6,375															
内容	共用プール内に既貯蔵中の燃料を乾式キャスク仮保管設備に順次搬出し、空きスペースを確保。その上で、受入れに必要な破損燃料用ラック等を設置。	燃料の健全性を確認し、損傷燃料は放射性物質の飛散・拡散を防止できる措置を講じた上で搬出。														
技術開発における留意点と課題	・使用済燃料プールから取り出した燃料の長期健全性評価、処理方法の検討	—														
安全確保に向けた主な留意点	・作業員の被ばく低減(平常管理)	<ul style="list-style-type: none"> ・プール水の安定冷却の維持 ・燃料落下防止 ・作業員の被ばく低減(遠隔化、雰囲気線量低減等) 														

燃料デブリ取り出しに係る作業ステップ(1/3)

添付資料4

第1期		第2期			第3期		
2012年度	2013年	2年後以内	(前)	(中)	(後)	10年後以内	20~25年後
	② 格納容器下部調査	格納容器下部止水方法確定	HP HP 格納容器内調査方法確定	HP 格納容器内部調査・サンプリング	HP 格納容器上部補修方法の確定	HP 格納容器上部水張り完了 炉内調査方法の確定	HP 燃料デブリ収納缶等の準備完了
	③ 格納容器下部止水 原子炉建屋止水	⑤ 格納容器内部調査・サンプリング	④ 格納容器部分水張り	⑥ 格納容器上部補修	⑧ 炉内調査・サンプリング ▽圧力容器上蓋開放	⑨ 燃料デブリ取り出し	
	① 原子炉建屋内除染	⑦ 格納容器	⑦ 格納容器	⑦ 格納容器	⑦ 格納容器	⑦ 格納容器	燃料デブリの処理・処分方法の決定 HP
	(実際の除染作業は個々の作業毎に必要な箇所を実施)						

※ 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	① 原子炉建屋内除染 (②以降の作業毎に必要な箇所を順次実施する)	② 原子炉格納容器下部調査	③ 原子炉格納容器下部止水 原子炉建屋止水
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。	格納容器下部及び原子炉建屋壁面を、遠隔のカメラ等で調査。	燃料デブリの取出しは、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、格納容器のバウンダリを構築し止水。
技術開発における留意点と課題	<ul style="list-style-type: none"> ◆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 ・上記を踏まえた遠隔除染方法の検討・確立が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ◆調査対象が高線量エリア、汚染水中、狭隘部などにあること ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ◆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 ・格納容器バウンダリ構築・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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) 	<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) 	<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)

燃料デブリ取り出しに係る作業ステップ(2/3)

第1期		第2期			第3期		
2012年度	2013年	2年後以内	(前)	(中)	(後)	10年後以内	20~25年後
	② 格納容器下部調査	格納容器下部止水方法確定	HP HP 格納容器内調査方法確定	HP 格納容器上部補修方法の確定	HP 格納容器上部水張り完了 炉内調査方法の確定	HP 燃料デブリ収納缶等の準備完了	
		③ 格納容器下部止水 原子炉建屋止水	⑤ 格納容器内部調査・サンプリング	④ 格納容器部分水張り	⑧ 炉内調査・サンプリング ▽圧力容器上蓋開放	⑨ 燃料デブリ取り出し	
	① 原子炉建屋内除染		⑥ 格納容器上部補修	⑦ 格納容器	▽圧力容器水張り		燃料デブリの処理・処分方法の決定 HP
	除染によるアクセス性確保		(実際の除染作業は個々の作業毎に必要な箇所を実施)				

※ 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	④ 原子炉格納容器部分水張り	⑤ 原子炉格納容器内部調査・サンプリング	⑥ 原子炉格納容器上部補修
イメージ	<p>格納容器下部のパウダリ構築後、循環注水冷却の取水源を原子炉建屋から格納容器に変更※</p> <p>※: 格納容器からの取水後の系統構成は現状未確定(今後の検討事項)</p>		
内容	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燃料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、上部の漏えい箇所を、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	◆③と同様	◆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、燃料デブリの所在等)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	◆②と同様 ・格納容器漏えい箇所の補修・止水技術・工法の開発(③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)

燃料デブリ取り出しに係る作業ステップ(3/3)

第1期		第2期			第3期	
2012年度	2013年 2年後以内	(前)	(中)	(後)	10年後以内	20~25年後
	② 格納容器下部調査	格納容器下部止水方法確定 HP HP	格納容器内調査方法確定 ⑤ 格納容器内部調査・サンプリング HP	格納容器上部補修方法の確定 ⑧ 格納容器上部水張り完了 炉内調査・サンプリング HP	燃料デブリ収納缶等の準備完了 ⑨ 燃料デブリ取り出し	
	① 原子炉建屋内除染	格納容器下部止水 原子炉建屋止水	④ 格納容器部分水張り	⑦ 格納容器/圧力容器水張り	▽圧力容器上蓋開放	燃料デブリの処理・処分方法の決定 HP
	除染によるアクセス性確保	③ 格納容器下部止水	⑥ 格納容器上部補修			
	目標					
	(実際の除染作業は個々の作業毎に必要な箇所を実施)					

※ 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	⑦ 原子炉格納容器/圧力容器水張り ⇒ 圧力容器上蓋開放	⑧ 炉内調査・サンプリング	⑨ 燃料デブリ取り出し
イメージ	<p>天井クレーン コンテナ</p> <p>圧力容器上蓋</p> <p>使用済燃料プール</p> <p>格納容器 トラス室</p> <p>コンテナ内にて循環ループを成立させる</p>	<p>作業台車 伸縮管</p> <p>燃料デブリ収納缶</p> <p>カメラ、切断、掘削、把持、吸引装置</p> <p>格納容器 トラス室</p>	<p>燃料デブリ収納缶</p> <p>搬出</p> <p>格納容器 トラス室</p>
内容	十分遮へいが担保できる水位まで格納容器/圧力容器を水張り後、圧力容器上蓋を取り外し。	炉内を調査し、燃料デブリや炉内構造物の状態把握、サンプリング等を実施。	圧力容器/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	(⑥)により格納容器バウンダリ構築が大前提)	<p>◆高線量によるアクセス性の制約、圧力容器内部環境(内部水の濁り、燃料デブリの所在等)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>◆燃料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)</p> <ul style="list-style-type: none"> 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 燃料デブリの収納(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 燃料デブリの収納(閉じ込め等) 作業員の被ばく低減(遠隔化、遮へい等)

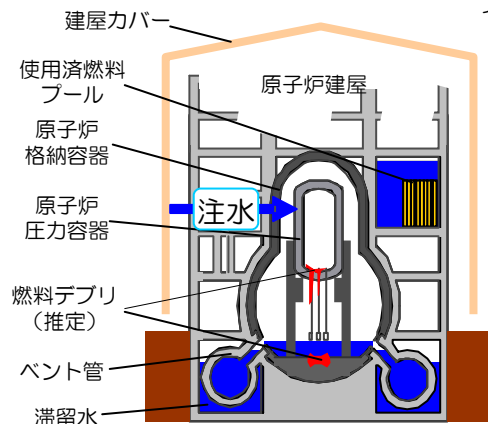
各号機毎の施設の現状

添付資料5

1号機

- ・1号機原子炉建屋は、水素爆発により原子炉建屋上部が破損したため、建屋からの放射性物質の飛散抑制を目的として2011年10月に建屋カバーを設置した。
- ・その後、原子炉の安定冷却の継続により、放射性物質の発生量は減少した。
- ・今後、建屋カバーを解体し、オペレーティングフロア[※]上部のガレキ撤去を実施する予定。

□ 圧力容器底部温度	(約28℃)
□ 格納容器内温度	(約28℃)
□ 燃料プール温度	(約26℃)
□ プール内燃料	(392本)
□ 格納容器内水位	(底部から+約2.8m)

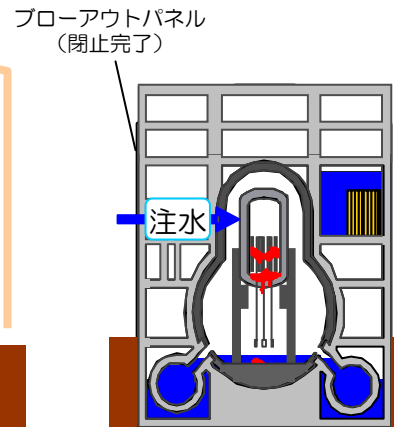


1号機

2号機

- ・2号機原子炉建屋は、水素爆発による損傷はないが、建屋内の線量が非常に高い。
- ・オペレーティングフロアの線量が非常に高いため、除染・遮へい等の線量低減対策を実施する。至近の取り組みとして、作業環境の整備に向け、オペレーティングフロア[※]の汚染状況調査を実施する予定。

□ 圧力容器底部温度	(約40℃)
□ 格納容器内温度	(約41℃)
□ 燃料プール温度	(約26℃)
□ プール内燃料	(615本)
□ 格納容器内水位	(底部から+約0.6m)

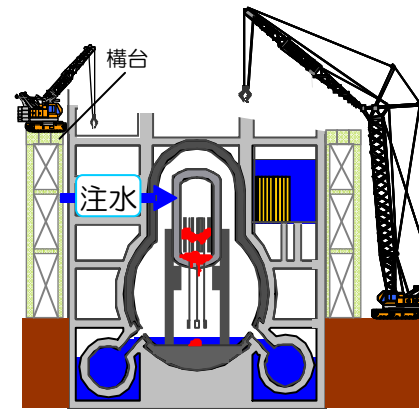


2号機

3号機

- ・3号機原子炉建屋は、オペレーティングフロア上部に、ガレキが複雑に積み重なっており、オペレーティングフロアの線量が非常に高い状況であった。
- ・現在、オペレーティングフロア[※]上部や使用済燃料プール内のガレキ撤去を実施しており、今後、燃料取り出し用カバー及び燃料取扱設備を設置する予定。

□ 圧力容器底部温度	(約39℃)
□ 格納容器内温度	(約37℃)
□ 燃料プール温度	(約23℃)
□ プール内燃料	(566本)
□ 格納容器内水位	(未確認)

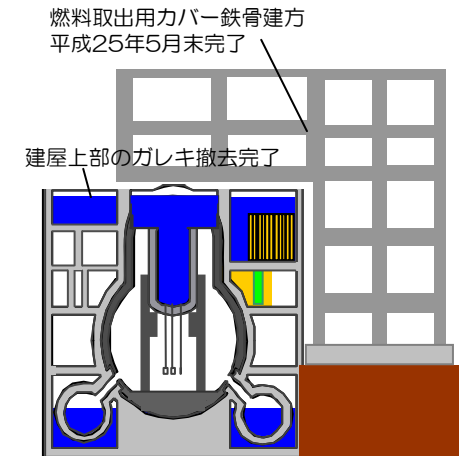


3号機

4号機

- ・原子炉建屋のオペレーティングフロア[※]上部におけるガレキ撤去は、2012年12月に完了し、燃料取り出し用カバーの設置工事を実施中。
- ・今後、燃料取り出し用カバー内部に、燃料取り出し作業のための燃料取扱設備を設置する予定。

□ 燃料プール温度	(約31℃)
□ プール内燃料	(1533本)





4号機

※: 定期検査時に原子炉上蓋を開放し、炉内構造物の点検等を行うフロア

プラントパラメータは2013年6月26日11:00現在の値 (3号機燃料プール温度は計装品点検に伴う使用済燃料プール代替冷却システム停止ため6月25日5:00現在の値を記載)

信頼性向上対策リストとその対応状況

 :完了
  :継続

指示事項・ロードマップ対応箇所	設備・機器	信頼性向上対策	目標期日	対応状況等	
【指示事項】 ①放射性物質の放出抑制・管理機能、原子炉冷却機能、臨界防止機能、水素爆発防止機能、汚染水の処理・貯蔵機能等を維持するために必要な設備について、仮設備から恒久的な設備に更新する等長期間の使用に耐え得るように信頼性を向上・維持すること。	原子炉圧力容器・格納容器注水設備	復水貯蔵タンクを水源とした注水への運用変更並びに復水貯蔵タンクポンプ炉注水系配管の信頼性向上対策	H24年12月末	・地下貯水槽からの漏えい事象を鑑みた滞留水処理・保管計画の変更により、1/2号器CSTの水抜き、残水移送や内部点検が困難であるため、当面3号機CSTを水源として各号機をタイラインで接続し、H25年7月に1~3号機のCST原子炉注水系の運用を開始する。	
		漏えい時の敷地外放出防止対策（堰や漏えい検出設備等の設置検討）	H24年12月末	H24年12月完了	
		仮設ハウスの恒久化対策	H24年12月末	H24年12月完了	
	原子炉格納容器窒素封入設備	免震重要棟の警報表示装置の設置		H24年4月対策完了	完了
		使用済燃料プール冷却系	二次系耐圧ホースのポリエチレン管化及び屋外耐圧ホース遮光材取付等	H24年10月末程度	遮光材設置H24年8月完了 PE管化工事H24年11月完了
	2~4号機プールの塩分除去の継続		H24年9月末	完了	
	高レベル放射性汚染水処理設備、貯留設備	原子炉圧力容器・格納容器ホウ酸注水設備	耐圧ホースのポリエチレン管化及び保温材の取付け（凍結、紫外線対策）	H24年2月対策完了	完了
			2~3号機間移送ラインのポリエチレン管化	H24年9月末	H24年8月完了
		滞留水移送装置	その他耐圧ホース使用箇所（取水ポンプ出口を除く）のポリエチレン管化計画策定と実施	計画策定：H24年9月末 計画に基づき順次実施	H25年6月完了。 （現場作業については、1号機T/B~1号機RW/B間、3号機T/B~4号機T/B間、2-3号機移送ライン~3-4号機移送ライン間、サイトバンカー~プロセス主建屋間を計画に基づき実施済）
			処理装置	セシウム吸着装置ポンプスキッド追設	H24年6月対策完了
		配管（鋼管）の非破壊検査計画の策定（鋼管の腐食対策）		H24年9月末	検査計画策定済 初回検査は計画に基づき実施済
		淡水化装置	蛇腹ハウス内コンクリート製床漏えい防止処置	H24年上期	H24年12月完了
			漏えいの際、系外流出の可能性が高い箇所の移送配管のポリエチレン管化	H24年5月対策完了	H24年5月完了
			RO処理水貯槽から処理水バッファタンクラインのポリエチレン管化	H24年9月末	H24年8月完了
			その他耐圧ホース使用箇所（タンク連絡配管を除く）のポリエチレン管化計画策定と実施	計画策定：H24年9月末 計画に基づき順次実施	計画策定済。 現場作業については、逆浸透膜装置~濃縮水受タンク 処理水受タンク 蒸発濃縮装置間移送ラインについて計画に基づき実施中（H25年度上期までに対策完了予定） ・逆浸透膜装置及び蒸発濃縮装置の建屋テント内を除き、H24年度下期までに実施完了。なお、蒸発濃縮装置、逆浸透膜装置（RO-1）廻りについては使用頻度が低いため、優先順位を付けH25年度上期に実施。 また、蒸発濃縮装置から濃縮水タンク、蒸留水タンクまでの移送ラインは、過去に漏えいが発生した耐圧ホースと構造が異なり、ホースが抜けない構造となっていること等の理由により、PE管化計画を中止。 ・逆浸透膜装置及び蒸発濃縮装置の建屋テント内はH25年度上期までに実施予定。
			淡水化装置設置場内の監視カメラ設置	H24年6月対策完了	H24年6月完了
		タンク	タンク基礎部鉄筋コンクリート堰設置	H24年6月対策完了（RO濃縮水貯留タンク）以降、タンク設置にあわせて順次実施	H24年6月完了（RO濃縮水貯留タンク） タンク設置にあわせて順次実施
	タンク設置エリア外周部土堰堤設置		タンク設置後速やかに	タンク設置にあわせて順次実施	
	鋼製角型タンクの円筒型タンクへの取り替え		H24年12月末	H24年12月完了	
	タンク設置エリア外周部の排水路暗渠化		H24年9月末	H24年8月完了	
	タンク設置エリアの監視カメラ設置		H24年6月対策完了	H24年6月にカメラ9台設置完了 更なる安全性確保のため、H25年5月に9台追加設置完了。 タンク設置にあわせて順次実施。	
	漏洩検知のためのβ線連続モニタリング技術の検討・評価（OSL光ファイバ式放射線モニタ等の適用性評価）		H25年3月末	タンクに貯蔵しているβ核種が多量に含まれるRO濃縮水のバックグラウンド下での漏えい検知にあたり、β線連続モニタリング技術の検証を実施。 H25年3月までに行った検討において、大量漏えい検知という条件下では有効と評価した。しかし、漏えい程度、検知時間等の制約条件を更に検討する必要があるため、OSL放射線モニタの採用可否も含めて、H25年度上期までを目標に、検討・評価を継続する。	
	原子炉格納容器ガス管理設備	遠隔監視機能の信頼性向上及びファン制御電源の無停電電源化	H24年3月対策完了	完了	
	上記設備共通	保全方針検討・策定	H24年9月末（タンクについてはH24年度中）	タンクやその他水処理設備について、今後も安全性を確保していくための保全方針（点検長期計画）を策定済。 長期的な漏えい防止の観点より、タンクのフランジ接合部については、コーティング材を塗布して補修する方法を検討。現在実機試験中であり、若干の遅れはあるものの、H25年度上期目標に有効性の評価を実施し、展開していく。	
	固体廃棄物貯蔵設備、瓦礫等一時保管エリア	長期の保管計画の検討・策定	H25年3月末	中長期的な廃棄物管理戦略を策定。 長期保管が必要な将来発生廃棄物量を想定し、保管計画を策定中。	
	【指示事項】 ②電源について、仮設備から恒久的な設備へ更新するなど、長期間の使用に耐え得るよう信頼性を向上・維持すること。	外部電源	1~4号新開閉所（南側6.6kV開閉所）の設置（大熊3・4号線、東電原子力線接続）	H24年3月末対策完了	完了
			1~4号所用内共通変圧器新設（30MVA 2台）	H24年3月末対策完了	完了
			南側6.6kV開閉所2重母線並列運用（送電線1回線停止時の所内電源停电防止）	H24年9月末	H24年8月完了
			275kV大熊線2号線の廃止（所内高圧母線2系統化、所内共通DG2台目復旧に合わせ）	H24年11月末	H24年12月完了
外部電源受変電設備の耐震性評価			H25年3月末	H25年3月完了	
所内高圧母線及び連系線		本設所内高圧母線の耐震性評価計画の策定ならびに評価	計画策定：H24年7月末	H25年5月完了	
		所内高圧母線の2系統化（1~6号機所内高圧母線連系化）			
		・所内高圧母線（所内共通M/C4群）の高台（OP30m盤）への新設	H24年3月対策完了	完了	
		・タービン建屋内所内高圧母線設置	検討：H24年7月末 対策実施：H25年3月末	1号T/B建屋内M/CをH25年1月、4号T/B建屋内M/CをH25年2月に受電完了	
		・所内共通M/C（1A）~（2A）間の連系線の構成変更	H24年11月末	H24年12月完了	
		・所内共通M/C（1B）~（2B）間の連系線の設置	H24年11月末	H24年11月完了	
重要負荷の電源の系統分離		・所内高圧母線M/C（非常用D/G M/Cを含む）の免震重要棟からの遠方監視・操作装置の新設	H24年12月末	H25年2月完了	
		PCVガス管理システム、窒素供給装置の電源系統分離	H24年3月対策完了	完了	
		汚染水処理設備（セシウム吸着装置・除染装置と第二セシウム吸着装置）電源の系統分離	H24年3月対策完了	完了	
仮設設備の更新		原子炉注水設備常用系ポンプ電源の系統分離	H24年7月対策完了	完了	
		重要負荷の給電元変更（仮設3/4号M/C（A）→本設M/C）	H25年9月末	3/4SFP：H25年3月に完了。共用プール：H25年9月末完了を7月末完了に前倒し。	
非常用電源設備	所内共通ディーゼル発電機（A）の復旧	H24年3月対策完了	完了		
	所内共通ディーゼル発電機（B）の復旧	H24年10月末	完了		
	共用プール建屋の防水性向上対策	H25年9月末	建屋の床・壁等の開口部を有効に補強し浸水を極力抑える。 H25年5月着手 H25年9月対策完了予定 H25年6月現場工事着手予定		
	非常用電源系統の耐震性評価計画の策定ならびに評価	計画策定：H24年7月末	H25年5月完了		
保全計画	重要度に応じ時間基準保全に基づく保全計画を作成（従来同類設備の保全ルールの踏襲）	H24年1月新規制定	—		

【指示事項】 ③これまでに地震、津波により想定されるリスクを評価していない設備・機器又は今後更新等する新たな設備・機器について、地震、津波により想定されるリスクを評価し、耐震性の確保、汚染水の流出防止等について必要な対策を実施すること。	建屋	1～4号機原子炉建屋	基準地震動Ssに対して耐震安全性が確保されることを確認済 東北地方太平洋沖地震の津波による躯体の有意な損傷は確認されていない	-	-
		運用補助共用施設共用プール棟	基準地震動Ssに対する耐震安全性評価、並びに必要な応じた対策の検討 東北地方太平洋沖地震の津波による躯体の有意な損傷は確認されていない	H25年3月末まで評価を実施	耐震壁は実施済み。プール躯体の評価についてもH25年3月完了。
		プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋	基準地震動Ssに対して、地下滞留水を考慮しても耐震安全性が確保されることを確認済 東北地方太平洋沖地震の津波による躯体の有意な損傷は確認されていない	-	-
		地下に滞留水を貯留する1～4号機原子炉建屋、1～4号機タービン建屋及び1～4号機廃棄物処理建屋、コントロール建屋	基準地震動Ssに対する地下滞留水を考慮した耐震安全性評価、並びに必要な応じた対策の検討	H25年3月末まで評価を実施	1. 2号機原子炉建屋について、評価を実施済み。タービン建屋、廃棄物処理建屋、コントロール建屋について、代表号機は評価を実施済み。その他もH25年3月完了。 H25年3月検討完了(対策方針) ・外壁、内壁及び床開口部の防水化対策の検討を実施。 ・現場詳細調査を実施し防水化対策工事を実施していく。(個別建屋対策) ・1.2T/B,C/B H25年3月着手 H26年10月対策完了予定【追加検討】 ・個別の防水化対策方法について、先行して実施している1.2T/B,C/Bの対策方法が確定したことから、その対策を反映させ、外壁にて対応する予定のRw/B他建屋を床開口部の閉塞による津波流入低減・防止策の検討を実施する(H25年8月) ・3.4T/B,C/B H25年9月設計図書完了予定 ・1～4R/B,Rw/B H25年9月設計図書完了予定
	機器	原子炉圧力容器・格納容器注水設備、原子炉格納容器窒素封入設備、使用済燃料プール冷却設備、ホウ酸水注入設備、原子炉格納容器ガス管理設備	中期的安全確保の考え方に基づく施設運営計画により、地震・津波により想定されるリスクを評価し、機能喪失時の代替手段を定めている。 [竜巻対策] ・消防車、仮設注水用機材等の分散配置(原子炉圧力容器・格納容器注水設備) ・コンクリートポンプ車等の分散配置(使用済燃料プール)	対策実施済	-
		電気系統設備	共用プール建屋の防水性向上対策(指示事項②と同様)	H25年9月末	建屋の床・壁等の開口部を有効に補強し浸水を極力抑える。 H25年5月着手 H25年9月対策完了予定 H25年6月現場工事着手予定
		汚染水処理設備	小型発電機・電源盤・ケーブル等資材の確保	H24年12月末	H24年11月発注完了。H25年3月設置完了
			タンクエリアの漏えい防止堰設置(指示事項①と同様)	タンク設置後速やかに	タンク設置にあわせて順次実施
			多核種除去設備設置	H24年9月末	更なる安全対策等を実施。 A・B系について、HOT試験開始。(A系:H25年3月、B系:H25年6月) C系についても、A・B系と同様の内容でHOT試験実施予定(H25年7月開始予定)。
			基準地震動Ssによるタンク強度評価並びに必要な応じた対策の検討	H24年上期に評価ならびに対策検討	完了(追加対策不要)
【指示事項】 ④循環注水冷却システムに係るポンプ、弁、配管、ホース等について、長期間の使用に耐え得る信頼性を向上させるとともに、循環注水冷却システムを小ループ化すること。	循環注水冷却システム(原子炉圧力容器・格納容器注水設備、高レベル放射性汚染水処理設備、貯留設備)	循環注水冷却システムの小ループ化(建屋内循環)	H29年3月末	効果的なループ縮小という観点から、至近の水処理側ループ縮小ではなく、建屋内循環ループ構築目標をH26年度末に前倒し、検討を継続することが有効と判断。	
復水貯蔵タンクを水源とした注水への運用変更並びに復水貯蔵タンクポンプ炉注水系配管の信頼性向上対策(指示事項①と同様)		H24年12月末	・地下貯水槽からの漏えい事象を鑑みた滞留水処理・保管計画の変更により、1/2号器CSTの水抜き、残水移送や内部点検が困難であるため、当面3号機CSTを水源として各号機をタイラインで接続し、H25年7月に1～3号機のCST原子炉注水系の運用を開始する。		
RO処理水貯槽から処理水バッファタンクラインのポリエチレン管化(指示事項①と同様)		H24年9月末	実施済		
小ループ化早期実現可否及び処理水移送ライン縮小検討		H25年3月末	効果的なループ縮小という観点から、至近の水処理側ループ縮小ではなく、建屋内循環ループ構築目標をH26年度末に前倒し、検討を継続することが有効と判断。		
【指示事項】 ⑤タービン建屋地下階への地下水の流入等により、高濃度放射性滞留水の処理済水貯蔵量が増加していることを踏まえ、地下水流入量を抑制するための対策を実施するとともに、十分な貯蔵容量の確保を行うこと。また、タンク等の漏えい対策の強化を進めるとともに、万一の漏えいによるリスクを小さくし、処理済水の放射性物質濃度を可能な限り低減させるため、多核種処理設備等を設置すること。	サブドレン設備	一部サブドレンピット浄化試験	H24年6月試験完了	試験完了。建屋滞留水漏えい防止の観点から、サブドレンピット内の水位が建屋滞留水の水位を下回らないように管理する必要があったため、ピット内の浄化は困難。	
		サブドレン浄化・復旧方法の検討	H25年3月末	【実施事項】 ・浄化の前処理として、他工事と干渉しないサブドレンピット内の浮遊物質除去作業を実施。 ・サブドレンピット復旧に向けて、新設ピットの試験掘削を実施し、掘削可能であることを確認。 【今後の対応内容】 ・今後、サブドレン設備の復旧を実施。既設ピットの復旧が困難な箇所については、新設ピットの設置を行う。 ・H26年半ばに運用開始予定。	
		サブドレン設備復旧	H25年4月以降		
	地下水バイパス設備	地下水バイパスの稼働	準備が整い次第、段階的に実施	地下水バイパスの稼働に向け、以下の対策を実施。 ・揚水井設置工事完了。 ・水質分析実施中。 ・稼働後、水位はモニタリングしながら段階的に下げる計画。 A系系統はH25年4月に試運転・水質確認完了。B/C系統はH25年7月を目標に試運転・水質確認完了予定。 稼働は、関係者のご理解を得て、順次開始予定。	
	処理済水貯蔵タンク	Hエリアタンクの増設(40000m ³ +10000m ³)	40000m ³ :H24年5月に設置 10000m ³ :H24年上期	完了	
		Eエリアタンクのリプレース(41000m ³)(鋼製角型タンクの円筒型タンクへの取り替え、指示事項①と同様)	H24年12月末	完了	
		地下貯水槽の設置(4000m ³ +52000m ³)	4000m ³ :H24年7月末 54000m ³ :H25年1月中旬	完了	
		タンクの漏えい防止ならびに漏えい拡大防止対策(指示事項①と同様)	タンク設置後速やかに	タンク設置にあわせて順次実施	
	多核種除去設備	H24年12月以降の貯蔵容量の確保策	継続検討	・H24年9月に敷地南側エリアの増設計画を報告 ・H25年度上期中目途に約45万m ³ まで貯蔵容量を増加させる予定としていた ・総容量最大約70万m ³ のタンク増設検討を継続実施中 ・地下貯水槽漏えい事象を受け、地上タンク増設計画の前倒しや追加増設を検討・実施中	
		多核種除去設備設置(指示事項③と同様)	H24年9月末	更なる安全対策等を実施。 A・B系について、HOT試験開始。(A系:H25年3月、B系:H25年6月) C系についても、A・B系と同様の内容でHOT試験実施予定(H25年7月開始予定)。	
多核種除去設備による濃縮水の処理完了		H27年度上期	現在、汚染水処理対策委員会にて、地下水流入抑制の抜本策を検討し、これを踏まえた滞留水処理の全体計画を見直している。これらを踏まえて、多核種除去設備による濃縮水の処理完了時期を再検討する予定。		
多核種除去設備の処理容量増加(3系列運転の実施)	H25年4月	方針検討中(H25年12月目標)			
既設計器	監視用デジタルレコーダ及び通信設備の2重化	H24年12月末	バッテリー付き2重化用デジタルレコーダ及び無停電通信設備の追設済(H24年11月運用開始)		
	監視用デジタルレコーダ及び通信設備の無停電電源設置	H24年12月末	バッテリー付き2重化用デジタルレコーダ及び無停電通信設備の追設済(H24年11月運用開始)		
	代替温度監視システム	2号機RPV代替温度計の設置	H24年8月末	完了(H24年11月より保安規程の監視計器として運用開始)	
	熱バランスモデル	1、3号機RPV代替温度計設置の検討(挿入先系統の絞り込み)	H25年3月末	挿入先系統の絞り込みについて検討実施	
PCV内温度・水位計測装置設置	間接的な冷却状態監視のための熱バランスモデルの構築及び実機データ等に基づくモデルの整備・検証	H26年3月末以降	温度計信頼性低下に鑑み、間接的な冷却状態監視のため検討している。既設温度計の信頼性の状況、格納容器内部調査の状況を踏まえて継続検討中。		
	PCV滞留水温度・雰囲気温度・水位計測装置の仕様検討、装置の設計・製作、設置	H24年内設置	2号機については、原子炉格納容器下部を含め更なる調査に資する温度計設置を試みており、継続して検討を行う(H25年度上半期予定)。 3号機については、原子炉建屋の作業環境改善を行った上で、常設監視計器を設置する(H25年度末予定)。		

【指示事項】 ⑦原子炉建屋に係るコンクリート構造物、格納容器、注水系配管等に係る経年劣化とその安全性の影響評価を実施し、必要な機能を維持するための対策を実施すること。 ⑧コンクリート構造物、容器、配管等のうち海水による腐食からなる経年劣化等により、構造強度の低下が懸念されるものについて、耐震性を含む構造強度について評価し、必要な補強等を実施すること。	建屋	1～4号機原子炉建屋	作業安全確保後の「建屋の垂直性の確認」「ひび割れ調査」「コンクリートの強度確認」の点検、並びに必要に応じた補修・補強の実施	4号機：4回/年点検実施（第1回：H24年5月実施済） 1～3号機：原子炉建屋のガレキ撤去・除染等を考慮し順次実施	4号機：第5回まで実施済み 他号機：作業環境が整い次第実施。遠隔操作装置等による点検手法の検討を行う。
		地下階に海水（滞留水）を貯留する建屋	滞留水の淡水化と建屋止水および滞留水回収の早期実施（指示事項①）と同	指示事項①と同様	-
	容器、配管等	原子炉格納容器・圧力容器	国プロジェクトによる原子炉圧力容器・格納容器の健全性評価技術の開発（a）現在までの腐食劣化・材料強度低下度合いの推定、b）今後の腐食劣化の進行予測、c）今後のプラント状態を勘案した余寿命評価、d）腐食抑制対策の確立） 原子炉内へのヒドラジン注入の検討	a）、b）はH25年3月末完了予定。H25年度以降は適宜見直し	研究実施。 次年度以降も継続して実施予定。
		使用済燃料プール	2～4号機プールの塩分除去の継続（指示事項①と同様） 1～4号機使用済燃料の早期取り出し	H24年9月末 3号機：H26年末頃取出開始 4号機：H25年内取出開始 1、2号機：2010年代後半頃取出開始目標	4号機、3号機：取り出しに向けた作業（燃取用カバー構築、瓦礫撤去等）実施中。4号機は、H25年11月取り出し開始目標。3号機は、H27年度上半期取り出し開始目標。 1号機、2号機：方針検討中
【指示事項】 ⑨火災発生リスク及びその影響を評価し、防火帯の設置、火災に対する監視の強化、散水及び防火訓練の実施等の対策を実施すること。特に伐採木の貯蔵等の新たな火災発生リスクに対処すること。	-		防火帯の確保（林野火災の専門家の指導・助言をいただきながら、下記対策を検討または実施） ・発電所内重要設備周辺の防火帯について、速やかな防火帯の再点検、必要に応じた計画的な可燃物の除去、伐採等。 ・発電所内重要設備周辺の防火帯について、雑草や枯れ枝等の除去。 ・発電所周辺道路について、今後防火帯として機能させるための計画について検討	・発電所内：平成24年12月末 ・毎年12月末まで実施 ・発電所周辺道路：半年間を目途に検討	・防火帯の現地確認／対策の検討（H24年9月完了） ・専門家の確認（H24年10月実施完了） ・防火帯計画の決定（H24年10月完了） ・防火帯確保のための除草の実施（H24年12月完了） ・防火帯確保のための伐採の実施（H25年3月完了）
			伐採木保管エリアの覆土	H25年3月末	・施設運営計画提出（H24年10月） ・原子力規制委員会了承（H24年11月） ・覆土工事実施（H24年11月～） ・覆土完了（H25年3月）
			火災監視用カメラ設置	H24年6月対策完了	完了 H24年6月から運用開始
【指示事項】 ⑩第2号機のブローアウトパネルの閉止等による建屋等の放射性物質閉じ込め機能の回復、滞留している高濃度放射性汚染水の処理等により、放射性物質の放出、高濃度汚染水の漏えいリスクを低減させること。	1～4号機原子炉建屋		・2号機ブローアウトパネルの閉止、フィルタ付換気設備の設置・運転	H25年3月末	ブローアウトパネル閉止完了（H25年3月）。 換気設備設置完了し、運転開始（H25年3月）。
			・3、4号機使用済燃料取出用カバーの設置、フィルタ付換気設備の設置・運転	3号機：H26年末頃取出開始 4号機：H25年内取出開始	3号機カバー設置に向けて、オペフロガレキ撤去を継続実施中。 ガレキ撤去完了予定（H25年7月）。その後、オペフロ除染、SFP内の大型ガレキ撤去を実施予定。燃料取り出し開始は、H27年度上半期予定。 4号機カバー設置工事中。鉄骨建方が完了（H25年5月）、天井クレーン設置に向け作業中（H25年10月完了予定）。
			・3、4号機使用済燃料取出後に必要となる閉じ込め機能についての検討	-	使用済燃料取出し後の建屋汚染状況や燃料デブリ取出し時の汚染拡大防止策等を踏まえて、今後検討。
	機器	汚染水処理設備	・汚染水の漏えい防止ならびに漏えい拡大防止対策（指示事項①③と同様） ・汚染拡大、系外流出の防止措置 ・多核種除去設備の処理容量増加（指示事項⑤と同様）	・タンク設置後速やかに ・随時 ・平成25年4月	継続実施中 ・タンクの設置にあわせて順次実施 ・タンクの設置にあわせて順次実施 ・方針検討中（H25年12月目標）
【指示事項】 ⑪建屋、トレンチ等に滞留する高濃度汚染水について止水、回収及び処理を早急に実施すること。	建屋	1～3号機原子炉建屋（格納容器下部倉）	格納容器・原子炉建屋地下の漏えい箇所の調査工法・装置開発 1～3号機漏えい箇所の調査（格納容器下部、原子炉建屋地下） 格納容器・原子炉建屋地下の漏えい箇所の補修（止水）工法・装置開発 1～3号機漏えい箇所の補修（止水）（格納容器下部、原子炉建屋地下）	H26年度半ば 調査装置開発完了以降 H24～32年度 補修装置開発完了以降	国PJにて開発中 装置開発後実施 国PJにて開発中 装置開発後実施
		2号機循環水ポンプ吐出弁ピッチ	水移送およびモルタル等の充填	H24年4月完了	H24年4月完了
	トレンチ等	3号機循環水ポンプ吐出弁ピッチ	水移送およびモルタル等の充填	H24年5月完了	H24年5月完了
		3号機起動用変圧器ケーブルダクト共用プール連絡ダクト	制御建屋との接続部の止水	H24年6月以降	H24年12月完了
	2～4号機海水配管トレンチ等	建屋との接続部における止水方法の成立性の検討、並びに可能なトレンチから順次、止水・回収を実施	H25年3月末までに検討可能なトレンチ等から順次、止水・回収を実施	H25年3月止水工事了 基本検討終了。引き続き、施工成立性の詳細検討中。	

【指示事項】 ⑫高線量ガレキを含む放射性廃棄物の一時保管設備等については、想定される廃棄物の発生量に対して十分な貯蔵容量を確保するとともに、敷地内に保管されている事故後に発生した放射性廃棄物による敷地境界における実効線量（発電所全体からの放射性物質の追加的放出を含む。）を1mSv/年以下に低減できる遮へい機能を有する施設構造とすること。また、高線量ガレキ等による作業員及び一般公衆への放射線被ばくの低減対策を実施すること。	保管容量の確保	中長期的な計画の策定	平成25年3月末	中長期的な廃棄物管理戦略を策定。 長期保管が必要な将来発生廃棄物量を想定し、保管計画を策定中。	
		一時保管エリアの追加		随時	発生量予測を踏まえ実施中
	瓦礫等	覆土式一時保管施設の設置		H24年度上期	1.2槽については覆土完了
		一時保管エリアの移動		H24年度下期	H25年1月原子力規制委員会了承 移動完了
		伐採木保管エリアの覆土（指示事項⑨と同様）		H25年3月末	・施設運営計画提出（H24年10月） ・原子力規制委員会了承（H24年11月） ・覆土工事実施（H24年11月～） ・覆土完了（H25年3月）
		ドラム缶等仮設保管設備の設置		H24年度上期	保安規定施行済み H24年12月より仮置き開始
		固体廃棄物貯蔵庫の転倒ドラム缶の復旧		H25年3月末	転倒・破損ドラム缶の復旧完了（H25年3月）
	水処理廃棄物	一時保管施設追設		随時	使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第四施設）の設置工事を実施中
		廃スラッジ一時保管施設の設置		H24年5月完了	完了
		使用済セシウム吸着塔の遮へい、配置の工夫		随時	使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第一施設）の追加遮へいを設置済
敷地境界線量の低減	放射線源毎の低減対策、工程、目標値の設定、効果の確認、追加対策の検討		平成25年3月末	低減対策の実施により、気体、固体によるH25年3月末時点の線量は1mSv/年未満を達成。（液体については放出していない） ・地下貯水槽から敷地南エリア等に移送した汚染水の影響により、敷地境界の線量が7.8mSv/年と評価され目標値を超えることから、多核種除去設備を用いて汚染水を浄化し、敷地周辺の線量を可能な限り速やかに低減する。（目標達成時期については精査中）	
	運転操作等に伴い放射線レベルが大幅に変動する可能性のある場所における被ばくリスク低減のための連続監視用の放射線モニタ設置の検討		—	「運転操作等に伴い放射線レベルが大幅に変動する可能性のある場所」として、燃料取扱をする施設に、放射線モニタを設置していく方針とした（H25年3月）。詳細な設置箇所については、今後の工程進捗に合わせて判断していく。	
【指示事項】 ⑬バックグラウンドの放射線量が高いモニタリングポストについて、モニタリングポスト周辺の除染、土壌の遮へいを等を行い、原子炉施設に起因する放射線影響を適切に把握できるようにすること。	モニタリングポスト	・当面の環境改善対策の実施、目標値10μSv/h以下の達成 ・当面の環境改善対策の評価 ・中長期的対策（除染）の検討 ・当面の対策（施設側遮へい壁の削減）の検討	・平成24年4月完了 ・平成24年度上期 ・平成24年度下期（継続） ・平成25年3月末	・終了 ・終了 ・方針検討中（モニタリングポスト周囲の線量が高いため、構内除染の方針に合わせて総合的に検討を実施していく） ・方針検討中（モニタリングポスト周囲の線量が高いため、構内除染の方針に合わせて総合的に検討を実施していく）	
【指示事項】 ⑭上記の信頼性向上等に係わる中長期の取組を着実に実施する組織体制を構築すること。また、その取組状況を適切に管理し、継続的な評価・改善を図ることができる組織運営とすること。	—	品質方針の改定	平成24年12月未途	1F事故調査の結果も踏まえた妥協なき安全追求のための新たな品質方針を策定（H25年2月より施行開始）。	
		管理責任者レビューの実施要領の制定、開催	平成24年11月下旬に、管理責任者レビューを開催予定	・マネジメントレビュー実施基本マニュアルをH24年11月に改訂し、1F-1～4号機の廃止措置等における人や予算の資源の管理及び就労環境の状況に関するレビューを四半期に1回開催する事を新たに定義。 ・上記改訂マニュアルに基づき、H24年12月及びH25年3月に管理責任者レビューを開催。	
		人的資源の配分に係る具体的な実施事項等を検討	H24年度中に、次回の定期異動に向けた具体的な実施事項を検討	・作業会を立ち上げ、現状の分析・評価等を実施中（平成25年3月の管理責任者レビューにて検討状況（分析・評価結果等）を報告） ・業務量に対し明らかに要員が少ない箇所へ要員を補充 ・安定化Cの各管理者へ、業務の偏り等や中核者の育成、適正要員配置を行う仕組みの構築に対するヒアリングから抽出された課題に対して対応中 ・今後も、適正な人的資源の配分に向けて検討を継続する	
		就労環境の改善に対する取組内容を検討	実態・課題の把握 ・平成24年10月未途 ・定期（年2回）	・就労環境実態把握のためのアンケート実施・集約（H24年9月～10月に実施し12月に公表。アンケート結果を踏まえ、Jヴィレッジでの講習会や適切な労働条件確保に関する元請調査等を実施済み。） ・今後も定期的に就労実態に関するアンケートについて実施予定。	

東京電力(株)福島第一原子力発電所 1～4 号機の廃止措置等
に向けた個別研究開発プロジェクト（全体計画）

平成 25 年 6 月 27 日

原子力災害対策本部

東京電力福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議

目 次

(1) 使用済燃料プールから取り出した燃料等に係る研究開発

- (1-1) 使用済燃料プールから取り出した燃料集合体他の長期健全性評価
- (1-2) 使用済燃料プールから取り出した損傷燃料等の処理方法の検討

(2) 燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発

- (2-①-1 a) 原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発
- (2-①-1 b) 総合的線量低減計画の策定
- (2-①-2, 3) 原子炉格納容器水張りに向けた調査・補修（止水）技術の開発
- (2-①-4) 原子炉格納容器内部調査技術の開発
- (2-①-5) 原子炉圧力容器内部調査技術の開発
- (2-①-6) 燃料デブリ・炉内構造物取出工法・装置開発
- (2-①-7) 炉内燃料デブリ収納・移送・保管技術開発
- (2-①-8) 原子炉圧力容器／格納容器の健全性評価技術の開発
- (2-①-9) 燃料デブリの臨界管理技術の開発
- (2-②-1) 事故進展解析技術の高度化による炉内状況の把握
- (2-③-1, 2, 3) 模擬デブリを用いた特性の把握、実デブリの性状分析、燃料デブリ処置技術の開発
- (2-③-4) 燃料デブリに係る計量管理方策の構築

(3) 固体廃棄物の処理・処分に係る研究開発

(参考資料1) 燃料デブリ取り出し準備に係る主な研究開発のイメージ

(参考資料2) 固体廃棄物処理・処分に係る研究開発のイメージ

(1-1) 使用済燃料プールから取り出した燃料集合体他の長期健全性評価

目的

使用済燃料プールの燃料は、海水注入、ガレキコンクリートの混入などによる塩化物イオンや高pHの環境に晒されており、通常の使用済燃料とは異なる保管履歴を経験している。また、落下ガレキにより一部の被覆管が破損している可能性もある。これらの燃料を共用プールで長期保管する場合や乾式保管する場合、ガレキや塩化物イオンなどによる水質変化、照射などの要因が重畳し、燃料集合体の強度劣化が加速する可能性も考えられる。

共用プールでの長期保管や乾式保管に関する技術を確認し、使用済燃料の今後の最適な保管方法を確立するため、また、将来の再移送時の取り扱い時健全性を確保するため、実機燃料の調査／試験結果を基に長期にわたる燃料健全性を適切に推定できる評価手法を開発する。

実施内容

1. 燃料集合体の長期健全性評価技術開発

(1) 長期健全性評価のための試験条件検討

使用済燃料プールおよび共用プールの水分析やガレキ浸漬後の水質分析を基に、長期健全性評価のための試験条件を策定する。

(2) 燃料構造材の長期健全性評価技術開発

① 使用済燃料集合体の調査：共用プールに移送後の使用済燃料を照射後試験施設に輸送し、非破壊検査、マイクロ分析による付着物性状調査、異種金属接触部、すき間部位、溶接部の腐食状況調査および強度試験を行い、事故後の水質環境に晒された使用済燃料の状態を把握する。

② 長期健全性評価手法の確立：輸送した使用済燃料の異種金属接触部、すき間部位、溶接部などから試験片を採取し、共用プールの水質を模擬した条件下および加速条件下で浸漬試験を実施し、腐食挙動を調べるとともに強度試験を実施し、腐食の影響評価手法を確立する。また、燃料の構造等を模擬した未照射試験腐食試験及び強度試験を実施し、共用プールに持ち込まれるガレキ等が腐食に及ぼす影響や、ガレキによる損傷による腐食影響を評価する手法を確立する。

③ 共用プール保管燃料の健全性確認手法の確立：共用プールにおける使用済燃料集合体の外観観察、酸化膜厚さ測定、すき間部の外観観察などの測定技術等を開発し、共用プールに移送した事故を経験した燃料の健全性を確認する手法を確立する。

④ 長期健全性維持のための対策技術開発：腐食試験の結果を踏まえ、必要に応じて使用済燃料の長期保管を実現するための腐食抑制対策を検討・開発するとともに、効果の確認試験、評価を行う。

⑤ 使用済燃料プールに保管されている使用済燃料の乾式貯蔵に必要な調査・技術開発を行う。

2. 燃料集合体移送による水質への影響評価技術開発

(1) 燃料からの溶出評価：照射後試験施設に輸送した燃料から採取した部位、ガレキを純水に浸漬し、定期的に水質分析を行うことによって溶出挙動を調べる。

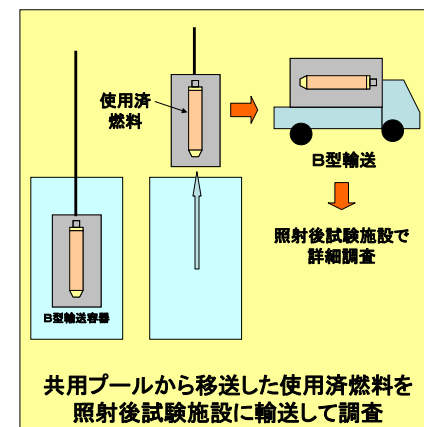
(2) 破損燃料からのFP等溶出評価：破損した燃料を共用プールに運び込んだ場合、被覆管内部の燃料ペレットから腐食性FPが溶出する可能性がある。これによる長期保管時の影響評価手法を開発するため、既に照射後試験施設に保管してある健全燃料から取り出した照射済ペレットを共用プール模擬水などに浸漬し、FP等の溶出挙動を調べる。

3. 長期健全性に係る基礎試験

事故後の特殊環境を経験した燃料被覆管の調査結果及び試験結果を健全燃料と比較して評価するため、使用済燃料被覆管を用い、加速試験として温度や塩化物イオン濃度、pH等の環境を幅広く変えた条件での電気化学試験、強度試験、腐食試験、試験後の腐食形態等の詳細観察を行う。

目標工程

事項／年度	第1期			第2期			
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1. 燃料集合体他の長期健全性評価技術開発							
2. 燃料集合体移送による水質への影響評価技術開発							
3. 長期健全性評価に係る基礎試験							



(1-2) 使用済燃料プールから取り出した損傷燃料等の処理方法の検討

目的

原子炉建屋プールの燃料には海水による塩分の付着が考えられ、一部の燃料は落下したコンクリート片などにより損傷、漏えいしている可能性もある。よって、これらの燃料については、再処理における技術的課題の調査・検討を行うとともに、再処理が可能か否かを判断するための指標を整備するための検討を行う。

実施内容

1. 損傷燃料等に関する事例調査
 - ・国内外における損傷燃料の取扱い実績について調査する。
2. 損傷燃料等の化学処理工程等への影響の検討
 - (1) 不純物による再処理機器への腐食影響評価

燃料に付着した塩分や燃料に同伴したコンクリート片等の不純物の硝酸への溶解を考慮し、模擬溶液を用いた再処理機器材料の腐食試験を行い、腐食影響を評価する。
 - (2) 不純物の工程内挙動評価

燃料溶解液への不純物の移行を考慮し、模擬溶液を用いた抽出特性試験等を行い、不純物の化学処理工程内の挙動を評価する。
 - (3) 不純物の廃棄体への影響評価

不純物の廃液への移行を考慮し、模擬溶液を用いた試験等を行い、不純物のガラス固化体等の廃棄体の性状への影響を評価する。
3. 損傷燃料等のハンドリング等に係る検討
 - (1) 受入・貯蔵設備におけるハンドリング方法の検討

現在の再処理施設ではハンドリングが困難な損傷燃料に対する、受入・貯蔵設備におけるハンドリング方法を検討する。
 - (2) 燃料のせん断に係る評価

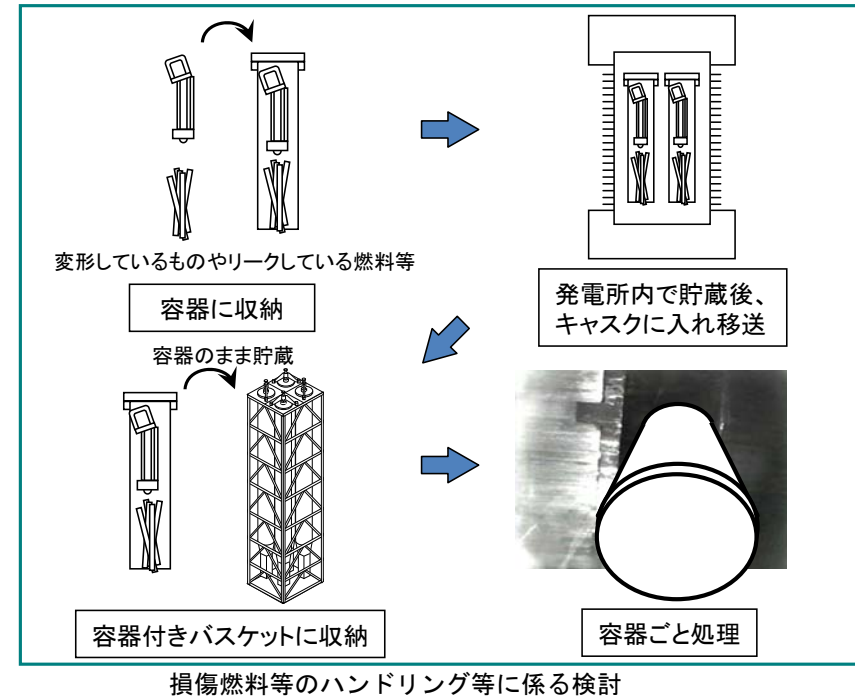
容器からの燃料取り出しや、チャンネルボックスの取り外しが困難な場合を考慮し、容器やチャンネルボックスとともに燃料をせん断することの可否や処理に及ぼす影響について、模擬燃料を用いた試験等により評価する。
4. 損傷燃料等の分別指標の検討
 - ・上記の検討結果を整理し、再処理が可能か否かを判断するための指標を整備する。

目標工程

事項／年度	第1期	第2期			
	2013	2014	2015	2016	2017
1. 損傷燃料等に関する事例調査	■				
2. 損傷燃料等の化学処理工程等への影響の検討		■	■	■	■
3. 損傷燃料等のハンドリング等に係る検討			■	■	■
4. 損傷燃料等の分別指標の検討			■	■	■

候補となる技術例

要素技術	適用例
損傷燃料等の化学処理等	—
損傷燃料のハンドリング	ピンホール燃料の処理



(2-1-1a)原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発

目的

原子炉建屋内作業では、被ばく低減の観点から汚染されたエリア等の除染・遮へいが重要となる。除染方法の選定にあたっては、除染性能、適用性、被ばく及び二次廃棄物処理特性等を総合的に評価して選定する必要があるが、現状、汚染状態及び除染方法による除染性能のデータが少ないため、その適用性評価を実施する。さらに、総合的な線量低減対策として、遮へいの検討を行なう。なお、格納容器等の除染対象箇所は高線量下にあるため、遠隔装置の開発を行う。開発をした装置については、格納容器周りのエリアを含め、遠隔装置の適用性を評価することも実施する。

実施内容

1. 汚染状況の基礎データ取得

除染概念検討に先立って、条件となる汚染状況を設定する必要があるため、除染対象箇所の汚染状態を推定・調査し、そのベースとする。まずPCV周りのエリア(原子炉建屋1階)の汚染状況を調査し、その後、他のエリア(各建屋の代表的な汚染源)について調査する。なお、調査のためには遠隔装置が必要であり、汚染状況調査のための遠隔装置を検討・製作し調査に利用する。

2. 除染技術整理及び除染概念検討

除染技術の整理にあたっては、除染性能、除染にかかる時間、二次廃棄物発生量と処理特性、遠隔装置との組合せの可能性等について検討を行うとともに難易度の高い上部階等へのアクセス装置の検討を行う。また、現場の汚染状況調査の結果により、汚染箇所に対する除染技術の選定について、除染概念を検討し、実機適用性を検討する。

3. 模擬汚染による除染試験

候補となる除染技術の試験を実施し、汚染の状態と適用可能な除染技術のデータベースを作成する。試験に使用するサンプルは調査で得られた汚染状態を模擬して製作する。

4. 除染技術の実証

除染装置を製作し、遠隔装置と組み合わせ、除染技術の実証試験を行う。

5. 実機遮へい設置実証

除染・遮へい等を組み合わせた線量低減対策の検討に基づき、遮へいが必要な箇所の代表箇所について、遮へい体を製作し、遠隔で設置できることを確認する。

目標工程

事項/年度	2011	2012	2013	2014
1. 汚染状況の基礎データ取得				
・汚染状況の推定	■			
・汚染状況調査装置の設計、製作	■	■		
・汚染状況の調査・評価		■	■	■
2. 除染技術整理及び除染概念設計				
・既存技術の調査	■			
・除染概念設計		■	■	
3. 模擬汚染の作成、模擬汚染による除染試験				
・模擬汚染の作成	■	■		
・模擬汚染用除染装置の設計、製作		■		
・模擬汚染による除染試験		■	■	
4. 遠隔除染装置設計製作、遠隔除染実証				
・遠隔除染装置設計製作		■	■	■
・遠隔除染装置調整、試験、トレーニング		■		■
・遠隔除染実証		■	■	■
5. 実機遮へい設置実証				
・実機遮へい、設置装置の設計、製作			■	■
・実機遮へい設置実証			■	▽

▽(2014上): 初号機として2号機の原子炉格納容器下部調査が可能となるよう除染等を完了

(2-①-1b) 総合的線量低減計画の策定

目的

過酷事故により高線量となったプラント内において、作業員の被ばく低減を目的として「建屋内の遠隔除染技術の開発」を実施しているところ、当該の目的を達成するためには遠隔除染装置だけでなく、遮へい、フラッシング等様々な線量低減策をエリア毎に効果的に組み合わせる必要がある。

本研究開発では、作業エリア内の空間線量率から線量低減対象範囲、低減方策を見極め、遠隔除染技術を含めた総合的な線量低減方策を立案することにより、プラント内作業、作業員の被ばく低減を実現する。

実施内容

総合的な被ばく低減技術の開発の実施内容は以下のとおり。

被ばく低減の対象箇所は、主に原子炉建屋1階のPCV内部調査PCV漏えい箇所等の調査作業場所等及び爆発損傷階、階段室などの共通アクセス通路等の検討をフェーズⅠ（平成24年度）、その他のエリアの検討をフェーズⅡ（平成25年度）に実施する。

1. 作業エリアの状況把握

被ばく低減計画の立案に先だって、作業エリアを特定すると共にエリア内の線量率、特定線源の有無、機器配置や建屋の損傷等の環境条件について整理し、被ばく低減計画の策定に必要となる因子の洗い出しを行なう。

2. 原子炉建屋内の作業計画の策定

1. において定めたエリア毎の目標線量率を達成させるため、既存除染技術や遮へい技術を適切に組み合わせ、作業エリア毎に最適となる個々の被ばく低減方法を選定し、作業エリア内の被ばく低減計画を策定する。

3. 爆発損傷階の作業計画の策定

1. において定めたエリア毎の目標線量率を達成させるため、既存除染技術や遮へい技術等を適切に組み合わせ、作業エリア毎に最適となる個々の被ばく低減方法を選定し、作業エリア内の被ばく低減計画を策定する。

目標工程

工程表

事項／年度	フェーズⅠ	フェーズⅡ
	2012 年度	2013 年度
1. 作業エリアの状況把握	■	
2. 原子炉建屋内の作業計画の策定	■	
3. 爆発損傷階の作業計画の策定		■

(2-①-2, 3) 原子炉格納容器水張りに向けた調査・補修(止水)技術の開発

目的

原子炉圧力容器と原子炉格納容器のバウンダリ機能が喪失した状態で燃料デブリを取り出すためには、まずは遮へい等の観点から原子炉格納容器を補修(止水)してバウンダリを再構築し、原子炉格納容器内を原子炉圧力容器と共に水で満たした状態にすることを想定している。しかし、原子炉格納容器近傍は高線量下で狭隘部もあり、また格納容器下部(圧力抑制室等)が浸水しており、こうした環境で格納容器を調査・補修(止水)する技術は未だ確立されていない。このため、格納容器の水張りに向けて、高線量・狭隘・水中環境における調査・補修(止水)工法と装置を開発する。

実施内容

2-①-2 原子炉格納容器調査技術の開発

1. 点検調査工法の検討・装置設計

- ・原子炉格納容器の水張りに向けた調査工法を検討し、調査装置を設計する。また、原子炉建屋から隣接建屋への漏水箇所を調査するための工法を検討し、装置を設計する。
- ・以下に区分して調査装置を設計する。

トラス室壁面、サブレンジンチャンバー(S/C)上部、S/C下部外面、ベント管ードライウェル(D/W)接合部、D/W外側開放部、D/W外側狭隘部、サンドクッションドレン管

2. 点検調査装置の製作・改良

- ・設計した装置の製作、機能確認及びモックアップ試験とともに実機適用性評価(現場実証)を行い、必要に応じて改良を進める。

2-①-3 原子炉格納容器補修(止水)技術の開発

1. 補修工法の検討・装置設計(下部用)

- ・原子炉格納容器下部を補修(止水)するための工法と原子炉建屋から隣接建屋への漏水箇所を補修(止水)するための工法を検討し、必要な装置を設計する。

2. 補修装置の製作・改良(下部用)

- ・設計した装置を製作し、実機適用性評価を行った上で、必要に応じて装置を改良する。

3. 補修工法の検討・装置開発(上部用)

- ・原子炉格納容器上部を補修(止水)するための工法を検討し、必要な装置を設計する。

4. 補修装置の製作・改良(上部用)

- ・設計した装置を製作し、実機適用性評価を行った上で、必要に応じて装置を改良する。

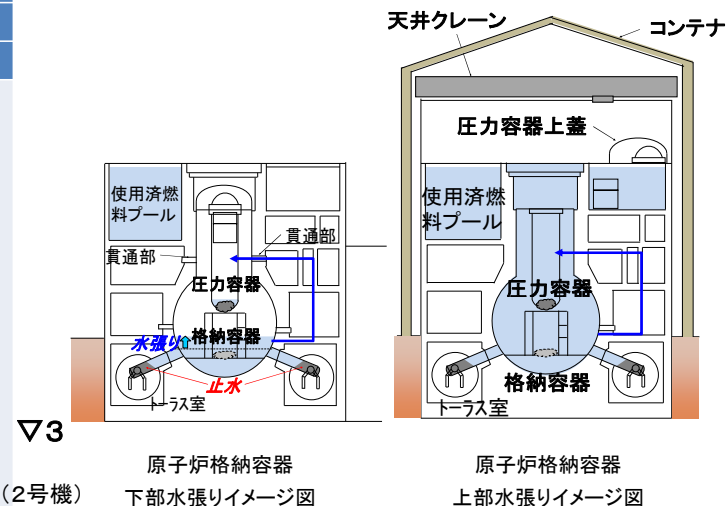
5. 代替工法の検討

- ・原子炉格納容器を水で満たして炉心燃料を取り出す工法の代替工法について検討する。

目標工程

事項/年度	第1期			第2期			
	2011	2012	2013	2014 (前)	2015	2016	2017 (中)
漏えい箇所特定技術の開発							
1.点検調査工法 検討・装置設計	■						
2.点検調査装置 製作・改良 (モックアップ, 実機適用性評価含む)			■	■			
補修技術の開発							
1.補修工法検討・装置設計 (下部用)	■			■			
2.補修装置 製作・改良 (下部用)				■	■	▽1	▽2
3.補修工法 検討・装置設計 (上部用)	■			■			
4.補修装置 製作・改良 (上部用)				■	■	■	
5.代替工法の検討	■						

▽1(2016下):原子炉格納容器下部補修(止水)方法の確定(2号機)
 ▽2(2017上):原子炉格納容器下部補修(止水)に着手
 ▽3(2018上):原子炉格納容器上部補修(止水)方法の確定



(2-①-4)原子炉格納容器内部調査技術の開発

目的

現在、燃料デブリの存在状況は不明であるため、その取り出しに向けて原子炉格納容器内のデブリの位置及び状況を事前に調査するとともに、原子炉圧力容器を支持するペDESTAL等の状況も確認する必要がある。また、原子炉格納容器内は高温・多湿・高線量の過酷環境下であり、遠隔装置等による調査が必要となる。さらに、原子炉格納容器内に装置を投入するために原子炉格納容器バウンダリを開放する際には、放射性物質が飛散しないためのシステムも併せて開発する必要がある。

実施内容

原子炉格納容器内の状態把握、原子炉圧力容器の漏えい調査、燃料デブリ取り出し工法の検討を目的とした原子炉格納容器内調査の工法および装置の研究開発を行う。原子炉格納容器外まで作業員または装置がアクセスし、原子炉格納容器貫通孔等から遠隔検査装置を投入し原子炉格納容器内部を調査する計画を基本とし、以下の研究開発を行う。

1. 炉内状況の推測結果に基づく既存技術の整理

原子炉格納容器/圧力容器内の状況(デブリの位置・流下挙動、構造 健全性・損傷状態等)をプラントパラメータ計測、シミュレーション等により推測し、適切な調査計画を立案(工法の概念検討)するとともに、過酷な環境下においても適用可能な既存技術を整理する。

2. アクセス方法と装置の開発

- ・原子炉格納容器事前調査工法の検討及び装置(移動機構)開発
- ・原子炉格納容器内本格調査工法の検討
- ・原子炉格納容器内本格調査のアクセス装置(移動機構)開発

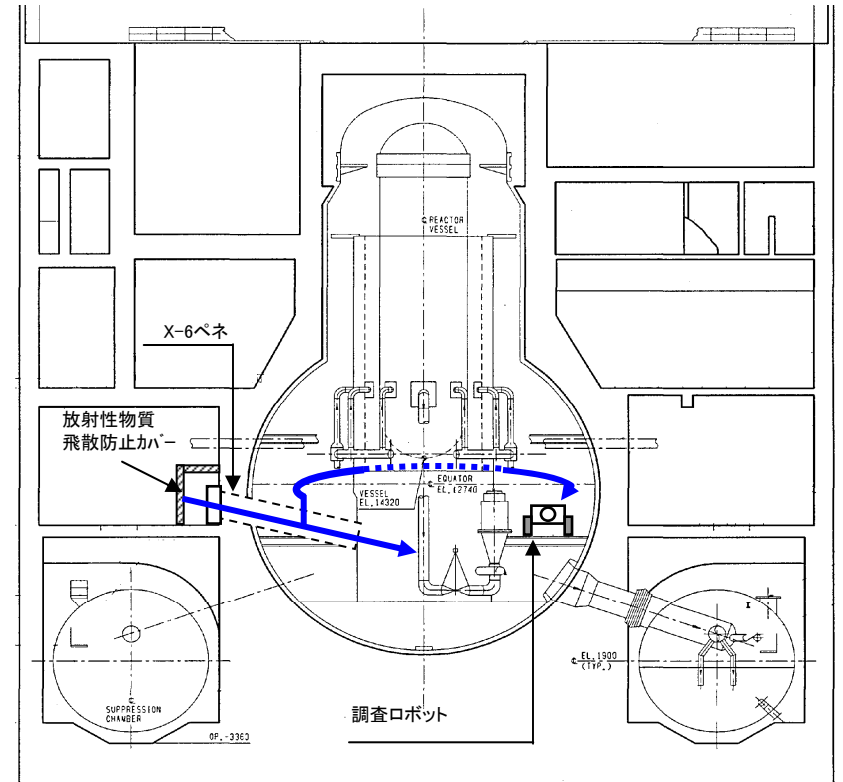
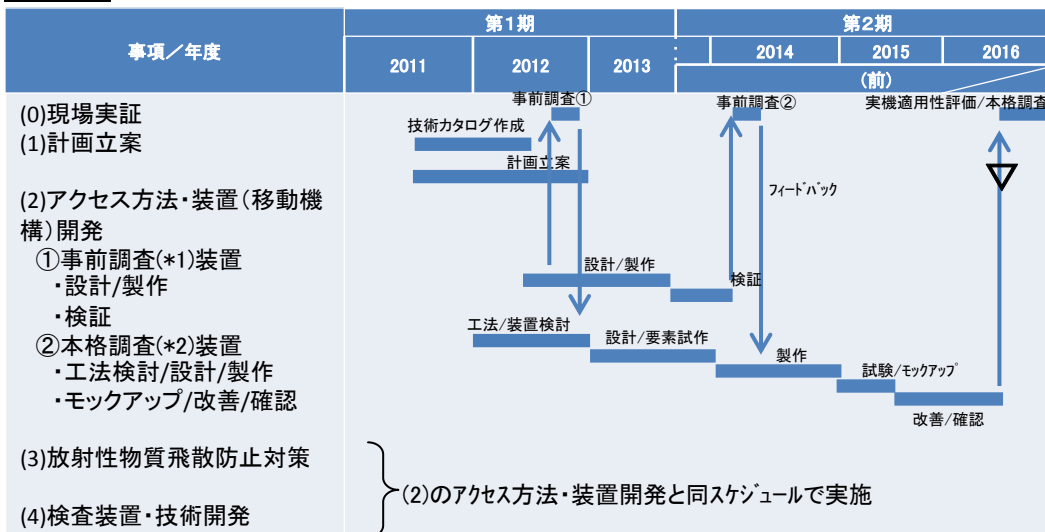
3. 原子炉格納容器内部の放射性物質に対する対策

調査時および調査後に、原子炉格納容器内部から放射性物質が飛散することによる作業員および公衆の被ばくに対する対策として、飛散防止カバー及びカバー内で原子炉格納容器開口部の開閉・装置挿入引抜きを行う遠隔機構を検討する。

4. 検査装置・技術の開発

従来の点検範囲を超える箇所、手段、環境(線量、温度等)で検査するために、移動機構に搭載可能な検査装置・技術の開発を行う。

目標工程



▽(2016下): 原子炉格納容器内調査方法の確定

*1) 事前調査: 本格調査のためのPCV内事前調査
 *2) 本格調査: 燃料デブリの位置の把握

(2-①-5)原子炉圧力容器内部調査技術の開発

目的

炉心溶融事故が発生した原子力発電プラントの解体にあたり、燃料デブリを取り出して安全に保管する必要がある。燃料デブリの取り出しに先立ち、原子炉圧力容器(RPV)内の状況把握を可能にする調査技術を開発する。

実施内容

1. 計画立案

- ・RPV内部調査は、燃料デブリ取り出しに先立ちRPV内部の情報を取得することを目的として実施するものである。そこで、燃料デブリ取り出し方法のシナリオを検討し、このシナリオに基づき調査目的を整理し、調査項目及び調査対象部位を決定する。
- 一方、燃料デブリのサンプリングに関しては、燃料デブリの性状把握の要求に対して計画検討を行い、RPV内部調査計画に反映する。
- ・RPV内部調査計画に基づき、調査対象部位までのアクセス方法及び調査方法を検討し、その成立性の評価と開発課題の抽出を行う。また、燃料デブリのサンプリング方法を検討し、その成立性の評価と開発課題の抽出を行う。抽出された課題に対しては、要素試作・試験の計画を立案する。上記を本技術開発における技術開発計画とする。

2. アクセス技術の開発

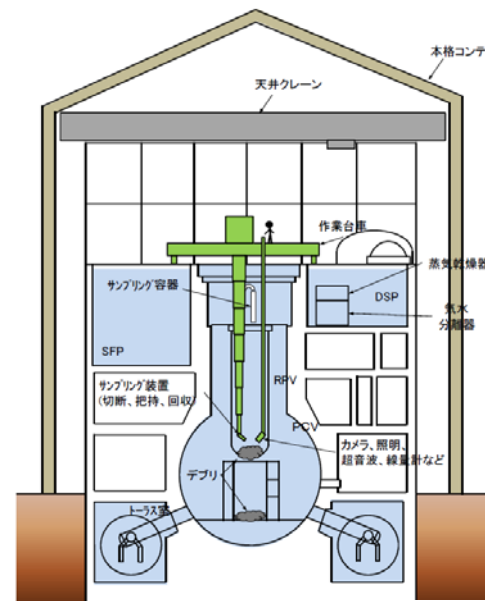
- ・調査対象部位の調査を可能にするアクセス技術の開発を行う。

3. 調査技術の開発

- ・要求される調査を可能にする調査技術の開発を行う。

4. サンプリング技術の開発

- ・燃料デブリのサンプリングを可能にする技術の開発を行う。



RPV内部調査概念図

目標工程

事項/年度	第1期			第2期					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
				(前)			(中)		
1. 計画立案			■						
2. アクセス技術の開発				■	■	■	■	■	■
3. 調査技術の開発				■	■	■	■	■	■
4. サンプリング技術の開発				■	■	■	■	■	■
5. 実機適用性評価試験									■

▽1 ▽2

▽1 (2018下): 原子炉圧力容器内部調査方法の確定
 ▽2 (2019下): 原子炉圧力容器内部調査の開始

(2-①-6) 燃料デブリ・炉内構造物取出技術の開発

目的

燃料デブリの取り出し作業は、TMI-2の事例が参考となるが、福島第一原子力発電所は沸騰水型原子炉であり圧力容器内部に多くの炉内構造物があること、燃料デブリの一部が原子炉格納容器に移行したと考えられることから、燃料デブリや炉内構造物を取り出す工法および装置について新たな技術開発を実施する。

実施内容

- 既存技術のカタログ整理
燃料デブリを取り出すために必要な既存技術(TMIで実績のある装置を含む)のカタログ化および整理を実施する。
- 燃料デブリ取出工法の立案
圧力容器および格納容器から燃料デブリ・炉内構造物を取り出す工法を立案する。
- 燃料デブリ取出装置の開発
模擬デブリの材料特性と燃料デブリ取出工法を踏まえ、燃料デブリ・炉内構造物の取出装置(関連装置を含む)を開発する。
- 実機適用性評価
装置単体機能試験等を行い、燃料デブリ・炉内構造物取出装置の実機適用性評価と改善を行う。
- モックアップ試験
実物大試験設備を用いた関連装置を含むモックアップ試験を行い、工法の検証を行う。

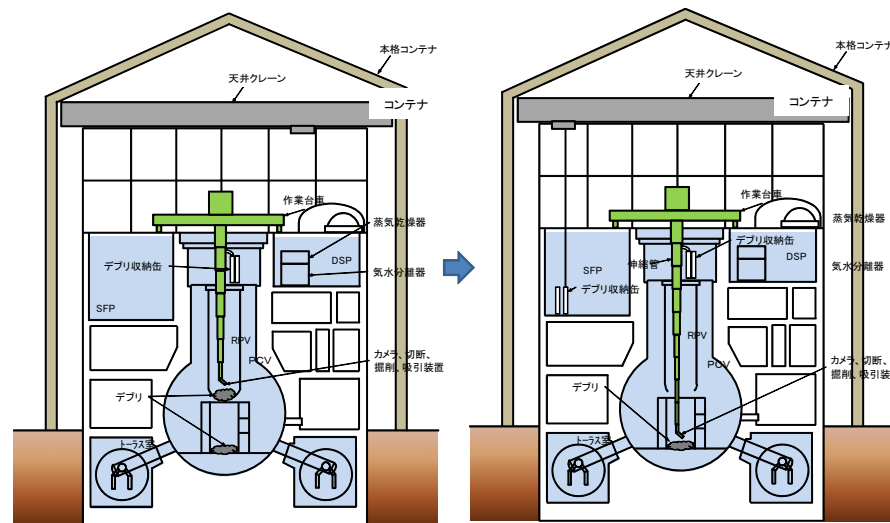
候補となる技術例

要素技術	適用例
ウォータージェット切断、レーザー切断、プラズマ切断、各種機械的切断技術	シュラウド取替時の炉内切断、等
切断時に発生する切粉、ガス等の効率的な回収技術	シュラウド取替時の炉内切断、等
遠隔操作技術(切断、デブリ回収)	シュラウド取替時の炉内切断、等
原子炉格納容器に移行した燃料デブリの回収	—

目標工程

事項/年度	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	(前)		(中)			(後)	
1. 既存技術のカタログ整理	■						
2. 取出工法の立案	■						
3. 燃料デブリ取出装置の開発		■	■	■	■		
4. 実機適用評価 (装置単体機能試験)					▽1		
5. モックアップ試験							▽2

▽1(2018上): 燃料デブリ物取り出し方法の確定
▽2(2020上): 初号機の燃料デブリ取り出しの開始(最速プランの場合)



原子炉圧力容器/原子炉格納容器からの燃料デブリ取り出しの概念図

(2-①-7) 炉内燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発

目的

燃料デブリ収納缶に関する基本的な考え方はTMI-2が参考となるが、海水注入による腐食の進行及び燃料の燃焼度の観点から、福島第一原子力発電所の方が高線量・高発熱量であると推定されることなどから、炉内状況を把握した上で、燃料デブリ収納缶に関する技術開発を行う。

実施内容

1. 破損燃料輸送・貯蔵に係る調査及び研究計画立案

燃料デブリを収納・移送・保管するための収納缶の開発に資するため、国内外の破損燃料（リーカ燃料含む）の輸送・貯蔵技術に係る実績について調査を実施する。

また、他の開発の進捗や福島第一原子力発電所における実プロジェクトの進捗の状況を踏まえ、課題に対するアクションプランを検討し、2014年度以降の開発計画に反映する。

2. 炉内燃料デブリの保管システムの検討

福島第一原子力発電所の状況を考慮した炉内燃料デブリ向けのプール貯蔵や乾式貯蔵システム（金属キャスク、コンクリートキャスクなど）の検討を実施する。

3. 事前調査結果に基づく安全評価技術の開発

炉内の種々の燃料デブリを収納する缶を臨界、遮へい、除熱、密封、構造の観点から評価する手法を開発するとともに、海水・微生物・ホウ酸水等の影響を考慮した材料選定を行う。

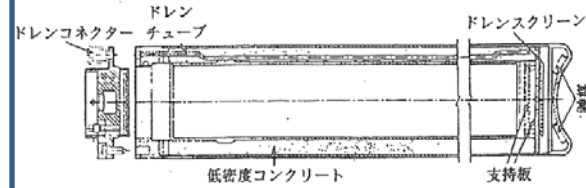
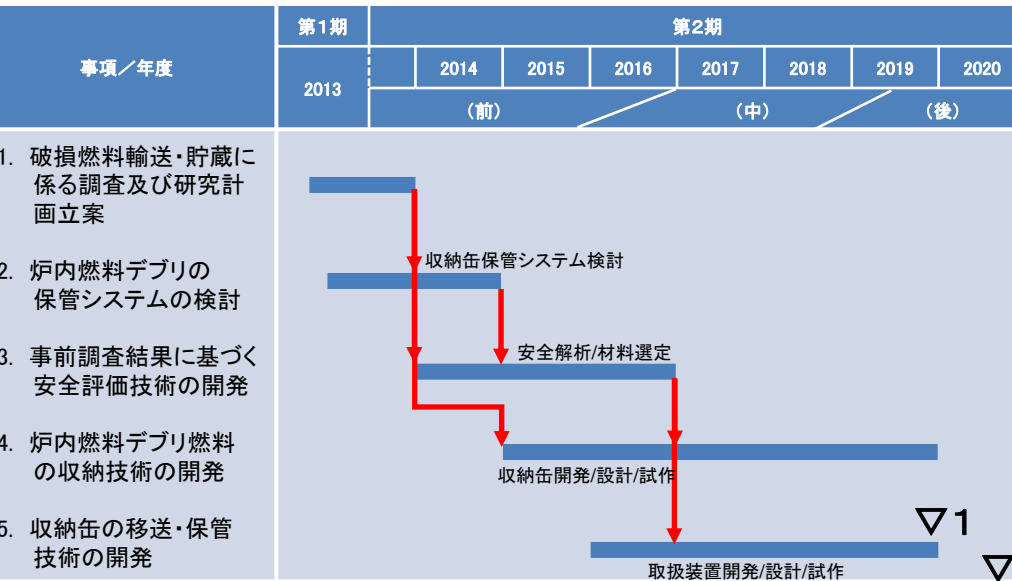
4. 炉内燃料デブリの収納技術の開発

燃料デブリ形状や熔融状態に応じた収納方法を立案し、技術の開発、収納缶の製作を実施し、モックアップ試験に資する。

5. 収納缶の移送・保管技術の開発

収納缶を効率的に移送・保管するための遠隔/自動操作・封入技術の開発、装置の製作を実施し、モックアップ試験に資する。

目標工程



燃料デブリ収納性

- 燃料デブリ形態を踏まえた収納法
- 遠隔ハンドリング

除熱性・再臨界防止

- 燃料デブリ性状（崩壊熱）を考慮した伝熱構造
- 再臨界を防止する収納配置・材料・構造

遮へい

- 燃料デブリインベントリ（線量）を考慮した遮へい材料・構造

密封性

- 燃料デブリ形態を踏まえたシール部材の評価
- 密封健全性の確認手法

材料

- 燃料デブリ形態・性状に適合した強度、耐食性・耐熱性

構造（形状・サイズ）

- 燃料デブリ形態に適合した構造
- 収納性を考慮した構造

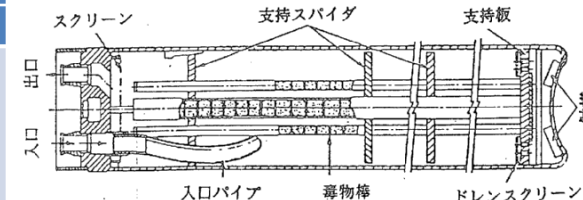
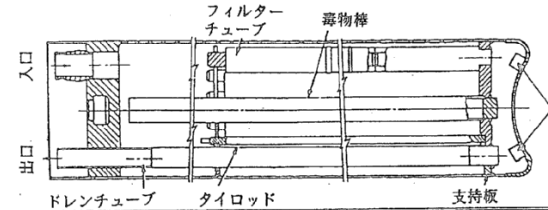


図 炉内デブリ用収納缶（TMIの例）

燃料・燃料デブリの形状により複数の収納缶を使用しているが、その外寸は同じで、収納する輸送容器は共通

▽1 (2019下)：燃料デブリ収納缶の開発・準備完了

▽2 (2020上)：初号機から取り出された燃料デブリの収納・移送・保管の開始（最速プランの場合）

(2-①)-8)原子炉圧力容器/格納容器の健全性評価技術の開発

目的

海水が注入された原子炉圧力容器・格納容器の構造材の腐食や、原子炉圧力容器ペダスタルの事故後の高温等による強度低下が懸念されることから、各機器に想定される腐食速度や材料強度データ等を取得し、燃料デブリ取り出しまでの期間の構造健全性評価を行う。また、必要に応じて実機適用ができるように、腐食抑制策を先行的に開発する。

実施内容

原子炉圧力容器 (RPV) 及び原子炉格納容器 (PCV) の構造材料は、高温の海水に曝されていたため、腐食が懸念される。また、鉄筋コンクリート製のRPVペダスタルは、高温かつ海水環境に曝されていたこと、高温のデブリ落下による侵食の可能性があるなど、構造強度低下が懸念される。

そこで、各材料の腐食速度データや高温強度データ等を取得し、構造健全性評価を行う。さらに、RPV、PCV構造材に対する腐食抑制策を確立し、実機適用性の確認を行う。

(1) 原子炉容器の構造材料腐食試験

高温海水や希釈海水に曝された鋼材の腐食試験を行い、構造材の腐食速度に関するデータを取得する。また余寿命評価に資する高温強度データを取得する。

(2) RPVペダスタル鉄筋コンクリート劣化試験

コンクリート中の塩化物イオン拡散試験を実施する。また、コンクリート中の鉄筋の腐食試験を実施する。

(3) 原子炉容器、RPVペダスタルに対する腐食抑制策確認試験

RPV、PCV構造材料等に対して用いる腐食抑制策の確認試験を行い、腐食抑制効果を確認する。

(4) 原子炉容器、RPVペダスタル構造物余寿命・寿命延長評価

従来知見や上記データベースに基づき、RPV、PCV及びRPVペダスタルの構造物余寿命評価及び寿命延長評価を行う。

(5) RPVペダスタル健全性に対する高温デブリ落下影響評価

高温デブリ落下によるRPVペダスタル基部の侵食範囲の想定や、熱影響範囲の強度特性変化等、RPVペダスタルの構造健全性に及ぼすデブリ落下影響の評価手法を検討する。また、想定した複数の条件についての構造解析を先行的に実施し、今後の炉内状況調査によりRPVペダスタルの状況が明らかになった際の速やかな健全性評価に資する。

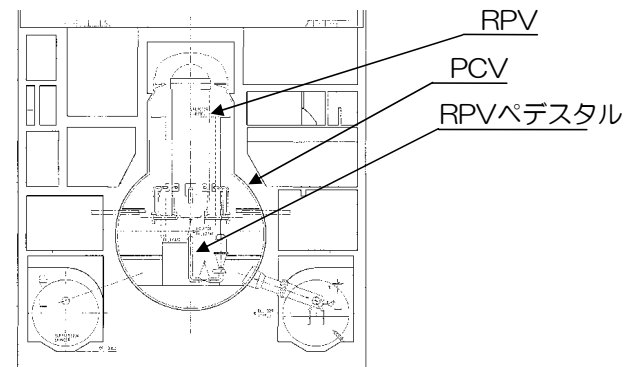
(6) 原子炉注水配管等の評価

安定的な冷却機能維持のために重要な原子炉注水配管内部等、冷却水の流動条件下にある機器の腐食挙動や、ノズル等の異種金属接触による腐食加速影響を評価する。

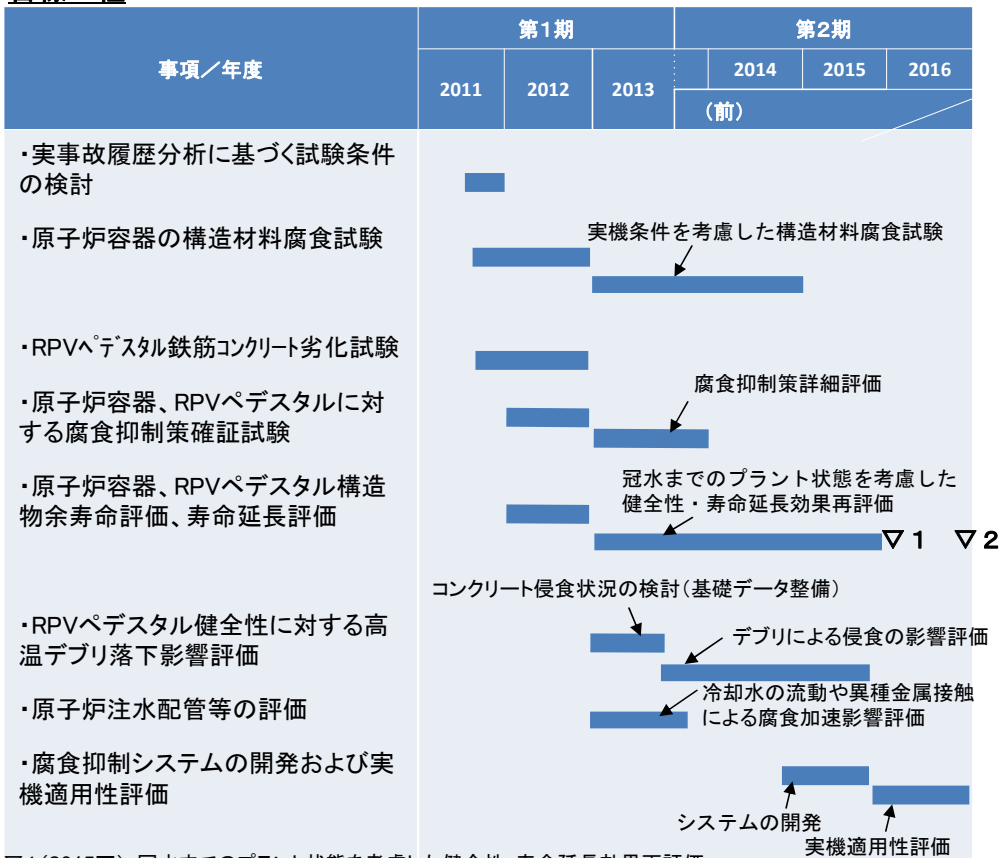
(7) 腐食抑制システムの開発および実機適用性評価

実機に適用可能な腐食抑制システムを開発し、上記結果より寿命延長効果の認められた腐食抑制策を試運用する。滞留水処理ループ内に腐食監視試験片を設置することで実機におけるRPV/PCV構造材への腐食抑制効果を確認する。

主な評価対象部位



目標工程



▽1 (2015下): 冠水までのプラント状態を考慮した健全性・寿命延長効果再評価

▽2 (2016下): 原子炉格納容器下部補修(止水)方法の確定

(2-①-9)燃料デブリの臨界管理技術の開発

目的

今後、燃料取り出し作業等に伴いデブリ形状や水量が変化した場合でも再臨界を防止するために、未臨界評価及びモニタリング技術を開発する。

実施内容

1. 臨界評価

過酷事故後の燃料デブリやプラント状態を想定した解析を行い、臨界となるシナリオを検討する。また、別途計画される模擬燃料デブリ試験により燃料デブリ性状に係る知見を取り込み、燃料デブリ取り出し工程に適用する解析精度を段階的に向上させる。さらに、臨界となる条件を想定して中性子応答・核分裂生成物量の解析評価を行い、臨界となった場合の被ばく影響緩和策を立案する。

2. 廃液処理、冷却設備の未臨界管理技術

燃料デブリが廃液処理設備や冷却設備に流出・蓄積して臨界に至る可能性があるため、未臨界モニタが必要である。このため、燃料デブリから発生する中性子を測定し、中性子源強度の変化と未臨界度の変化を識別できるように中性子信号を処理して未臨界を維持・管理するシステムを開発する。

3. 炉内の再臨界検知技術

中性子を検出する方法と短寿命核分裂生成物を測定する方法について検討を行う。

- (1) 原子炉格納容器内外の中性子線量分布について解析による予測評価を行う。また、別途計画される原子炉格納容器内外調査の結果に基づき、中性子検出が可能となる場所を調査して、これに適した中性子検出器システムを開発する。
- (2) 核分裂生成物から放出される γ 線をスペクトル分析して短寿命核種を測定する。 γ 線バックグラウンドが高い現状では核種分析が困難であるため、 γ 線バックグラウンドを低減して短寿命核分裂生成物核種の検出精度を向上させ、常時監視する検出器システムを開発する。

4. 臨界防止技術

燃料取り出し、輸送及び貯蔵作業時の再臨界を防止するため、中性子吸収材料と、これを利用した作業工法を開発する。また、臨界試験を行い、新たに開発する中性子吸収材の効果を確認する。

5. 臨界管理技術に係る基盤研究

模擬燃料デブリ試験等により得られた燃料デブリ性状に係る知見を踏まえ、臨界実験及び解析、並びに性状や核データの不確かさやPIE解析で得る燃焼計算誤差等の評価により、臨界量とその不確かさ等の基礎データを整備する。また、この評価に用いる解析コードの整備・改良を進めるとともに、取出作業時の監視手法の高度化を検討する。

1. 中長期的な人材育成

研究機関とは連携した取り組みを行っているが、今後も基礎的な炉物理及び臨界管理の知識を持つ人材が必要であり、大学における教育・研究を促進する協力の枠組みを検討する。また、若手技術者の能力向上・知見拡大に努め、長期にわたるデブリ臨界管理の確実な実施及び改善に必要な人材を確保する。

2. 国内外の叡智の活用

OECD/NEA等の国際会議、国内学会等において臨界管理に関する最新の研究動向の情報を入手するとともに、本技術開発の成果を発表し学術関係者の議論に付し、実施委員会を介した研究計画の見直しに資する。

目標工程

事項/年度	第1期		第2期					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
			(前)			(中)		
1. 臨界評価	[進捗条線]							
2. 廃液処理、冷却設備の未臨界管理技術	要求仕様策定	システム開発 機器設計、評価	△実機適用可否判断					
3. 炉内の再臨界検知技術	要求仕様策定	機器設計、評価						
4. 臨界防止技術	材料調査	材料開発				臨界試験		
5. 臨界管理技術に係る基盤研究	[進捗条線]							

▽(2019下):燃料デブリ臨界管理技術の開発

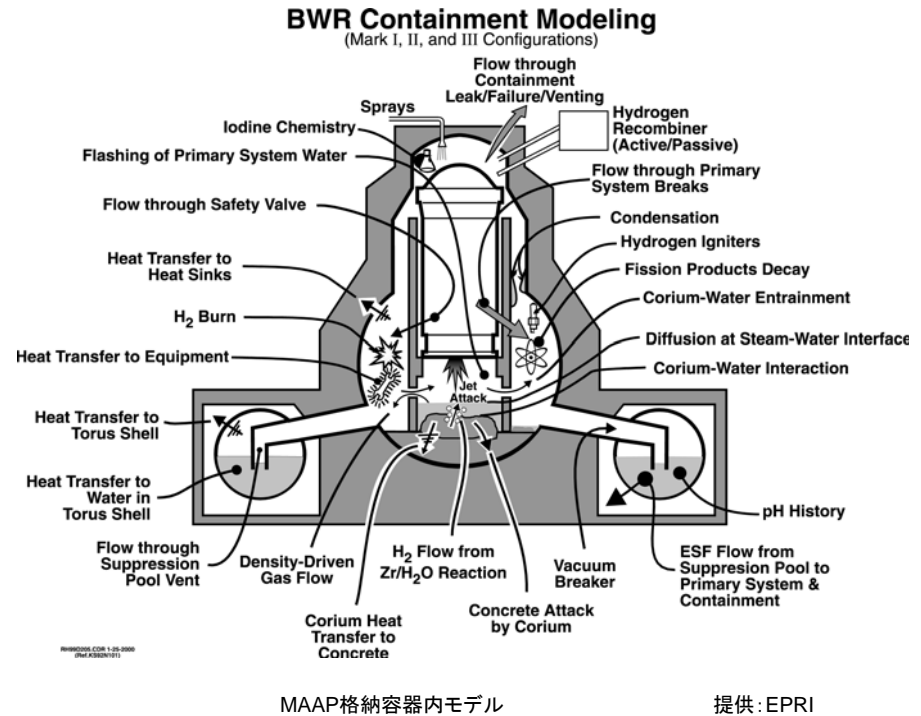
(2-②-1) 事故進展解析技術の高度化による炉内状況の把握

目的

燃料デブリの取り出しにかかる中長期的な対策の立案及び安全対策の策定に向けては、炉内状況を推定・把握することが不可欠であるが、現状、高線量下にある損傷炉心の直接的な観察は困難である。一方、その代替として期待される事故進展解析技術に関しては、事故進展の概要把握は可能であるものの、得られる結果に不確実性が大きく、それだけで燃料デブリの存在場所・形態、圧力容器の損傷程度等を推定するのは困難である。したがって、サイトのオペレーションから得られる情報とともに、これと並行して進められる事故進展解析技術の高度化による成果を用いて、炉内状況の推定・把握に対する取組みを継続的に実施する。

実施内容

1. 事故時プラント挙動の分析
 - ・電源喪失から炉心溶融、水素爆発に至るまでの事象進展に関して、事故時プラントの運転操作情報及び実機計測データ等に基づき、プラント挙動の分析を行う。
2. シビアアクシデント解析コード高度化
 - ・整理した既存のシビアアクシデント解析コードの特徴及び炉内状況把握に係る各コードの適用性の評価をもとに、シビアアクシデント解析コードの高度化を図る。
 - ・事故時プラント挙動の分析結果や模擬試験等による評価結果及び炉内の調査結果等を踏まえ、シビアアクシデント解析コードの高度化(炉心の下部構造を考慮した燃料デブリの移行に関するモデル追加等)を図る。
3. シビアアクシデント進展の詳細分析に資する模擬試験等
 - ・事故時の炉内熱水力条件、燃料集合体における溶融進展、溶融物が落下した圧力容器下部ヘッドの変形及び破損等を評価するための要素試験、模擬試験及び解析モデルの開発等を行う。
4. 炉内状況の推定・把握
 - ・1～3の成果、現場のオペレーションから得られる情報およびシビアアクシデント解析コード以外の計算コード等を用い、多角的なアプローチにより炉内状況の推定・把握に対する取組みを継続的に実施する。



目標工程

事項/年度	第1期間			第2期間						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1. 事故時プラント挙動の分析		プラント挙動分析								
2. シビアアクシデント解析コード高度化		適用性評価	▽1 ▽2							
3. 模擬試験等による評価										
4. 炉内状況推定・把握										

▽1 (2013上): MAAP及びSAMPSONのモデルの追加・改良
 ▽2 (2013下): 改良を反映したMAAP及びSAMPSONによる炉内状況の評価
 ▽3 (2016下): 原子炉格納容器内部調査の開始

(2-③-1, 2, 3) 模擬デブリを用いた特性の把握、実デブリの性状分析、燃料デブリ処置技術の開発

目的

福島第一原子力発電所の事故は、溶融継続時間、炉心構成及び海水注入などがTMI-2の事故と異なるため、炉心内部で生成された燃料デブリも異なることが推定される。よって、燃料デブリ取り出し時には、燃料デブリの特性を把握した上で安全性を確保し、その特性に応じた取り出し治具や収納容器等を準備しておく必要がある。また、燃料取り出し後の処理処分の検討を行う場合には、燃料デブリ処置(保管・処理・処分)方策の全体シナリオを検討するとともに溶解性や化学的安定性等の化学的特性の把握と模擬デブリや実デブリを用いた処理に係る試験を実施し、燃料取り出し後の長期保管及び処理処分の見通しを得ておく必要がある。

実施内容

1. 燃料デブリ特性の把握

① 模擬デブリ作製条件の検討

- TMI-2等を参考に福島第一原子力発電所の事故事象進展を考慮して炉内デブリ作製条件を検討する。

② 模擬デブリの特性評価

- 福島第一原子力発電所復旧に係るニーズを踏まえて、作製した模擬デブリを用いた基礎物性の測定・評価、化学的特性及び物理的特性の評価・試験を実施する。

③ TMI-2デブリとの比較

- TMI-2デブリ特性を実測し模擬デブリで得たデータとの比較を行い、福島第一原子力発電所からの燃料取り出しへの反映事項を整理する。

2. 実デブリの性状分析

- 燃料デブリの回収技術の確立や取り出し燃料の処理処分の検討に資するため、回収された実燃料デブリの性状分析を行う。

3. 燃料デブリ処置技術の開発

① 処置シナリオの検討

- 固体廃棄物の処理・処分技術開発と連携して、炉内取出し後の燃料デブリ処置(保管・処理・処分)方策のシナリオを検討する。

② 燃料デブリ処置技術の適用可能性検討

- 塩分を含有、燃料や炉内構造物が溶融した燃料デブリに対する既存処理技術(湿式法、乾式法等)の適用可能性について検討する。

中長期的視点での人材育成

若手技術者の能力向上・知見拡大に努め、長期にわたる燃料デブリ関連研究を確実に実施するために必要な人材の確保をはかる。

国内外の叡智の活用

プロジェクトの実施に当たっては、シビアアクシデント研究において燃料デブリ等に関する情報の蓄積のある海外機関との協力・連携を図り、その知見を反映する。

目標工程

事項／年度	第1期			第2期						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
				(前)			(中)			(後)
1. デブリ特性の把握	▽1 (▽2)									
(1) 模擬デブリ作製条件の検討	[Progress bar from 2011 to 2016]									
(2) 模擬デブリの特性評価	[Progress bar from 2011 to 2016]									
(3) TMI-2デブリとの比較	[Progress bar from 2012 to 2016]									
2. 実デブリの性状分析	▽3 (▽4) (▽5) ペンディング(実デブリサンプリング計画の具体化に合わせて開始)									
3. 燃料デブリ処置技術の開発	[Progress bar from 2011 to 2020]									

▽1(2015下): 模擬デブリ性状データ取り纏め
 (▽2(2016上): 燃料デブリ取り出し工法・装置開発の本格化)
 ▽3(2016上): 実デブリサンプルを用いた性状把握に向けた計画策定開始
 (▽4(2017下): 放射性物質・分析研究施設の運用開始)
 (▽5(2019下): 実デブリサンプルの性状データの燃料デブリ処理・処分に向けた研究開発等への反映開始)
 ▽6(第3期): 燃料デブリの処理・処分方法の決定
 ~▽6

(2-③-4) 燃料デブリに係る計量管理方策の構築

目的

福島第一原子力発電所の炉内燃料は部分的または全体的に溶融しており、燃料集合体を1単位とする通常の計量管理手法を適用することができない。よって、今後炉内燃料の取出し・貯蔵を行うまでの透明性を確保し、かつ合理的に計量管理を実施できる手法を構築する。

実施内容

1. 文献調査、現場管理状況調査

・TMI-2及びチェルノブイリの計量管理手法に係る文献調査及び現存する核物質の計量管理状況の調査を行い、福島第一原子力発電所の現場状況との比較を行う。

2. 核燃料物質の分布状況の評価

・地震時の核燃料物質重量評価(計算値)、サンプリング調査※及び炉内調査の結果※等から核燃料物質の分布状況进行评估する。

※ 他の研究開発(2-①(遠隔操作機器・装置開発等による燃料デブリ取り出し)、2-②(事故進展解析技術の高度化による炉内状況の把握、2-③(燃料デブリ性状把握・処置技術開発)等)で得られた結果を活用する。

3. 燃料デブリに係る計量管理手法の構築

・炉内からの燃料取出し・貯蔵にあたり、計量管理単位毎に、全ウラン重量、核分裂性ウラン重量、全プルトニウム重量及び核分裂性プルトニウム重量进行评估する。

・計量管理の作業が炉内燃料取出し工程に与える影響を考慮し、合理的にこれらの重量进行评估する核燃料物質測定技術の開発及び計量管理手法の構築を行う。

・重量評価のための測定技術開発、計量管理手法の構築に当たっては、IAEA等との情報交換を行う必要がある。

目標工程

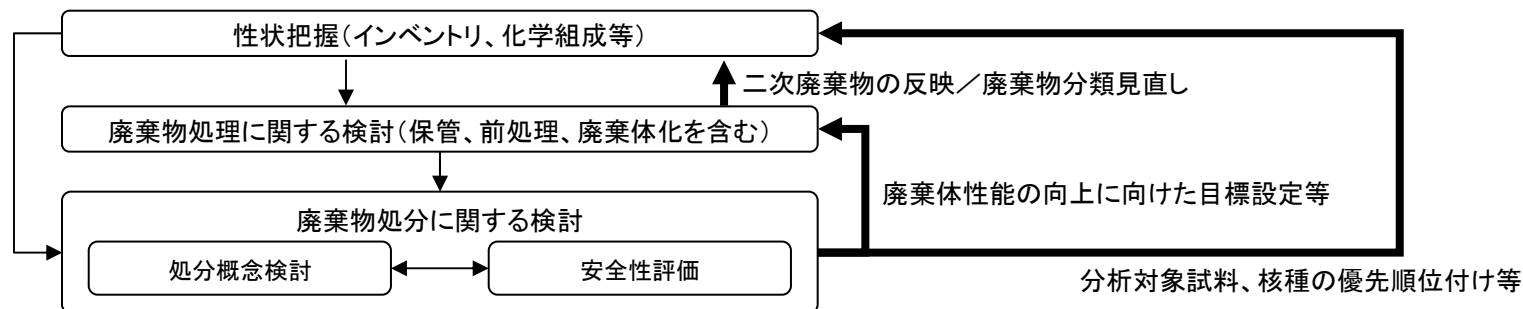
事項/年度	第1期			第2期							
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
1. 文献調査、現場管理状況調査	TMI等調査										
2. 核燃料物質の分布状況の評価	核燃料物質の分布状況の評価										
3. 燃料デブリに係る計量管理手法の構築	測定技術適用性検討			測定技術開発			実機製作・適用性確認				
	合理的な計量管理手法の構築										

(3) 固体廃棄物の処理・処分に係る研究開発計画

目的

廃止措置に向けた取組を円滑に進めるためには、放射性核種で汚染された物質を適切に管理するとともに、処理・処分を進めていく必要がある。事故により発生した、放射性核種により汚染された物質は、破損した燃料に由来した放射性核種を含んでいること、津波や事故直後の炉心冷却に起因する海水成分を含む可能性があること、高線量であり処理・処分の実績が無いゼオライトやスラッジを含むこと、汚染のレベルが多岐にわたりその物量も大きいこと等、従来の原子力発電所で発生する放射性廃棄物と異なる特徴がある。これらの放射性核種で汚染された物質の処理・処分に関する安全性の見通しを得る上では、従来の放射性廃棄物とは異なる点を把握したうえで、研究開発を実施する。

検討の進め方



※ 日本原子力学会「福島第一原子力発電所事故により発生する放射性廃棄物の処理・処分」特別専門委員会 報告書 2013年3月 を参考に作成

実施内容

水処理二次廃棄物、瓦礫／伐採木等、燃料デブリ／解体廃棄物に関して、性状把握、廃棄物処理方法検討、廃棄物処分に関する検討、水処理二次廃棄物の保管検討等を行う。検討に際しては、それぞれで得られた情報を他の検討に反映させる。このために必要な情報をデータベース化して管理する。なお、燃料デブリの性状把握は「2-③-1, 2模擬デブリを用いた特性、実デブリの性状分析」にて実施し、その結果をインプットとして燃料デブリの処分に関する検討を実施する。

1. 性状把握

- 水処理二次廃棄物である廃吸着材・スラッジ等に関し、長期保管可能な方策検討や処理・処分技術の開発に必要な廃棄物の性状を把握する。
- 瓦礫、伐採木、土壌、解体工事に伴い発生する解体廃棄物等について、処理・処分技術開発に必要な放射性物質の付着状況等の性状を把握する。
- 分析方法が確立されていない処理・処分技術の検討に必要な難測定核種の分析技術の開発ならびにインベントリの評価手法を開発する。

2. 長期保管方策の検討

- 水処理二次廃棄物は、処理・処分技術の確立まで安定に保管する必要があるため、水素発生、発熱及び腐食等、長期保管に向けた対策を検討する。

3. 廃棄物の処理に関する検討

- 水処理二次廃棄物の長期保管方策の検討において、十分な保管性能が担保されないケースに対応し、廃棄体化に係る処理技術の基礎的検討を実施する。
- 既存の処理技術(廃棄体化技術)を調査し、その結果を基に廃棄体化のための技術開発を行い、廃棄体性能を評価する。

4. 廃棄物の処分に関する検討

- 1. 及び3. の成果を基に、既存の処分概念及び安全評価手法の適用性を確認し、処理・処分に必要な課題の抽出及び課題の解決策を検討する。
- 既存の処分概念や安全評価手法の適用が困難な廃棄物について、新たな処理・処分技術を検討する。

5. データベースの開発

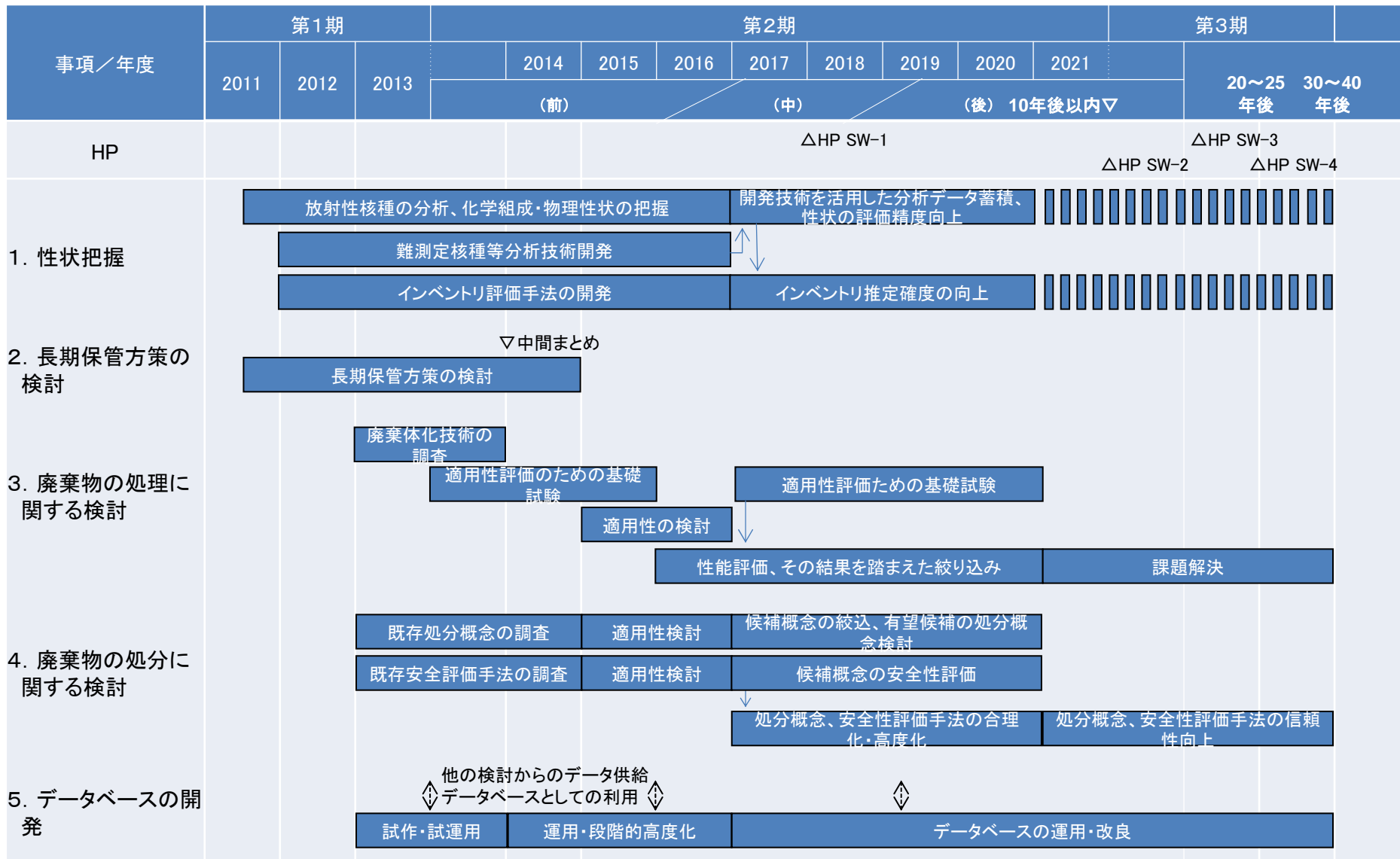
- 研究開発成果や情報を整理するためのデータベースを開発する。

中長期視点での人材育成

中長期的に必要な人材を育成する観点から、大学・研究機関等との共同研究を実施するなど、連携の強化に取り組む。

(3) 固体廃棄物の処理・処分に係る研究開発計画

目標工程



HP SW-1: 固体廃棄物の処理・処分に係る基本的な考え方の取りまとめ
 HP SW-2: 固体廃棄物の処理・処分における安全性の見直し確認
 HP SW-3: 廃棄体仕様・製造方法の確定
 HP SW-4: 廃棄体製造設備の設置及び処分の見直し

■ 原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発

◆ 内容

燃料デブリ取出しに向け、原子炉格納容器漏えい箇所の調査、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

除染装置開発イメージ

(これまでに3種類の遠隔除染装置を開発中。今後、建屋上部階、フロア高所部に適用する遠隔除染装置を開発予定。)



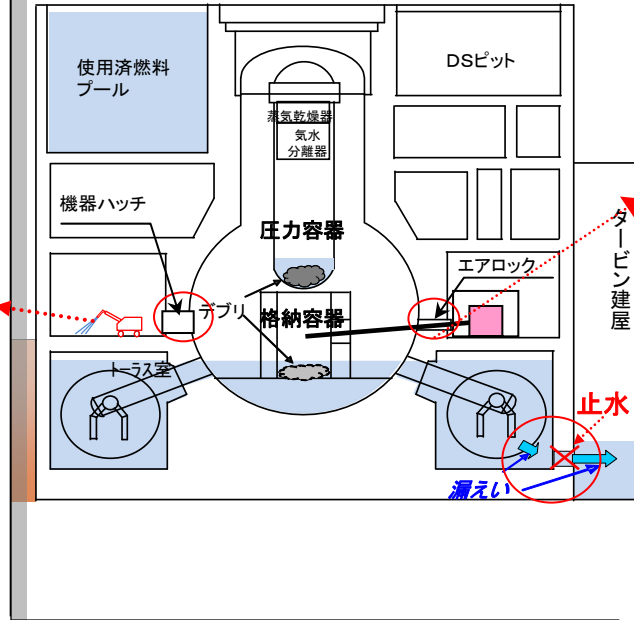
高圧水洗浄除染装置



ドライアイスブラスト除染装置



ブラスト・吸引回収 除染装置



■ 原子炉格納容器内部調査技術の開発

◆ 内容

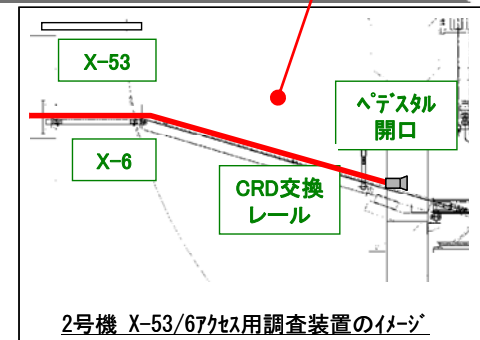
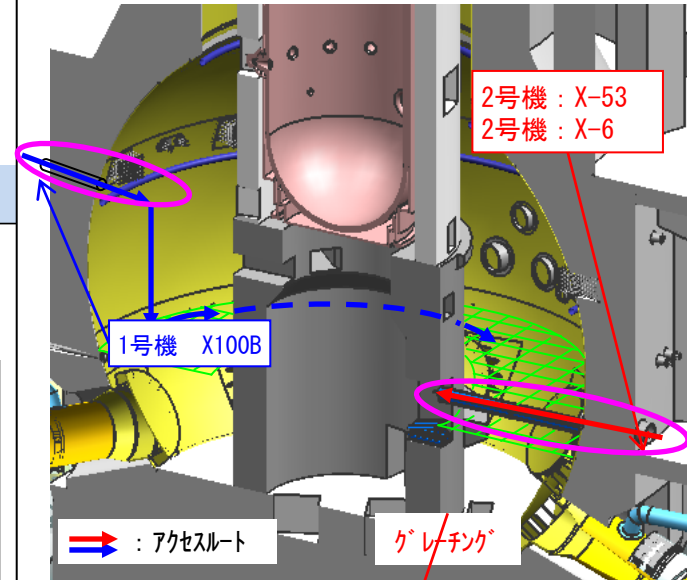
原子炉格納容器内の状態及び燃料デブリの状況把握のため遠隔による調査工法、装置を開発する。

◆ 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

調査装置・アクセスルートイメージ

(圧力容器下(ペダスタル)の状況を確認するために、X-6(CRD搬出入口)からアクセスする装置を開発中。事前調査として、1号機: X-100B、2号機: X-53からアクセスする装置を開発中。)



2号機 X-53/67ヶ所用調査装置のイメージ

燃料デブリ取り出し準備に係る主な研究開発のイメージ

■原子炉格納容器水張りに向けた調査・補修(止水)技術の開発

◆ 内容

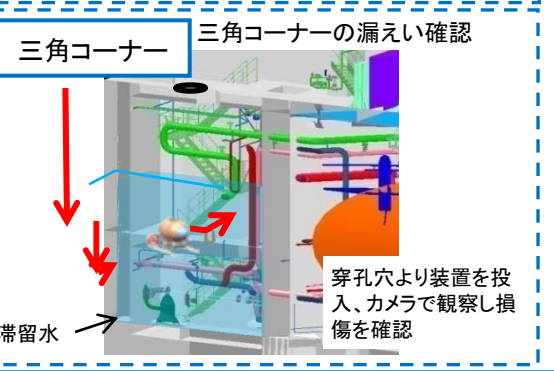
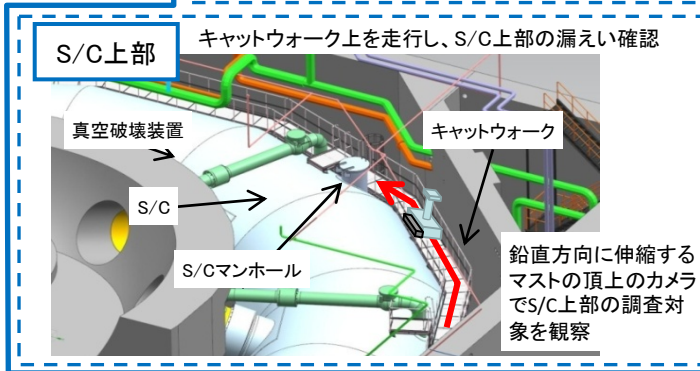
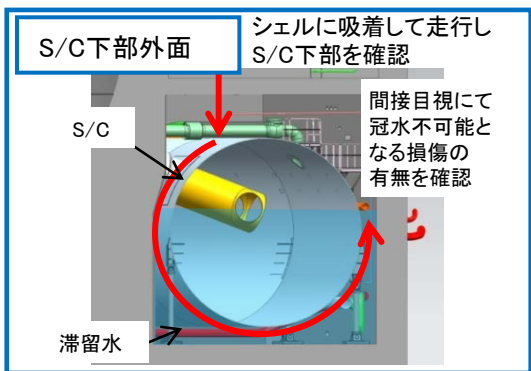
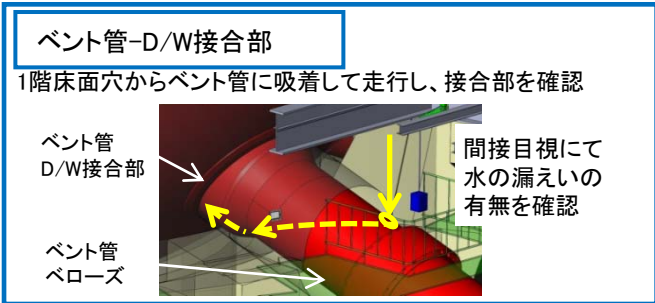
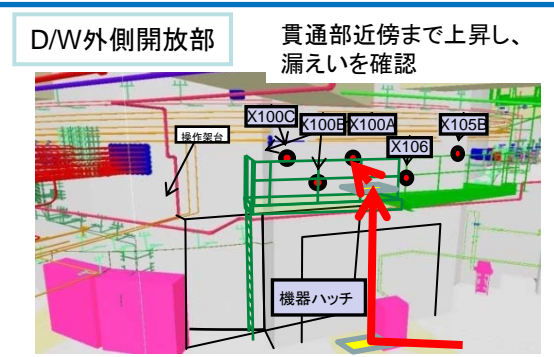
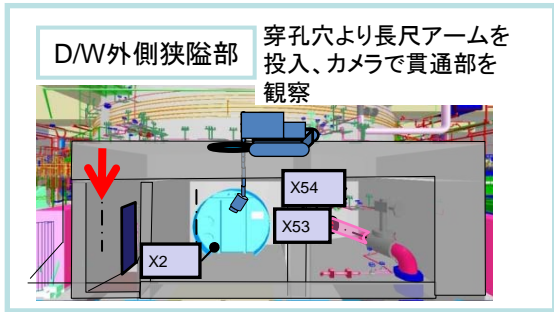
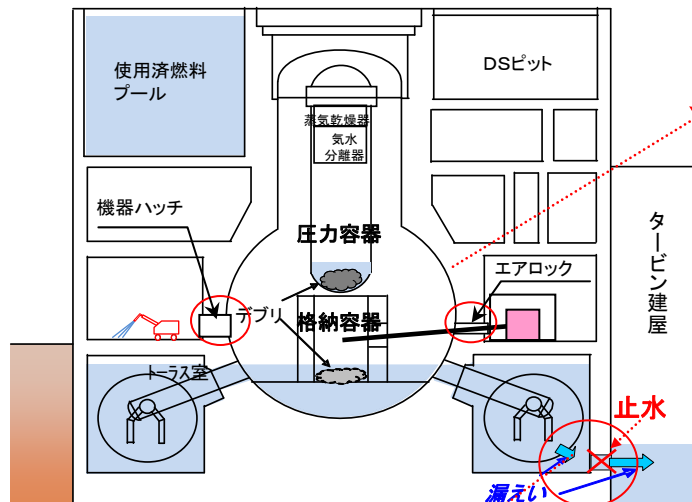
原子炉格納容器(PCV)等の漏えい箇所について、遠隔による調査・補修(止水)工法と装置を開発する。

◆ 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・補修技術の開発
- ・水中(PCV下部等)で適用可能な補修技術

各部位の点検調査イメージ

(これまでに、損傷の可能性がある部位を抽出し、点検調査工法の策定、設計等を実施、装置を開発中。)



固体廃棄物処理・処分に係る研究開発のイメージ

→ アウトプットの流れ

1. 性状把握

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。



除染や燃料デブリ取り出しに伴い高線量で輸送が困難な試料が多量発生すると想定されるため、2017年度の運用開始を目指して整備する放射性物質分析・研究施設（仮称）を最大限活用する

アウトプット

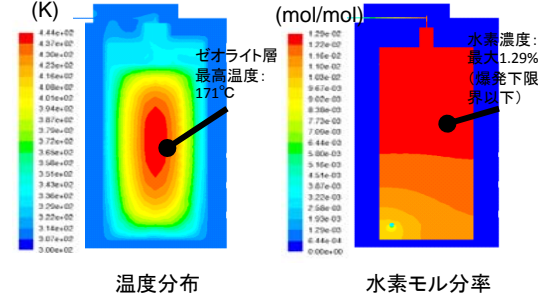
- ・核種別の放射能濃度
- ・含有成分
- ・物理化学的特性 等

2. 長期保管方策

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。

処理・処分技術の確立まで安定保管する必要がある



アウトプット

- ・各廃棄物の長期保管形態

セシウム吸着塔の3次元解析結果 (JAEAによる)

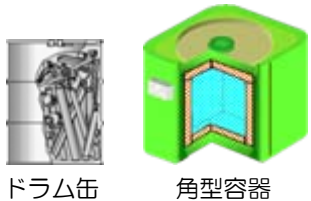
3. 処理技術

技術開発のポイント

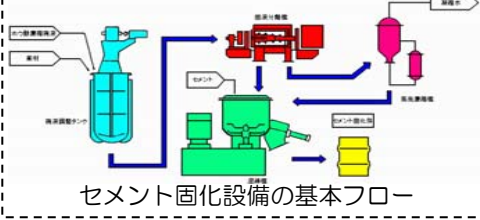
- ・既存技術をベースにする。
- ・前処理・固型化技術が適用可能か。

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

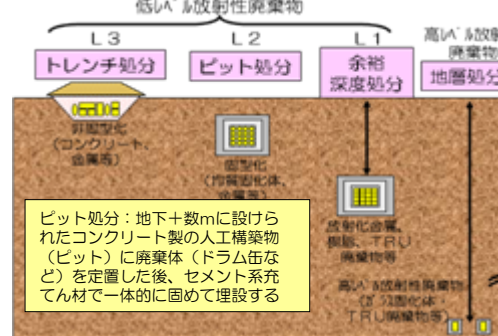
- ・保管向け処理方法
- ・廃棄体製作方法
- ・廃棄体性能

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。

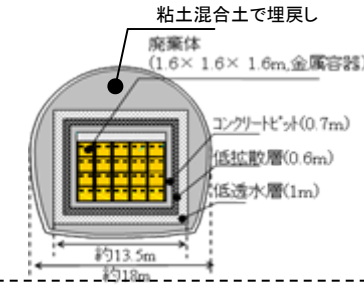
既存概念



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