

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（概要版）

1. 中長期ロードマップの位置づけ

- 本ロードマップは、2011年11月9日における枝野経済産業大臣及び細野原発事故収束・再発防止担当大臣からの指示を受け、東京電力、資源エネルギー庁、原子力安全・保安院にてとりまとめ、政府・東京電力中長期対策会議において決定したものである。

＜中長期の取組の実施に向けた基本原則＞

- 【原則1】地域の皆さま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あたっては、透明性を確保し、地域及び国民の皆さまのご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、資源エネルギー庁、原子力安全・保安院は、各々の役割に基づき、連携を図った取組を進めていく。

2. 中長期安全確保の考え方

- 至近約3年間について、東京電力は、原子力安全・保安院より示された「中期的安全確保の考え方」に基づいて策定した施設運営計画を確実に実施し、原子力安全・保安院が東京電力の報告や独自の調査に基づき、確認・評価を実施することにより安全性を確保する。
- 中長期の取組においても同様。東京電力は、個別作業毎に具体的な作業方法を検討する各段階において、安全性、環境影響評価を実施し、原子力安全・保安院がこれを確認・評価した上で作業を進めることにより、安全性を確保していく。
- 漏水などのトラブルが発生していた状況を受けて、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、東京電力は「信頼性向上対策に係る実施計画」を策定。原子力安全・保安院が、専門家の意見も聴いた上で評価を実施した。

3. 中長期ロードマップ

(1) 主要な目標

- 本ロードマップでは、廃止措置終了までの期間を下記の通り3つに区分した上で、今後実施する主要な現場作業や研究開発等のスケジュールを可能な限り明示。
 - 第1期：ステップ2完了後、使用済燃料プール内の燃料取り出し開始までの期間（ステップ2完了後2年以内を目標）
 - 第2期：第1期終了後から燃料デブリ*取り出し開始までの期間（ステップ2完了後10年以内を目標）
 - 第3期：第2期終了後から廃止措置終了までの期間（ステップ2完了後30～40年後を目標）
- ※ 燃料と被覆管等が溶融し再固化したもの

(2) 時期的目標及び判断ポイント

- 至近3年間については年度毎に展開し、可能な限り時期的目標を設定。
- 4年目以降については、おおよその時期的目標を設定するとともに、次工程へ進む前に、追加の研究開発の実施や、作業工程の見直しも含めて検討するための判断ポイントを設定。

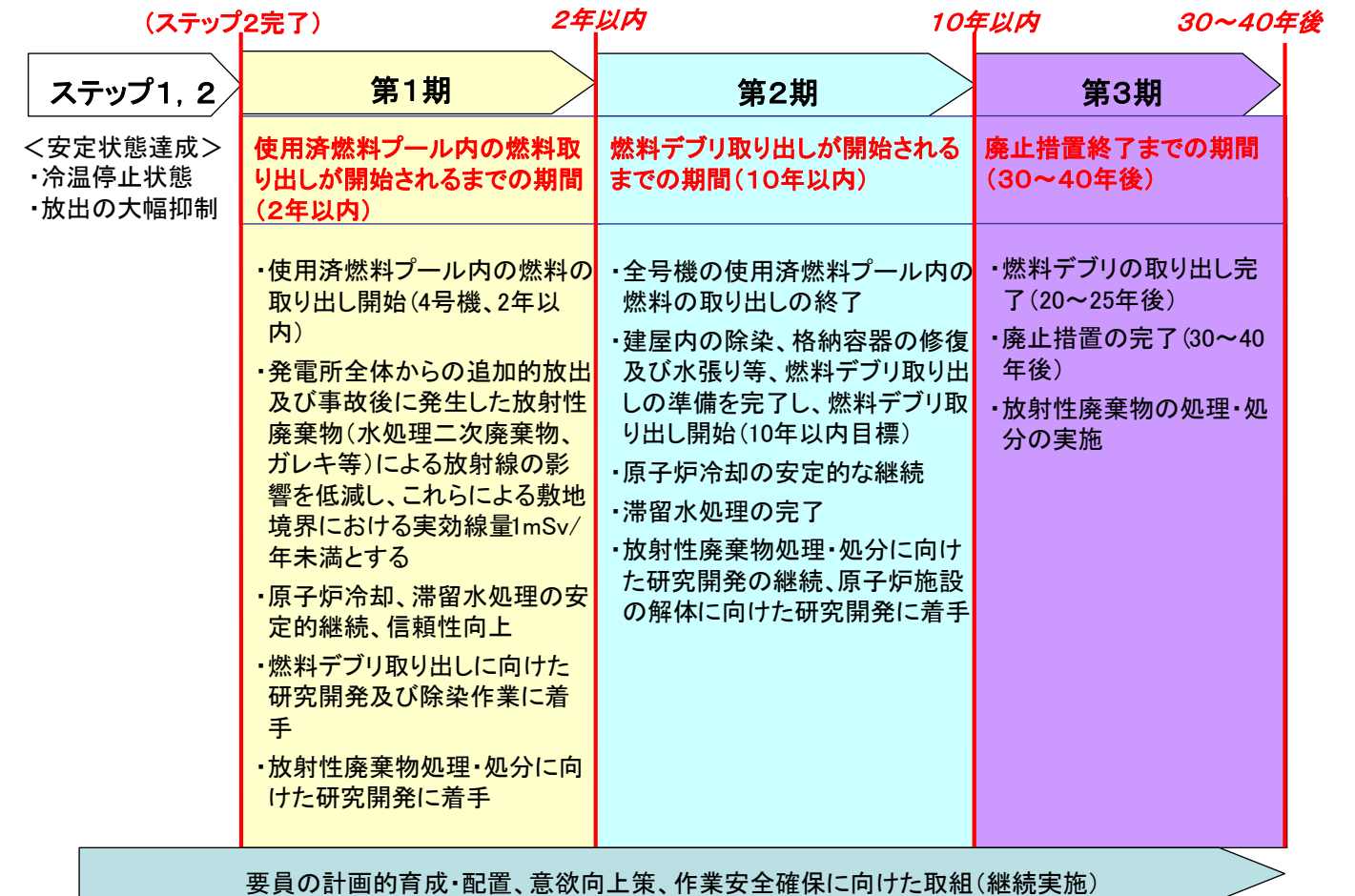


図1：中長期ロードマップの概要

4. 中長期ロードマップ実現に向けた実施体制

- 中長期ロードマップを着実に実施していくために、政府・東京電力中長期対策会議の下、進捗管理を行う場として、2011年12月21日、「運営会議」及び「研究開発推進本部」を設置し、月1回の頻度で開催している。
- これに必要な研究開発については世界的に見ても経験のない難しい課題が多いことから、国内外の協力を得ながら、世界中の叢智を結集して進めていく。
- 現場作業では、東京電力が協力企業約400社との体制を継続するとともに、専任の体制として、2012年2月、本店に「福島第一対策プロジェクトチーム」を設置した。また、作業環境の改善や要員育成等の計画的実施により、確実な作業遂行を担保し得る体制・要員を確保する。
- これまで明確になってきた課題に対応していく最善の体制を構築するため、研究拠点施設の整備を含め、研究開発推進体制の一層の強化を進めていく。

【中長期ロードマップにおける主な時期的目標】

① 原子炉の冷却・滞留水処理

- 燃料デブリ取り出し終了までは注水冷却を継続し、冷温停止状態の安定的維持を継続監視。
2号機については、原子炉圧力容器温度計の故障等をうけ、2012年8月を目途に代替の温度計を設置。1、3号機は環境改善が必要であり、2012年度内に代替温度計の挿入先を検討。
- 注水・循環ラインの耐圧ホースを使用していた箇所について、2012年9月までにポリエチレン管（PE管）化を実施。その他の箇所についてもPE管化の検討を実施中。
- 建屋への地下水の流入があるため、余剰水が増加している状況にあることから、以下の取組等により、除染や発生量の低減策を講じたうえで、処理水等が貯留可能となるようタンク運用計画を策定していく。
 - ✓ 2012年度下期から地下水を揚水し、その経路を変更して海水にバイパスすること（地下水バイパス）により、建屋への地下水流入量を低減
 - ✓ 現行水処理施設では除去が困難なセシウム以外の放射性物質を除去可能とする多核種除去設備を2012年度上半期に導入
 - ✓ 更なるタンク設置のため現状のタンク設置エリア近傍での増設可否の検討
- 第2期中には、タービン建屋/原子炉建屋間止水、格納容器下部補修を実現後、建屋内滞留水処理を完了。原子炉冷却はより安定的な冷却となる小循環ループ化を検討。

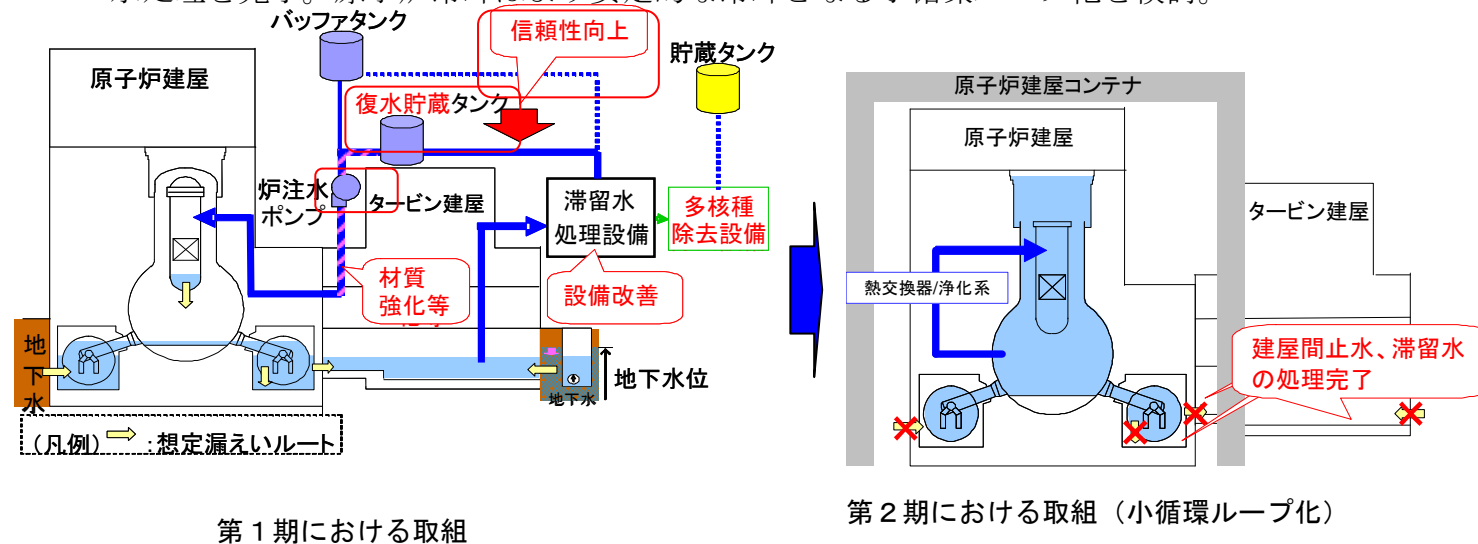
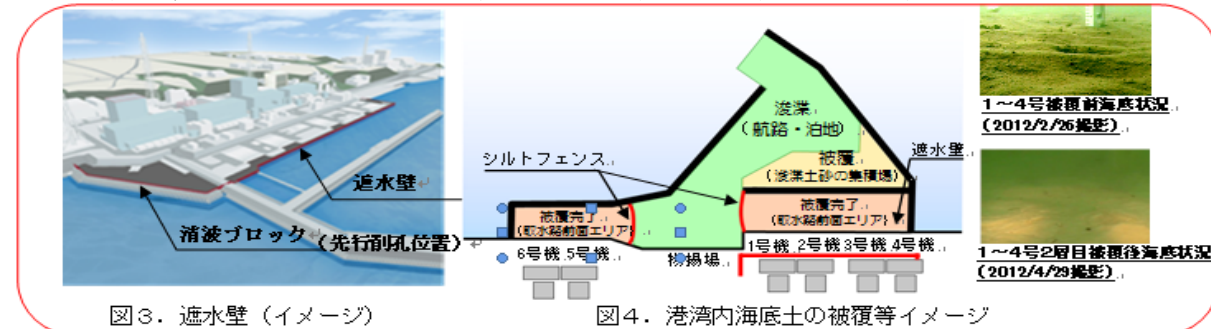


図2. 原子炉冷却・滞留水処理における中長期の取組

② 海洋汚染拡大防止計画

- 万一地下水が汚染した場合の海洋流出を防止するため、遮水壁を構築。2011年10月に着手、2012年4月に本格着工し、2014年度半ばまでに完成予定。
- 取水路前面エリアの海底土を固化土により被覆（2012年7月完了）し、海底土中の放射性物質の拡散を防止。2012年度上半期を目途に、港湾内の海水中の放射性物質濃度を、告示に定める周辺監視区域外の濃度限度未満とする。
- 以降、構築した設備等を維持・管理しつつ、地下水、海水の水質等のモニタリングを継続。



③ 放射性廃棄物管理及び敷地境界の放射線量の低減

- 2012年度末までに、発電所全体からの追加的放出及び事故後に発生した放射性廃棄物（水処理二次廃棄物、ガレキ等）による敷地境界における実効線量 1mSv/年未満を達成。このため、放出される放射性物質、保管する放射性廃棄物毎に線量低減の目標値を設定し、四半期毎に低減効果を確認し、追加対策の要否を検討。
- 発生実績や今後の作業工程から発生量を想定し、適切に保管エリアを確保し管理していくとともに、仮設備から長期間の使用に耐え得るような設備に移行して行くことを含め、敷地境界への放射線影響に配慮した中長期的な計画を2012年度末を目途に策定。
- 2012年度末を目途に、2号機ブローアウトパネル開口部を閉止し、換気設備を設置。

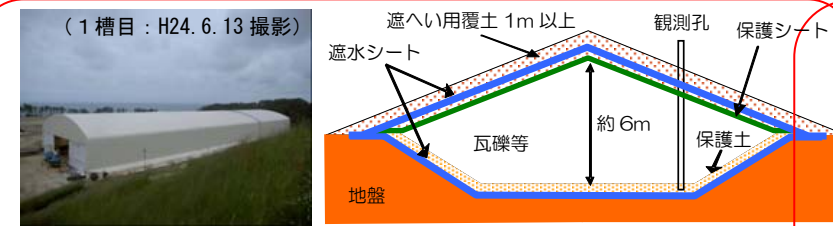


図5：覆土式一時保管施設準備工事完了



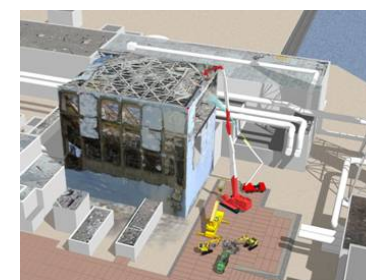
図6：2号機原子炉建屋ブローアウトパネル開口部

④ 敷地内除染計画

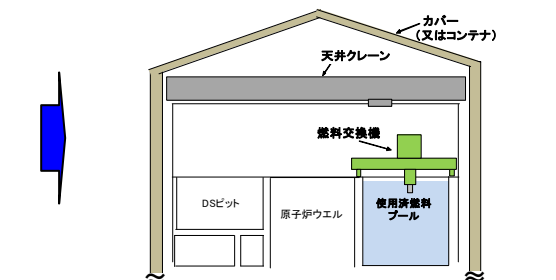
- 一般公衆、従事者の被ばく線量低減、作業性向上を目的に、エリア分類（執務エリア、作業エリア、アクセスエリア）に応じて、計画的・段階的に除染を実施。具体的には、免震重要棟の執務エリアについて2012年5月に非管理区域化を実現。2012年内までに、通勤バス乗降場、正門警備員が常駐する作業エリアについても除染・遮へい等を実施。第2期以降は、敷地外の線量低減と連携を図りつつ、敷地内の除染を進める。

⑤ 使用済燃料プールからの燃料取り出し計画

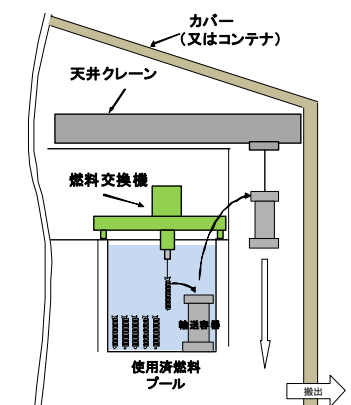
- 4号機において、ステップ2完了後2年以内（2013年中）に取り出し開始。（2012年5月：原子炉建屋健全性調査、7月：建屋ガレキ撤去完了、7月：新燃料2体取り出し済、準備完了次第調査予定。）
- 3号機において、ステップ2完了後3年後程度（2014年末）を目途に取り出し開始。（高線量作業エリアのため解体重機を遠隔操作し撤去作業を実施中。）
- 1号機は、3、4号機での実績等を把握し、ガレキ等の調査を踏まえて計画立案し、第2期中に取り出す。
- 2号機は建屋内除染等の状況を踏まえ、既設設備の調査を実施後、計画立案し、第2期中に取り出す。
- 第2期中に、全号機の燃料取り出しを終了。
- 取り出した燃料の再処理・保管方法について、第2期中に決定。



原子炉建屋上部のガレキ撤去



カバー（又はコンテナ）/クレーンの設置
図7. プール燃料取り出し作業（イメージ）



取り出し作業

⑥ 燃料デブリ取り出し計画

- 初号機での燃料デブリ取り出し開始の目標をステップ2完了後10年以内に設定。
- 以下のステップで作業を実施する。作業の多くには遠隔技術等の研究開発が必要であり、これらの成果、現場の状況、安全要求事項等を踏まえ、段階的に進めていく。
 - a) 技術開発成果を順次現場に適用し、原子炉建屋内除染を進め、2014年度末までに漏えい箇所調査等に本格着手。
 建屋内除染については、1～3号機原子炉建屋内にて汚染状況調査、(線量並びに線源調査)を行うとともに汚染形態に応じて複数、汚染サンプルを採取。今後、調査・分析結果を踏まえて適用する除染技術の選定と遠隔操作装置の開発を行っていく。
 - 漏えい箇所調査については、1～3号機で、CCDカメラや遠隔操作ロボットを用いて、トラス室内の温度、水位、線量等を可能な範囲で確認した。今後は、利用可能なロボットや計測装置等を用いて、トラス室内を中心に調査することを検討するとともに、漏えい推定箇所を調査、特定するための調査装置の開発を実施していく。
 - b) 2015年度末頃に格納容器補修技術(下部)の現場実証を終了し、当該技術を現場に適用することにより、a)において特定された漏えい箇所(下部)を補修し、止水する。その後、格納容器下部の水張りをを行う。
 - c) 格納容器下部の水張り後、格納容器内部調査技術の現場実証を2016年度末頃に終了し、本格的な内部調査を行う。
 - d) 格納容器(上部)の補修を実施し、格納容器に更なる水張りを実施する。その後、原子炉建屋コンテナ(又はカバー改造)を設置し、閉じ込め空間を形成した上で、原子炉圧力容器の上蓋を解放する。
 - e) 原子炉圧力容器内部調査技術の現場実証を2019年半ば頃に終了し、原子炉圧力容器内部調査を本格的に実施する。
 - f) これまで実施した格納容器、原子炉圧力容器内部調査結果等も踏まえ、燃料デブリ取り出し方法を確定することに加え、燃料デブリ収納缶開発、計量管理方策の確立が完了していること等も確認した上で、ステップ2完了から10年以内を目途に燃料デブリ取り出しを開始する。

⑦ 原子炉施設の解体計画

- 1～4号機の原子炉施設解体の終了の目標をステップ2完了から30～40年後に設定。
- 解体・除染工法等の検討に必要な汚染状況等の基礎データベースの構築、これに基づいた遠隔解体などの研究開発、必要な制度の整備等を実施し、解体工事で発生した廃棄物処分の見通しが得られていることを前提に、第3期に解体作業に着手。

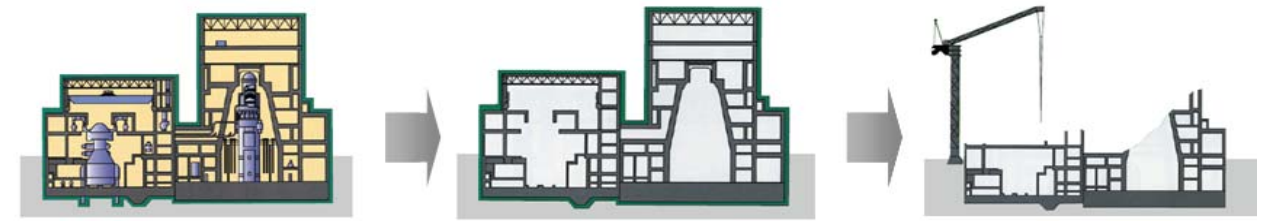


図9. 原子炉施設の解体イメージ

⑧ 放射性廃棄物の処理・処分計画

- 水処理二次廃棄物の長期保管及び廃棄体化の検討として、模擬廃棄物を用いた加熱試験や固化試験等による性状調査等の特性試験を実施中(～2013年度)。
- 処理・処分の観点で重要となる廃棄物に含まれる核種の放射能濃度を概算するため、滞留水やガレキ等の分析を継続実施。また、難測定核種に係る未確立の分析技術開発にも着手。
- 事故後に発生した廃棄物は、従来の廃棄物と性状(核種組成、塩分量等)が異なることも踏まえ、2012年度中に研究開発計画を策定。
- 研究開発成果を踏まえ、既存処分概念への適応性、安全性等を見極め、処分に向けた安全規制、技術基準等を整備することで廃棄体仕様を確定。
- これに基づき、処理設備を整備後、処分の見通しが得られた上で、第3期に処理・処分を開始。

⑨ 作業円滑化のための体制及び環境整備

- 2012年1月以降、これまで要員の不足による現場作業への支障は生じていない。2012年の最終的な実績は、要員計画(約11,700人)よりも多くなる見込みであるが、2012年5月時点において福島第一原子力発電所に従事登録している作業員数は約24,300人となっており、要員の不足は生じない見込み。
- 作業安全確保の観点から、熱中症発生防止のための対策について、2011年度から2ヶ月前倒しして、5月から運用開始。また、従来品より通気性のよいカバーオールを2012年6月下旬から配備。
- 2012年4月より、福島第一原子力発電所において車両用のスクリーニング施設及び除染施設の試験運用を開始。2012年度末を目処に福島第一原子力発電所の正門付近に新たに出入管理(スクリーニングや保護衣類及び放射線測定器の着用)を行うための施設を建設する。
- 一部作業員が警報付きポケット線量計(APD)の不正使用を行っていたことに鑑み、線量管理に関する影響評価、再発防止策を講ずる。また、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。

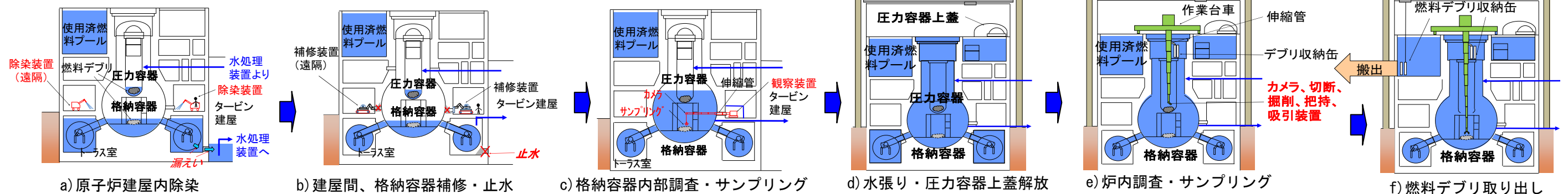


図8. 燃料デブリ取り出し作業(イメージ)

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研究開発計画について（概要版）

1. 研究開発計画の位置づけ

- 本計画は、2011年11月の枝野経済産業大臣及び細野原発事故収束・再発防止担当大臣からの指示を受け、東京電力、資源エネルギー庁が文部科学省、日本原子力研究開発機構、(株)東芝及び(株)日立製作所/日立GEニュークリア・エナジー(株)の協力を得てとりまとめ、同年12月21日の政府・東京電力中長期対策会議にて決定(2012年7月30日一部改訂)。

2. 研究開発実施にあたっての基本的考え方

- 現場ニーズを把握し研究開発に反映させ、得られた成果の早期・的確な現場適用を目指す。
- 必要な研究開発を効率的に実施するため、計画から実施に至る各段階において、適用可能な国内外の技術及び専門家の知見を積極的に活用し、研究開発に反映するよう考慮する。
- 中長期的な視点での人材育成に関する重点分野を設定した上で、大学や研究機関との連携を強化し、人材確保・育成に資する取組を積極的に推進する。

3. 研究開発計画

(1) 使用済燃料プール燃料取り出しに係る研究開発

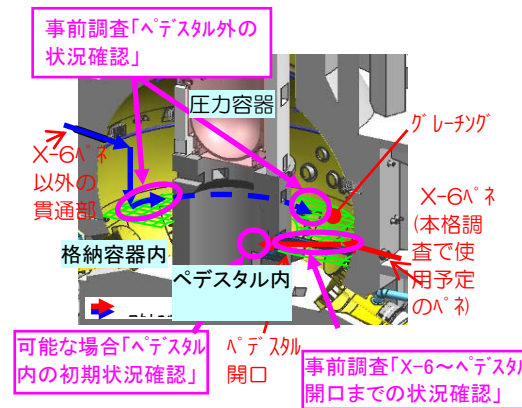
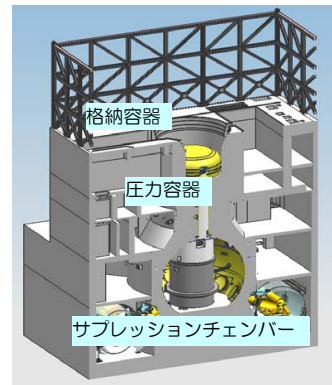
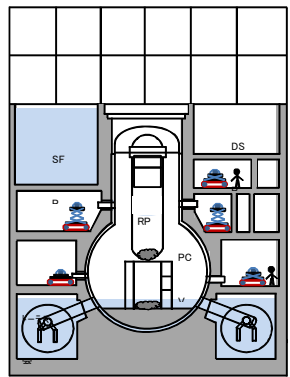
- 海水に曝され、変形・損傷の生じた恐れのある使用済燃料を取り出した後、長期間健全性を確保しながら保管するとともに、再処理可能性を検討するための研究開発を実施。

(2) 燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発

- 1～3号機では、核燃料が炉内構造物と熔融し再度固化し(燃料デブリ)原子炉圧力容器(以下「RPV」)及び原子炉格納容器(以下「PCV」)内に存在すると想定。
- 被ばく低減等の観点から燃料デブリを冠水させた状態で取り出すことを基本方針に設定。

① 遠隔操作機器・装置活用等による燃料デブリ取り出し

- 遠隔技術による除染作業や被ばく線量低減計画が必須。
- 水中で燃料デブリを取り出すため、高線量・狭隘環境等でのPCV損傷箇所特定及び補修、燃料デブリの位置・状況調査及び取り出し工法・機器を開発・実証。



② 炉内状況把握・解析

- 福島第一事故の解析や事故模擬試験等をもとにした過酷事故解析コード高度化やその他解析からの知見、現場調査等からの情報を総合的に評価し、炉内状況を推定。

③ 燃料デブリ性状把握・処置準備

- 今回の事故は、熔融継続時間・海水注入等がTMI-2事故と異なり、生成された燃料デブリも異なると推定。その取り出し時に特性を把握し、安全性を確保しながら管理する準備を実施。
- 溶解性や化学的安定性等の化学的特性の把握とともに、模擬デブリや実デブリを用いた処

理・処分に係る試験を行い、燃料取り出し後の長期保管及び処理・処分の見通しを得る。

(3) 放射性廃棄物処理・処分に係る研究開発

- 水素爆発による高線量のガレキ、滞留汚染水処理に伴い放射性廃棄物が発生。これら廃棄物の特徴を分析・把握し、その結果を踏まえ安全かつ合理的な処理・処分を検討。
- 燃料デブリ取り出し作業等で発生する廃棄物や原子炉施設の解体廃棄物は、施設の汚染状況及び解体工法を踏まえて発生廃棄物の性状及び物量を予測しつつ、処理・処分を実施。

(4) 遠隔操作技術の適用に係る検討

- 実現困難、その可能性のある遠隔技術に対し最新技術やバックアッププランを検討・提案。
- 他の専門的な研究開発機関等で取り組んでいる基盤的な研究開発と積極的に連携を図る。

4. 研究開発の推進体制

- 政府・東京電力中長期対策会議の下、「研究開発推進本部」を設置し、月1回の頻度で開催。
- 今回の事故を受けた廃止措置等に向けた対応は、世界的に見ても経験のない難しい課題が多いことから、国内外の協力を得ながら世界中の叢智を結集して研究開発に取り組む。
- 個別の研究開発を着実かつ効果的に進めるため、全体的なマネジメントを担う組織を設け、全体の進捗を踏まえ計画及び体制の見直し・一部改廃等、研究開発全体の評価を適切に実施。
- 明確になった課題に対応するため、研究拠点施設整備を含め、研究開発体制を一層強化。

5. 研究拠点構想 ～福島を国際的研究拠点へ～

- 福島復興再生基本方針を踏まえ、国内外の叢智を結集して研究開発を行い、将来的に国際的な研究拠点となることを目指していく。その際、日本原子力研究開発機構(JAEA)等の専門的知見や既存施設の有効活用を図るとともに、人材確保・育成に取り組む。また、地域における雇用・経済にも寄与するよう配慮。本構想の具体化を図るため、概念設計・基本設計の検討に着手。

① 遠隔操作機器・装置の開発・実証に必要な施設

- 現場での機器・装置適用性確認を極力避けるため、PCV漏えい箇所調査及び補修技術に関する実規模のモックアップ設備を整備し、ロボットの実機適用性検証の具体化を進める。

② 放射性物質の分析施設

- 廃止措置等に向けた放射性物質の分析ニーズに対応するため、既存施設の活用とともに複数の機能を兼ね備えた新規分析施設を段階的に整備し、あわせて人材育成を実施。

6. 国際協力のあり方

- 世界の叢智を活用するために、中長期措置全体の計画・取組状況をタイムリーに広く発信。
- 諸外国政府機関、国際機関及び民間事業者からの情報・助言や協力の可能性を評価し、効果的・効率的に研究開発を実施。また、有用な機器やシステムを柔軟かつ機動的に採用。

7. 中長期的視点での人材育成

- 廃止措置への取り組みは、終了まで30～40年程度かかると見込まれることから、現場作業及び研究開発を進めるにあたり、中長期視点での人材を確保・育成していくことが必要。
- 中長期視点での人材育成に重点分野を設定するとともに、基盤研究の推進及び人材育成に関する取り組みでリーダーシップ発揮が期待される中核拠点(大学・研究機関)を選定。

以上