

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

平成 24 年 7 月 30 日

原子力災害対策本部  
政府・東京電力中長期対策会議

## 目次

1. はじめに	1
2. 研究開発実施にあたっての基本的考え方	2
(1) 現場ニーズへの貢献	2
(2) 国の関与・支援のあり方	2
(3) 国内外の叡智を結集するオープンかつ柔軟な実施体制	2
(4) 中長期視点での人材確保・育成	3
3. 研究開発計画	4
(1) 使用済燃料プール燃料取り出しに係る研究開発	4
a. 使用済燃料プール燃料取り出しに係る作業の全体計画	4
b. 研究開発内容	5
(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	6
(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	6
(2) 燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発	7
a. 燃料デブリ取り出し準備に係る作業の全体計画	7
b. 研究開発内容	8
① 遠隔操作機器・装置活用等による燃料デブリ取り出し	8
(2-①-1 a) 建屋内の遠隔除染技術の開発	8
(2-①-1 b) 総合的線量低減計画の策定	9
(2-①-2) 格納容器漏えい箇所特定技術の開発	9
(2-①-3) 格納容器補修技術の開発	10
(2-①-4) 格納容器内部調査技術の開発	11
(2-①-5) 圧力容器内部調査技術の開発	12
(2-①-6) デブリ・炉内構造物取出工法・装置開発	12
(2-①-7) 炉内燃料デブリ収納・移送・保管技術開発	12
(2-①-8) 圧力容器／格納容器の健全性評価技術の開発	13
(2-①-9) 燃料デブリの臨界管理技術の開発	14
② 炉内状況把握・解析	14
(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	15
③ 燃料デブリ性状把握・処置準備	15
(2-③-1) 模擬デブリを用いた特性の把握	16
(2-③-2) 実デブリの性状分析	16
(2-③-3) デブリ処置技術の開発	16
(2-③-4) デブリに係る計量管理方策*の構築	17
(3) 放射性廃棄物処理・処分に係る研究開発	18
a. 放射性廃棄物処理・処分に係る作業の全体計画	18
b. 研究開発内容	18
(3-1) 汚染水処理に伴う二次廃棄物の処理・処分技術の開発	18
(3-2) 放射性廃棄物の処理・処分技術の開発	19
(4) 遠隔操作技術の適用に係る検討	21
4. 研究開発の推進体制	22
(1) 研究開発推進体制の基本的考え方	22
(2) 研究開発の実施体制	22
5. 研究拠点構想 ～福島を国際的研究拠点へ～	24
6. 国際協力のあり方	26
7. 中長期的視点での人材確保・育成	27

## 1. はじめに

東京電力（株）福島第一原子力発電所の事故について、昨年12月のステップ2完了以降、プラント安定化に向けたこれまでの取組から確実に安定状態を維持する取組への移行と並行して、廃止措置に向けて必要な取組（使用済燃料プール内に貯蔵されている燃料集合体の取り出し、炉内燃料デブリの取り出し等）を中長期に亘って進めていくこととしている。

こうした認識の下、昨年8月、原子力委員会に中長期措置検討専門部会が設置され、今後の技術課題及び研究開発項目等が整理されるとともに、「燃料デブリ取り出し開始までの期間は10年以内を目標とし、廃止措置が全て終了するまでは30年以上の期間を要する」といった趣旨の記述を含む報告書案が取りまとめられた。

また、上記の報告書案を踏まえ、11月9日には、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資源エネルギー庁、原子力安全・保安院及び東京電力に対し、廃止措置等のための研究開発計画の策定についての指示が出された。

これを受け、資源エネルギー庁及び東京電力は、文部科学省、日本原子力研究開発機構（JAEA）及び東京電力（株）福島第一原子力発電所の設計・建設に関して知見・経験を有するプラントメーカーである（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）の協力を得ながら本研究開発計画書を取りまとめた。

12月21日に開催された政府・東京電力中長期対策本部において「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」が本研究開発計画とともに決定され、その進捗管理を行う場として運営会議と研究開発推進本部（以下、「本部」という。）が設置された。

本部は、昨年12月の発足以来、本年6月末までに計7回の本部会を開催し、個別研究開発プロジェクトのマネジメント、国内外叡智の結集のための具体的取組、研究拠点構想、人材確保・育成等について集中的に議論を行ってきた。

また、国際的な情報発信の一環として、本年3月に国際シンポジウムを開催するとともに、福島地域の企業、研究機関等を対象として情報共有・意見交換をするためのワークショップを本年8月に開催を予定している。

今後とも、本計画に沿って、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の取組を進める上で必要な研究開発を着実に進めていく。

なお、研究開発の成果として得られた知見・技術は、国内外の将来の原子力施設の廃止措置や安全基盤の強化等にも広く役立つものと期待される。

## 2. 研究開発実施にあたっての基本的考え方

### (1) 現場ニーズへの貢献

本研究開発の目的は、ステップ2完了後、確実に安定状態を維持する取組と並行して、使用済燃料プール内の燃料の取り出し及び炉内燃料デブリの取り出し等の廃止措置等に向けた計画を、地域の皆様や作業員の安全確保を大前提として、確実かつ効率的に実施していくために必要な技術課題を解決することにある。

また、本研究開発は、通常の研究とは異なり、得られた成果が東京電力(株)福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた作業に直結することから、現場での技術実証までを研究開発の範囲に含めるものとする。

このため、研究開発計画の立案段階から実施段階において、現場のニーズを常に把握し研究開発に反映させるとともに、得られた成果を可能な限り早期かつ的確に現場に適用することを目指す。

研究開発の成果が得られる段階等の節目において、次段階に進めるかどうかの判断は、技術の実現性・妥当性を評価して行う。また、現場の状況、関連研究や作業の進捗状況等について関係機関の間で十分連携をとり、必要に応じて計画を見直していく。

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、格納容器補修技術等の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。

### (2) 国の関与・支援のあり方

廃止措置等に向けた取組はこれまで経験したことがない難しい技術課題を伴う。よって、資源エネルギー庁は、研究開発計画の策定やプロジェクト管理において主導的役割を果たし、文部科学省と密接な連携を図りながら国内外の叡智を結集した研究開発体制を整備する。

原子力安全・保安院(新規制庁)は、研究開発に伴う現場での試験や実証等に際して、必要な法制度に基づく安全規制を行う。

東京電力は、福島第一原子力発電所の設置者であり、廃止措置等に向けた現場作業に責任を有する立場として、計画を着実に推進する。

### (3) 国内外の叡智を結集するオープンかつ柔軟な実施体制

廃止措置等に向けた中長期の取組を進める上で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。

特に、諸外国の政府関係機関、国際機関及び民間事業者からの情報・助言や具体的な協力の可能性を的確に評価し、効果的・効率的な研究開発の仕組みを構築していくことは重要な課題である。

#### (4) 中長期視点での人材確保・育成

燃料デブリ取り出し開始の目標が10年以内、廃止措置終了までの目標が30～40年後と長期に亘る取組を着実に進めていくためには、中長期的視点で人材を確保・育成していくことが課題である。

このため、研究開発推進本部は、中長期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、基盤研究を推進しながら、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

廃止措置等に向けた具体的作業内容と実現のための技術課題を踏まえて2011年12月に策定した研究開発計画の進捗状況を確認するとともに、現場ニーズ等を踏まえて一部見直しを行った。

全体の研究開発計画は、作業に応じて、「使用済燃料プール燃料取り出しに係る研究開発」、「燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発」、「放射性廃棄物処理・処分に係る研究開発」及び「遠隔操作機器に係る技術開発」に分類される。

なお、本計画書では、「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」同様、ステップ2完了から使用済燃料プール内の燃料取り出し開始まで（目標は2年以内）を第1期と定義する。この期間は、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に必要な研究開発を開始し、現場調査にも着手するなど、廃止措置等に向けた集中準備期間となる。

第2期は、第1期終了から燃料デブリ取り出し開始まで（目標は10年以内）と定義する。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段階に区分する。

第3期は、第2期終了から廃止措置終了まで（目標は30～40年後）と定義する。この期間は、燃料デブリ取り出しから廃止措置終了までの実行期間とする。

また、2015年度以降については、時期・措置の内容が今後の現場状況や研究開発成果等によって大きく変わることから、およその時期的目標を可能な限り設定している。また、当該期間中の各作業は、技術的にも多くの課題があり、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が必要である。このため、次工程へ進む判断の重要なポイントにおいて、追加の研究開発の実施や、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いる。これを判断ポイント（HP）として設定し、関連する研究開発項目の後に記載している。

なお、原子炉施設の解体に係る遠隔解体技術等の研究開発については、基礎データベース（汚染状況等）を構築した上で、既存技術での対応可否も含めた研究の必要性について今後検討していく。

#### （1）使用済燃料プール燃料取り出しに係る研究開発

##### a. 使用済燃料プール燃料取り出しに係る作業の全体計画

原子炉建屋の最上階に使用済燃料プールが設けられており、1～4号機の使用済燃料プールには、現在3,108体の燃料集合体（うち、2,724体が使用済燃料）が保管されている。津波の影響により、一時的に冷却機能を失ったが、コンクリートポンプ車（通称キリン）等による冷却水の注水が実施され、使用済燃料プール内の燃料の冷却は維持された。

2～4号機の使用済燃料プールには、当初、応急処置として海水を注入していた実績がある。また、1, 3, 4号機は水素爆発により、原子炉建屋が大きく損傷し、使用済燃料プール内の燃料についても落下したガレキによる損傷の可能性は否定できない。

現状、燃料取り出し作業手順は、以下の手順を計画している。

- ① 原子炉建屋上部ガレキ撤去
- ② カバー（又は、コンテナ）の設置／燃料取扱設備の設置又は復旧
- ③ 構内輸送容器・収納缶の設計、製造
- ④ 共用プール内空きスペース確保／改造
- ⑤ 使用済燃料プールからの燃料取り出し
- ⑥ 取り出し燃料の保管・管理

#### <現場作業の進捗状況と当面の計画>

現在、3, 4号機では原子炉建屋上部ガレキ撤去作業を実施中であり、4号機については燃料取り出し用カバー設置に2012年4月から着手している。

使用済燃料プール内ガレキ分布状況に関しては、4号機では2012年3月に実施したプール内調査においてプール内全域を確認できたことから、今後ガレキ撤去計画を立案する。また3号機では、2012年4月に行ったプール内調査にて一部の燃料、ガレキの状況を確認したものの全容は把握できていないため、今後、原子炉建屋上部のガレキ撤去状況に応じて引き続き調査を行っていく。

2～4号機の使用済燃料プールの水質に関しては、応急的な処置として海水を注入した経緯から、塩分除去装置を用いた水質改善を図ってきており、2号機については水質改善が完了した。今後も水質を継続的に監視し、必要に応じて対策、改善を図っていく。

なお、4号機については、使用済燃料プール四隅の水位測定や建屋外壁面の垂直度確認により建屋全体の傾きがないことを確認するとともに、コンクリートの強度確認を行い、使用済燃料プールの健全性が確保されていることを確認している。

#### b. 研究開発内容

使用済燃料プールからの燃料取り出し作業そのものは、既存技術・工法の応用で対応可能である。

他方、今後、海水に曝された、あるいは変形・損傷の生じた恐れのある使用済燃料を取り出した後の、燃料集合体の健全性を確保していくことが重要である。現状は使用済燃料プール水の分析結果から、放射能濃度は通常時と比べそれほど高くなく、大部分の燃料は健全であると推測しているが、長期に亘り健全性を確保しながら保管するとともに、再処理時の影響を検討することは、使用済燃料の今後の取り扱いを決めるために必要である。そのため、以下の研究開発を実施していく。

(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  
(2011年～2017年度)

<目的>

- ◇ 使用済燃料プール内の燃料集合体は海水に曝されたことから、長期に亘って健全に保管する場合の影響を評価する必要がある。

<概要>

- ◇ 福島第一1～4号機の使用済燃料プールから取り出した燃料集合体の実際の状況を踏まえ、海水に曝された燃料集合体に関する材料試験を行うことで健全性を評価し、必要に応じて長期保管に向けた腐食対策を検討する。

<これまでの進捗状況と今後の計画>

- ◇ 事故後の特殊環境を経験した燃料被覆管の劣化の度合いを評価するため、先行して実施している基礎試験において①ジルカロイ製被覆管の評価、②腐食環境評価用解析コードの開発、③放射線と海水の相乗作用評価を実施し、ジルカロイ製被覆管は現状の海水による影響では腐食発生の可能性が小さいこと、ヒドラジン添加に腐食雰囲気緩和効果があることが確認された。
- ◇ 未照射ジルカロイ製被覆管に加えて、照射材を用いた試験を行うなどして、腐食等に関する更なるデータの蓄積を図り、2013年度に開始を予定しているプロジェクトの全体計画の立案を進める。

(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  
(2013年～2017年度)

<目的>

- ◇ 使用済燃料プール内に保管されていた燃料集合体(2～4号機)は、海水に曝されており、1, 3, 4号機では、落下したガレキにより損傷している可能性がある。当該燃料集合体を再処理する場合の前処理、化学処理工程等への影響について検討する必要がある。

<概要>

- ◇ 損傷若しくは海水に曝された使用済燃料について、化学処理、廃棄物処理、製品回収工程への影響を把握し、処理方法を検討し前処理、再処理可能性の判定基準を整備し、当該燃料集合体の処理方策検討に資する。

(HP-1) 使用済燃料の再処理・保管方法の決定

- 使用済燃料プールから取り出した使用済燃料の長期健全性の評価、再処理に向けた研究開発成果を踏まえ、将来の処理・保管方法を決定する。  
【第2期(後)】

## (2) 燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発

### a. 燃料デブリ取り出し準備に係る作業の全体計画

福島第一原子力発電所 1～3 号機では、炉心溶融が発生し、核燃料が炉内構造物の一部と溶融した上で再度固化した状態（燃料デブリ）となって原子炉压力容器下部及び原子炉格納容器内に存在すると考えられる。

燃料デブリの存在状況については、東京電力及び関係機関が 1～3 号機の炉心状況の数値計算シミュレーションを用いて解析を実施しているが、更に精度を高める取組を進めている。一方、実際の作業は解析結果を参考として、現場の状況や実際の試料を確認しながら進めていくことが重要である。

現状、燃料デブリの位置・性状、原子炉格納容器・压力容器の損傷箇所等の詳細状況は不明であるが、燃料デブリ取り出しに向けた作業手順は、スリーマイルアイランド原子力発電所 2 号機（以下、「TMI-2」という。）と同様に、作業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として研究開発計画を策定している。

現状、燃料デブリ取り出しの具体的な手順は以下を想定している。

- ① 原子炉建屋内除染
- ② 原子炉格納容器漏えい箇所調査
- ③ 原子炉建屋止水／原子炉格納容器の下部補修
- 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
- ⑦ 原子炉格納容器／原子炉压力容器水張り
- ⑧ 原子炉内調査・サンプリング
- ⑨ 燃料デブリ取り出し技術の整備と取り出し作業
- ⑩ 取り出し後の燃料デブリの安定保管、処理・処分

#### <現場作業の進捗状況と当面の計画>

原子炉建屋内の汚染状況調査（線量並びに線源調査）に関しては、1～3 号機にて実施し、汚染形態に応じて複数、汚染サンプルを採取した。今後、これらの調査・分析結果を踏まえて適用する除染技術の選定や遠隔操作装置の開発を行なっていく。

原子炉格納容器内の状況を把握する試みに関しては、2 号機にてイメージスコープ等を挿入して、部分的に内部を観察し、水位・温度・線量等の状況について直接確認を実施した。1 号機については今後、2 号機の実績並びに現場調査の結果を踏まえた上で同様な調査を実施する。なお 3 号機については原子炉建屋の雰囲気線量が高く、現状では原子炉格納容器内部調査は困難なため、環境改善技術の進捗に応じて実施時期を決定していく。

格納容器漏えい箇所の調査に関しては、既存の技術・装置を用いて現場の状況調査を実施した。今後も研究開発を進めるとともに既存の技術・装置を用いて原子炉建屋内の状況を確認し、得られた情報を調査装置の開発に適用していく。

今後格納容器補修技術開発における下部補修工法・装置の実機適用性評価に先立ち、実機同様のセクタモデル等の設備を用いて穴あけロボットやS/C補修ロボット等の検証が必要となる。また、作業性確認や作業改善内容確認、ひいては実機工事での作業習熟トレーニングの観点でも、セクタモデル等の設備を用いた確認が必要となる。従って、こうした設備を製作・運用していく。

## b. 研究開発内容

### < 燃料デブリ取り出しに向けた研究開発 >

#### ① 遠隔操作機器・装置活用等による燃料デブリ取り出し

現状、福島第一原子力発電所1～3号機の原子炉建屋内は高線量下にあり、作業を行うためには遠隔技術を用いた除染作業や作業員の被ばく線量低減計画が必須である。また、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ける原子炉格納容器損傷箇所の特定制及び補修を行う必要があることから、そのための技術・工法を開発・実証するとともに、燃料デブリの位置・状況の調査及び燃料デブリ取り出しに資する工法・機器を開発・実証する。

#### (2-①-1 a) 建屋内の遠隔除染技術の開発 (2011年～2013年度)

##### < 目的 >

- ◇ 漏えい箇所調査、補修等の燃料デブリ取り出しに必要な作業に対して、遠隔除染装置や遮へい等を用いて被ばく低減を図りながら人のアクセスを可能にすることを目的とする。

##### < 概要 >

- ◇ 現場の状況等を踏まえ汚染状況を推定・評価するとともに、適用可能な除染技術を整理し、模擬汚染による除染試験を実施する。
- ◇ 遠隔除染装置の開発については技術カタログを活用する。モックアップ試験を経て実機における実証試験を行い、除染性能を評価して実機適用に必要な改良を行う。また、遮へいなどの検討も実施する。

##### < これまでの進捗状況と今後の計画 >

- ◇ 現場では汚染状態の基礎データ取得として、これまでに、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）を行なうとともに汚染形態に応じて複数、汚染サンプルを採取した。今後、これらの調査・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なっていく計画である。

##### < 当面の具体的目標 >

- ◇ 2012年度末までに建屋通路部など比較的アクセスしやすいエリアについて、現場の汚染状況調査結果や工場での模擬汚染による除染試験を

受けて汚染状況に応じた遠隔除染装置の設計・製作・モックアップ試験・実機（1～3号機原子炉建屋内）での検証・改良等を行なっていく。

## （2-①-1b）総合的線量低減計画の策定（2012年～2013年度）

### <目的>

- ◇ 作業員の被ばく低減を目的として、様々な線量低減策と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。

### <概要>

- ◇ 現在「建屋内の遠隔除染技術の開発」において遠隔除染装置等の開発を実施している。併せて、作業員の被ばく低減を達成するため、様々な線量低減策（たとえば遮へい体設置やフラッシングなど）を効果的に組み合わせ総合的な線量低減方策を検討し、そのための計画を策定する。

### <これまでの進捗状況と今後の計画>

- ◇ 建屋内の遠隔除染技術の開発では、汚染状況に応じた遠隔除染技術等の研究開発が行われている。本研究開発プロジェクトでは、作業エリア内の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。

### <当面の具体的目標>

- ◇ 2012年度末までに、PCV 内部調査／漏えい箇所調査などで早期にアクセスが必要となる原子炉建屋1階、及び爆発により損傷し、高線量のためアクセスできず未調査の建屋上部階（4階、5階など）の線量低減方策を策定する。

## （2-①-2）格納容器漏えい箇所特定技術の開発（2011年～2014年度）

### <目的>

- ◇ 燃料デブリの取り出しを水中で実施するためには、原子炉格納容器の漏えい箇所を補修し、格納容器内を水で満たすことが必要であり、これに先立ち、格納容器漏えい箇所を特定するための調査を実施する。

### <概要>

- ◇ 漏えい箇所は高線量下、かつ水中や狭隘部にも存在すると考えられるため、遠隔操作により当該部にアクセスするための技術や漏えいを検知するための技術を開発する。

### <これまでの進捗状況と今後の計画>

- ◇ 現場では、研究開発と並行して、既存の技術・装置を使用した現場の状況調査を実施している。1号機では、原子炉建屋地下の滞留水の状況をCCDカメラで確認し、2号機では原子炉建屋地下階を既存の遠

隔操作ロボットを使用して可能な範囲で確認した。今後も、研究開発を進めながら既存の技術・装置で原子炉建屋内の状況を確認し、得られた情報を研究開発に適用していく。

- ◇ 机上では現場からの調査結果に加え、過去に実施した各号機のシビアアクシデント研究の報告書等より、漏えい原因の洗い出し及び漏えいの可能性のある箇所抽出を行っている。今後、抽出された箇所について漏えい箇所特定のための装置の開発を進め、水中や狭隘部も含めたより詳細な漏えい箇所特定調査を実施し、調査・補修対象箇所の特定にまでつなげていく計画。

<当面の具体的目標>

- ◇ 2012年度末までに格納容器漏えい箇所特定のための装置を設計し、2013年度から装置の製作、モックアップ試験、実機（1～3号機）での検証及び改良等を行っていく。

### (2-①-3) 格納容器補修技術の開発（2011年～2017年度）

<目的>

- ◇ 特定された漏えい箇所を補修し、原子炉建屋とタービン建屋間の漏えいを止水するとともに、原子炉格納容器水張りに向けてバウンダリを構築する。

<概要>

- ◇ 漏えい箇所は高線量下、かつ水中や狭隘部にも存在すると考えられるため、遠隔操作で当該部にアクセスして補修を実施する技術・工法を開発する。なお、原子炉格納容器の補修工法の開発は、燃料デブリ取り出し作業の要となる開発項目であり、その技術的難易度も高いと想定される。従って、格納容器漏えい箇所の調査結果等を踏まえ補修工法の開発が困難となる場合も想定し、補修工法の開発を進めつつ、それに代わり得る工法の検討も併せて実施する。

<これまでの進捗状況と今後の計画>

- ◇ 既存技術の調査及び補修（止水）工法についての概念検討等を実施しており、今後格納容器漏えい箇所の調査結果に応じて具体的な補修（止水）装置を開発していく。
- ◇ 下部補修工法・装置の実機適用性評価に先立ち、実機同様のセクタモデル等の設備を用いて穴あけロボットやS/C補修ロボット等の検証が必要となる。また、作業性確認や作業改善内容確認、ひいては実機工事での作業習熟トレーニングの観点でも、セクタモデル等の設備を用いた確認が必要となる。従って、こうした設備を製作・運用していく。

<当面の具体的目標>

- ◇ 2012年度末までに損傷の可能性の高い箇所（フランジ、ハッチ、ペネ等）に対する補修（止水）装置の設計を行う予定。

(HP-2) 原子炉格納容器下部補修方法、止水方法の確定

- 原子炉格納容器漏えい箇所調査により原子炉格納容器下部・建屋地下の漏えい箇所・状況が特定され、当該部の補修に必要な工法・装置の開発が終了していること、現場の状況が当該技術を適用可能な状況にあること、循環冷却水が原子炉格納容器下部・原子炉建屋地下から取水可能となっていること等を確認し、格納容器下部・建屋地下の補修（止水）工事の着手を判断する。
- また、この時点において、現場の漏えい箇所の状況等を踏まえ、当該部の補修に着手する号機順位を決定することにより、燃料デブリ取り出しに向けた号機順位について1次的な評価を行う。【第2期（前）】

(HP-4) 原子炉格納容器上部補修方法の確定

- 当該部の補修必要箇所が特定され、必要な工法・装置の開発が完了していること等を確認し、原子炉格納容器上部の補修工事着手を判断する。なお、本作業については、研究開発の進捗、現場や要員の状況次第では、上記原子炉格納容器下部の補修と並行して実施する可能性もある。【第2期（中）】

(2-①-4) 格納容器内部調査技術の開発(2011年～2016年度)

<目的>

- ◇ 燃料デブリの存在状況は現状不明であり、その取り出しに向けて原子炉格納容器内の燃料デブリの位置、状況を予め調査するとともに、圧力容器を支持するペDESTAL等の状況も確認しておく必要がある。

<概要>

- ◇ 原子炉格納容器内の調査技術の開発では、環境（狭隘、高線量等）を想定して適用可能な技術を調査した上で点検調査装置を設計・製作する。併せて、調査作業における放射性物質の飛散防止対策を検討する。

<これまでの進捗状況と今後の計画>

- ◇ 現場での2号機格納容器エントリー作業により、格納容器内は作業を進めていく上で非常に厳しい環境（高線量、水の滴下環境での観察など）であることが判明している。
- ◇ 格納容器内での調査項目、調査方法、アクセスルートや装置の構想を引き続き検討するとともに、現場の知見も踏まえ、格納容器内へのアクセス方法の詳細検討と調査装置の設計を進めていく。

<当面の具体的目標>

- ◇ 現場の格納容器エントリー作業で得られた最新知見を踏まえて、調査工法の詳細検討と装置の開発/設計/製作を実施し、格納容器事前調査(2013年度予定)に供していく。

(HP-3) 原子炉格納容器下部水張り完了、原子炉格納容器内調査方法の確定

- 原子炉格納容器下部の漏えい箇所の補修等が終了し、当該部の水張りが

完了していること、及び内部調査方法及び装置の開発が完了していること等を確認し、原子炉格納容器内部調査の開始を判断する。【第2期(中)】

#### (2-①-5) 圧力容器内部調査技術の開発(2013年～2019年度)

<目的>

- ◇ 燃料デブリの取り出しに向けて、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)について把握する必要がある。

<概要>

- ◇ 燃料デブリ等圧力容器内部の調査のため、想定環境(高線量、高温、高湿度等)で適用可能な技術を調査する。原子炉格納容器内の調査結果をもとに圧力容器内の調査のための装置を設計・製作する。

(HP-5)原子炉格納容器上部水張り完了、炉内調査方法の確定

- 原子炉格納容器の上部(原子炉圧力容器を含む)までの水張りが完了していること、原子炉建屋コンテナ(又はカバーの改造)等の閉じこめ空間が形成されていること及び原子炉内部調査方法及び装置の開発が完了していること等を確認し、原子炉圧力容器の上蓋開放及び原子炉内調査の開始を判断する。【第2期(後)】

#### (2-①-6) デブリ・炉内構造物取出工法・装置開発(2015年～2021年度)

<目的>

- ◇ 燃料デブリの取り出し作業については、TMI-2の事例が参考となる。しかし、TMI-2が加圧水型原子炉(PWR)であるのに対し、福島第一原子力発電所は沸騰水型原子炉(BWR)であり、原子炉圧力容器内部に多くの炉内構造物があること、また燃料デブリの一部は原子炉格納容器に移行したと推定されることから、燃料デブリを取り出す工法について技術開発が必要である。

<概要>

- ◇ TMI-2等で適用可能な技術を整理した上で、原子炉格納容器、原子炉圧力容器内の調査結果を踏まえ、福島第一原子力発電所における燃料デブリの取り出し方法を検討し、装置の設計・製作を行う。装置はモックアップ試験を実施した上で、実機での燃料デブリ取り出し作業に適用し、評価・改良を行う。

#### (2-①-7) 炉内燃料デブリ収納・移送・保管技術開発(2013年～2019年度)

<目的>

- ◇ 福島第一原子力発電所における燃料デブリは、TMI-2に比べて、海水注入を経験したこと、燃焼度が高い点が異なることから、デブリの性状

を踏まえた収納容器の開発が必要である。

<概要>

- ◇ 海水注入等を経験した燃料デブリの収納、移送、保管に適用可能な技術を調査し、容器の材料選定を行う。燃料デブリの形状や熔融状態に応じた収納方法を検討し、取扱い機器、収納容器の製作、モックアップ試験を行う。また、効率的な移送・保管の方法を検討し、必要な設備の設計・製作を行った上でモックアップ試験を実施し、評価・改良を行う。

(HP-6)燃料デブリ取り出し方法の確定、燃料デブリ収納缶等の準備完了

- 原子炉格納容器／原子炉圧力容器内部調査の結果等に基づく燃料デブリ取り出し方法・装置、取り出しに必要な保管容器（収納缶）の開発が完了していること、取り出した燃料デブリの保管・貯蔵場所が確保されていること等を確認し、燃料デブリ取り出しへの着手を判断する。【(目標：10年以内)】

(2-①-8)圧力容器／格納容器の健全性評価技術の開発(2011年～2016年度)

<目的>

- ◇ 海水が注入された原子炉圧力容器／原子炉格納容器は、今後も長期に亘り、希釈海水環境に曝されることが想定される。燃料デブリ取り出しまでの期間、機器の健全性を確保し、安定的な冷却を継続する必要がある。
- ◇ 原子炉圧力容器を支える鉄筋コンクリート構造物（原子炉圧力容器ペDESTAL）についても、高温履歴や海水浸漬の影響を確認する必要がある。

<概要>

- ◇ 原子炉圧力容器及び原子炉格納容器の腐食劣化進行の適切な評価・予測に必要な腐食データを取得する。また、原子炉圧力容器ペDESTALの鉄筋腐食やコンクリート劣化に関するデータを取得し、構造健全性評価を行う。また、腐食・劣化抑制策を適用し、その効果を確認する。

<これまでの進捗状況と今後の計画>

- ◇ 当初計画では腐食や高温履歴に対する健全性評価が中心であり、各種構造材料の腐食試験や高温強度試験を計画。
- ◇ 上記に加え、必要な健全性評価項目の洗い出しを行った結果、高温の燃料デブリ落下に伴う原子炉圧力容器ペDESTALコンクリートの損傷影響評価などが抽出され、今後実施していく予定。

<当面の具体的目標>

- ◇ 2012年度末までに、原子炉圧力容器／格納容器の構造材腐食試験やペDESTAL鉄筋コンクリート劣化試験を実施し、構造物の余寿命評価へのインプットとする。

## (2-①-9) 燃料デブリの臨界管理技術の開発(2012年～2018年度)

### <目的>

- ◇ 注水、取り出し作業等に伴い燃料デブリ形状や水量等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、未臨界評価、モニタリング技術を開発する必要がある。

### <概要>

- ◇ 注水条件の変更や炉内状況の変化に応じて臨界評価が可能な解析手法を開発する。また、廃液処理や冷却に適用可能な未臨界モニタを開発する。原子炉内については、原子炉格納容器内部の調査結果を踏まえて、中性子検出による臨界モニタを必要に応じて開発する。また、燃料デブリの取り出し、輸送、貯蔵作業時に適用可能な中性子吸収材料を開発し、適用工法を検討する。また、これらの技術開発に資する基盤研究を進める。

### <当面の具体的目標>

- ◇ 臨界の可能性が考えられるシナリオを整理して、臨界に影響を及ぼす主要なパラメータを抽出する。
- ◇ 2013年度からの炉内再臨界検知技術開発に向け、原子炉格納容器内外の中性子線量分布解析評価による中性子検出器システム及び短寿命核分裂生成物検出による検出システムの要求仕様を策定し、インプットとする。
- ◇ 廃液処理設備・冷却設備への燃料デブリ流出・蓄積に伴う臨界検出のための未臨界モニタ開発(2013年度から開始)に向け、要求仕様を策定しインプットとする。
- ◇ 燃料デブリの取り出し作業に向け、臨界防止技術の検討を行い、2013年度から開始する臨界防止材料の開発及び施工方法の開発検討のインプットとする。

## ② 炉内状況把握・解析

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必要がある。

また、特に、これらの取組みから得られる知見・経験は、事故進展の理解と国内外における解析技術の高度化に広く役立つものである。

## (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 (2011 年～2020 年度)

### <目的>

- ◇ 炉内状況の推定・評価を実施し、その不確実さの幅を狭め、燃料デブリの調査及び取り出し方法の検討に資することを目的とする。

### <概要>

- ◇ 福島第一原子力発電所事故の解析や過酷事故模擬試験等から得られる知見をもとに過酷事故解析コードの高度化を実施する。
- ◇ 過酷事故解析コード以外のコードを用いて、炉内状況を推定する。
- ◇ 現場の安定維持・廃止措置に向けた取り組みから得られる情報を分析・評価する。
- ◇ 過酷事故解析コードの高度化から得られる知見、その他解析コードによる解析から得られる知見、現場の安定維持・廃止措置に向けた取り組みから得られる情報を総合的に評価することで、炉内状況について不確実性の幅を狭めた推定を実施する。

### <これまでの進捗状況と今後の計画>

- ◇ これまでに、過酷事故解析コードである MAAP、SAMPSON 両コードについて、高度化開発項目の抽出を終了した。
- ◇ MAAP コードについては、2012 年度以降管理・開発元の EPRI・FAI への委託により、最新版 MAAP コードによる福島第一原子力発電所事故解析及び最新版コードの高度化・検証を 2013 年度までに実施する。
- ◇ SAMPSON コードについては、2016 年度までに段階的にコード改良を実施するとともに、前年度までの改良を反映したコードによる福島第一原子力発電所事故解析・コードの検証を継続して実施する。

### <当面の具体的目標>

- ◇ MAAP、SAMPSON 両解析コードの高度化の成果と、その他解析コードや模擬試験等から得られる知見、現場の取り組みから得られる情報をもとに炉内状況の推定・把握を実施していく。
- ◇ 国際ベンチマーク等から得られる知見も活用し、炉内状況の推定・把握に努める。
- ◇ 上記により、推定・把握された炉内状況を、燃料デブリ取り出し作業等、関連するプロジェクトへインプットする。

## ③ 燃料デブリ性状把握・処置準備

燃料デブリの処置に関する研究開発は、燃料デブリの一部が実際に取り出されてから本格的に実施することとなるが、あらかじめデブリの性状を想定する上で、基礎基盤的なデータを取得しておくことが望ましい。なお、基礎データの取得には時間がかかるため、計画的に開発を進めていく必要がある。

## (2-③-1) 模擬デブリを用いた特性の把握 (2011年～2015年度)

### <目的>

- ◇ 燃料デブリの取り出し、処理の具体的方法を検討する上で、あらかじめ模擬デブリにより評価を行っておくことは有効と考えられる。福島第一原子力発電所の事故では、海水注入、溶融継続時間など TMI-2 の状況とは異なるため、事故履歴を踏まえて模擬デブリを作製する必要がある。

### <概要>

- ◇ 福島第一原子力発電所の事故履歴から模擬デブリを作製し、性状データ(機械的特性、化学的特性)を取得する。また、TMI-2 デブリとの比較を行い、燃料デブリ取り出しへの反映事項を整理する。

### <これまでの進捗状況と今後の計画>

- ◇ TMI-2 及び過酷事故に関する文献調査や、作製した模擬デブリの物性データ取得を実施しているところ。
- ◇ デブリの機械特性は、原子炉格納容器/圧力容器内部調査時のデブリサンプリングや本格的デブリ取り出しに向けた機器開発への重要なインプットであり、これらのプロジェクトと連携して着実に進めていく予定。

### <当面の具体的目標>

- ◇ 炉内状況把握・解析 SWT と連携を図り、2012年度末までに炉内におけるデブリ生成状況の概略推定を実施し、デブリ処置技術他プロジェクトへのインプットとする。

## (2-③-2) 実デブリの性状分析 (2015年～2020年度)

### <目的>

- ◇ 燃料デブリ取り出し後の長期貯蔵の健全性、処理・処分の検討を行う場合には、燃料デブリの溶解性や化学的安定性等の化学特性を把握しておく必要がある。

### <概要>

- ◇ 炉内から実際に取り出した実デブリについて、性状(機械的特性、化学的特性)分析を実施する。

## (2-③-3) デブリ処置技術の開発 (2011年～2020年度)

### <目的>

- ◇ 燃料デブリ取り出し後の処置(処理・処分等)の見通しを得るため、既存の処理技術の適用可能性や処分技術について検討する必要がある。

### <概要>

- ◇ 模擬デブリ及び実デブリを用いて、湿式、乾式の処理適用性の評価を

行う。また、処理によって発生する廃棄物の廃棄体化及び処分適合性並びに直接処分する場合の廃棄体化及び処分適合性の検討を行う。

<これまでの進捗状況と今後の計画>

- ◇ 燃料デブリ取り出し後の処置に関しては、貯蔵、処理などいくつかのシナリオが考えられ、それぞれの検討にも時間を要することから、処理のシナリオ検討を開始したところ。

<当面の具体的目標>

- ◇ デブリ処置に係るシナリオ検討に必要なデータ及び検討条件の設定の考え方を整理する。また、既存処理技術の適用性検討に係るデータ蓄積を図り、技術的課題を把握する。

(HP-7) 燃料デブリの処置方法の決定

- 取り出した燃料デブリについて、関連する研究開発及び国の政策との整合性等を踏まえ、将来の処置方法を決定する。【第3期】

(2-③-4) デブリに係る計量管理方策\*の構築 (2011年～2020年度)

<目的>

- ◇ 燃料デブリは、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。したがって、今後燃料デブリの取り出し・貯蔵を行うまでに、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ことが必要である。

<概要>

- ◇ TMI-2及びチェルノブイリ原子力発電所(4号機)事故における核物質管理技術・手法を調査した上で、燃料デブリ内の核燃料物質重量を合理的に評価する測定技術の開発及び計量管理手法の構築について、IAEA等の関係機関と十分に調整しながら進める。

<これまでの進捗状況と今後の計画>

- ◇ 現在TMI-2及びチェルノブイリの先行事故事例について、公開文献や米国国立研究所の往訪調査などから有用な情報を入手するとともに、核燃料物質測定技術の基礎データを取得するための試験に着手している。今後の計画として現場での管理状況を踏まえつつ、燃料デブリに係る計量管理手法を構築していく。

<当面の具体的目標>

- ◇ 先行事故事例調査や核燃料物質測定技術の基礎試験データに基づき、2013年度末までに現場に適用可能な核燃料物質測定技術を抽出し、合理的な計量管理手法構築へのインプットとする。

\* 計量管理：原子力施設内の核物質について、核兵器への転用防止を目的に形状、量及び一定期間中の移動を正確に管理する手法のこと。

### (3) 放射性廃棄物処理・処分に係る研究開発

#### a. 放射性廃棄物処理・処分に係る作業の全体計画

福島第一原子力発電所では、水素爆発により建屋内外に高線量のガレキが存在し、また、タービン建屋等に滞留した汚染水（滞留水）の処理に伴って放射性廃棄物（廃ゼオライト、スラッジ等）が発生している。これらの廃棄物は通常の原子力発電所で発生する廃棄物と性状が異なるため、廃棄物の特徴を分析して把握し、その結果を踏まえて安全かつ合理的な処理・処分を考え、これを実施していく必要がある。なお、処理・処分までには長期間を要することが想定されるため、廃棄物は当面適切に保管・管理する。

また、将来的に燃料デブリ取り出し等の作業や工事に付随して発生する廃棄物、さらには原子炉施設の廃止措置に伴い発生する解体廃棄物については、施設の汚染状況調査及び解体工法に係る検討を踏まえて発生する廃棄物の性状及び物量を予測しながら、適切な処理・処分を行っていく。

#### b. 研究開発内容

現状発生している汚染水処理に伴う二次廃棄物やガレキ等について、処理・処分の技術的見通し及び長期安定保管方策を得る必要がある。処理・処分の見通しについては、既存の処分概念の適用性を確認するが、適用の難しい廃棄物については新たに処理・処分技術を開発する必要がある。

上記及び原子炉施設の解体に伴う廃棄物全体の処理・処分について、全体として合理的な工程となるよう研究開発を実施していく。

#### (3-1) 汚染水処理に伴う二次廃棄物の処理・処分技術の開発（2011年～）

##### <目的>

- ◇ 汚染水処理に伴い発生する二次廃棄物は、中間貯蔵を経た後、将来的に廃棄体化して処分する必要がある。放射性廃棄物の処理・処分のための作業を安全かつ合理的に実施するために、発生した二次廃棄物の性状評価、安全性評価、廃棄体化検討、処分最適化検討などの処分に向けた研究開発を実施する。

##### <概要>

- ◇ 二次廃棄物の廃ゼオライト、スラッジ、廃樹脂、濃縮廃液等の性状評価（発生量、化学組成、放射能濃度、発熱量等）を行うとともに水素ガス発生及び発熱量の安全性評価並びに海水、高線量等を考慮した長期貯蔵の方法を検討する。また、廃棄物の廃棄体化の検討、廃棄体の特性評価（強度、浸出特性、耐熱性）を行うとともに、処分方策についても検討する。

##### <これまでの進捗状況と今後の計画>

- ◇ 長期保管対策の検討や、処理・処分技術の開発に必要な二次廃棄物の

放射能濃度評価に必要な分析に着手した。これまでの分析状況を踏まえると、Cs や Sr を多量に含む試料に対応できるような分析手法の改良が必要であり、処理・処分が重要となるものでこれまでに分析手法が確立していない核種も存在することが分かっているため、分析技術の開発も計画に加えつつ性状把握を継続していく。

- ◇ 二次廃棄物については処理・処分技術の確立まで安定に保管する必要があるため、水素発生や発熱及び腐食等、長期保管に向けた対策の検討を引き続き実施する。
- ◇ 廃棄体化技術については、廃ゼオライト・スラッジについて調査を継続するとともに、並行してセメント固化等の廃棄体化基礎試験を進める。
- ◇ 新たな汚染水処理システム(第二セシウム吸着装置、多核種除去装置)から発生する二次廃棄物についても、性状評価、長期保管対策、及び廃棄体化技術調査の検討対象に加える。

#### <当面の具体的目標>

- ◇ 分析手法の開発・改良を行いながら核種組成等の性状分析を継続する。
- ◇ 廃ゼオライト・スラッジ等の長期保管に向けた対策の検討を 2013 年度までに実施する。
- ◇ 廃ゼオライト・スラッジ等の廃棄体化技術調査結果を 2012 年度に取りまとめる。

### (3—2) 放射性廃棄物の処理・処分技術の開発 (2011 年～)

#### <目的>

- ◇ 福島第一原子力発電所で発生しているガレキ等や将来の廃止措置で発生する解体廃棄物、建屋除染や系統除染で発生する除染廃液は、従来発生していた放射性廃棄物とその性状、内容が大きく異なることから、処分に必要な技術検討、研究開発を進めていく必要がある。

#### <概要>

- ◇ 発生する廃棄物のそれぞれについて、性状評価(発生量、化学組成、放射能濃度、発熱量、物理的性状等)を行い整理する。
- ◇ 汚染水処理に伴う二次廃棄物の処理・処分技術の開発と同様に廃棄体化技術開発や既存処分概念の適用性について検討する。
- ◇ 汚染水処理に伴う二次廃棄物、ガレキ等、解体廃棄物及び除染廃液等、処理・処分すべき放射性廃棄物の中には、既存の処分概念が適用できないものもある可能性がある。このため、必要に応じて、新たな処分概念の構築を含め、新規の処理・処分研究開発を実施する。

#### <これまでの進捗状況と今後の計画>

- ◇ 事故後に発生した廃棄物は、破損した燃料に由来した放射性核種が付着していることや、処分場の性能に悪影響を与える塩分を多く含む等、

従来の原子力発電所で発生していた廃棄物と異なるため、廃棄物の特徴をよく分析し把握した上で研究開発を行う必要がある。このような観点から、これまで、性状把握に必要な分析機器等の整備を行うとともに、廃棄物の特性評価方法や処分概念を検討するための道程を検討した。今後は、ガレキ等の核種組成などの性状を把握するための分析に着手するとともに、研究開発計画の詳細化を実施する。

<当面の具体的目標>

- ◇ 廃棄物の特徴を把握するために必要なガレキ等の分析を実施し、データを蓄積していくとともに、事故後に発生した廃棄物を安全に処理・処分するために必要な研究開発課題を2012年度中に精査し、研究開発計画に反映していく。

(HP-8) 廃棄物の性状に応じた既存処分概念への適応性の確認

- 廃棄物の性状に関する研究等の成果を受け、既に検討済みの処分概念への適応性の確認を行う。
- 塩分を多く含む廃棄物等、一部の廃棄物については既存の処分概念の適用が困難となる可能性もあるため、必要に応じ、新たな処理・処分方策（人工バリア構成等）の検討を行い、研究開発計画を策定し、研究に着手する。【第2期（中）】

(HP-9) 廃棄物の処理・処分における安全性の見通し確認

- 事故後に発生した廃棄物等の処理・処分に関して、技術的な成立性を踏まえた安全性の見通しを確認する。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、燃料デブリの取り出し及び解体工事の進展に応じて、廃棄物性状に関して新たな情報が得られると予想される。また、工事に際して行われる除染により新たな廃棄物が生じ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。【第2期（後）】

(HP-10) 廃棄体仕様・製造方法の確定

- 放射性廃棄物の処理・処分に関する研究開発の結果を踏まえ、必要に応じて規制制度を整備し、処理・処分において必要な条件（廃棄体の仕様、処分場に必要サイト要件、処分場の設計要件）を明らかにする。
- 上記条件に基づき、廃棄体の仕様や製造方法を確定する。【第3期】

(HP-11) 廃棄体製造設備の設置及び処分の見通し

- 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。【第3期】

#### (4) 遠隔操作技術の適用に係る検討

除染、各種調査をはじめ、原子炉建屋内において多くの作業が行われてきているが、引き続き、燃料デブリ取り出しに向けた作業において高線量エリアが多く存在しており、人のアクセスが制限されるため、当該環境で目的の作業が行える遠隔操作機器・技術の開発が必要とされている。

これらの研究開発は世界初の試みであることから、研究が期待通りの成果を上げるまでには、相当な困難が予想される。現状の遠隔技術では困難と思われるものへの備えや、TMIの事例でも強調されているような、現在進行中の計画が困難に遭遇したときの方法を予め考えておくことが重要である。そこで、研究開発推進本部の各プロジェクトの中で、実現が困難な、または困難になる可能性のある遠隔技術に対して最新の遠隔技術やソリューション及びバックアッププランを検討、提案していくものとする。

また、横断的に検討する必要がある遠隔操作技術については、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ことが必要である。

<これまでの進捗状況と今後の計画>

- ◇ 各プロジェクトとは異なる発想での新たな解決策を期待し、知見豊富な有識者やロボットメーカーを中心としたメンバーでタスクフォースを設置し、議論を開始。今後は、例えばオペフロ壁面・天井面線量測定装置など、具体的な技術課題について議論していく。

<当面の具体的目標>

- ◇ 現在取り組んでいるプロジェクトの中で困難と思われる遠隔機器による作業のうち、S/C漏えい箇所調査などについて最新技術やソリューションを具体的に議論する。
- ◇ 共通基盤技術等については、他の災害対策用プロジェクト等で開発中の技術の適用も含めて検討する。

## 4. 研究開発の推進体制

### (1) 研究開発推進体制の基本的考え方

世界的にも例の極めて少ない難しい課題に挑戦することから、国内外の専門家及び産業界の叡智を結集するとともに、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。

個別の研究開発プロジェクトを着実かつ効果的に進めるために、全体的なマネジメントに責任を担う組織を設け、全体の進捗を踏まえた計画及び体制の柔軟な見直し・一部改廃等を含め、研究開発全体の評価を適切に行っていく必要がある。

また、福島第一原子力発電所の現場の状況やニーズ、開発した工法等の技術の適用結果を適切かつ速やかにフィードバックし、個別研究開発課題の計画を柔軟に見直す必要がある。

### (2) 研究開発の実施体制

#### ① 目的・役割

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対策に関する研究開発を総合的かつ集中的に実施するため、政府・東京電力中長期対策会議のもとに「研究開発推進本部（以下、「本部」という。）」を設置し、研究開発の推進に関する企画・立案、総合調整を行っている。

#### ② 本部の構成

資源エネルギー庁、文部科学省、東京電力（株）、（独）日本原子力研究開発機構（JAEA）、（独）産業技術総合研究所、（一財）電力中央研究所、原子力委員会、福島第一原子力発電所の設計・建設に関して深い知見・経験を有するプラントメーカーである（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）並びに学識経験者等から構成される（委員名簿については、別添を参照）。

政府は、本部の最高責任者として適切な者を研究開発推進本部長とし、研究開発マネジメントの責任を持つ。また、本部長をサポートする副本部長を任命する。さらに、本部には、上述の研究開発プロジェクトの実務を行うために必要な事務局を設置している。

具体的には、研究開発全体の計画を策定するとともに、各ワーキングチームが行う分野毎の進捗状況の評価に対する総合的評価、各研究課題の優先順位付けと予算配分、研究課題相互の全体調整及びプロジェクトの運営に大きな影響を与える判断を行う。

#### ③ ワーキングチーム

本部のもとに以下のワーキングチーム及びサブワーキングチームを設け、分野毎の研究開発の推進に関する企画・立案、総合調整を行っている。

分野毎の研究開発プロジェクトを統括的にマネジメントすることを目的として、それぞれの研究開発計画を立案するとともに、各研究開発プロジェクトに対する必要な指示を行う。具体的には、研究開発プロジェクト毎に検討される実施計画を承認し、実施状況を評価するとともに、必要に応じて見直しを指示する。

- (ア) 使用済燃料プール燃料取り出しワーキングチーム
- (イ) 燃料デブリ取り出し準備ワーキングチーム
  - 機器・装置開発等サブワーキングチーム
  - 炉内状況把握・解析サブワーキングチーム
  - 燃料デブリ性状把握・処理準備サブワーキングチーム
- (ウ) 放射性廃棄物処理・処分ワーキングチーム
- (エ) 遠隔技術タスクフォース（分野横断事項）

#### ④ 事務局

関係機関の代表者から構成される事務局を設置し、研究開発の全体マネジメントに係る事務を総括する。資源エネルギー庁が全体の事務局長を務める。

また、各ワーキングチームの事務局は、現場作業との連携を密接に図ることが重要との観点から、現場作業を担当する東京電力が担当する。

さらに、研究開発プロジェクトの効果的・効率的な実施に資する情報基盤整備活動を推進するため、ワーキングチーム毎に担当を設け、事務局担当者 と連携しつつ、内外の関連技術に係る情報収集・整理・共有及び海外の関係研究機関等との国際協力等の取りまとめを行う。

#### (備考) 研究開発推進本部の組織のあり方について

- ・ 昨年12月に原子力委員会専門部会がとりまとめた「東京電力(株)福島第一原子力発電所における中長期措置に関する検討結果」において、研究開発の運営を長期に亘って効率的に進めるため、「研究開発推進本部を一つの専任組織として運営すること」が期待されている。
- ・ 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、研究開発プロジェクトの運営を推進する体制を一層強化していくことが課題。

#### (参考：東京電力(株)福島第一原子力発電所における中長期措置に関する検討結果抜粋)

研究開発推進本部の統合的運営を長期に亘って効率的に進めるためには、研究開発推進本部を一つの専任組織として運営することが期待される。当面、既設の組織の枠を利用して研究開発推進本部の活動を開始するものの、なるべく早く、最大限の成果が得られるような組織のあり方について、従来の枠にとらわれず、柔軟に考えていくことが必要である。

## 5. 研究拠点構想 ～福島を国際的研究拠点へ～

### (1) 研究拠点構想の基本的考え方

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て直面している極めて難しい技術課題には、国の総力を挙げて研究開発プロジェクトに取り組むことが必要であり、その過程で得られる知見・経験は、他の産業分野を含めて幅広く裨益するものである。このため、福島復興再生基本方針を踏まえ、国内外の叡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）の専門的知見や既存施設の活用を図るとともに、将来に向けた人材の確保・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最大限配慮する。

これまで検討を進めてきた新たに整備すべき研究拠点構想について具体化を図るため、必要な施設や設備について概念設計・基本設計の検討に着手する。

(参考) 福島復興再生基本方針（平成24年7月13日閣議決定、関連部分抜粋）

## 第6 新たな産業の創出及び産業の国際競争力の強化に寄与する取組その他先導的な施策への取組の重点的な推進のために政府が着実に実施すべき施策に関する基本的な事項

福島の産業の復興及び再生に当たっては、福島から、日本の経済社会構造を変革するモデルとなるような、未来志向の抜本的な復興及び再生を実現し、福島の住民が復興及び再生を実感できるようにしていくことが重要である。

このため、先導的な取組を積極的・重点的に推進することにより、福島の新たな魅力や強みを生み出し、復興及び再生をさらに加速させていくとともに、福島をこれらの分野において我が国をリードするフロンティアとしていく。

(研究開発の推進等のための施策)

地元の住民が安心して豊かな生活を営める環境を実現するとともに、持続的に発展可能な地域産業を興すために、新たな産業の創出等に寄与する各種の研究拠点づくりが重要。

とりわけ、福島のポテンシャルを踏まえた場合、再生可能エネルギー、医薬品及び医療機器、環境回復・創造、廃炉技術といった分野における研究開発、産業創造等の拠点形成を図っていく必要がある。

このため、国及び福島県は、「福島研究開発・産業創造拠点構想(案)」に基づいて、福島における各種の拠点整備を図る。

(中略)

また、廃止措置・事故再発防止対策については、東京電力株式会社福島第一原子力発電所1～4号機の廃炉に向けた研究開発・事業推進や、新たな原子力安全規制体系の下での規制関係人材の育成における福島の拠点化を進める。

### (2) 研究拠点構想として新規に整備する施設

### ① 遠隔操作機器・装置の開発・実証のための施設

燃料デブリの取り出しに至るまでには、極めて高い放射線レベルの環境下で作業を行わなければならないことが想定され、作業員の被ばく低減のためにも、遠隔操作可能な機器や装置を開発する必要がある。このため、高線量である実際の現場サイト内において機器・装置の適用性を試行錯誤しながら確認することを極力避け、遠隔機器・装置の実証を繰り返し試験できる施設を整備する。

本施設においては、まず、喫緊の課題である格納容器下部漏えい箇所の特定制及び補修技術に関する実機相当規模のモックアップ設備を整備し、調査・補修用の遠隔機器・装置の実機適用性検証を行うこととし、具体化を進める。また、格納容器上部や燃料取り出し設備その他の設備については、今後検討する。

### ② 放射性物質の分析のための施設

廃止措置等に向けた複数の工程における放射性物質の分析ニーズに対応するため、以下の施設の増強・新設を検討していく必要がある。

- －東京電力（株）福島第一原子力発電所の既存分析施設の増強
- －日本原子力研究開発機構の既存施設の活用
- －新規分析施設の整備（分析センター（仮称））

特に、新規分析施設については、複数の機能を兼ね備えた施設を段階的に整備することとし、具体化を進める。あわせて当該施設で分析を行う人材の育成を行っていくことが必要である。

- －放射性廃棄物の性状把握・除染効果確認のための分析、分析技術の確立
- －燃料デブリ等の性状把握のための分析、分析技術の確立

### ③ その他

研究拠点構想を進めていく上では、国際連携や情報発信のための施設の設置も検討するとともに、新規分析施設が整備された段階で、サイト外で発生する測定困難な高線量試料や難測定核種の分析を請け負うことも視野に入れ、関係方面との連携を図る。また、土壌等除染、瓦礫等のリサイクル利用の実証といったサイト外における現下の課題への対応に寄与していくことについても検討を進める。

## 6. 国際協力のあり方

前述のとおり、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の取組を効率的・効果的に進めるためには、国内外の叡智を結集することが必要である。特に、研究開発プロジェクトを推進していく上で、国内の広範な分野の技術的知見を得ていくことに加え、国際協力を進めることが重要であり、以下の点に留意しつつ、TMI-2やチェルノブイリ事故への対応をはじめとする海外の知見・経験を活用していく。

- 世界初の難しい課題への対応も多く、世界の叡智を活用するために、研究開発課題をはじめ中長期措置全体の計画・取組状況についてタイムリーに広く情報を公開・発信していく。
- 諸外国政府機関、国際機関及び民間事業者からの情報・助言や費用負担を含めた具体的な協力の可能性を的確に評価し、効果的・効率的な研究開発の実施に努める。また、海外で実績のある有用な機器やシステムについて柔軟かつ機動的に取り入れていく。ただし、海外の機器やシステムの安直な調達で済ませるのではなく、長期的な信頼性や国内の技術との親和性にも十分配慮する。
- 研究開発成果として蓄積される知見・ノウハウについては、参加する企業・研究機関の技術力向上につながるものであり、福島第一原子力発電所事故への対応のみならず将来的に国内外の原子力施設の廃止措置や安全基盤の強化等にも資するものであることも踏まえ、知的財産を含む成果の取扱いに留意する。

同時に、今般の事故への対応については、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、また、山積する技術課題に国内外の叡智を結集して取り組む観点からも、世界に向けて積極的な発信を行う必要がある。そのためには、国際会議等の場において研究計画・成果を発表していくことが重要である。

2012年3月には、IAEA及びOCED/NEAの協力を得て東京で国際シンポジウムを開催するとともに、6月にはウィーンで開催された廃棄物等安全条约会合の機会を捉えて情報提供イベントを開催したところ、本年12月には福島にてIAEAと共催で原子力安全に関する閣僚会議を開催する予定であることを踏まえ、こうした取組みを継続して行っていく。

また、世界から第一線の研究者を招致して取り組むべき研究テーマが多数存在するとともに、今後具体化に向けて検討を進める研究拠点は、世界屈指の国際的な研究拠点となり得ることから、これを最大限に活用していく方策を検討する。

国際協力に係る具体的な研究テーマについては、本年3月の国際シンポジウムで提唱した事故進展解析・検証に関する国際協力プロジェクトに加え、燃料デブリの性状分析・サンプリング、廃棄物処理方針の検討などが想定され、具体化に向けて検討を進める。

## 7. 中長期的視点での人材確保・育成

廃止措置に向けた取り組みは、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、中長期視点で人材を確保・育成していくことが必要である。

東京電力、JAEA、プラントメーカー等の関係機関は、中長期的な人材確保・育成のニーズを明確にしつつ、内部での人材育成に向けた取り組みを進めるとともに、原子力以外の分野（機械、土木・建築等）を含め、外部からの人材の受け入れを促進するための取り組みを進めていく。また、将来必要となる人材の育成を担う大学・研究機関等との連携を強化していくことが重要であることから、中長期的に必要な技術・人材のイメージを共有しながら、JAEAの専門的知見や既存施設の有効活用を図るとともに、研究開発プロジェクトの一部を共同研究・委託するなど積極的に外部機関を活用すべきである。

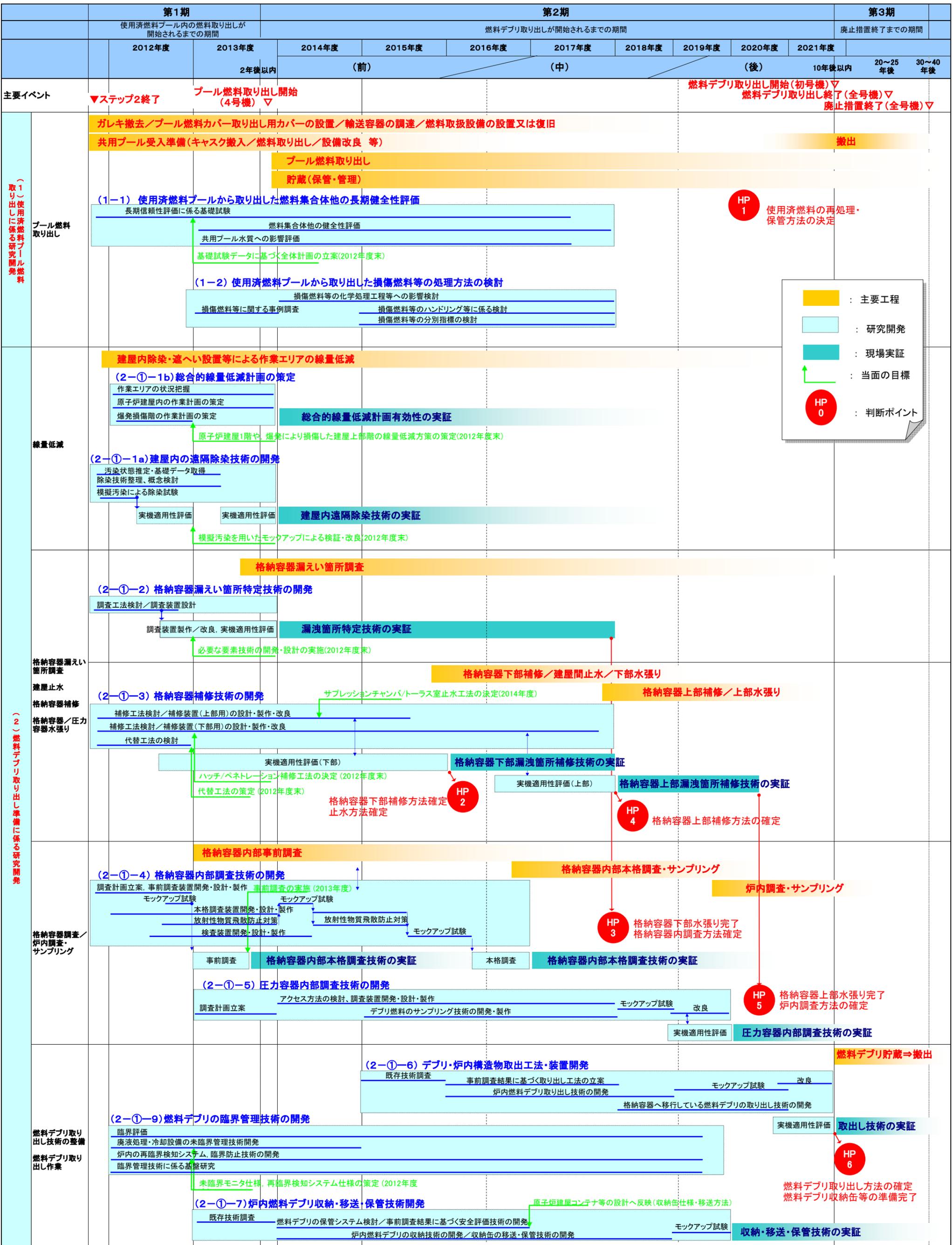
このため、研究開発推進本部として、中長期視点での人材育成に関する重点分野を設定するとともに、中核となる大学・研究機関（中核拠点）を選定して進めていくこととする。この分野別の中核拠点は、連携すべき他の大学・研究機関との間で、基盤研究プロジェクトの推進に加え、研究者・学生等の参加を広く得ていくための人材育成に関する取組みにおいてリーダーシップを発揮することが期待される。また、中核拠点をはじめ大学・研究機関との連携強化を図るため、連携講座、大学間連携プログラム、集中ワークショップ／セミナーの開催等の支援を行うとともに、現場の最新状況・データ、技術ニーズに関する密接な情報共有・提供を図るための情報・デ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。

その際、福島県をはじめとする東北地方の大学や研究機関等との連携強化を図り、研究開発を活性化させ、ひいては将来において地元からの人材を確保することを目指していく。

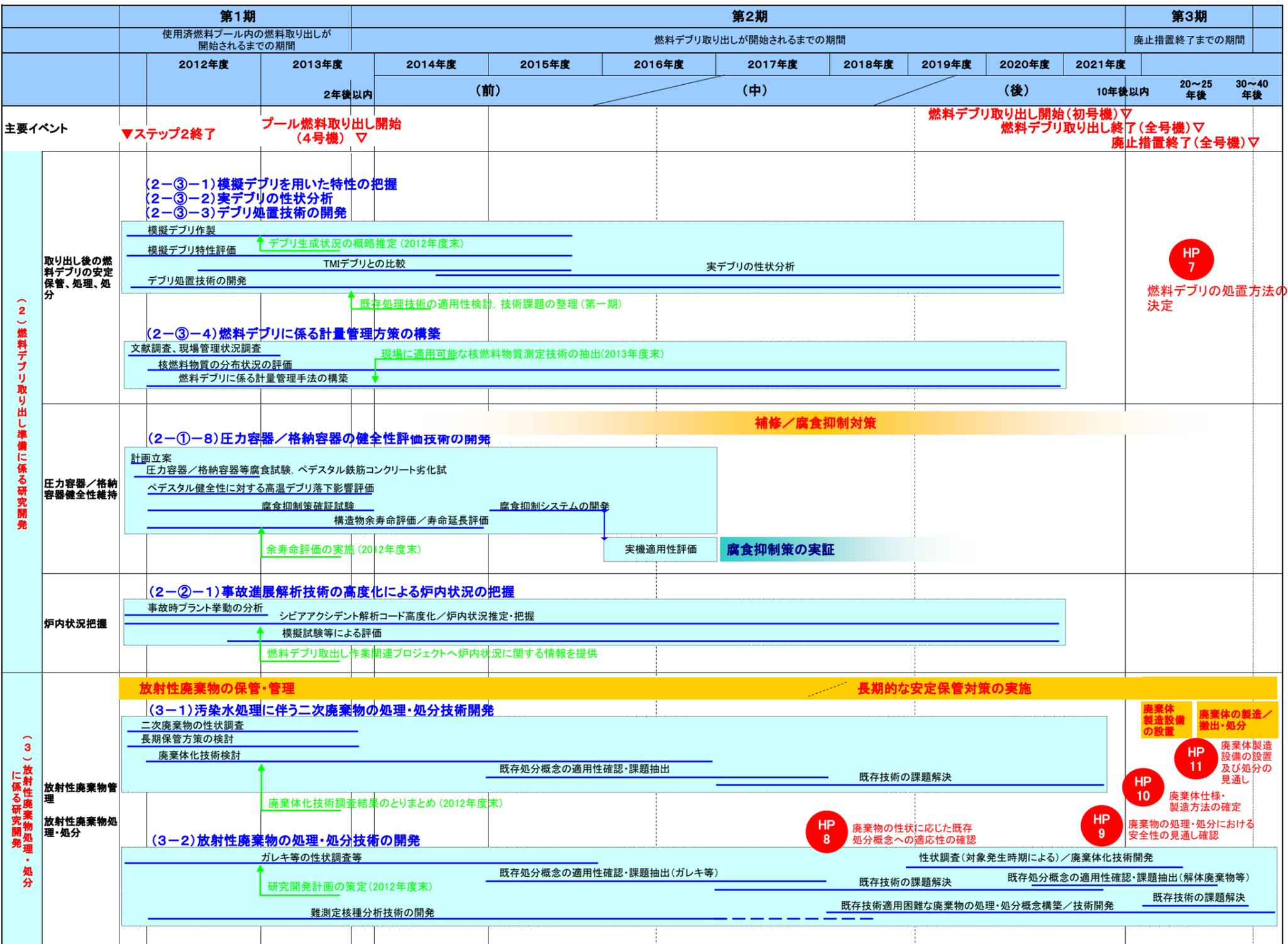
以上

<添付資料>

- 添付1 研究開発全体計画
- 添付2 燃料デブリ取り出し作業に係る主な研究開発イメージ
- 添付3 放射性廃棄物の処理・処分に係る研究開発イメージ
- 添付4 研究開発推進本部の体制について
- 添付5 研究開発課題1件1葉
  - (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
  - (2-①-1 a) 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) 格納容器漏えい箇所特定技術の開発
  - (2-①-3) 格納容器補修技術の開発
  - (2-①-4) 格納容器内部調査技術の開発
  - (2-①-5) 圧力容器内部調査技術の開発
  - (2-①-6) 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) 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) 模擬デブリを用いた特性の把握
  - (2-③-2) 実デブリの性状分析
  - (2-③-3) デブリ処置技術の開発
  - (2-③-4) デブリに係る計量管理方策の構築
  - (3-1) 汚染水処理に伴う二次廃棄物の処理・処分技術の開発
  - (3-2) 放射性廃棄物の処理・処分技術の開発
- 添付6 研究拠点構想
- 添付7 中長期視点での人材育成プログラム
- 添付8 研究開発推進本部のこれまでの主な実績
- 別添 委員名簿



\*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。



\* 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。



# 放射性廃棄物処理・処分に係る研究開発のイメージ

→ アウトプットの流れ

## 1. 性状調査

調査のポイント

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

従来廃棄物との相違点例

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



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、1F近傍にホットラボ施設を設置する検討も必要

アウトプット

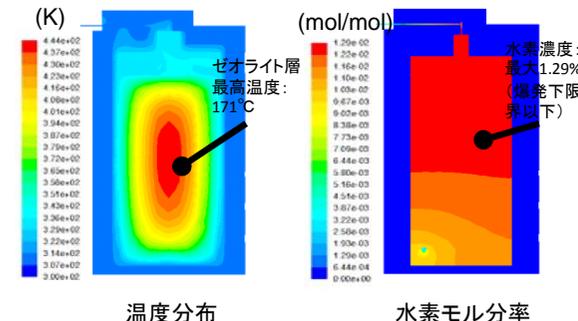
- ・核種別の放射能濃度
- ・含有成分
- ・物理化学的特性 等

## 2. 長期保管技術

処理・処分技術の確立まで安定保管する必要がある

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可否。



アウトプット

- ・各廃棄物の長期保管形態

KURION吸着塔の3次元解析結果 (JAEAによる)

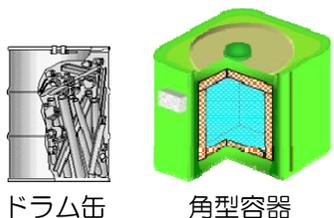
## 3. 処理技術

技術開発のポイント

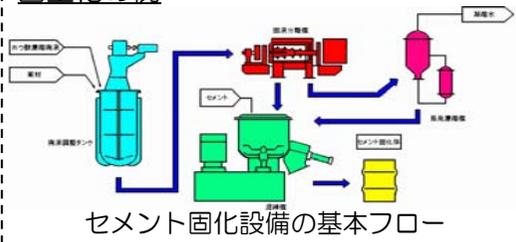
- ・既存技術をベースにする。
- ・前処理・固型化技術が適用可能か。

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

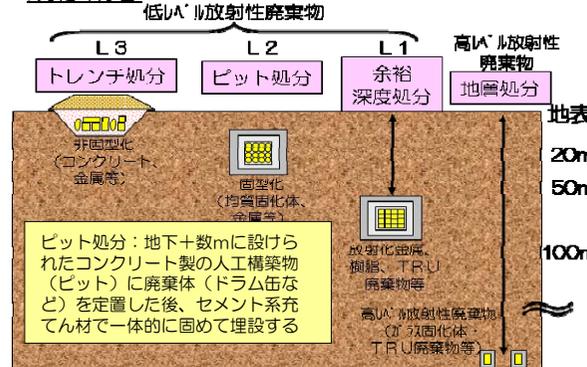
- ・保管向け処理方法
- ・廃棄体製作方法
- ・廃棄体性能

## 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）

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

# 研究開発推進本部

事務局

## 燃料デブリ取出し準備ワーキングチーム

機器・装置開発等  
サブワーキングチーム (SWT)

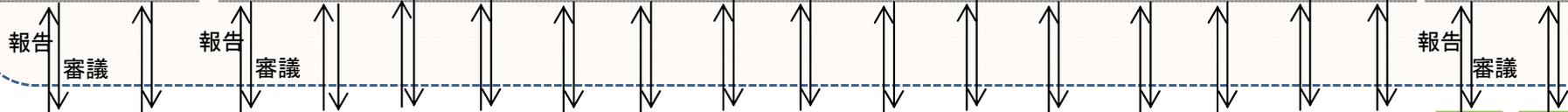
炉内  
状況  
把握  
解析  
SWT

燃料デブリ  
性状把握・  
処理準備  
SWT

放射性  
廃棄物  
処理・処分  
ワーキング  
チーム

遠隔  
技術  
タスク  
フォース

使用済  
燃料  
プール  
燃料  
取り出し  
ワーキン  
グ  
チーム



燃料集合体の長期健全性	損傷燃料等の処理技術	建屋内の遠隔除染	総合的線量低減計画策定	PCV/PPV健全性評価	建屋/PCV漏えい箇所特定	建屋/PCV止水・補修	PCV内部調査	RPV内部調査	デブリ・炉内構造物取出し	デブリ燃料収納技術	デブリ臨界管理	事故進展解析	模擬デブリ特性把握	デブリ処置技術	デブリ計量管理方策	実デブリ性状分析	汚染水処理の廃棄物安定化	廃棄物の処理処分検討
23FY-	25FY-	23FY-	24FY-	23FY-	23FY-	23FY-	23FY-	25FY-	27FY-	25FY-	24FY-	23FY-	23FY-	23FY-	24FY-	28FY-	23FY-	23FY-

## (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

### 必要性

使用済燃料プールの燃料集合体は、海水注入、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、通常の燃料とは異なる履歴を経験している。また、瓦礫落下により一部破損している可能性もある。これらの燃料集合体を共用プールに移送し、長期にわたって保管する場合、塩化物イオン等の付着物や燃料ペレットからのFP等の環境への溶出および材料の照射硬化などの要因が重畳し、燃料集合体、共用プール機器等の劣化を加速する可能性も考えられる。将来の再移送時の取り扱い時健全性を確保するため、実機の燃料を用いた調査／試験結果を基に長期健全性を評価し、必要に応じて対策案を検討する必要がある。

### 実施内容

#### 1. 共用プールでの燃料集合体他の長期健全性評価

##### (1)長期健全性評価のための試験条件検討

1F各号機の使用済燃料プール及び共用プールのプール水詳細分析について定期的に定点測定を行い、燃料集合体に付着する可能性のある物質を抽出し、共用プールにおける燃料の長期健全性評価のための試験条件検討を行う。

##### (2)共用プールでの燃料集合体材料の長期健全性評価

- 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集合体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、関心部位の腐食状況調査および強度試験を行い、事故後の環境に晒された使用済燃料の状態を把握する。
- ②長期腐食試験および強度試験：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、浸漬試験を実施する。浸漬試験前の状態と比較し、共用プール環境での腐食有無等を評価する。長期間腐食の挙動評価のため、加速条件下での腐食試験を行うとともに、強度試験を実施し、照射材強度に及ぼす腐食の影響評価を行う。
- ③共用プール保管燃料およびその他機器材料の健全性確認試験：共用プールに移送した複数の使用済燃料集合体の外観観察、酸化膜厚さ測定を定期的に行い、実際の燃料の腐食挙動を照射後試験施設での腐食試験結果と比較評価する。また、共用プール機器材料の長期健全性を確認するための腐食試験等を行う。
- ④長期健全性維持のための対策検討、効果の評価：腐食試験の結果を踏まえ、必要に応じて照射済燃料集合体部材の長期保管を実現するための腐食抑制対策を検討・提言するとともに、効果の確認試験、評価を行う。

#### 2. 燃料集合体移送による水質への影響評価

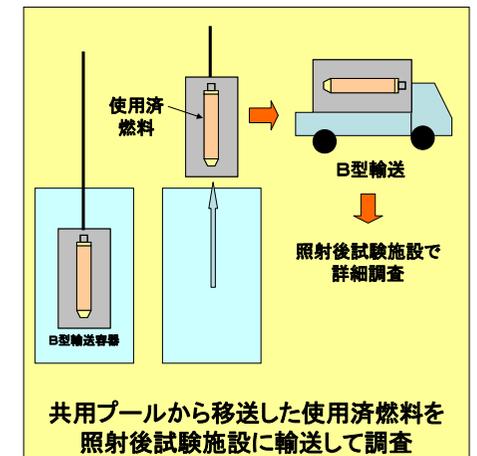
- (1)燃料集合体表面からの溶出評価：照射後試験施設に輸送した健全な燃料集合体の主要部位を純水に浸漬し、一定期間経過後に水質検査を行う。
- (2)燃料ペレットからのFP等溶出評価：破損した燃料の燃料ペレットからFP等が共用プール水中等の環境へ移行する懸念があるため、燃料ペレットからのFP等の環境への溶出挙動を評価し、共用プール等の水質環境条件の検討・評価に資する。

#### 3. 長期健全性評価に係る基礎試験

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、使用済み燃料被覆管を用い、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下での電気化学試験、浸漬試験、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。  
また、関係機関との意見交換を実施するとともに、腐食挙動に関する講演会、研究会より情報収集することで、試験条件の設定や試験結果の評価に資する。

### 実施工程

事項／年度	第1期			第2期			
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
(1)共用プールでの燃料集合体他の健全性評価							
(2)燃料集合体移送による水質への影響評価							
(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

## 必要性

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しておく必要がある。

## 実施内容

1. 損傷燃料に関する事例調査
  - ・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。

## 実施工程

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

機器材料の腐食試験      不純物の抽出特性試験      廃棄体への影響評価

損傷燃料等の化学処理工程等への影響の検討

変形しているものやリークしている燃料等

容器に収納

容器のまま貯蔵

容器付きバスケットに収納

発電所内で貯蔵後、キャスクに入れ移送

容器ごと処理

損傷燃料等のハンドリング等に係る検討

## (2-①-1a) 建屋内の遠隔除染技術の開発

### 必要性

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、その適用性評価が必要となる。さらに、総合的な線量低減対策として、遮へい等の検討を行なうことが必要である。なお、格納容器等の除染対象箇所は高線量下にあるため、遠隔装置が必要となる。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必要である。

### 実施内容

#### 1. 汚染状態の推定、基礎データ取得

除染概念検討に先立って、条件となる汚染状態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. 除染技術整理および除染概念検討

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層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. 総合的な線量低減対策

除染・遮へい等を組み合わせた線量低減対策の検討を行なう。

### 実施工程

事項／年度	第1期		
	2011年度	2012年度	2013年度
1.汚染状態推定、基礎データ取得	■		■
2.除染技術整理、除染概念検討	■	■	■
3.模擬汚染による除染試験	■		
4.除染技術の実証		■	■
5.総合的な被ばく低減対策		■	

注)2011～2012年度:原子炉建屋通路部等の比較的アクセスしやすい箇所を除染対象として実証  
2013年度:部屋、上部階等アクセス困難箇所を除染対象として実証  
「模擬汚染による除染試験」は2011～12年度に一括で実施。

## (2-①-1b)総合的線量低減計画の策定

### 必要性

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はなく、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ものである。

### 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な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。

### 実施工程

#### 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) 格納容器漏えい箇所特定技術の開発

## 必要性

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炉心燃料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、こうした環境で損傷箇所を特定する技術は未だ確立されていない。このため、高線量・狭隘・水中環境における点検調査工法と装置の開発が必要である。

## 実施内容

### 1. 点検調査工法の検討・装置設計

- ・格納容器や原子炉建屋の漏えい箇所を特定するための工法を検討し、装置の設計を行う。
- ・漏えい箇所の調査箇所としてPCV周囲を区分し、装置設計は区分した以下の部位に対して行う。

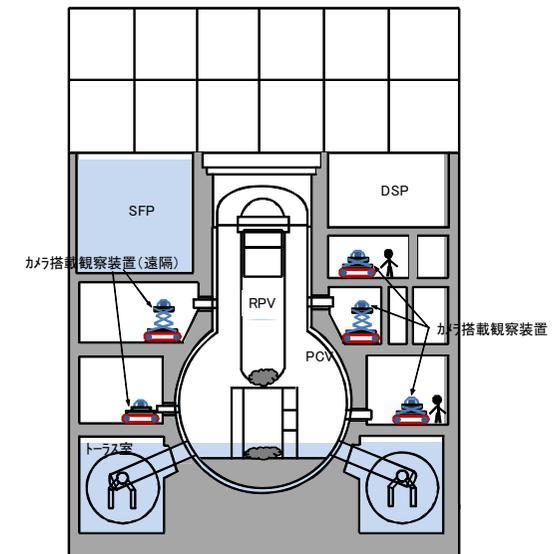
トラス室壁面、S/C下部外面、ベント管-D/W接合部、D/W外側開放部、D/W外側狭隘部

### 2. 点検調査装置の製作・改良

- ・格納容器や原子炉建屋の漏えい箇所を特定するための装置の製作、機能確認及びモックアップ試験をする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。

## 実施工程

事項/年度	第1期			第2期
	2011	2012	2013	2014 (前)
1. 点検調査工法 検討・装置設計				
2. 点検調査装置 製作・改良 (モックアップ試験、実機適用性 評価を含む)				



原子炉格納容器漏洩箇所調査概念図

# (2-①-3) 格納容器補修技術の開発

## 必要性

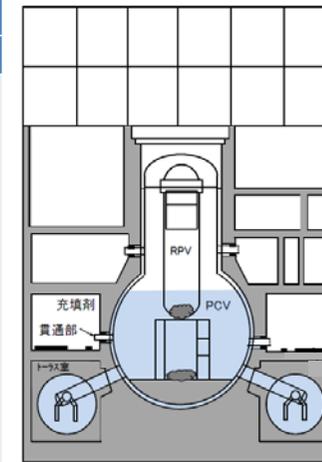
原子炉圧力容器と原子炉格納容器のバウンダリ機能が喪失した状態で炉心燃料を取り出すためには、まずは遮へい等の観点から原子炉格納容器を補修してバウンダリを再構築し、原子炉格納容器内を原子炉圧力容器と共に水で満たした状態にすることを想定している。しかし、原子炉格納容器近傍は高線量下で狭隘部もあり、また格納容器下部(圧力抑制室等)が浸水しており、こうした環境で損傷箇所を補修する技術は確立されていない。このため、高線量・狭隘・水中環境における補修工法と装置を開発する必要がある。

## 実施内容

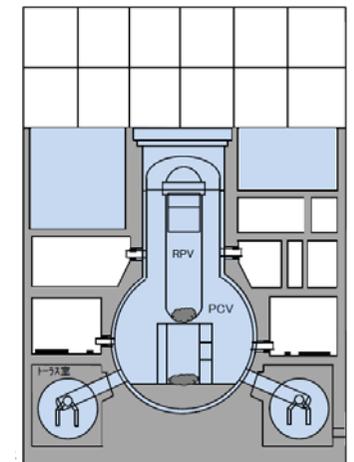
1. 補修工法の検討・装置設計(下部用)
  - ・格納容器下部や原子炉建屋の漏えい箇所を補修するための工法を検討し、必要な装置を開発する。(漏えい箇所調査結果を反映する。)
2. 補修装置の製作・改良(下部用)
  - ・格納容器下部や原子炉建屋の漏えい箇所を補修するための装置を製作し、機能確認及びモックアップ試験をするとともに実機適用性評価(現場実証)を行った上で、必要に応じて装置を改良する。
3. 補修工法の検討・装置開発(上部用)
  - ・格納容器上部の漏えい箇所を補修するための工法を検討し、必要な装置を開発する。(漏えい箇所調査結果を反映する。)
4. 補修装置の製作・改良(上部用)
  - ・格納容器上部の漏えい箇所を補修するための装置を製作し、機能確認及びモックアップ試験をするとともに実機適用性評価(現場実証)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。

## 実施工程

事項/年度	第1期			第2期			
	2011	2012	2013	2014 (前)	2015	2016	2017 (中)
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) (モックアップ試験、実機適用性 評価を含む)		■					
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) (モックアップ試験、実機適用性 評価を含む)			■			■	
5..代替工法の検討	■						



原子炉格納容器下部水張りイメージ図



原子炉格納容器上部水張りイメージ図

# (2-①-4) 格納容器内部調査技術の開発

## 必要性

現在、燃料デブリの存在状況は不明であるため、その取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、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要求される。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の開発も併せて要求される。

## 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/原子炉圧力容器内の状況（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。

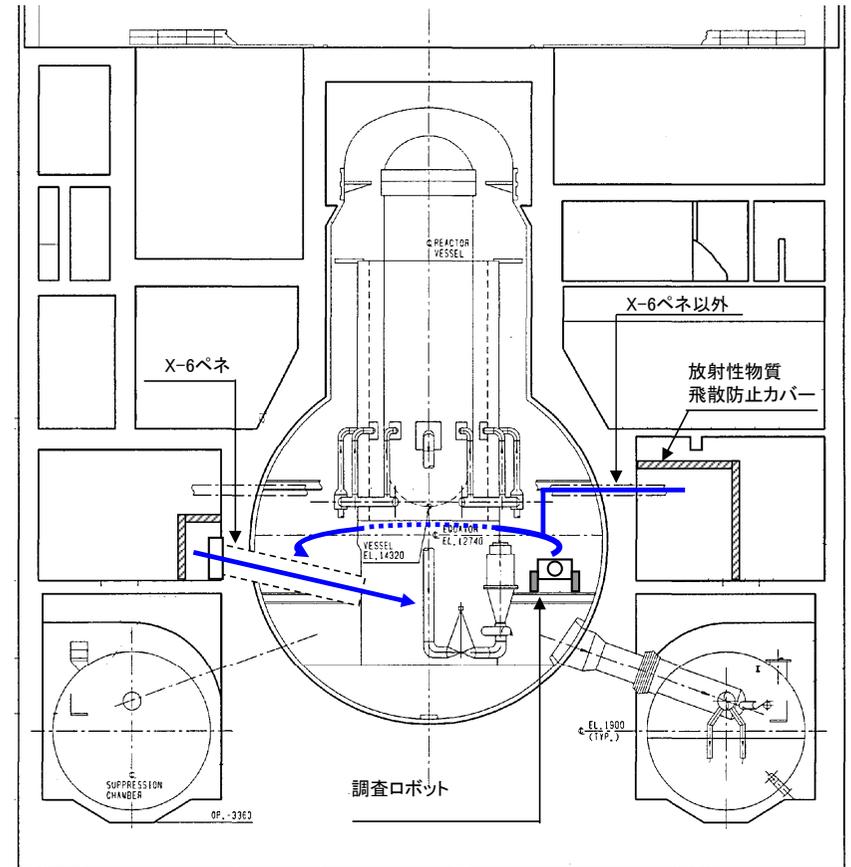
### 4. 検査装置・技術の開発

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・技術の開発と、汚染した装置の除染・処理方法の検討を行う。

## 実施工程

事項/年度	第1期			第2期		
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
(1)計画立案	技術カタログ作成	計画立案	事前調査	実機適用性評価/本格調査		
(2)アクセス方法・装置（移動機構）開発		開発/設計/製作	工法/装置検討			
①事前調査(*1)装置						
・開発/設計/製作						
・モックアップ						
②本格調査(*2)装置						
・開発/設計/製作						
・モックアップ						
(3)放射性物質飛散防止対策						
(4)検査装置・技術開発						

フィードバック、改良



\*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) 压力容器内部調査技術の開発

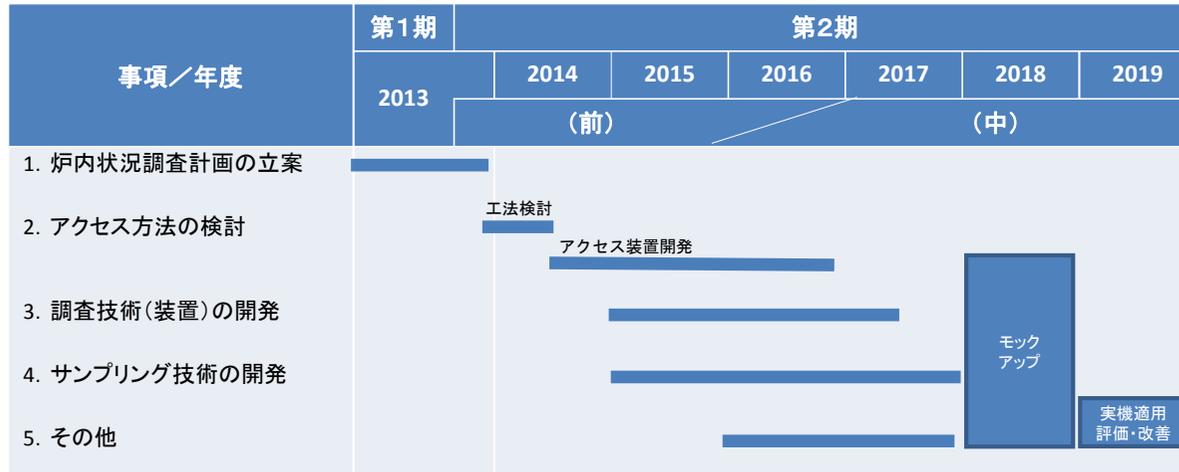
## 必要性

・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、燃料デブリをすべて取り出して安全に保管する必要がある。そのためには、压力容器内の状況（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必要がある。

## 実施内容

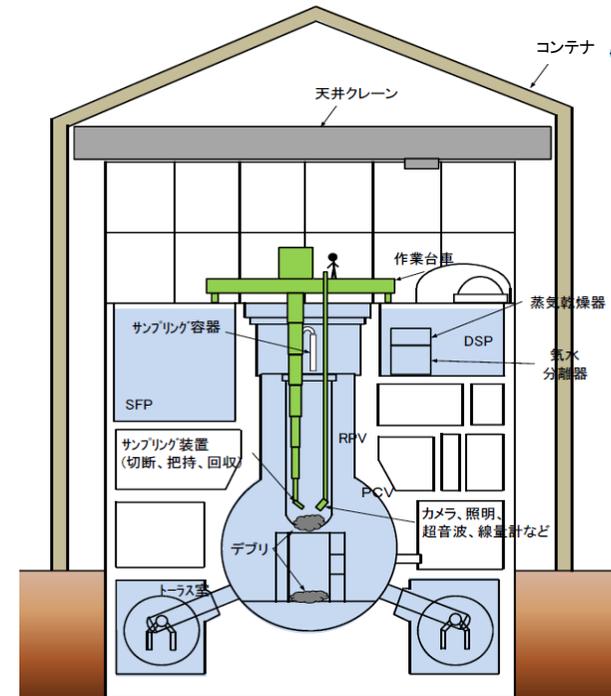
- 原子炉格納容器内外の調査及び解析等の推定結果に基づく調査計画の立案
  - 原子炉格納容器/原子炉压力容器の状況（燃料デブリの分布、構造物の状態など）を、原子炉格納容器内外の調査結果とシミュレーション等により推測し、調査計画を立案する。
  - 想定箇所等を当該環境下（高線量・狭隘・水中等）で点検調査するために必要な要素技術や遠隔操作技術等について、既存技術を調査する。
  - 点検調査工法や装置の開発に有益な情報を得るための現地調査を行う。
  - 上記を踏まえ、最適な点検調査工法を開発する。
- 原子炉压力容器内調査のためのアクセス方法の検討
  - 線量、遮へい体の設置性、調査装置の接近性、観察性を考慮して、原子炉压力容器内部へのアクセス方法を検討する。
- 高線量下での調査技術の開発
  - 高線量下で压力容器内部の観察を行うことができる装置の開発を行う。
  - 遠隔点検技術（ロボット）の開発・モックアップを行う。
- 燃料デブリのサンプリング技術開発／製作
  - サンプリング装置、ツールの開発、サンプル容器、炉外への取り出し方法の開発
- その他
  - 調査時／調査後の放射性物質飛散の防止技術の開発
  - 汚染した調査装置の廃棄処理技術

## 実施工程



## 候補となる技術例

要素技術	適用例
高線量下における画像観察、超音波、放射線測定	TMI経験
遠隔ロボット技術（原子炉压力容器内部アクセス、サンプリング技術等）	炉内補修装置
サンプルの容器、炉外への取り出し技術	キャスク
汚染機器の処理技術	シュラウド取替



炉内(RPV)調査・サンプリング概念図

# (2-①)-6) デブリ・炉内構造物取出工法・装置開発

## 必要性

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、燃料デブリを取り出す工法について新たな技術開発が必要である。

## 実施内容

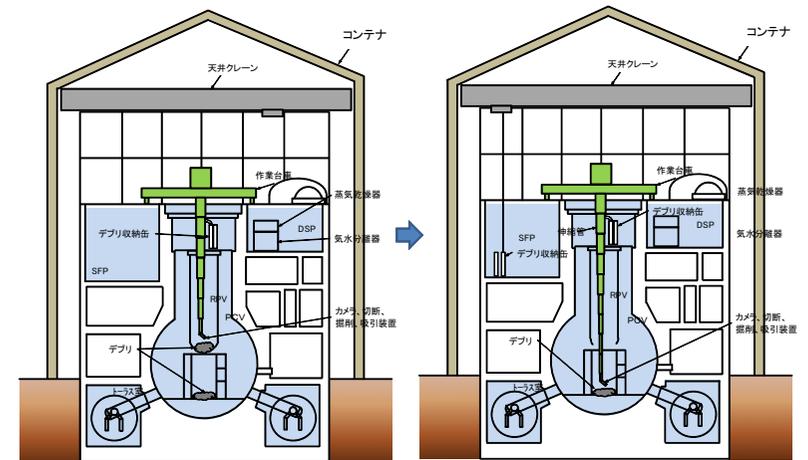
1. 既存技術のカタログ整理 (TMI-2で実績のある装置の確認を含む)  
燃料デブリ(炉内構造物、破損燃料)の切断、掴み、粉碎、掘削及び回収を行うために必要な既存技術のカタログ化及びその整理を実施する。
2. 事前調査結果に基づく取り出し工法の立案  
格納容器内外の調査結果から、燃料デブリの分布、炉内構造物の破損状況を踏まえて取り出し工法を立案する。
3. 炉内燃料デブリの取り出し技術の開発  
TMI-2で実績のある装置の改良、検証を行う。また、福島第一原子力発電所の状況に特化した取り出し装置の開発を行う。
4. 格納容器へ移行している燃料デブリの取り出し技術の開発  
格納容器へ移行している燃料デブリの取り出し工法を立案し、関連する技術の開発、装置の製作及びモックアップ試験を実施する。

## 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	シュラウド取替等、炉内切断
切断時に発生する切粉、ガス等の効率的な回収技術	シュラウド取替等、炉内切断
遠隔操作技術 (切断、デブリ回収)	シュラウド取替、炉内切断
格納容器に移行した燃料デブリの回収	—

## 実施工程

事項/年度	第2期						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	(前)		(中)			(後)	
1. 既存技術のカタログ整理	[Progress bar]						
2. 事前調査結果に基づく取り出し工法の立案	[Progress bar]						
3. 炉内燃料デブリの取り出し技術の開発	[Progress bar] <span style="float: right;">モックアップ試験</span>						
4. 原子炉格納容器へ移行している燃料デブリの取り出し技術の開発	[Progress bar]						
5. 実機適用評価及び改善	[Progress bar]						



圧力容器/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・保管技術開発

## 必要性

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必要がある。

## 実施内容

1. 既存技術の調査  
燃料デブリを収納・移送・保管するための収納缶の開発に必要な既存技術の整理を実施する。
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  
燃料デブリ形状や溶融状態に応じた収納方法を立案し、技術の開発、装置の製作及びモックアップ試験を実施する。
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、装置の製作及びモックアップ試験を実施する。

## 候補となる技術例

要素技術	適用例
臨界、遮へい、除熱、密封、構造評価技術	TMI 経験
海水・微生物・ホウ酸水等の影響を考慮した材料選定	TMI 経験
燃料デブリ形状や溶融状態に応じた収納技術の開発	TMI 経験
効率的な移送・保管技術開発 (遠隔/自動操作・封入技術)	—

## 実施工程

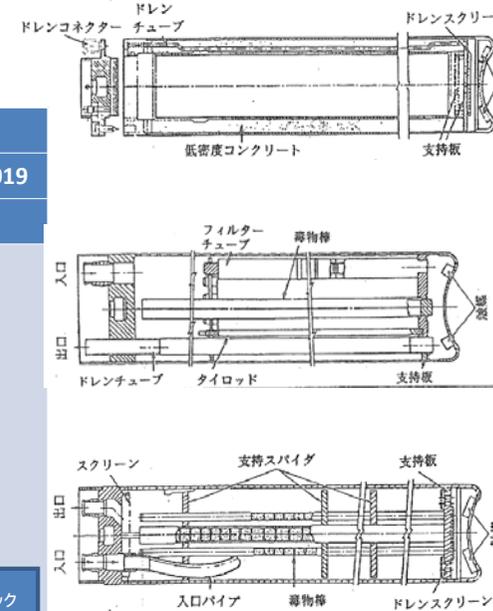
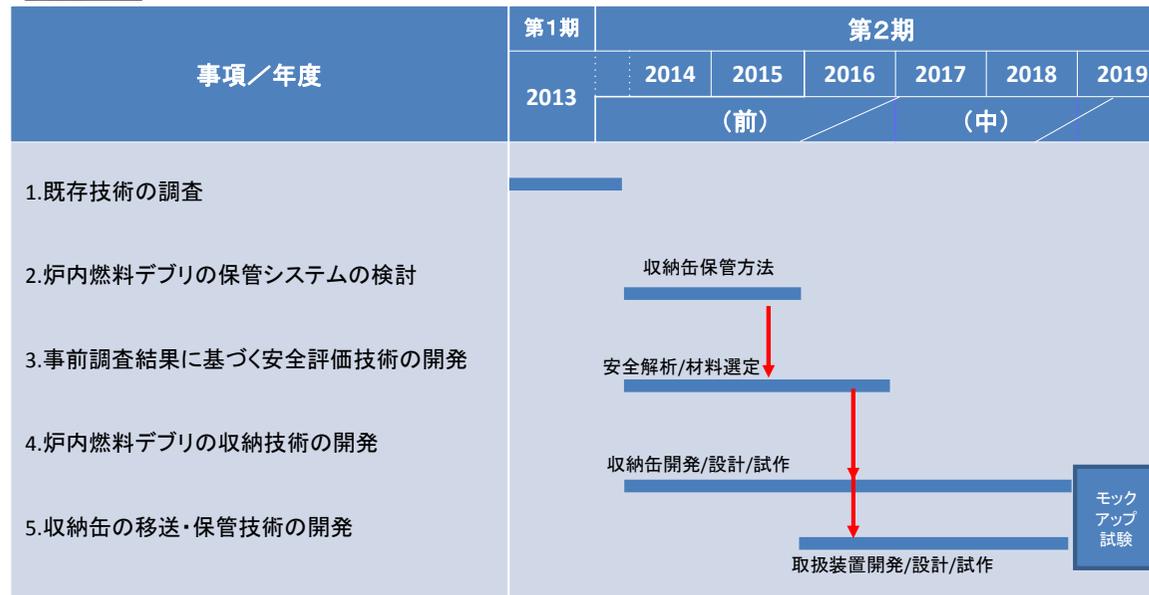


図 炉内デブリ用収納缶 (TMIの例)

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

### 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

# (2-①-8) 圧力容器/格納容器の健全性評価技術の開発

## 必要性

原子炉圧力容器/格納容器および原子炉ペDESTALは、今後も長期間に亘り希釈海水環境に曝されることが想定され、腐食進行に起因した構造強度の低下が懸念される。また、事故直後の容器周辺は、設計時の想定を超える高温状態に曝されたこと、ペDESTALについては、高温のデブリが落下したことにより、材料強度が低下した可能性も考えられる。燃料取り出しまでの機器健全性を評価する上では、上記の影響を定量的に考慮した寿命評価技術の確立が必要である。

## 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DESTALは、高温かつ海水環境に曝されていたため、劣化の促進が懸念される。このため、各材料が海水に曝された場合の定量的なデータを取得し、今後の構造健全性評価に資する。さらに、RPV、PCV構造材及びRPVペDESTALの海水による腐食抑制策の確証試験を行う。なお、技術協力会社として参画するJAEA及び電力中央研究所にて、腐食に対する照射影響データや高温影響データを取得し、本プロジェクトの成果へ反映する。

### (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DESTAL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DESTALに対する腐食抑制策確証試験

RPV、PCV構造材料及びRPVペDESTALに対して用いる腐食抑制策の確証試験を行い、腐食抑制効果を確認する。

### (4) 原子炉容器、RPVペDESTAL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DESTALの構造物余寿命評価及び寿命延長評価を行う。

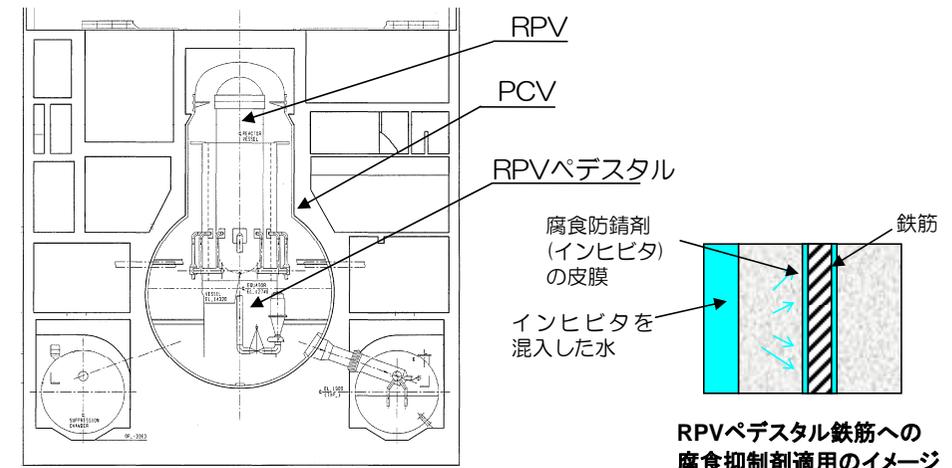
### (5) 腐食抑制システムの開発および実機適用性評価

実機にて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適用することで実機におけるPCV構造材への腐食抑制効果を確認する。

### (6) RPVペDESTAL健全性に対する高温デブリ落下影響評価

腐食以外の劣化要因として、高温の燃料デブリ落下に伴うRPVペDESTALコンクリート損傷を想定し、以下の評価を行う。

- ・コアコンクリート反応 (MCCI) に係る文献調査等を行い、デブリ落下に伴うペDESTALコンクリートの侵食状況の推定を行う。
- ・推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ペDESTAL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。



## 実施工程

事項/年度	第1期			第2期		
	2011	2012	2013	2014 (前)	2015	2016
・実事故履歴分析に基づく試験条件の検討	■					
・原子炉容器の構造材料腐食試験	■	■				
・RPVペDESTAL鉄筋コンクリート劣化試験		■				
・原子炉容器、RPVペDESTALに対する腐食抑制策確証試験		■	■			
・原子炉容器、RPVペDESTAL構造物余寿命評価、寿命延長評価		■	■			
・腐食抑制システムの開発および実機適用性評価					■	■
・RPVペDESTAL健全性に対する高温デブリ落下影響評価		■	■			

抽出した腐食抑制策詳細評価 (注入量による効果確認等)

寿命延長効果再評価

実機適用性評価

ペDESTALコンクリートの侵食状況の推定

ペDESTAL構造評価実施を提案

# (2-①-9)燃料デブリの臨界管理技術の開発

## 必要性

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必要がある。

## 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度を推定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 $\gamma$ 線をスペクトル分析して短寿命核種を測定する。 $\gamma$ 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、 $\gamma$ 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。

## 実施工程

事項／年度	第1期		第2期					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1. 臨界評価	[進捗バー]							
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	[進捗バー]					
4. 臨界防止技術	材料調査	材料開発	臨界試験	[進捗バー]				
5. 臨界管理技術に係る基盤研究	[進捗バー]							

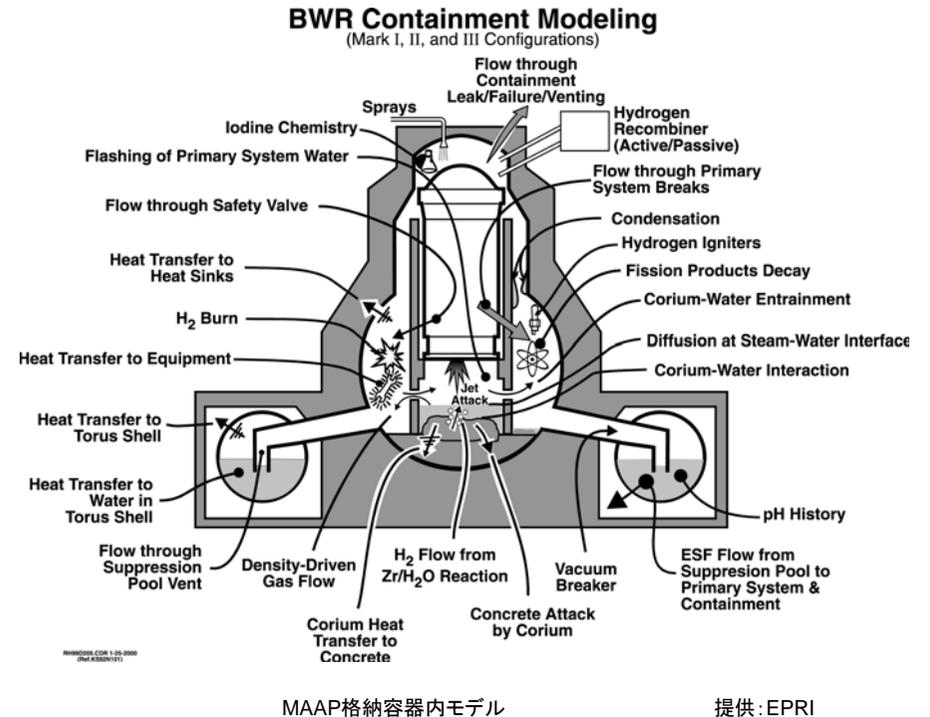
# (2-②-1) 事故進展解析技術の高度化による炉内状況の把握

## 必要性

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必要がある。

## 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。



## 実施工程

事項/年度	第2期間				第3期間					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
					(前)		(中)			(後)
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								
3. 模擬試験等による評価										
4. 炉内状況推定・把握										



## (2-③)-4) 燃料デブリに係る計量管理方策の構築

### 必要性

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ことが必要である。

### 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の評価する。
  - ※ 他の研究開発(2-①、2-③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を評価する。
  - ・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を評価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。

### 実施工程

事項/年度	第1期				第2期					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
					(前)			(中)		(後)
1. 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			最適な測定技術の評価・適用性確認				
	合理的な計量管理手法の構築									

## (3-1) 汚染水処理に伴う二次廃棄物の処理・処分技術開発

### 必要性

福島第一原子力発電所で発生した大量の汚染水について、セシウムやストロンチウム等の放射性核種の除去を実施している。汚染水の浄化システムは、ゼオライト等の吸着材を用いた複数の放射性核種吸着システム、数種の凝集沈殿システム及び淡水化の組み合わせで構成されているため、その処理に伴って廃吸着材、スラッジ及び濃縮廃液等の二次廃棄物が発生する。よって、中間貯蔵を経て廃棄物の処分に至るまでの一連の作業を安全かつ合理的に実施するためには、二次廃棄物の性状評価、安全性評価、廃棄体化検討及び処分最適化検討等の研究開発を行うことが重要である。

### 実施内容

#### 1. 廃吸着材・スラッジ等の性状調査

・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処分対象物の性状を把握するため、放射能濃度分析等を実施する。

#### 2. 長期保管方策の検討

・汚染水処理に伴う二次廃棄物は、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. 廃棄体化技術の検討

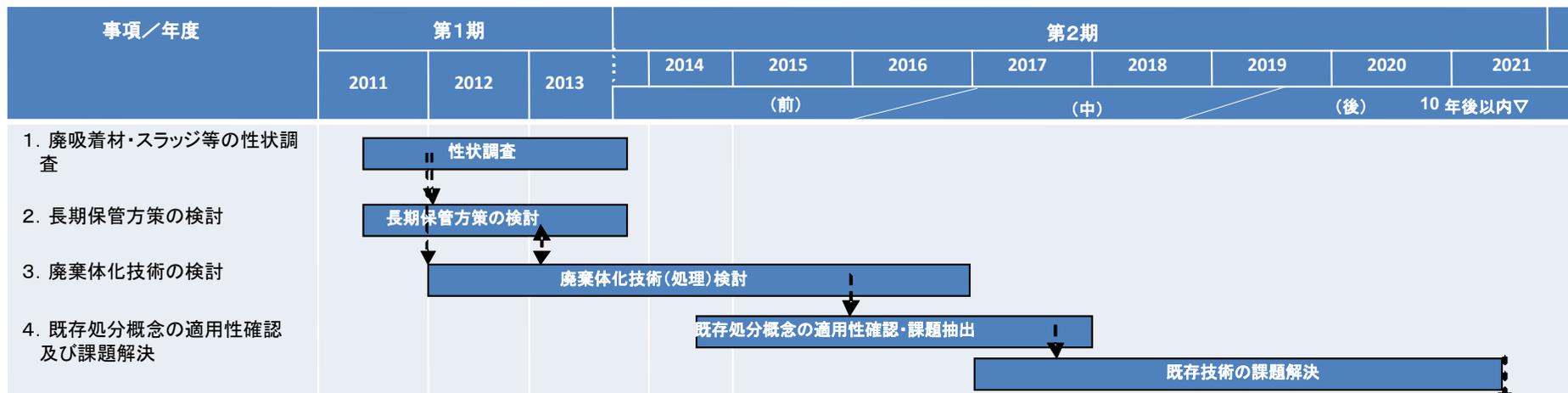
・既存の処理技術(廃棄体化技術)を基に、固型化等、廃棄体化に必要な技術を開発するとともに、廃棄体性能に関する調査を行う。

#### 4. 既存処分概念の適用性及び課題解決

・3. で得られた廃棄体性能に関する知見を基に、既存の処分概念の適用性を確認し、処理・処分に必要な課題の抽出及び課題の解決を行う。

・既存の処分概念適用が困難な廃棄物は、(3-2)で引き続き技術開発を実施する。

### 実施工程



(3-2)へ

## (3-2)放射性廃棄物の処理・処分技術の開発

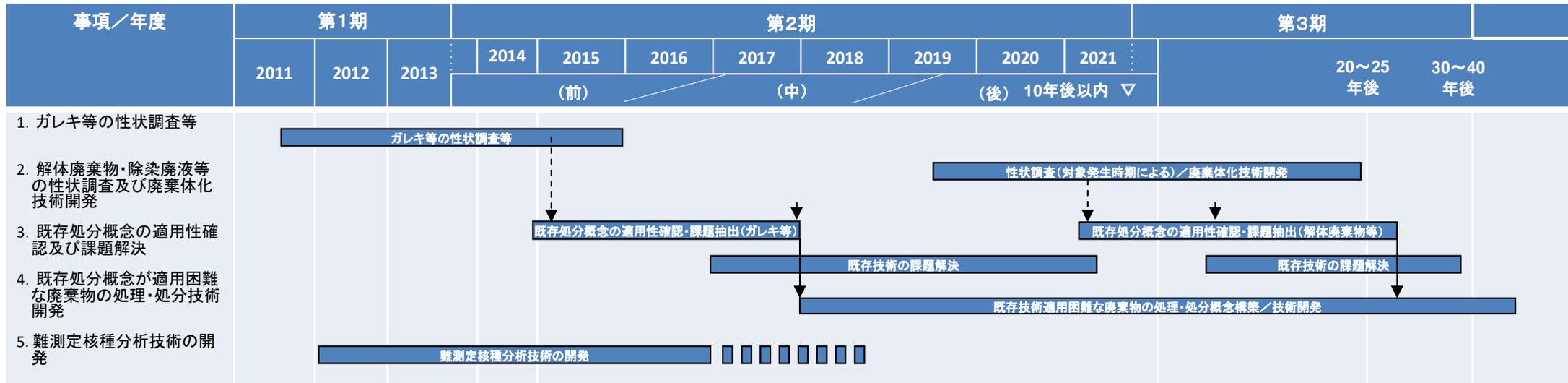
### 必要性

汚染水処理の二次廃棄物以外の放射性廃棄物として、ガレキや除染廃液等がある。これらについても、汚染水処理に伴う二次廃棄物と同様、従来の原子力発電所で発生していた放射性廃棄物とはその性状が異なることが予想されるため、これらの放射性廃棄物を安全に処理・処分する見通しを得る上で必要な性状調査や技術開発を行う。

### 実施内容

1. ガレキ等の性状調査等
  - ・ ガレキ・伐採木・土壌等について、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調査する。
2. 解体廃棄物・除染廃液等の性状調査及び廃棄体化技術開発
  - ・ 建屋除染や系統除染により発生する除染廃液及び解体工事に伴い発生する解体廃棄物について、性状調査を行うとともに、既存の処理技術(廃棄体化技術)を基に廃棄体化のための技術開発を行い、廃棄体性能の評価を行う。
3. 既存処分概念の適用性確認及び課題解決
  - ・ 1. 及び2. の成果を基に、既存の処分概念の適用性を確認し、処理・処分に必要な課題の抽出及び課題の解決を行う。
4. 既存処分概念が適用困難な廃棄物の処理・処分技術開発
  - ・ 汚染水処理に伴う二次廃棄物を含めた全ての放射性廃棄物のうち、既存の処分概念適用が困難な廃棄物について、新たな処理・処分技術を開発する。
5. 難測定核種分析技術の開発
  - ・ 分析方法が確立されていない処分安全評価上重要な難測定核種の分析技術を開発する。

### 実施工程



# 廃炉技術分野における国際的な研究拠点の形成

## 福島復興再生基本方針(関連部分)

(平成24年7月13日閣議決定)

### 第6 新たな産業の創出及び産業の国際競争力の強化に寄与する取組その他先導的な施策への取組の重点的な推進

福島の産業の復興及び再生に当たっては、福島から、日本の経済社会構造を変革するモデルとなるような、未来志向の抜本的な復興及び再生を実現し、福島の住民が復興及び再生を実感できるようにしていくことが重要である。

このため、先導的な取組を積極的・重点的に推進することにより、福島の新たな魅力や強みを生み出し、復興及び再生をさらに加速させていくとともに、福島をこれらの分野において我が国をリードするフロンティアとしていく。

### (研究開発の推進等のための施策)

地元の住民が安心して豊かな生活を営める環境を実現するとともに、持続的に発展可能な地域産業を興すために、新たな産業の創出等に寄与する各種の研究拠点づくりが重要。

とりわけ、福島のポテンシャルを踏まえた場合、再生可能エネルギー、医薬品及び医療機器、環境回復・創造、廃炉技術といった分野における研究開発、産業創造等の拠点形成を図っていく必要がある。

このため、国及び福島県は、「福島研究開発・産業創造拠点構想(案)」に基づいて、福島における各種の拠点整備を図る。

(中略)

また、廃止措置・事故再発防止対策については、東京電力株式会社福島第一原子力発電所1～4号機の廃炉に向けた研究開発・事業推進や、新たな原子力安全規制体系の下での規制関係人材の育成における福島の拠点化を進める。

## 廃炉技術分野における国際的な研究拠点 (国際的な研究センター)

### ○国際連携・情報発信のための施設

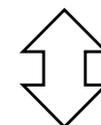
(国際会議などを誘致・開催し、情報発信や意見交換を行うなど国際協力のための拠点を整備)

### ○遠隔操作機器・装置の開発・実証のための施設

(実規模モックアップ・センター(仮称))

### ○放射性物質の分析のための施設

(分析センター(仮称))



連携

## 東京電力株式会社福島第一原子力発電所1～4号機の廃炉に向けた研究開発・事業推進における福島拠点

○福島第一安定化センター  
(東京電力福島第二原子力発電所内)

# 遠隔操作機器・装置の開発・実証のための施設

## 実規模モックアップ・センター(仮称)

○福島第一サイトに比較的近く、港湾設備に近い場所に施設を整備  
(放射線量レベルが低い非管理区域で、繰り返し試験に適した環境)

○2014年度内に施設の運用開始を目指す  
(概念設計・基本設計:2012年度～、建設工事:2013年度～)

### <格納容器下部のモックアップ設備>

- ー 水漏れ箇所を調査・補修する格納容器下部(トラス室、圧力抑制室(S/C))の実規模モックアップ設備を設置し、機器・装置の実証に加え、運転員訓練を実施
- ー 遠隔除染についても、試験・訓練等を行うことをあわせて検討
- ー 機器・装置開発に関する国際協力も念頭

### <中期的課題の検討>

- ー その他のモックアップ設備の整備の必要性について今後検討  
(格納容器上部・内部調査、燃料取出し装置等)

機器・装置の操作員の訓練など人材育成

⇒ 地域の雇用・経済への寄与

海外発技術アイデアの採用など国際協力

⇒ 国際的な研究拠点化へ

メーカーの工場・研究所での簡易モックアップ試験

既存研究施設等を活用した試験・訓練

モックアップ施設での本格的な試験・訓練

サイト内施設での実証

実機適用

メンテナンス・改良

## ○メンテナンス・改良設備の整備

- ー サイト内施設での使用後の除染、メンテナンス、改良
- ー サイト内施設での実証のスケジュールを勘案して整備する

# 放射性物質の分析のための施設

## 分析センター(仮称)

### 福島第一の既存の分析施設の増強

- 水処理設備等の運転性能管理のための分析
- 除染効果確認のための分析

※ 東京電力を中心として、具体的な施設の増強の方向について検討

- 福島第一サイト内又は近接した場所で新規施設を整備
- 可能な限り早期に運用開始を目指す  
(概念設計、基本設計:2012年度～、その後許認可手続きを経て、建設工事を開始)

### <第1期>

- ・放射性廃棄物などの分析に係る手法確立、研究開発等

### <第2期>

- ・燃料デブリのサンプリング、本格取り出しに際して必要となる分析に係る手法確立、研究開発等

人材育成

⇒ 地域の雇用・経済への寄与

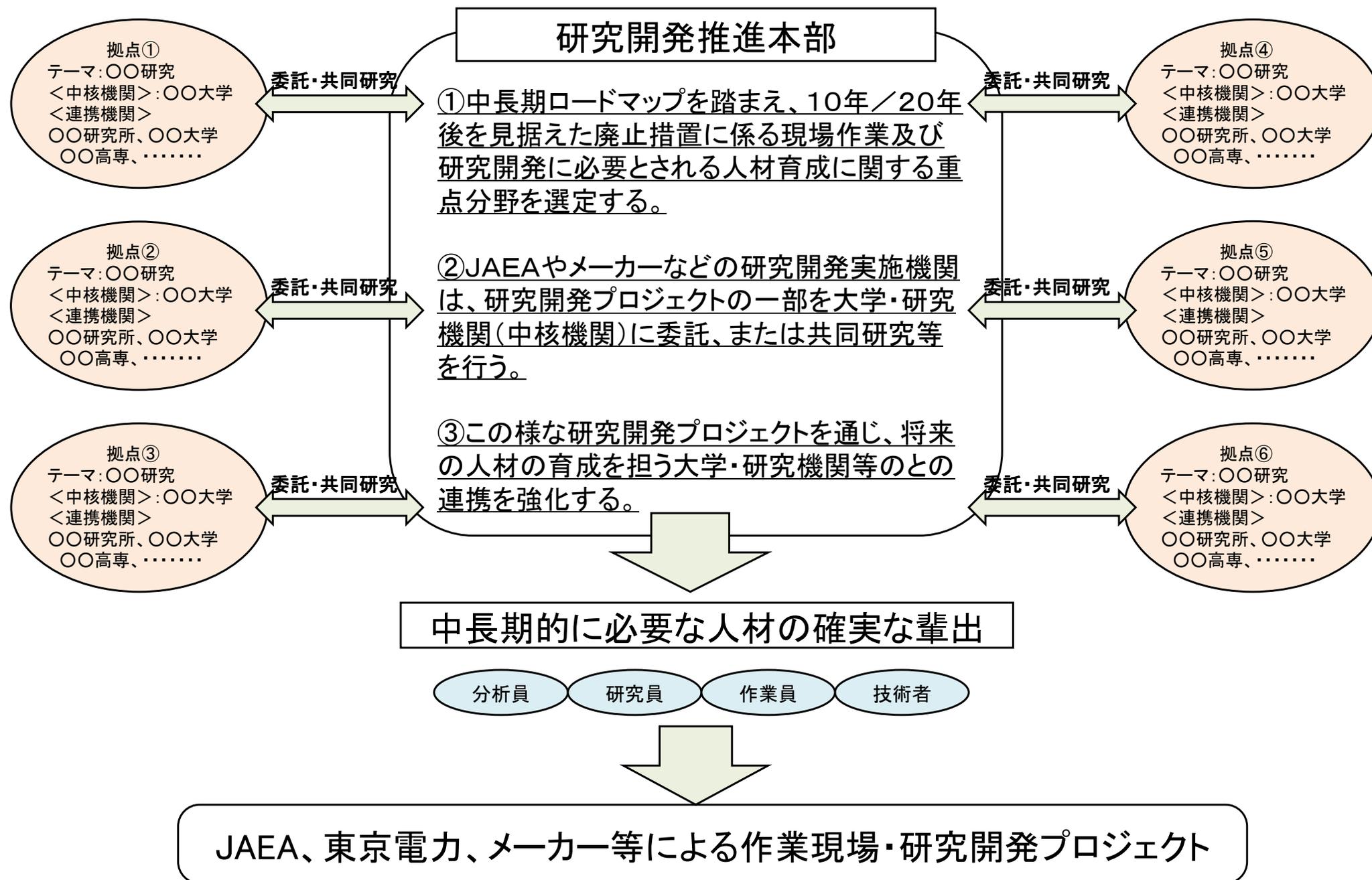
### JAEA東海研究開発センター等の既存施設の増強も含めた活用

- 難測定核種分析や分析手法確立
- 人材育成プログラムの検討

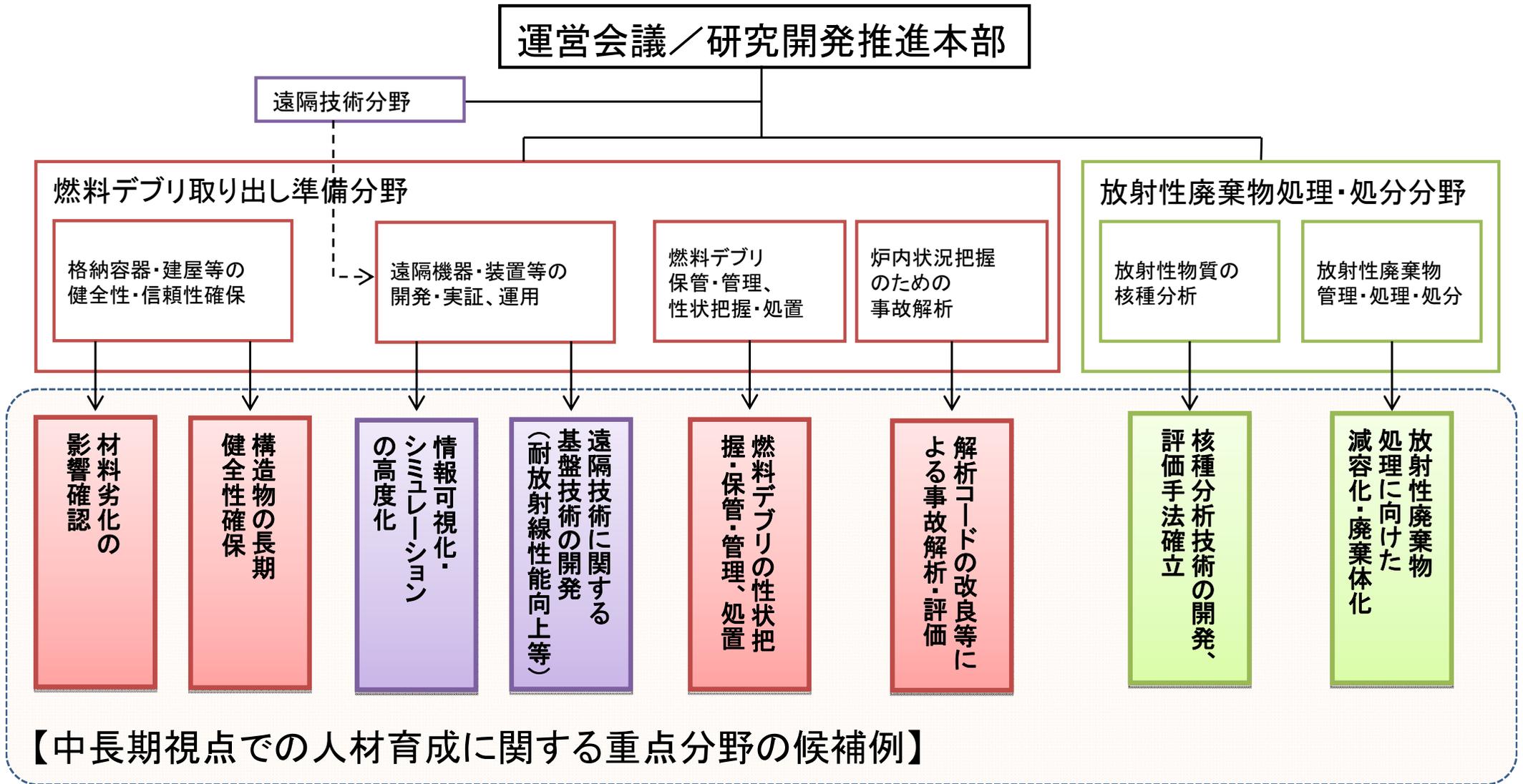
国際協力

⇒ 国際的な研究拠点化へ

## 中長期ロードマップの着実な実施に必要な人材育成事業



# 中長期的視点での人材育成に係る重点分野の候補例



東京電力、プラントメーカー、JAEA等において現場作業及び研究開発プロジェクトを実施する人材を確保・育成するとともに、上記重点分野毎に中核拠点・連携機関(大学、研究機関等)を設けて、人材育成に向けた取組を抜本的に強化

## 研究開発推進本部のこれまでの主な実績

## 1. 各会議体の開催実績

## ○「政府・東京電力中長期対策会議 研究開発推進本部会合」の開催実績

日付	会議名	議題
2011. 12. 26	第 1 回	(1) 研究開発推進本部の設置について (2) 分野別の研究開発計画について (3) 個別研究開発プロジェクトの進捗状況 ①燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発 ②その他
2012. 1. 23	第 2 回	(1) 個別研究開発プロジェクトの進捗状況 ①燃料デブリ性状把握・処理準備に係る研究開発 ②放射性廃棄物処理・処分に係る研究開発 (2) その他 燃料デブリ取り出し準備の機器・装置開発等に係る技術カタログ検討ワークショップ（仮称）の開催について
2012. 2. 27	第 3 回	(1) 個別研究開発プロジェクトの進捗状況 ①炉内状況把握・解析に係る研究開発 (2) 平成 23 年度研究開発プロジェクト実績評価の進め方 (3) 東京電力（株）福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた燃料デブリ取り出し準備の機器・装置開発等に係る技術カタログ検討ワークショップの開催報告 (4) 国際シンポジウムの開催について (5) 研究開発拠点構想について
2012. 3. 28	第 4 回	(1) 個別研究開発プロジェクトの進捗状況 ①燃料デブリ取り出し準備のための機器・装置開発等に係る研究開発 (2) 国際シンポジウムの開催結果について (3) 研究開発拠点構想について (4) その他
2012. 4. 23	第 5 回	(1) 研究開発プロジェクトの実績評価及び見直しの方向について (2) 燃料デブリ取り出し準備の機器・装置開発等に係る技術カタログの公募結果について (3) 遠隔技術タスクフォースの活動について (4) その他

日付	会議名	議題
2012. 5. 28	第 6 回	(1) 平成 24 年度研究開発計画について (2) 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燃料デブリ取出し準備の機器・装置開発等に係る技術カタログの公募結果について (3) 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着実な実施に必要な施設を中核とした研究拠点構想の検討状況について (4) その他
2012. 6. 25	第 7 回	(1) 個別研究開発プロジェクトの進捗状況について ①総合線量低減計画策定プロジェクトの新設 (2) 福島第一原子力発電所 1～4 号機の廃止措置に向けた中長期的視点での人材確保・育成について (3) その他

※2012. 7. 30 現在の実績

○国内外叡智の結集のためのワークショップ等の開催実績

日付	会議名
2012. 2. 24	東京電力(株)福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた燃料デブリ取出し準備の機器・装置開発等に係る技術カタログ検討ワークショップ
2012. 3. 14 (※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研究開発計画に係る国際シンポジウム
2012. 5. 18 (※2)	2012 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2012) Symposium Robotic Solutions Toward Nuclear Decommission
2012. 5. 27 (※3)	日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会 2012 特別企画 福島第一原発の廃止措置等に向けた機器・装置開発に関するシンポジウム

※1 技術カタログ募集のためのセッションを開催。

※2 米国での国際学会 (IEEE 主催) にて、パネルディスカッション等を実施。

※3 国内での学会 (日本機械学会主催) にて、パネルディスカッション等を実施。

これまでに、395 件の技術提案をカタログとして整理 (プラントメーカー調査分を含む)。

## 2. これまでの主なトピックス

### (1) 個別プロジェクトの進捗状況、マネジメント

#### a. 実施計画策定・実施

各研究開発プロジェクトの着手に先立ちプロジェクト毎に研究開発実施計画の策定を行い、それら計画に従いプロジェクトを実施した。

プロジェクトの実施状況については、下記の観点からの確なマネジメントを行っていくこととし、その結果についてはワーキングチーム等の場で確認した。

- 常に現場ニーズを反映した研究課題、優先順位を設定しているか  
(インプット・アウトプットの確認を含む)
- 最も効果的・効率的な実施体制となっているか  
(他の機関との連携、国内外の叡智を結集する仕組みを含む)

#### b. 評価

個別研究開発プロジェクトの評価は、下記の視点から行った。

- 目標・計画の達成状況
  - 個別のプロジェクトの目標・計画を達成したか
  - 目標を達成するための効果的な工夫を図ったか
  - プロジェクトの成果が活用されているか
- 現場ニーズの反映
  - 現場ニーズを反映した課題、優先順位を設定しているか
  - 常に現場の状況を踏まえて計画の見直しを行ったか
  - 常に現場の状況を踏まえて計画の見直しを行う体制を構築しているか
- インプット／アウトプットの明確化・共有
  - プロジェクトを実施するにあたっての前提や必要となるデータ、得られるデータ・情報など目指すべき成果が明らかになっているか
  - プロジェクトの成果が明確であり、他のプロジェクトに共有されているか
- 実施者の内部体制・役割分担
  - 効率的・効果的にプロジェクトを実施する体制を構築しているか
  - プロジェクト実施者内部の役割分担が明確にされているか
  - プロジェクト実施者内部の関係者間で密接な連絡・調整を図る体制が構築されているか
- 外部機関の叡知の活用
  - 外部機関等の専門知見・ノウハウ等を取り入れる体制としているか
  - 実際に、外部機関等の専門的知見・ノウハウ等を取り入れたか
  - 特に、海外有識者や国際機関が有する知見を活用する検討を行ったか
- その他

### c. 改訂

上記評価に伴い、個々の研究開発プロジェクトの実績評価及び見直しの方向に関する議論を通じて、下記の研究開発推進本部のマネジメントに係る論点が提起されたため、各ワーキングチーム及びサブワーキングチーム関係者において検討を行い、平成24年度研究開発計画についてとりまとめた。そのポイントは下記のとおり。

これを受けて、本計画に基づき具体的な実施計画を策定しながら個別の研究開発プロジェクトを進めていく。

- 現場ニーズをプロジェクトに的確に反映するための体制の強化
  - 研究開発プロジェクトに期待する具体的な技術ニーズを一層明確化するとともに、現場の状況を随時アップデート・共有する仕組みを設ける（現場の状況調査が容易でないものは、一定のスケジュールを設定）
  - このため、研究開発プロジェクトの実施者と東京電力の連携を強化する体制を構築するため、プロジェクトの効果的な推進の中核を担う会議体を設ける
  - また、プロジェクトの最終目的は、機器・装置開発や解析コード高度化では無く、当該機器・装置を活用したアクセスの確保や解析コードを活用した炉内状況分析といった現場のミッションを実現することであり、そうした本来の目的を意識した計画及び実施体制を構築する
- 更なる国内外の叡智の結集
  - 23年度に機器・装置開発関連の研究開発プロジェクトで試行した「技術カタログ公募」の成果を活用し、開発するシステムの選定を、透明性を確保しながら実施するとともに、バックアッププランを検討する
  - 会議体への専門家参加、学協会・学術団体との連携強化を図る。
  - また、規制側とのコミュニケーションを行い、規制要求事項を研究開発計画に反映する取り組みも進める
- 研究開発プロジェクト間の連携
  - 他の研究開発プロジェクトの成果との連携を図り、柔軟かつ機動的に優先順位を見直しながら研究開発を進めていくことが重要
  - 特に、燃料デブリ取り出し準備については、①機器・装置開発、②解析コードを活用した炉内状況把握、③燃料デブリ性状把握・処理といったサブワーキングチームの各分野の進捗状況等を共有しながら、全体計画を立案・調整していく。このため、現行のサブワーキングチームにおける個別の管理に加え、燃料デブリ取りだし準備ワーキングチームによる全体管理を強化する
- 中長期視点での人材確保・育成を意識した取組
  - 個別の研究開発プロジェクトを実施するにあたっては、当該分野において将来必要となる人材の姿をイメージしつつ、研究開発活動を

通じてその確保・育成が図っていくことを意識しながら進める

- 具体的には、特に中長期的に対応を図る観点から進める研究開発プロジェクトにおいては、大学・研究機関との連携強化を図りながら、人材育成に資する創意工夫ある取組みを行う

## (2) 研究拠点構想

廃止措置等に向けた中長期ロードマップの着実な実施のためには、①除染や放射性廃棄物の処理を円滑に進めるための放射性物質の分析施設、②遠隔操作等の機器・装置開発に必要なモックアップ施設等を整備していくことが必要である。

これらの施設を中核とした研究拠点構想について、特に中長期ロードマップを着実に推進していく上で必要な①放射性物質の分析、②遠隔操作等の機器・装置開発に係る施設について、具体的なニーズを踏まえて検討を行ってきた。

その結果、基本的考え方として、

- 分析施設は、東京電力を中心として実施した分析ニーズの調査結果を踏まえ、廃止措置等に向けた複数の工程において放射性物質の分析ニーズに対応するため、以下の施設の増強・新設を検討していくことが必要
  - 福島第一原子力発電所の既存分析施設の増強
  - 新規分析施設の整備
  - 日本原子力研究開発機構の既存施設の活用
- 機器・装置開発に必要なモックアップ施設等の整備については、PCV漏えい調査用のロボットについて、実機適用性の観点から、実機あるいは実機相当の大型の専用設備での確認が望ましい

を確認した。

これら施設について、施設に求められる機能、設置場所、設置スケジュール、運営主体等について、詳細に検討していく必要がある。

その上で、技術的難易度が高く他の分野にも幅広く裨益するものなど国として総力を挙げて取り組むべき研究開発については、日本原子力研究開発機構の専門的知見や既存施設の有効活用を図りつつ当該施設を活用しながら国主導で実施することを検討していく。また、国内外の叡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す。

## (3) 国際協力

廃止措置等に向けた研究開発計画において取り組む課題及び対応の方向について国際的な情報発信を行うと同時に、関連分野における知見・経験を有する国内外の有識者・専門家の参加を得て、これら課題及び対応の方向について討議を行い、技術的な提案・アドバイスを含め国内外の関係機関からの協力を得られる体制を作ることを目的として、海外からの専門家等約 200 名参加による「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係る国際シンポジウム」を本年 3 月 14 日、東京都内に

て開催した。

議論は「放射性廃棄物処理・処分」「燃料デブリ取り出し準備に係る遠隔操作等機器・装置開発」「燃料デブリ取出しに向けた炉内状況把握・解析」「燃料デブリの性状把握・処理」の4分野をテーマに、本部側からロードマップや研究開発の現状の説明を行い、続くパネルディスカッションにて海外専門家を交えた議論を行った。

その結果、「燃料デブリ取出しについて、その最終状態を前もって把握することが重要であり、関連する戦略も最終目標を踏まえて策定しうること」や「復旧作業について、代替技術・方針を用意しておくことにより、あらゆる事態に実際に対応しうること」など、研究開発のマネジメント上でも重要な示唆が得られるなど、全体に大きな収穫が得られた。

この他、米国エネルギー庁国立研究所、英国廃炉庁などと個別に技術交流を開始しており、これら機関が有するノウハウのうち研究開発に資するものについて今後関係を深化させていく予定である。

#### (4) 人材育成

燃料デブリ取り出し開始を約10年後の目標とし、最終的には30～40年にわたる廃止措置を着実に進めていくためには、中長期的視点で人材を確保・育成していくことが不可欠である。このため、まずは、10年後／20年後に必要となる人材のイメージを想定した上で、人材確保・育成に向けた取組みを検討・実施していくことが必要である。

このような点については、来年度からの本格実施を念頭に本年度から以下の例のような具体的な取組みの検討に着手する。

(例)

- 中長期的な人材確保・育成のための大学・研究機関等との連携強化
- 東京電力、プラント・メーカー、JAEA等各機関における外部からの人材の受け入れを促進するための取組み
- 大学・研究機関における人材育成の取組みへの支援

以 上

平成24年7月30日現在

政府・東京電力中長期対策会議研究開発推進本部  
名簿

本部長	北神 圭朗	経済産業大臣政務官
副本部長	園田 康博	内閣府大臣政務官
	神本 美恵子	文部科学大臣政務官
構成員		
(各機関代表)		
	朝日 弘	経済産業省 大臣官房技術総括審議官
	相澤 善吾	東京電力株式会社 代表執行役副社長 原子力・立地本部長
	大竹 暁	文部科学省 大臣官房審議官(研究開発局担当)
	尾本 彰	原子力委員会 委員
	上塚 寛	独立行政法人日本原子力研究開発機構 理事
	金山 敏彦	独立行政法人産業技術総合研究所 理事
	横山 速一	一般財団法人電力中央研究所 常務理事
	岡村 潔	株式会社東芝 常務 原子力事業部長
	丸 彰	株式会社日立製作所 技監 福島原子力発電所プロジェクト推進本部長
(学識経験者)		
	浅間 一	東京大学大学院 工学系研究科 教授
	井上 正	一般財団法人電力中央研究所 研究顧問
	田中 知	東京大学大学院 工学系研究科 教授
	山名 元	京都大学 原子炉実験所 教授
オブザーバー	山田 基幸	電気事業連合会 福島支援本部 部長