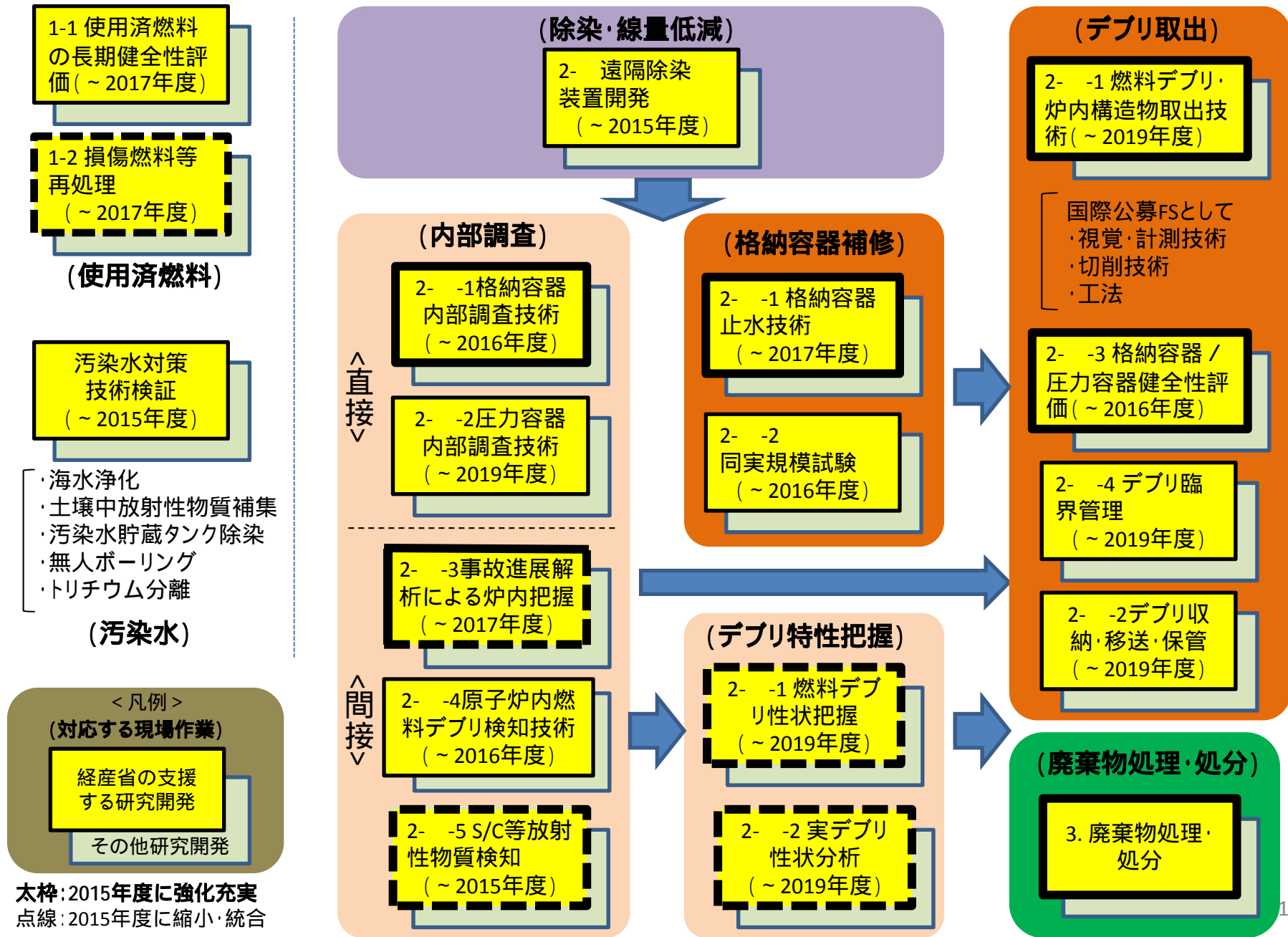


福島第一原発の廃炉・汚染水対策に係る研究開発等の全体構成図



平成26年度補正予算案 廃炉研究開発プロジェクト支援予算 (見直しのポイント)

強化・充実するプロジェクト

< デブリ取り出し >

「燃料デブリ・炉内構造物取出し技術」について、工法の方針決定に向けて、従来から進めてきた上部からの冠水工法に加え、側面からの取出しや気中取出しについても、装置の概念設計、要素試験を行う。その際、国際公募事業(RFP)によって得られた知見を踏まえることとする。

< 止水 >

「格納容器止水技術」について、ベント管内埋設方法、サブレーションチェンバー(S/C)内充填方法、トラス室止水方法などの複数システムの成立性を見極めつつモックアップ試験を実施する。また、自動溶接やトラス室止水技術等、現行プロジェクトで対応できない場合には、新たに開発を行う。

< 内部調査 >

「格納容器内部調査技術」について、デブリ取出し工法の方針決定に必要なより多くの情報を得るため、調査部位の追加、更なる調査計画の策定、開発項目の追加を行う。

「事故進展解析による炉内状況把握」について、他の研究開発プロジェクトや現場から得られる情報等を踏まえ、燃料デブリの量、位置等を総合的に評価分析する。

< 廃棄物 >

「事故廃棄物処理・処分技術」について、IAEAのレビューにてインベントリ評価を加速する指摘があり、性状把握に関して廃棄物試料の分析サンプル数を増加することで評価の加速を図る。また、廃棄物ストリームに関して物質収支と放射能収支の関連性を考慮した検討を追加する。

縮小・統合するプロジェクト

「使用済み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」について、使用済み燃料の処理・保管方法の決定に必要なデータが得られる見込みがたったため、2014年度をもって中止する。

「S/C等に堆積した放射性物質の非破壊検知技術」について、格納容器下部止水技術の動向を踏まえて開発判断を行うことから中止する。

「実デブリ性状分析」と「燃料デブリ性状把握」について、一体的な管理が効果的であることから統合する。

「事故進展解析による炉内状況把握」において実施していた実証試験について、事故解析コードの改良に効果的に役立つものに絞り込む。

「格納容器漏えい箇所の特定技術」について、開発の対象部位の除染進展や他の補修技術の活用などから、開発のプライオリティが低くなったため中止する。

1. 使用済燃料1-①:使用済燃料プールから取出した燃料集合体の長期健全性評価

目的

水素爆発や海水注入の影響を受けた使用済燃料プールから取出した燃料集合体を、共用プールや乾式保管設備において長期間安全に保管するため、その健全性を評価する。

実施内容

○海水、およびガレキが混入した冷却水に晒された使用済燃料の長期的な健全性の評価・管理手法、長期的な湿式・乾式保管の可否判断の検討に資するデータを取得する。

1. 燃料集合体の長期健全性評価技術開発

- ①4号機の使用済燃料から取り外した部材を「照射後試験施設」に輸送し、材料試験を実施する。具体的には、2014年度の概観観察において確認された燃料集合体表面の白色堆積物の同定等を行う。
- ②2014年度までに実施した水素化物析出挙動に関する試験などの成果を踏まえ、海水とガレキの重畳による乾式保管時の燃料健全性への影響確認試験を実施する。(2015年度～2017年度で実施)また、乾式保管における燃料健全性確認方法の検討を行う。

(備考)2014年度までの取組成果

- ・1F4の使用済み燃料プールから採取したガレキ、および模擬ガレキの浸漬試験(1000時間)を実施し、pH、塩化物イオン濃度、導電率を測定するとともに、浸漬後のガレキ性状を確認した。当該のデータに基づいて共用プールに持ち込まれるガレキからの溶出量を評価した。
- ・共用プールでの湿式保管、乾式保管を念頭に、H25年度に評価した条件などを用いて燃料集合体の構造を模擬した未照射試験片による腐食試験、強度試験を実施した。
- ・長期保管における健全性確認の参照データとするため、共用プールに保管している使用済み燃料5体の状態(外観、酸化膜)を確認した。
- ・乾式保管時の燃料健全性を評価するのに必要な内外の事例調査、およびこれを踏まえ必要と考えられる試験計画を策定した。

2. 長期健全性に係る基礎試験

- ①2014年度から継続して、海水成分の燃料集合体部材への移行挙動試験を実施する。

目標達成を判断する指標の設定(2015年度/2016年度)

- ・すき間腐食再不動電位を取得(2015年度)
- ・白色物の分析、および長期健全性に影響する成分の有無を確認(2015年度)
- ・乾式保管環境を試験条件として、冷却速度の「速い」条件でのデータを取得(2015年度)
- ・乾式保管環境を試験条件として、冷却速度の「遅い」条件でのデータ取得を開始、一部取得完了(2016年度)
- ・ねじ部の残留量に関するデータを取得(2015年度)

(目標工程) 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

事項/年度	第1期	第2期 (燃料デブリ取り出しが開始されるまでの期間)			
	2013	2014	2015	2016	2017 以降
		(前)	(中)		
現行中長期ロードマップにおける主要イベント	プラントの安定状態の維持・監視				
	燃料デブリ取り出し準備				
1. 燃料集合体の長期健全性評価技術開発	<div style="background-color: #e0f0ff; padding: 10px;"> <p>すき間腐食再不動態化電位を取得▽</p> <p>白色物の分析、および長期健全性に <u>影響する成分の有無を確認▽</u></p> <p>冷却速度の遅い条件でのデータを一部取得▽</p> <p>冷却速度の<u>速い</u> 条件でのデータを取得▽</p> <p>ねじ部の<u>残留量</u>に関するデータを取得▽</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p> : 現場作業 (エンジニアリングを含む)</p> <p> : 研究開発</p> </div> </div>				
- 4号機使用済燃料の材料試験					
- 乾式保管時の燃料健全性への影響確認試験					
2. 長期健全性に係る基礎試験					

※: 実施項目のアウトプットとなる作業工程を矢印にて明記する。

2. 燃料デブリ取り出し2-①: 原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発

目的

原子炉建屋内で作業を進めていく上で必要となる作業員の被ばく量低減を図るため、遠隔除染技術を開発する。

実施内容

○原子炉建屋内での作業上のアクセス確保を図るため、遠隔除染技術を開発し、現場等で実証する。

1. 遠隔除染技術の開発

- (1) 既存の除染技術の整理・データベース化
 - ・2014年度までに調査・検討を実施した既存の除染技術、遮蔽技術の情報を更新する。
- (2) 除染装置の開発
 - ・2014年度までに設計を進めた上部階用の除染装置の開発について、実際に現場で活用する除染箇所を念頭において開発を加速する。
- (3) 地下階除染装置の開発
 - ・2014年度に実施した概念検討を踏まえ、除染シナリオおよび除染装置開発の必要性を検討する。

(備考) 2014年度の実績

1. 遠隔除染技術の開発

- (1) 高所用除染装置の開発
 - ・2013年度までに1階低所の除染を目的として開発した高圧水ジェット、ドライアイスブラスト、吸引・ブラスト除染装置の改良を行い、1階高所用の除染装置を製作。工場レベルでの実証試験を行い、現地での実証試験の仕様の検討を行った。
- (2) 上部階用除染装置の開発
 - ・除染装置を製作し、実証試験の仕様の検討を行った。
- (3) 地下階除染装置の概念検討
 - ・ドライアップ時の状況を推定するために、事故以降のプラント水位状況を整理した。

目標達成を判断する指標の設定 (2015年度)

- ・上部階用除染装置の実証試験の完了。(2015年度)

(目標工程) 2-①: 原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発

事項/年度	第1期	第2期 (燃料デブリ取り出しが開始されるまでの期間)			
	2013	2014	2015	2016	2017以降
		(前)			(中)
現行中長期ロードマップにおける主要イベント	<p>プラントの安定状態の維持・監視</p> <p>燃料デブリ取り出し準備</p> <p>燃料デブリ取り出し工法の確定(2018)▽</p>				
原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発	<p>建屋内における汚染状況の把握、除染作業</p>				
1. 遠隔除染技術の開発	<p>(1) 既存の除染技術の整理・データベース化</p> <p>(2) 除染装置の開発</p> <p>①低所除染装置</p> <p>②高所除染装置(※)</p> <p>③上部階除染装置(※)</p> <p>(3) 地下階除染装置の開発</p>				
	<p>除染装置開発</p> <p>除染装置開発</p> <p>モックアップ実証試験 改良まとめ</p> <p>装置設計 装置製作 モックアップ実証試験 改良まとめ</p> <p>除染シナリオ除染装置の開発要否検討</p> <p>▽上部階用除染装置の実証試験の完了</p>				
	<p>※ ドライアイスプラスト除染装置 吸引・プラスト除染装置 高圧水除染装置</p> <p>— : 現場作業 (エンジニアリングを含む) — : 研究開発</p>				

※: 実施項目のアウトプットとなる作業工程を矢印にて明記する。

2. 燃料デブリ取り出し2-②-1:原子炉格納容器漏えい箇所の補修・止水技術の開発

目的

燃料デブリ・炉内構造物に付着する放射性物質からの放射線の遮へい、切削・移動時に生じるダストの飛散防止、燃料デブリの冷却維持の観点から原子炉格納容器内を水で満たし、その状態を安定的に維持する方法を検討するため、補修・止水する技術を開発する。

実施内容

- 原子炉格納容器下部の止水やサプレッションチェンバー脚部補強等の原子炉格納容器における漏えい箇所を補修・止水するための技術を開発し、その技術的成立性を見極める(工場等での機能確認まで)。
- 開発した一部の技術やその実施のために開発した機器・装置については、実規模試験を実施する(別プロジェクト)。

1. 原子炉格納容器冠水工法のプロセスの検討

- ・冷却水の漏えいを防ぐための原子炉格納容器下部の補修・止水、燃料デブリを取り出すための原子炉格納容器上部の補修・止水及び補修・止水後の水張り状態の維持のための予防的・重層的な水バウンダリシステムを構築(止水範囲の明確化や万が一の漏水時の対策など)する。

2. 特定箇所を対象とした補修・止水技術の開発

- ・実機の状態及び他プロジェクトによる調査・試験結果を考慮しながら、以下のような補修・止水技術の開発を進めていく。また、多重防護の観点からベント管・サプレッションチェンバー・トラス室等での止水等の成立性を精査した上で、必要に応じて新たな開発計画(モックアップ試験含む)を策定する。

(1) 原子炉格納容器下部の補修・止水技術

- ・ベント管やサプレッションチェンバーにおける止水については、その成立性も含め検討を行い、検証試験を行う。
- ・1号機の真空破壊ラインの止水は、真空破壊ラインをセメント系または非セメント系止水材により止水する工法の開発を進める。
- ・補修工法の各段階での確認・監視する手法の検討、および、試験の立案、実施を行う。

(2) サプレッションチェンバー脚部の補強技術

- ・開発した高流動性の補強材(打設範囲と必要な圧縮強度等)による、スケール試験計画の立案、および、試験を実施する。

(3) 循環冷却システムの検討

- ・原子炉格納容器循環冷却設備の系統概念と取水点の概念検討を実施し、作業ステップにおける系統概念図を作成する。

(4) シール部・配管ベローズの補修技術

- ・小部屋補修時のひび割れ等懸案事項および、要素試験を検討する。
- ・シール部に対しては止水材の検討及び要素試験を実施する。

(5) 原子炉格納容器接続配管・機器ハッチの補修技術

- ・対象配管・機器ハッチの補修案(溶接等による閉止)を検討する。

(6) トラス室壁面貫通部の止水技術

- ・実機環境を考慮し、補修対象部の整理、施工可能性、補修材の選定、要素試験等を検討する。

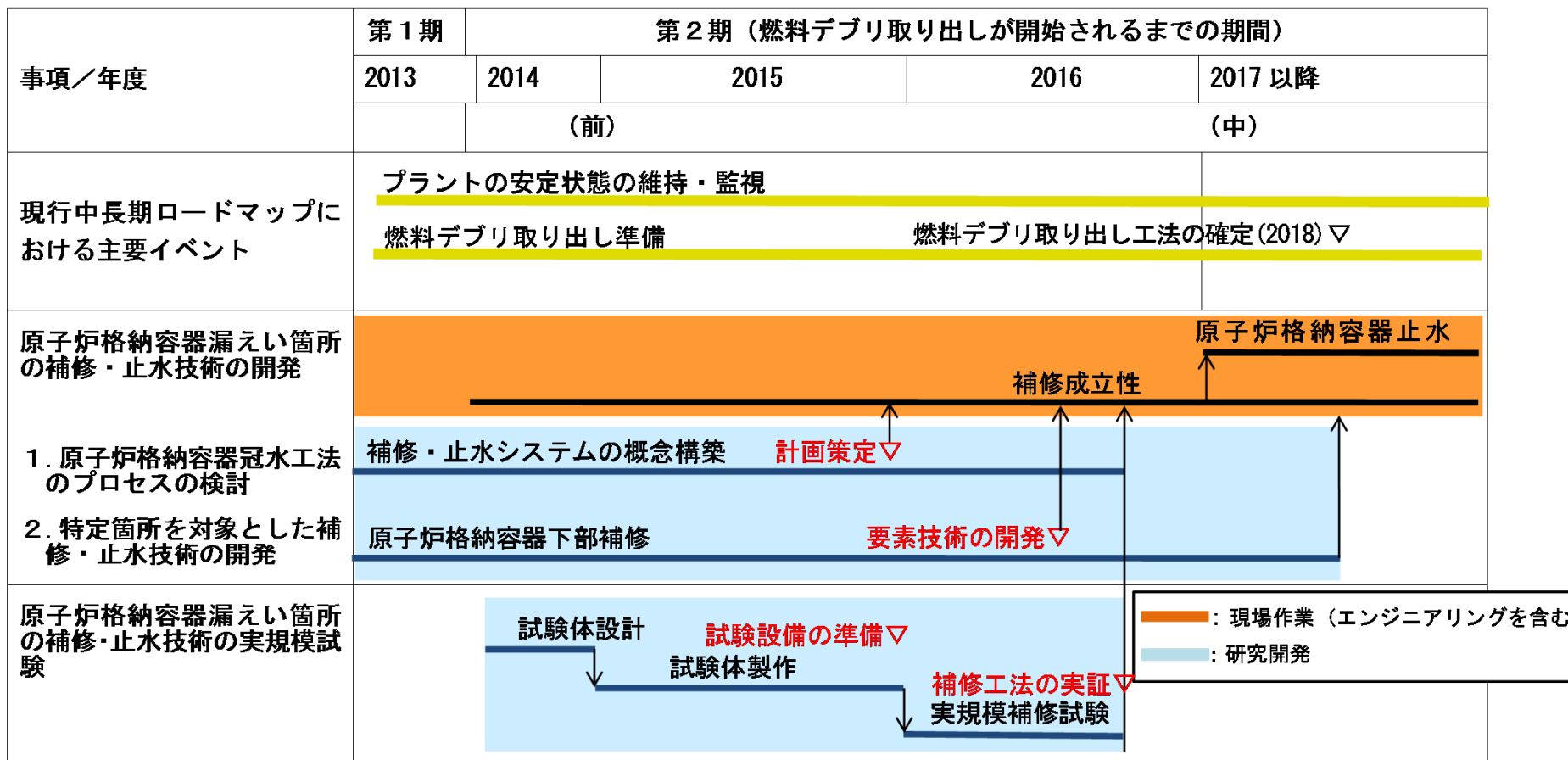
(7) ドライウェルシールの補修技術

- ・損傷状況の想定、補修材の選定、対象部位の補修実現性等を検討する。

目標達成を判断する指標の設定(2015年度/2016年度)

- ・システム概念の計画策定の完了。(2015年度)
- ・要素技術の開発の目途の確立。(2016年度)

(目標工程) 2-②-1 & 2-②-2 : 原子炉格納容器漏えい箇所の補修・止水技術の開発



※ : 実施項目のアウトプットとなる作業工程を矢印にて明記する。

2. 燃料デブリ取り出し2-②-2:原子炉格納容器漏えい箇所の補修・止水技術の実規模試験

目的

放射線の遮へい、ダストの飛散防止等の観点から、原子炉格納容器を一定量の水で満たすためのバウンダリ構築を遠隔で確実にを行うため、原子炉格納容器からの漏えい箇所を補修・補強する技術の実規模試験を櫛葉遠隔技術開発センターにおいて実施する。

実施内容

○2号機の原子炉格納容器下部を模擬した試験体を製作し、「原子炉格納容器漏えい箇所の補修・止水技術の開発」で開発中の原子炉格納容器下部補修技術・サプレッションチェンバー補強技術に関する実規模実証を行う。

1. 原子炉格納容器下部の補修・補強のための機器・装置等の実規模試験

- (1) 原子炉格納容器下部の補修・補強のための機器・装置等の実規模試験
 - ・原子炉格納容器下部補修及びサプレッションチェンバー補強技術に関する遠隔装置を用いた補修工法の手順確認を実機検証する。
 - ・実機の状態、他プロジェクトによる調査・試験結果を考慮しながら、柔軟に計画を見直しながら進めていく。
- (2) 作業手順の検討、作業者の操作訓練のためのデータ等の作成
 - ・遠隔操作機器の設計進捗に合わせて仮想現実データを作成する。

2. 実規模試験に必要な試験体や設備等についての検討、維持管理

- (1) 実規模試験体の設計・製作
- (2) 給排水設備、濁水処理設備等の必要な設備等の検討・設計・製作・設置
- (3) 給排水設備等の運転

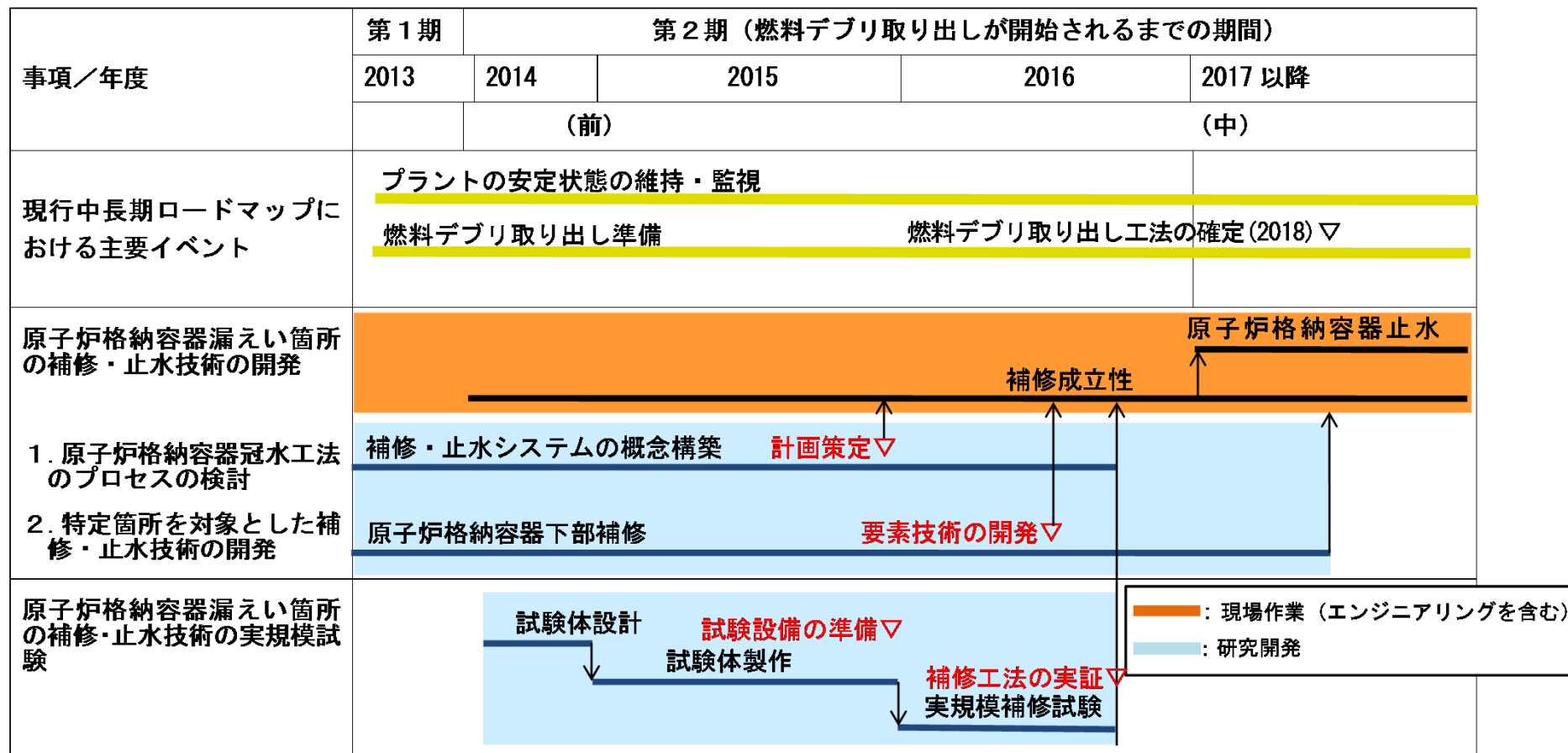
3. モックアップ施設側で必要な設備等についての検討等

- (1) モックアップ試験施設の整備・維持管理に関する検討
 - ・遠隔操作機器の操作機能に関して検討する。
 - ・今後のモックアップ施設での試験計画のモデルケースとして考慮する。
- (2) 遠隔操作機器の機能と操作者の技能を検証するシステムに関する調査

目標達成を判断する指標の設定 (2015年度/2016年度)

- ・実規模試験に必要な試験設備等の準備完了。(2015年度)
- ・技術開発プロジェクトにて開発された機器・装置及び補修工法の実規模試験を実施し、機器・装置及び補修工法の実証の完了。(2016年度)

(目標工程) 2-②-1 & 2-②-2 : 原子炉格納容器漏えい箇所の補修・止水技術の開発



※：実施項目のアウトプットとなる作業工程を矢印にて明記する。

2. 燃料デブリ取り出し2-③-1: 原子炉格納容器内部調査技術の開発

目的

原子炉格納容器内の燃料デブリ位置、原子炉圧力容器を支持するペDESTAL内/外の状況を確認するため、高温・多湿・高線量の過酷環境下で作業を行うための遠隔操作等による調査装置を開発する。

実施内容

- 原子炉格納容器内ペDESTAL内/外の状況を確認するための遠隔操作による調査装置・システムを開発し、現場で実証する。
- 燃料デブリ取り出し工法の確定に向けて、燃料デブリの位置や原子炉格納容器内の状況をより確度高く把握するため、必要に応じ、新たな調査装置・システムを開発し、実プラントにおいて実証試験を行う。

1. 調査計画・開発計画の立案・更新

- ・2014年度に策定した計画について、最新の状況等を踏まえて継続的に更新していく。
- ・X-100ペネ及びX-6ペネ以外のアクセスルートを利用した原子炉格納内部調査の計画、調査装置の概念を遠隔カメラ、センサー、マニピレーター等新たな方法を活用し継続して検討する(微小サンプリングを含む)。
- ・2014年度検討結果や、プラント条件を勘案し、3号機の格納容器内部調査の新たな研究開発の必要性を検討する。

2. 特定部位へのアクセス・調査装置・システムの開発

(1) 2号機を対象としたペDESTAL内アクセス技術

- ・A2: ペDESTAL内部プラットフォーム状況調査装置
- ・A2: X-6遮へいブロック取外し装置
- ・A3: CRD下部及びプラットフォーム上、ペDESTAL底部状況調査装置
- ・A3: X-6ペネ穴拡大または開放装置
- ・A3: 燃料デブリ計測装置

(2) 1号機を対象としたペDESTAL外アクセス技術

- ・B1: 1階グレーチング上状況調査装置
- ・B2: 地下階状況調査装置

3. 現場実証

上記2. で開発した装置・システムについて、現場での実証試験を行う。

(備考1) 3号機の原子炉格納容器の最初の内部調査として、2015年度に内部環境情報等の調査が計画されている(本事業範囲外)。

(備考2) 2号機A3や1号機B2の次の段階の調査(実証試験)については、それまでの結果を踏まえ実施する。

目標達成を判断する指標の設定 (2015年度/2016年度)

- ・実証試験として、1号機 ペDESTAL外1階グレーチング上調査、ペDESTAL外地下階状況調査の実施。2号機ペDESTAL内プラットフォーム状況調査の実施。(2015年度)
- ・実証試験として、2号機CRD下部及びプラットフォーム状況調査実施。(2016年度)

(目標工程) 2-③-1 : 原子炉格納容器内部調査技術の開発

事項/年度	第1期	第2期 (燃料デブリ取り出しが開始されるまでの期間)			
	2013	2014	2015	2016	2017以降
		(前)			(中)
現行中長期ロードマップにおける主要イベント	プラントの安定状態の維持・監視		燃料デブリ取り出し準備		
			燃料デブリ取り出し工法の確定(2018)▽		
原子炉格納容器内部調査	燃料デブリの量、位置、性状の把握・分析 (現場作業、エンジニアリング)				
1. 調査計画・開発計画の立案・更新	<p>▽計画立案 調査計画・開発計画の立案・更新</p> <p>1号機内部調査装置の開発</p> <p>1階グレーチング上調査(1号機での実証目標) B1 B2</p> <p>▽地下階状況調査(1号機での実証目標)</p> <p>A1 A2 A3 2号機内部調査装置の開発</p> <p>▽ペDESTAL内部プラットフォーム状況調査(2号機での実証目標)</p> <p>▽GRD下部及びプラットフォーム上状況、ペDESTAL底部調査(2号機での実証目標)</p> <p>3号機内部調査の研究開発の必要性検討</p>				
2. 特定部位へのアクセス・調査装置・システムの開発	<p>— : 現場作業 (エンジニアリングを含む)</p> <p>— : 研究開発</p>				

※ : 実施項目のアウトプットとなる作業工程を矢印にて明記する。

2. 燃料デブリ取り出し2-③-2: 原子炉圧力容器内部調査技術の開発

目的

原子炉圧力容器内部の燃料デブリ等の状況を把握するため、遠隔装置を活用した調査技術を開発する。

実施内容

- 原子炉圧力容器内の燃料デブリ・切り株燃料の分布等の状況を確認するための遠隔操作による調査装置・システムを開発し、現場で実証する。
- 燃料デブリ取り出し工法の確定に向けて、原子炉圧力容器内の状況をより確度高く把握するため、必要に応じ、新たな調査装置・システムを開発し、実プラントにおいて実証試験を行う。

1. 調査計画・開発計画の立案・更新

- ・2014年度までに策定した計画について、遠隔カメラ、センサー、マニピレーター等新たな方法論も検討し、原子炉圧力容器内部調査を実施する開発計画を再構築する。
- ・配管等の既存ルート及び上部穴あけ加工による新規ルート、その他原子炉圧力容器の内部調査のアクセスルート(格納容器・圧力容器に調査孔(上から、又は、横から)を開けて調査する方法など)を継続して検討する。

2. 燃料デブリのサンプリング技術の検討

- ・燃料デブリのサンプリングを可能にする技術を開発する。

目標達成を判断する指標の設定 (2015年度/2016年度)

- ・原子炉圧力容器内部調査を実施する開発計画の見直し (2015年度)
- ・配管等の既存ルートによる調査については、成立性を判断する。(2015年度)

(目標工程) 2-③-2 : 原子炉圧力容器内部調査技術の開発

事項/年度	第1期	第2期 (燃料デブリ取り出しが開始されるまでの期間)			
	2013	2014	2015	2016	2017以降
		(前)			(中)
現行中長期ロードマップにおける主要イベント	プラントの安定状態の維持・監視				
	燃料デブリ取り出し準備		燃料デブリ取り出し工法の確定(2018)▽		
原子炉圧力容器内部調査	燃料デブリの量、位置、性状の把握・分析 (現場作業)				
1. 調査計画・開発計画の立案・更新	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p style="text-align: center;">原子炉圧力容器の内部への アクセスルートの提案▽</p> </div> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">アクセスルートに応じたサンプリング技術の提案▽</p> </div> </div>				
2. 燃料デブリのサンプリング技術の検討					
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>— : 現場作業 (エンジニアリングを含む)</p> <p>— : 研究開発</p> </div>				

※ : 実施項目のアウトプットとなる作業工程を矢印にて明記する。

2. 燃料デブリ取り出し2-③-3: 事故進展解析及び実機データ等による炉内状況把握の高度化

目的

炉内の燃料デブリや核分裂生成物の状況を把握するため、過酷事故解析の高度化により得られる結果に加え、現場等で得られる様々な測定データ・情報を勘案した総合的な分析・推定に向けた手法を開発する。

実施内容

- 事故進展解析コードを改良し、炉内状況の分析・推定を行う。
- また、号機毎の燃料デブリ取り出しの工法確定や実施に向けて、実機から得られるデータ等を用いて炉内状況の総合的な分析・評価を行う。

1. 事故進展解析等による燃料デブリや核分裂生成物の挙動推定

- (1) 事故進展解析コードの改良・高度化
 - 2014年度に引き続き、燃料デブリや核分裂生成物の挙動推定に資するため、格納容器破損モデルや核分裂生成物量分布の推定が可能なモデルの追加など事故進展解析コード（MAAPコード、SAMPSONコード）の改良を行う。
- (2) 事故進展解析を活用した炉内状況の推定・評価
 - 2014年度に引き続き、燃料デブリや核分裂生成物が存在する位置・量や組成等を推定・把握するため、海外の知見（国際共同研究（OECD/NEA/BSAF））等を得つつ、事故進展解析コードの改良及び模擬試験（国際共同研究（KAERI））の成果を活用して炉内状況を推定・評価する。

2. 事故進展解析及び実機データを用いた炉内状況の総合的な分析・評価

- (1) 分析・評価手法の開発及び必要なデータの収集・共有
 - 炉内状況の分析・評価を行いその知見を活用するために、事故進展解析のみならず、他の研究開発プロジェクトや現場オペレーション等から得られる情報を踏まえた総合的な分析・評価を行う手法を開発する。併せて、必要なデータ・情報を収集・整理し、データベースを開発する。
- (2) 実機データ及び他プロジェクトの成果を踏まえた総合的な分析・評価
 - 実機の分析・調査から得られるデータ・情報に加え、燃料デブリ検知プロジェクトなどの他の研究開発からの成果も活用し、最も確からしい燃料デブリの量及び位置、並びに、セシウム等の核分裂生成物の分布状況を分析・評価する。

目標達成を判断する指標の設定（2015年度／2016年度）

- 原子炉格納容器/原子炉圧力容器内の核分裂生成物付着の状況把握できるようにすること（2015年度）
- 原子炉圧力容器から原子炉格納容器ペDESTAL内及びペDESTALサンプ内も含めたデブリ分散状況・組成とコンクリート侵食状況が推定できるようにすること（2015年度）
- セシウム等移行する核分裂生成物の化学形態、原子炉格納容器/原子炉圧力容器内の核分裂生成物の分布の評価結果も含めて炉内状況の総合的な評価を行うこと（2016年度）

(目標工程) 2-③-3 : 事故進展解析及び実機データ等による炉内状況把握の高度化

事項/年度	第1期	第2期 (燃料デブリ取り出しが開始されるまでの期間)			
	2013	2014	2015	2016	2017 以降
		(前)			(中)
現行中長期ロードマップにおける主要イベント	<p>プラントの安定状態の維持・監視</p> <p>燃料デブリ取り出し準備</p> <p>燃料デブリ取り出し工法の確定 (2018) ▽</p>				
事故進展解析及び実機データ等による炉内状況把握の高度化	<p>燃料デブリの量、位置、性状の把握・分析</p>				
1. 事故進展挙動解析等による燃料デブリや核分裂生成物の挙動推定	<p>過酷事故解析コードの改良・高度化</p> <p>過酷事故解析及び評価の実施</p> <p>国際共同研究 (2015~2017 年度)</p> <p>(海外知見を含む評価)</p>				
2. 事故進展解析及び実機データを用いた炉内状況の総合的な分析・評価	<p>炉内状況の総合的な分析・評価</p> <p>▽総合的な評価</p> <p>▽総合的な評価</p> <p>分析・評価手法の開発及び必要なデータの収集</p>				
	<p>■ : 現場作業 (エンジニアリングを含む)</p> <p>■ : 研究開発</p>				

※ : 実施項目のアウトプットとなる作業工程を矢印にて明記する。

2. 燃料デブリ取り出し2-③-4: 原子炉内燃料デブリ検知技術の開発(ミュオン活用)

目的

原子炉圧力容器の内部の燃料デブリの分布を推定するため、ミュオンを活用した検知技術を開発する。

実施内容

○炉内の燃料デブリの分布を推定するため、透過法・散乱法の2つのミュオン活用による検知技術を開発し、放射線環境下での現場で実証する。

1. ミュオン透過法を活用した検知技術の開発・実証

(1) 1m程度の識別能力の実証(1号機での実証)

- ・2014年度の透過法による測定の拡充を行い、原子炉圧力容器内の燃料デブリの分布情報を1m程度の識別能力で評価する。

2. ミュオン散乱法を活用した検知技術の実証

(1) 30cm程度の識別能力の実証(2号機での実証)

- ・2014年度に開発したミュオン散乱法を活用した検知技術を実証するため、原子炉圧力容器内の詳細な燃料デブリの分布情報を30cm程度の識別能力で評価する。

(備考1) 2014年度の実証成果

1. ミュオン透過法を活用した検知技術の開発・実証
 - (1) 小規模実証試験の実施(1号機での実証)
 - ・原子炉炉心領域での燃料デブリの分布情報の評価
2. ミュオン散乱法を活用した検知技術の開発・実証
 - (1) 検出器システムの設計・製作
 - ・検出器及び測定回路の製作完了及びミュオン軌跡検出システムの構築
 - (2) 高放射線環境下での測定の実証
 - ・小型ミュオン軌跡検出システムを構築して放射線照射試験を実施し、耐放射線性能を確認

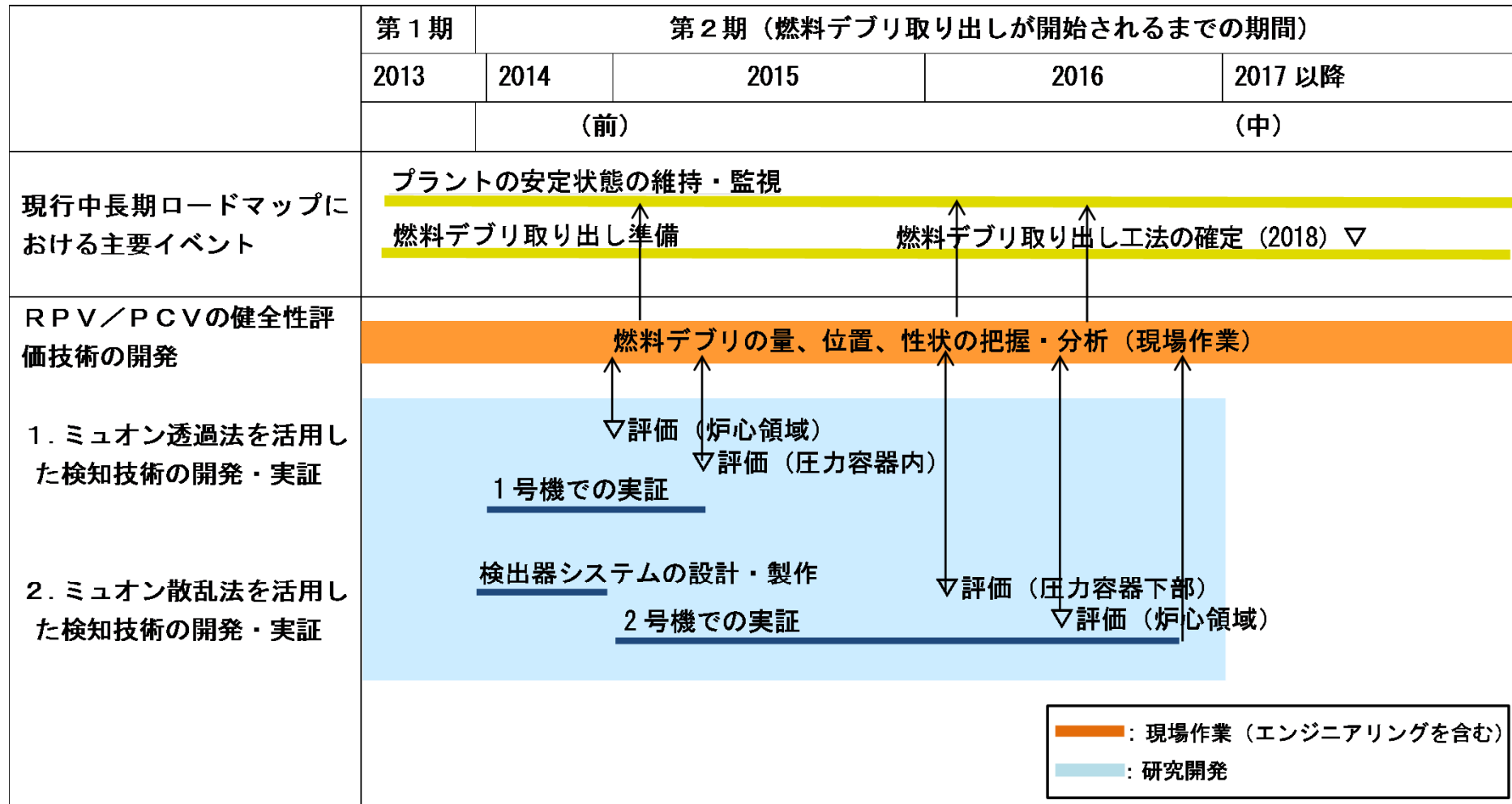
(備考2)

2015年度に実施する透過法(1号機)・散乱法(2号機)の技術実証を踏まえ、東京電力及びIRIDIによる取組として他号機の調査への活用を検討する。

目標達成を判断する指標の設定(2015年度/2016年度)

- ・透過法による1号機圧力容器内での分布情報の評価(2015年度)
- ・散乱法による2号機圧力容器内での分布情報の評価と密度情報の評価(2016年度)

(目標工程) 2-③-4 : 原子炉内燃料デブリ検知技術の開発 (ミュオン活用)



※ : 実施項目のアウトプットとなる作業工程を矢印にて明記する。

2. 燃料デブリ取り出し2-④-1: 燃料デブリ・炉内構造物の取り出し技術の開発

目的

燃料デブリ・炉内構造物の取り出し工法・技術の選定・実施に資するため、燃料デブリや炉内構造物を取り出す工法及び装置について技術開発を実施する。冠水工法及び気中工法、並びに、上部からの取出し及び横からの取出しを検討する。

実施内容

- 冠水工法並びに気中工法を念頭に燃料デブリを取り出す機器・装置の成立性の検討を行う。
- その後も、号機毎の燃料デブリ取り出しの工法確定や実施に向けて、機器・装置の開発を進めるとともに、モックアップ試験を行う。

1. 取り出し工法方針決定に向けた条件設定

- ・取り出し工法の選定に必要な条件(プラント情報等)について、現場で得られる最新のデータ・情報を基に確認・更新する。

2. 関連する要素技術や装置の開発計画等の策定

- (1) 既存技術の調査・検討
 - ・2014年度に実施した遠隔作業、切断、遮へい、飛散防止等の既存技術の調査結果について更新する。
 - ・国際公募を通じてこれまでに得られた海外の叡智を含め、有望な技術を幅広く検討する。
- (2) 開発計画の策定・更新
 - ・2014年度に実施した優先度が高い取り出し工法についての作業ステップ毎の課題とリスクを抽出・整理し、開発計画を更新する。

(3) 要素試験・技術開発

- ・2014年度に実施した①加工試験、②アクセス装置、③遠隔作業用アーム、④汚染拡大防止技術など要素技術の性能試験を継続するとともに、燃料デブリ取り出し装置の概念設計からの要求を踏まえ、追加で必要と判断される要素技術性能試験を立案し、行う。
- ・線量低減、放射性ダストの拡散防止対策に関する技術開発を行う。
- ・2014年度に実施中の代替工法の概念検討の実現可能性調査(F/S)の成果を踏まえて計画を立案する。

(4) 実機適用性評価、モックアップ試験

- ・得られた成果について、実機適用性評価、モックアップ試験を実施する。

目標達成を判断する指標の設定 (2015年度/2016年度)

- ・要素試験、装置概念設計のうち一部を完了する。(2015年度)
- ・燃料デブリ取り出し工法の成立性に係る要素技術開発を完了する。(2016年度)

3. 燃料デブリ取り出し工法・システム・装置の検討

- ・2017年以降の燃料デブリ取り出し装置設計・改良の開始に向けて2015年度より燃料デブリ取り出し工法・システム・装置の概念の検討を行う。 17

(目標工程) 2-④-1 : 燃料デブリ・炉内構造物の取り出し技術の開発

事項/年度	第1期	第2期 (燃料デブリ取り出しが開始されるまでの期間)			
	2013	2014	2015	2016	2017以降
		(前)			(中)
現行中長期ロードマップにおける主要イベント	プラントの安定状態の維持・監視				
	燃料デブリ取り出し準備		燃料デブリ取り出し工法の確定(2018)▽		
燃料デブリ・炉内構造物の取り出し技術の開発	燃料デブリ・炉内構造物の取り出し工事エンジニアリング・現場作業/装置手配				
1. 取り出し工法の選定に向けた条件設定、計画策定	▽条件設定、計画の策定				
2. 関連する要素技術や装置の開発計画等の策定	現場の最新状況等を踏まえた条件・計画の確認・更新				
3. 燃料デブリ取り出し工法・システム・装置の検討	要素試験・技術開発		工法成立性に関する要素技術開発		
	実機適用性評価				
	モックアップ試験				
	関連システムの検討				

: 現場作業 (エンジニアリングを含む)
 : 研究開発

※ : 実施項目のアウトプットとなる作業工程を矢印にて明記する。

2. 燃料デブリ取り出し2-④-2: 燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発

目的

燃料デブリの取り出しに係るシナリオ・選択肢の検討と連携しつつ、取り出した燃料デブリを安全かつ確実に収納、移送、保管するためのシステムを開発する。

実施内容

○複数の取り出し工法に適合した収納・移送・保管システムの概念を検討する。

○号機毎の燃料デブリ取り出しの工法確定や実施に向けて、安全に燃料デブリを収納・移送・保管できるシステムを構築するための技術開発を行う。

1. 破損燃料輸送・貯蔵に係る調査及び研究計画立案

・2014年度までに実施・策定した調査及び研究計画について、現場の最新状況等を踏まえて確認・更新する。

2. 燃料デブリの保管システムの検討

・2014年度までに検討したプール貯蔵や乾式貯蔵システムについて、現場の最新状況等を踏まえて確認・更新する。

3. 安全評価手法の開発

・2014年度の検討を受けて、燃料デブリの収納缶の設計に必要となる臨界、構造、水素発生等の観点から安全評価手法を開発するとともに、燃料デブリ等の影響を考慮した適切な材料を評価・選定する。

4. 燃料デブリの収納技術の開発

・燃料デブリの取り出し工法や形状・性状を考慮した開発/設計を行い、収納缶の基本仕様を確定するとともに、引き続きモックアップ試験用収納缶の設計を行う。
・2017年度以降、燃料デブリ取り出しに向けた収納缶の試作、最終確認を行う。

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、自動操作技術等を考慮した取扱装置を開発/設計する。
・2017年度以降、燃料デブリ取り出しに向けた取扱装置の試作を行う。

目標達成を判断する指標の設定 (2015年度/2016年度)

- ・複数の取り出し工法を念頭に収納缶の基本仕様を確定する。(2015年度)
- ・収納缶に関する安全評価手法を確立する。(2015年度)
- ・モックアップ用収納缶の仕様を確定する。(2016年度)
- ・取扱装置の概念を検討し、モックアップ用の仕様を確定する。(2016年度)

(目標工程) 2-④-2 : 燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発

事項/年度	第1期	第2期 (燃料デブリ取り出しが開始されるまでの期間)			
	2013	2014	2015	2016	2017以降
		(前)			(中)
現行中長期ロードマップにおける主要イベント	プラントの安定状態の維持・監視				
	燃料デブリ取り出し準備		燃料デブリ取り出し工法の確定 (2018) ▽		
燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発	<div style="background-color: #f4a460; padding: 5px; text-align: center;"> 収納、移送、保管のための準備 </div> <div style="text-align: right; margin-top: 5px;"> 実機製造 モックアップ試験 </div>				
1. 破損燃料輸送・貯蔵に係る調査及び研究開発計画	▽計画立案 現場の最新状況等を踏まえた確認・更新				
2. 燃料デブリの保管システムの検討	現場の最新状況等を踏まえた確認・更新				
3. 安全評価手法の開発	安全解析/材料選定 ▽安全評価手法の確立				
4. 燃料デブリの収納技術の開発	収納缶開発/設計 ▽収納缶基本仕様確定 モックアップ用検討 ▽モックアップ用収納缶の仕様確定 試作 最終確認				
5. 収納缶の移送・保管技術の開発	取扱装置開発/設計 ▽モックアップ用取扱装置の仕様確定 試作				
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: flex; justify-content: space-between;"> ■ : 現場作業 (エンジニアリングを含む) ■ : 研究開発</div>				

※ : 実施項目のアウトプットとなる作業工程を矢印にて明記する。

2. 燃料デブリ取り出し2-④-3: 原子炉圧力容器／原子炉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・原子炉格納容器の構造材の腐食や、原子炉圧力容器ペDESTALの事故後の高温等による強度低下の対策を講じるため、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可能なように、腐食抑制策を検証する。

実施内容

- 高温の海水に曝されていたことで劣化が懸念される原子炉圧力容器及び原子炉格納容器の構造材料及び鉄筋コンクリート製の原子炉圧力容器ペDESTALの腐食速度や高温強度データ等を取得し、構造健全性・耐震強度評価を行う。
- その後の燃料デブリ取り出し終了までの長期にわたり、原子炉圧力容器、原子炉格納容器構造材の現状を維持するための腐食抑制策を検証し、実機適用性の確認を行う。

1. 原子炉格納容器補修、水位上昇を踏まえた耐震強度評価

- ・原子炉格納容器の水位状態、燃料デブリ取り出し工法等の条件に依存して多種多様なプラント状態を想定した評価が必要となるため、耐震強度を簡易的に評価する手法を開発する。
- ・原子炉建屋を含む各機器の現状の機能を考慮した上で、今後の実用に向けた検討を進める複数の燃料デブリ取り出し工法(冠水・気中、上アクセス・横アクセスなど)において、実施に必要な機能を満足させるための耐震評価を行う。

2. 腐食抑制策の検証

- ・腐食抑制策として用いる各種防錆剤に対する濃度等をパラメーターとした腐食抑制効果の確認を行う。さらに、各種防錆剤のガンマ線照射による放射線分解、沈殿物生成の有無、汚染水浄化設備への影響や中性子吸収材等の添加物と併用した場合の防錆効果への悪影響の有無等の副次的悪影響の評価を行う。

3. 腐食量の長期予測の高度化

- ・現状では、燃料デブリ取り出しまでの数十年に及ぶ期間の腐食量を2000時間以下の短時間腐食試験データから評価していることから、長期間の腐食量予測精度向上のため、長時間腐食試験を実施する。
- ・ホウ酸注入が機器の長期健全性に及ぼす影響を適切に評価するための検討を行う。

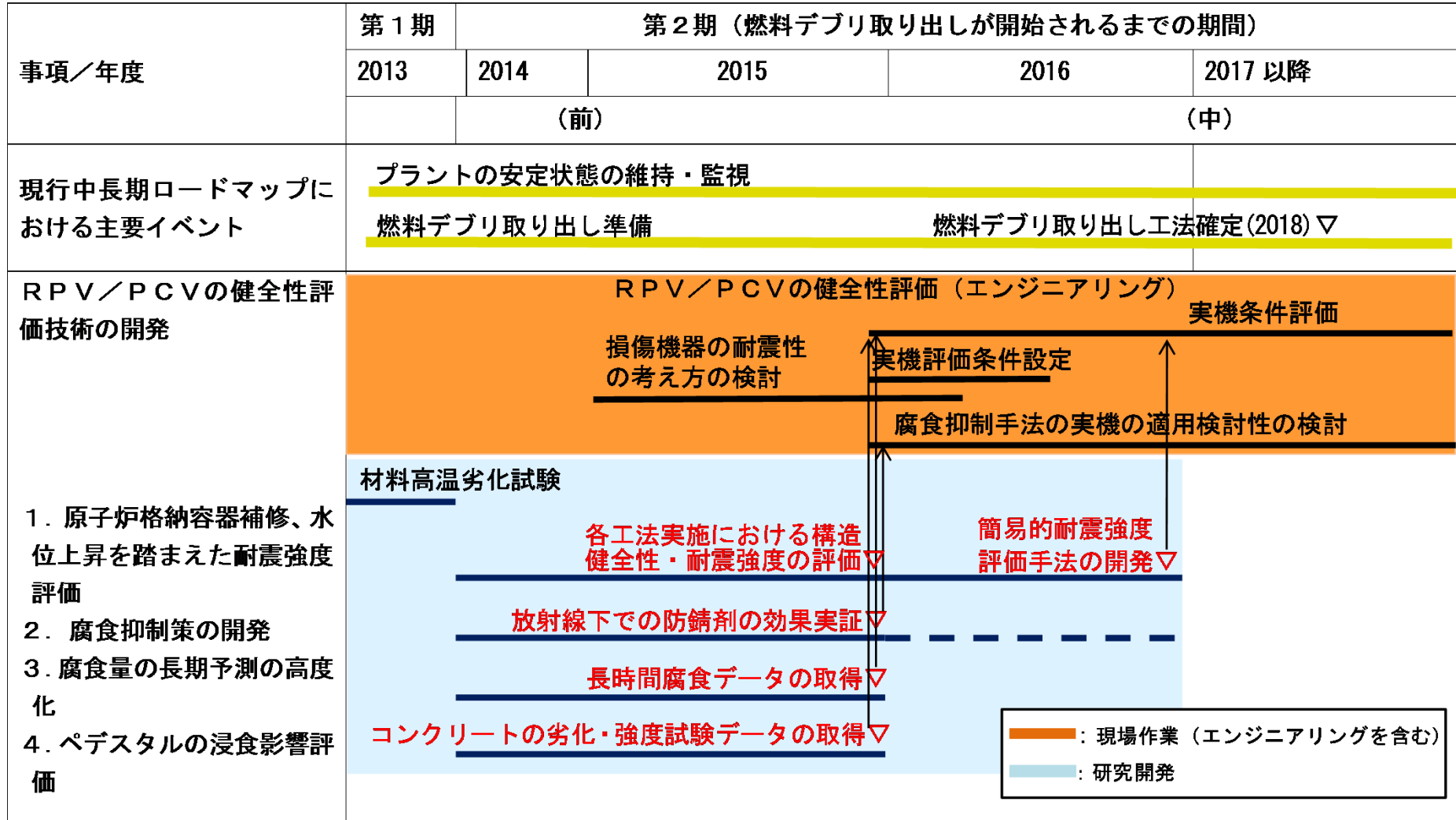
4. ペDESTALの侵食影響評価

- ・海水と熱によるコンクリート侵食等の影響を考慮するため、高温加熱・環境曝露試験、耐力評価試験などを行い、必要なデータを拡充する。
- ・熔融燃料デブリの侵食によるRPVペDESTALの構造強度へ及ぼす影響について検討する。

目標達成を判断する指標の設定 (2015年度/2016年度)

- ・各工法実施における構造健全性・耐震強度の評価(2015年度)
- ・放射線下での防錆剤の効果実証(2015年度)
- ・簡易的耐震強度評価手法の開発(2016年度)

(目標工程) 2-④-3 : RPV/PCVの健全性評価技術の開発



※ : 実施項目のアウトプットとなる作業工程を矢印にて明記する。

2. 燃料デブリ取り出し2-④-4: 燃料デブリ臨界管理技術の開発

目的

燃料デブリ取り出しに向けて、再臨界による作業員の被ばく及び環境への影響を防止するため、臨界評価手法、中性子吸収材による未臨界維持、モニタリングなど臨界管理技術を開発する。

実施内容

○複数の工法を念頭に臨界管理技術の成立性の検討を行う。

1. 臨界評価手法の開発

- ・冠水工法のみならず気中工法を含めた各工程について再臨界となる条件を抽出するとともに、臨界に到達した場合を想定した影響評価手法の開発を行う。
- ・臨界シナリオに対するこれまでの検討を基に臨界管理の目標について整理し、複数工法の各工程に対して臨界緩和策を含めた臨界管理方法を提示する。
- ・また、得られた最新知見の反映等により、作業開始前の状態も含めて再臨界となる条件及び臨界到達後の影響評価を見直し、分かりやすい形でその結果を提示する。

2. 臨界近接監視手法の開発

- ・臨界の発生を未然に防止するため、複数工法を念頭に、臨界近接を検知するための方法を提示する。その際、廃液処理設備、冷却設備の臨界近接監視システムや中性子による臨界検知システムなど過去の成果を活用する。

3. 再臨界検知技術の開発

- ・複数工法を念頭に、再臨界が発生した場合に早期に検知するための方法を提示する。

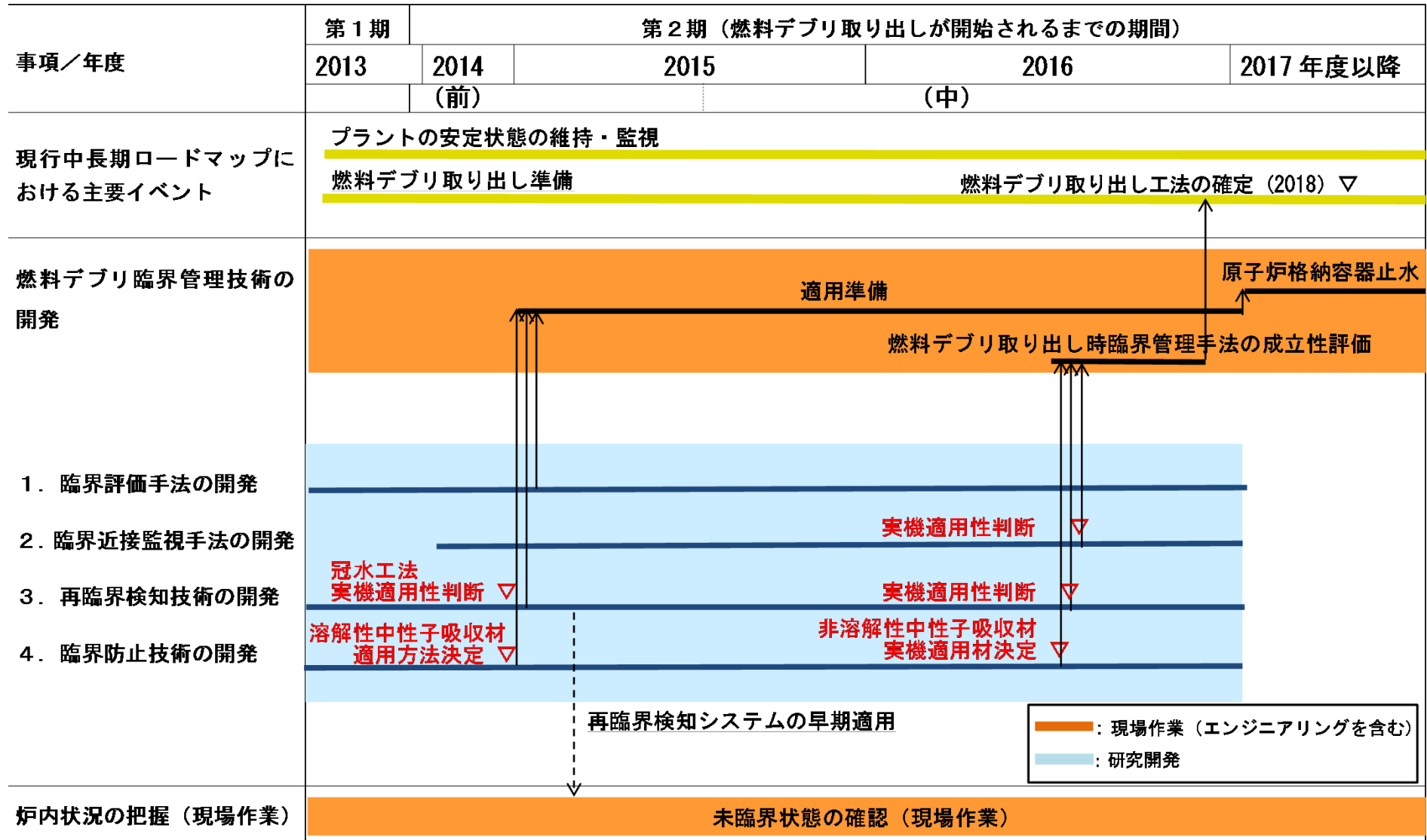
4. 臨界防止技術の開発

- ・燃料デブリ取り出し及びその後の輸送、貯蔵作業時の臨界を防止するため、中性子吸収材とこれを利用した作業工法を開発する。
- ・中性子吸収材として溶解性中性子吸収材とともに、材料腐食の観点から有利である非溶解性中性子吸収材を開発する。
- ・候補となる中性子吸収材について、複数工法における各工程への適用性を評価する。

目標達成を判断する指標の設定 (2015年度/2016年度)

- ・臨界管理の妥当性を示す情報が特定され、整備されていること。(原子炉格納容器水張りについて2015年度)
- ・作業開始前の状態にて再臨界となる条件及び臨界到達後の影響評価を行う。(2015年度)
- ・臨界近接監視手法：燃料デブリの位置に依存せず検知できること。(2016年度)
- ・再臨界検知技術：被ばく量及び放射性物質の放出を抑制するための要求事項が特定され、それらを満たしていること。(2016年度)
- ・非溶解性中性子吸収材：効果を担保できること。(2016年度)

(目標工程) 2-④-4 : 燃料デブリ臨界管理技術の開発



※ : 実施項目のアウトプットとなる作業工程を矢印にて明記する。

2. 燃料デブリ取り出し2-⑤: 燃料デブリの性状把握

目的

炉内に存在する燃料デブリの状況把握、燃料デブリの取り出し・収納・保管等の検討に資するため、模擬デブリを用いた分析試験を実施し、燃料デブリの性状を把握するためのデータ・情報を取得する。また、炉内等から実際に取り出す燃料デブリを分析・測定するために必要な技術を開発する。

実施内容

- 模擬デブリの物性値等より燃料デブリの性状を把握・推定して燃料デブリ特性リストを取りまとめ、最新の状況を踏まえ継続的に更新する。
- 実際に取り出す燃料デブリ（実デブリ）の性状分析を行うための分析・測定関連技術を開発する。なお、炉内部調査等において取得され得る微量サンプルによる燃料デブリの性状分析技術の開発も視野に入れる。
- 得られた知見・データについては別のプロジェクトで進めている分析・研究施設の設計・運用に反映していく。

1. 炉内の燃料デブリ性状の推定

- ・2015年度末までに、これまでに得られている知見（事故進展、TMI-2事故事例、シビアアクシデント研究等）を基に各号機における燃料デブリ性状を推定し、特性リストを取りまとめる。
- ・2015年度に推定する燃料デブリ性状について、最新の現場状況等を踏まえて継続的に確認・更新していく。

2. 模擬デブリを活用した特性評価

- ・2015年度末までに作製した模擬デブリを用いた分析試験を行うとともに、これまでに得たデータ・情報等を燃料デブリ取り出し工法の選定、機器・装置の開発等の技術開発に資するデータとして提供する。
- ・性状不均一性に係る評価のため、大型のコンクリート反応生成物（MCCI）の性状評価（仏CEA）や金属/セラミックス熔融固化体の特性評価（カザフNNC）など、国際的な協力体制で研究開発を進める。
- ・燃料デブリの収納・保管に係る技術開発に資するためのデータ取得を継続実施する。

3. 実デブリの分析要素技術の開発

- ①燃料デブリの分析・測定技術の開発計画の策定
 - ・実デブリの輸送、個別分析実施など実デブリ分析に係る全体フローの検討を行い、技術開発要素の抽出、及び今後の技術開発計画を立案する。
- ②分析に必要な要素技術開発
 - ・実デブリの性状等を分析・測定するための技術開発を行う。
 - ・実デブリサンプルの既存研究施設への輸送に係る検討を行う。

目標達成を判断する指標の設定（2015年度／2016年度）

- ・模擬デブリの物性値等より、燃料デブリ特性リストを取りまとめる。（2015年度）
- ・収納缶に係る燃料デブリ性状データを取りまとめる。（2016年度）

(目標工程) 2-⑤: 燃料デブリの性状把握

事項/年度	第1期	第2期 (燃料デブリ取り出しが開始されるまでの期間)			
	2013	2014	2015	2016	2017以降
		(前)			(中)
現行中長期ロードマップにおける主要イベント	プラントの安定状態の維持・監視				
	燃料デブリ取り出し準備		燃料デブリ取り出し工法の確定 (2018) ▽		
燃料デブリの性状把握	燃料デブリの量、位置、性状の把握・分析				
1. 炉内燃料デブリの性状の推定	▽ デブリ性状の推定				実デブリサンプリング▽
2. 模擬デブリを活用した特性評価	▽ 模擬デブリ作製試験		▽ 収納缶に係る燃料デブリ性状データ取りまとめ		
3. 実デブリの分析技術の開発	技術開発計画の立案		▽ 実デブリ性状分析		
	分析に必要な要素技術開発 (分析研究施設へ輸送する容器の検討を含む)				
	<div style="display: flex; justify-content: flex-end; align-items: center; gap: 10px;"> : 現場作業 (エンジニアリングを含む) : 研究開発 </div>				

※: 実施項目のアウトプットとなる作業工程を矢印にて明記する。

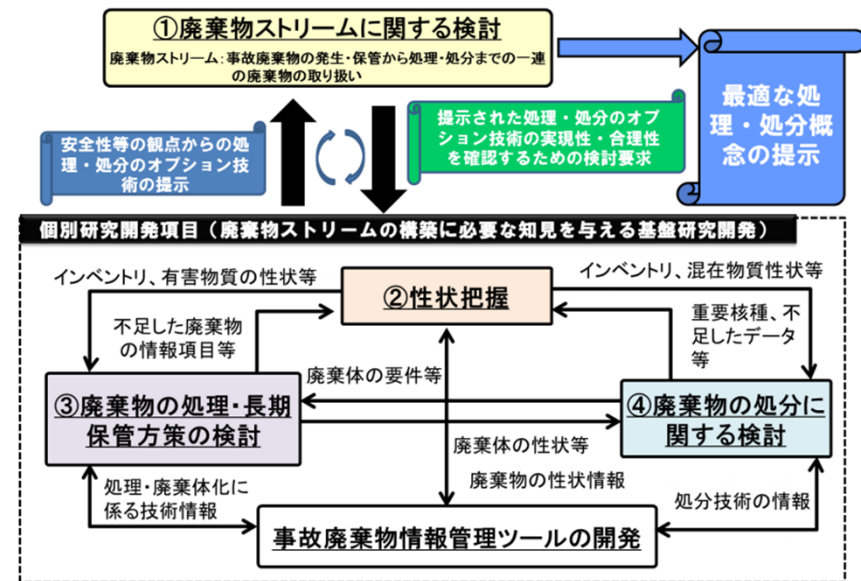
3. 固体廃棄物3： 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発（1／2）

目的

廃止措置に向けた取り組み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・処分を安全かつ合理的に行う方策の検討及び安全規制の枠組構築に必要な情報を整備する必要がある。このため、発生、保管から処理・処分までの一連の廃棄物管理・取扱い方法（廃棄物ストリーム）の候補を論拠とともに提示する。この一環として、廃棄物に含有される放射エネルギー等の性状に関する情報を分析や調査によって収集、評価するとともに、難測定核種については、分析研究施設に適用するための分析法の開発・整備を行う。水処理二次廃棄物については長期保管の健全性を考慮し必要に応じて対策について提示する。また、事故廃棄物に適用可能な廃棄体化技術などの処理技術の候補を提示、評価及び絞り込みを行い、事故廃棄物の特徴を考慮しつつ適用可能と考えられる処分概念の候補とその評価手法を検討し提示する。

実施内容（全体像）

- I. 2017年度までに固体廃棄物の処理・処分の基本的考え方を取りまとめるため、個々の検討項目の前提条件、課題等を含め、総合的な安全性、実現可能性及び合理性等の観点から、処分までの見通しのある廃棄物ストリームを候補として抽出する。また、処理・処分を検討する上で、基礎となる廃棄物情報を効率的に共有可能な形態に整備する。
- II. 処理・処分の検討の基礎情報として、性状等に関する情報を収集、評価する。難測定核種の分析法の開発・整備について、今後建設が予定されている放射性物質分析・研究施設での分析設備等の整備計画に反映する。
- III. 廃棄物の処理については、ある程度性状が把握できている廃棄物（水処理二次廃棄物、瓦礫、伐採木等）に対して適用可能と考えられる廃棄体化技術の候補を提示するとともに、第一次絞り込みを行う。セシウム吸着塔の保管に関わる安全上のリスク（放射性物質の漏洩等）を評価し、必要に応じてよりリスクが低い長期保管の方法を検討して示す。
- IV. 廃棄物の処分について、詳細な検討の対象となるべき処分概念の候補とその評価手法案を整える。これらを整備する際に、科学的な論拠を合わせて整備する。



2. 事故廃棄物情報管理ツールの開発

データ等を管理し、ユーザーが利用しやすい環境を整備するため、以下の項目に関する検討を実施する。

- (1) 情報の整備・管理方針の構築
- (2) データの整備・管理
 - 2014年度までに、廃棄物データ/分析結果（水分析等）を整備した。引き続き分析結果を追加し、廃棄物データを更新する。
- (3) 情報管理ツールの設計・構築
 - 整備したデータを容易に利用できる情報管理ツールを設計する。

3. 国内外の叢智の結集

原子力学会における特別委員会の活動を継続するとともに、OECD/NEAに設置した専門家グループの意見等を受け、今後の活動に反映する。

実施内容(2015及び2016年度)

1. 研究開発成果の統合(処理・処分に関する基本的考え方の提示)

1. 廃棄物ストリームの検討

- (1) 2014年度に性状把握、長期保管、処理及び処分において合理的と考えられる管理・取扱い方法を検討し、合理的な処理・処分を実現できる廃棄物ストリームの原案(複数)を作成した。
- (2) 今後は、研究課題の抽出及び優先度を評価を行うとともに、廃棄物ストリームの詳細化を行う際に、物質収支と放射能収支の関連性を考慮し、その影響の評価を反映する。
- (3) 上記を反映した廃棄物ストリームの更新を行う。

3. 固体廃棄物3： 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発(2/2)

II. 性状把握

1. 分析の計画の検討

2014年度までに分析計画を暫定的に作成し、運用を開始した。今後は廃棄物の発生見込み等を考慮した検討及び分析計画の更新を行い、高線量物の採取方法を検討する。

2. 廃棄物試料の採取・分析

各種試料(瓦礫、水処理二次廃棄物及び土壌等)を採取する。また、サンプル数を増加させ、分析計画を加速化する。B型輸送容器の検討・整備に関する輸送物の評価方法の検討を必要に応じて行う。

3. 廃棄物のインベントリ評価

2014年度までにセシウム吸着装置等の二次廃棄物について検討した。今後はさらに瓦礫、スラリー等を対象に加え、分析値等を元に発生量、インベントリを評価する。また、核種の移動モデルの構築により、解析的にインベントリを推定する手法を構築するとともに、分析結果等を用いて、インベントリデータセットを設定し、また精度の向上を図る。

4. 難測定核種分析の検討

- (1) 2014年度までにZr-93、Mo-93等の化学分離フローを確立した。今後はPd-107等の化学分離フローのマニュアルを作成する。
- (2) キャピラリー電気泳動法等の基礎技術を確立し、装置設計を行う。

III. 廃棄物の処理に関する検討及び長期保管方策の検討

1. 廃棄物の処理に関する検討

(1) 廃棄体化技術調査

2014年度に既存の廃棄物の前処理技術及び廃棄体化技術を調査し、技術カタログとしてまとめた。今後は、廃棄物の性状等を考慮しつつ技術の評価し、絞り込みに向けて不足する情報等を抽出する。

(2) 廃棄体化基礎試験

2014年度までに、AREVA除染装置スラッジ、多核種除去設備(ALPS)スラリーの廃棄体化基礎試験を行った。今後は、高性能多核種除去設備(高性能ALPS)等からの廃棄物を加えて廃棄体化基礎試験を行い、廃棄体化技術の評価に必要なデータを取得する。

(3) 候補技術の絞り込み

廃棄体化技術の調査、基礎試験及び廃棄物の性状や処分方策の検討状況を考慮しながら、処理・廃棄体化技術を絞り込む。

2. 長期保管方策の検討

多核種除去設備の前処理スラリーに関し2014年度までにコールド試験を行った。これらの結果等を踏まえ、安定化する方法を検討・提示する。さらに、セシウム吸着塔の保管に関する検討を進める。また、現地の状況に応じた対策を検討・提示する。

IV. 廃棄物の処分に関する検討

1. 処分概念の特徴整理、調査

2014年度までに個々の処分概念やその安全評価手法(シナリオ等)の特性・違いを整理した。今後は、合理的な処分概念等の採用のため、既存の処分概念、安全評価手法の特性、特徴を把握する。また、安全評価モデルにおいて適用するパラメータ値(生物圏パラメータを含む)を見直し、再設定する。

2. 既存の処分概念に基づいた廃棄物に適した処分概念の検討

- (1) 2014年度までに任意の解析ケースを想定し、それを対象とした処分区分の検討と重要核種の暫定的な設定を行った
- (2) 今後もこれらの検討を繰り返し実施し、廃棄物の処分区分の把握と重要核種の抽出、廃棄物の影響特性、処分システムの応答特性、適切な処分概念・安全評価手法の候補選定に関わる検討を行う。

3. 新たな処分概念等の検討

膨大な量の発生が見込まれ、既存の処分概念をそのまま適用することが難しいと考えられる解体廃棄物等について、新たな処分概念を検討するとともに、その実現性を検討する

目標達成を判断する指標の設定(2015年度/2016年度)

I. 研究開発成果の統合

- ・ 廃棄物ストリームを相互関連事項の影響評価により見直す(2016年度)。
- ・ 事故廃棄物情報管理ツールを設計する。(2016年度)

II. 性状把握

- ・ 試料の分析は2015年には瓦礫、水処理二次廃棄物及び土壌を実施し、2016年には焼却灰に着手する。
- ・ インベントリ評価のためのデータセットを設定する。(2016年度)
- ・ 難測定核種の分析装置の基本設計を行い(2015年度)、化学分離フローの操作マニュアルを作成する。(2016年度)

III. 廃棄物の処理に関する検討及び長期保管方策の検討

- ・ 基礎試験に基づき廃棄体化技術の要件調査を行い(2015年度)、さらに要件を決定する(2016年度)。
- ・ セシウム吸着塔の保管対策の検討を行う(2015年度)とともに、前処理スラリーの安定化ホット試験に向けた検討に着手する(2016年度)。

IV. 廃棄物の処分に関する検討

- ・ 既存処分概念・安全評価手法の候補として、地層処分及び余裕深度処分(2015年度)及び浅地中処分(2016年)について検討を行う。
- ・ 新たな処分概念の構築に向けた課題を抽出(2015年度)し、新たな処分概念候補を抽出する(2016年)。

(目標工程)3-①: 固体廃棄物の処理・処分にに関する研究開発 (1/2)

事項/年度	第1期	第2期			
	2013	2014	2015	2016	2017以降
		(前)	(中)		
主要イベント	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> ▬ : 現場作業 (エンジニアリングを含む) ▬ : 研究開発 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> HP SW-1△ HP SW-1: 固体廃棄物の処理・処分にに関する基本的な考え方の取りまとめ </div> </div>				
I. 研究開発成果の統合					
1. 廃棄物ストリームの検討 (1) 廃棄物ストリームの検討・影響評価	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 20%;">原案作成</div> <div style="width: 20%;">影響評価</div> <div style="width: 20%;">見直し</div> <div style="width: 20%;">取りまとめ</div> </div>				
2. 事故廃棄物情報管理ツールの開発 3. 国内外の叢智の結集	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 20%;">データの整備・公開</div> <div style="width: 20%;">方針作成、情報の連携、整合の調整</div> <div style="width: 20%;">データの追加・更新、ツールの設計</div> <div style="width: 20%;">ツールの試運用</div> </div>				
II. 性状把握					
1. 分析計画の検討	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 20%;">暫定版作成・運用</div> <div style="width: 20%;">計画立案</div> <div style="width: 20%;">更新</div> <div style="width: 20%;">更新</div> </div>				
2. 廃棄物試料の分析 (1) 試料の採取・分析 (2) 輸送容器の検討	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 20%;">立木、汚染水</div> <div style="width: 20%;">瓦礫、ALPS</div> <div style="width: 20%;">瓦礫、ALPS、土壌</div> <div style="width: 20%;">瓦礫、ALPS、灰</div> <div style="width: 20%;">瓦礫、ALPS など</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="width: 20%;">仕様検討</div> <div style="width: 20%;">安全解析</div> <div style="width: 20%;">設計・申請</div> </div>				
3. インベントリ評価 (1) 分析結果等に基づく評価検討 (2) 解析的手法に基づく評価検討	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 20%;">予備検討</div> <div style="width: 20%;">水処理二次廃棄物・瓦礫・伐採木・土壌に対する評価手法開発</div> <div style="width: 20%;">不確実性評価</div> <div style="width: 20%;">データセット設定</div> <div style="width: 20%;">推定確度向上</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="width: 20%;">モデル構築</div> <div style="width: 20%;">データセット設定</div> <div style="width: 20%;">取りまとめ</div> </div>				
4. 難測定核種分析の検討 (1) 化学分離フローの検討 (2) 分析技術の開発	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 20%;">条件検討</div> <div style="width: 20%;">化学分離フローの検討、実証、操作マニュアル作成</div> <div style="width: 20%;">実証試験</div> <div style="width: 20%;">分析装置設計</div> </div>				

(目標工程)3-①: 固体廃棄物の処理・処分にに関する研究開発 (2/2)

事項/年度	第1期	第2期			
	2013	2014	2015	2016	2017以降
		(前)			(中) HP SW-1△
Ⅲ. 廃棄物の処理及び長期保管方策の検討					
1. 廃棄物の処理に関する検討	情報収集	カタログ作成	カタログ拡充等・要件決定		
(1) 廃棄体化技術調査	スラッジ等	ALPS スラリー	高性能 ALPS 等	焼却灰等	絞り込み
(2) 廃棄体化基礎試験・技術絞り込み					
2. 長期保管方法の検討	保 管				
水処理二次廃棄物の保管					
(1) 多核種除去設備の前処理スラリー	技術調査	コールド試験	試験方法・装置改良	ホット試験に向けた検討	
(2) セシウム吸着塔の保管に関する検討	健全性評価		対策検討	↑	必要に応じて対策実施
Ⅳ. 廃棄物の処分にに関する検討					
1. 処分概念の特徴整理、調査	手法調査	特性把握	特性把握の見直し	特性把握の見直し	取りまとめ
(1) 既存の処分概念・安全評価手法の把握		暫定的設定	見直しと設定	見直しと設定	取りまとめ
(2) 安全評価モデルに適用するパラメータ値の設定					
2. 既存の処分概念に基づいた廃棄物に適した処分概念の検討	予備評価	区分と重要核種の暫定設定	区分と重要核種の設定	見直しと設定	取りまとめ
(1) 事故廃棄物の処分区分の把握					
(2) 適切な処分概念・安全評価手法の候補選定			地層処分、余裕深度	浅地中	取りまとめ
3. 新たな処分概念の検討					
(1) 解体廃棄物の処分区分の検討	適用性検討				
(2) 新たな処分概念の検討		課題・解決策提示		処分概念候補抽出	取りまとめ

(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 (平成27年2月末時点における進捗状況)

湿式保管時のSFP燃料健全性評価対象箇所(図1)を考慮して、1Fの環境を模擬した腐食試験や海水成分の移行挙動等の試験を行い、健全性評価に資する知見を得るとともに、4号機から移送した燃料集合体の状態調査を実施した。乾式保管時の燃料健全性評価に関しては被覆管材料内の水素化物析出挙動や瓦礫に含まれる水分の影響に関する試験を実施した。

実施内容及び成果

1. 長期健全性評価のための試験条件検討
共用プールへ移送した燃料部材の輸送計画、材料試験マトリックス、試験要領を含む試験計画を策定した。
2. 長期健全性評価技術開発
燃料部材を模擬した試験片を用いて、瓦礫や応力等の腐食への影響を評価するための腐食試験及び強度試験を実施し、評価対象箇所のねじ部や被覆管において、健全性に影響を与えるような腐食や強度劣化はないことを確認した(図2)。
3. 共用プール保管燃料の状態調査
4号機から移送した燃料集合体の外観観察や被覆管酸化膜厚さ測定等を実施した。調査した使用済燃料において異常な腐食は認められなかった(図3)。
4. 乾式保管時の燃料健全性に関する評価
被覆管材料内の水素化物析出挙動や瓦礫に含まれる水分が乾式保管時の燃料集合体健全性に与える影響について評価した。
5. 海水成分の燃料部材への移行挙動評価
クラッドや被覆管酸化皮膜等への海水成分移行挙動を評価した。
6. 放射線下における海水及び瓦礫由来成分の腐食への影響評価
ジルカロイとステンレス鋼を組合せた試験片を用い、 γ 線環境下での電気化学試験及び腐食試験を実施した(図4)。

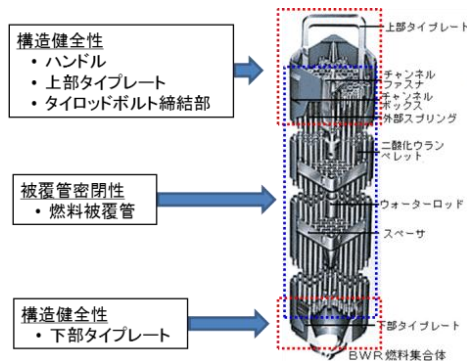


図1 1FSFP取出し燃料集合体の湿式保管時の長期健全性評価項目

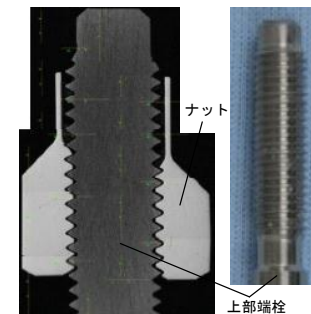


図2 腐食試験後のロックナット等外観



図3 4号機使用済燃料上部タイブレート締結部の外観

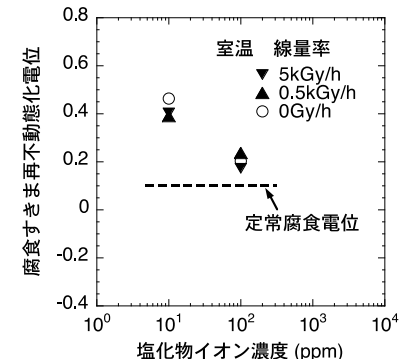


図4 希釈人工海水中での腐食すきま再不動電位と塩化物イオン濃度の関係

課題及び今後の方向性 湿式保管時の健全性評価として実機部材を用いた評価を検討するとともに、乾式保管時の燃料集合体健全性評価について、国内の当該基準の評価項目に対して検討を行う方針

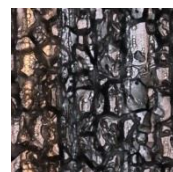
(1-2) 使用済燃料プールから取り出した損傷燃料等の処理方法の検討 (平成27年2月末時点における進捗状況)

再処理が可能か否かを判断するための指標を整備することを目的として、国内再処理施設（TRP、RRP）を例に、不純物による再処理機器への腐食影響評価、不純物の工程内挙動評価、不純物の廃棄体への影響評価に関する試験等を実施するとともに、新たな研究要素の有無を確認・整理した。

実施内容及び成果

1. 不純物による再処理機器への腐食影響評価

高レベル廃液濃縮缶及び高レベル廃液貯槽を対象とし、FP成分を考慮した模擬液を用いた腐食試験（浸漬試験・電気化学試験）を実施し、不純物成分の腐食影響を評価した。その結果、全ての条件において腐食形態は粒界部の腐食が優先した全面腐食であり、孔食は見られなかった（図1）。また、不純物（Cl⁻）濃度の増加とともに腐食速度の低下が確認された（図2）。



(1) RRP模擬液単体



(2) RRP模擬液+人工海水 (Cl⁻20g/L)

観察倍率：50倍 (258×257μm)

図1 高レベル廃液貯槽材料の浸漬試験片の表面観察結果

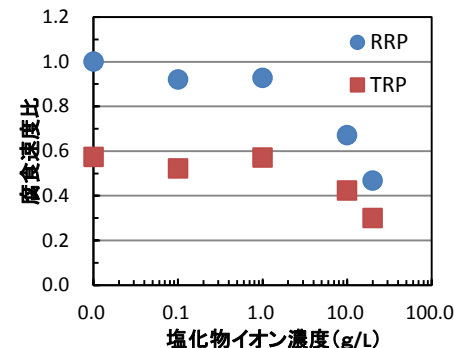
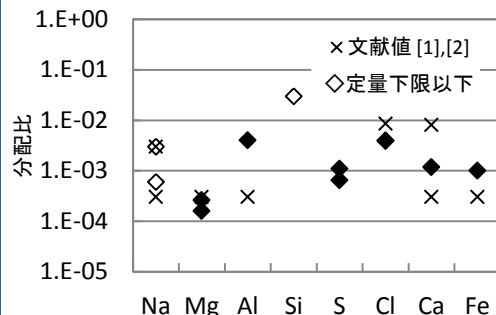


図2 高レベル廃液貯槽材料の腐食速度
(腐食速度比：不純物を含まないRRP模擬液の腐食速度を1とする)

2. 不純物の工程内挙動評価

FP共存条件で不純物の抽出操作を行い、FPが不純物の抽出に与える影響を確認した。また、U・Puの抽出を阻害する可能性のある陰イオン（Cl⁻、SO₄²⁻）共存条件でU・Puの抽出操作を行い、U・Pu抽出に与える陰イオンの影響を確認した。その結果、不純物の分配比は10⁻²~10⁻³オーダーと低いこと（図3）、U・Puの分配比は陰イオンの影響を受けないことを確認した。



[1]Data of Inorganic Solvent Extraction (1) JAERI1047
[2]PUREX Technical Manual (1980)

図3 FP共存条件での不純物成分の分配比



標準濃度 標準濃度×10 標準濃度×100
(寸法：φ約50×L約50mm)

図4 ガラス試験片の均質性評価
(目視観察)

3. 不純物の廃棄体への影響評価

標準廃液組成に不純物（海水、モルタル）の主要な成分を添加した粉末試料（不純物濃度：標準、10倍、100倍）を用いてガラス試験片を作製し、均質性評価等を実施した。その結果、全ての条件において相分離物の析出はなくガラス化していることを確認した（図4）。

4. その他の影響の抽出及び整理

再処理施設における損傷燃料の処理時の影響を網羅的に抽出し、必要な研究要素の有無を整理した。また、今年度までの研究・検討で得られた知見を取りまとめた。

課題及び今後の方向性

損傷燃料等の化学処理工程等への影響評価については、不純物の工程内挙動評価試験を前倒しできたこと等を踏まえH26年度迄の成果をもって終了することとなった。損傷燃料等のハンドリング等に係る検討の要否は、3号機使用済燃料の取り出しにおける燃料状態の確認結果等を踏まえて判断される。

(2-①) 原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発 (平成27年2月末時点における進捗状況)

原子炉建屋内1階高所エリアを除染するための除染装置の開発及び上部階（2階～3階）を除染するための除染装置の開発を実施。高所用除染装置は、平成25年度に製作した除染装置の改良を行い、工場モックアップでの実証試験を完了予定。上部階除染装置は平成27年度の完成を目途に装置製作中。また地下階の除染についてはドライアップ時の対策について概念検討を実施した。

実施内容及び成果

1. 高所用除染装置の開発

(1) 除染装置の改良

平成25年度に製作した高所用除染装置（図1：高圧水ジェット除染装置、ドライアイスプラスト除染装置、吸引・プラスト除染装置）の改良を実施した。

(2) 除染装置の実証試験

工場モックアップ試験設備（図2）を製作し、実証試験を実施予定。実証試験では除染性能、遠隔での走行性・操作性、安全機能など原子炉建屋内で使用するために必要となる性能を確認し、適用性評価を行う。

2. 上部階用除染装置の開発

平成25年度に検討した上部階へのアクセス方法、装置設計に基づき、装置の製作を実施中（平成27年度に製作完了予定）。また、平成27年度に実施予定の実証試験に向けた計画を実施中。

3. 地下階除染の概念検討

滞留水浸漬部をドライアップした後の対策についてのシナリオ検討および技術調査（新規技術の開発要否の検討）を行った。ダスト対策については、既存技術で対応できることを確認。地下階除染については既存技術で実施できる除染方法を検討。新規技術の開発要否については引き続き検討が必要。

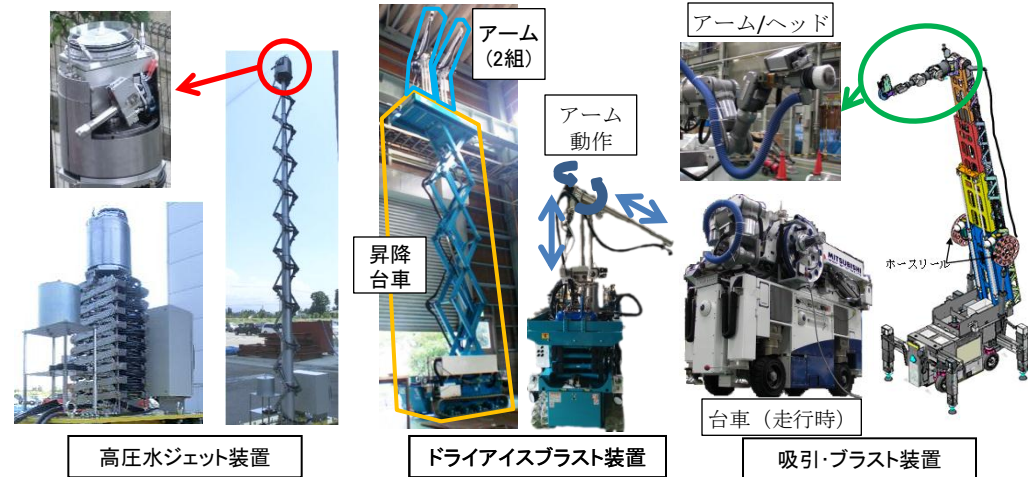


図1 H26年度に改良を実施した高所用除染装置

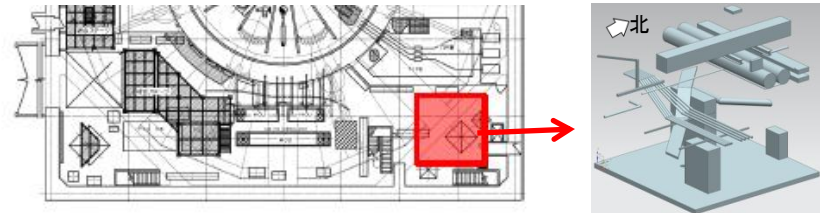


図2 実機を模擬したモックアップ設備のイメージ

課題及び今後の方向性

- 高所用除染装置は実証試験での課題抽出、対応と実機投入
- 上部階用除染装置は装置完成と実証試験の実施
- 地下階除染については新規技術の開発要否について引き続き検討

(2-②-1) 格納容器水張りに向けた補修(止水)技術の開発 (平成27年2月末時点における進捗状況)

・補修(止水)：一部試験の実施(ベント管内埋設による止水技術)と、来年度実施の試験に向けての計画立案を実施中。

実施内容及び成果

格納容器補修(止水)技術の開発

1. サプレッションチェンバー(S/C)脚部の補強技術
使用する止水材料について流動性と強度を両立するよう昨年度の開発品の改良を実施中。また、流動性試験等計画。(図1)
2. 循環冷却システムの検討
取水点について検討し候補を選定中。また、課題を抽出中。
3. 原子炉格納容器(PCV)の止水技術
 - ・ベント管止水の止水材及び閉止補助材の試験を実施中。サプレッションチェンバ内埋設止水材の試験計画を立案中。(図2)(図3)
 - ・ダウンカマ止水の実現性を検討。(図4)
4. 真空破壊ライン埋設による止水技術
閉止補助材である、布パッカーと、シリコン系材料による止水工法の試験計画を立案し、試験を実施中。
フレキシブルタイプのガイドパイプの開発を実施中。(図5)
5. シール部の止水技術/配管ベローズの止水技術
機器ハッチのモルタルによる止水工法の検討を進めていたが、他の止水対象部位も含め、より漏えい量の少ない工法について検討中。
6. 接続配管のバウンダリ構築技術
トラス室内のドライウェル接続配管(原子炉格納容器接続配管隔離弁)の止水工法概念を検討し、試験計画を立案中。
7. D/Wシールの補修技術
損傷事象の想定による対象部位の想定を実施中。
8. PCV水張りまでの計画の策定
冠水時のシステム概念をもとに、水張りまでの作業ステップを検討中。

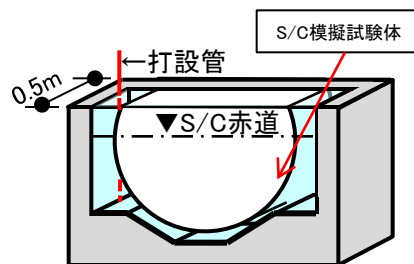


図1 S/C脚部補強打ち上がり性状確認試験イメージ



図2 ベント管止水用止水材試験状況



図3 ベント管止水用閉止補助材試験状況

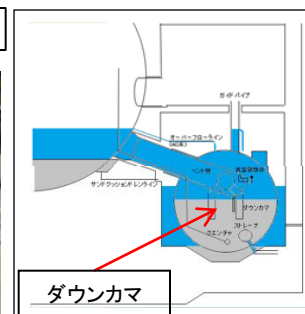


図4 ダウンカマ止水イメージ

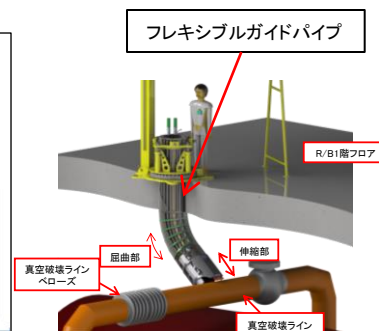


図5 真空破壊ライン止水工法(フレキシブルガイドパイプの概念図)

課題及び今後の方向性

水張り水位等を含めた補修の全体シナリオについて、他プロジェクトと連携・協議を行い技術開発装置の設計に反映することが必要。

(2-②-2) 原子炉格納容器漏えい箇所への補修・止水技術の実規模試験 (平成27年2月末時点における進捗状況)

実規模試験関連としては、実規模試験に必要な原子炉格納容器(PCV)下部を模擬した試験体や試験設備について、試験の要求仕様を取りまとめ、試験体、給排水設備等の詳細設計に着手した。モックアップ試験施設側の設備の整備及び維持管理に関する検討を終えた。また、遠隔操作機器の機能及び操作者の技能に関する検証システムの調査を完了した。

実施内容及び成果

1. PCV下部の補修・止水のための機器・装置等の実規模試験等

① PCV下部の補修・止水のための機器・装置等の実規模試験

試験設備の仕様を確定するために、試験設備の設計に補修・止水技術開発事業の意見取りまとめを実施。

② 作業手順の検討、作業者の操作訓練のためのデータ等の作成

VR(バーチャルリアリティ)システムに取り込む遠隔操作機器(マニプレータ)に係るデータについて、遠隔装置の開発側(データ提供側)を交え、必要なデータの範囲、利用方法等について検討を開始。

2. 実規模試験に必要な試験体や設備等についての検討、維持管理等

① 実規模試験体の設計・製作

福島第一原子力発電所2号機のPCV下部(サプレッションチャンバ、ベント管(ベローズを除く)、ベントヘッダ、ダウンカム、トラス室壁面)を模擬した1/8セクタの実規模モデルの詳細設計に着手。

② 給排水設備、濁水処理設備等の必要な設備等の検討・設計・製作・設置

実規模試験に必要な以下設備について製作に向けた仕様のとりまとめを行い詳細設計に着手。

○昇温・給水設備、○濁水処理設備、○作業フロア、○試験体移動レール

③ 給排水設備等の運転

運転・点検マニュアル作成に必要な情報の収集、モックアップ試験施設の建設工事との工程調整を実施中。

3. モックアップ施設側に必要な設備等の検討、維持管理等

① モックアップ試験施設側の整備及び維持管理に関する検討

試験施設と給排水設備の配管・電源等の取合い条件、ユーティリティ供給容量の検討及びモックアップ試験施設側で準備する環境模擬体(現場環境を模擬した水槽、階段など)の仕様検討(現場状況の反映等)を終えた。

② 遠隔操作機器の機能と操作者の技能を検証するシステムに関する調査

国内外の機関における遠隔操作機器の機能及び操作者の技能に関する検証システムの調査を完了した。

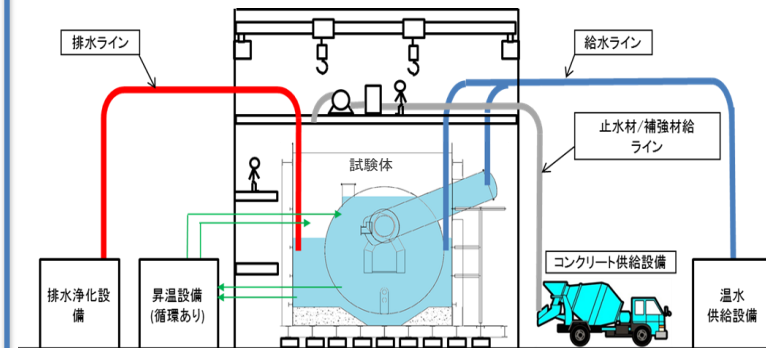


図 実規模試験設備の概念検討図

課題及び今後の方向性

実規模試験実施に向けて、補修・止水技術開発事業と並行して試験設備の設計、製作及び設置をモックアップ試験施設の建設工事と調整を図りつつ、継続して行っていく。

試験設備完成後の実規模試験では、その結果について福島第一原子力発電所2号機への適合性を評価するとともに、現場で作業する作業員への訓練にも適用し、冠水工法の実現に向けてPCVの漏えい箇所を対象とした補修・止水技術の確立と実現を目指す。

(2-③-1) 原子炉格納容器内部調査技術の開発 (平成27年2月末時点における進捗状況)

- ・ ペDESTAL内/外へアクセスする技術の中で、平成24年度から開発を継続してきたA2調査装置及びB1調査装置については、工場での検証試験を完了し、装置の改造を実施中。同様に平成24年度から開発を継続してきた遮へいブロック取外し技術（A2調査と同時期に実証）についても、工場での検証試験を完了し、装置の改善を実施中。いずれも平成27年度上期での実証試験を調整中。
- ・ ペDESTAL内外の更なる調査に向けたアクセス装置及び計測装置については、検討及び要素試作/試験を実施中。

実施内容及び成果

1. ペDESTAL内へアクセスする技術（2号機）

これまでのA2調査(ペDESTAL内部プラットフォーム上状況調査)検討結果及び有識者より頂いたアドバイスに基づき改良課題を再抽出。その課題に対する対策を検討し、要素試験等により、その効果を確認し装置改良を実施中。(改良例：転倒時の自力起き上がり能力追加、霧環境下での視認性向上、等)

2. 遮へいブロックを取外す技術（2号機）

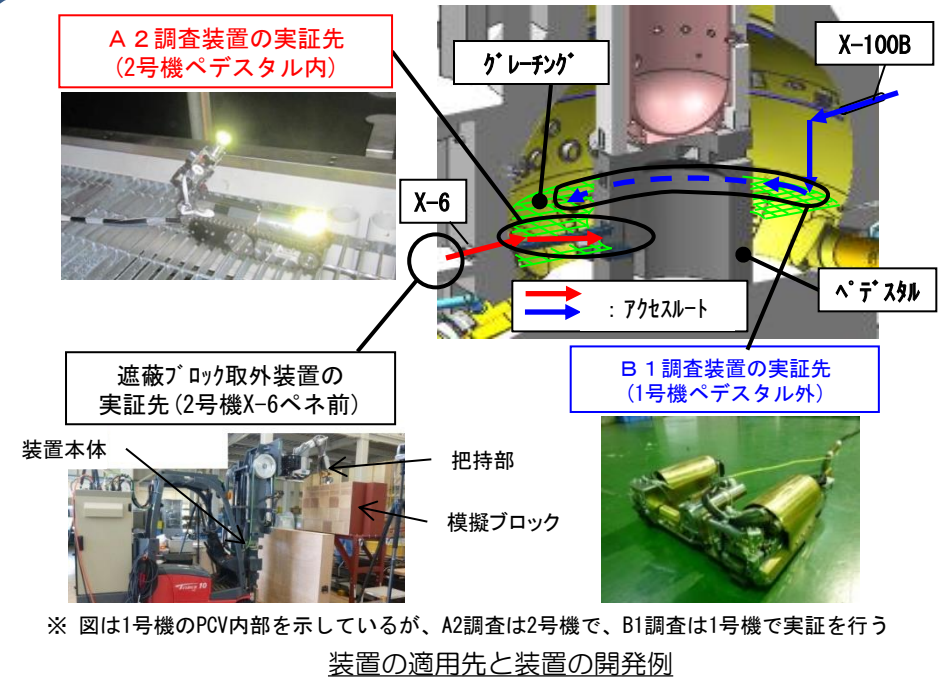
これまでの現場調査結果及び機能検証試験を踏まえた装置改善を実施中。(改良例：想定ブロック重量増加に伴う把持能力の向上、ブロック背面の鉄板取外しツールの追加、等)

3. ペDESTAL外へアクセスする技術（1号機）

B1調査(ペDESTAL外1階グレーチング上調査)の検証試験結果に基づいて装置の改善を完了し、操作技術確認試験等 実証試験の準備を実施中。(改善例：カメラ照明角度変更による霧環境での視認性向上、等)

4. 燃料デブリ形状計測技術

これまでの要素試験結果に基づき、装置詳細仕様の検討と実運用に向けた要素試験の準備を実施中。



課題及び今後の方向性

- ・ 平成27年上期で実施調整中の1号機(B1調査)及び2号機(A2調査)の実証試験に向けて最終的な準備を行う。
- ・ 上記実証試験の結果を次期装置等の開発へフィードバックするとともに、得られた情報を他プロジェクトにインプットする。

(2-③-2) 原子炉圧力容器内部調査技術の開発 (平成27年2月末現在における進捗状況)

燃料デブリ取り出しプロジェクト（以下「PJ」）等の関連PJや、現場からの原子炉圧力容器（以下「RPV」）内部調査に対するニーズと調査の実現可能性評価を加え、整理した。また、平成25年度に立案した計画に基づき、早期にRPV内部にアクセスするために、配管等の既存ルート／穴開け等による新規ルートからのアクセス技術、および調査技術の基本設計・要素試験を実施した。

実施内容及び成果

1. RPV内部調査計画の立案

- IRID事業の関連PJ、および現場（東京電力）から調査ニーズ（燃料デブリのサンプリングを含む）を収集し、調査対象部位、調査項目、必要時期、調査の必要性等を整理した。
- 関連PJからは、主に研究開発推進の観点からの調査ニーズが挙げられた。
- 現場からは、燃料デブリ取り出し工法選定、工法確定、および機器設計の各マイルストーンに向けた調査のニーズが挙げられた。
- サンプリングに関する目的及び位置づけを整理し、他の関連する取組みとも調整して役割分担を明確化した。

2. 調査方法の検討及び調査装置の開発計画の立案

- RPV内部調査に適用可能な技術を公募し、実現可能性検討を実施中。
 - (1) 調査装置の搬送技術（小口径配管の搬送技術）
 - (2) 調査支援技術（高線量下での無線通信技術）

3. 調査機器・装置の開発

- 既存の大口径配管を利用する調査装置の要素試作・試験を実施した。本年度は、走行（水平・垂直・エルボ、異径管の通過）、把持（位置・姿勢の保持）、分岐（T字分岐の通過、方向制御）に対するアクセス性を検証した。
- 最大1000Gy/hの環境を想定し、水圧式および電動式の移動機構を検討した（図1）（図2）。
- 穴開けによりRPV内部へアクセスするために、遠隔での穴開け加工の実現性について、要素試験を実施した（図3）。

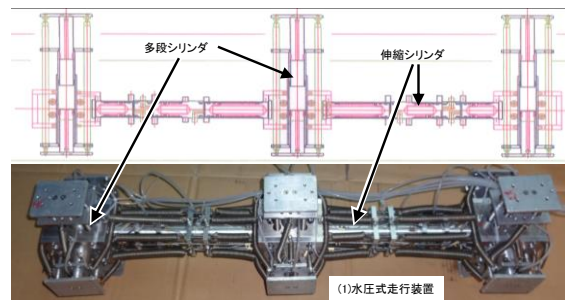


図1 水圧式走行装置

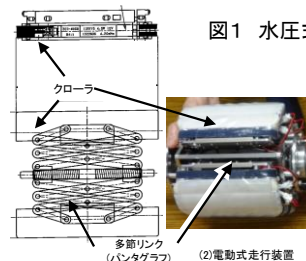


図2 電動式走行装置

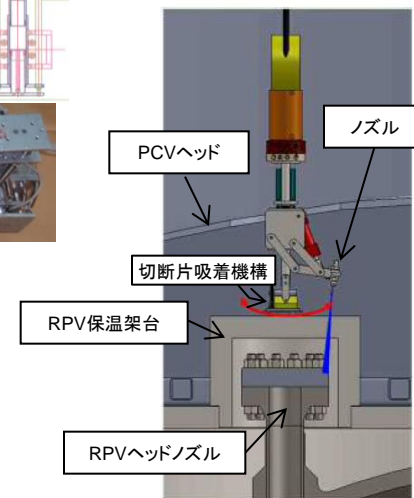


図3 RPV保温材切断概略イメージ図

課題及び今後の方向性

- 今後、現場では使用済燃料取り出し関連工事の進捗がオペレーションフロアにおける作業工程を左右する。同作業の大変さと穴開けによるRPV内部調査の効果を十分に評価した上で実施要否を決める必要がある。
- 既存の配管を利用する調査は、技術開発の他に除染等の現場の環境改善も課題である。また、調査により得られる効果を十分に評価した上で実施要否を決める必要がある。

(2-③-3) 過酷事故解析コードを活用した炉内状況把握 (平成27年2月末時点における進捗状況)

海外機関との協力等により国内外の叡智を結集し、燃料デブリの位置等の炉内状況を推察する事故進展解析技術の解析精度の向上を実現した。また、高度化した事故進展解析技術の成果を活用し、現場のオペレーションから得られる新たな情報も踏まえ、圧力容器内、格納容器内に分布すると想定される燃料デブリの存在位置、存在量及び組成等を推定した。

実施内容及び成果

1. PIRTの改訂 (原子力学会と連携)

平成25年度までに作成したPIRTをMAAP5.03の感度解析に基づき評価し、重要度ランクを再設定した。

2. MAAPコードの改良と事故解析

平成25年度改良コードの課題の分析に基づき、RPV内熱水力・炉心溶融物挙動、RPV下部プレナム内炉心溶融物挙動及びRPV損傷、PCV内熱水力・炉心溶融物挙動のモデルの高度化を実施し、1F事故進展解析を実施中である。図1にモデルの改良、図2に1号機のデブリ量分布を示す。

3. SAMPSONコードの改良と事故解析

圧力容器の下部を含めたデブリ分散状況の推定精度を向上させるため、圧力容器底部破損モデル、PCV内熱水力モデル等の改良を実施し、1F事故進展解析を実施した。図2に1号機のデブリ量分布を示す。

4. 炉内及び格納容器内の状況に関する分析・評価

デブリ拡がりに関する熱流動解析、MCCIモデルの高度化等を実施した。図3にMCCIモデルの検証例を示す。

5. 炉内状況把握に関する国際連携

OECD/NEA BSAF Phase-1を取り纏め、またPhase-2を開始した。1号機はデブリの大部分が格納容器床上に流出していると推定。2号機は圧力容器内にデブリが留まっていると推定。3号機はHPCIの注水流量の想定によって結果が異なる。図2に1号機のBSAF参加機関の評価結果を示す。

6. シビアアクシデントの炉内状況を模擬した試験等

海水の熱伝達試験(海水が熱伝達、圧損に与える影響評価：例として図4に被覆管表面温度に相当する壁面温度と流体温度の差を示す。)、溶融燃料落下挙動試験(デブリ落下、微粒化に対するRPV下部プレナム構造物の影響の確認)を実施し、基本モデルを構築した。圧力容器貫通管溶融破損試験用の試験体2体を製作し、実デブリを溶融させる予備試験を実施した。

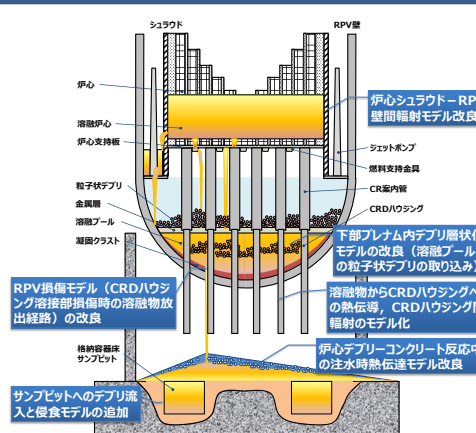


図1 MAAP解析モデルの改良

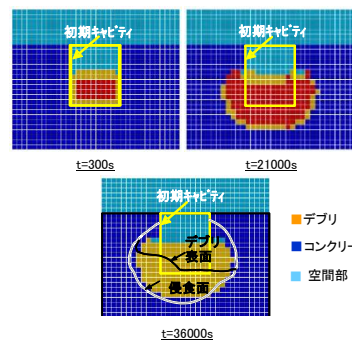
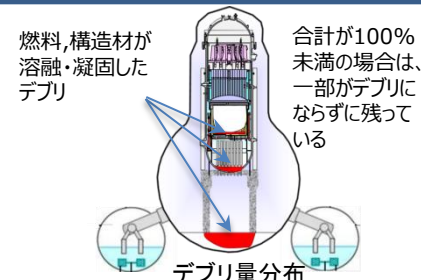


図3 ピット部の侵食挙動評価例



デブリ量分布

	炉心(%)	RPV底部(%)	PCV(%)
MAAP(注1)	0	0	100
SAMPSON	0	0	100
BSAF(9機関)	0~2	0~5	70~100

図2 1号機の炉内状況推定結果(注2)

(注1)現在解析実施中であり、暫定値
(注2)事故前に炉心部に存在した全構造物重量に対する比

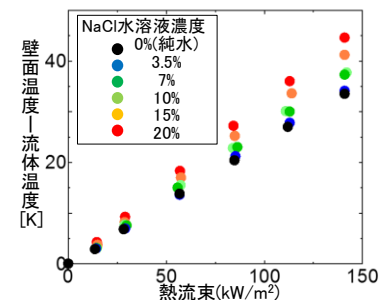


図4 塩化ナトリウム水を用いた壁面と流体の温度差の結果

課題及び今後の方向性

過酷事故解析コードの高度化を更に進めて、燃料デブリ位置及び核分裂生成核種移行の推定等の評価精度向上を図り、実機から得られるデータ等を用いて炉内状況の総合的な分析・評価を行い、号機毎の燃料デブリ取り出し工法の確定や実施に資する。

(2-③-4) 原子炉内燃料デブリ検知技術の開発 (平成27年2月末時点における進捗状況)

概要 燃料デブリ取り出し工法の成立性判断に資する炉内の燃料デブリの分布を推定するために、高放射線場である1F-1においてミュオン透過法による測定と、更に1F-2向けに散乱法による7m×7mの有感面積を有する大型のミュオン軌跡検出器の製作を完了した。

実施内容及び成果

1. 小規模実証試験の実施（透過法：識別能力1m程度）

- 1F-1設置位置の高線量（0.4mSv/h）で動作する3層の同時計数を行う測定系と遮蔽システムを構築し、測定を開始（図1）。
- シミュレーションにより測定性能を評価（図2）。

2. 検出器システムの設計・製作（散乱法：識別能力30cm程度）

(1) 検出器システムの設計・製作の実施

- 7m長のドリフト検出器及び測定回路の製作を完了。目標の時間分解能2ns以下（=位置分解能0.1mm以下）、角度分解能5mrad以下の処理性能を確認（図3）。

(2) 検出器で収集するデータ処理の実施

- ミュオンエネルギー分布の校正データの取得完了、及びシミュレーションによる周辺構造物の影響等の評価完了（図4）。

(3) システム評価の実施

- 7m×7mの有感面積を有する2個の検出器を上下に組み合わせたミュオン軌跡検出システムを構築（図5）。

(4) 高放射線環境下での耐性確認試験の実施

- 1m×1mの有感面積を有する小型のミュオン軌跡検出システムを構築完了。（2月中に放射線照射試験を実施予定。）



図1 1F-1設置の透過法測定装置

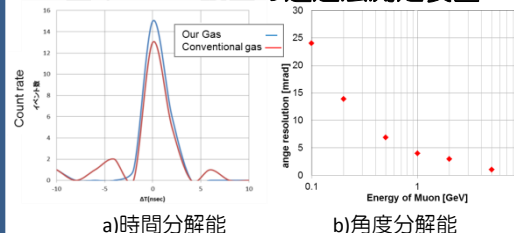


図3 回路システムの性能評価結果

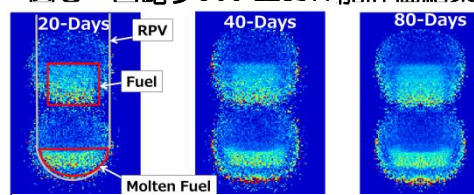
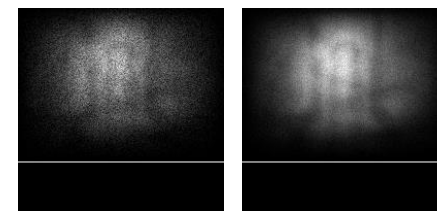


図4 散乱法シミュレーション結果



10日測定 60日測定
図2 透過法シミュレーション結果



図5 散乱法ミュオン軌跡検出器のシステム試験の組み立て状況

課題及び今後の方向性

- 透過法の1号機での測定の拡充、散乱法の2号機への適用とともに、現場作業として3号機への展開等を検討
- 処理アルゴリズム・測定手法の改良による視野範囲の拡大、測定時間の短縮と分解能の向上による提供情報の詳細化検討

(2-③-5) サプレッションチェンバー等に堆積した放射性物質の非破壊検知技術の開発 (平成27年2月末時点における進捗状況)

平成26年度主要目標

サプレッションチェンバー（以下、「S/C」とする）の補修（止水）作業に必要な放射性物質の情報（放射性物質除去の要否等）を提供するために、S/C等に存在する可能性のある放射性物質について、堆積状況の推定および計測手法開発を行う。

平成26年度の実施内容及び成果

1. 開発計画の策定

放射性物質検知までに必要となる可能性のある開発・作業項目を抽出し（主要なものを表1に示す）、開発計画を策定した。

2. 放射性物質の移動シナリオ

放射性物質のS/Cおよびトラス室への移動シナリオを検討した(表2)。検討の結果、許容量を上回る放射性物質が流入する可能性は低いと考えられるが、相対的に放射性物質が堆積する可能性が高いS/C底部およびサンドクッションドレン管排出口付近を測定することで、許容量を上回る放射性物質が無いことを確認できる。

3. 止水材などへの放射性物質の影響評価

放射性物質が残存した場合の影響要因の中から、最も少ない堆積量で影響が懸念される項目は、止水材中の発熱によりセメントが劣化する80℃に温度上昇する項目であり、その際のウラン重量は保守的評価で約13kg以上となった。よって、非破壊測定で検知すべきウラン重量として10kgを選定した。

4. 放射性物質の検知技術の開発

(1) 放射性物質の核種組成と放射線分布評価

燃料由来核種(測定対象核種(Cm-244, Eu-154等)、バックグラウンド核種および遮蔽材核種)をORIGENコードにより評価した。燃料由来核種と構造材との混在比率は、MAAPコードの解析結果を基に設定した。S/C、トラス室等の1/16を模擬した3次元体系とし、S/C底部周辺の中性子束及びγ線束を評価した(図2)。

(2) バックグラウンド放射線の評価

滞留水におけるγ線バックグラウンド(Cs-134, Cs-137)の評価を実施した(図3)。

(3) 放射性物質を検知する最適手法の選定

許容バックグラウンド量や感度等から最適な検出器としてB-10(中性子)、CdTe(γ線)を選定し、(1)および(2)の放射線場における応答を評価した。

(4) S/C内の堆積量の推定方法の検討

放射性物質の堆積可能性のある位置の周辺を測定して得られた測定値と(1)の解析から設定したしきい値(ウラン重量10kg相当)の比較から許容量を上回る放射性物質の有無を判断する。

表1 開発・作業項目

No.	内容
1	測定システム的设计・製作
2	アクセス装置的设计・製作
3	組み合せ性能試験
4	穿孔装置的设计製作
5	実証試験
6	非破壊検知工事

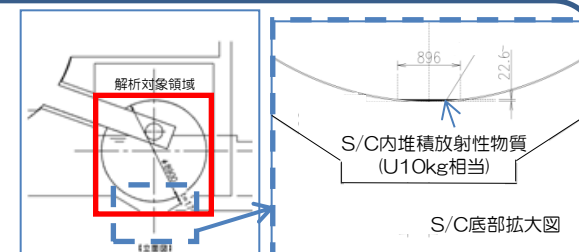


図1 計算体系

表2 相対的に可能性の高い放射性物質流入シナリオ

形態	S/C	トラス室
溶融放射性物質	ドライウェルの放射性物質がS/Cベント管入口に達し、S/Cに流入する。	ドライウェルの放射性物質がPCVシェルおよびサンドクッションを侵食し、ドレン管を通じて流入する。
粉状放射性物質	冷却水の注水などにより生じた流れによって移動し、S/Cベント管を通じて流入する。	冷却水の注水などにより生じた流れによって移動し、サンドクッションドレン管を通じて流入する。
エアロゾル	気体の流れによって移動し、SR配管やS/Cベント管などを通じて流入する。	気体の流れによって移動し、S/Cを経由し破損した真空破壊ラインなどを通じて流入する。

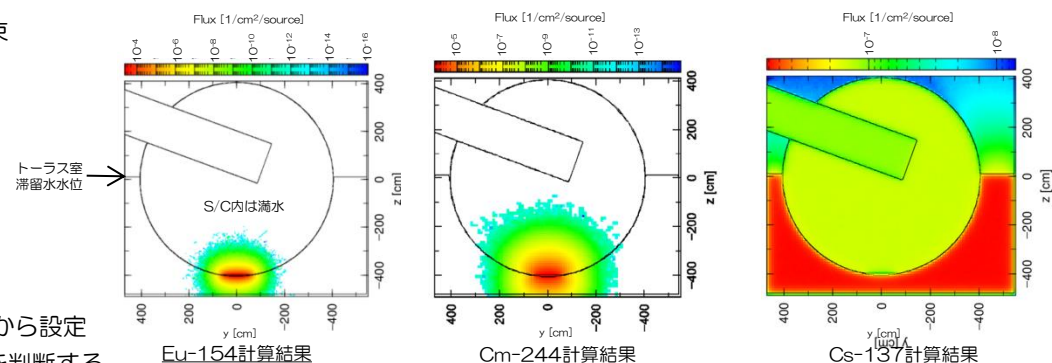


図2 S/C周辺の燃料由来放射線分布(1号機)

図3 バックグラウンド(1号機)

(2-④-1) 燃料デブリ・炉内構造物の取出技術の開発 (平成27年2月末時点における進捗状況)

プラントデータや他プロジェクト開発成果の整理を行うと共に、燃料デブリ・炉内構造物の取出し工法を12種類に分類し代表3工法について課題を抽出し整理した。それらの結果を元に、プラント毎に工法の適用判断を行うための項目を整理した。また、抽出した課題に対する対応策の開発計画を策定すると共に、燃料デブリ取出しに必要な技術について要素試験を実施した。

実施内容及び成果

1. 燃料デブリ・炉内構造物の取出工法を決定するための条件
 - ・プラントデータや他プロジェクト開発成果の整理を行い、燃料デブリ取出しに必要な情報を整理した。
2. 取出工法の確定に向けた計画の策定(右欄に策定の概要を示す)
 - ・燃料デブリ取出し工法を12種類に分類し、実現性が高いと考えられる代表3工法について課題の抽出と整理を実施した。
 - ・各プラント毎に工法を採用する際の判断項目を示し、情報整理の結果からそれらの判断項目に対する対応状況について整理した。
3. 既存技術の調査
 - ・技術カタログ、海外技術、他技術分野の技術調査を行い、燃料デブリ取出し作業への適用可能な技術を抽出した。
4. 関連する要素技術や装置の開発計画等の策定
 - ・2項で抽出した課題に対する対応策を示し、開発計画を策定した。
 - ・燃料デブリ取出しに必要な要素試験として、以下の試験を実施した。
 - (1) 燃料デブリ・炉内構造物の回収を想定した切断評価試験
 - (2) 切断評価試験等に使用するための燃料デブリを想定した模擬試験体の試作
 - (3) 遠隔作業を想定したアクセス装置の位置制御特性評価試験
 - (4) 汚染拡大防止を目的とした隔離用シートの素材選定と取扱試験
 - (5) 高線量下での補助作業などを実施するための遠隔作業用アームの試作および動作試験

重要課題の抽出

- ・代表3工法の作業ステップ毎に課題とリスクを抽出
- ・抽出した課題の軽重分類と対策案を検討し、共通課題を整理
- ・重要課題と開発の進め方を提示

作業ステップ

1. 作業開始前状況
2. シールドプラグ撤去
3. PCVヘッド撤去
4. 保温材・RPVヘッド撤去
5. ドライヤ/セパレータ撤去
6. 炉心部機器、燃料デブリ撤去
7. 炉底部機器、燃料デブリ撤去
8. RPV底部撤去
9. ペDESTAL内機器/燃料デブリ撤去
10. ペDESTAL外機器、燃料デブリ撤去

6 炉心部機器、燃料デブリ撤去	
遮蔽	・必要遮蔽量の評価 ・遮蔽構造(重量物設置、開閉含む) ・撤出方法/手順の成立性検討
飛散防止	・負圧管理 ・遮蔽体の気密機能 ・動線エリアの隔離
搬出	・回収デブリの臨界防止(収納容器) ・回収デブリの計量管理
装置	・遠隔装置の開発 ・不均質・高硬度対象物の加工装置 ・エアロゾル等二次生成物回収技術 ・耐放射性装置 ・装置/部品の遠隔保守・交換方法 ・非常時の装置回収方法
臨界	・臨界監視モニタの設置 ・中性子吸収材投入設備の設置

課題と開発の進め方

- ①「遮へい」と「飛散防止」は全作業ステップでの共通課題。
⇒モデル等を使用した成立性検討、課題抽出
- ②高線量環境下での遠隔自動化は難度が高い。 ⇒要素技術開発による早期取り組み
- ③モックアップ準備の計画的な推進。
- ④安全の設計方針、設備検討ならびに評価の実施。

課題及び今後の方向性

重要課題である遮へい/汚染拡大防止および遠隔自動を中心に技術開発を実施し、2016年度末に燃料デブリ取出工法(手順)案の提示を目指す。

(2-④-2) 燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発 (平成27年2月末時点における進捗状況)

1F向けの燃料デブリ収納缶開発のための要求条件を設定し、収納缶の設計の考え方や基本的な構造等の設計コンセプトを導出した。

実施内容及び成果

1. 燃料デブリ収納・移送・保管システムの検討

回収した燃料デブリの収納～移送～保管のシナリオとして、デブリの収納（上方からの冠水/非冠水、側面からの非冠水）～移送（湿式、乾式、半乾式）～保管（湿式、乾式、乾式）のシナリオを検討し安全確保、作業の効率、取出し時期等の観点から優先するシナリオを導出した（図1）。

2. 収納缶の設計コンセプトの設定

シナリオで導出した収納～保管の各ステップにおける収納缶及び収納缶を構成する各部位の機能を設定するとともに収納缶が担う機能/収納缶側からの要求事項（収納缶以外の設備が担う機能）を明らかにした（表1）。

3. 安全評価手法等の開発

収納缶コンセプトを具体化するための安全評価の方針を設定し課題を整理するとともに開発計画を策定した。

4. 破損燃料の移送・保管に係る調査

収納・移送・保管シナリオ及び収納缶コンセプトを検討・確立するために必要な未臨界性評価技術、乾燥技術、水素ガス対策技術の調査を行った。

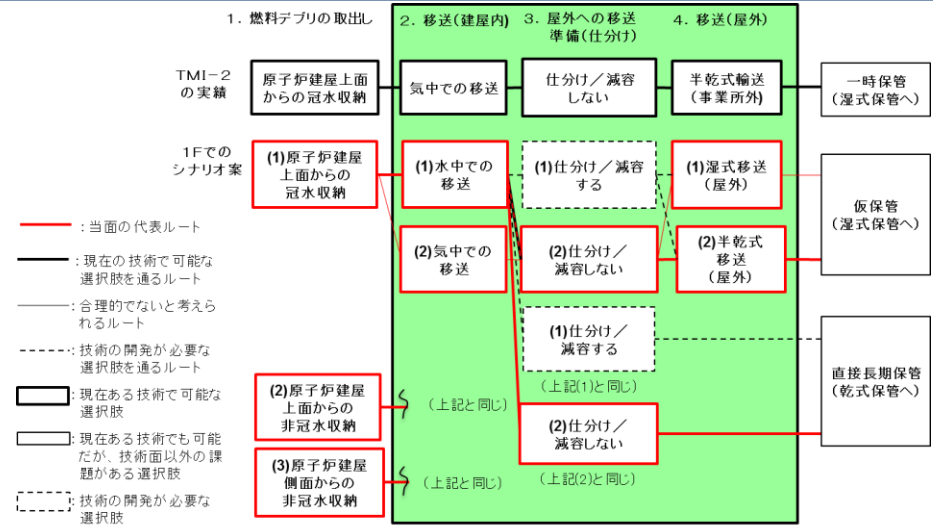


図1 燃料デブリの収納～移送～保管シナリオ

安全機能	収納缶の設計コンセプト
除熱	収納缶は自然放熱による除熱とすることで単純化する。なお、収納缶周囲の温度環境はキャスクのバスケット、施設内の空調等で担うこととする。
構造	収納缶は未臨界形状維持等の最小限の安全機能が保持される構造強度とすることで軽量化し、取扱性の向上を図る。
遮へい	収納缶は遮へい機能を期待しないことで軽量化し、取扱性の向上を図る。なお、遮へいは周辺機器や設備で担うこととなる。
閉じ込め	収納缶は遠隔でのふた閉め等の観点から密封構造は採用しない。なお、閉じ込めは移送容器の気密性能の向上、貯蔵施設ではベント排気のフィルター処理等の周辺機器や設備で対応する。
未臨界	収納缶は基本的に孤立での未臨界を担うものとし、燃料デブリ収容の観点から可能な範囲で胴寸法を大型化する。なお、収納缶の配列時の未臨界は基本的にラック等が担うこととなる。
水素	水の放射線分解で発生する水素は収納缶内の触媒設置による水素量の低減やフィルター等により収納缶外へ放出する。なお、収納缶周囲の水素濃度は掃気等の周辺機器が担うこととする。
材質	燃料デブリ収容～移送～保管を通して使用できるような各種態で想定される環境に適合する材質/防錆機構を収納缶に適用する。

表1 収納缶の基本コンセプト

課題及び今後の方向性

H27年度は、導出された課題に対する技術開発に着手し、コンセプト設定した収納缶の基本設計を行う。また、他PJで得られた成果を収納缶設計に反映する。

(2-④-3) 原子炉压力容器/格納容器の健全性評価技術の開発 (平成27年2月末時点における進捗状況)

PCV/RPV冠水工法の成立性評価のため、補修などの最新計画プラント状態を反映した地震応答解析を実施するとともに、燃料デブリ取出し工法など今後想定される多種多様なプラント状態に対応できる耐震強度の簡易評価手法の開発に着手した。また、耐震強度評価に用いる燃料デブリ取出しまでの長期間の腐食減肉量予測や腐食抑制策抽出のための腐食試験に着手するとともに、燃料デブリ侵食等を考慮したRPVペDESTALの耐震強度評価手法の構築に用いるコンクリートや鉄筋の高温劣化材料データ取得のための試験体製作に着手した。

実施内容及び成果

1. PCV/RPVの耐震健全性を踏まえた冠水工法の成立性評価
補修などの最新計画プラント状態を反映した耐震強度評価条件を策定し、そのモデル作成と地震応答解析を実施した。(図1)
2. PCVの補修(止水)や水位上昇を踏まえた機器の耐震強度の簡易評価
事故後の原子炉建屋、PCV/RPVの状態や建屋補修工法、燃料デブリ取出し工法などを踏まえ、地震応答解析におけるモデルの変更の有無、重量の変更の有無などを整理し、プラントの状態と地震応答解析におけるパラメータの関係性をまとめた。
3. 腐食抑制策の開発
本事業においてこれまでに抽出された防錆剤候補(タングステン酸ナトリウム、五ホウ酸ナトリウムなど)に加え、新規防錆剤候補として、リン酸塩等を選定し、腐食試験を開始した。
4. 長期の腐食減肉量の予測の高度化
腐食減肉量予測モデル構築のため、長時間(10,000時間目標)の腐食試験(図2)及び淡水希釈条件でのループ試験を開始した。
5. ペDESTALの侵食影響評価
高温加熱・水中暴露条件下でのコンクリートや鉄筋の材料基礎試験、実機RPVペDESTALの厚さ模擬ブロック試験や縮小模型による耐力評価試験実施のための試験体を製作した。(図3)

プラントケース	1F-1
H26-1 (氣中(現状水位))	<ul style="list-style-type: none"> ・将来想定: パラメータ (15年後、15年後、40年後) ・建屋損傷モデル ・DW水位: 約2.9m ・S/C内: 満水 ・トラス室: OP3080 ・ベント管内: 満水 ・真空破壊管内: 満水 ・オペフロ階付加設備: パラメータ (なし、約510t、約3100t) ・小部屋埋設: 約2140t ・腐食定数: パラメータ (1)コンクリート 7%、鋼材4% (キヨリガキ) (2)コンクリート 5%、鋼材1% (建設時設計用) ・地震波: 現行Ss
H26-2 (完全冠水)	<ul style="list-style-type: none"> ・将来想定: パラメータ (15年後、40年後) ・建屋損傷モデル ・DW水位: 2.9m以上 ・S/C内: コアトOP 3570 ・トラス室: コアトOP 2140 ・トラス室上部の位置: OP 2140 ・ベント管内: 補修考慮 ・真空破壊管内: 補修考慮 ・オペフロ階付加設備: 約2140t ・小部屋埋設: 約2140t ・腐食定数: パラメータ (1)コンクリート 7%、鋼材4% (キヨリガキ) (2)コンクリート 5%、鋼材1% (建設時設計用) ・地震波: 現行Ss



図1 補修などの最新計画プラント状態を反映した耐震強度評価条件例

図2 長時間腐食試験の状況

課題及び今後の方向性

- ・気中-横アクセス工法に相当する評価モデルを検討する必要がある。
- ・ホウ酸注入が機器の長期健全性に及ぼす影響を適切に評価するための検討が必要である。
- ・腐食抑制策の開発を加速する。
- ・本事業で開発する耐震強度の簡易評価手法を今後随時活用する。

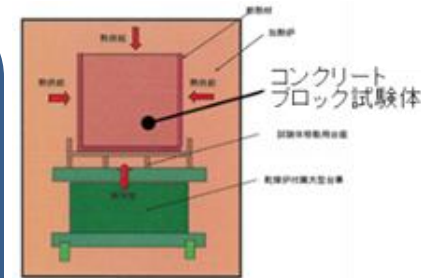


図3 コンクリート加熱試験のイメージ

(2-④-4) 燃料デブリの臨界管理技術の開発 (平成27年2月末時点における進捗状況)

平成31年までに燃料デブリ取出し時の臨界管理手法を開発するため、平成26年度は中性子吸収材や燃料デブリ再臨界検知モニタリングなどの技術開発を実施し、PCV水張り工程について臨界を管理し、万一の再臨界の場合にも事前に検知し過度の被ばくを防止するため臨界管理技術を開発した。

実施内容及び成果

1. 臨界評価

- PCV水張りから燃料デブリ取出しまでの各工程における臨界シナリオを最新知見を反映して見直すとともに、CRD配管付着デブリ臨界評価などでシナリオを補完した。
- PCV水張り時の臨界管理方法として、臨界時挙動評価により被ばく量に影響を与える総核分裂数を評価し、万一の臨界時にも被ばく量を許容範囲に抑制できる水張り方法を見出した(図1)。また、溶解性中性子吸収材を用いて臨界を管理する方法を検討した。

2. 炉内の再臨界検知技術

- ガスサンプリング系FPガンマ線検出器システムについて、再臨界早期検知のための未臨界度推定アルゴリズムを検討し、実機への適用性を確認した。(本年度で開発完了)
- 炉内臨界近接検知システムの開発に着手。臨界検知手法の候補について適用性を評価した(表1)。また、システム検証のための試験方法について検討を行った。

3. 臨界防止技術

- 非溶解性中性子吸収材の照射試験を実施し、耐放射線性能から候補材の選定を実施した(図2)。また、新規候補材の基礎物性による評価を実施した。さらに適用工法についても検討した。
- 溶解性中性子吸収材適用時の腐食試験(図3)及び適用時の課題検討を実施し、五ホウ酸ナトリウムが適用可能であることを確認した。

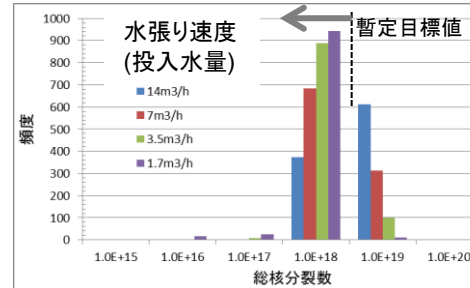


図1 PCV水張り時の臨界事故を想定した総核分裂数の評価

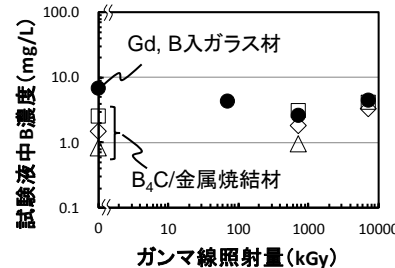


図2 非溶解性吸収材溶出試験結果例

検知手法	特徴	適用性
中性子源増倍法	・外部中性子源を用いるアクティブな方法。 ・中性子計数率の強度に基づき中性子増倍率を推定する。	△ デブリに対する検出効率を評価することが課題
Feynman α 法	・外部中性子源を不要とするパッシブな方法。 ・中性子信号のゆらぎ(ノイズ)の統計量に基づき中性子増倍率を推定する。	○ 中性子増倍率0.7以上の浅い未臨界に適用可能。
Time Interval Distribution (TID) 法	・外部中性子源を不要とするパッシブな方法。 ・中性子信号のゆらぎ(ノイズ)の確率分布に基づき中性子増倍率を推定する。	○ 予備検討によって自発核分裂と増倍核分裂を区別する見通しを得た。次ステップとして中性子増倍率推定の詳細検討が必要。

表1 臨界近接検知手法候補

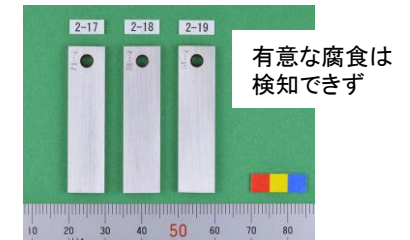


図3 溶解性吸収材腐食試験結果例
(五ホウ酸ナトリウム10,000ppm,500時間,無被膜条件)

課題及び今後の方向性

最新知見を反映してPCV水張り時臨界管理方法を精緻化するとともに、複数工法を勘案して燃料デブリ取出し時の臨界管理手法の開発を進める。炉内臨界近接検知システム、非溶解性吸収材開発を継続し、平成28年度の取り出し工法選定に資する。

(2-⑤-1) 模擬デブリを用いた特性の把握、デブリ処置技術の開発 (平成27年2月末時点における進捗状況)

燃料デブリ取出し技術の検討に向けて実際のデブリの性状を推定するため、それを模擬した材料(模擬デブリ)やTMI-2デブリなどを用いて硬さ等の機械的性質をはじめとした性状データを取得した。また、収納・保管に資する燃料デブリ性状データを取得するための研究開発計画を立案し、含水・乾燥特性などの試験に着手した。

実施内容及び成果

1. 模擬デブリを用いた特性の把握

(1) デブリ特性データの把握

- 正方晶系及び単斜晶系等の(U,Zr)O₂並びにFe₂(Zr,U)の機械的性質を測定・評価した。
- 特性が異なる複数のコールド材料の穿孔試験を行い、穿孔性能に各物性が与える影響を明らかにした。
- 酸化雰囲気でのU-Zr-O系やコンクリートとの反応試験を行うとともに、水中で発生する微細デブリの性状データを取得した。
- Gd含有燃料からの生成デブリを想定した系や構造材(Fe)との複合系等物性データを測定した。
- 仏国CEAでの過去のMCCI試験生成物の性状データを取得に着手した。
- カザフスタンNNCとの協力によりUO₂を用いた金属/セラミックス溶融固化体を作製した。

(2) TMI-2デブリとの比較

- JAEA内保管のTMI-2デブリを用いた試験として、試料の加工、金相観察を行った後、ピッカース硬度の測定に着手した。また、分析のためのアルカリ溶融法の適用性の確認に着手した。
- 実デブリサンプル輸送検討を実施した。

2. デブリ処置技術の開発

- 収納・保管に資するデブリ特性に関する研究開発計画を策定した。
- デブリの含水・乾燥特性に関して、多孔質セラミックを用いて試験を行い含水・乾燥特性を評価した。

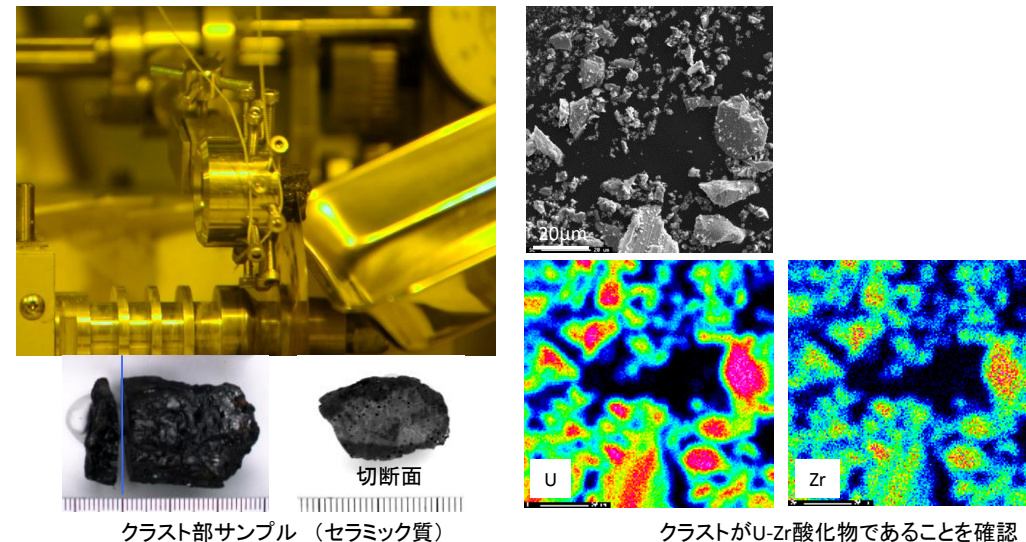


図 TMI-2デブリの切断作業と切断粉のSEM/EPMA観察結果

課題及び今後の方向性

模擬デブリを用いた硬さ等の物性把握、圧力容器内外の材料との反応性の評価、MCCI生成物の特性評価等を継続実施し、2015年度末に性状データに関するとりまとめを行う。デブリ処置技術の開発では、今年度策定した計画に基づき収納・保管技術開発に必要な、含水・乾燥特性などの評価を実施する。

(2-⑤-2) 実デブリ性状分析 (平成27年2月末時点における進捗状況)

他プロジェクトへの情報提供を目的に、実デブリの性状を把握するための分析全体フローを検討し技術開発の全体計画を作成するとともに、当面の課題として明らかになっているデブリ溶解技術の検討等の技術開発を実施した。また、実デブリ等を廃棄物として適切に処理処分するために必要な分析を検討するとともに、分類に重要である核物質の検知技術として、アクティブ中性子法の適用性を検討した。

実施内容及び成果

1. 燃料デブリの分析・測定技術の開発計画の策定

各PJからのニーズに沿って分析項目、分析全体フローを検討し、技術課題を抽出した(図1)。また、技術課題を整理し今後の開発計画を策定した。

2. 分析・測定技術の開発

(1) 融解法等を用いた溶解方法の開発

作製した模擬デブリを用いて3種類の溶解方法を試験した結果、アルカリ融解を用いた溶解方法により完全溶解可能であることを確認した(図2)。

(2) 化学形態分析方法の検討

実デブリ中の組成(化学形)を調査するために、想定される主なデブリ成分で模擬固化体を作成し、SEM/WDX等の固体分析方法による簡易的な定量分析方法を検討した(図3)。

(3) 実デブリ分析装置の整備

分析装置(SEM/EDX/WDX)に対し、実デブリ分析が可能な装置を検討し、必要な改造箇所を検討した。

3. 廃棄物として適切な処理処分するために必要な性状分析の検討

デブリの保管、処分に共通する「核物質管理の観点からの分類」等による分類検討をするとともに、核物質有無の検知技術として微量の誘発核分裂性核種を高い感度で検知可能なアクティブ中性子法の適用性を検討した(図4)。

4. 分析・研究施設に必要な設備等の検討

実デブリ等について、受入れ、試料分取、前処理、分析、後処理を行うために必要な技術検討として、大型重量物のハンドリング方法、X-CT装置、ガンマカメラの形状把握、核種分析への適用性検討等を行った。

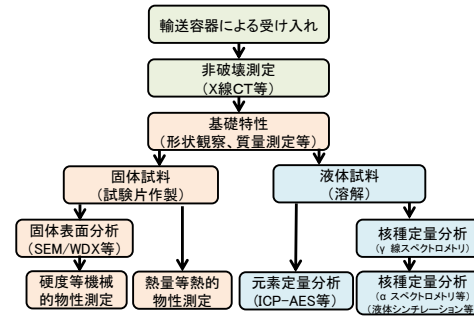


図1 分析全体フロー案(概略)

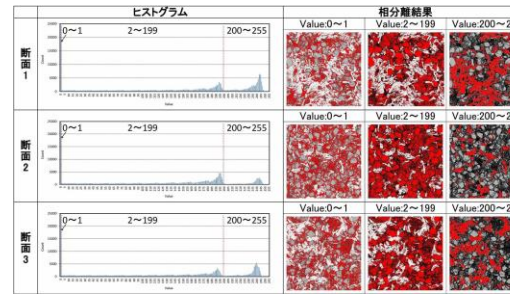


図3 模擬固化体(U+UO₂)のSEM/WDX測定結果
(諧調範囲による存在相割合の測定)

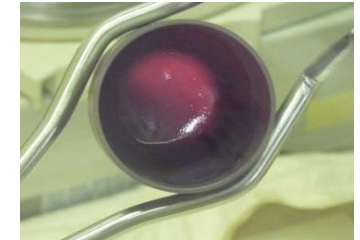


図2 デブリ溶解試験状況
(アルカリ融解時の電気炉取出し直後の状況)

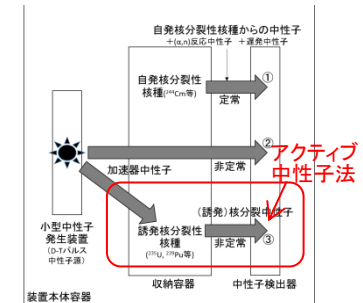


図4 アクティブ中性子法概念図
(③(誘発)核分裂中性子を弁別することで核分裂性物質を検出する技術)

課題及び今後の方向性

今年度の検討により抽出された課題に係る技術開発及び今年度実施した分析・測定技術の開発について継続実施すべき検討を進めるとともに、既存分析施設を使った早期のデブリ分析に備えるデブリ輸送等の準備を進めていく。

(3) 固体廃棄物の処理・処分に係る研究開発 (平成27年2月末時点における進捗状況)

- 廃棄物の分析や解析的手法に基づくインベントリ評価などによる性状把握、処理・処分まで安定に管理するための長期保管方策の検討、処理・廃棄体化技術に関する調査や基礎試験、既存の処分概念や安全評価手法の特性の調査・整理を実施。

実施内容及び成果

1. 性状把握

- 瓦礫、伐採木や水処理二次廃棄物をJAEAに移送し、放射能分析を実施した。瓦礫と伐採木に ^{137}Cs と ^{90}Sr 濃度に比例の傾向があることが分かった(図1)。
- 処理水の濃度分析データを元にして、水処理二次廃棄物(セシウム吸着塔等)が含有する放射エネルギー(インベントリ)を推定した。

2. 長期保管方策の検討

- セシウム吸着塔について、模擬試験を元に内部状況を推定した(図2)。材料腐食がゼオライトの共存により抑制されることを見いだした。
- 多核種除去設備から発生するスラリーを安定化するための技術を選定し、模擬試料を用いた試験を実施した。

3. 廃棄物の処理に関する検討

- 多核種除去設備から発生するスラリーや廃吸着材などを対象に、種々の固型化剤を用いて固化試験を実施した。
- 既往の処理・廃棄体化技術をカタログとして整理した。

4. 廃棄物の処分にに関する検討

- 既存の処分概念を事故廃棄物に適用することを想定し、事故廃棄物の特徴を考慮した安全評価手法(シナリオ等)を暫定的に設定した。
- 設定したシナリオに対して解析ケースを設定し、廃棄物ごとに安全性に関する試算を行った。

5. 研究開発の前提の検討

- 性状、汚染履歴などを考慮して事故廃棄物を分類するとともに、分類ごとに、処分を安全に成立させる可能性のある保管、処理、処分までの一連の取扱いの例を作成した。
- 昨年度作成した分析データ集に、今年度得られたデータを追加、更新した。また、情報を管理するツール開発のために、処理・処分技術開発の主要作業と情報項目間の関係を整理した。

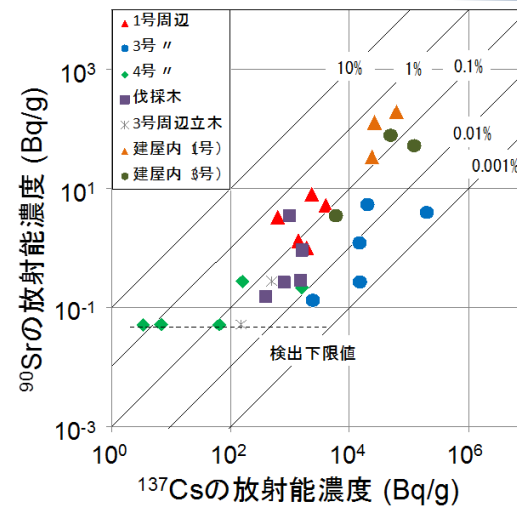


図1 ^{137}Cs と ^{90}Sr 放射能濃度の関係



図2 セシウム吸着塔内部の状態を知るための試験用模擬カラム

課題及び今後の方向性

- 現場ニーズを反映し、廃棄物試料のサンプリング計画、分析計画を作成し、データの拡充を図る。