

平成 25 年 6 月 27 日  
東京電力福島第一原子力発電所  
廃炉対策推進会議事務局

## 中長期ロードマップ改訂（案）を踏まえた平成 25 年度研究開発計画の取りまとめについて

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については、「中長期ロードマップ改訂（案）」を踏まえて研究開発目標等を見直し、「福島第一原子力発電所 1～4 号機の廃止措置等に向けた個別研究開発プロジェクト（全体計画）」（別冊）を取りまとめることとした。

これを受けて、平成 25 年 3 月 28 日廃炉対策推進会議事務局会議（第 1 回）において暫定的に策定した平成 25 年度研究開発計画（案）について、別添のとおり取りまとめることとする。

# (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（H25年度計画）

## 平成25年度の主要目標

ガレキの影響を模擬した浸漬試験結果から長期健全性評価のための試験条件を策定する。共用プールの水質変化を模擬した非照射燃料部材の腐食試験、強度試験を行い、長期健全性に及ぼす水質影響評価技術を確立する。また、乾式貯蔵成立性検討のための調査を実施する。さらに、使用済ペレットの共用プール水質への溶出挙動評価技術を確立する。

## 平成25年度の実施内容

### 1. 燃料集合体の長期健全性評価のための技術開発

#### (1) 長期健全性評価のための試験条件検討

①使用済燃料プールおよび共用プールの水分析結果やガレキ浸漬後の水質分析結果を基に、長期健全性評価のための試験条件を策定する。

#### (2) 燃料構造材の長期健全性評価技術開発

①長期健全性評価技術開発：燃料の構造等を模擬した未照射試験片による腐食試験及び強度試験を実施し、共用プールに持ち込まれるガレキ等が腐食に及ぼす影響や、ガレキによる損傷による腐食影響を評価する手法を確立する。

②共用プール保管燃料の健全性確認手法の確立：使用済燃料プールから移送する燃料の定期的な検査による長期的な健全性確認に資するため、今後の評価の比較データとして共用プールに事故前から保管されていた燃料の外観観察及び酸化膜厚さを調査する。

③損傷燃料の乾式貯蔵に関する調査及び、使用済燃料プールに保管している使用済燃料の乾式貯蔵の成立性検討に必要な試験の計画を立案する。

### 2. 燃料集合体移送による水質への影響評価技術開発

#### (1) 損傷燃料からのFP等溶出評価技術開発

既に照射後試験施設に保管してある健全燃料から取り出した照射済ペレットを用いて浸漬試験を行い、FP等の溶出挙動を調べる。

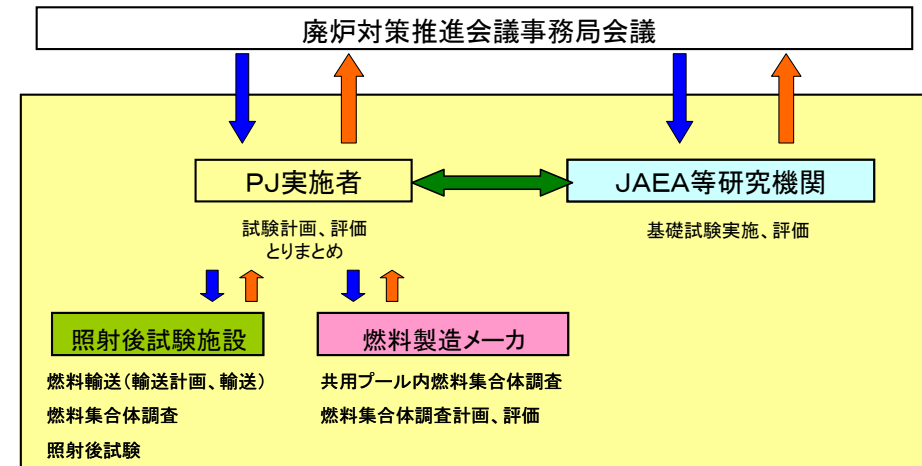
### 3. 長期健全性に係る基礎試験

事故を経験した燃料被覆管と比較するため、健全燃料の使用済燃料被覆管を用いた加速腐食試験などの基礎試験を行う。

## 実施工程

事項	2013(前)	2013(後)
1 燃料集合体の長期健全性評価技術開発		調査及び試験条件策定
		ガレキ浸漬後の水質分析
		共用プール模擬環境下での未照射材腐食試験、強度試験
		共用プールでの保管燃料酸化膜厚さ測定
2 燃料集合体移送による水質への影響評価技術開発		使用済燃料の溶出試験
3 長期健全性に係る基礎試験		健全燃料による加速腐食試験

## 実施体制



# (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25年度計画)

## 平成25年度主要目標

損傷燃料等の再処理の実施可否にかかる判断指標の整備に資する情報の収集、平成26年度以降の研究計画に反映すべき損傷燃料等の取り扱いにかかる課題の抽出を目的として、国内外の損傷燃料等の取り扱いに関する事例調査を行い、機械的強度の低下、核分裂生成物等の漏えい、その他の課題への対応策について整理する。

## 平成25年度の実施内容

### 1. 損傷燃料等に関する事例調査

#### ①損傷燃料等に関する事例

原子力施設情報公開ライブラリー(NUCIA)に燃料損傷(ピンホール含む)の事例が登録されており、これらの取り扱い事例について文献調査等を実施する。

また、IAEAの文献にTMIを含めた主要な燃料損傷の事例が示されており、これらの取り扱い事例について文献調査等を実施する。

#### ②損傷燃料等の取り扱い要件

IAEAの文献等に記載されている下記事項について整理する。

- ・ 燃料の損傷状態を確認するための要件、判断基準、燃料の検査方法、燃料の取り扱い方法とその事例等
- ・ 諸外国の損傷燃料の取り扱い状況

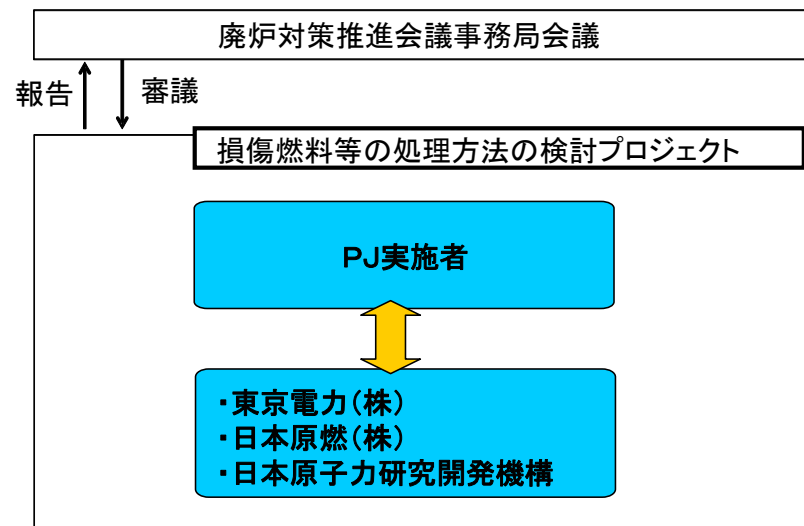
更に、損傷燃料の取り扱いの参考となる通常とは異なる燃料の取り扱いについても調査を行う。

#### ③再処理施設における損傷燃料等の取り扱い方法、事例

国内の再処理施設における現状の損傷燃料の取り扱いについて許認可資料の記載内容を整理する。また、東海再処理施設におけるピンホール燃料の処理実績について纏める。

また、損傷燃料の再処理実績のある海外の再処理施設における損傷燃料の取り扱いについて調査を行う。

## 実施体制



## 目標工程

事項/年度	2013年度	
	上半期	下半期
1. 損傷燃料等に関する事例調査		
①損傷燃料等に関する事例		
②損傷燃料等の取り扱い要件		
③再処理施設における損傷燃料等の取り扱い方法、事例		

# (2-1-1a) 原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発(平成25年度計画)

## 平成25年度主要目標

- (1) 上部階(爆発損傷階を除く原子炉建屋2階以上)及びフロア高所部の建屋内汚染の状況(雰囲気線量率、線源、汚染分布等)を確認する。
- (2) 上部階用遠隔装置の共用化の仕様検討及び設計を行う。フロア高所部の遠隔除染装置の設計、製作、モックアップを行う。
- (3) 原子炉建屋1階のホットスポットに対して、必要な遮へい体を製作し、遠隔で設置可能であることを確認するための実証を行う。

## 平成25年度の実施内容

### 1. 汚染状況の基礎データ取得

1~3号機の原子炉建屋上部階及びフロア高所部を中心に線量率調査、線源調査、表面状態調査、汚染状況調査を行う。調査範囲、調査目的、調査内容を下表に示す。汚染状況調査においては、採取する遊離性汚染、固着性汚染、浸透汚染(コンクリートコア)サンプルについて、オンサイト分析を行い、放射量を評価する。一部のサンプルについては、サンプル分析及び評価による汚染の浸透、模擬試料を用いた汚染性状評価基礎試験による汚染の付着状況等の汚染性状評価を行う。

プラント	階数 (原子炉建屋)	ロボットによる遠隔調査、サンプル採取							詳細分析 (JAEA殿で実施)			
		線量率調査	線源調査	表面状態調査	汚染状態調査				浸透汚染調査			
					遊離性表面汚染調査		固着性表面汚染調査					
					床	壁	機器	床	壁	床	壁	
調査範囲	1号機	1階南側	○	○	○	○	○	○				
		2階ノ3階	○	○	○	○	○					
	2号機	2階ノ3階	○	○	○	○	○					
		オベフロ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	3号機	2階	○	○	○	○	○					
	1~3号機	1階天井付近及び上部壁	○	○	○	○	○			△	△	
調査目的		建屋内線量率分布の確認	相対的線量率分布の確認	床面、壁面、機器表面の表面状態	汚染分布の確認			汚染分布の確認		汚染分布の確認		
調査内容		床面から0.05m、1.5mの高さの線量率を約3mメッシュで測定する。	γカメラ等を用いて線量率分布を測定する。	カメラにより、床面、壁面、機器表面を撮影する。	表面堆積物をハケ等で、固着物をストリップパブルペイントで回収し、分析を行う。			コンクリートコアサンプルを採取し、分析を行う。		採取したサンプルのうち代表サンプルについて汚染浸透分析及び評価を行う。		

○:調査予定

△:代表箇所を選定して調査予定

### 2. 除染技術整理及び除染概念検討

H24で調査した汚染状況を踏まえ、上部階の除染に適した除染技術を選定(H24で実施した除染技術絞り込み結果の見直し)を行い、上部階及びフロア高所部除染のための基本方針を検討する。

### 3. 遠隔除染装置設計製作、遠隔除染実証

上部階に適用する遠隔除染装置の共用化のための仕様検討及び設計を行う。フロア高所部除染に適用する遠隔除染装置の設計、製作、モックアップを行う。また、平成24年度に実証した装置の改造等を行い、実機適用実証を行う。

### 4. 実機遮へい設置実証

原子炉建屋1階のホットスポットに対して、必要な遮へい体を製作し、遠隔で設置可能であることを確認するための実証を行う。

## 取組方針

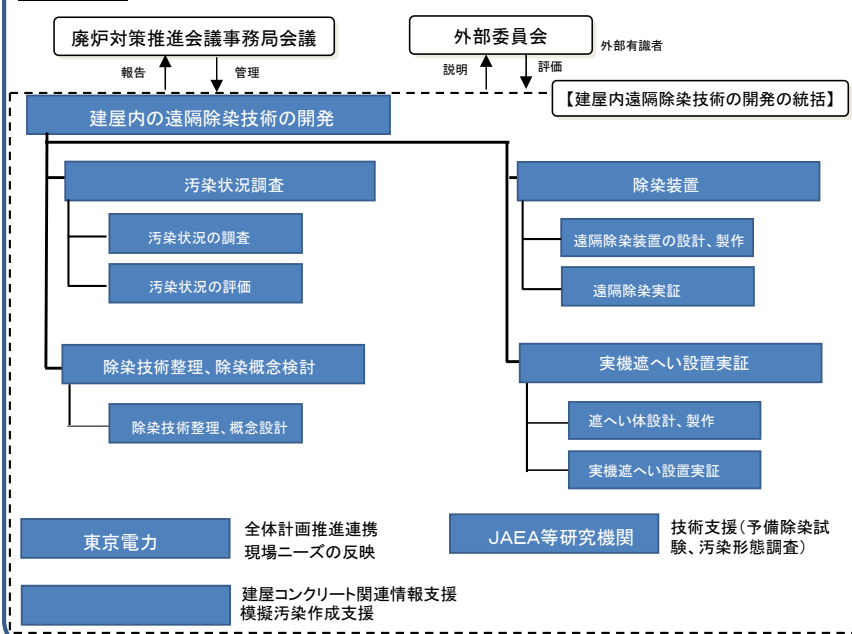
### ○中長期的な人材育成

関連技術の学会や分科会、セミナー等にて、大学、研究機関や関連素材、部品メーカー等企業に所属する若手を対象に実施計画や技術課題を紹介することにより、関心を持ってもらう(啓蒙活動)とともに、大学・研究機関との共同研究等について検討する。また若手技術者や研究者には、国内外の関連技術調査、国内外の学会等における評価や成果発表、討議を経験させてスキルアップを図る。

### ○国内外の叡智の活用

装置開発に必要な技術の一部では、国内外の叡智を反映して作成した技術カタログを活用して一般競争入札等を行い、国内外からベンダーを選定する。

## 実施体制



## 実施工程(平成25年度)

	2013(前)	2013(後)
<b>1. 汚染状況の基礎データ取得</b>		
・汚染状況の調査	██████████	
・汚染状況の評価		██████████
<b>2. 除染技術整理及び除染概念設計</b>		
・除染概念設計	██████████	
<b>3. 遠隔除染装置設計製作、遠隔除染実証</b>		
・上部階除染装置共通仕様検討、設計	██████████	
・高所部除染装置設計、製作、モックアップ	██████████	
・実機適用実証(H24製作装置)		██████████
<b>4. 遠隔除染装置設計製作、遠隔除染実証</b>		
・遮へい体設計製作		██████████
・遠隔遮へい実証		██████████

# 2-①-1b 総合的線量低減計画の策定(平成25年度)

## 平成25年度主要目標

原子炉建屋上部階(爆発損傷階を除く2階以上)、上部階に通じる階段エリア並び1階を対象に線量低減計画を策定する。計画策定に当たっては、作業エリアの線量率を定め、線量低減はフロア高所部汚染を考慮に入れて、除染、遮へい、線源撤去などの技術の組み合わせにより行い、線量低減作業のための作業者の過度な被ばくを招かない適切な線量低減計画を策定する。

## 平成25年度の実施内容

### 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。

- ①作業エリア内の線量率分布、放射性汚染状況の整理
- ②作業エリア内の構造物配置等の整理
- ③原子炉建屋内のフロア高所部の線量率分布、放射性汚染状況の整理
- ④作業エリアの目標空間線量率の設定

### 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。

- ①線量低減方策の検討
- ②除染技術の評価・選定
- ③特定線源の除染技術の評価・選定
- ④遮へい技術の評価・選定
- ⑤作業上必要となる障害物の撤去技術の評価・選定
- ⑥線量低減対策に必要な付帯設備(もしくは補助設備)の評価・選定
- ⑦除染技術の組み合わせによる線量低減の評価
- ⑧線量低減対策の策定

## 取組方針

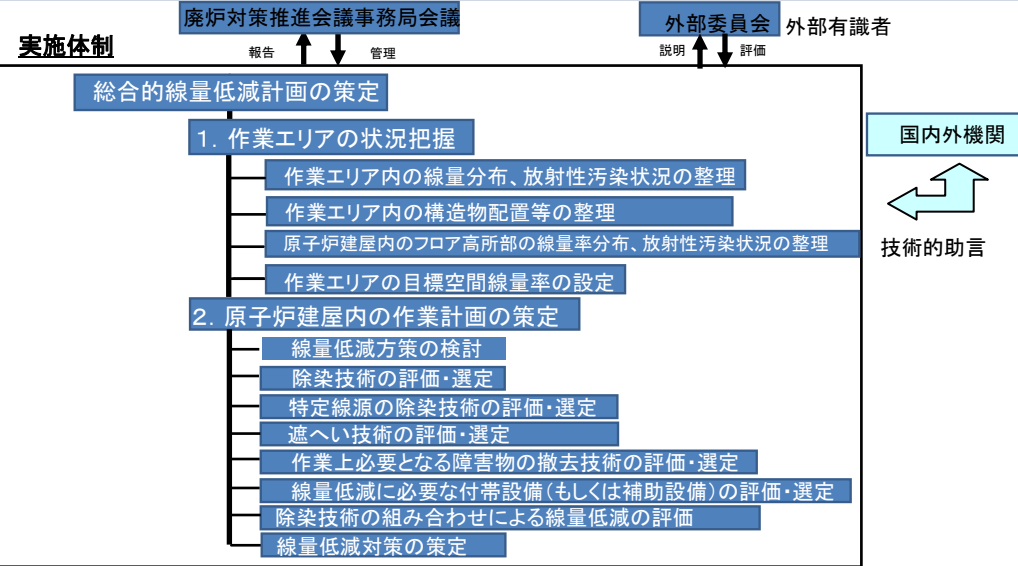
### ○中長期的な人材育成

関連技術の学会、セミナー等にて、被ばく線量低減に関わる除染技術、遮蔽技術、解体・撤去技術などの技術に関連する大学、研究機関、企業等に所属する若手を対象として、実施計画や技術課題、研究成果を紹介し、討論することにより啓蒙を行う。あわせて研究開発に若手を参画させ、成果を学会等に発表させることにより専門家として育成する。

### ○国内外の叡智の活用

24年度、25年度において国外企業に対して線量低減に関して困難な課題についてのソリューションを公募し、提案された方法、考え方などの叡智を得る。また、線量低減策を議題として国外機関専門家との意見交換を行い、海外の叡智を吸収する。これらの結果を線量低減計画策定に反映させる。

国内の叡智の活用に関しては、高度な専門的技術を有している企業に対して線量低減に関わる知見を集約し、計画策定に活用する。



工程表	事項/年度	フェーズⅡ	
		2013年度(平成25年度)	
1. 作業エリア の状況把握	a)作業エリア内の線量率分布、放射線汚染状況整理	■	■
	b)作業エリア内の構造物配置等の整理	■	■
	c)原子炉建屋内のフロア高所部の線量率分布、放射性汚染状況の整理	■	■
	d)作業エリアの目標空間線量率の特定	■	■
2. 原子炉建屋 内の作業計 画の策定	a)線量低減方策の検討	■	■
	b)除染技術の評価・選定	■	■
	c)特定線源の除染技術の評価・選定	■	■
	d)遮へい技術の評価・選定	■	■
	e)作業上必要となる障害物の撤去技術の評価・選定	■	■
	f)線量低減対策に必要な付帯設備の評価・選定	■	■
	g)除染技術の組み合わせによる線源低減の評価	■	■
	h)線量低減対策の策定	■	■

# (2-①)-2, 3) 原子炉格納容器水張りに向けた調査・補修(止水)技術の開発(平成25年度計画)

## H25年度主要目標

### 【原子炉格納容器調査技術の開発】

- ・各部位ごとの点検調査装置をH24年度に実施した設計に基づき製作する。
- ・開発した点検調査装置の一部について実機適用性評価を実施する。その結果をもとに必要に応じて装置の改良を行う。

### 【原子炉格納容器補修(止水)技術の開発】

- ・原子炉格納容器下部補修(止水)装置の開発・・・原子炉格納容器下部補修(止水)装置の設計・製作に向け、補修(止水)工法の詳細検討を実施する。
- ・原子炉格納容器上部補修(止水)装置の開発・・・原子炉格納容器上部補修(止水)装置の製作のための詳細設計を実施する。

## 平成25年度の実施内容

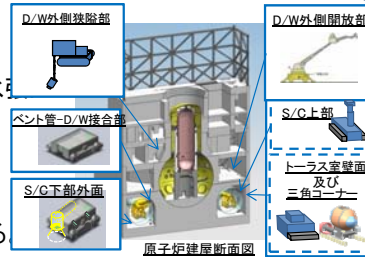
### ○課題:

高線量・狭隘・水中環境で原子炉格納容器(PCV)の水張りに向けた調査・補修(止水)工法と装置を開発する必要がある。

### 【原子炉格納容器調査技術の開発】

#### ○点検調査装置の開発・改良

- ・原子炉格納容器の水張りに向けた調査装置を製作する。原子炉建屋から隣接建屋への漏水箇所の調査装置を製作する。機能確認及びモックアップ試験により装置性能の確認を行う。
- ・実機適用性評価(現場実証)を行い、必要に応じて装置の改良を行う。(トラス室壁面、サブプレッションチェンバ(S/C)上部、S/C下部外面、ベント管・ドライウェル(D/W)接合部、サンドクッション管)



### 【原子炉格納容器補修(止水)技術の開発】

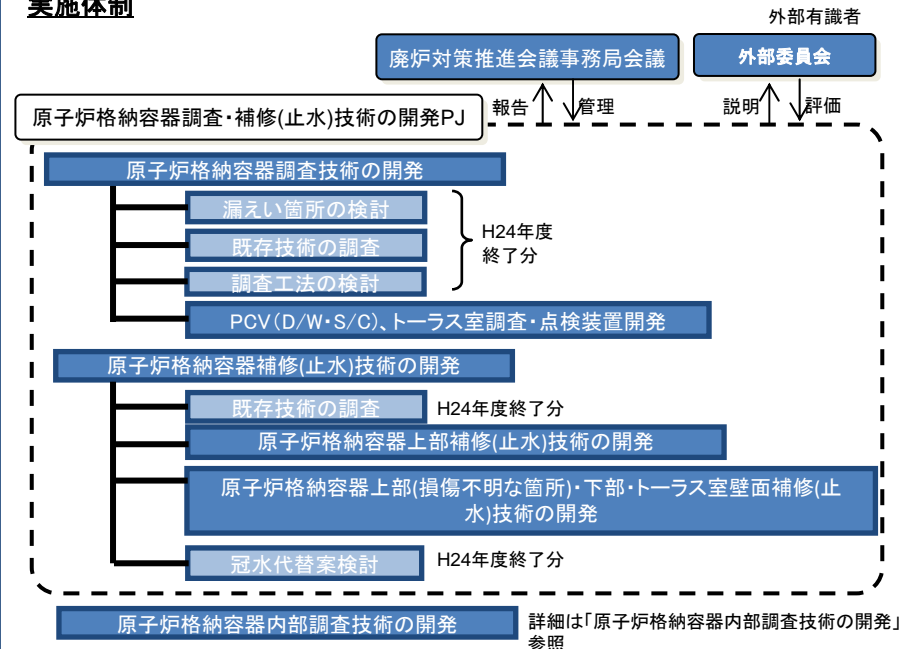
#### ○原子炉格納容器下部補修(止水)装置の開発

- ・ベント管やS/Cなどでバウンダリ構成するための補修(止水)装置の開発を行う。
- ・補修(止水)装置の設計・製作に向けて補修(止水)工法の詳細検討(止水試験等による止水材の詳細検討や閉止材の最適化検討など)を行う。

#### ○原子炉格納容器上部補修(止水)装置の開発

- ・損傷の可能性が高い箇所(ハッチフランジ、貫通部ベローズ、電気ペネ)に適用する補修(止水)装置の開発を行う。
- ・損傷の可能性が高い箇所に適用する補修(止水)装置製作のための止水材詳細検討と詳細設計を止水試験等により実施する。

## 実施体制



## 1. 中長期的な人材育成

関連技術の学会や分科会、セミナー等にて、大学、研究機関や関連素材、部品メーカー等企業に所属する若手を対象に実施計画や技術課題を紹介することにより、関心を持ってもらう(啓蒙活動)とともに、大学・研究機関との共同研究等について検討する。また若手技術者や研究者に国内外の関連技術調査、国内外の学会等における評価や成果発表、討議を経験させてスキルアップを図る。

## 2. 国内外叡智の活用

平成24年度までに国内外公募を行ってまとめた技術カタログを活用して、装置仕様の策定・装置製作メーカーの選定を行うことにより、国内外の叡智を活用する。

※原子炉格納容器(PCV)は、ドライウェル(D/W)及びサブプレッションチェンバ(S/C)から構成される。

## 工程表

事項/年度	2013 (前)	2013 (後)
【原子炉格納容器調査技術の開発】		
○点検調査装置の開発・改良		
・D/W調査装置	装置製作・工場モックアップ試験	
・S/C・トラス室調査装置	装置製作・工場モックアップ試験	
【原子炉格納容器補修(止水)技術の開発】		
○原子炉格納容器下部補修(止水)装置の開発	工法検討	実機検証
		止水試験等
○原子炉格納容器上部補修(止水)装置の開発	工法検討・装置設計	
		止水試験等

# (2-①)-4) 原子炉格納容器内部調査技術の開発 (平成25年度計画)

## 平成25年度主要目標

平成25年度は、前年度より実施している原子炉格納容器 本格調査(\*1)工法検討の結果を元に、本格調査装置の装置設計を行うことを主要目標とする。

(\*1) 本格調査: 燃料デブリの位置の把握

## 平成25年度の実施内容

### 1. アクセス方法と装置の開発

平成24年度の検討成果(調査方法, 調査装置の仕様立案, アクセス方法/ルートの詳細検討など)に基づき、本格調査用装置の設計および要素試作を行う。

### 2. 原子炉格納容器(PCV)内部の放射性物質に対する対策

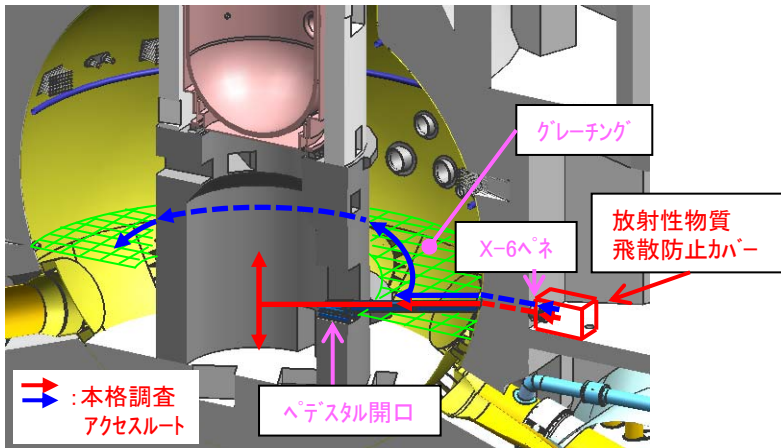
調査時及び調査後にPCV内部から放射性物質が飛散することによる作業員及び公衆の被ばく対策の設計及び要素試作を行う。

### 3. 検査装置・技術の開発

アクセス装置に搭載する高線量環境下対応の内部調査用機器(内部状況, 環境, デブリ性状)の設計及び要素試作を行う。

### 4. PCV内部事前調査装置の開発

PCV内部本格調査装置開発のための設計インプットの取得を目的としたPCV内部事前調査(ペDESTAL外側、ペDESTAL開口部周辺)装置の開発を行う。



燃料デブリ位置把握のためのアクセスルート(案)

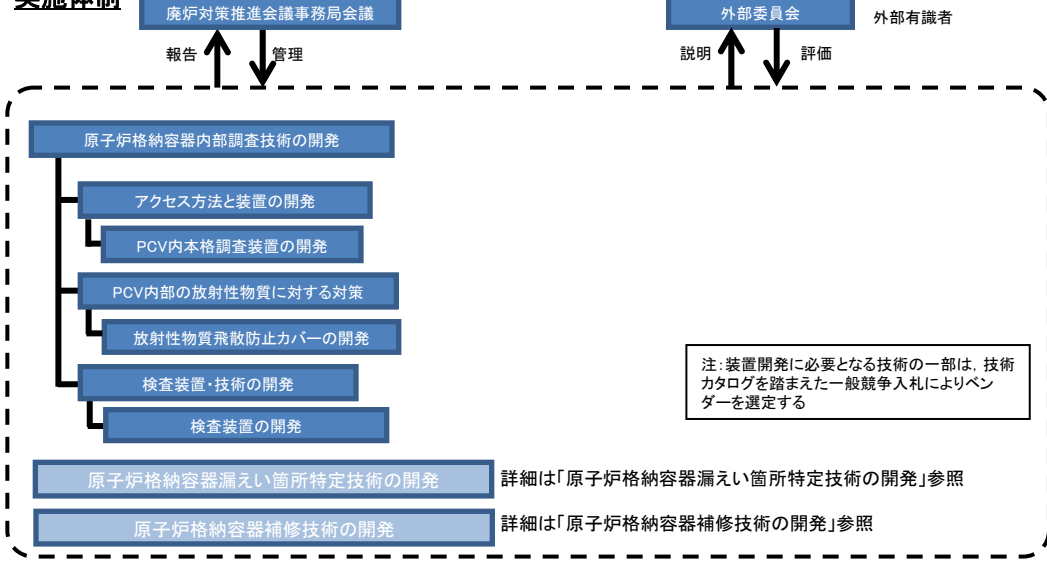
### 1. 中長期的な人材育成

関連技術の学会や分科会、セミナー等にて、大学、研究機関や関連素材、部品メーカー等企業に所属する若手を対象に実施計画や技術課題を紹介することにより、関心を持ってもらう(啓蒙活動)とともに、大学・研究機関との共同研究等について検討する。また若手技術者や研究者に国内外の関連技術調査、国内外の学会等における評価や成果発表、討議を経験させてスキルアップを図る。

### 2. 国内外の叡智の活用

装置開発に必要な技術の一部では、国内外の叡智を反映して作成した技術カタログを活用して一般競争入札等を行い、国内外からベンダーを選定する。

## 実施体制



## 工程表

事項/年度	2013	
	(前)	(後)
<b>【PCV内部本格調査】</b>		
1. アクセス方法と装置の開発		装置設計
(1) 装置設計		要素試作/試験評価
(2) 要素試作/試験評価		
2. PCV内部の放射性物質の対策		装置設計
(1) 装置設計		要素試作/試験評価
(2) 要素試作/試験評価		
3. 検査装置・技術の開発		装置設計
(1) 装置設計		要素試作/試験評価
(2) 要素試作/試験評価		
4. 事前調査装置の開発	装置の設計/製作	装置の操作性
(1) 装置の設計/製作		
(2) 装置の検証		

# (2-①-5)原子炉压力容器内部調査技術の開発(平成25年度計画)

## 平成25年度主要目標

- (1) 原子炉压力容器(RPV)内部調査計画を立案する。
- (2) RPV内部調査計画に基づき、技術開発実施計画を立案する。

## 平成25年度の実施内容

### ○計画立案

#### i) RPV内部調査計画の立案

RPV内部調査は、燃料デブリ取出し(炉内構造物取出しを含む)に先立ちRPV内部の情報を取得することを目的として実施するものであり、必要な調査項目及び調査対象部位は燃料デブリ取出し計画に基づき定められるものである。そこで、燃料デブリ取出し方法のシナリオを検討し、このシナリオに基づき調査目的を整理し、調査項目及び調査対象部位を決定する。

一方、燃料デブリのサンプリングに関しては、燃料デブリの性状把握の要求に対して計画検討を行い、RPV内部調査計画に反映することとする。

#### ii) 技術開発計画の立案

i) 項で立案したRPV内部調査計画に基づき、調査対象部位までのアクセス方法及び調査方法を検討し、その成立性の評価と開発課題の抽出を行う。また、燃料デブリのサンプリング方法を検討し、その成立性の評価と開発課題の抽出を行う。抽出された課題に対しては、要素試作・試験の計画を立案する。

## 取組方針

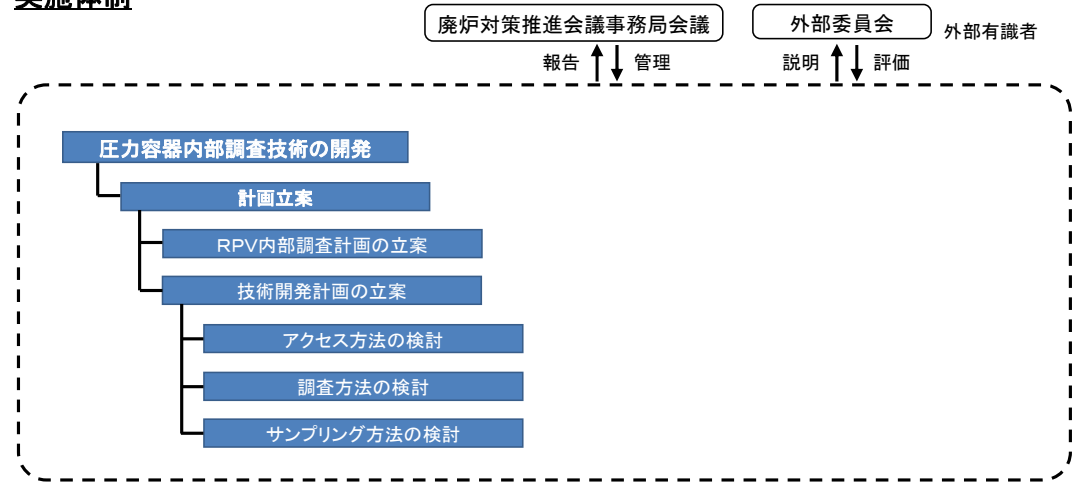
### 1. 中長期的な人材育成

関連技術の学会や分科会、セミナー等にて、大学、研究機関や関連素材、部品メーカー等企業に所属する若手を対象に実施計画や技術課題を紹介することにより、関心を持ってもらう(啓蒙活動)。また若手技術者や研究者に国内外の関連技術調査、国内外の学会等における評価や成果発表、討議を経験させてスキルアップを図る。

### 2. 国内外の叡智の活用

装置開発に必要な技術の一部では、国内外の叡智を反映して作成した技術カタログを活用して一般競争入札等を行い、国内外からベンダーを選定する。

## 実施体制



## 工程表

事項/年度	H25(前)	H25(後)
○ 計画立案		
i) RPV内部調査計画の立案		■
ii) 技術開発実施計画の立案		■



# (2-①-7) 炉内燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発 (平成25年度計画)

## 平成25年度主要目標

平成25年度は、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関連技術を整理する。また、他の関連開発の進捗や福島第一原子力発電所における実プロジェクトの進捗の状況を踏まえ、収納缶開発における課題の抽出及び課題に対するアクションプランを検討し、平成26年度以降の開発計画を立案する。さらに、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を対象とした保管システムの検討に着手する。

## 平成25年度の実施内容

### 1. 破損燃料輸送・貯蔵に係る調査及び研究計画立案

#### 1) 破損燃料輸送・貯蔵に係る調査

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

- ・燃料の破損状態
- ・現在の保管状況(湿式、乾式など)及び保管後の計画(そのまま保管、再処理、処分など)
- ・安全評価(燃料条件、臨界評価手法、被覆管からの燃料放出率の設定など)
- ・安全対策(水素対策、作業員安全対策など)
- ・許認可(規制要件、許認可手続きなど)

その結果を元に、既存技術の適用性について検討する。なお、海外の調査対象は、北米(例:TMI)、欧州(例:チェルノブイリ、Paks)、その他海外、とする。

#### 2) 課題の抽出と研究計画立案

他の開発の進捗や福島第一原子力発電所における実プロジェクトの進捗の状況を踏まえ、次項に示す課題に対するアクションプランを検討し、平成26年度以降の開発計画に反映する。

- ・他の研究開発とのインターフェースの構築に係るアクションプラン
- ・炉内燃料デブリ保管方法の選定に係るアクションプラン
- ・規制要件・技術要件の整備における規制側等への提案に係るアクションプラン

### 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保管システムについて、実プロジェクトにおける保管システムの選定に資するため、以下の観点で既存保管システムの調査を実施する。

- ・破損燃料の適用実績
- ・保管後の計画(そのまま保管、再処理、処分などを考慮した収納缶要求条件)
- ・立地条件
- ・安全評価(とくに耐震評価)
- ・許認可(規制要件、認可手続きなど)

なお、調査する保管システムは、国内外での実績を踏まえ、以下の通りとする。

- ・プール貯蔵方式
- ・金属キャスク方式
- ・コンクリートキャスク方式(横型サイロ含む)
- ・ボールド貯蔵方式

## 取組み方針

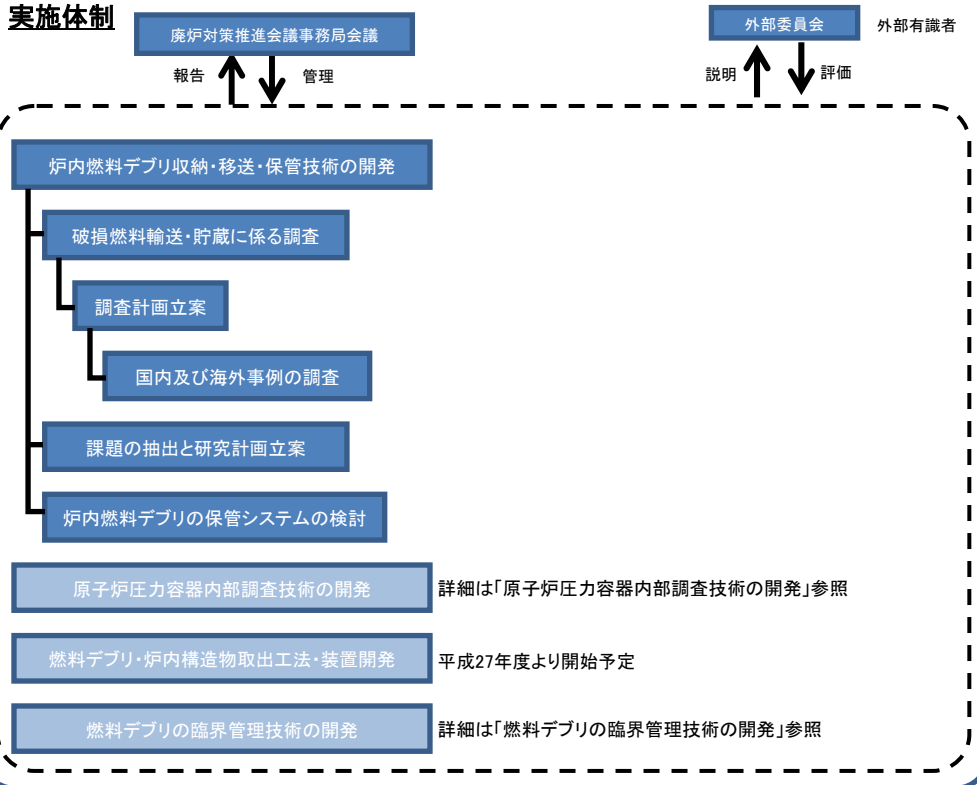
### 1. 中長期的な人材育成

関連技術の学会や分科会、セミナー等にて、大学、研究機関や関連素材、部品メーカー等企業に所属する若手を対象に実施計画や技術課題を紹介することにより、関心を持ってもらう(啓蒙活動)。また若手技術者や研究者に国内外の関連技術調査、国内外の学会等における評価や成果発表、討議を経験させてスキルアップを図る。

### 2. 国内外の叡智の活用

国内外の調査を通じて必要な知見の収集を図り、グローバルな視点で計画を立案する。

## 実施体制



## 工程表

事項/年度	2013	
	(前)	(後)
1. 破損燃料輸送・貯蔵に係る調査及び研究計画立案	調査計画立案	
1) 破損燃料輸送・貯蔵に係る調査	既存技術の調査	
2) 課題の抽出と研究計画立案		
2. 炉内燃料デブリの保管システムの検討		

# (2-①-8)原子炉圧力容器/格納容器の健全性評価技術の開発(平成25年度計画)

## 平成25年度主要目標

- (1) 原子炉格納容器(PCV)内面の防食塗装の劣化状態など、最新のPCV内部調査結果を考慮したより詳細な腐食評価する。
- (2) 平成24年度の検討などに基づき抽出された腐食抑制策について、防食効果の定量評価や実機適用性評価を実施する。
- (3) PCV冠水までに想定されるプラント状態を考慮したRPV、PCV、RPVペDESTALの余寿命を評価する。
- (4) 高温デブリ落下によるRPVペDESTALの構造健全性評価手法の検討に資する基礎データを整備する。
- (5) 原子炉注水配管の腐食影響を考慮した構造健全性を評価する。

## 平成25年度の実施内容

### 1. 実機条件を考慮した構造材料腐食試験

PCV内部調査等で得られた知見を反映し、PCV内面塗装の状態や窒素封入の影響など実機条件をより詳細に考慮した腐食試験を実施し、平成24年度に取得した基礎的条件での腐食速度との比較評価により、評価精度の向上を図る。

### 2. 腐食抑制策確証試験

平成24年度の結果等をもとに抽出した腐食抑制策について、原子炉容器構造材料等に対する腐食抑制策確証試験を実施し、各腐食抑制効果の定量的データの取得や、実機適用性評価を実施する。

### 3. 原子炉容器、RPVペDESTAL構造物余寿命・寿命延長評価

PCV冠水までに想定されるプラント状態から水位レベルなどの評価条件を設定し、動的解析による地震応答評価結果に基づくRPV/PCV、RPVペDESTALの余寿命評価を実施する。

### 4. RPVペDESTAL健全性に対する高温デブリ落下影響評価

高温デブリによるRPVペDESTALの構造健全性評価手法の検討に資することを目的に、コアコンクリート反応(MCCI)に係る文献調査等を行い、コンクリート侵食状況の推定に資する基礎データを整備する。

### 5. 原子炉注水配管等の評価

平成24年度の静止水中での腐食挙動評価に加え、安定的な冷却機能維持のため重要となる原子炉注水配管等、流動条件下の機器の腐食挙動評価を行う。またノズル等の異種金属接触による腐食加速影響等についても、試験及び解析により評価する。

## 取組方針

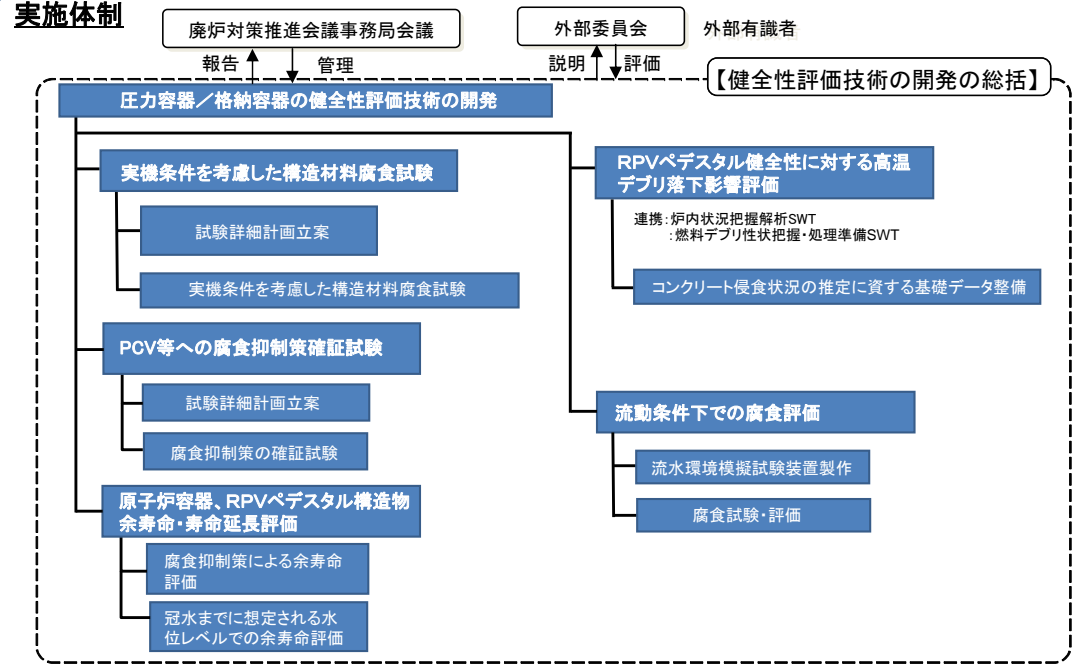
### ○中長期的な人材育成

関連技術の学会や分科会、セミナー等にて、大学、研究機関や関連素材、部品メーカー等企業に所属する若手を対象に実施計画や技術課題を紹介することにより、関心を持ってもらう(啓蒙活動)とともに、大学・研究機関との共同研究等について検討する。また若手技術者や研究者に、国内外の関連技術調査、国内外の学会等における評価や成果発表、討議を経験させてスキルアップを図る。

### ○国内外の叡智の活用

OECD/NEAなどの国際会議や海外機関から機器の健全性評価技術に関連する情報を適宜入手して、実施委員会を介して研究計画の見直しに活用する。また、国内外の関連学会会議やワークショップにおいて研究開発の成果を公表し、積極的に学術関係者の意見をいただく機会を設ける。

## 実施体制



## 工程表

事項/年度	H25(前)	H25(後)
<b>1. 原子炉容器の構造材料腐食試験</b>		
・試験詳細計画立案		
・実機条件を考慮した構造材料腐食試験		
<b>2. 腐食抑制策確証試験</b>		
・試験詳細計画立案		
・腐食抑制策の確証試験		
<b>3. 原子炉容器、RPVペDESTAL構造物余寿命・寿命延長評価</b>		
・腐食抑制策による余寿命評価		
・冠水までに想定される水位レベルでの余寿命評価		
<b>4. RPVペDESTAL健全性に対する高温デブリ落下影響評価</b>		
・コンクリート侵食状況の推定に資する基礎データ整備		
<b>5. 原子炉注水配管等の評価</b>		
・流水環境模擬試験装置製作		
・腐食試験・評価		

# (2-①-9) 燃料デブリの臨界管理技術の開発(平成25年度計画)

## 平成25年度主要目標

原子炉格納容器(PCV)内における燃料デブリの再臨界検知、および本格水処理システムにおける未臨界検知のためのモニタリング技術等を開発する。

## 平成25年度の実施内容

### 1. 臨界評価

#### (a) 臨界評価

H24年度に整備した臨界シナリオに基づき、臨界解析評価を実施する。H24年度に実施された過酷事故解析コードを活用した炉内状況把握等の研究成果を活用して、燃料デブリ性状に係る最新の知見を取り込み、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。

#### (b) 臨界時挙動評価

臨界シナリオに基づき臨界となる条件を想定して、中性子応答の解析評価を行う。燃料デブリに対応した核・熱水力反応度フィードバックのモデル開発を進める。

### 2. 廃液処理、冷却設備の未臨界管理技術

本格水処理システムへの適用を目指して、未臨界度の変化を識別するシステムを検討する。機器設計と開発を行い、試作機を製作して性能を検証する。

### 3. 炉内の再臨界検知技術

#### (a) 中性子検出器システム

H24年度に検討したシステム案に基づき、PCV内設置を想定してシステム・機器開発を行い、試作機を製作して性能を検証する。

#### (b) FPγ線検出器システム

H24年度に検討したシステム案に基づき、システム・機器開発を行い、原理検証のための試験を行い性能を検証する。

### 4. 臨界防止技術

H24年度に調査した溶解性および非溶解性の中性子吸収材候補についてデブリ取り出し作業への適用性を評価する。施工方法の概念も併せて検討する。

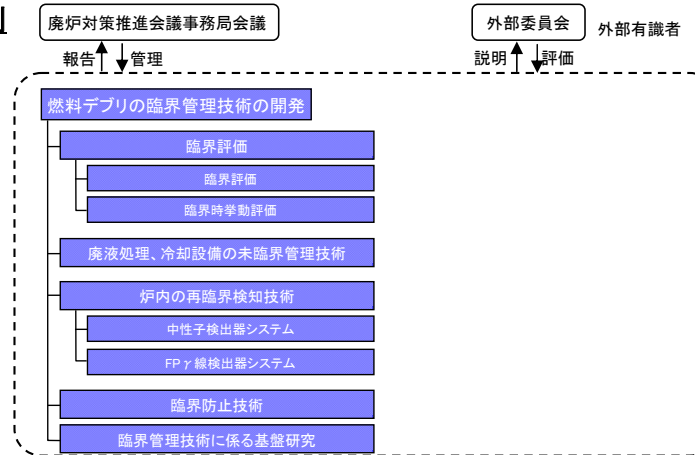
### 5. 臨界管理技術に係る基盤研究

燃料デブリの臨界量及び性状の不確かさの感度を解析するとともに、再臨界時挙動解析手法開発プラットフォームを維持・改良する。

詳細燃焼解析コードの改良及び照射後試験(PIE)等による検証を進める。再臨界時の投入反応度評価を高度化する輸送計算コードを開発するとともに、このコードの検証及び燃料デブリ臨界量ベンチマークデータ取得のための臨界実験を検討・準備する。燃料デブリ取り出し時の未臨界確認・監視に向けた中性子検出器の設計を検討する。

※PIE(Post Irradiation Examination): 照射後試験

## 実施体制



## 工程表

主要案件		2013年度(平成25年度)	
		(前)	(後)
1. 臨界評価	臨界評価	解析評価	
	臨界時挙動評価	モデル開発	
2. 廃液処理、冷却設備の未臨界管理技術	システム設計		
	機器設計/試作機製作		
	性能評価検証		
3. 炉内の再臨界検知技術	中性子検出器システム	システム・機器設計/試作機製作	フィードバック ↑↓ 性能評価検証
	FPγ線検出器システム	機器設計/試作機製作	性能評価検証
4. 臨界防止技術	材料開発		
5. 臨界管理技術に係る基盤研究	臨界管理手法の整備	臨界量・寸法等/不確かさ評価 燃焼計算コード(SWAT)の改良	
	燃料デブリ取り出し時の未臨界監視システムの開発	検出器設計・試作	
	臨界実験及びPIE	照射後試験(PIE)準備 設計検討(STACY更新/臨界実験)	

## 中長期的な人材育成

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

## 国内外の叢智の活用

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

# (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(H25年度計画)

## H25年度主要目標

事故進展解析技術高度化の成果、現場オペレーションから得られる情報、海外の知見等を活用し、炉内状況把握のための継続的な検討を実施し、福島第一原子力発電所における中長期的な廃止措置に向けた取り組みにおける燃料デブリ取り出し作業へ炉内状況に関する情報を提供する。

## H25年度の実施内容

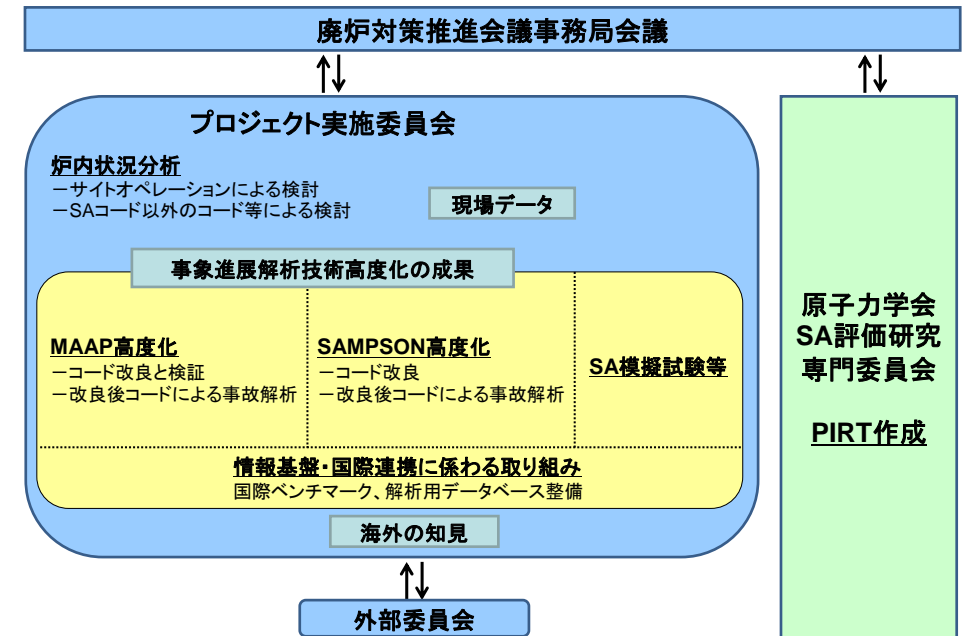
	目標および実施内容
①-1	【MAAP】H24年度に抽出した解析コードの改善点、サイトのオペレーションから得られる情報、既存の模擬試験の結果、最新知見等に基づきMAAPを改良
①-2	【SAMPSON】H24年度に抽出した解析コードの改善点、サイトのオペレーションから得られる情報、既存の模擬試験の結果、最新知見等に基づきSAMPSONを改良
②-1	【MAAP】改良した解析コードを用いて、構築したデータベースに基づき1～3号機の事故進展／炉内状況の把握に関する解析
②-2	【SAMPSON】一部改良した解析コードを用いて、構築したデータベースに基づき1～3号機の事故進展／炉内状況の把握に関する解析
③	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把握のための継続的な検討
④	国際ベンチマーク(OECD/NEA BSAFプロジェクト)の実施 (情報基盤・国際協力に係わる取り組み)
⑤	模擬試験等の実施 (シビアアクシデント事象進展の詳細分析に資する模擬試験準備、予備試験及び解析等)

日本原子力学会との連携：  
原子力学会でのシビアアクシデント現象評価の知見収集・整理に関する活動(PIRT開発活動等)から解析コード高度化に必要な知見を取得。

## 大学・研究機関の参画

SAMPSONの改良に関して、原子力学会のシビアアクシデント評価専門委員会の参加者から改良案件を公募し、決定した東京大学、早稲田大学、電気通信大学でモデル開発等を実施。

## 実施体制



## 工程表

事項／年度	2013(前)	2013(後)
①-1 解析コードの改良・検証	MAAPの改良・検証	
①-2 解析コードの改良・検証	SAMPSONの改良・検証	
②-1 改良版MAAPによる解析		改良版MAAPによる解析
②-2 改良版SAMPSONによる解析		改良版SAMPSONによる解析
③ 炉内状況分析		炉内状況分析
④ 国際ベンチマーク (BSAFプロジェクト)		国際ベンチマーク(BSAFプロジェクト)
⑤ 模擬試験等の実施		模擬試験の実施
PIRT作成 (原子力学会との連携)		PIRT作成

# (2-③)-1, 3) 模擬デブリを用いた特性の把握、燃料デブリ処置技術の開発 (平成25年度計画)

## 平成25年度主要目標

- ・燃料デブリ特性の把握: サンプルング・取出し等の検討に向けて、(U,Zr)O<sub>2</sub>に構造材料(Fe)を加えた模擬デブリの硬度データ等を取得する。また、福島事故特有の反応(模擬デブリとB<sub>4</sub>C、コンクリート等の高温反応)による生成物の性状評価を継続するとともに、MCCI(溶融炉心-コンクリート反応)生成物に係る検討に着手する。
- ・燃料デブリ処置技術の開発: 燃料デブリ処理方策として考えられる選択肢について技術課題を整理し得失を評価する。また、既存処理技術の適用性に係る評価を進める。

## 実施内容

### 1. 燃料デブリ特性の把握

- ① 模擬デブリの特性評価(模擬燃料デブリの作製条件の検討を含む)
  - ・模擬デブリにおける構造材成分の混入による機械物性(硬度、弾性率および破壊靱性)への影響等の新たな知見を集約する。機械物性が異なる複数のコールド材料の切削試験を行い、各機械物性と掘削性能の相関性を評価する。また、モックアップ試験に適用すべきコールド模擬燃料デブリの材料検討を進める。
  - ・福島特有事象であるB<sub>4</sub>Cやコンクリート等との反応、さらにMOX燃料からの生成デブリを想定した系での熱物性等を把握することで、実デブリ物性への影響を評価する。
  - ・H24年度のMCCI生成物に係るアプローチ検討結果に従い、MCCI反応生成物の化学形態の推定、及び過去のMCCI試験の生成物に対する物性測定に着手する。(CEAとの国際協力)

### 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をH26年度から着手するための準備を進める。

### ③ 実デブリ特性の推定

- ・PCV内観察やシビアアクシデント解析等の最新情報の収集を継続し、上記①の研究開発成果と合わせて昨年度に実施した実デブリ推定結果(種類、物性値)を更新する。

### ④ 国際協力(共同研究)の検討

- ・海外の研究機関(INL、CEA、KIT、ITU等)と情報交換を進めるとともに、CEA、INLとの共同研究の手続きを進める。

### 2. 燃料デブリ処置技術の開発

#### ① シナリオ検討に向けた技術的要件の整理

- ・燃料デブリ処置方策として考えられる選択肢について技術的な課題を整理し、得失を評価する。

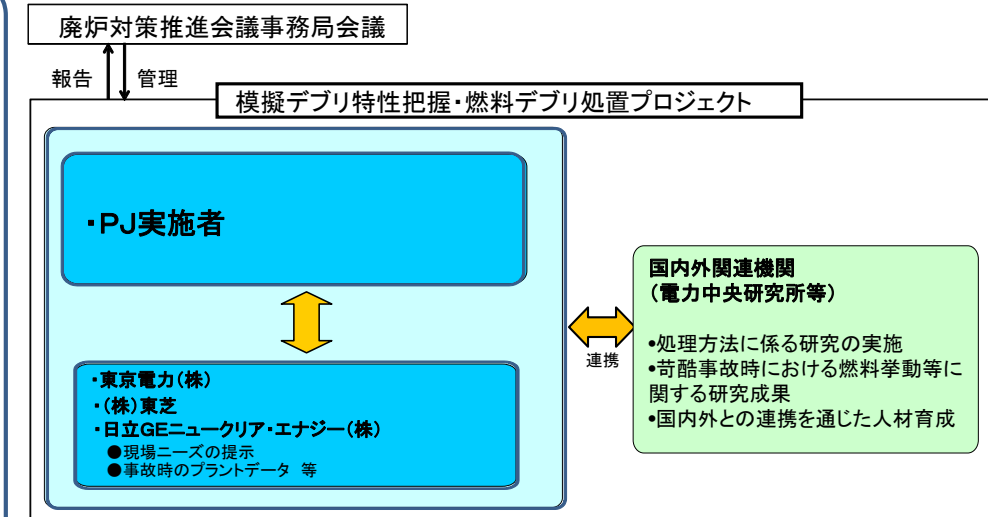
#### ② 処置技術の適用性検討

- ・分析技術の検討として模擬デブリを用いた溶解試験を行い、アルカリ融解法等の適用性を評価する。
- ・模擬デブリを用いて湿式・乾式等処理技術の成立性に係る基礎的なデータを取得する。

## 中長期的な人材育成

- ・国際協力相手機関への人材派遣など研究開発を通じた人材育成について計画案を作成する。また、関係組織が協力し、若手技術者の能力向上・知見拡大に努め、長期にわたるデブリ関連研究を確実に実施するために必要な人材の確保をはかる。

## 実施体制



## 実施工程

事項/年度	2012	2013年度		2014
		(前)	(後)	
1. 燃料デブリ特性の把握	炉内情報を収集、炉内状況把握・解析SWTと連携を図り、デブリ生成状況を推定			
① 模擬デブリの特性評価(模擬デブリの作製条件の検討を含む)	模擬デブリの機械物性評価(U-Zr-O)		同左(U-Zr-Fe-O)	
	炉内外材料との反応生成物評価(海水塩・B4C等) 同左(コンクリート)			
② TMI-2デブリとの比較	施設対応・輸送方法検討		施設・輸送容器等対応 輸送・試験	
③ 実デブリ特性の推定	暫定リスト作成		実デブリ特性リスト改定	
④ 国際協力(共同研究)の検討	JAEA-CEA共同研究(模擬デブリ/模擬MCCI生成物性状調査等)			
	JAEA-米国共同研究(内容調整中)			
2. 燃料デブリ処置技術の開発	シナリオ検討に向けた技術的要件の整理、既存処理技術の適用性検討			

# (2-③-4)燃料デブリに係る計量管理方策の構築(平成25年度計画)

## 平成25年主要目標

- TMI-2及びチェルノブイリでの燃料デブリ中に含まれる核燃料物質を定量するために用いた測定技術及び計量管理手順を整理し、福島第一原子力発電所との比較検討を行った上、適用する計量管理手法の基礎データを整備する。
- 汚染水や廃棄物中の核物質調査結果等から核燃料物質の分布状況の評価を継続する。
- 福島第一原子力発電所に適用可能性のある合理的な核燃料物質測定技術リストの中から実用化の可能性のある候補技術を複数選択する。

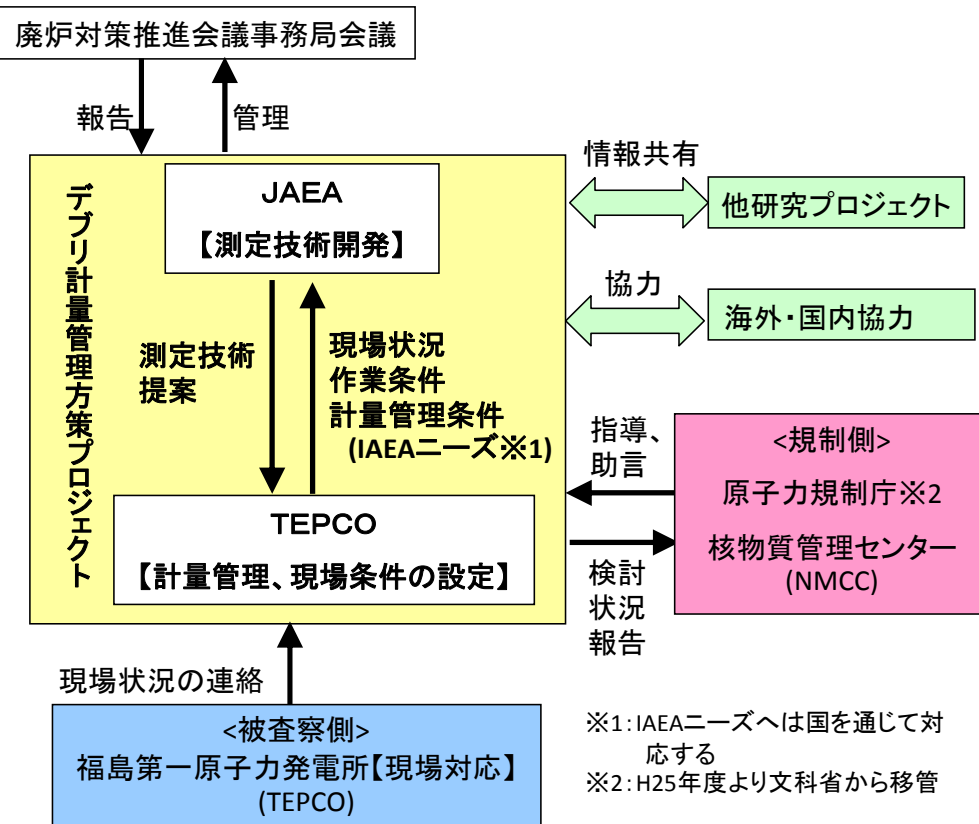
## 平成25年度実施内容

- TMI-2及びチェルノブイリ事故での核燃料物質測定技術、計量管理手順について情報収集及び情報整理を継続し、福島第一原子力発電所との比較検討を実施する。
- 福島第一原子力発電所に適用可能性のある核燃料物質測定技術の評価を実施し、H26年度以降技術開発を実施する実用化の可能性のある候補技術を選択する。
- 核燃料物質測定技術の基礎的な技術開発、適用可能性評価のための基礎データを取得する試験を継続する。
- ガレキ、汚染水の核物質調査結果等を整理する。調査結果等から廃棄物中の核物質測定技術開発の必要性を検討する。

## 国内外の叡智の活用及び中長期的な人材育成

- DOE-JAEA保障措置協力取極めに基づく共同研究を米国DOE/国立研究所と以下の内容について実施する。
  - 燃料デブリ測定技術の技術リストの作成
  - 各技術の適用性を評価する項目及び手法の検討
  - 検討した手法を用いた各測定技術の適用性評価
  - 開発を行う燃料デブリ測定技術の選択
- 国際協力等の研究開発を通じた人材育成について検討する。

## 研究実施体制



## 実施工程

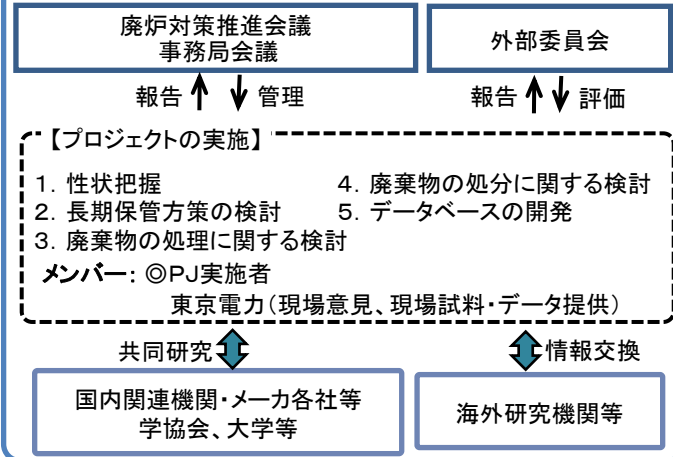
事項／年度	2013年度(平成25年度)	
	(前)	(後)
1. 文献調査、現場管理状況調査	TMI、チェルノブイリの情報収集、1Fとの比較	
2. 核燃料物質の分布状況の評価	核燃料物質の分布状況評価	
3. 燃料デブリに係る計量管理手法の構築	測定技術の適用性検討	

# (3) 固体廃棄物の処理・処分に係る研究開発計画(平成25年度)

## 平成25年度主要目標

1. 性状把握
  - 各工程からの処理水の分析結果を用いて二次廃棄物の核種組成の評価を進める。また、ガレキ、伐採木等への放射性物質の付着状況等を把握するための分析を実施する。
  - 廃ゼオライトの保管方策検討に必要なセシウム濃度分布、化学的性状の概要を評価する。
2. 長期保管方策の検討
  - 廃ゼオライト及びスラッジの保管容器について、腐食、水素発生等の長期保管性能の評価を実施する。
3. 廃棄物の処理に関する検討
  - 長期保管方策の検討において、十分な保管性能が担保されないケースに対応し、廃ゼオライト・スラッジに適用可能な廃棄体化技術を提案する。
4. 廃棄物の処分に係る検討
  - 既存の処分概念の適用性確認に向け、処分技術、処分安全評価等に関する基礎的な検討を実施する。
5. データベースの開発
  - 研究開発成果や情報を整理するためのデータベースを製作、試運用し、運用上の課題の抽出、課題を解決するための改良案の検討を実施する。

## 実施体制



## 平成25年度の実施内容

1. 性状把握
  - 汚染水及び処理水中の難分析核種等の分析結果および解析的な手法に基づき二次廃棄物の核種組成の評価を進める。また、第二セシウム吸着装置、多核種除去設備から発生する二次廃棄物に関するデータの収集を継続する。さらに、スラッジならびに多核種除去設備から発生する二次廃棄物の採取方法を検討し、必要に応じて採取分析する。
  - 吸着シミュレーション解析及び模擬試験を進め、代表的な廃ゼオライト吸着塔のセシウム濃度分布を試算する。また、熱伝導率等の保管に係わる性状データを評価する。
  - ガレキ、伐採木等の核種分析を継続し、場所や線量に対する核種組成の特徴を検討する。試料の分析は、汚染水試料と合わせて50サンプル程度を実施し、対象核種は、廃棄物の処分を検討する上で重要となる約30核種とする。
  - H24年度に実施した難測定核種の分析フロー等の検討結果に基づき評価試験を実施し、難測定核種分析技術に関する課題の抽出、新規フロー考案等の対応策の検討等を実施する。また、高線量試料等の分析に対応するため、キャピラリー電気泳動法及びレーザー共鳴電離質量分析を用いた簡易な分析システムの開発を実施する。
2. 長期保管方策の検討
  - スラッジ等の保管容器材料を対象に腐食データを取得し、腐食支配因子について明らかにするとともに、腐食進展データを基に想定される容器材料の耐用寿命について評価する。廃ゼオライトについても、実機塩分洗浄試験及び腐食基礎試験の結果から、吸着塔容器材料の局部腐食発生の有無を評価する。また、水素生成の収量(G値)等の放射線化学データを取得し、安全性を定量的に評価する。廃ゼオライト吸着塔内の水素拡散解析及び実体系模擬試験等により、現行の水素安全対策について確認する。
  - スラッジ保管の安全性(水素、崩壊熱、材料)について確認する。また、第二セシウム吸着装置、多核種除去設備から発生する二次廃棄物の性状データに基づき、長期保管方策について必要に応じて検討する。
3. 廃棄物の処理に関する検討
  - 十分な保管性能が担保されないケースに対応し、廃ゼオライト・スラッジの廃棄体化に係る基礎試験を種々の廃棄体化技術に対して継続するとともに、これらに適用可能な廃棄体化技術を提案する。また、多核種除去設備等から発生する二次廃棄物の廃棄体化のため、必要に応じセメント固化等の基礎試験に着手する。
  - 処理技術、廃棄体化技術等に関する既存技術の調査を実施するとともに、既存技術の適用性確認に向けた技術比較等を実施する。
4. 廃棄物の処分に係る検討
  - 処分技術、処分安全評価技術等に関する既存技術の調査を実施するとともに、既存処分概念への適用性確認に向けた基礎的な検討を実施する。
5. データベースの開発
  - H24年度の検討結果を基にプロトタイプデータベースの機能・運用方法等の検討、設計・製作、試運用を行うとともに、運用上の課題の抽出、課題解決に向けた改良案の検討を実施する。

## 中長期的視点での人材育成

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

# (3) 固体廃棄物の処理・処分に係る研究開発計画(平成25年度)

## 目標工程

事項	2013	
	(前)	(後)
1. 性状把握	水処理二次廃棄物(廃吸着材・スラッジ等)	
	核種組成評価、廃棄物の採取方法の検討	
	廃吸着塔の吸着シミュレーション及び模擬試験、熱伝導率測定等	セシウム分布等評価
	第二セシウム吸着装置、多核種除去設備の二次廃棄物の性状把握	
	ガレキ、伐採木等	
	サンプリング	
	核種分析	
	分析技術開発試験	
2. 長期保管方策の検討	課題抽出・対応策検討	
	スラッジ等の保管容器材料の腐食データの取得	支配因子、寿命評価
	G値等の放射線分解基礎データの取得	水素安全対策評価
	セシウム吸着塔実機塩分洗浄試験及び腐食基礎試験	腐食発生評価
	スラッジの熱解析	熱的安全対策評価
	第二セシウム吸着装置、多核種除去設備の二次廃棄物の長期保管方策の妥当性の検討	
3. 廃棄物の処理に関する検討	水処理二次廃棄物(廃吸着材・スラッジ等)	
	ゼオライト、スラッジの廃棄体化基礎試験	廃棄体化技術とりまとめ
	多核種除去設備等の二次廃棄物の廃棄体化の調査・基礎試験	
	ガレキ、伐採木等	
	文献調査	適用性確認に向けた技術比較
4. 廃棄物の処分にに関する検討	文献調査	
	適用性確認に向けた基礎的検討	
5. データベースの開発	検討、設計、製作、試運用	