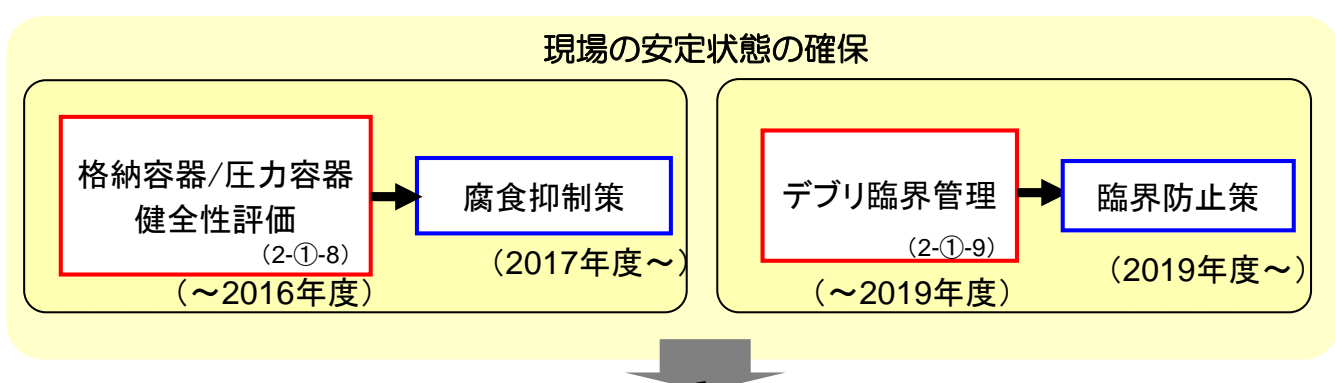
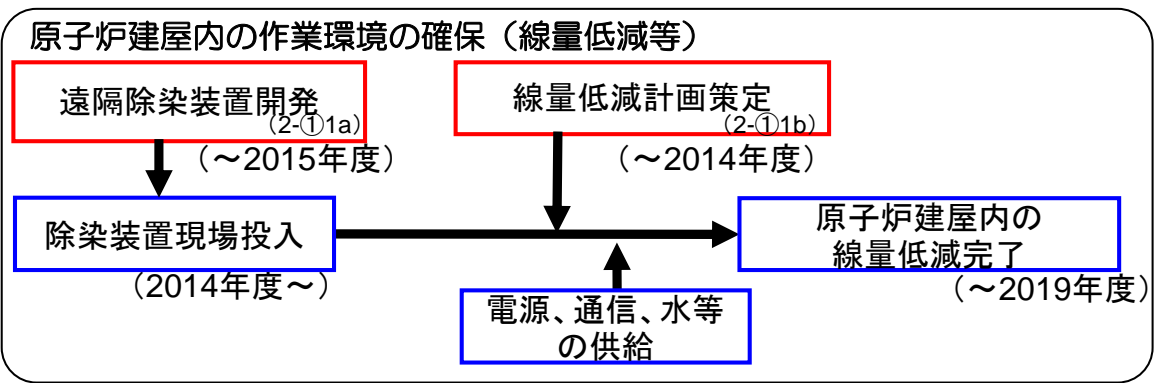
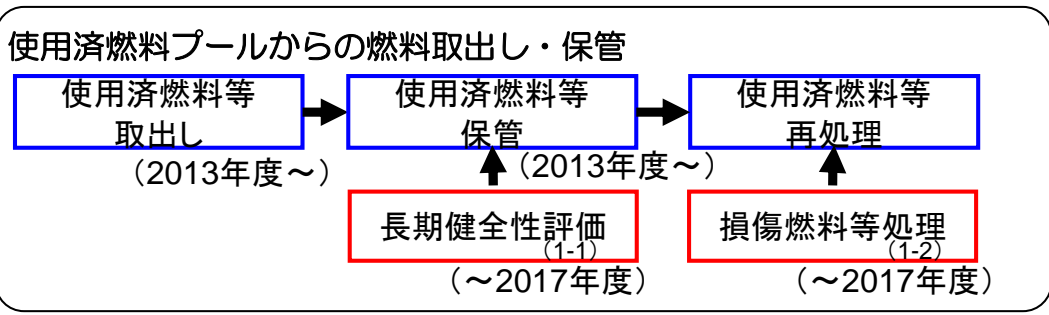
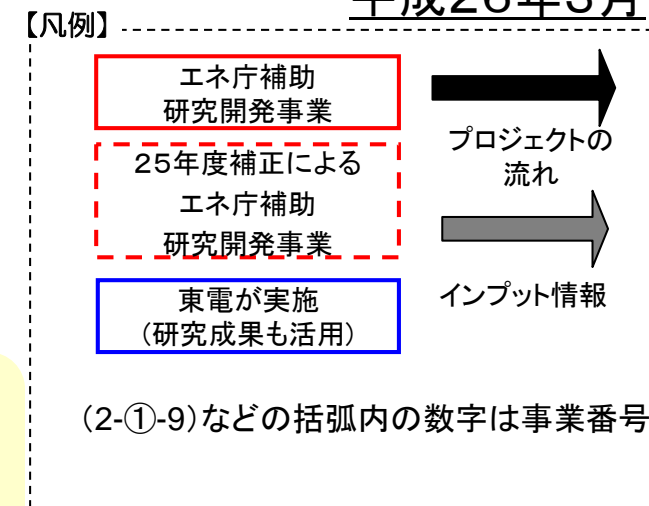
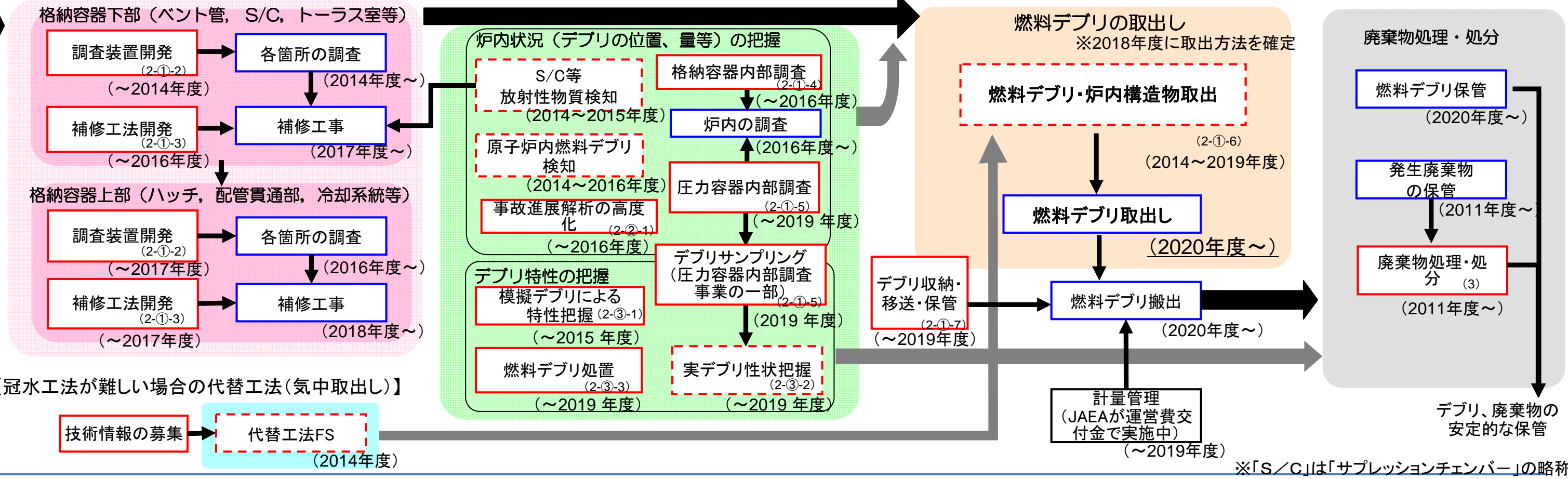


# 福島第一原発の廃炉・汚染水対策に係る研究開発等のフロー図

平成26年3月



- 【冠水工法(燃料デブリを冠水させた状態での取出し)】
- ①全部冠水(格納容器上部まで水張りできる場合)
  - ②部分冠水(格納容器上部まで水は張れないが、燃料デブリの取り扱いは水中で行う場合)



※「S/C」は「サプレッションチェンバー」の略称。

現在の研究開発等の整理										
使用済燃料	使用済燃料の長期健全性評価	取り出し後の長期保管、乾式保管								
	損傷燃料の処理方法の検討	保管後の損傷燃料の処理								
建屋等の作業環境	遠隔除染技術	低所用 (2m以下の壁面)	高所用 (2m以上の壁面)	上部階 (2階以上)	上部階の高所用 ※今後の研究開発状況次第で着手	地下階 (汚染水滞留部)	遠隔遮へい			
	総合的線量低減計画	除染、遮へい、撤去等の組み合わせ								
	建屋周辺の線量低減	(現状)盛土、敷地舗装、遮へい物の設置、無人重機等(東電が実施中)								
冠水工法の準備	格納容器漏えい箇所調査	【上部】	電気ペネ、ベローズ、系統配管					ドライウエル(ナックル部)		
		【下部】	ベント管下部周辺	ベント管ードライウエル接合部		S/C上部 (真空破壊ライン)	S/C下部	トラス室壁面、三角コーナー		
	格納容器補修(止水)	【上部】	電気ペネ、ベローズ			系統配管	ハッチ部		ドライウエル(ナックル部) ※調査結果次第で着手	
		【下部】	ベント管	クエンチャ	ダウンカマ	ドライウエル ※調査結果次第で着手	S/C上部 (真空破壊ライン)	S/C接続配管	トラス室埋設	トラス室壁面 三角コーナー 建屋間スリーブ
炉内状況(デブリの位置、量等)の把握	【調査】	(直接)	圧力容器内部調査				(間接)	(地上)ミュオンによるデブリ検知 ※圧力容器内のデブリを検知		
	【推定】		格納容器内部調査					(地下)S/C、トラス室内の放射性物質検知		
	【推定】	事故進展解析の高度化(MAAP、SAMPSON)								
デブリの状態	デブリの特性把握	模擬デブリの性状把握			実デブリの性状把握			デブリの処置(長期保管)		
デブリの取出し	取出し方法	冠水工法によるデブリ・炉内構造物の取出し工法・装置の開発					代替工法(気中工法)の技術の確認・検証			

※「S/C」はサプレッション・チェンバーの略称。

凡例:

実施中

未着手かつ  
平成26年度着手予定未着手かつ  
平成26年度に着手しないもの

現在の研究開発等の整理				
現場の安定状態の確保	格納容器／圧力容器の健全性評価	格納容器、圧力容器、ペDESTAL、配管等の余寿命評価、耐震強度評価、腐食抑制策		
	建屋の健全性	(今後)コンクリートの劣化を踏まえた建屋の健全性評価(東電が実施予定)		
	臨界管理	炉内・炉外における再臨界の検知・防止		
廃棄物等の扱い	計量管理	1F溶融燃料の計量管理を行い、IAEAへの対応を行うもの(JAEAが運営費交付金で実施中)		
	収納・移送・保管	臨界防止、除熱、遮へい、密封のための保管システム、収納缶		
	廃棄物の処理・処分	ガレキ、伐採木、水処理二次廃棄物	デブリの処分	
汚染水対策	近づけない	凍土方式の遮水壁		
	取り除く	高性能多核種除去装置	海水浄化※	汚染水貯蔵タンク除染※ トリチウム分離※
	漏らさない	土壌中放射性物質捕集※		
	その他	無人ボーリング※		

※は技術の確認・検証を実施

凡例:

実施中

未着手かつ  
平成26年度着手予定

未着手かつ  
平成26年度に着手しないもの

# (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25年度実績)

湿式保管時の使用済燃料プールから取り出した燃料健全性評価対象箇所(図1)を考慮して使用済燃料及び模擬燃料部材を用いた腐食試験等を行い、健全性評価に資する知見を得るとともに、乾式保管に関しては国内外の技術調査を行い、課題の抽出、試験計画の立案を実施した。

## 実施内容

### 1. 長期健全性評価のための試験条件検討

4号機新燃料調査時に採取した瓦礫を用いた溶出試験を実施し、瓦礫から溶出する海水成分等が水質に与える影響を評価した。

### 2. 共用プールでの燃料集合体材料の長期健全性評価

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を実施した(図2)。

### 3. 共用プール保管燃料の状態調査

共用プールに貯蔵中の使用済燃料の外観観察(図3)及び酸化膜厚測定を実施し、今後の使用済燃料プール(SFP)から取り出した燃料調査のための比較データを採取した。

### 4. 乾式保管等に関する調査及び試験計画立案

国内外の乾式保管に関する規制、事例及び試験データを調査して当該燃料を乾式保管する場合の課題等を抽出し、平成26年度以降の試験計画を立案した。

### 5. 損傷燃料からの核分裂生成物(FP)等溶出評価

瓦礫落下による燃料棒破損を想定して使用済燃料による溶出試験を行い、FPの溶出挙動を評価した。

### 6. 長期健全性評価に係る基礎試験

使用済被覆管を用いたジルカロイの腐食に及ぼす海水成分影響等の調査(図4)及び4号機新燃料部材の表面分析等を行った。

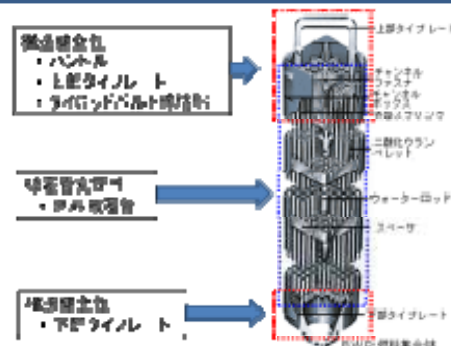


図1 1FSFP取出し燃料集合体の湿式保管時の長期健全性評価項目



浸漬後(B型上部ロックナット、①条件) 浸漬後(B型下部タイププレート、①条件)

図2 腐食試験後のロックナット外観



図3 上部タイプレート締結部の外観

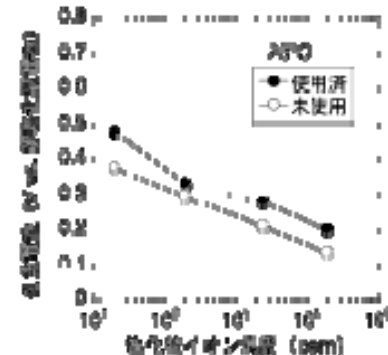


図4 未使用及び使用済被覆管の希釈人工海水での孔食電位

## 課題及び次期計画の方向性

燃料集合体取出し工程や照射後試験施設への輸送状況等を試験計画に反映、引き続き湿式保管及び乾式保管における健全性評価を実施する。

## 人材育成、国際連携等

223rd ECS Meeting 等、国際会議での成果発表を行った。また、東大、大阪府立大及びNIMSと連携して長期健全性評価に係る試験を実施した。

## (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年度実績)

### これまでの主な実施内容と評価

不純物の付着、損傷、漏えいの可能性のある原子炉建屋プール内使用済燃料の再処理の技術的成立性を判断するため、損傷燃料等の取扱いに係る国内外の事例調査を実施した。

### 実施内容

#### 1. 国内外における損傷燃料等に関する事例調査

国内事例については、原子力施設情報公開ライブラリー(NUCIA)に登録された燃料損傷の事例について、法令報告書等から当該事例における損傷燃料の取り扱い方法を調査した。国外事例については、IAEA等の文献や国際原子力情報システム(INIS)に登録された文献等から損傷燃料の事例及び当該事例における損傷燃料の取り扱い方法を調査した。

#### 2. 諸外国における損傷燃料等の取り扱い要件・判断基準等の調査

諸外国における燃料の損傷状態を分別するための確認項目、判断基準、燃料の検査方法等について、IAEAの損傷燃料に関する文献、米国の指針・規格等の調査を行った。

#### 3. 再処理施設における損傷燃料等の取り扱い方法、事例の調査

再処理事業指定申請書における使用済燃料の取り扱いについての記載内容の整理を行った。また、東海再処理施設におけるピンホール燃料及び再組立燃料の処理実績を調査し、その取り扱い方法について健全な使用済燃料との相違点等についてとりまとめた。さらに、海外の再処理施設における損傷燃料の取り扱い事例について公開資料・文献の調査等を行った。



東海再処理施設においてピンホール燃料等に使用する容器(燃料取り出し後)

海外再処理施設において損傷燃料の取り扱いに使用する容器\*

\*A.H.C.Callaghan, P.N.Standring, J.Prestwood, D.G.Makin, "The Management of Non-standard, Failed and Damaged Oxide Fuels At Sellafield", (2005)

#### 4. 再処理に向けた判断指標及び技術的課題の整理

上記の調査結果を踏まえ、再処理の実施可否にかかる判断指標の整備に必要な情報、損傷燃料等の取り扱いに係る技術的課題、それらへの対応策等について整理した。

### 平成26年度計画の方向性

平成26年度は損傷燃料等の化学処理工程等への影響評価として、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開始する。また、再処理施設において想定される影響を網羅的に抽出し、整理する。

### 人材育成、国際連携等

海外の再処理施設における損傷燃料の取り扱い事例の調査において、英仏の再処理事業者を訪問、情報収集を実施中。

## (2-①-1a) 原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発 (平成26年3月末時点における進捗状況)

①低所用除染装置は、平成24年度に製作した装置の改造を行い、福島第一原発での実証試験を完了予定。吸引・プラスト除染装置は実証試験を終了し、目標(除染係数5)の達成について評価中。他の2つの装置も含めて、実証試験、改良、性能評価を完了予定。②高所用除染装置は製作を完了予定。③上部階用除染装置は、設計を完了予定。

### 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、汚染分布調査、内包線源調査、汚染浸透調査を完了予定。現在1階高所調査のうち、2号機1階北西部にて、除染前の表面汚染調査、内包線源調査、1号南側調査(線量率調査、汚染分布調査(図1)、表面汚染調査、コアサンプル採取)を終了。採取したコアサンプルの浸透汚染調査のため分析を完了予定。
- 2号オペフロ調査に関連し、屋上から調査を行うための穴あけ作業を終了。ガンマカメラでの汚染分布調査、床のコアポーリングを完了予定、採取したコアサンプルの浸透汚染調査のため分析を完了予定。

#### 2. 除染技術整理及び除染概念検討

- 高所除染装置及び上部階除染装置の基本方針の策定を完了。

#### 3. 遠隔除染装置設計、製作、除染実証試験

- 上部階に適用する遠隔除染装置の設計、高所除染装置の製作を完了予定。
- 平成24年度製作した除染装置(図2:高圧水除染装置、ドライアイスプラスト除染装置、吸引・プラスト除染装置)の実機実証試験を完了予定。現在、改造を行い順次現場にて実証試験を計画中。吸引・プラスト除染装置について、1号機南側エリアの除染実証試験を終了(図3)。他の2つの装置も含めて、実証試験、性能評価を完了予定。

#### 4. 実機遮へい設置実証

- 遠隔遮へい設置の計画の一部を終了し、計画及び工場での実証試験、評価を完了予定。

### 人材育成、国際連携等

- プロジェクトには若手技術者を担当させ、OJTにて人材育成を図っている。東京大学、筑波大学と周辺の状況認識の最適化等、千葉工大、英国REACT社とガンマ線イメージャー、JAEAとサンプル分析に関連する協力を実施。また、IRID主催の人材育成のワークショップとIROS2013にて報告を行った。

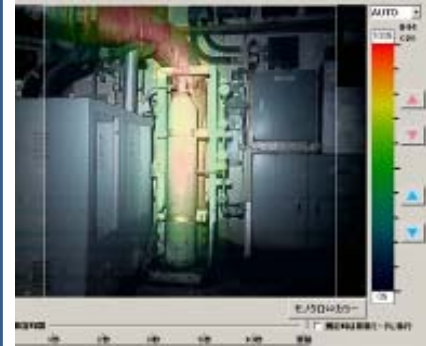


図1 γカメラによる1号南側調査結果(AC系配管のホットスポット)

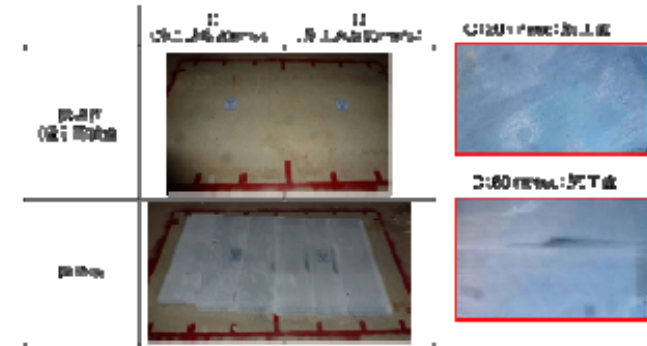


図3 吸引・プラスト装置による除染実証試験結果



高圧水除染装置  
(日立GE)



吸引・プラスト除染装置  
(三菱重工)



ドライアイスプラスト除染装置  
(東芝)

図2 平成24年度に製作した除染装置

### 課題及び次期計画の方向性

滞留水浸漬部をドライアップした後に、ダストの影響で現場へのアクセスが困難となった場合の対処について、シナリオ検討が必要。また、ダスト対策を含めた除染方法について検討が必要。

# (2-①-1b) 総合的線量低減計画の策定 (平成26年3月末時点における進捗状況)

原子炉建屋内の作業エリア内の線量率分布、構造物の損傷状況等を整理し、目標線量率（3mSv/h）を達成するため、除染、遮へい、線源撤去等の組み合わせによる線量低減計画の策定を完了し、被ばく線量の算出や要員数、作業期間等を算出する予定。

## 実施内容

### 1. 作業エリアの状況把握

- ・1号機1階南側、1～3号機の1階高所部、上部階（2階以上）及び階段部の内、平成25年度新たにデータが採取された作業エリア内の線量率分布（図1）、放射線汚染の状況、構造物配置（図2）等を整理。
- ・PCVペネトレーション及びハッチ類調査のための作業場所やS/C下部調査及びPCV下部の調査、補修用の穴あけのための作業場所をもとに作用エリアを設定し、目標空間線量率の暫定値（3mSv/h）を設定。

### 2. 原子炉建屋内の作業計画の策定

- ・除染技術、遮へい技術、撤去技術及び必要となる付帯設備について、平成24年度評価選定した技術に加えて、新たに開発された除染装置などについて、平成25年度線量低減計画の実施範囲に適用可能な技術を調査、整理中。
- ・データを入手次第順次、データを整理し、既存除染技術や遮へい技術を適切に組み合わせ、作業エリア内の被ばく低減計画を策定。
- ・具体的には、除染作業、撤去作業、遮へい設置等の全体計画策定や、被ばく線量及び作業量の算出（要員数、作業期間等）。

### 3. 国外の叡智の活用

- ・国外機関に対し、線量低減に関わる困難な課題についてのソリューションを公募し3機関を選定。

2号機原子炉建家1階上部空間の調査結果

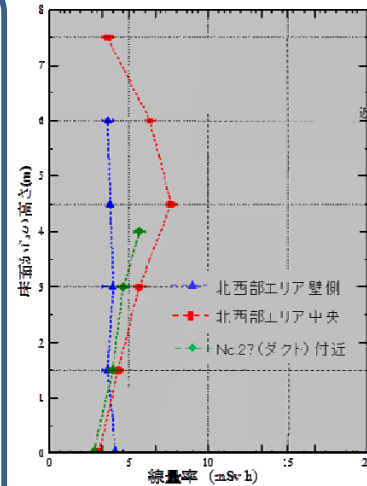
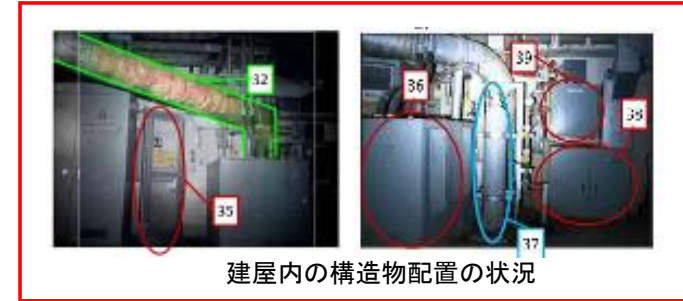


図1 γ線線量率の高さ依存性  
2号機西北部



建屋内の構造物配置の状況

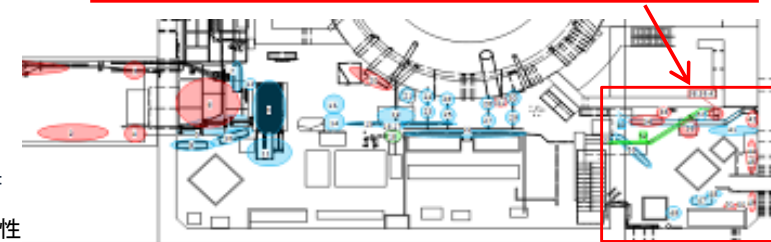


図2 構造物配置の整理例:1号機1階南側

## 課題

- ・当初想定したよりもアクセスが困難な高線量かつ、狭隘部が多く、汚染分布が複雑なため、汚染分布に適した線量低減計画の策定を行うことが必要。

## 人材育成、国際連携等

- ・原子力学会2013秋の年会、21世紀における発電炉廃止措置のあり方に関する調査検討委員会、遮蔽ハンドブック専門委員会にて成果を発表。
- ・線量低減策を議題とした国外機関専門家との意見交換を行う報告会を3月25日（予定）に開催し、海外の知見を収集。

## (2-①)-2, 3) 格納容器水張りに向けた調査・補修(止水)技術の開発 (平成26年3月末時点における進捗状況)

- ・調査：下部用については、装置の設計、製作および工場モックアップ試験設備を製作し装置の性能試験及び実機適用性評価を完了予定。  
上部用については、調査部位毎に装置設計・製作及び性能確認を完了予定。
- ・補修：下部用については、装置の設計・製作に向け、補修工法と止水材の詳細検討と要素試験を完了予定。  
(止水) 上部用については、損傷の可能性が高い箇所に応用する補修装置の製作に向けて、試験等成果を止水材の詳細検討・設計に反映予定。

### 実施内容

#### 1. 格納容器調査技術の開発

##### 1.1 格納容器下部調査装置の開発

- ・格納容器下部調査装置・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。工場モックアップ試験設備を製作し装置性能確認を完了予定。
- ・実機適用性評価(現場実証)の計画を策定し現場実証を完了予定。

##### 1.2 格納容器上部調査装置の開発

- ・格納容器上部調査装置は、調査部位毎に装置設計・製作及び性能確認を実施。(ドライウェル(D/W)外側開放部調査装置の漏えい特定用デバイスについては、代表である基本タイプの小径ペネ向けを実施)
- ・実機適用性評価(現場実証)の計画を策定。平成27年度に現場実証予定。

#### 2. 格納容器補修(止水)技術の開発

##### 2.1 格納容器下部補修装置の開発

- ・ベント管やサブプレッションチェンバなどでバウンダリ構成するための補修装置の設計・製作に向けて、補修工法の詳細検討(止水試験等による止水材の詳細検討や閉止補助材の最適化検討等)を完了予定。

##### 2.2 格納容器上部補修装置の開発

- ・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)に応用する補修装置の製作に向けて、止水試験等による成果を止水材の詳細検討・設計に反映予定。



### 課題及び次期計画方向性

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。

### 人材育成、国際連携、等

ICONE等で成果の報告を行い、成果の周知を行った。また、福島ワークショップでの発表を実施した。



## (2-①-4) 格納容器内部調査技術の開発 (平成26年3月末時点における進捗状況)

- ペDESTAL外での事前調査(格納容器内の映像、線量、温度等を取得)について、1号機用の調査装置は製作・機能検証試験を完了。ペDESTAL内の事前調査について、2号機は遮へいブロック取り外し装置と調査装置の製作・機能検証試験を完了予定。
- デブリの存在が推定されるペDESTAL内外の本格調査(燃料デブリの分布状態、形状の測定)に向けた更なるアクセス部位用の調査装置に関して、基礎検討及び要素試験を完了予定。

### 実施内容

#### 1. PCV内部事前調査装置の開発：右図に装置の開発例を示す。

下記装置について、来年度の実証試験に向けての開発を実施中。

##### (1) X-100Bからの調査装置(1号機)

装置の製作を完了し、機能検証試験を完了した。今後、平成26年度までに機能検証で抽出した改善対応を行う。

##### (2) X-6遮蔽ブロック取り外し装置(2号機)

装置の各構成部品(マニピュレータ、エンドエフェクタ等)の製作完了、装置の組立を実施中。現地調査の結果判明した、取扱い対象物の重量大について、対応を検討し開発計画へ反映中。

##### (3) X-6ペネからの調査装置(2号機)

前年度に実施したX-53からの調査で得られた成果及び課題について、移動機構の装置構成への変更を検討、開発へ反映。今後、平成26年度までに装置の製作・機能検証試験を行う予定。

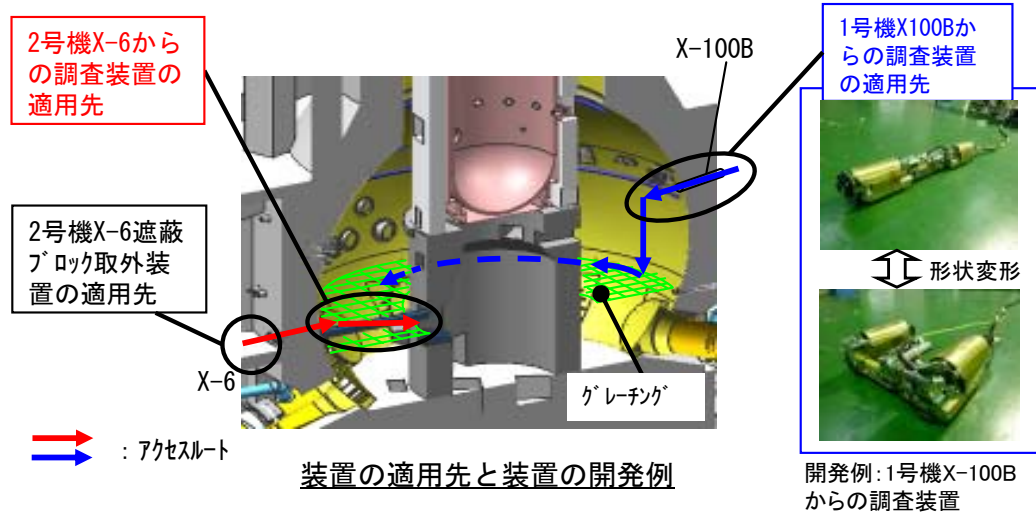
#### 2. アクセス方法と装置の開発(ペDESTAL内/外アクセス装置)

ペDESTAL内/外のそれぞれに対するアクセス装置の構想検討を実施し、要素試作の仕様を策定中。また、アクセス装置のPCV内投入時に必要な放射性物質飛散防止装置の概念検討も実施。

今後、平成28年度までに要素試作・試験を実施する予定。

#### 3. 検査装置・技術の開発(デブリ計測装置)

光切断方式による形状計測技術について、装置のシステム構成を立案。また、計測に対するPCV内の外乱環境(霧状、雨状等)を模擬した要素試験を実施中。



装置の適用先と装置の開発例

開発例: 1号機X-100Bからの調査装置

### 課題及び次期計画の方向性

- 前年度の実証試験や現場調査結果で判明した新たな課題(想定外干渉物の存在や対象の重量大等)や、検証試験での改善点への対応。
- 次期計画では、上記の対応を行い実証試験の実施と、更に次ステップに向けた装置開発を推進する。

### 人材育成、国際連携等

- 国内外のワークショップや学会等で開発状況や技術情報を発信。
- 海外公募を実施し、装置の一部ユニットは海外製品を採用。

## (2-①-5) 原子炉圧力容器内部調査技術の開発 (平成25年度実績)

原子炉圧力容器（RPV）内部の燃料デブリの位置、炉内構造物の損傷状態、RPV内の温度、線量等を取得するため、調査対象部位までのアクセス方法、調査方法、及びサンプリング方法を検討し、RPV内部の高線量下（暫定1,000Gy/h）での調査技術の整理を行い、RPV内部を調査する技術開発計画（2015年度・2017年度：系統配管経由調査技術、2018年度：RPV上部穴あけ調査技術、2019年度：原子炉開放後調査技術）を立案した。

### 実施内容

#### 1. RPV内部調査計画の立案

##### ◆ 主要調査項目・調査時期の検討

RPV内部調査にて実施する調査項目を選定したうえで、調査項目、調査時期等を検討し、下記2.にて技術開発計画（2015年度・2017年度：系統配管経由調査技術、2018年度：RPV上部穴あけ調査技術、2019年度：原子炉開放後調査技術）を立案した。

##### ◆ アクセスルートの検討

RPV内部を調査するルートとして、配管からアクセスする方法、RPV上部に穴を開けてアクセスする方法、原子炉開放後にアクセスする方法について、候補となるアクセスルートを抽出し、アクセス性を評価し、候補ルートを選定した。(図1)

#### 2. 技術開発計画の立案

##### ◆ アクセス技術

RPV内部へのアクセスルートの検討結果に基づき、既存技術を調査したうえで、障害物の貫通技術等の開発課題を抽出した。

##### ◆ 調査技術（耐放カメラ、線量計等）

既存技術の調査したうえで適用性を検討し、耐放射線性等の対処に係る課題を抽出した。

##### ◆ サンプリング技術

既存技術の調査を行い、サンプリング工法の概念検討を実施し、課題を整理し、開発計画を立案した。

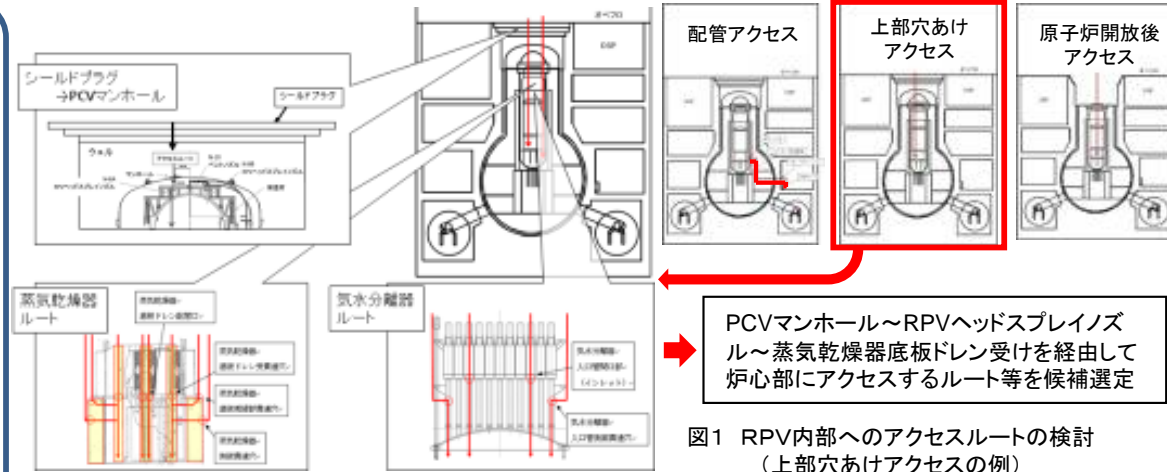


図1 RPV内部へのアクセスルートの検討  
(上部穴あけアクセスの例)

表1 アクセス技術の開発計画(上部穴あけアクセスの例)

No	開発技術要素	課題	2014	2015	2016	2017	2018
1	穿孔技術	蒸気乾燥器、気水分離器の穴あけ					
2	拡管技術	蒸気乾燥器、気水分離器の穴径の拡管					
3	遠隔操作技術	曲がり、狭隘部の通過、作業状態の監視					
4	バウンダリ形成技術	オペレーションフロア(シールドプラグ)上でのバウンダリ再形成					

### 課題及び次期計画の方向性

アクセス技術、調査技術、サンプリング技術について、今年度検討した技術開発計画を基に装置設計及び要素試作・試験を実施する必要あり。

### 人材育成、国際連携等

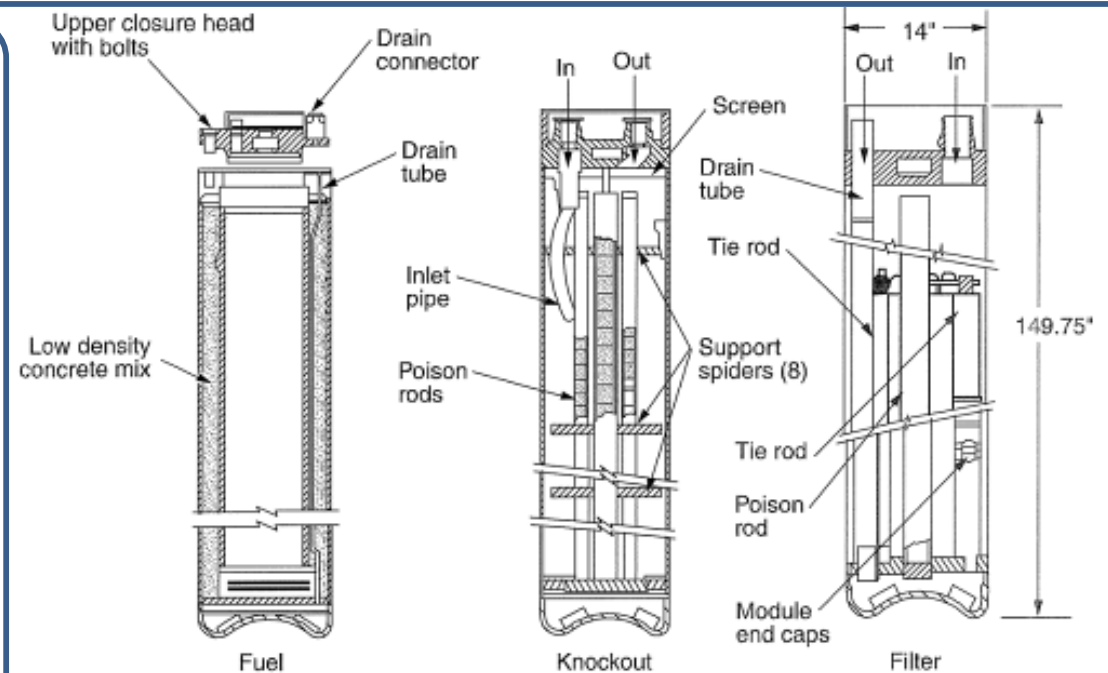
国外の叢智を活用する観点から、原子炉保全や原子炉廃止措置等の機器供給実績のある海外の複数社に対して、RPV内部調査の方法や装置の提案募集を実施した。

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

燃料デブリを収納・移送・保管するための収納缶の形状等仕様決定につなげるため、米国スリーマイル島原子力発電所2号機での事故対応等海外の関連技術調査を実施した。収納缶開発における課題を抽出し、今後の開発計画を立案した。

### 実施内容

1. 破損燃料移送・保管に係る調査  
米TMI-2燃料デブリの移送・保管他、海外の破損燃料（漏えい燃料含む）の輸送・貯蔵に係る情報を調査し、燃料デブリを収納・移送・保管するための収納缶設計において参考となる情報を収集した。
2. 保管システムに関する検討  
コンクリートキャスク等、国内実績のない使用済燃料の保管システムを調査し、燃料デブリの保管システムの選定において参考となる情報を収集した。
3. 課題の抽出と全体計画立案
  - ①他の研究開発との連携  
関係するプロジェクトと連携し、臨界、デブリ性状等の基本物性について、収納缶設計を行う上で必要となる情報を整理した。また、燃料デブリの保管までの基本的な処理フロー案を策定し、課題、必要となる技術開発項目を抽出した。
  - ②燃料デブリ保管方法の選定検討  
収納缶による燃料デブリ保管に供する場合の技術的課題や問題点を抽出し、比較を行った。
  - ③全体計画の策定  
上記の調査及び検討を踏まえ、今後の研究開発計画を策定した。



米TMI-2で使用された燃料デブリ用収納缶事例(参考)※

### 課題及び次期計画の方向性

平成25年度の調査結果を踏まえ、追加の海外調査、収納缶のコンセプトを整理することが必要。平成26年度は、これらを踏まえ設計に必要な安全解析手法を開発する。

### 人材育成、国際連携等

若手メンバーを登用して人材育成を図った。また 海外のコンサル会社、キャスクメカを活用して知見収集を実施した。

※: DOE/SNF/REP-084 TMI Fuel Characteristics for Disposal Criticality Analysis(2013)より

## (2-①-8) 圧力容器／格納容器の健全性評価技術の開発 (平成26年3月末現在における進捗状況)

圧力容器（RPV）／格納容器（PCV）及び注水配管の腐食劣化進行の予測精度向上や腐食対策検討のため、溶存酸素濃度や流速、防錆剤濃度等のパラメータの影響をより詳細に考慮した腐食試験を実施し、データの拡充を図った。また、今後デブリ取出し工程で想定される複数のプラント状態に対し、長期間の腐食劣化後の耐震強度評価を完了した。

### 実施内容

#### 1. 構造材料および注水配管等の腐食評価

##### (1) 実機条件を考慮した構造材料の腐食評価

実機条件を考慮した腐食試験により、防食塗装の劣化、気液界面の存在、浸漬時間及び溶存酸素濃度等の影響評価を完了。

##### (2) 原子炉注水配管等の腐食評価

流動条件下の腐食試験実施のための試験装置の設計・製作を行い、取得した腐食速度データをもとに原子炉注水配管の健全性評価を実施中。（平成26年5月末完了予定）

#### 2. 腐食抑制策の開発

実機を想定した条件下で腐食試験を実施し、防錆剤（亜硝酸Na、W酸Na）の腐食抑制効果に及ぼす添加濃度等の依存性に係るデータ取得を完了。（図1）

#### 3. RPVペDESTALに対する高温デブリ落下影響評価

コアコンクリート反応（MCCI）に係る文献調査等を行い、コンクリート侵食の影響評価に資する基礎知見・データの整備を完了。

#### 4. 原子炉容器、RPVペDESTALの耐震強度評価

現在のプラント状態及びPCV冠水までに想定されるプラント状態について、腐食速度データに基づく暫定評価期間（15年）分の腐食減肉を考慮した耐震評価を実施し、デブリ取出し工程時の機器耐震強度の評価を完了。（図2）

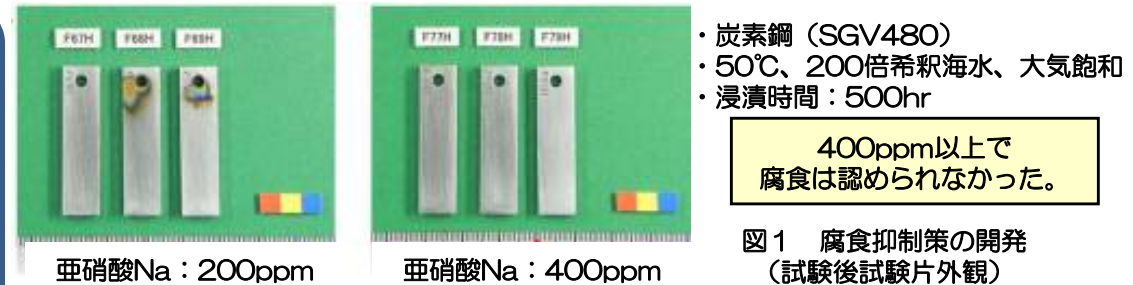


図1 腐食抑制策の開発  
(試験後試験片外観)

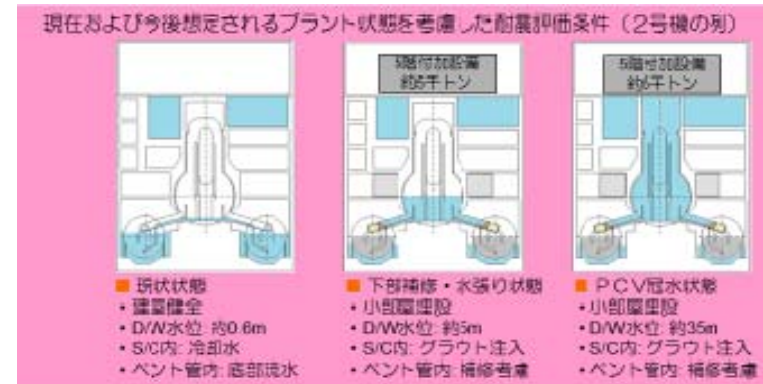


図2 原子炉容器、RPVペDESTALの耐震強度評価

各プラント毎に  
想定プラント状態  
3ケースを設定し、  
耐震強度評価を実施。

### 次期計画の方向性

- ・ 構造材料等の腐食抑制策に向けた開発検討を加速する。
- ・ デブリ取出し完了までの長期間の耐震強度評価の方針を確立する。

### 人材育成、国際連携等

- ・ 腐食防食学会「第60回材料と環境討論会」：若手技術者のレベル向上と技術伝達
- ・ 文部科学省／IRID共催ワークショップ第7回：学生への啓発活動
- ・ 原子力学会英文論文誌への投稿：海外への情報発信

## (2-①-9) 燃料デブリの臨界管理技術の開発 (平成26.3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25年度は要素技術として、燃料デブリ取出しまでの各工程における臨界シナリオ評価、臨界検知モニタ試作・検証、非溶解性吸収材候補材試作及び絞り込み、溶解性吸収材課題整理等を完了した(炉内再臨界検知モニタは継続中)。平成26年度はこれらの成果を統合して代表工程であるPCV水張りおよび燃料デブリ取出し時の臨界管理手法の策定を行う。

### 実施内容

#### 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作成完了、再臨界に至る可能性のある状態変化を整理(表1)。代表ケースでコンクリートとの相互反応も含めた臨界評価完了。
- 性状の異なる複数デブリ、冷却材沸騰取り扱い可能な燃料デブリ向け熱水力モデル、FP核種生成量評価モデル等の追加により臨界時挙動評価モデル改良を完了(次年度の臨界管理方法策定に活用)。

#### 2. 廃液処理、冷却設備の未臨界管理技術

- 臨界近接モニタを試作(図1)、臨界集合体において臨界近接検知性確認を行い、システム成立性確認を完了。(本年度で開発完了予定)

#### 3. 炉内の再臨界検知技術

- 中性子検出器システム仕様検討・設計、試作機器調達実施。
- 再臨界早期検知のため、ガスサンプリング系FPガンマ線検出器システムの改良検討、成立性確認試験のための機器調達実施。
- 上記2件の成立性確認試験実施予定(平成26年4-5月)。

#### 4. 臨界防止技術

- 非溶解性中性子吸収材候補材を試作(図2)、基礎物性データ(表2)を取得して、第一段階の候補絞り込み完了(次年度以降、耐放射線試験、核的特性確認で候補を最終的に絞り込み、デブリ取出しに適用)
- 溶解性中性子吸収材適用時の課題整理し、腐食試験追加等の必要な検討項目抽出を完了(次年度課題検討後、吸収材適用方法決定)。

表1 燃料デブリ取出し時臨界シナリオ例

フェーズ	場所	初期状態		再臨界シナリオ
		燃料状態	冷却状態	
RPV冠水へ燃料デブリ取出し	炉心部	炉心平均組成のデブリ(粒状・塊)		(臨界寄与増加) ・上部からの非溶融燃料落下 ・上部からの燃料・フリ落ト
	炉心部	Pu含有率の高いMOXデブリが偏在		(減速材/燃料体積比変化) ・ボロシナイへの浸水 ・作業に伴うデブリベッド攪拌
	デブリベッド層	燃焼度の低い燃料デブリが偏在した状態	非沸騰冠水状態	(自然災害) ・地震によるデブリ・構造物の落ト、移動
		制御棒由来のボロンが事故時に流出した状態		



図1 未臨界監視モニタ画面



図2 非溶解性吸収材試作例  
(ガドリニア・スラリー)

表2 性能評価確認項目

評価観点	評価項目
中性子吸収能	Gd/B数密度
デブリ冷却	比熱・熱伝導率
水中で流出しない	密度・溶出特性
水質環境への影響	pH
デブリ取出しへの影響	硬さ

### 課題・次計画方向性

本年度までに開発した技術を統合し、燃料デブリ取出しなどの工法検討と連携して臨界管理手法の開発を進める。また、合理的な臨界管理のため、早期検知を目的に炉内臨界近接モニタ開発に着手する。

### 人材育成、国際連携、等

日本原子力学会での成果発表実施、国際会議(PHYSOR2014)発表準備中  
京都大学原子炉実験所に臨界近接モニタ試験を研究委託

## (2-②-1) 事故進展解析技術の高度化による炉内状況把握 (平成25年度実績)

燃料デブリの位置等の炉内状況を推察するための事故進展解析技術の高度化（炉心損傷進展モデル改良、下部プレナム内デブリ挙動モデル改良等）を完了。高度化した事故進展解析技術の成果を活用し、現場オペレーションから得られる新たな情報も踏まえながら、炉内状況を把握するための検討を実施し、格納容器に落下したデブリ比率は、1号機が最大、2、3号機はそれより少なく同等であると評価した。

### 実施内容

#### 1. コード改良・モデルの追加の妥当性の確認

平成24年度に完成したPIRT (Phenomena Identification and Ranking Table) に対し、その重要度ランクを改めて感度解析にて確認し、改定した。

#### 2. 解析コードの改良・高度化

PIRTの結果、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解析コード（MAAP、SAMSON）の改良（図1）し、解析精度を向上させた。

#### 3. 改良コードによる解析（MAAP、SAMPSON（図2））

改良した最新版コードと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を実施し、モデル改良の影響を確認した。

#### 4. CFDによる個別事象解析

鋳造シミュレーションコードを用いたデブリ拡がり試験解析を行い、実機体系でのデブリ拡がり挙動評価への適用性を確認した（図3）。

#### 5. モックアップ試験

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等（海水熱伝達試験、溶融燃料落下挙動試験）を実施し、海水注入時に対する、従来の熱伝達評価式の適用性などを確認した（図4）。

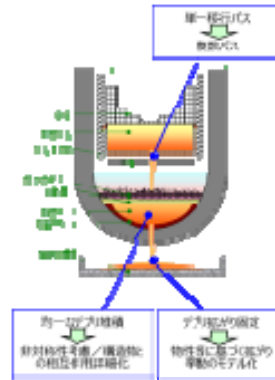


図1 MAAPのモデル改良

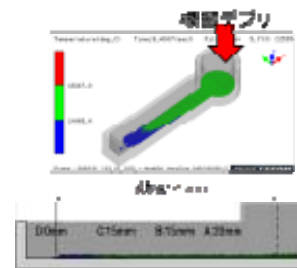


図3 模擬デブリの流動停止試験再現

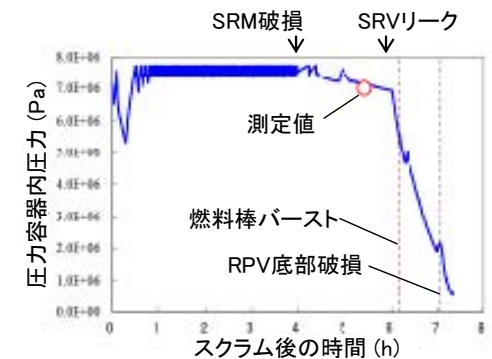


図2 SAMPSONによる1号機炉内圧力の時間変化予測

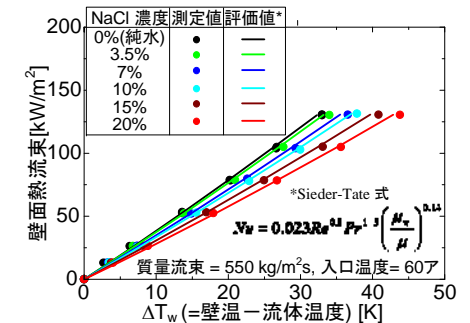


図4 海水の熱伝達に関する実験値と評価値の比較

### 課題及び次期計画方向性

他プロジェクトと良く連携し情報共有を密にし、廃炉プロジェクトへのアウトプット及び当プロジェクトのインプットを有効なものとする。

### 人材育成、国際連携、等

委託を通じた大学活用による若手の育成、学会活動を通じた大学・研究機関の活用、OECD/NEA BSAFプロジェクトの実施による海外の叢智の活用等、積極的な取り組みを行って来た。

## (2-③-1、3) 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25年度実績)

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）を作製して硬さ等のデータを取得した。また、燃料デブリ取り出し後の処置シナリオを検討するため、既存の燃料処理技術の適用性や技術課題を抽出し、取りうる選択肢を比較して、得失を明らかにした。

### 実施内容

#### デブリ特性の把握 (2-③-1)

##### ① 燃料デブリの取出し技術開発に必要な物性値の検討

- ・種々の模擬材について、切削性への硬さ等の影響度を把握した。
- ・炉内の金属部材の混入を想定し、高Zr領域の(U,Zr)O<sub>2</sub>や、Fe含有模擬デブリの機械的特性の測定、測定値の化学系毎の物性分布推定への反映等を行った。

##### ② 1F事故に特有な反応の把握

- ・制御材との反応で、合金相やホウ化物が生成する可能性を確認した。また、コンクリートとの反応(MCCI)で、酸化物(ガラス質)と合金層が分離する傾向を確認。最も硬い物質はホウ化物と推定された。
- ・一部の燃料に含まれていたGdについて、それが酸化物模擬デブリ(U,Zr)O<sub>2</sub>の熱物性に与える影響とその範囲を確認した。

##### ③ 実デブリ特性の推定

- ・上記の結果から、デブリの特性リスト(暫定版)を作成した。

#### デブリ処置技術の開発 (2-③-3)

##### ① 燃料デブリ処置シナリオ検討に向けた技術的要件の整理

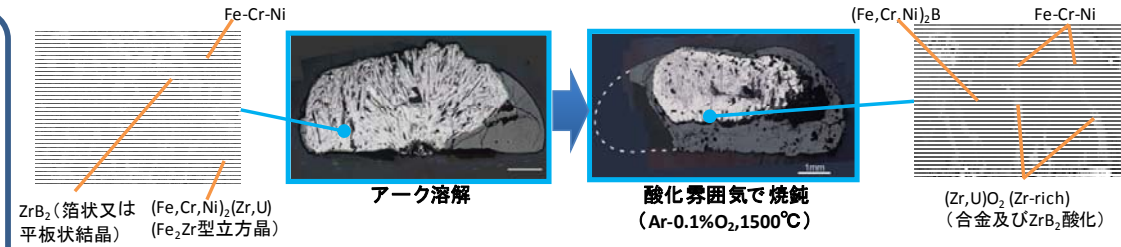
- ・取出し後の燃料デブリの処置シナリオについて、各選択肢を比較し、得失を明らかにした。
- ・既存の使用済燃料輸送容器の適用性を評価した。また、保管に影響する燃料デブリの含水性等の重要度が高いと判断した。

##### ② デブリの分析に係る要素技術検討

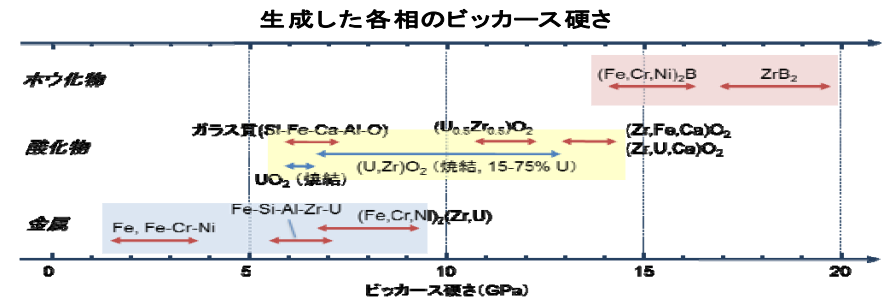
- ・MCCI生成物を含む各種模擬デブリについて、分析の前処理技術である融解プロセスの基礎データを取得した。

##### ③ 既存燃料処理技術の適用性検討

- ・模擬デブリの、湿式及び乾式処理への適合性について、基礎データを取得した。



制御材(B<sub>4</sub>C+SUS)との反応(溶融固化物断面観察像の例)  
(制御棒と燃料が溶融した場合にできる固化物の組織等に係る知見を取得)



(デブリの化学系(ホウ化物、酸化物、金属)毎に硬度の分布を推定)

### 次期計画の方向性

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実施する。2-③-3では、分析要素技術の開発を継続するとともに、保管技術に影響する燃料デブリの含水率等の検討・評価を行う。

### 人材育成、国際連携等

MCCI生成物の特性評価や、TMI-2事故で生成したデブリの特性把握について、共同研究や情報交換を通じて、海外研究機関の知見を収集している。

( 2-③-4 ) 燃料デブリに係る計量管理方策の構築  
(平成25年度実績)

JAEA運営交付金  
で実施

これまでの主な実施内容と評価

核燃料物質の在庫を再構築し、計量管理の実施を可能にするため、米国エネルギー省とJAEA間で保障措置に係る実施取決めを締結し、チェルノブイリ及びTMIにおける情報・経験の調査及び整理、並びに福島におけるデブリの計量管理を目的とした測定に適用可能な技術の調査を実施。

実施内容

1. TMI-2事故の核物質管理に係る調査
  - ・ TMI-2事故の際の核物質管理方法について調査を行い、その際に適用された規制、核物質の計量管理方法等を明らかにした。
2. チェルノブイリ事故の核物質管理に係る調査
  - ・ チェルノブイリ事故の際の核物質管理方法について調査を行い、その保障措置手法と核物質測定技術開発計画等を明らかにした。
3. 福島第一原子力発電所の計量管理方策構築への課題の検討
  - ・ TMI-2の事故等における計量管理の経験を踏まえ、福島に適用する計量管理方策の構築のための課題として、デブリの広範囲な分布と多様なデブリ組成、 $B_4C$ 等の制御材の混在による測定の困難性、中性子吸収材や遮へい材を装荷したキャニスターへの収納後の測定の困難性等を抽出した。
4. 測定技術の候補と課題
  - ・ DOEとの技術協力により、既存の非破壊測定技術の燃料デブリへの適用性を検討し、30の技術から7つを主な(primary)技術として、14を補助的な(supplementary)技術として抽出した。

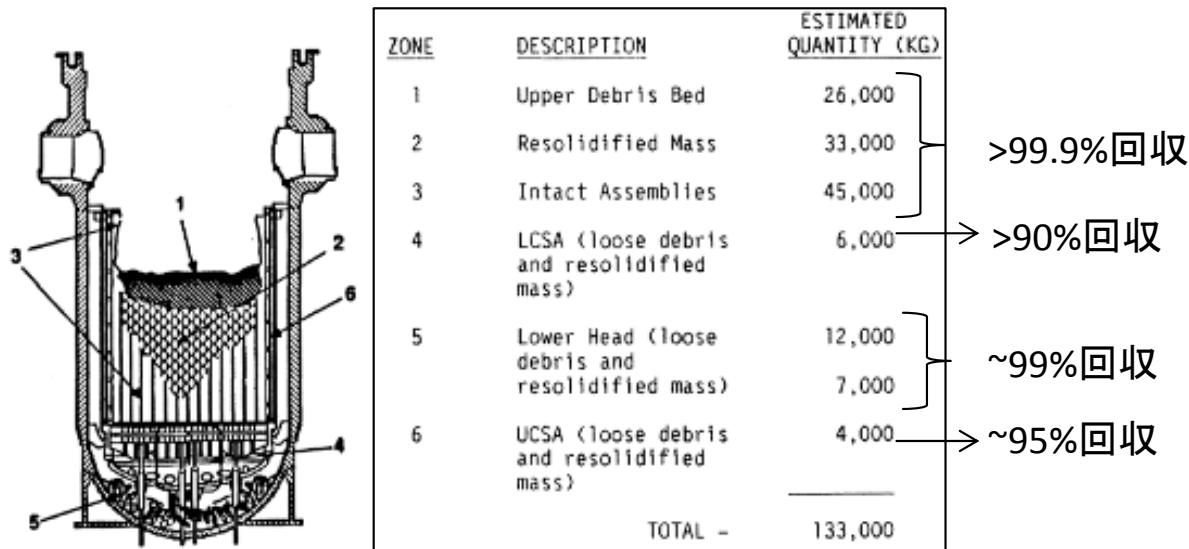


図1 TMI-2における核物質量の把握

次期計画に向けた課題

- ・ ガンマ線および中性子線測定による非破壊測定技術に関して、高バックグラウンド、設置位置の制約等に対応した技術を開発する必要がある。

人材育成、国際連携等

- ・ 大学との共同研究を実施している。
- ・ 米国DOEのもとに蓄積された保障措置/計量管理に係る豊富な知見を活かすべく、協力体制を構築して検討を進めている。



## (3) 固体廃棄物の処理・処分に係る研究開発 (平成25年度実績)

- ・汚染水処理に伴う二次廃棄物及びガレキ等の放射性廃棄物について、性状把握のために必要となるデータの取得、廃棄体化技術に関する調査、処分概念や安全評価手法等について研究開発を実施。セシウム吸着塔及びスラッジ保管容器について長期保管の評価を実施。

### 実施内容

#### 1. 性状把握

- ・ガレキ、伐採木の放射能分析を実施した。 $^{137}\text{Cs}$ 濃度と $^{90}\text{Sr}$ 濃度の間には、比例関係の傾向が見られる一方で、採取場所や試料で傾向が異なる(図1)。

#### 2. 廃棄物の処理に関する検討

- ・処理技術に関する調査として国内のみならず海外情報を含めて調査し、取りまとめた。
- ・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技術(セメント、ジオポリマー等)について実施し、ジオポリマーがフェロシアン化物の廃棄体化技術として有望であること等を確認した(図2)。

#### 3. 廃棄物の処分に係る検討

- ・インベントリ評価の一例として、実測した表面線量率と放射能濃度の相関等に基づき、ガレキの $^{137}\text{Cs}$ 濃度を推定した。
- ・既存の処分概念及び安全評価手法を調査した。
- ・インベントリ情報に基づいて、評価対象核種の検討と既存の処分概念の適用性について、事故廃棄物の区分の暫定的な算出等の概括的な評価を行った。

#### 4. 長期保管方策の検討

- ・セシウム吸着塔及びスラッジ保管容器での水素生成、材料の腐食について評価を行い、保管中の水素発生に係る安全性等を確認した。

#### 5. データベースの開発

- ・分析結果/処理・処分/事故廃棄物情報の3つのデータベースを計画し、その整備を進めた。

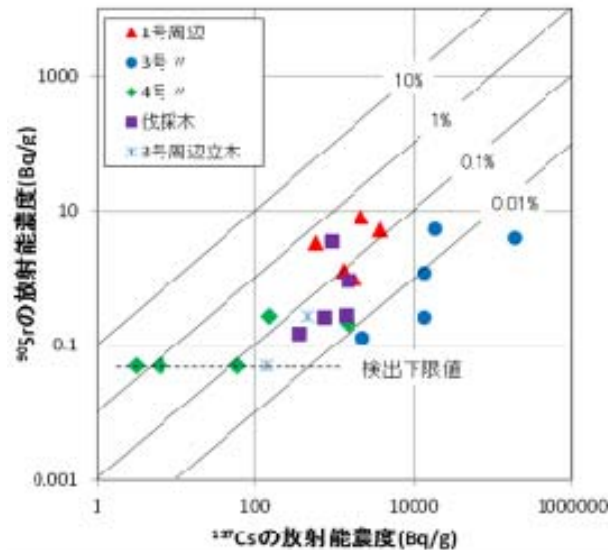


図1  $^{137}\text{Cs}$ と $^{90}\text{Sr}$ 放射能濃度の関係



図2 ジオポリマー固化体

### 次計画に向けた課題

- ・現場ニーズを反映し、多核種除去設備から発生するスラリーの安定化技術を検討する。

### 人材育成、国際連携等

- ・大学との共同研究を実施した。
- ・海外の大学との共同研究及び二機関協定に基づく情報交換等を実施し、処理技術、除染技術等について海外の知見を活用した。

# (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26年度計画案）

## 平成26年度の主要目標

平成25年度の事業成果等を反映し、SFPから取出した燃料の部材を用いた照射後試験計画を策定。非照射燃料部材模擬体の腐食試験、強度試験を行い、瓦礫等が腐食に及ぼす影響を評価し湿式保管時の長期健全性を判断する評価項目（水質データ等）を策定、また、4号機から共用プールに移送された燃料集合体の水中カメラによる評価等を行うことで、評価項目の妥当性を確認。乾式保管時の燃料健全性評価項目を検討し、その各項目の影響の大きさを試験により確認。また、長期健全性評価に係る基礎試験として、海水成分の移行評価及び健全な使用済燃料被覆管等を用いた腐食試験を実施。

## 平成26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
  - ・ SFPから取出した燃料の部材を用いた試験計画を策定する。策定にあたっては、平成25年度に実施した水質影響評価及び各腐食試験結果等を反映する。また、燃料部材の輸送計画を検討し計画に取り込む。
- ② 燃料構造材の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瓦礫等の腐食影響や、被覆管部損傷の腐食影響を評価する。
  - ・ 共用プールに保管している1F-4使用済燃料の水中カメラによる評価および酸化膜厚さ測定を行い、燃料の腐食状況を評価する。
  - ・ SFPから取出した使用済燃料の乾式貯蔵を想定し、瓦礫落下による傷等や隙間部に入り込んだ瓦礫が含む水分の影響評価試験を実施する。

### 2. 長期健全性評価に係る基礎試験

- ① 模擬クラッド等を使った塩化物イオンの移行挙動試験を実施し、使用済燃料の表面クラッドにおける海水成分取込み量を評価する。
- ② ガンマ線照射下で海水及び瓦礫成分を含む溶液により使用済燃料被覆管等の腐食試験を行い、局所的な水質変化の腐食への影響を評価する。

## 実施工程（平成26年度）

2014(前)	2014(後)
試験計画及び試験条件策定	
共用プール模擬環境下での未照射材腐食試験、強度試験	
共用プールでの取出し燃料集合体調査	
乾式貯蔵評価試験	
海水成分クラッド移行試験	
ガンマ線照射下腐食試験	

## 取組方針

- ① 中長期的視点での人材育成
 

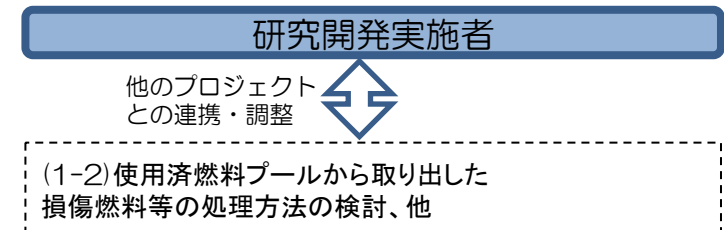
中長期的に人材を育成する観点から、学会やワークショップ等での情報発信に取り組む。若手技術者を積極的に登用し人材育成に務める。
- ② 国内外の叢智の結集
 

平成25年度に実施した海外事例調査結果を事業の実施内容に反映していくとともに、今年度も海外専門家が参加する会議に参加し、海外知見の拡充を図る。
- ③ 目標達成を判断する指標の設定
 

以下のような項目を指標として設定する。

  - ・ 湿式保管時の長期健全性を判断する評価項目（水質データ等）を策定し、その評価項目の妥当性を確認する。
  - ・ 乾式保管時の燃料健全性評価項目を検討し、各項目の影響の大きさを試験等により評価する。

## 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26年度計画案)

## 平成26年度主要目標

- ・高レベル廃液濃縮缶及び高レベル廃液貯槽を対象とした腐食試験を実施し、両機器材料への不純物成分の許容濃度を評価。
- ・FP及び不純物共存条件での抽出試験により、不純物成分によるU・Pu製品品質への影響や、陰イオンによるU・Pu抽出への影響把握を完了。
- ・不純物を考慮したガラス試験片を作製し、不純物成分による基礎的なガラス物性値(ガラス転移温度等)への影響把握を完了。
- ・再処理施設における損傷燃料等の処理時の影響を網羅的に抽出・整理し、以降の研究計画に反映。

## 平成26年度の実施内容

### 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

使用済燃料に同伴した不純物成分(海水成分、コンクリート成分)の多くは抽出廃液として高レベル廃液に移行すると考えられ、また、高レベル廃液は、濃縮操作により、他のプロセス溶液よりも不純物濃度が高く、不純物による腐食影響を受けやすいと考えられる。このため、本試験では、高レベル廃液を取り扱う代表的な機器として、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。

#### ② 不純物の工程内挙動評価

不純物の抽出工程への影響として、不純物のU・Pu製品系への移行及び不純物によるU・Pu抽出の阻害が考えられる。FPが共存しない条件で不純物はU・Pu製品系へ有意に移行しないことが確認されており、本試験では、FP共存条件で不純物の抽出操作を行い、不純物のU・Pu製品系への移行の確認を行う。また、陰イオン共存条件でU・Puの抽出操作を行い、不純物によるU・Pu抽出への影響を確認。

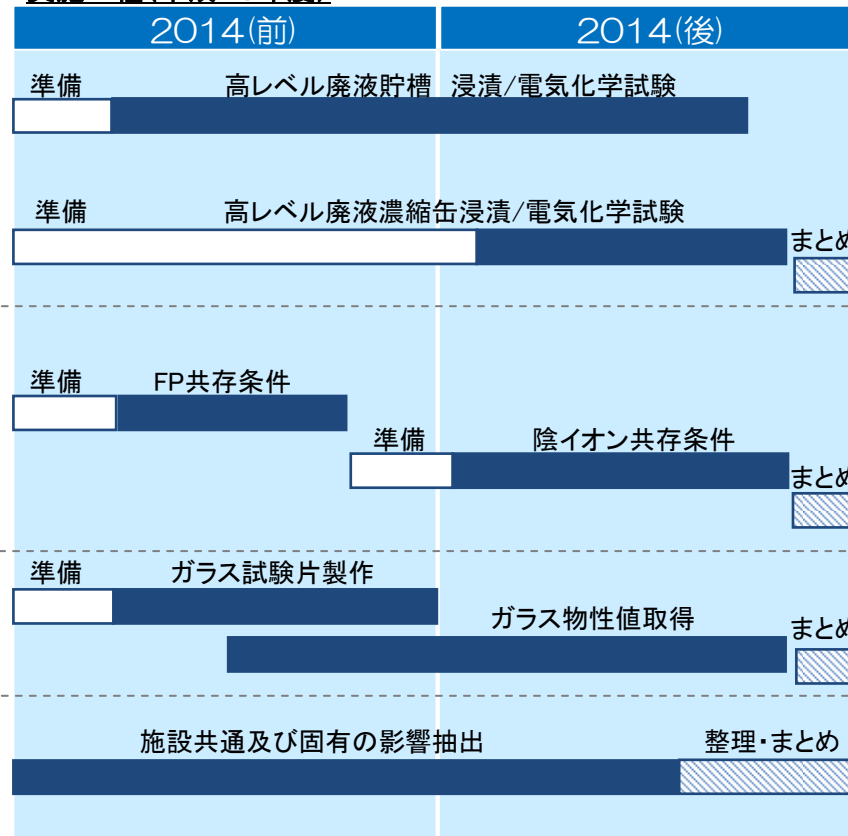
#### ③ 不純物の廃棄体への影響評価

不純物成分の多くは高レベル廃液に移行すると考えられる。そこで不純物によるガラス固化体への影響を評価するため、本試験では高レベル廃液の組成に基づく粉末試料を用いてガラス試験片を作製し、密度、ガラス転移温度、熱膨張係数等のガラス物性値を取得。

#### ④ その他の影響の抽出及び整理(項目を追加)

損傷燃料等の再処理において、施設に共通する影響の他に、施設固有の設備に依存する影響が考えられる。このため、再処理施設において想定される影響を網羅的に抽出し、必要な研究要素の有無を整理。

## 実施工程(平成26年度)



## 取組方針

- ① 中長期的視点での人材育成  
中長期的に人材を育成する観点から、学会やワークショップ等での情報発信に取り組む。若手技術者を積極的に登用し人材育成に務める。
- ② 国内外の叢智の結集  
再処理に関する有識者との意見交換等を通じて、専門的な知見・経験を取り入れる。
- ③ 目標達成を判断する指標の設定  
以下のような項目を指標として設定する:  
・不純物成分によるU・Pu製品品質への影響や、陰イオンによるU・Pu抽出への影響把握を完了。  
・不純物成分による基礎的なガラス物性値(ガラス転移温度等)への影響把握を完了。

## 実施体制

研究開発実施者

他のプロジェクトとの連携・調整



(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、他

# (2-①-1a) 原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発 (平成26年度計画案)

## 平成26年度主要目標

- ・ 滞留水浸漬部除染について具体的箇所を想定した概念検討を完了、ドライアップ時のダスト拡散防止対策策定を完了。
- ・ 高所用除染装置と上部階用除染装置は、 雰囲気線量率20mSv/h以上のエリアの除染対象面に対して、表面汚染の除染係数5以上の達成と平滑な面に対する除染速度 2m<sup>2</sup>/h以上の達成を目指す。①高所用除染装置は、平成25年度事業で製作した装置について、工場モックアップ試験及び実機実証を行い、開発を完了する。②上部階用除染装置は仕様検討及び設計製作、工場モックアップ試験を完了する。

## 平成26年度の実施内容

### 実施工程 (平成26年度)

### 1. 滞留水浸漬部の汚染状況データの取得

- ① 滞留水浸漬部の汚染状況、対象箇所を考慮して、サブドレン導入によるドライアップ時のダスト発生抑制対策策定を完了。
- ② 模擬汚染を用いた、ダスト発生抑制対策の効果確認試験を完了。検討にあたってTMIの滞留水対応時の知見や、技術カタログ情報を活用。

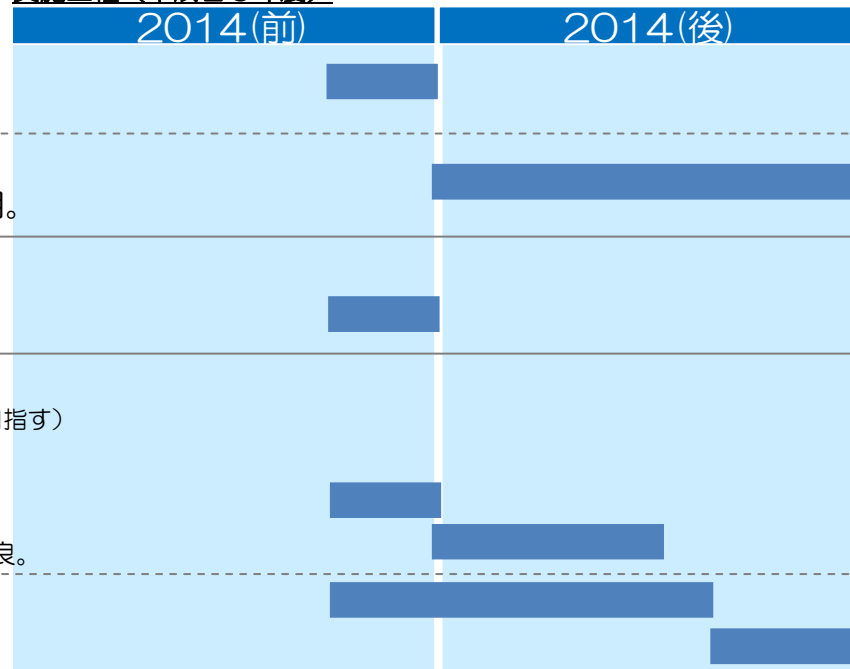
### 2. 除染技術整理、除染概念検討 (汚染水浸漬部)

実機の具体的な箇所を想定した汚染水浸漬部の除染の概念検討を完了。

### 3. 遠隔除染装置設計製作、遠隔除染実証

(雰囲気線量率20mSv/h以上のエリアの除染対象面に対して、表面汚染の除染係数5以上の達成を目指す)  
(平滑な面に対する除染速度 2m<sup>2</sup>/h以上を目指す)

- ① 高所用除染装置の開発
  - ・ 平成25年度に製作した高所除染装置の工場モックアップ試験を完了。
  - ・ 福島第一原子力発電所の原子炉建屋1階高所部において、実機実証試験を完了、適宜改良。
- ② 上部階用除染装置の開発
  - ・ 平成25年度に設計を行った上部階除染装置の製作を完了。
  - ・ 工場モックアップ試験を完了。



## 取組方針

- ① 中長期的視点での人材育成  
中長期的に人材を育成する観点から、大学等との共同研究等、連携の強化に取り組む。
- ② 国内外の叡智の結集  
国内外の叡知を活用しつつ進める。国内の大学が保有するロボット、周辺の情報認識、マニピュレータ動作の最適化等の技術の導入を検討する。
- ③ 目標達成を判断する指標の設定  
目標達成の判断基準となるべき指標を設定し、その達成の有無について検証する。
  - ・ 高所用除染装置実証試験の完了
  - ・ 雰囲気線量率20mSv/h以上のエリアの除染対象面に対して、表面汚染の除染係数5以上の達成及び平滑な面に対する除染速度 2m<sup>2</sup>/h以上の達成

## 実施体制

研究開発実施者

他のプロジェクトとの連携・調整



- 現場作業を伴う各研究開発等
- (2-①-1 b) 総合的線量低減計画の策定
  - (2-①-2/3) 格納容器水張りに向けた調査・補修 (止水) 技術の開発
  - (2-①-4/5) 原子炉格納容器/圧力容器内部調査技術の開発
  - (2-①-6) 燃料デブリ・炉内構造物取出工法・装置開発
  - 他

## (2-①-2, 3) 格納容器水張りに向けた調査・補修(止水)技術の開発(平成26年度計画案)

### 平成26年度主要目標

#### 【格納容器調査技術の開発】

- 格納容器上部調査装置のうち、ドライウェル外側狭隘部調査装置は、昨年度の成果及び対象部位へのアクセス状況を踏まえ、改良仕様の検討を完了する。ドライウェル外側開放部調査装置は、工場モックアップ試験の成果を踏まえ、改良仕様の検討を完了する。またドライウェル外側開放部調査装置は特殊ペネ（大口径ペネと著しい偏芯があり且つペネ群の中央に位置するペネ）のための漏えい特定用デバイスについて装置改良検討作業の一環として概念検討を完了する。
- 新規調査対象（格納容器ナックル部）用装置の概念検討を完了する。

#### 【格納容器補修(止水)技術の開発】

- 現場適用性のある止水工法として、①格納容器下部補修（止水）装置の詳細設計、要素試験方案の策定を完了、②格納容器上部補修（止水）装置の改良仕様検討、要素試験方案の策定を完了する。

### 平成26年度の実施内容

#### 【格納容器調査技術の開発】

##### 1. 下部点検調査装置の開発

- 平成25年度事業で開発完了予定。

##### 2. 上部点検調査装置の開発・改良

- ドライウェル外側狭隘部調査装置は、昨年度の成果及び対象部位へのアクセス状況を踏まえ、改良仕様の検討を完了する。ドライウェル外側開放部調査装置は、工場モックアップ試験の成果を踏まえ、改良仕様の検討を完了する。特殊ペネ向けのデバイスは基本設計を完了する。（実機適用性評価は除染・干渉物除去等の進捗に合わせ今後対象を検討）
- これまでの検討の結果、新たに必要となった②格納容器ナックル部調査装置の概念検討を完了する。

#### 【格納容器補修(止水)技術の開発】

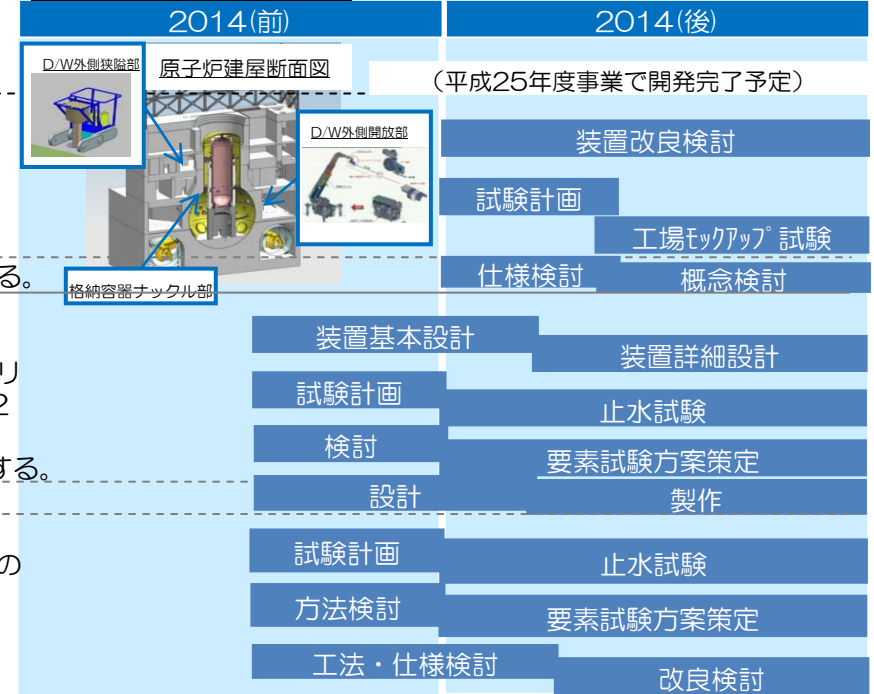
##### 1. 格納容器下部補修（止水）工法および装置の開発

- ベント管、クエンチャ、ダウンカマ、サプレッションチェンバ、S/C接続配管などでバウンダリ構成するための補修装置の詳細設計を完了する。これらの部位の補修に適用する止水材の1/2スケールの止水試験等を実施し適用性の確認を完了する。トラス室壁面、三角コーナー、建屋間スリーブの止水について対象部位と止水方法について検討し、要素試験方案の策定を完了する。
- モックアップ試験用の試験体および試験装置の設計・製作に着手する。

##### 2. 格納容器上部補修（止水）工法および装置の開発

- 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）について1/2程度のスケールでの止水試験を実施し、適用性の確認を完了する。系統配管については、必要に応じ、要素試験方案の策定を完了する。
- 現場調査の結果、干渉物によるアクセス性の観点から平成25年度までに検討してきた装置の改良仕様の検討を完了する。

### 実施工程（平成26年度）



### 取組方針

- 中長期的視点での人材育成  
中長期的に人材を育成する観点から、学会やワークショップ等での情報発信に取り組む。若手技術者を積極的に登用し人材育成に務める。
- 国内外の叢智の結集  
止水技術や補修装置について、広く国内外からの導入を検討する。特に止水技術についてはゼネコンの知見を活用する。また、PCV下部補修装置については、PCV調査技術での実績を踏まえ、海外ベンダを活用する。
- 目標達成を判断する指標の設定  
格納容器上部調査装置のうち、狭隘部調査装置は搭載カメラを5m以上伸張可能なこと。開放部調査装置の検出部はペネとペネスリーブの隙間より2m以上奥での漏えい検知が可能なこと。ナックル部調査装置はPCVと生体遮へい壁間5cmの隙間に挿入可能なこと。止水工法は40m水頭圧での止水が可能なこと。

### 実施体制

#### 研究開発実施者

他のプロジェクトとの連携・調整



- (2-①-4)原子炉格納容器内部調査技術の開発
- (2-①-6)燃料デブリ・炉内構造物取出工法・装置開発
- (2-①-8)圧力容器/格納容器の健全性評価技術の開発
- (2-①-9)燃料デブリ臨界管理技術の開発
- 他

## (2-①-4) 格納容器内部調査技術の開発 (平成26年度計画案)

### 平成26年度主要目標

100Gy/hの高放射線環境下で、原子炉格納容器(PCV)内部事前調査(映像、線量及び温度データを取得)のための調査装置の実機実証試験を完了する。あわせて、デブリの存在が推定されるPCV内のペDESTAL内外にアクセスする、本格調査(燃料デブリ分布状態や形状の測定)のための調査装置の基本設計の完了と一部部品の製作を完了する。

**平成26年度の実施内容** ※1、2が事前調査(映像、線量、温度、障害物の状況等の調査)、3、4が本格調査(燃料デブリの分布状態、形状の測定)。

#### 1.ペDESTAL内部プラットフォームの状況調査装置の開発と実証試験

- ① 前年度の開発を基に検証試験や改善を実施して装置開発を完了する。
- ② 2号機X-6ペネを使用した実証試験を実施。  
(装置は、X-6ペネ前の遮へいブロックを遠隔で取外す装置、X-6ペネのハッチ穴あけ装置及びX-6から格納容器内へアクセスする調査装置)

#### 2.ペDESTAL外 調査装置の開発と実証試験

- ① 前年度の開発を基に検証試験や改善を実施して装置開発を完了。
- ② 1号機X-100Bペネを使用した実証試験を実施。  
(装置は、X-100Bから格納容器内へアクセスする調査装置)

#### 3.ペDESTAL内/外の更なる調査に向けた装置の開発

デブリの存在が推定される部位(プラットフォーム上、ペDESTAL地下階及び作業員アクセス口近傍)へアクセスする装置の基本設計完了と、一部製作に着手(平成28年3月完了予定)。

#### 4.デブリ計測装置の開発

光切断法等の計測手法を活用したデブリ計測装置について、上記3.の装置への搭載化検討や設計・製作を実施。

### 実施工程 (平成26年度)

	2014(前)	2014(後)
1.ペDESTAL内部プラットフォームの状況調査装置の開発と実証試験	装置設計/製作/検証/改善	実証試験(2号機X-6)
2.ペDESTAL外 調査装置の開発と実証試験	装置設計/製作/検証/改善	実証試験(1号機X-100B)
3.ペDESTAL内/外の更なる調査に向けた装置の開発	装置設計/製作	
4.デブリ計測装置の開発	装置の設計/製作	

### 取組方針

- ① 中長期的視点での人材育成  
中長期的に人材を育成する観点から、学会やワークショップ等での情報発信に取り組む。若手技術者を積極的に登用し人材育成に務める。
- ② 国内外の叢智の結集  
「燃料デブリ取り出し代替工法の検討のための技術調査」において収集・整理された技術情報等、国内外からの有用な技術を本PJに積極的に取り入れながら研究開発を実施する。
- ③ 目標達成を判断する指標の設定
  - (a) 1号機での、PCV内部のペDESTAL外側の映像、線量及び温度データを取得する事前調査装置の実証試験の完了。
  - (b) 2号機での、X-6ペネ前の遮蔽ブロック取外しの実証試験及び、PCV内部のペDESTAL内側の映像、線量及び温度データを取得する事前調査装置の実証試験の完了。

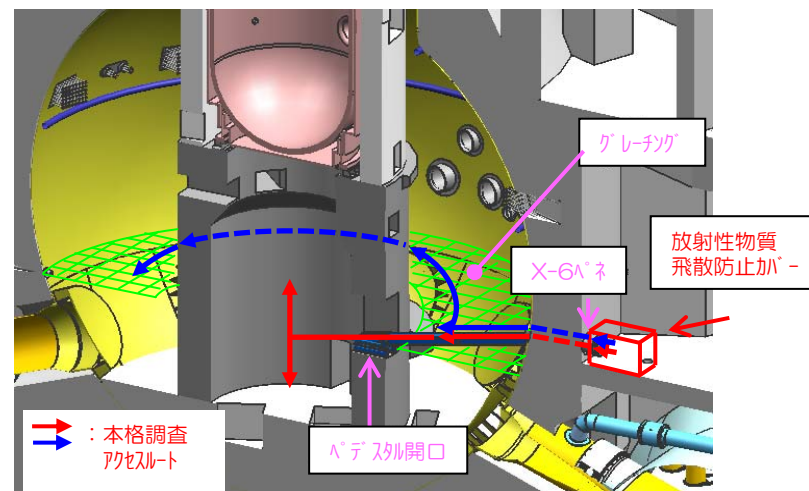
### 実施体制

#### 研究開発実施者



他のプロジェクトとの連携・調整

- (2-①-2/3)格納容器水張りに向けた調査・補修(止水)技術の開発
- (2-①-5)圧力容器内部調査技術の開発
- (2-①-6)燃料デブリ・炉内構造物取出工法・装置開発
- (2-②-1)事故進展解析技術の高度化による炉内状況の把握 等



燃料デブリ位置把握のためのアクセスルート(案)

## (2-①-5) 圧力容器内部調査技術の開発（平成26年度計画案）

### 平成26年度主要目標

- 原子炉圧力容器（RPV）内部を調査する技術（2015年度・2017年度：系統配管経由調査技術、2018年度：RPV上部穴あけ調査技術、2019年度：原子炉開放後調査技術）を開発するために、1,000Gy/h（暫定値）の高放射線環境下でRPV内部の映像、線量、温度を計測するためのアクセス装置、調査装置、サンプリング装置のシステム設計及び基本設計を完了する（アクセス装置）。
- アクセス装置、調査装置、サンプリング装置を構成する要素技術（遠隔穴あけ装置等）について、試作・試験を完了する。

### 平成26年度の実施内容

#### 1. アクセス装置の開発

- ① 配管を経由してRPV内部にアクセスする技術について、装置のシステム設計を行い、構成する要素技術の試作・試験を完了する。また、RPV内部への早期アクセス実現に向け、下記2. で開発を行う調査装置の寸法、重量等をインプットとして、装置の基本設計及び詳細設計を完了する。
- ② RPV上部からアクセスする技術（RPV上部に穴を開けてアクセスする技術、原子炉開放後にアクセスする技術）について、装置のシステム設計を行い、構成する要素技術の試作・試験を完了する。また、下記2. で開発を行う調査装置の寸法、重量等をインプットとして、装置の基本設計を完了する。

#### 2. 調査装置の開発

調査環境やアクセスルートの寸法制約等を考慮したカメラ等装置のシステム設計を実施。構成する要素技術の試作・試験を完了する。調査装置の基本設計を行い、上記1. のアクセス装置の設計に資する寸法、重量等のインプット情報を提示する。

#### 3. サンプリング装置の開発

燃料デブリのサンプリングについて、加工・回収方法を考慮したサンプリング装置のシステム設計・基本設計を行い、構成する要素技術の試作・試験を完了する。

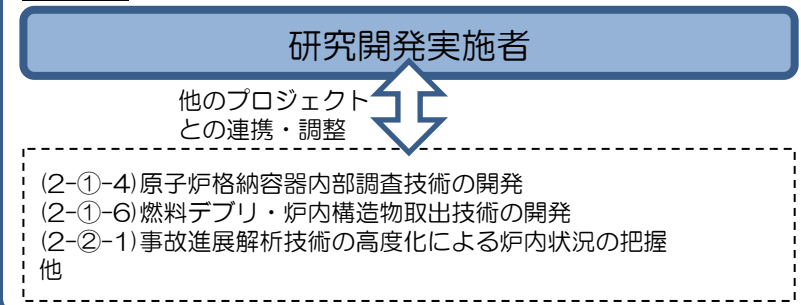
### 実施工程（平成26年度）

2014(前)	2014(後)
装置システム設計	要素試作・試験
装置基本設計	装置詳細設計
装置システム設計	要素試作・試験
	装置基本設計
装置システム設計	要素試作・試験
	装置基本設計
装置システム設計	要素試作・試験
	装置基本設計

### 取組方針

- ① 中長期的視点での人材育成  
中長期的に人材を育成する観点から、プロジェクトには若手技術者を担当させ、OJTにて人材育成を図る。また、人材育成のワークショップ等にて報告を行う。
- ② 国内外の叡智の結集  
「燃料デブリ取り出し代替工法の検討のための技術調査」において収集・整理された技術情報等、国内外からの有用な技術を本PJに積極的に取り入れながら研究開発を実施する。
- ③ 目標達成を判断する指標の設定  
基本設計・要素試験完了の判断基準となるべき成果物（装置概念・構成図、寸法・重量等の装置基本仕様、要素試験計画・試験結果）を設定し、その達成の有無について検証する。

### 実施体制



## (新規)(2-①-6)燃料デブリ・炉内構造物取出技術の開発(平成26年度計画案)

### 平成26年度主要目標

圧力容器内やオペフロから最大約35m下方にある格納容器内の燃料デブリを取り出すため、既存技術を調査・整理した上で、燃料デブリ取出し工法の評価・立案を行い、研究開発の計画を立案。可能なものについては、装置開発に着手する。

### 平成26年度の実施内容

#### 1. 既存技術の調査

既存のカタログも参照しながら、燃料デブリを取り出すために必要な既存技術(TMIで実績のある装置を含む)の調査および整理を実施。

#### 2. 燃料デブリ取出し工法および開発計画の立案

圧力容器および格納容器内から燃料デブリを取り出す工法(取出し時の冷却システム、放射線遮へい、放射性物質の飛散防止対策、燃料デブリを収納缶に回収・輸送する方法、等含む)について評価等を実施し、開発計画を立案。

立案に当たっては、高放射線下であることを考慮し、画像処理システムや電子デバイスについても評価を実施。

※国内外から広くデブリ取り出しに係る提案を募る仕組みを利用し、有用な技術及び工法の提案については積極的に取り入れながら研究開発を実施。

※現在のプラント状態から格納容器上部の水張り状態まで、想定される環境状態を考慮し、水中/気中でのデブリ及び炉内構造物等の取出し工法の検討を実施

#### 3. 燃料デブリ取出し装置開発/要素試験

上記記載の既存技術の調査結果、開発計画等を反映し、要素試験、装置開発に着手。TMIで実績のあるデブリの加工技術、炉内構造物等の切断に用いられている技術でデブリを模擬したセラミック試験体の加工を行う試験計画を立案し、セラミック試験体の加工試験を実施。

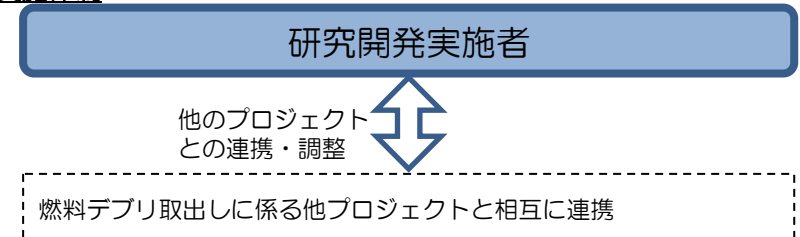
### 実施工程(平成26年度)

2014(前)	2014(後)
既存技術調査	整理
課題抽出	開発計画立案
取出し工法評価	開発計画立案
↑   ↓ 適宜、国内外技術の取り入れ	
計画立案	試験

### 取組方針

- ① 中長期的視点での人材育成  
中長期的に人材を育成する観点から、大学等との共同研究等、連携の強化に取り組む。
- ② 国内外の叡智の結集  
「燃料デブリ取り出し代替工法の検討のための技術調査」において収集・整理された技術情報等、国内外からの有用な技術を本PJに積極的に取り入れながら研究開発を実施する。
- ③ 目標達成を判断する指標の設定  
本年度の目標となる全体計画の立案及び要素試験の計画について、目標達成の判断基準となるべき指標を設定し、その達成の有無について検証する。

### 実施体制





## (2-①-7) 燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発(平成26年度計画案)

### 平成26年度主要目標

燃料デブリの主な考慮条件(①燃焼度、②濃縮度、③冷却期間(2020年で約9年)、④海水の影響等)について、収納缶の設計コンセプト(基本機能、概略形状等)の策定に必要な課題を設定し、収納缶の設計コンセプトの策定を完了する。  
また、考慮条件に適した保管方法選定を行うため、複数の保管方法について安全性及び経済性並びに技術的観点から課題を整理する。

### 平成26年度の実施内容

#### 1. 燃料デブリの保管システムの検討

- ① 破損燃料輸送・貯蔵に係る調査  
平成25年度の調査結果を踏まえ、有用となる候補技術に照準を絞った追加調査を実施。
- ② 保管システムの整理  
平成25年度に実施した保管システムの評価に1F固有の状況(燃焼度、濃縮度、冷却期間、海水の影響等)を加味し、安全性、経済性、技術的観点から保管方法選定に資する課題を整理する。

#### 2. 事前調査結果に基づく安全評価技術の開発

- ① 収納缶の設計コンセプトの設定  
収納缶の設計条件を設定し、開発対象とする収納缶の基本機能、概略形状等の設計の方向性(設計コンセプト)を策定する。
- ② 必要となる安全評価手法の開発  
①に基づき、平成27年度からの設計着手に資するべく平成26年度は他の開発PJとの連携を踏まえて安全評価手法の抽出と開発の進め方等(開発計画)を策定する。  
現時点では以下を計画。
  - ・ 臨界評価手法：収納缶設計で必要になると考えられる臨界評価手法。
  - ・ 構造評価手法：収納缶への衝撃負荷等に対する構造評価手法。
  - ・ 収納缶内外面の腐食評価手法：収納缶の長期健全性の観点から候補材の耐食性評価手法。

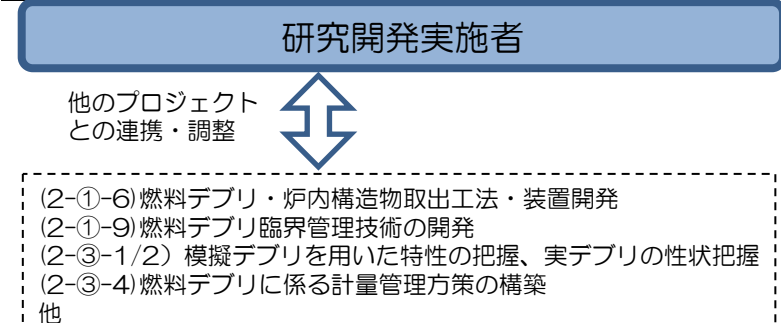
### 実施工程(平成26年度)

	2014(前)	2014(後)
① 破損燃料輸送・貯蔵に係る調査	調査	
② 保管システムの整理	保管システム課題抽出	
		課題整理
① 収納缶の設計コンセプトの設定	設計コンセプトの策定	
② 必要となる安全評価手法の開発		安全評価手法の開発

### 取組方針

- ① 中長期的視点での人材育成  
中長期的に人材を育成する観点から、学会やワークショップ等での情報発信に取り組む。若手技術者を積極的に登用し人材育成に務める。
- ② 国内外の叡智の結集  
破損燃料の移送・保管に関する国内外の有識者との情報交換等を実施し、課題の抽出、開発計画立案等に反映する。
- ③ 目標達成を判断する指標の設定  
平成26年度の目標達成の指標として以下を設定する。
  - ・ 収納缶の基本機能、概略形状等の設計の方向性(設計コンセプト)を立案する。
  - ・ 立案した収納缶の設計コンセプトに基づき他の開発PJとの連携を踏まえて必要な課題(必要に応じて数値的課題)を設定し、平成27年度以降の開発計画に反映する。

### 実施体制



## (2-①-8) 圧力容器/格納容器の健全性評価技術の開発(平成26年度計画案)

### 平成26年度主要目標

- 構造材料の長期間での腐食減肉や、高温デブリ落下による圧力容器ペDESTALの強度低下、流動条件（0.001～2m/s）下の原子炉注水配管の腐食評価等に基づき、耐震強度評価を実施し、格納容器止水や燃料デブリ取り出し工程の見直しや耐震補強が必要な機器を特定する。
- 圧力容器/格納容器関連設備に対し放射線環境下（100Gy/h）でも有効な腐食抑制策を抽出し、副次的悪影響の有無等、実機適用に不可欠なデータの拡充を行う。

### 平成26年度の実施内容

- 1. 実機条件を考慮した構造材料の腐食評価**  
腐食劣化予測精度向上を目的に、実機水質の影響などをより詳細に考慮した腐食試験を完了予定。平成25年度までに取得した腐食速度との比較により、プラント評価に用いる腐食速度を検討。
- 2. 原子炉注水配管等の腐食評価**  
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速度データを取得し、配管の腐食減肉を考慮した耐震強度評価に基づく注水配管の健全性評価を完了予定。
- 3. 腐食抑制策の開発**  
各種防錆剤について、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、腐食抑制効果を示す定量的データを取得するとともに、腐食抑制効果に及ぼす過酸化水素の影響や副次影響評価など、実機適用性評価を実施、有効な腐食対策の抽出を完了予定。
- 4. 圧力容器ペDESTALに対する高温デブリ落下影響評価**  
高温デブリ落下による圧力容器ペDESTAL基部の浸食範囲の想定や、熱影響範囲の強度特性変化等を考慮した圧力容器ペDESTALの構造強度評価を完了予定。
- 5. 原子炉容器、圧力容器ペDESTALの耐震強度評価**  
最新のプラント状態や技術開発等を反映した建屋機器連成地震応答解析結果、及び実機環境条件や腐食抑制策を考慮した腐食試験データに基づく減肉量等を用い、圧力容器/格納容器、圧力容器ペDESTALの強度評価を実施、燃料デブリ取り出しに向けた複数のプラント状態での耐震裕度評価を完了予定。

### 実施工程(平成26年度)

	2014(前)	2014(後)
1. 実機条件を考慮した構造材料の腐食評価	詳細計画 試験片製作	腐食試験 腐食速度評価
2. 原子炉注水配管等の腐食評価	詳細計画 試験体製作	腐食試験 腐食速度評価 腐食健全性評価
3. 腐食抑制策の開発	詳細計画 試験片製作	腐食抑制効果・副次影響の評価
4. 圧力容器ペDESTALに対する高温デブリ落下影響評価	コンクリート熱影響・浸食範囲の想定	圧力容器ペDESTAL耐震評価
5. 原子炉容器、圧力容器ペDESTALの耐震強度評価	地震応答解析	地震時の作用応力評価 耐震裕度の低いプラント状態・機器の特定

### 取組方針

- ① 中長期的視点での人材育成  
材料劣化のメカニズムに立脚した評価等において、大学等との共同研究等、連携の強化に取り組む。
- ② 国内外の叢智の結集  
適宜各分野（腐食や建築等）の学協会専門家からのレビューを受け、その知見を活用する。また、原子力学会英文誌への論文投稿により、海外への情報発信を図る。
- ③ 目標達成を判断する指標の設定  
腐食抑制策の開発に向けては、腐食抑制効果の確認だけでなく、照射環境を含めた広範な条件下で、関連設備に副次的悪影響がないことを確認することで、有効な腐食対策の抽出を完了させる。

### 実施体制

研究開発実施者

他のプロジェクトとの連携・調整



- (2-①-2/3) 格納容器水張りに向けた調査・補修(止水)技術の開発
- (2-①-4) 原子炉格納容器内部調査技術の開発
- (2-①-6) 燃料デブリ・炉内構造物取出工法・装置開発
- (2-①-9) 燃料デブリ臨界管理技術の開発
- 他

## (2-①-9) 燃料デブリ臨界管理技術の開発(平成26年度計画案)

### 平成26年度主要目標

臨界を防止し、万一の臨界近接の場合にも事前に検知し作業員の計画外被曝を防止するため、中性子吸収材や燃料デブリ臨界検知モニタリング等の技術を統合し、燃料デブリ取出しなど主要工程における臨界管理方法を策定する(管理手法は工法検討進捗を反映し都度見直す)。

### 平成26年度の実施内容

#### 1. 臨界評価

##### ① 臨界評価

MAAP解析結果等最新知見を反映して精緻化した臨界シナリオ・臨界解析評価結果に基づき、モニタリング技術、臨界防止技術を統合して格納容器水張りや燃料デブリ取り出しに適用する臨界管理方法を策定(ただし管理方法は工法検討進捗を反映するため次年度以降も継続する)。

##### ② 臨界時挙動評価

燃料デブリに対応した核・熱水力反応度フィードバックモデル、ほう酸水注入により臨界停止に至る挙動解析モデルを開発・統合して臨界時挙動評価モデルを高度化。合わせて被ばく量評価手法を開発。臨界時影響評価に基づき臨界管理方法検討用のデータベースを作成。

#### 2. 廃液処理、冷却設備の未臨界管理技術(平成25年度完了)

#### 3. 炉内の臨界検知技術

##### ① 中性子検出器システム(平成25年度完了、今後、最新知見を適宜設計に反映)

ガンマ線1.0 Gy/hにおいて、中性子検出感度0.5 cps/cm<sup>2</sup>以上の検出感度。

##### ② FPγ線検出器システム

Kr88を10<sup>-4</sup>Bq/cm<sup>3</sup>で検知する再臨界検知システムについて、臨界検出感度向上の観点から、未臨界度推定アルゴリズムを作成し、適用可否を判断の上、臨界管理手法に反映。

##### ③ 炉内臨界近接検知システム

合理的な臨界管理の観点から燃料デブリ取出し時の臨界近接モニタ開発に着手(平成29年完了目標)。臨界近接検知手法・検出器候補を抽出し、システム概念策定。実証試験計画立案。

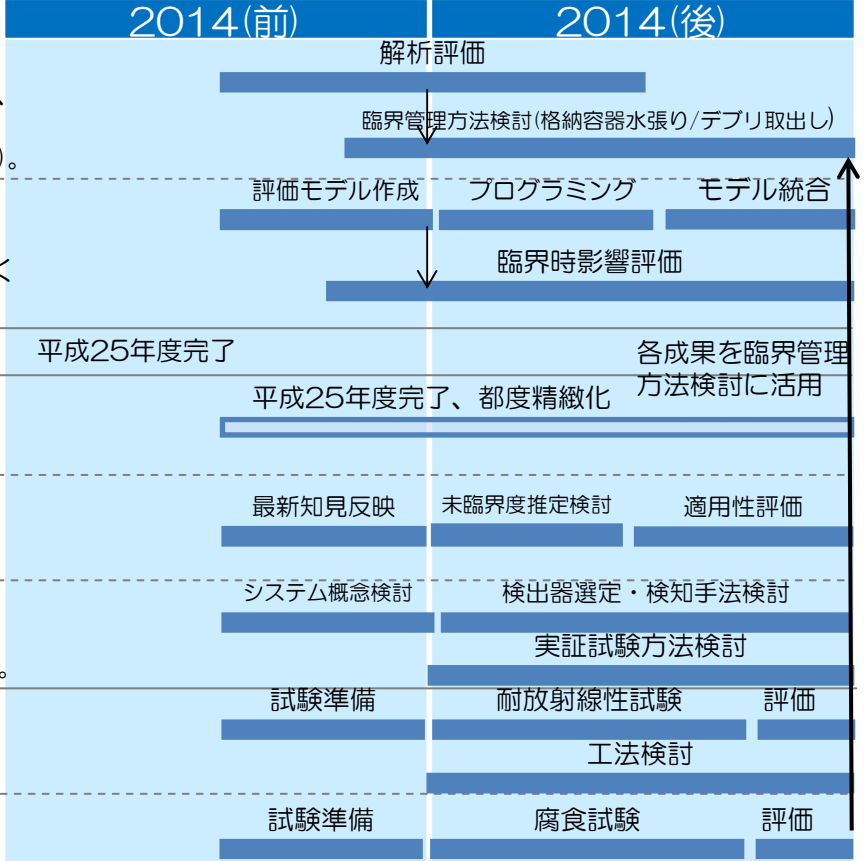
#### 4. 臨界防止技術

① 非溶解性吸収材 耐放射線性試験による候補の絞り込みとともに、均一性担保のための適用工法決定(次年度以降の核的特性試験で最終候補を選定)。

##### ② 溶解性吸収材

適用時の課題解決として高ボロン濃度下でのガルバニック腐食試験を実施し、その結果に基づき、臨界管理方法におけるボロンの適用方法を決定。

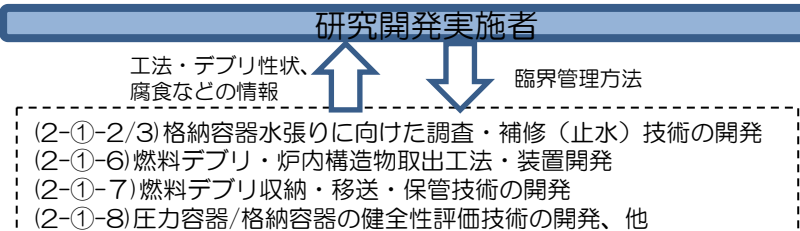
### 実施工程(平成26年度)



### 取組方針

- ① 中長期的視点での人材育成  
若手技術者活用とともに、大学等との共同研究等、連携の強化に取り組む(具体的な連携先を選定する)。
- ② 国内外の叡智の結集  
例えば、炉内臨界近接検知等の開発において、広く国内外の技術活用を検討する。
- ③ 目標達成を判断する指標の設定  
作業員の計画外被曝防止のための臨界管理方法策定を目標とする。

### 実施体制



## (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(平成26年度計画案)

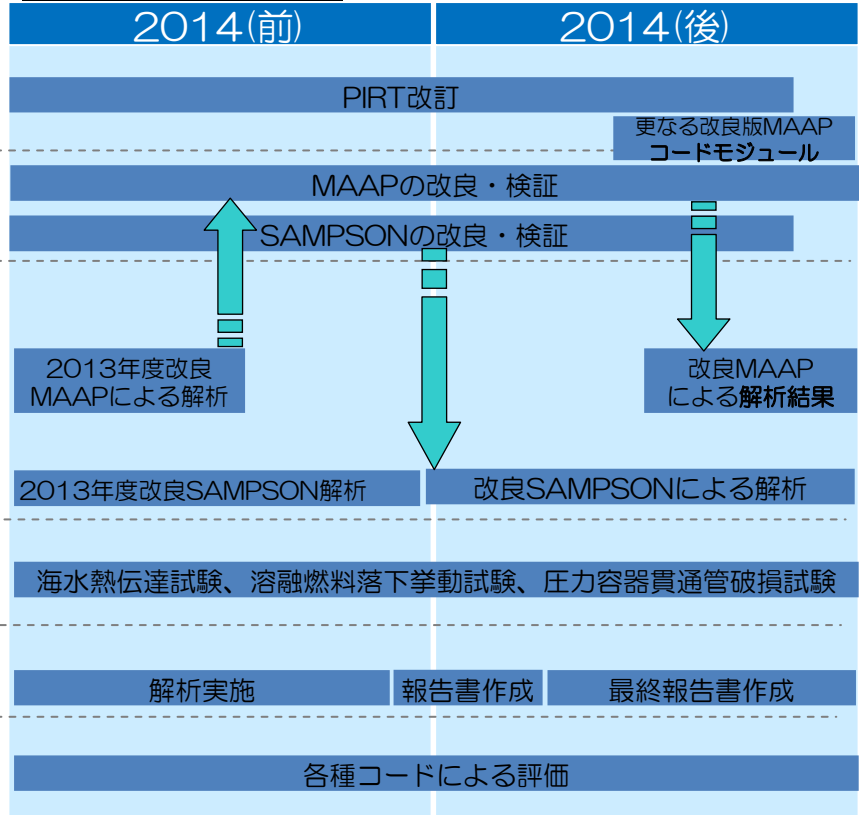
### 平成26年度主要目標

- ・海外機関との協力等により国内外の叢智を結集し、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。
- ・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、炉内状況を把握するための検討を完了。燃料デブリ取り出し作業に資する炉内状況に関する情報の精度向上を実現し、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する。

### 平成26年度の実施内容

- ①原子力学会との連携によりシビアアクシデントコードの開発にかかるPIRT (Phenomena Identification and Ranking Table) をブラッシュアップし、解析コードの高度化に資する検討、実験等の優先順位を確認。
- ②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解析コード (MAAP、SAMPSON) を改良 (例えば、下部ヘッド溶融物への塩分影響、及び更なる計算時間の短縮等の改良)。
- ③高度化した解析コードによる解析
  - ・【MAAP】平成25年度にブラッシュアップしたPIRTに基づき更なる改良項目を抽出するとともに、現状最新版であるMAAP5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を実施。
  - ・【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を実施。(既存の解析結果の改善と精度向上に向けた課題の抽出)
- ④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 (海水熱伝達試験、溶融燃料落下挙動試験等) を実施し、解析コードの改良に資する実験データと知見を取得。
- ⑤国際ベンチマークOECD-NEA BSAFプロジェクトに参加し、解析結果の国際比較を行い、フェーズ1最終報告書を取り纏める。
- ⑥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 (炉内状況に係わる情報の取得)。

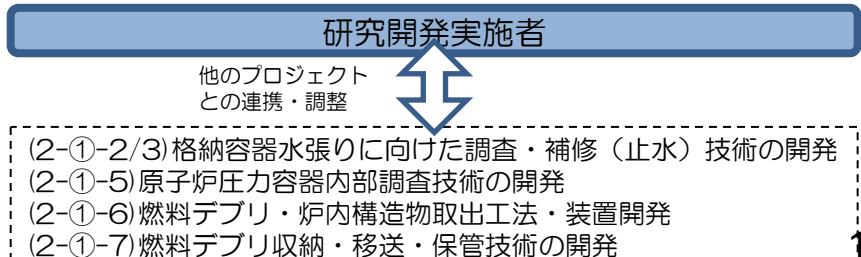
### 実施工程 (平成26年度)



### 取組方針

- ① 中長期的視点での人材育成  
委託を通じた大学活用による若手の育成、学会活動を通じた大学・研究機関の活用。
- ② 国内外の叢智の結集  
OECD/NEA BSAFプロジェクトの実施による海外の叢智の活用等。原子力学会シビアアクシデント専門委員会との連携。
- ③ 目標達成を判断する指標の設定  
PIRTで抽出した課題に対する達成度を基準とし、その達成度で目標達成の有無について検証する。

### 実施体制



(2-③-1, 2, 3) 模擬デブリを用いた特性の把握、実デブリの性状分析、燃料デブリ処置技術の開発 (平成26年度計画案)

平成26年度主要目標

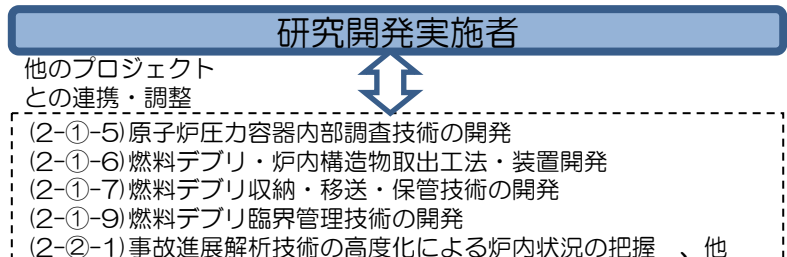
- 模擬デブリを用いた特性の把握**：燃料デブリ取出し装置開発等の検討に向けて、酸化物系デブリ（5種類以上のサンプルを作製）及び金属系デブリ（2種類以上のサンプルを作製）の機械的性質データを取得し、また福島事故特有の反応としてGd等による影響評価およびMCCI（熔融炉心-コンクリート反応）物性データの採取、評価を実施。
- 実デブリの性状分析**：実デブリ分析に必要な要素技術の開発を進める。また、実デブリ受入れに関して必要な設備・装置の抽出、輸送条件評価を実施し取り纏める。
- 燃料デブリ処置技術の開発**：燃料デブリの安定的な保管の検討に向けて、必要な含水特性や変性挙動のデータを取得する。

実施内容	実施工程（平成26年度）			
	2013	2014(前)	2014(後)	2015
<b>1. 模擬デブリを用いた特性の把握</b>	模擬デブリの機械物性評価（酸化物系）			
	模擬デブリの機械物性評価（金属系）			
	11F特有の反応による生成物評価（コンクリート、Gd等）			
	MCCIに係る研究			
① 模擬デブリの特性評価	準備			
・ 正方晶、単斜晶の高Zr酸化物デブリおよび主要な金属デブリとなり得るFe含有模擬デブリを作製し、その機械的性質データを取得。	TMI-2デブリを用いた試験（機械的性質評価、分析試験）			
・ 福島特有事象であるコンクリートとの反応、Gd含有燃料を想定し、構造材（Fe）との複合系でのデブリ特性を把握。				
・ 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値測定を実施。（CEAとの国際協力）	国際協力の実施			
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（3種類以上のサンプルを取得）を実施し、模擬デブリデータと比較検討する。				
③ 国際協力（共同研究）の検討				
・ 海外の研究機関と情報交換を継続し、国際協力を実施。				
<b>2. 実デブリの性状分析</b>	検討条件の整理			
① 実デブリ分析全体フロー	実デブリ分析全体フロー立案			
・ 実デブリ分析の全体フローを取り纏め、技術開発方針を立案する。				
② 分析要素技術の開発・改良及び受入れに関する技術課題の取り纏め	分析要素技術の検討			
・ 分析要素技術開発を行うとともに、実デブリ試料の分析施設受入に必要な設備・装置を抽出し、輸送条件を技術的に整理して取り纏める。	要素技術の開発／施設計画策定／輸送条件取り纏め			
<b>3. 燃料デブリ処置技術の開発</b>				
① 保管に係るデブリ基礎特性の評価	含水特性、変性挙動等			
・ 保管に大きく影響する含水特性や変性挙動について検討・評価する。				

取組方針

- ① 中長期的視点での人材育成  
国際協力相手機関への人材派遣や実デブリ分析を含めて燃料デブリ関連研究開発を実施し、中長期的に必要な燃料デブリ関連研究に必要な人材及び分析技術者の育成に貢献する。また、関係組織が協力し若手技術者の能力向上・知見拡大に努める。
- ② 国内外の叡智の結集  
プロジェクトの実施に当たっては、シビアアクシデント研究において燃料デブリ等に関する情報の蓄積のある海外機関との協力・連携を図り、その知見を反映する。
- ③ 目標達成を判断する指標の設定  
以下のような項目を指標として設定する：酸化物模擬デブリサンプルを5種類（高Zr含有率正方晶・単斜晶およびCaO等添加）以上、金属模擬デブリサンプルを2種類（Zr-Feを含む合金）以上作製し、各々機械的特性データを取得。TMI-2デブリサンプルに関し3種類（クラスT、熔融プール部など）の試料を採取し、金属組織を確認した上、硬さ測定を実施。

実施体制



# (3) 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発(平成26年度計画案)

## 平成26年度主要目標

### 1.性状把握

- ① 分析計画を明確化し、分析結果を踏まえて適宜更新を実施。
- ② 各工程処理水の分析結果や解析的な手法を用いて二次廃棄物の<sup>137</sup>Cs以外の核種のインベントリ評価手法の検討を実施。

### 2.長期保管方策の検討:多核種除去設備のスラリーの安定化技術の調査・試験を実施。

### 3.廃棄物の処理に関する検討:多核種除去設備等二次廃棄物の処理・廃棄体化に関するデータを取得。

### 4.廃棄物の処分に関する検討

- ① 既存の処分概念や安全評価手法(シナリオ、モデル、パラメータ)を整理し、個々の処分概念の特徴を整理。
- ② 性状把握や処理技術の開発の促進に資するよう重要核種を抽出。

### 5.研究開発を進めるための検討:

廃棄物の発生、保管から処理・処分まで一連の廃棄物の取扱い(廃棄物ストリーム)を策定。

## 取組方針

- ① 中長期的視点での人材育成  
共同研究等の形態により国内外の大学・研究機関と協力して事業を実施することにより、当該機関との連携を強化し、その実施を通じて人材の育成を図る。
- ② 国内外の叡智の結集  
国内外の研究機関等との共同研究や国際会議での発表により、国内外の叡智の結集を図る。また、平成24年度から原子力学会に特別専門委員会を設置している。平成26年度も研究開発課題の検討を実施する。さらに、OECD/NEAに専門家グループを設置し、諸外国の専門家から意見・アドバイスを受け、今後の計画に反映する。
- ③ 目標達成を判断する指標の設定  
分析試料は50サンプル程度を実施。多核種除去設備から発生するスラリーの安定化のためコールド試験を実施し、実機適用における課題を抽出。分析結果データベースの拡張として、ガレキ伐採木データベースの作成完了。

## 平成26年度の実施内容

### 1.性状把握

- ① 核種分析を着実に進めるため、分析計画を明確にし、その計画を分析結果を踏まえて適宜更新。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整理。試料の分析では、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、平成25年度に実施した暫定評価対象核種の見直しを試行。
- ② 汚染水及び処理水中の核種の分析結果および解析的な手法に基づき二次廃棄物のインベントリ評価を進める。多核種除去設備から発生する二次廃棄物のインベントリ評価に着手。
- ③ 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、多核種除去設備から発生する二次廃棄物の採取分析に着手。
- ④ 難測定核種(<sup>93</sup>Mo、<sup>126</sup>Snなど)の分析フローを構築する。また、高線量廃棄物分析法(キャピラリー電気泳動法、レーザー共鳴電離質量分析法)について模擬試料を用いた試験を実施。

### 2.長期保管方策の検討

- ① 多核種除去設備から発生する炭酸塩及び水酸化鉄スラリーの安定化のための技術調査、技術の選定、工学試験を実施。
- ② 第二セシウム吸着装置について、吸着塔容器材料の局部腐食発生の有無を評価。また、現行の水素安全対策について確認。
- ③ 廃ゼオライト吸着塔の塔内残留水の蒸発の評価等を実施。

### 3.廃棄物の処理に関する検討

- ① 多核種除去設備等から発生する二次廃棄物を中心に、種々の模擬廃棄体を作製する基礎試験を実施し、固化特性や閉じ込め性及びガス発生等に関するデータを取得。
- ② 平成25年度の調査により選定した処理・廃棄体化技術に対し、処理量、減容及び安定化の効果、作製される廃棄体の特性、二次廃棄物の種類と発生量等についてより詳細に調査。

### 4.廃棄物の処分に関する検討

- ① 既存の処分概念や安全評価手法(シナリオ、モデル、パラメータ)の特性、違いを整理し、個々の処分概念の特徴整理。
- ② インベントリ推定に関する検討の進展を踏まえた事故廃棄物の処分の安全性を評価するための重要核種を抽出し、性状把握等において優先的に取得すべき情報としてフィードバック。

### 5.研究開発を進めるための検討

- ① 廃棄物の発生、保管から処理・処分まで一連の廃棄物の取扱い(廃棄物ストリーム)を廃止措置シナリオの検討と連携して検討を実施。
- ② 平成25年度に試運用を開始した分析結果データベースについて水分析結果以外の分析データへ拡張。平成25年度に作成した事故廃棄物情報を更新。

## 実施工程(平成26年度)

2014(前)		2014(後)	
汚染水サンプリング	土壌サンプリング	ガレキ等サンプリング	
	水処理二次廃棄物サンプリング		
核種分析及びデータとりまとめ			
インベントリ評価		結果とりまとめ	
第二セシウム吸着装置、多核種除去設備の二次廃棄物に関するデータ収集		データとりまとめ	
分析フロー(データ取得、試験)		結果とりまとめ	
高線量廃棄物分析法(データ取得、試験)		結果とりまとめ	
多核種除去設備二次廃棄物(スラリー)の安定化のための技術調査、技術選定		結果とりまとめ	
		多核種除去設備二次廃棄物の安定化のための工学試験	
第二セシウム吸着装置の吸着塔残留塩分洗浄試験及び水素発生に関する照射試験		腐食・水素対策評価まとめ	
セシウム吸着塔内の在留水の蒸発の評価		結果とりまとめ	
水処理二次廃棄物(スラッジ等)			
スラッジの廃棄体化基礎試験		結果とりまとめ	
		多核種除去設備二次廃棄物の廃棄体化技術	
ガレキ、伐採木等	処理・廃棄体化技術調査		結果とりまとめ
処分概念や安全評価手法に関する特徴等の整理		結果のとりまとめ	
処分の安全性を評価するための重要核種の抽出		とりまとめとフィードバック	
廃棄物ストリームの検討			
分析結果データベースについて改良		利用マニュアルの更新	
		事故廃棄物情報の更新	

## 実施体制

他のプロジェクトとの連携・調整

研究開発実施者

(2-①-6)燃料デブリ・炉内構造物取出工法・装置開発  
(2-①-9)燃料デブリ臨界管理技術の開発、他

# (新規)原子炉内燃料デブリ検知技術の開発(平成26年度計画案)

## 平成26年度主要目標

•極めて高い放射線環境下のため直接観察することが困難な圧力容器内の燃料・燃料デブリの位置等を非破壊で比較的早期に検出するために、宇宙線ミュオンを利用した観測が有効と考えられる。そのため、ミュオンを利用し、燃料デブリの位置を検知可能なシステム(平成28年度で識別能力30cm)を開発するため、平成26年度は小規模実証試験を実施し、識別能力1mを達成する。

## 平成26年度の実施内容

1. 小規模実証試験(識別能力1m程度)
  - ① 高放射線環境下での検出器の設置・測定に関する事前検討
  - ② 小型検出器システムを用いた小規模実証試験の実施
2. 耐放射線ミュオン検出器システムの設計製作(識別能力30cm程度)
  - ① 高放射線環境下で測定可能なミュオン検出器システムの設計・製作  
検出器(ドリフトチューブ)の設計・製作及びミュオンとガンマ線信号の弁別アルゴリズムを含む回路系の設計・製作。
  - ② 収集データ処理における、ガンマ線弁別アルゴリズムの開発及びデブリ(ウラン)とコンクリート、鋼材を識別できるアルゴリズムの開発。
  - ③ システム評価  
実機の位置分解能の評価及び検出器と回路系を組み合わせた性能試験。
  - ④  $\gamma$ 線源を用いた耐放射線性能試験

	実施工程(平成26年度)			
	2014(前)		2014(後)	
	1Q	2Q	3Q	4Q
小規模試験の事前検討	[実施]		[実施]	
検出器の設計	[実施]		[実施]	
回路系の設計	[実施]		[実施]	
検出器の製作	[実施]		[実施]	
回路系の製作	[実施]		[実施]	
ガンマ線弁別アルゴリズム開発	[実施]		[実施]	
デブリ識別アルゴリズム開発	[実施]		[実施]	
システム評価	[実施]		[実施]	
耐放射線性能試験	[実施]		[実施]	

目標:システム評価、耐放射線性能試験により、識別能力30cm程度の見込みを得る。

### 「ミュオン散乱法」

入口角と出口角から物質の散乱角と散乱位置を得、物質の散乱角依存を利用し、デブリを識別

### 「ミュオン透過法」

デブリ位置でのミュオンの吸収による透過率の相違を利用し、デブリの存在位置を識別

本技術開発の成果の活用

RPV内のデブリ位置推定結果より、RPV内部調査(接続配管からのアクセス、RPV上部からのアクセス)の計画にフィードバックがかけられる。

## 取組方針

- ① 中長期的視点での人材育成  
中長期的に人材を育成する観点から、大学等との共同研究等、連携の強化に取り組む。
- ② 国内外の観智の結集  
国内外の観智を活用しつつ進める。必要な技術について、広く国内外からの導入を検討する。(専門家と連携してPJを推進する。)
- ③ 目標達成を判断する指標の設定  
目標達成の判断基準となるべき指標を設定し、その達成の有無について検証する。  
(目標:平成26年度小規模実証試験で識別能力1mの達成及び耐放射線システムミュオン検出器システムの設計製作では、システム評価及び耐放射線性能試験にて、識別能力30cm程度の見込みを得る。)

## 実施体制

### 研究開発実施者

他のプロジェクトとの連携・調整

- (2-①-6)燃料デブリ・炉内構造物取出工法・装置開発
- (2-①-5)原子炉圧力容器内部調査技術の開発
- (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

# (新規) 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26年度計画案)

## 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)の可否を判断するため、S/C、トラス室内等にα核種を含有する放射性物質(以下、放射性物質)の蓄積量とリスクの相関関係の評価を行う。また、測定可能な放射性物質の最低重量(検出下限)を導出し、含有の有無が判断可能な条件を決定する。

## 平成26年度の実施内容

○課題：グラウト封止を計画しているS/C内等に堆積した放射性物質の含有有無を確認する手段が確立しておらず、その判断方法・計測方法の技術開発が望まれる。  
中性子測定やγ線測定により堆積した堆積物をS/C外から非破壊で検知するためには検出性能に影響を及ぼすバックグラウンドの把握と当該堆積物の近傍へのアクセスが課題。

### 実施内容

#### 1.放射性物質(α核種)測定システムの検討

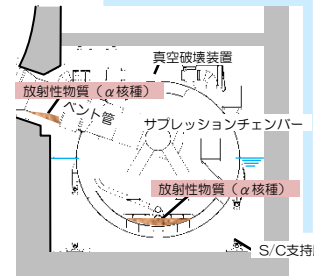
- ① S/C内等グラウト充填部位に堆積した放射性物質が存在する場合の蓄積量とリスクと相関関係の評価を行う。
- ② 放射性物質の流入シナリオを検討し、その流入シナリオに応じて最も放射性物質が存在する位置を設定する。
- ③ 放射性物質の組成に応じた放射線発生率や周辺構造による遮蔽を評価し、検出器との間の距離に対する感度等より最適な検知手法を選定。
- ④ S/C内等のバックグラウンド放射線量の評価結果より、検知手法(γ線、中性子)ごとに放射性物質の有無を判定できる検出下限量(測定可能な最低重量)を評価。
- ⑤ 残存が許容される放射性物質の堆積量と検出下限量より、存在有無が判断可能な計測条件を決定。

#### 堆積物の存在が想定される箇所の検討例

- ・安全弁のクエンチャ下
- ・滞留水の流入経路
- ・ペDESTAL開口部周辺方向のベント管
- ・ダウンカマ下
- ・ベント管内

## 実施工程(平成26年度)

2014(前)		2014(後)	
1Q	2Q	3Q	4Q
放射性物質量とリスクの評価			
放射性物質移行評価			
放射線量の評価			
放射性物質検知手法の抽出			
		検出下限の評価	
		計測条件の決定	



## 取組方針

- ① 中長期的視点での人材育成  
若手技術者を国内外の関連技術調査等に積極的に登用しスキルアップを図る。
- ② 国内外の叢智の結集  
海外機関が保有している検知技術やロボット技術を活用していく。
- ③ 目標達成を判断する指標の設定  
S/C内等に堆積した放射性物質をS/C外部から非破壊で測定することが、技術的実現可能かの評価を完了する。  
目標達成の判断基準となるべき指標を設定し、その達成の有無について検証する。

## 実施体制

### 研究開発実施者



他のプロジェクトとの連携・調整

#### デブリ物性

- (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
- (2-③-4) デブリに係る計量管理方策の構築

#### アクセス装置技術

- (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