

経済産業省補助事業「発電用原子炉等事故対応関連技術開発」の進捗状況概要 (1/2)

1. プロジェクト基本方針と進捗状況

1.1 研究体制

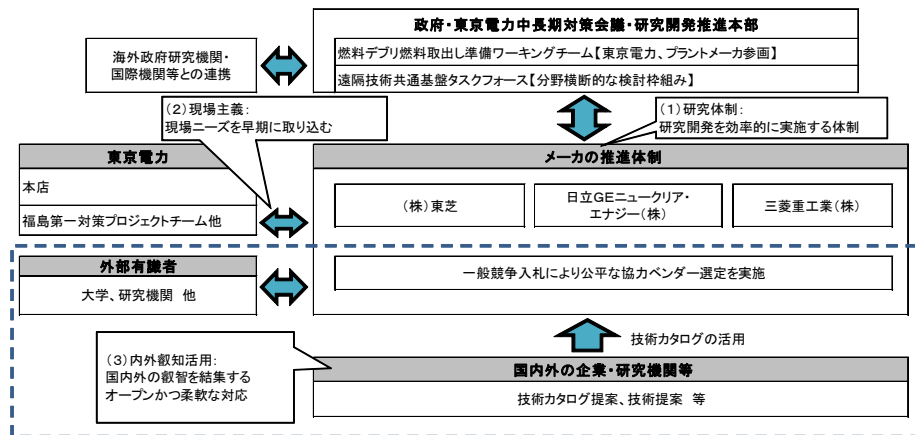
- (1) プラントメーカ3社が各社責任を持って実施するとともに分野別に責任を明確化して進める観点からプロジェクト毎に幹事会社を決めて進捗管理を行う。この幹事会社のリーダーシップの下で3社が効率的に研究開発を分担し進める。
- (2) 3社は「研究開発の分担実施」と「研究開発成果の共有(基本仕様の相互確認、工場試験結果、実証試験結果の共有)」を適切に図り協力関係を構築して研究開発を推進している。

1.2 現場主義

- (1) 研究開発計画の立案段階から実施段階において、現場のニーズを常に把握し研究開発に反映させるとともに、得られた成果を可能な限り早期かつ確に現場に適用することを目指す。また、現場の状況、関連研究や作業の進捗状況等について関係機関の間で十分連携をとり、必要に応じて計画を見直していく。
- (2) 今回、「建屋内の遠隔除染技術の開発」において線量率調査／線源調査／汚染状況調査等を行い、実際の除染方法に反映していくこととした。また、工事案件として実施した格納容器内へのエントリーについて、実績や改善事項の情報を入手し「格納容器内部調査技術の開発」に反映した。

1.3 内外観知活用

- (1) 必要な研究開発を効率的に実施するため、計画から実施に至る各段階において、適用可能な国内外の技術及び専門家の知見を積極的に活用し、研究開発に反映するよう考慮する。
- (2) これまで国内技術、海外技術を対象とするワークショップや、国内外の学会に対して技術カタログの公募やその結果について広く情報を提供し、内外観知の活用のための活動を継続している。また、福島でのワークショップにおいて、廃止措置までの研究開発に関連するプラントメーカのニーズを説明し、今後の情報共有を継続することとした。



2. 技術カタログの活用

2.1 機器・装置開発における技術カタログの活用方針

- (1) 「内外観知活用」との観点から、各種研究機関や民間会社等より幅広く情報を募り、福島第一原子力発電所の廃止措置等の研究開発に役立てることを目的とする。
- (2) 公募(一般競争入札)等により集まった有用な技術をカタログに整理し、それを参考にして機器・装置開発に必要な各種技術の要求仕様(購入仕様書等)を作成。それをを用いてプラントメーカが社外より技術を調達する場合、改めて公募プロセスを経て、ベンダーを評価・選定する。
- (3) ベンダーの選定に際し、仕様書への技術カタログの活用内容及び公募の評価基準を外部有識者による外部専門家委員会にて確認し、公平なベンダー選定を実施する。
- (4) メーカの自社技術を選定する場合も、ベンダーの技術と比較して妥当であることを外部専門家委員会にて確認を実施する。
- (5) 集約した技術カタログは、広く災害技術に貢献できるように学協会にてメンテナンスを実施する。

2.2 H23年度の成果

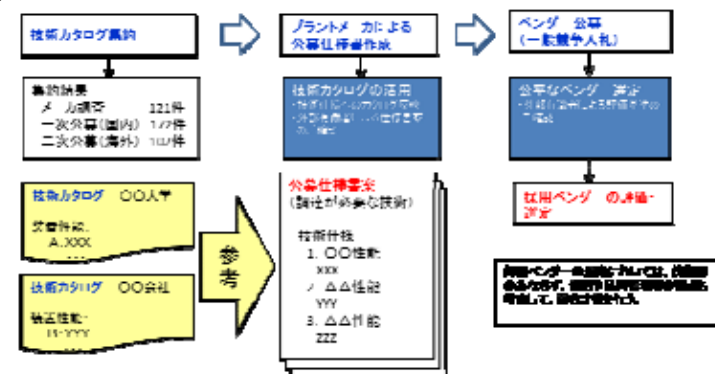
- (1) 『技術カタログに関するワークショップ』(2/24)や『国際シンポジウム』(3/14)等を通じて、国内外の有用な技術情報(約400件)を集約。

2.3 H24年度の進捗状況と成果

- (1) 集約結果を経済産業省ホームページに公開。
- (2) 2回の外部専門家委員会にて、技術カタログの購入仕様書への反映の考え方と、遠隔除染装置の購入仕様書ドラフト等を確認。
- (3) 高圧水洗浄・超高压水ジェット除染装置ではベンダー選定を完了(株)スギノマシン)、ドライアイスブラスト除染装置では公募を開始。
- (4) 吸引回収式ブラスト除染装置については、有識者コメントを反映した、自社技術と技術カタログの詳細比較資料を見直し中。(技術カタログ応募者から詳細情報を追加入手)
- (5) 他遠隔装置についても、仕様書作成に着手。

2.4 今後の予定

- (1) H24年度には継続して、遠隔除染装置以外の格納容器漏えい箇所点検調査装置等についても、公募を実施予定。



経済産業省補助事業「発電用原子炉等事故対応関連技術開発」の進捗状況概要 (2/2)

3. プロジェクト実施状況(成果概要)

3.1 建屋内の遠隔除染技術の開発

(1) 汚染状況基礎データ取得結果(1~3号機原子炉建屋通路部)

・線量率、線源、表面状態の調査を実施した。各号機共に雰囲気線量率への寄与は床面及び上面汚染が主体であり、壁面からの寄与は少ないと考えられる。

・各号機の建屋内床面をサンプル採取して各部分分析を実施した。主要線源はCs-134, Cs-137であり、Sr-90, Y-90の寄与は建屋内では殆ど無視できることが確認された。現在JAEAにて詳細分析を実施中であり、コンクリートへの浸透度等を評価することにより今後の除染技術の適用策に反映予定。

(2) 模擬汚染による除染試験

・基礎データに基づく模擬汚染での除染試験について以下のとおり実施中。(9月末終了予定)

- 「高圧ジェット洗浄」「剥離性塗膜塗布」による試験を開始済み。
- 「吸引洗浄」「ドライアイスブラスト」「プラスト」「はつり」に対する模擬汚染除染試験を今後実施。



剥離性塗膜による除染試験の例

(3) 遠隔除染装置設計製作に係る一般公募状況

・外部専門家委員会を1回/月の頻度で開催し、一般公募の進め方・購入仕様書記載内容の妥当性について審議を戴き、高圧水洗浄・超高压水ジェット除染装置/ドライアイスブラスト除染装置の設備調達を進めている。

3.2 格納容器漏えい箇所特定技術の開発

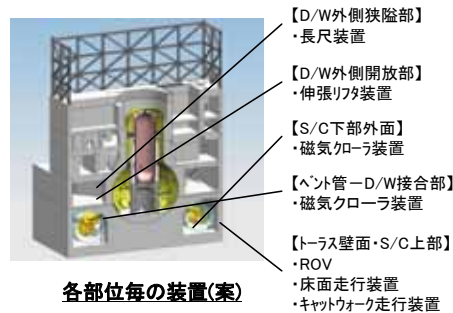
(1) 点検調査工法の検討

・格納容器バウンダリ部に対して、損傷評価が必要な部位を抽出し、損傷可否評価を行って損傷可能性の有無を整理。

(2) 点検調査装置設計

・漏えい調査の当該部へ到達するためのアクセス方法と、必要な装置仕様の検討を推進中。

・各部位の状況(気中、水中)ごとに、漏えい調査可能な方法を既存の技術からリストアップし、手法の選定/対応可否含め検討を推進中。



各部位毎の装置(案)

- 【D/W外側狭隙部】
・長尺装置
- 【D/W外側開放部】
・伸張り装置
- 【S/C下部外面】
・磁気クローラ装置
- 【ベント管-D/W接合部】
・磁気クローラ装置
- 【トラス壁面・S/C上部】
・ROV
・床面走行装置
・キャットウォーク走行装置

3.3 格納容器補修技術の開発

(1) 格納容器下部補修技術の検討/装置開発

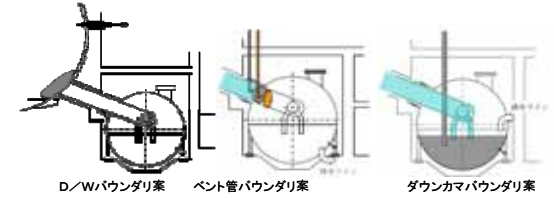
・S/C止水工法概念の検討を実施中。

(2) 格納容器上部補修技術の検討/装置開発

・D/W外側(ハッチ・ペネ等)の補修手順の検討を実施。

(3) 代替工法の検討

・格納容器バウンダリ再構築が不可能な場合の代替冠水工法の概念抽出を実施。



S/C止水工法の例

3.4 格納容器内部調査技術の開発

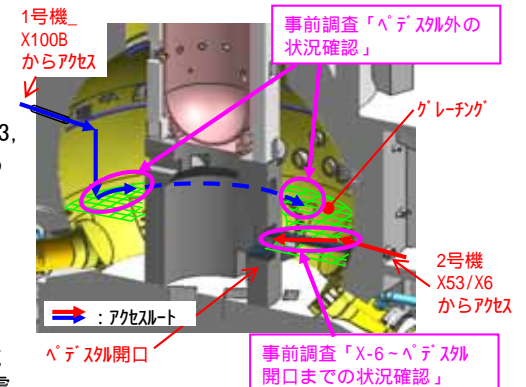
(1) 格納容器 事前調査工法の検討/装置の開発

・PCVエントリー工事で得られた最新知見も踏まえて、事前調査(H25年度予定)として、2号機 X-53, X-6及び1号機 X-100B ペネからのアクセスによる調査計画を立案。: 右図参照

工法の詳細検討と装置仕様の検討を推進中。

(2) 格納容器 本格調査工法の検討

・本格調査(H28年度予定)の調査工法/アクセスペネとアクセス方法/移動機構と計測機器の構成について、号機毎の環境(特に線量)の差異を考慮して検討を実施。



事前調査項目とアクセス(案)

3.5 圧力容器/格納容器の健全性評価技術の開発

(1) 原子炉容器の構造材料腐食試験

・同一材料、同一環境条件での3社共通腐食試験(クロスチェック試験)によりメーカ3社の相違による試験データ(腐食量)に顕著なばらつき等がないことを確認。



腐食試験状況

4. まとめ

- (1) 「現場主義」「内外観智活用」等の基本方針を遵守して、個々の研究開発プロジェクトを推進中。
- (2) 遠隔除染装置の開発では、「国内外の技術」を整理した技術カタログを有用に活用してベンダー選定等を推進中。他装置についても同様に推進していく予定。
- (3) 各研究開発は、工法の検討や装置開発に着手しており、計画通り進捗している。

1. 「建屋内の遠隔除染技術の開発」平成24年度計画

2012.8.27

(株)東芝 / 日立GEニュークリア・エナジー(株) / 三菱重工業(株)

平成24年度主要目標

1～3号機原子炉建屋通路部の現場調査により、基礎データを取得し、汚染状態を把握する。得られたデータにより、作成する模擬汚染が妥当であるかを確認する。模擬汚染による除染試験を実施し、選定する除染方法が汚染状態に適した除染方法であることを確認するとともに、選定する除染方法による遠隔除染装置を設計・製作し実証まで行なう。

実施内容

1. 汚染状況の基礎データ取得

1～3号機の原子炉建屋通路部の線量率調査、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。

プラント	階数 (原子炉建屋)	ロボットによる遠隔調査			人による調査 汚染状態調査			
		線量率調査	線源調査	表面状態調査	遊離性表面汚染調査		浸透汚染調査	
					固定性表面汚染調査	機器	床	壁
調査範囲	1号機	1階	○	○	○	○	○	○
	2号機	2階						
		3階						
調査目的	2号機	1階	○	○	○	○	○	○
	3号機	1階						
		1階						
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、固着物をストリンパ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。		

2. 除染技術整理及び除染概念検討

除染装置を実機で適用する場合の除染計画を立案する。除染手順、走行台車の運用、ホース、ケーブル等の引き回し、ユティリティの供給、二次廃棄物の回収等について検討する。上部階等への遠隔除染の実施に向け、遮へい・上部階アクセス方法について検討する。

3. 模擬汚染の作成、模擬汚染による除染試験

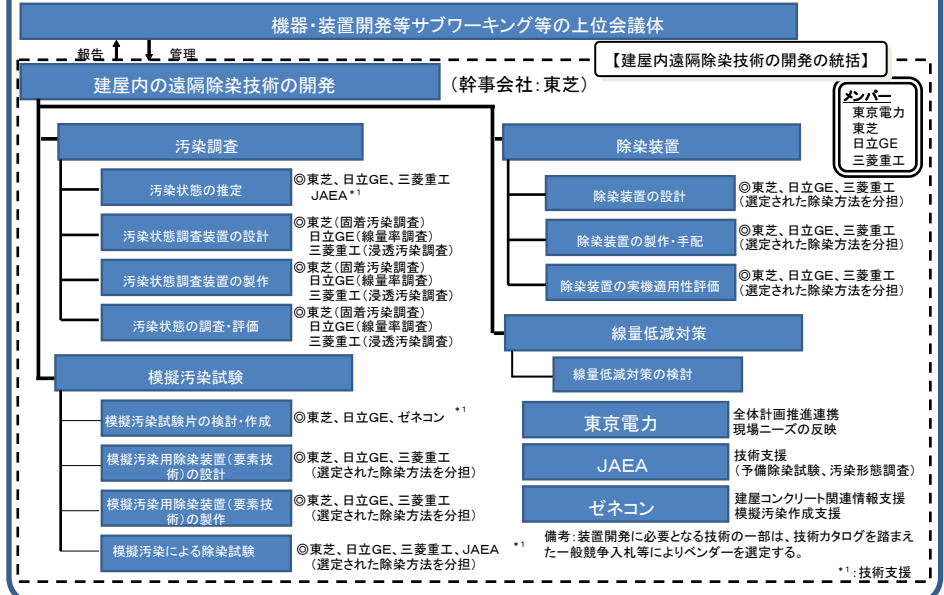
推定した6種類の模擬汚染を作成し、候補となる除染技術の除染試験を実施する。(実施する除染技術は検討中)

除染方法	技術の概要	工法の適用範囲(汚染状態)					
		水素爆発時に飛散した汚染	汚染蒸気に暴露された汚染	滞留水に浸漬された汚染	エポキシ塗料のコンクリート面に、コンクリート層が堆積	エポキシ塗料のコンクリート面に、汚染蒸気が浸透した後乾燥	エポキシ塗料のコンクリート面に、滞留水が付着後表面で乾燥
		遊離性汚染	遊離性汚染	固定性汚染	固定性汚染 浸透汚染	固定性汚染 浸透汚染の可能性あり	固定性汚染 浸透汚染
散水・吸引・ブラッシング	水噴射やブラッシングなどで、表面付着物を除去。集塵機を併用。	←→	←→	←→	←→	←→	←→
ジェット洗浄	高圧水の噴射により、表面の堆積物、固着物を除去	←→	←→	←→	←→	←→	←→
ドライアイスプラスト	ドライアイスのペレットを吹き付け、表面汚染物とともに表面研削。	←→	←→	←→	←→	←→	←→
プラスト	研削材を吹き付け、表面汚染物とともに表面研削。	←→	←→	←→	←→	←→	←→
機械式はつり	硬質工具でコンクリート表面を連打してコンクリート表層を破砕。	←→	←→	←→	←→	←→	←→
超高圧水によるはつり	超高圧の液体噴射により、コンクリート表層部を除去する	←→	←→	←→	←→	←→	←→
薬剤使用	薬剤を対象面に塗布。泡やゲルペースト、塗膜などの塗布剤があり、塗膜では汚染物を膜内に取り込み。	←→	←→	←→	←→	←→	←→

4. 遠隔除染装置設計製作、遠隔除染実証

技術カタログを活用し、遠隔除染装置を設計製作し、除染実証を行う。

実施体制



実施工程 (平成24年度)

1. 汚染状況の基礎データ取得

- ・汚染状況の調査
- ・汚染状況の評価

2. 除染技術整理及び除染概念設計

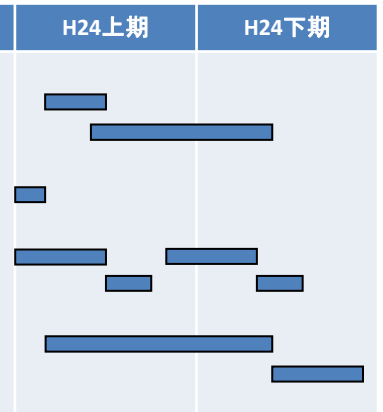
- ・除染概念設計

3. 模擬汚染の作成、模擬汚染による除染試験

- ・模擬汚染の作成
- ・模擬汚染による除染試験

4. 遠隔除染装置設計製作、遠隔除染実証

- ・遠隔除染装置設計製作
- ・遠隔除染実証



2. 「建屋内の遠隔除染技術の開発」実績(8月時点)

1. 汚染状況の基礎データ取得

1～3号機の原子炉建屋通路部の線量率調査、線源調査、表面状態調査、汚染状況調査を実施した。5/14から調査を開始し、7/18でオンサイトの調査を終了した。採取したサンプルの一部は、JAEAに輸送し、詳細分析を実施中である。

[オンサイト]線量率調査、線源調査、表面状態調査

1号機(5/14～5/18)、2号機(5/28～6/1)、3号機(6/11～6/15)で線量率調査、線源調査、表面状態調査を実施した。

<結果概要>

・雰囲気線量率への寄与は床面及び上部(天井あるいは上部機器)汚染が主で、壁面汚染の寄与は少ない

[オンサイト]汚染状況調査

1号機(6/7～6/15)、2号機1階面(6/13～6/19)2号機2階面、3階面、3号機1階面(6/28～7/4)のサンプル採取を実施した。

<結果概要>

- ・主要線源はCs-137,Cs-134
- ・放射能割合は概ねCs-137が60%、Cs-134が40%
- ・Sr-90/Y-90は建屋表面にはほとんど存在していない

[JAEA分析]汚染状況調査

採取したサンプルの一部をJAEAに輸送(第1回目のサンプル輸送を6/22に、第2回目の輸送を7/18に実施)し、詳細分析を実施中。

<JAEAでの分析のねらい>

- ・汚染のコンクリートへの浸透確認
- ・(オンサイト分析とあわせて)遊離汚染/固着汚染/浸透汚染の割合確認

↓
除染対象箇所の除染方法選定の指標とする。

3. 模擬汚染の作成、模擬汚染による除染試験

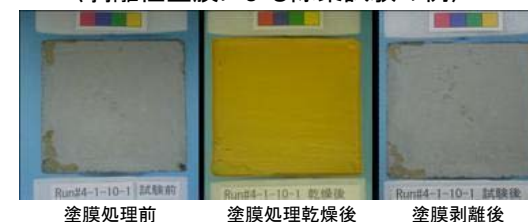
模擬汚染の作成

想定した6種類の汚染の模擬汚染サンプルを作成した。

模擬汚染による除染試験

模擬汚染サンプルを用いた除染試験として、高圧水ジェット洗浄、吸引洗浄、剥離性塗膜塗布、ドライアイスブラスト、ブラスト、はつりを実施する計画である。これらのうち、高圧水ジェット洗浄、剥離性塗膜塗布による試験を開始した。すべての試験を9月中に終了する予定

<剥離性塗膜による除染試験の例>



4. 遠隔除染装置設計製作、遠隔除染実証

除染方法の選定

技術カタログで応募があった除染技術を分類し、分類した技術から除染適用性、遠隔装置への適用性等を考慮して代表を選定した。選定にあたっては、想定した6種類の汚染に対する適応性を網羅できるように選定した。

除染装置の設計

製作する遠隔除染装置について、技術カタログをベースに購入仕様を検討し、公募を実施した。また、公募を実施しない装置については、サブベンダーと自社技術との比較を実施中である。

・高圧水洗浄・超高圧水ジェット除染装置

一般公募を実施し、サブベンダーが決定した。装置の製作設計を実施中である。

・ドライアイスブラスト除染装置

ドライアイスブラスト遠隔除染装置を、走行台車、可動式アーム、ドライアイスブラスト装置の3つに別けて公募を開始した。

・吸引・ブラスト除染装置

サブベンダーと自社技術との技術比較を実施中である。

2. 遠隔除染装置設計方針

遠隔除染装置の設計にあたり、基本方針を検討した。

- ・全体方針(目的、装置基本構成等)
- ・ツール設計方針(環境条件、装置機能等)

2. 「建屋内の遠隔除染技術の開発」実績(8月時点)

遠隔除染装置の手配スケジュールと進捗状況

	2012						
	6	7	8	9	10	11	12
高圧水洗浄・超 高圧水ジェット除染 装置	▽有識者による購入仕様確認 [6/29実施] 社内公募手続き	公募(一般公開入札) 入札結果評価・手配調整	▽入札評価の有識者確認 [7/31実施] 手配・設計・製作				調整・試験
ドライアイスブラ スト除染装置	▽有識者による購入仕様確認 [6/29実施] 社内公募手続き	公募(一般公開入札) 入札結果評価・手配調整	▽入札評価の有識者確認 手配(サブベンダー)				組立て・調整・試験 公募の開始が遅れたことから、「手配(サブベンダー)」期間を延長する。遅れた分は、「組立て・調整・試験」期間でキャッチアップする。
吸引・ブラスト除 染装置	▽有識者による購入方針確認 除染装置設計(仕様策定)		▽有識者による設計仕様確認 技術評価(サブベンダーと自社技術の比較)	▽有識者による技術評価の確認 除染装置の設計・製作 移動装置改造			組立て・調整・試験 初期方針では、除染装置の一部(圧縮空気供給ユニット)を公募により調達、それ以外については、技術的有意性/開発コスト/期間等を考慮し自社開発としていたが、7/31の外部専門委員会のコメント等反映し、調達方針を見直し。 → 自社技術とサブベンダーの比較評価結果を外部委員会に確認頂いた上で、自社開発の方針

3. 「建屋内の遠隔除染技術の開発」課題及び今後の対応

<課題>

- 概ね計画通り進捗している。
- 公募が遅れたドライアイスブラスト除染装置についてキャッチアップが必要である。

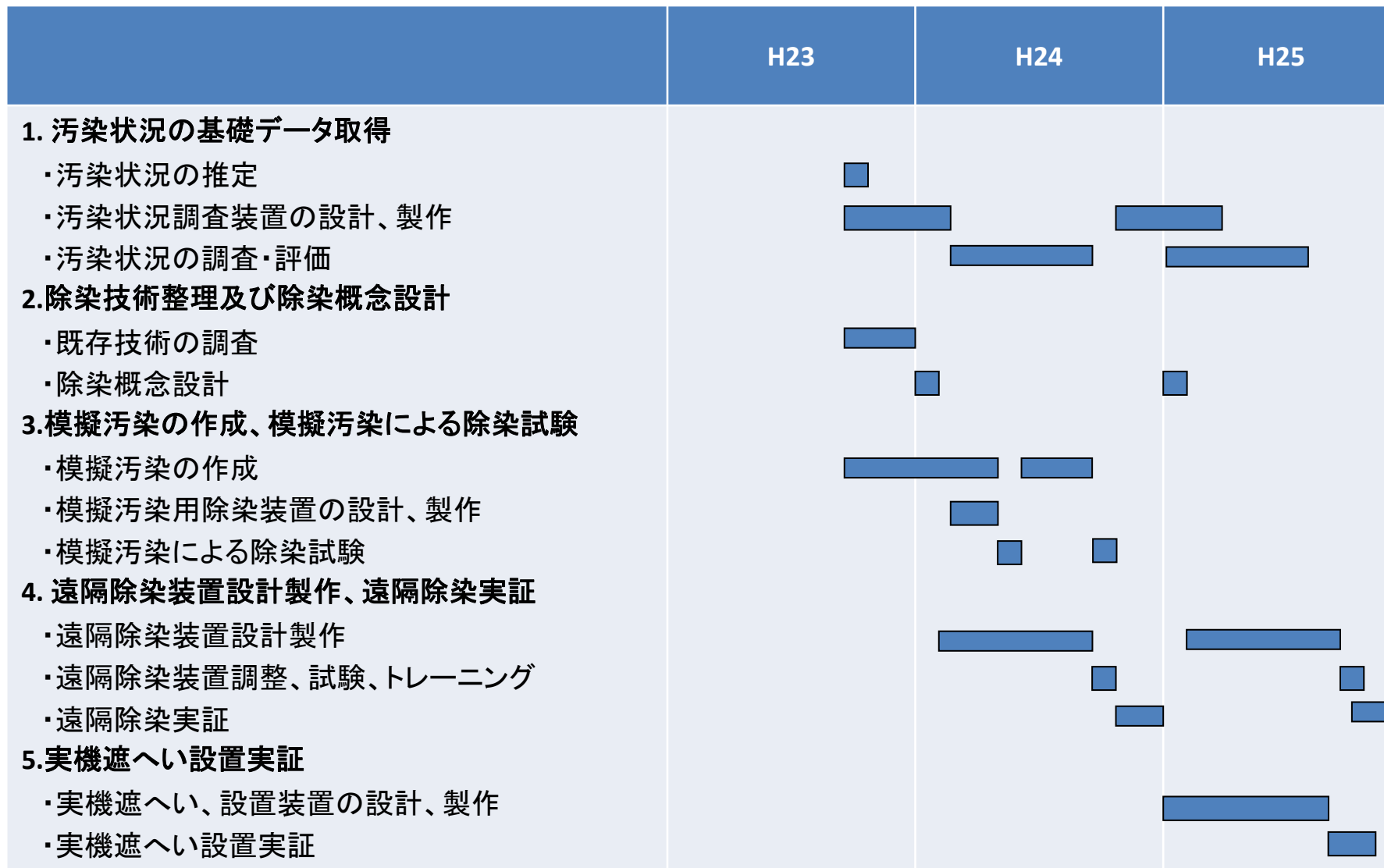
<今後の対応>

- 上記課題の対応を早急を実施していく計画である。

今後の計画

- ・ 汚染状況詳細分析（JAEA）（前半：6月下旬～12月）
- ・ 模擬汚染の作成（前半：終了、後半：8月～12月）
- ・ 模擬汚染による除染試験（前半：8月上中旬～9月下旬、後半：1月～）
- ・ 除染装置の設計（8月～）
- ・ 除染装置のモックアップ試験、トレーニング（11月中旬～）
- ・ 実機実証着手（1～3号機以外でのモックアップ試験含む）

(参考)全体計画



1. 「格納容器漏えい箇所特定技術の開発」平成24年度の計画

2012.8.27
 日立GEニュークリア・エナジー(株)
 (株)東芝
 三菱重工業(株)

H24年度主要目標

点検調査工法 検討

- 点検調査工法 検討・装置設計のうち、調査工法の検討が当初計画より、完了時期を延期したため、後工程である装置設計の開始時期をPCV漏えい箇所調査開始予定時期に影響がない範囲で修正する。

点検調査工法 装置設計

- 開発した点検調査工法に基づき当該環境下（高線量・狭隘・水中等）で想定箇所等を点検調査するために必要な要素技術の開発、設計を実施する。

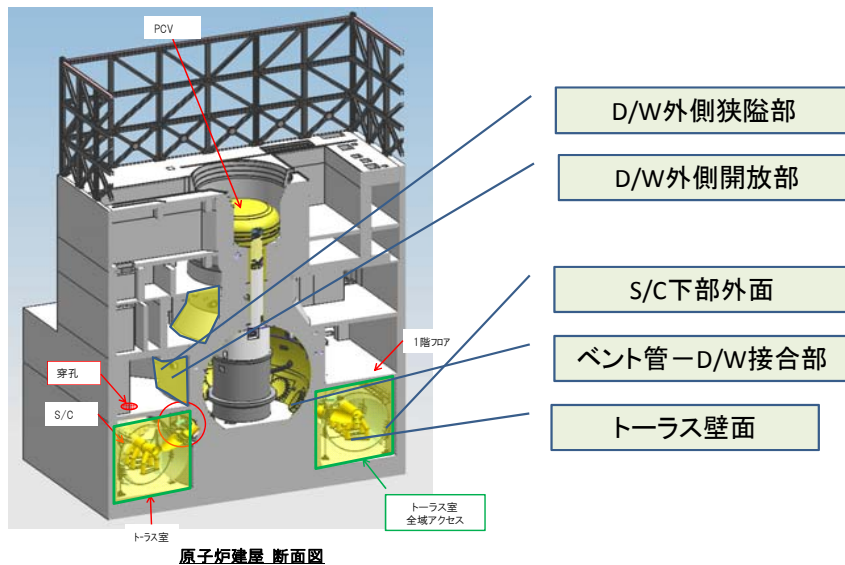
平成24年度の実施内容

1. 点検調査工法 検討

- 点検調査工法 検討・装置設計のうち、調査工法の検討が当初計画より、完了時期を延期したが、をPCV漏えい箇所調査開始予定時期に影響がないように装置設計を加速していく。

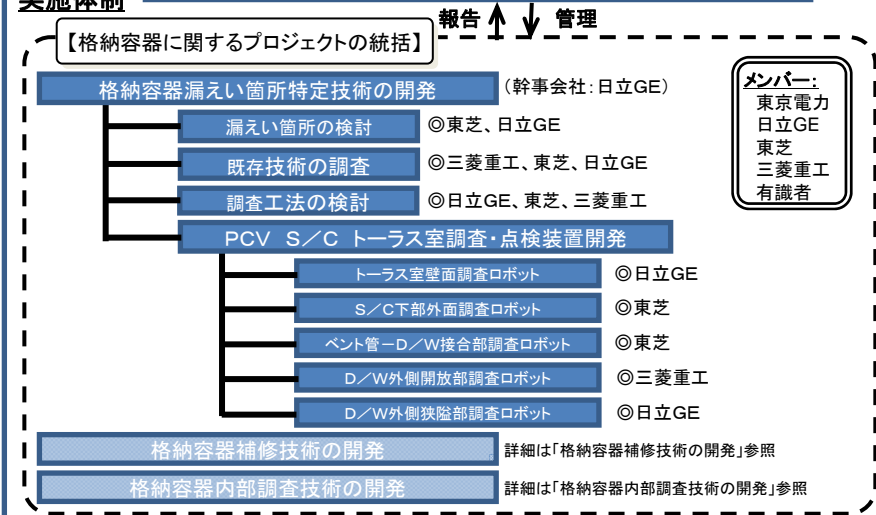
2. 点検調査工法 装置設計

- 各施工対象部位に対する装置の詳細設計を行う。
- 技術カタログを活用し、点検調査装置設計へ反映する。



実施体制

機器・装置開発等サブワーキングチーム等の上位会議体



工程表

事項/年度		12/上	12/下
1. 点検調査工法 検討・装置設計	漏えい箇所/調査工法の検討	■	
	観察系および走行/操作系の開発		■
	装置の詳細設計		■
2. 点検調査装置 製作・改良			

2. 「格納容器漏えい箇所特定技術の開発」実績(8月時点):1/2

1. 点検調査工法 検討

<漏えい箇所の検討>

- ・損傷評価の必要な部位を抽出した格納容器のバウンダリ部のリストに対し、シビアアクセシビリティの影響による損傷可否評価を行い、損傷可能性の有無について整理した。

<既存技術調査>

- ・PCV漏えい箇所特定技術として必要な要素技術を検討し、当該技術とそのベンダー調査を実施して、国内外の技術を集めた技術カタログを作成した。

<調査工法の検討>

- ・漏えいの可能性のある場所を抽出し、当該部位に対するアクセスマップと周囲の干渉物を可能な範囲で確認した。また、当該部位への到達方法についても検討し整理した。

2. 点検調査工法 装置設計

<観察系および走行/操作系の開発>

- ・漏えい箇所の検討結果および、調査工法の検討結果に基づき、漏えい調査する当該部へ到達するためのアクセス方法と、そのために必要な装置の仕様について検討を進めている。
- ・各部位の状況(気中、水中)ごとに既存の漏えい箇所特定技術で漏えい調査可能な方法をリストアップし、手法の選定、対応可否含めて検討を進めている。

2. 「格納容器漏えい箇所特定技術の開発」実績(8月時点): 2/2

各部位へのアクセス検討

原子炉建屋断面図

D/W外側開放部
R/B 1階
ペネ近傍まで上昇し、漏えいを確認
機器ハッチ

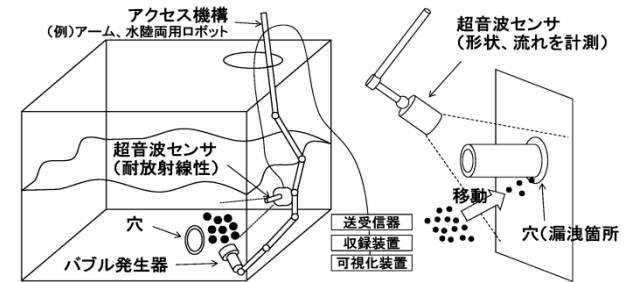
D/W外側狭隘部
穿孔穴より長尺アームを投入、カメラで撮影し漏えいを確認

S/C下部
S/C下部の漏えい確認
滞留水

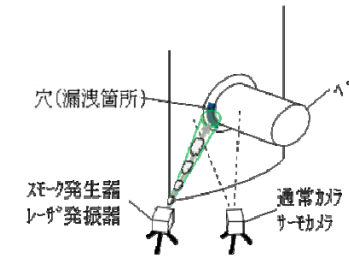
トラス室壁面
水中を移動し、トラス室壁面水中貫通部確認
滞留水
トラス室壁面貫通部

ベント管
1階床面に穿孔し、D/W接合部及びベローズの漏えい確認
ベント管
D/W接合部
ベント管
ベローズ
S/C

漏えい箇所特定技術



水中での漏えい箇所特定の一例



気中での漏えい箇所特定の一例

検出箇所	検出日時	検出状況	備考
ベント管	2011/08/01	正常	
トラス室壁面	2011/08/02	異常	水中貫通部確認
S/C	2011/08/03	正常	
ROV	2011/08/04	正常	
滞留水	2011/08/05	異常	
トラス室壁面貫通部	2011/08/06	異常	

漏えい箇所特定技術のリストアップ

3. 「格納容器漏えい箇所特定技術の開発」課題および対応

<課題>

・アクセス必要なルート上に高線量部位があるため、除染以外にも装置、工法を含めてどのように当該部位にアプローチしてゆくかの検討が必要である。

また、装置設計のために、当該部位への事前調査、制約寸法の調査、取得等が必要である。

<課題の対応>

・東電殿所有の遠隔装置での調査計画に協力し、可能な範囲での情報取得を行い、設計に反映できるように進めている。

・東電殿所有の調査結果については開示頂き、各メーカー共に情報を共有している。

・トラス室の事前調査については現在提案中であり、調査結果を装置設計へ反映できるように進める。

<12/下 計画>

・12/下に各装置の詳細設計を実施する。対象部位は以下のとおり。

【トラス室壁面・S/C上部】【S/C下部】【ベント管-D/W接合部】【D/W外側開放部】

【D/W外側狭隘部】

・12/下の装置詳細設計に対し、事前に装置仕様をまとめて公募を実施する。

(但し、D/W外側開放部点検装置を除く。)

1. 格納容器補修技術の開発 平成24年度の計画

2012.8.27

(株)東芝/日立GEニュークリア・エナジー(株)/三菱重工(株)

H24年度主要目標

- ・補修工法の検討・装置設計(下部用)
損傷不明な箇所に対する補修工法及び装置の概念検討を行う。
- ・補修工法の検討・装置設計(上部用)
損傷の可能性が高い箇所(フランジ、ペネ)に対する補修装置の設計を行う。
- ・冠水代替案の検討
冠水代替工法の検討を行う。

平成24年度の実施内容

補修工法の検討・装置設計【下部用】

- ・ 損傷不明な箇所に対する補修工法の概念検討を行う。工法の検討においては、止水材の調査も行う。
- ・ 損傷不明な箇所に対する補修装置の概念設計を行う。

補修工法の検討・装置設計【上部用】

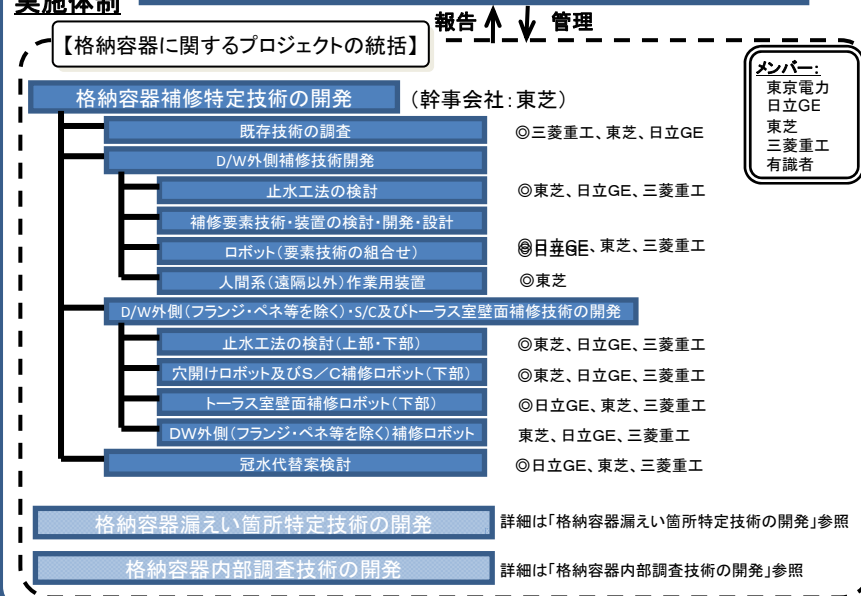
- ・ 格納容器補修工法の検討を行う。(平成23年度からの延期分)
- ・ 損傷の可能性が高い箇所(フランジ、ハッチ、ペネ、ギャップ間封鎖)に対する補修要素技術の検討及び装置の開発・設計を行う。
- ・ 補修要素技術を組み合わせ、遠隔補修装置の設計を行う。

代替工法の検討

- ・ 格納容器バウンダリの再構築が不可能な場合の冠水代替工法を検討する。

実施体制

機器・装置開発等サブワーキングチーム等の上位会議体

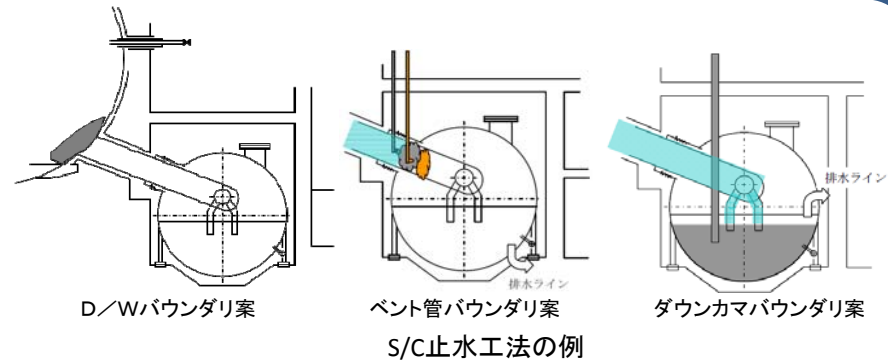


工程表

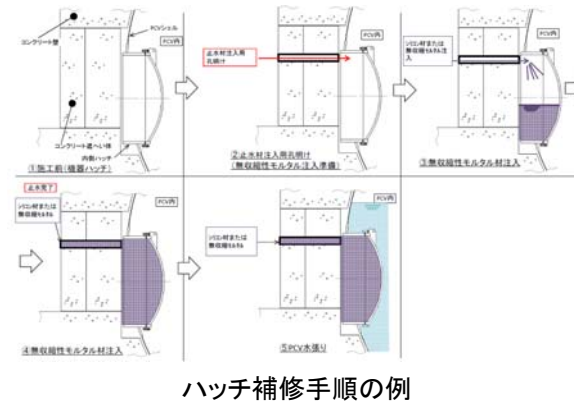
事項/年度		12/上	12/下
1. 補修工法 検討・装置設計(下部用)	S/C補修装置、トラス室壁面補修装置の概念検討		
2. 補修装置 製作・改良(下部用)			
3. 補修工法 検討・装置設計(上部用)	D/W外側(フランジ・ペネ等)補修装置の設計		
4. 補修装置 製作・改良(上部用)			
5. 代替工法の検討	代替工法の検討		

2. 格納容器補修技術の開発 実績(8月時点)

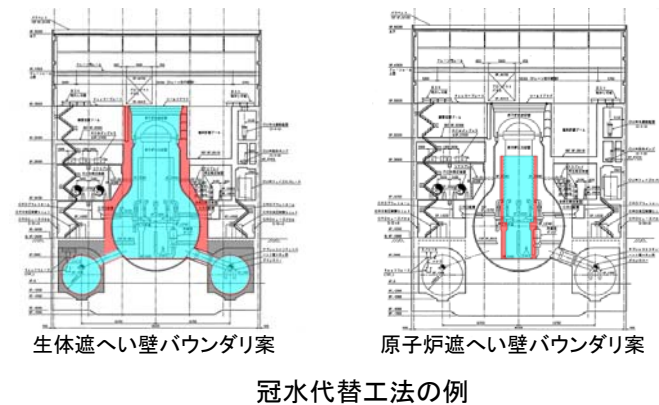
1. 補修工法の検討・装置設計【下部用】
S/C止水工法の概念検討を実施中。



2. 補修工法の検討・装置設計【上部用】
D/W外側(ハッチ・ペネ等)の補修手順の検討を行った。



3. 冠水代替工法の検討
格納容器バウンダリ再構築が不可能となった場合
の冠水代替工法の概念抽出を実施した。



3. 格納容器補修技術の開発 課題および対応

<課題>

- ・アクセス必要なルート上に高線量部位があるため、除染以外にも装置、工法を含めてどのように当該部位にアプローチしてゆくかの検討が必要である。

また、工法検討、装置設計のために、当該部位への事前調査、制約寸法の調査、取得等が必要である。

<課題の対応>

- ・東電殿所有の遠隔装置での調査計画に協力し、可能な範囲での情報取得を行い、設計に反映できるように進めている。

- ・東電殿所有の調査結果については開示頂き、各メーカー共に情報を共有している。

<12/下 計画>

- ・12/下にS/C補修装置、トラス室壁面補修装置の概念検討を実施する。

- ・12/下にD/W外側(フランジ・ペネ等)補修装置の詳細設計を実施する。

4. 「格納納容器補修技術の開発」 全体計画(参考)

事項／年度	第1期			第2期			
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
				(前)	(中)		
1.補修工法 検討・装置設計 (下部用)	[Bar]						
2. 補修装置 製作・改良 (下部用)			[Bar]	[Bar]			
3.補修工法 検討・装置設計 (上部用)	[Bar]						
4.補修装置 製作・改良 (上部用)			[Bar]			[Bar]	[Bar]
5..代替工法の検討	[Bar]						

1. 「格納容器内部調査技術の開発」 平成24年度計画

平成24年度主要目標

平成24年度は、前年度より実施している計画立案(概念検討)を継続実施し、その計画を元に格納容器 事前調査(*1)工法の検討/装置の開発、及び格納容器 本格調査(*2)工法の検討を行うことを主要目標とする。(*1)事前調査:本格調査のためのPCV内事前調査 (*2)本格調査:燃料デブリの位置の把握

平成24年度の実施内容

1. 計画立案(概念検討):平成23年度からの継続

平成23年度の検討成果(技術カタログによる技術の収集/活用, 調査項目/対象部位/調査手段, アクセスルートなど)に基づき、事前調査及び本格調査用装置の構想検討を行う。

2. 格納容器 事前調査工法の検討/装置の開発

事前調査(平成25年度予定)に向け、PCVエントリー工事で得られた最新知見も踏まえて、調査工法の詳細検討と装置(移動機構)の開発/設計/製作を実施する。

3. 格納容器 本格調査工法の検討

本格調査(平成28年度予定)に向け、調査工法の詳細検討を実施する。

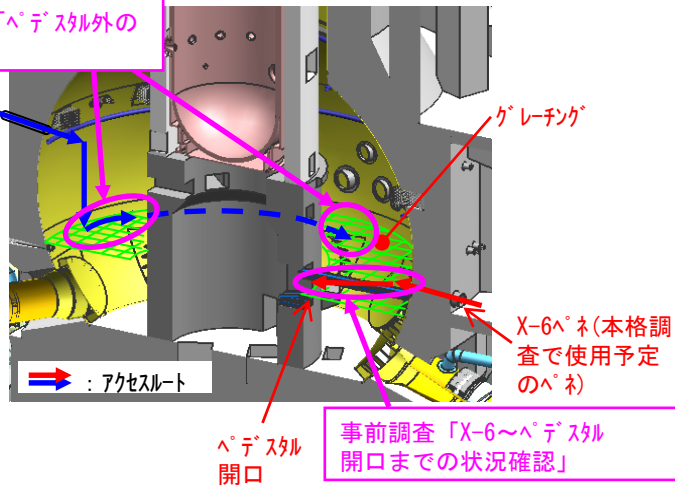
【平成24年度計画】

研究開発に先立ちPCVエントリー工事が実施され、PCV内の状況が想定以上であることが判明(ベデスタル外で約73Sv/hの高線量, 水の滴下環境での観察など)した。

このため、本格調査の装置開発に向けて、PCV内の状況を早期に確認することで効率的な開発を実施する必要があり、事前調査の範囲を拡大する。

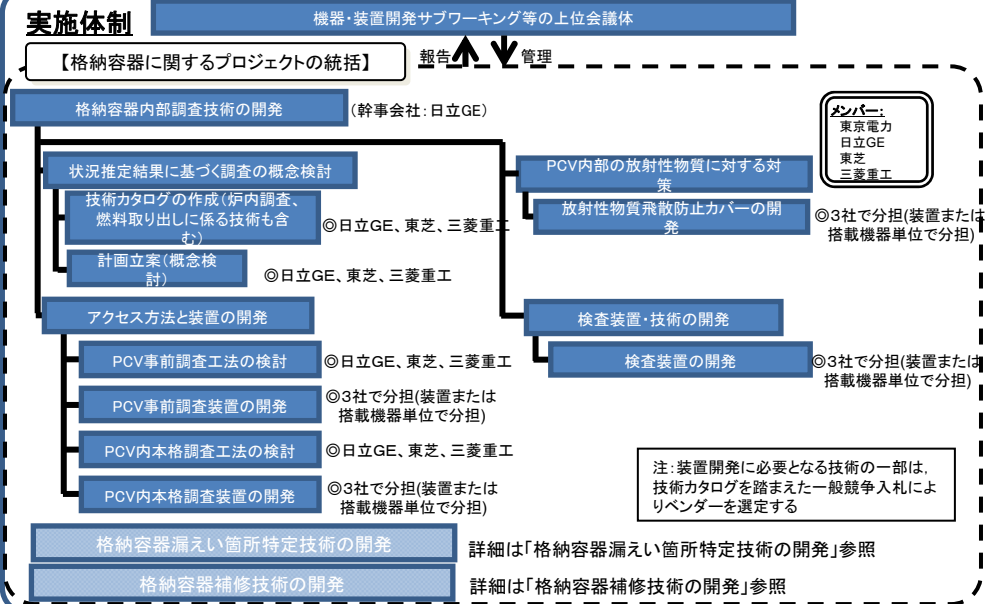
事前調査「ベデスタル外の状況確認」

X-6°ベネ以外の貫通部



事前調査項目とアクセスルート案

実施体制



工程表

事項/年度	平成24年度	
	上期	下期
(1)計画立案	計画立案(事前調査/本格調査)	事前調査へ(平成25年度)
(2)アクセス方法・装置(移動機構)開発	事前調査用 アクセス装置開発	モックアップ
(3)放射性物質飛散防止対策	事前調査用 検査装置	事前調査用 検査装置
(4)検査装置・技術開発	事前調査用 検査装置	事前調査用 検査装置

*1) 事前調査: 本格調査のためのPCV内事前調査
 *2) 本格調査: 燃料デブリの位置の把握

2. 「格納容器内部調査技術の開発」実績（8月時点）：1/2

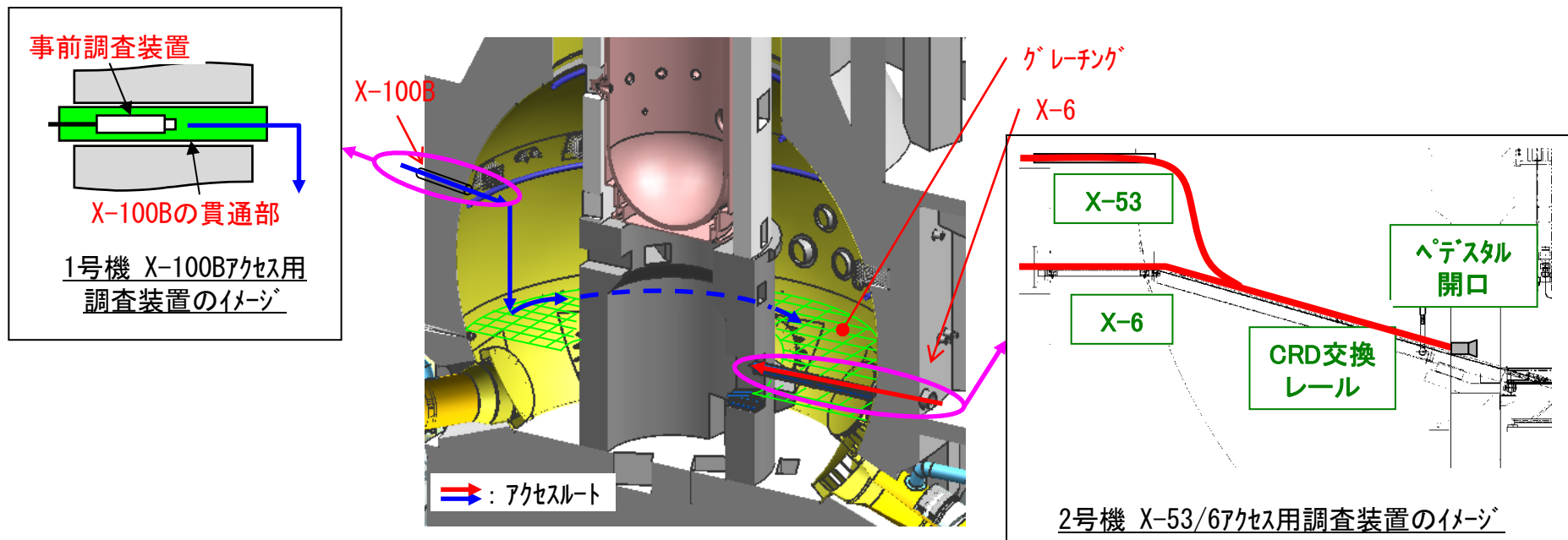
1. 計画立案(概念検討)

平成23年度の検討成果に基づき、事前調査／本格調査の工法の概念検討を実施した。今後は、本概念検討をもとに事前調査／本格調査の詳細検討へ移行する。

2. 事前調査工法の検討／装置の開発

PCVエントリー工事で得られた最新知見も踏まえて、事前調査の実施範囲を拡大し、2号機 X-53, X-6及び1号機 X-100Bペネからのアクセスによる調査計画を立案した。

その計画に沿って、調査工法の詳細検討と装置(移動機構)の仕様を現在立案中。調査計画の概要を下図に示す。



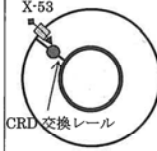
2. 「格納容器内部調査技術の開発」実績（8月時点）：2/2

3. 本格調査工法の検討

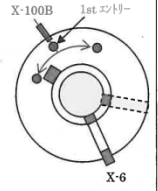
本格調査について、調査工法／アクセスペネとアクセス方法／移動機構と計測機器の構成を号機別に検討した。これにより、号機毎の環境(特に線量)の差異*1 や、それに応じた工法検討が必要であることが明確化された。下図に検討結果の例を示す。

*1: 1号機はX-6ペネ周囲の線量が特に高く、
2/3号機はPCV周り全体的に線量が高い

<2/3号機の検討例>

調査目的		燃料デブリ (調査対象) へのアプローチ	アプローチ イメージ図	課題	機器装置の選定理由および開発装置・要素		
1. ベデスタルまでのアクセスルートとして使用するCRD交換レールを調査 ・外観目視		X-53 ペネ (41°) から検査装置 (内視鏡) を下ろし、CRD 交換レールへアクセス	【PCV内 OP:12490→約 OP:10000】 X-53 	<ul style="list-style-type: none"> 内視鏡を CRD 交換レールの方向にガイドする機構 上記のガイドを挿入するためにペネの穴を拡大 (必要に応じて) 	スケジュール目標 (技術的に実現可能): H24 (2012).9		
					移動機構	可視化カメラ	その他
					<ul style="list-style-type: none"> 半自動送り装置 選定理由: X-53 ペネ周辺は作業員が一定時間作業可能な環境であるため、1st/2nd エントリーで実績がある工法を採用 <ul style="list-style-type: none"> 内視鏡ガイド機構 選定理由: 複雑な機構を持たずに PCV 内部で内視鏡を CRD 交換レールの方向にガイドする	<ul style="list-style-type: none"> 工業用内視鏡 選定理由: 1st/2nd エントリーで実績がある装置を採用 (メーカー、スペック等は変更の余地あり)	<ul style="list-style-type: none"> 被ばく低減対策 選定理由: 1st/2nd エントリーで設置した仮設遮へい体を使用するが、必要に応じて改造 <ul style="list-style-type: none"> 穴拡大装置 選定理由: 新しいガイド機構を挿入するために、ペネに開いている穴を拡大

<1号機の検討例>

調査目的		燃料デブリへのアプローチ	アプローチ イメージ図	課題	機器装置の選定理由および開発装置・要素		
No.1 PCV内広範囲の状況調査 PCV内の広範囲の環境 (状況、温度、線量) を調査し、以降のPCV内部調査装置開発へ情報をインプットすることを目的とする。		アクセスペネ: X-100B アクセス方法: 自走式ロボットにより、X-100B からエントリーして、X-100B 周辺の PCV 内 1 階グレーチング上まで。	【PCV内 1 階グレーチング上】 X-100B 1st エントリー  X-6 → : アクセスルート ● : 測定ポイント ■ : ペネ、PCV内開口部 □ : デブリ想定位置	<ul style="list-style-type: none"> 装置構成要素の共通課題 ⇒ 防水 (防滴)、耐放射性。 ペネ出口からグレーチングまでの降下方法。 ペネ内通過とグレーチング上の安定走行の両立 調査終了後の回収方法。 制御不能となった場合の破壊方法。 グレーチングの状態や障害物の有無の想定。 	スケジュール目標 (技術的に実現可能): 2012 年度末目標		
					移動機構	計測装置	その他
					<ul style="list-style-type: none"> クローラ装置 (市販品をベースとして改良を加える。) 選定理由: グレーチング上を移動することにより、広く移動できるため。 開発目標/検討項目: X-100B 内を通過可能な寸法。	<ul style="list-style-type: none"> CCD カメラ (カタログ品) 熱電対 (カタログ品) 線量計 (カタログ品) 選定理由: カタログ品の調達を基本とする (但し、耐放射性確認結果により、改良対応可能なメーカーに限る)。 開発目標/検討項目: クローラへの搭載状態で X-100B 内を通過可能な機器の選定。冷却水滴下環境での可視化向上。	<ul style="list-style-type: none"> 仮設バウンダリ設備 (気中環境) 選定理由: 1st エントリー時の設備の使用を基本として考えるが、調査装置のエントリー方法等の理由により改良を加える可能性がある。 開発目標/検討項目: エントリー時のバウンダリの確保。

3. 「格納容器内部調査技術の開発」 課題及び今後の対応

<課題>

- ・平成25年度実施予定の事前調査に向けて、短期間での装置開発(設計／製作／試験の完了)の実施
- ・本格調査に向けて、X-6ペネ周囲やPCV周り全体の線量低減
- ・号機毎のPCV内環境条件の把握

<今後の対応>

- ・事前調査装置の仕様立案の加速と製作／試験期間の短縮検討
- ・現地との連携を強化し、必要箇所の線量低減の対応
- ・今後のPCVエントリー工事等で得られる調査結果を本格調査の装置開発へ反映

1. 「圧力容器/格納容器の健全性評価技術の開発」平成24年度計画

平成24年度主要目標

- (1) 原子炉圧力容器(RPV) / 格納容器(PCV)の余寿命評価に資するため、高温海水/希釈海水中腐食速度データ及び高温履歴強度データを取得する。
- (2) RPVペDESTALの余寿命評価に資するため、高温海水に浸漬されたコンクリート中の塩化物イオン等浸透速度データ、鉄筋の腐食速度データ及び強度データを取得する。
- (3) RPV、PCV、RPVペDESTALの寿命延長評価に資するため、腐食抑制策(脱酸、防錆剤等)による腐食速度データを取得する。
- (4) (1),(2)の結果を用いた構造健全性評価により、各設備の余寿命を評価する。また(3)の結果を用いた構造健全性評価により、腐食抑制策の寿命延伸効果を評価する。

平成24年度の実施内容

1. 原子炉容器の構造材料腐食試験

シビアアクシデント時の履歴分析に基づき、希釈海水等、想定される腐食環境に曝された原子炉容器構造材料と同じ鋼材の腐食試験を行い、原子炉容器構成材の腐食速度に関するデータを取得する。また、事故後に設計温度を超える温度履歴を受けた可能性が懸念されるため、余寿命評価における評価クライテリアの検討に資する高温強度データを取得する。

2. RPVペDESTAL鉄筋コンクリート劣化試験

海水に浸漬されたコンクリート中の塩化物イオン拡散や、コンクリート中の鉄筋の塩化物イオンによる腐食速度を実験的に評価する。また、事故後に設計温度を超える温度履歴を受けた可能性が懸念されるため、余寿命評価における評価クライテリア検討に資する高温強度データを取得する。

3. 原子炉容器、RPVペDESTALに対する腐食抑制策確認試験

原子炉容器並びにRPVペDESTALに対して用いる腐食抑制策の効果確認試験を行う。

その確認試験にて、腐食抑制策を適用した場合の腐食速度に関するデータを取得し、上記1、2項の結果との比較により、腐食抑制効果を確認する。

4. 原子炉容器、RPVペDESTAL構造物余寿命・寿命延長評価

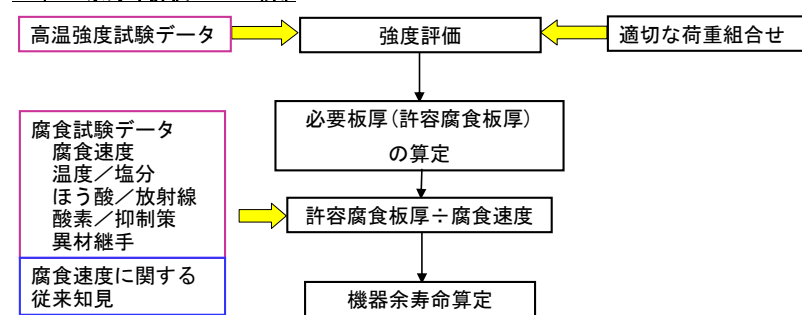
前記で取得した腐食速度や高温強度に関するデータベース及び関連する従来知見の調査等に基づき、原子炉容器及びRPVペDESTALの余寿命評価、寿命延長評価を行う。他研究や現場の状況調査等の進捗を踏まえ、評価条件に反映すべき事項は適宜反映する。

5. RPVペDESTAL健全性に対する高温デブリ落下影響評価:

炉内状況把握SWTとの連携や、コアコンクリート反応(MCCI)に係る文献調査等により、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。

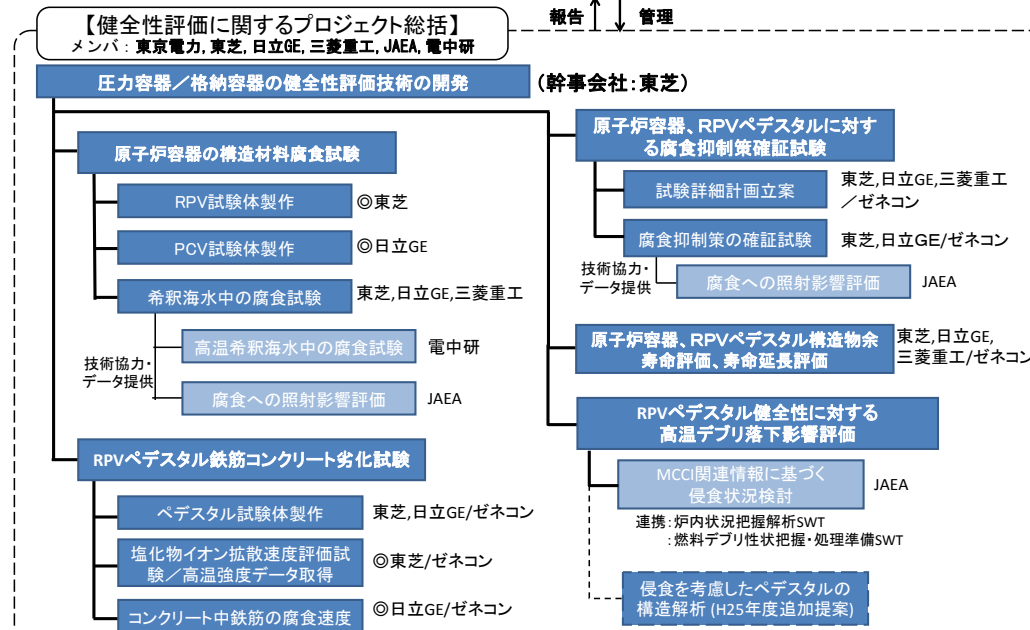
設定した条件での構造評価については、H25年度追加項目として提案する。

RPV/PCV余寿命評価フロー(案)



実施体制

機器・装置開発サブワーキング等の上位会議体



工程表

	H24上期	H24下期
1. 原子炉容器の構造材料腐食試験		
・RPV・PCV試験体作成		
・高温海水/希釈海水中的腐食試験		
2. RPVペDESTAL鉄筋コンクリート劣化試験		
・試験体作成		
・コンクリート高温強度、塩化物イオン拡散速度試験		
・鉄筋腐食試験		
3. 原子炉容器、RPVペDESTALに対する腐食抑制策確認試験		
・計画立案		
・腐食抑制策の確認試験		
4. 原子炉容器、RPVペDESTAL構造物余寿命・寿命延長評価		
・評価条件の検討・知見調査		
・予寿命評価実施		
5. RPVペDESTAL健全性に対する高温デブリ落下影響評価		
・コンクリート侵食状況の検討		

2. 「圧力容器/格納容器の健全性評価技術の開発」実績(8月時点) : 1/2

(1) 原子炉容器の構造材料腐食試験

- 同一材料、同一環境条件での3社共通腐食試験(クロスチェック試験, 図1、2)により、メーカ3社の違いによる試験データ(腐食量)に顕著なばらつき等の無いことを確認した。

(試験条件)

- 材 料: 炭素鋼(SGV480)
- 環 境: 80℃希釈海水(20倍希釈)中浸漬
- 浸漬時間: 50, 100, 500hr

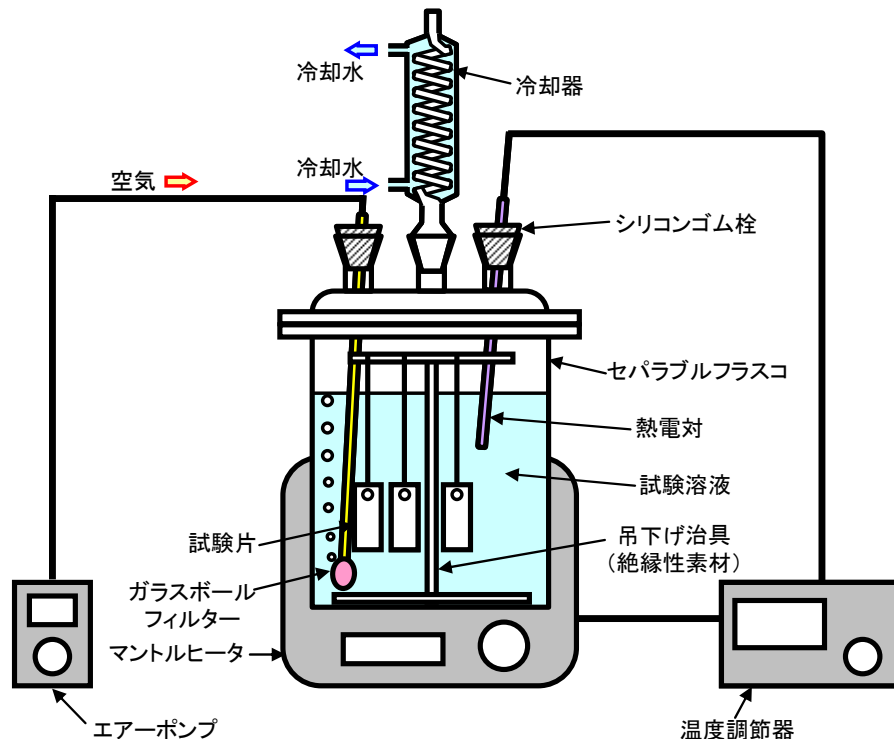


図1 腐食試験装置模式図



図2 腐食試験状況

2. 「圧力容器/格納容器の健全性評価技術の開発」実績(8月時点) :2/2

(2) RPVペDESTAL鉄筋コンクリート劣化試験

- 試験マトリックスを策定するとともに、コンクリート試験体の打設を完了した。(養生中)

(3) 原子炉容器、RPVペDESTALに対する腐食抑制策確証試験

- 有効と考えられる腐食抑制策(ヒドラジン等による脱酸、防錆剤等)を抽出し、腐食試験計画へ反映した。

(4) 原子炉容器、RPVペDESTAL構造物余寿命・寿命延長評価

- 評価部位を選定するとともに、腐食減肉を考慮した冠水後の地震荷重に対する余寿命評価方法を検討した。
- 余寿命評価に必要な高温強度データ取得のための試験マトリックスを策定するとともに、試験片の製作に着手した。

(5) RPVペDESTAL健全性に対する高温デブリ落下影響評価

- 高温デブリによる侵食を考慮に入れたRPVペDESTALの健全性評価の全体計画を策定した。
- コンクリート侵食形状の推定について、炉内状況把握SWT及びJAEAとの連携協議を開始した。

3. 「圧力容器/格納容器の健全性評価技術の開発」 課題及び今後の対応

<課題>

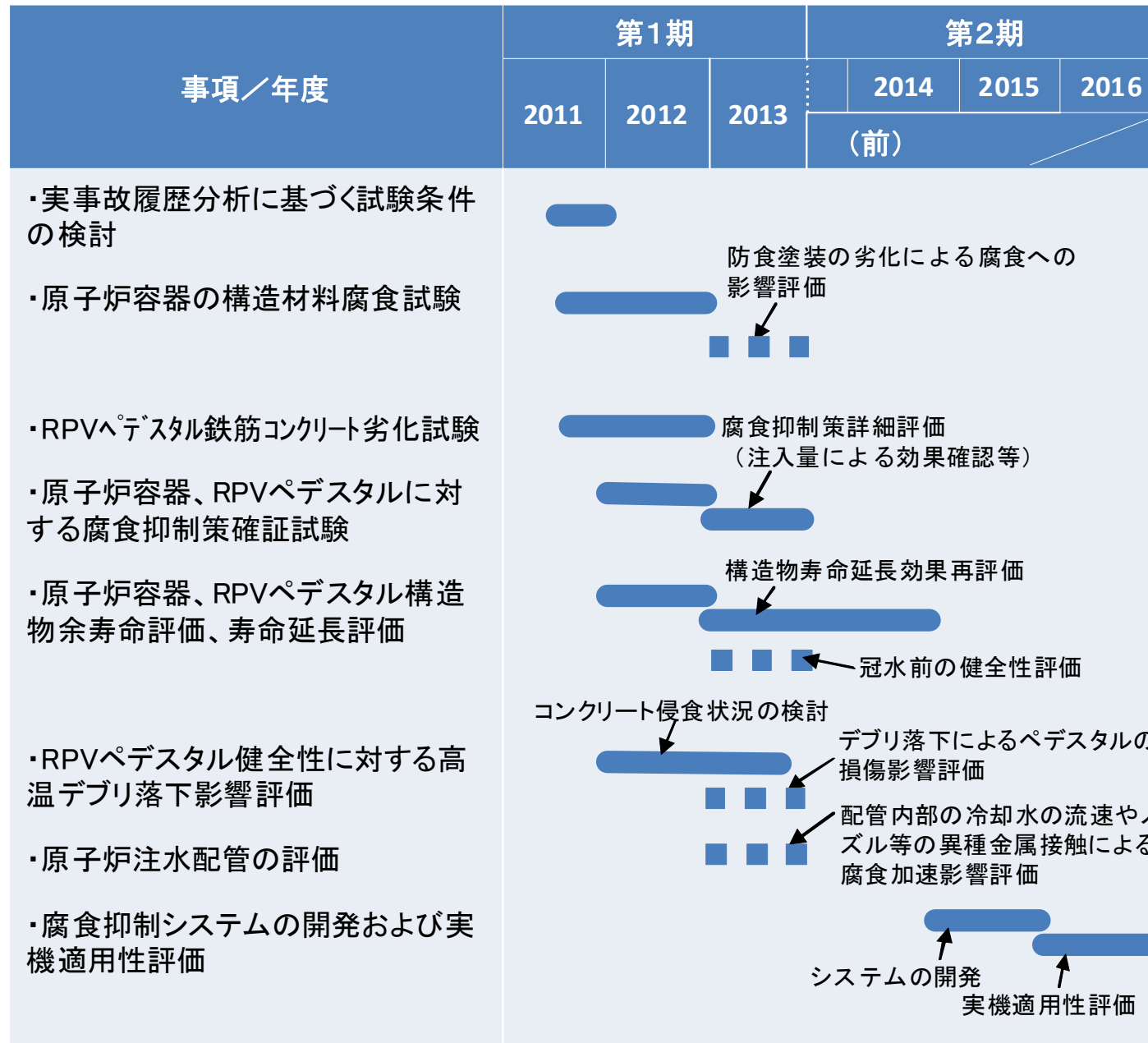
● 当初計画では、評価対象をRPV/PCVおよびRPVペデスタルに限定し、それぞれの腐食劣化に対する健全性評価を実施することを想定していた。しかしながら、燃料取出しまでの長期間に亘り、十分な耐震強度を確保しつつ、安定的な燃料冷却を継続するためには、他に以下の評価すべき項目が存在する。

- (a) 防食塗装の劣化による腐食への影響評価
- (b) 冠水前の健全性評価
- (c) デブリ落下によるペデスタルの損傷影響評価
- (d) 原子炉注水配管の評価

<今後の対応>

● 上記4項目について、平成25年度の本プロジェクト追加項目として実施する。

(参考) 「圧力容器/格納容器の健全性評価技術の開発」 全体工程(案)



■ ■ ■ : 平成25年度 (2013年度) 追加分

経済産業省補助事業
発電用原子炉等事故対応関連技術開発

技術カタログ取組状況

2012年8月27日

三菱重工業(株)
日立GEニュークリア・エナジー(株)
(株)東芝

経緯及びH23年度の成果 (1/2)

- 「内外の叡智を結集する」との観点から、国内外の各種研究機関や民間会社等より幅広く情報を募り、福島第一原子力発電所の廃止措置等の研究開発に役立てる。
- 事前のプラントメーカーによる調査のほか、『技術カタログに関するワークショップ』(平成24年2月24日)による一次公募(国内の各種研究機関や民間会社からの公募実施)、『国際シンポジウム』(平成24年3月14日)による二次公募(海外の各種研究機関や民間会社からの公募実施)を通じて国内外の有用な技術情報(約400件)を集約した。

経緯及びH23年度の成果 (2/2)

技術カタログの集約結果

	除染技術	格納容器関連技術	合計
プラントメーカー調査 (事前調査)	32	89	121
一次公募	69	103	172
二次公募	43	59	102
合計	144	251	395

格納容器関連技術：格納容器漏えい箇所点検技術、格納容器補修技術 及び 格納容器内部調査技術

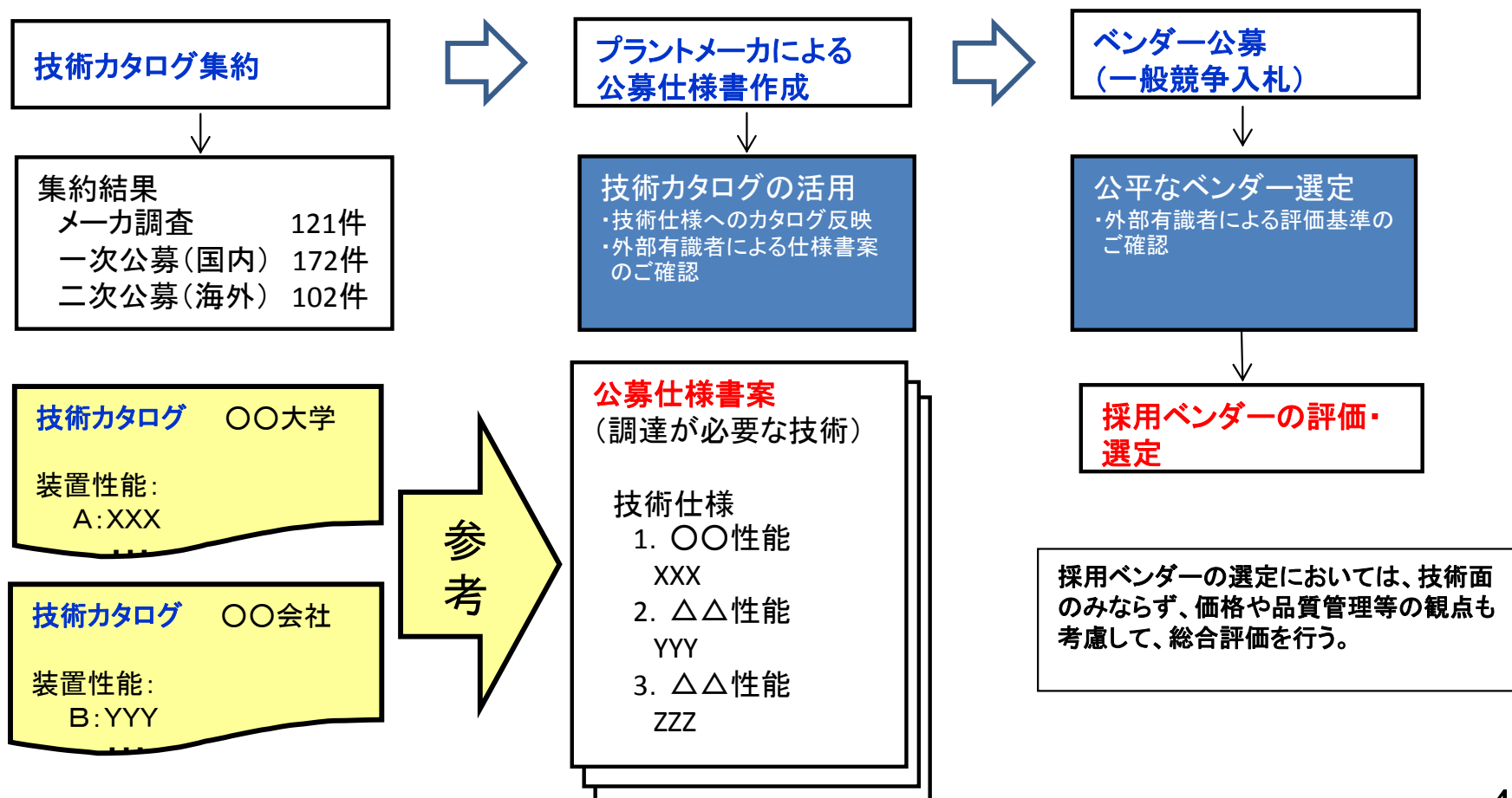
➤事前のプラントメーカー調査(約120件)に加え、一次・二次公募にて様々な**有用な技術の提案(約270件)**を頂いた。公募結果は、以下の**経産省ホームページにて公開**。

http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/20120626_01.html

➤今後、各プロジェクトでのシステム設計や機器・装置開発での調達に有効活用する。

機器・装置開発における技術カタログの活用

- 技術カタログ公募(一次・二次)により集まった有用な**技術カタログ**を活用し、機器・装置に適用する除染技術、格納容器関連技術(点検、補修、調査)、遠隔操作技術の**技術仕様**を作成。
- プラントメーカーが社外より技術を調達する場合、**改めて公募(一般競争入札)プロセス**を経て、**ベンダー**を選定する。
- ベンダーの選定に際し、仕様書への技術カタログの活用内容及び公募の評価基準を**外部有識者による外部専門家委員会に確認頂き、公平なベンダー選定を実施**。メーカー保有の技術を選定する場合もベンダーの技術と比較して外部専門家委員会にて確認を実施。
- また、集約した技術カタログについては、**広く災害技術に貢献できるように、学協会にてメンテナンス**を実施。



H24年度の進捗状況 (1/2)

- 集約結果を経産省ホームページに公開 (6/26)
- 外部専門家委員会 (6/29)
 - 技術カタログの購入仕様書への反映の考え方と、遠隔除染装置のうち、高圧水洗浄・超高圧水ジェット除染装置及びドライアイスブラスト除染装置の購入仕様書ドラフトの内容を有識者に確認いただいた。
 - プラントメーカー各社の装置開発・調達方針は次の通り。
 - ・ 高圧水洗浄・超高圧水ジェット除染装置(日立GE) : システム全体をパッケージとして購入
 - ・ ドライアイスブラスト除染装置(東芝) : システムの構成要素を分割して購入
 - ・ 吸引回収式ブラスト除染装置(三菱) : 主要構成要素は自社開発
- 高圧水洗浄・超高圧水ジェット除染装置でベンダー選定実施 (8/6)
 - 有識者コメントを反映した購入仕様書見直し版をもとに一般競争入札(公募)を行い、開札の後ベンダーとして「スギノマシン」を選定した。
- ドライアイスブラスト除染装置で一般競争入札開始 (8/21)
 - 有識者コメントを反映した購入仕様書見直し版をもとに一般競争入札(公募)を開始した。

H24年度の進捗状況 (2/2)

■ 外部専門家委員会 (7/31)

- 吸引回収式ブラスト除染装置の調達方針(主要機能は自社開発)と、自社技術と技術カタログの概略比較評価内容を有識者に確認いただいた。
- 自社開発する場合は、次のいずれかについて有識者による詳細確認が必要との方針が示された。
 - ① 自社技術が最善であることを説明する資料
 - ② 主要機能についても補助事業者が公募を実施し、その内容と自社技術を詳細比較した技術評価資料

■ 吸引回収式ブラスト除染装置で詳細比較評価資料見直し中

- 基本的に①の資料を外部専門家委員会に確認いただく対応とする。
- 委員会での有識者コメントを反映した、自社技術と技術カタログの詳細比較資料を見直し中。(技術カタログ応募者から詳細情報を追加入手)

■ 他遠隔装置の一般競争入札購入仕様書作成に着手

- 遠隔除染装置以外のPCV漏えい箇所調査装置等についても、一般競争入札とする範囲の購入仕様書作成に着手した。

課題と今後の予定 (1/2)

■ 課題

- ドライアイスブラスト除染装置は、一般競争入札開始が遅れたため、装置の手配期間の延長分を組立て・調整・試験の実施期間で吸収する。
- 吸引回収式ブラスト除染装置は、外部専門家委員会での確認を加速する。
- 遠隔除染装置以外の一般競争入札も、その準備と外部専門家委員会での確認を計画通り推進させることで、所定工程を守る。

■ 今後の予定

- 次葉の予定表の通り、遠隔除染装置以外のPCV漏えい箇所点検装置等についても、一般競争入札を実施する。

課題と今後の予定 (2/2)

一般競争入札の予定表

	2012年度										2013年度
	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月以降
建屋内遠隔除染技術の開発											
【フェーズ1】 高圧水洗浄・超高压水ジェット 除染装置 ドライアイスプラスト除染装置	▼～ 有識者確認 購入仕様書作成他 一般競争入札・評価 詳細設計・製作・試験 実機適用性評価										補助事業公募 ↓ 【フェーズ2】 装置製作(競争入札) 実機適用性評価
格納容器漏えい箇所 点検技術の開発											
S/C下部外面調査装置 D/W-ベント管接合部調査装置 トーラス室壁面調査装置 (S/C上部外面調査装置含む) D/W外側狭隘部調査装置	装置設計 ▼～ 有識者確認 購入仕様書作成 一般競争入札・評価 詳細設計										補助事業公募 ↓ 装置製作(競争入札) D/W外側調査装置含む
格納容器補修技術の開発											
【損傷の可能性が高い箇所】 D/W外側補修装置	装置設計・購入仕様書作成 ▼～ 有識者確認 一般競争入札・評価 詳細設計										補助事業公募 ↓ 装置製作(競争入札) トーラス室壁面・S/C補修 装置は2014年度予定
格納容器内部調査技術の開発											
事前調査装置	工法概念検討 装置設計・購入仕様書作成 ▼～ 有識者確認 一般競争入札・評価 詳細設計・製作・試験										補助事業公募 ↓ 事前調査 本格調査装置は 2013年度予定

注: 破線はメーカー側(発注側)の作業を示す。