

格納容器内部調査技術の開発

平成24年4月23日

日立GEニュークリア・エナジー(株)

(株)東芝

三菱重工業(株)

1. 事業目的

プロジェクトの背景、目的

現在、燃料デブリの存在状況が不明であるため、その取出しに向けて原子炉格納容器内のデブリの位置及び状況の調査が必要であるとともに、圧力容器を支持するペデスタル等の状況も確認する必要がある。

また、原子炉格納容器内は 高温・多湿・高線量の過酷環境下であり、遠隔装置等による調査が必要で、この工法と装置の開発を実施する。

平成23年度における事業の目標

➤技術カタログの作成

格納容器内調査技術の開発に向けて、国内及び海外を含めた既存の技術を広く調査し、技術カタログを作成する。技術調査と合わせて、その技術の適用性についても検討する。

➤計画立案(概念検討)

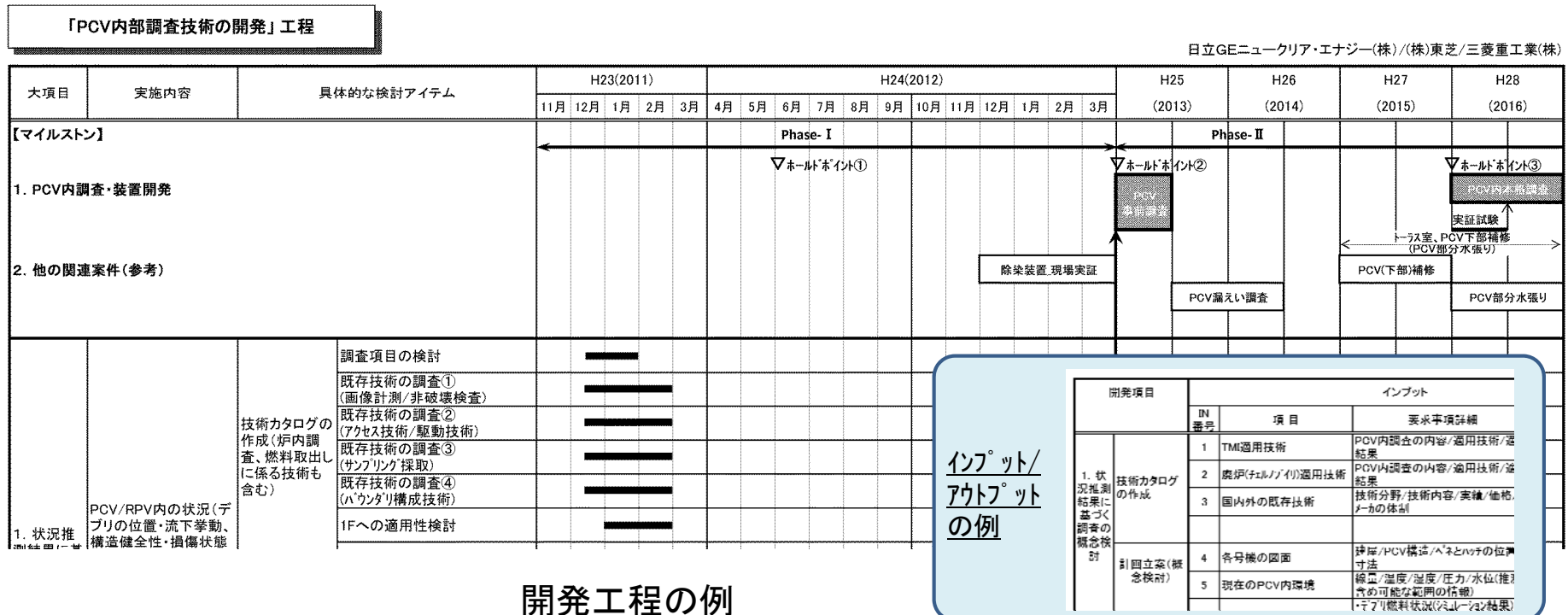
- ・ 格納容器内部の調査項目、対象部位、調査手段の検討を行う。
- ・ 原子炉建屋の損傷状況や環境条件(線量)を踏まえて、調査対象部位へのアクセスルートの検討を行う。

2. 事業概要(1/4)

➤ 全体計画の立案

事業の実績： 燃料デブリ位置特定に向けて具体的な作業がイメージできるレベルに項目をブレークし、それに基づき開発工程を立案。平成23年度では、既存技術を技術カタログに纏めること及び本Prjでの調査項目／調査方法／アクセスルートや装置の構想を検討する概念検討の実施を計画し、推進した。

事業の評価： 研究開発のスケジュール策定が、計画通り完了しており、研究開発のインプット／アウトプットの進捗についても、ほぼ計画通りに進捗しており、後工程への影響はない。



2. 事業概要 (2/4)

➤ 技術カタログの作成

事業の実績： 格納容器内部調査として、特に必要な技術を明確化し、その技術を構成要素に区分することで効率的な調査を実施。技術カタログWS及び国際シンポジウムの公募取り纏めに時間を要しており、当初計画(3月末完了)より約1ヶ月延期して4月末集約の予定。

事業の評価： 技術カタログの取りまとめには、より広く技術を収集するために時間をかけて実施している。尚、平成24年度は、当初計画通りに格納容器内へのアクセス方法の詳細検討と調査装置の設計を行う。

技術カタログ ベンダリスト(PCV内部調査)

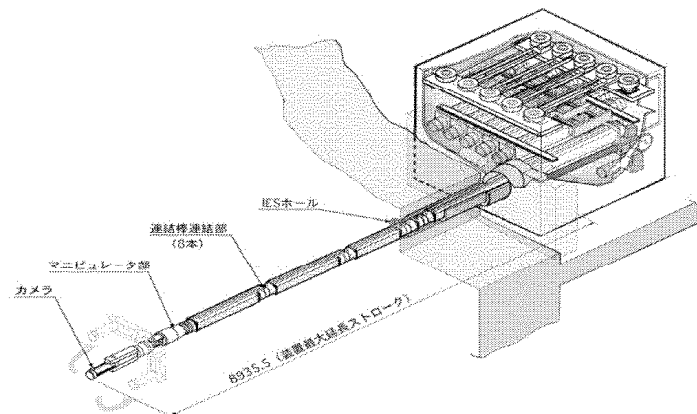
分類	必要技術 (構成要素)	技術概要 (ニーズ)	技術を保有するベンダ
PCV内調査装置、 放射性物質飛散防止カバー、 検査装置 ＜次ページへ続く＞	移動機構	<ul style="list-style-type: none"> ・後述の作業機構及び計測装置を搭載し、調査対象部位までアクセスするための機構 ・PCV外の貫通口に装置を設置または投入し、PCV内部に進入可能な機構 ・ベテスタル外側及び内側の状況が調査可能な機構 <p>※ 本機構には、遠隔操作のための制御装置及び通信装置を含む</p>	株式会社キュー・アイ
			Inuktun
			株式会社ハイボット
			iRobot
			株式会社 石川鉄工所
			NEOVISION
			新日本非破壊検査株式会社
			三井造船株式会社
			東電工業株式会社
			株式会社クボタ
			QinetiQ
			MOBILE ROBOTICS
			トピー工業株式会社
			三菱電機特機システム株式会社
			Raytheon
			三菱電機株式会社
株式会社イクシスリサーチ			
株式会社コンテック			
アドバンテック			
MAXON MOTOR			

【特に求められる技術】

① PCV内への貫通口に装置をアクセスさせ、

ベンダリストの例

技術カタログ

分類	移動機構
タイトル	ロッド自動連結型ロボット
提案者	三菱重工業株式会社
1. 技術内容(特徴、仕様、性能など)	
<p>ロッドを自動連結して、カメラ等を閉鎖空間内に挿入できるロボット。直径約200mm の穴から約9m 奥にカメラ等を挿入することができる。</p>	
	
2. 実績(国内プラント、海外プラント、他産業での実績を含む)	
<p>原子カプラント用途に実績有り。</p>	

カタログの例

2. 事業概要 (3/4)

➤ 計画立案 (概念検討)

事業の実績：調査項目決定時に、後工程のPrj(デブリ取出し工法・装置開発等)で必要となる情報も推定して幅広く検討し、全号機を通して調査項目を16項目に区分して整理した。現場の環境(線量)が号機ごとに異なるため、調査の難易度が異なり、これを踏まえた号機ごとの詳細計画を平成24年度で立案する。

事業の評価：概念検討については、計画通りに推進しており、平成24年度は当初計画通りに格納容器内へのアクセス方法の詳細検討と調査装置の設計を行う。

日立GEニュークリア・エナジー(株)/(株)東芝/三菱重工業(株)

表. 調査項目と実施区分

番号	番号 (*1)	下回番号	調査項目	調査方法	調査機器	調査程度	実施区分				
							1st Entry	内部調査①	内部調査②		
1	-	P	【燃料デブリ位置の把握】	ベテスタル外	位置、状態 POV内1階グレーチング階間から、ベテスタル底部のデブリ位置を把握する。	可視化機器 (例:耐放カマ, 超音波, 線量計, サモカマ, レーザ等)	ベテスタル底部代表面	-	-	○ (*2)	
2	1-① 1-②	Q		ベテスタル内	位置、状態 CRD輸出入口よりアクセスしベテスタル中心付近から、ベテスタル底部、及びRPV底部のデブリ位置を把握する。	可視化機器 (例:耐放カマ, 超音波, 線量計, サモカマ, レーザ等)	ベテスタル底部側, RPV底部側	-	-	○	
3	2-③	A	【冷温停止状態の確認】 【機器健全性確認】	ベテスタル外	状態	POV内1階グレーチング付近から、ベテスタル外の状態を把握する。	耐放カマ	複数点	○	○ (三次元)	-
4	2-④	B			温度	POV内1階グレーチング付近から、ベテスタル外の温度を把握する。	熱電対	複数点	○ (継続監視含む)	○ (三次元)	-
5	2-⑤	C			線量	POV内1階グレーチング付近から、ベテスタル外の線量を把握する。	線量計 (等円形, 指向性有り)	複数点	○	○ (三次元)	-
6	2-⑥ 2-⑦	D			ベテスタル内へのアクセス (X-6ベネ-OFC輸出入口)	X-6ベネ内側の状態を把握する。 CRD輸出入ブリッジの状態を把握する。	耐放カマ	X-6ベネ内部 CRD輸出入ブリッジ	-	○	-
7	2-⑧	E			滞留水 水位	POV内1階グレーチング階間から下方にアクセスし、滞留水の水位を把握する。	耐放カマ	代表点	○ (継続監視含む)	-	-
8	2-⑨	F			滞留水 水質	POV内1階グレーチング階間から下方にアクセスし、滞留水の水質を把握する。	サンプリング	代表点	○	-	-

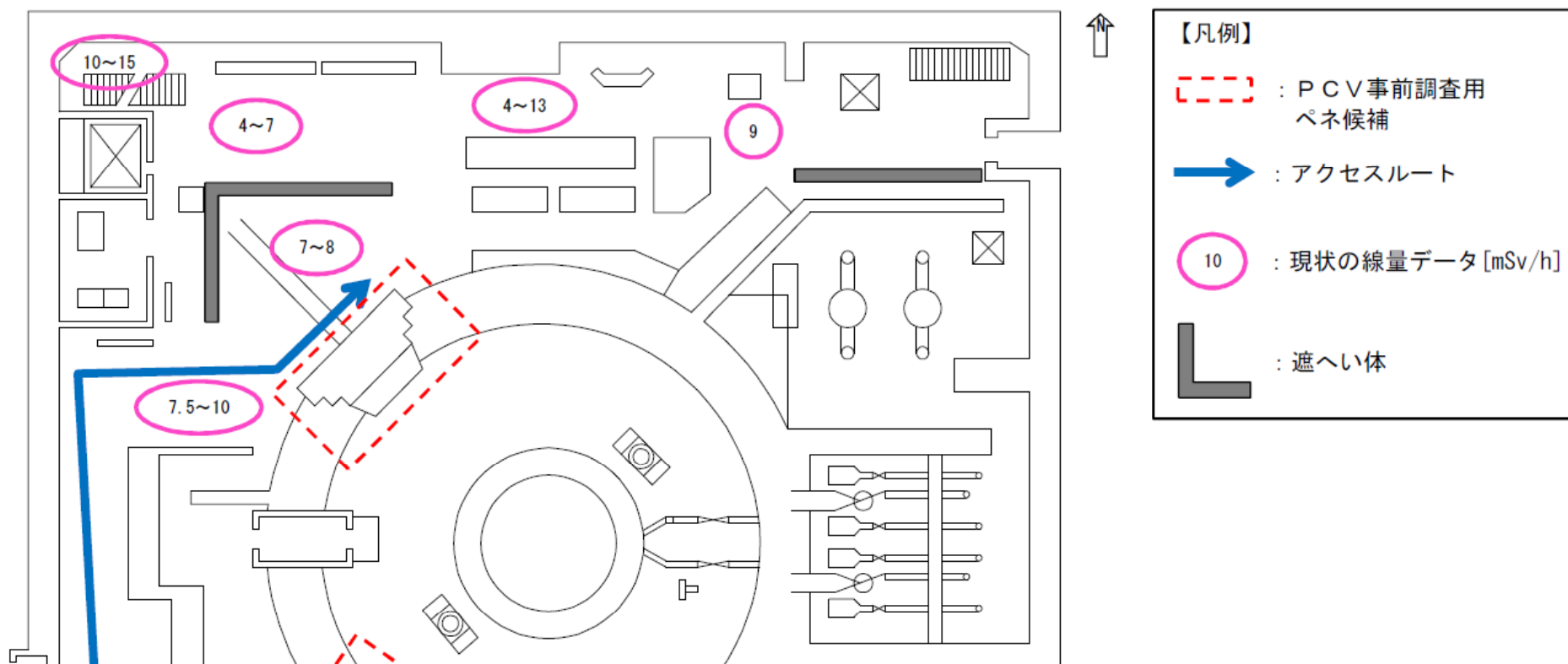
内部調査の項目と調査方法の例

2. 事業概要(4/4)

➤ インput／アウトputの明確化・共有

事業の実績： 開発項目毎に必要な情報や作業を抽出し、時期や相手先の明確化のためインput／アウトputの一覧を作成。アウトputとしては、現場環境を考慮した上で各号機毎に可能なアクセスルートを検討し、除染Prjへ遅延なく提示。

事業の評価： インput／アウトput一覧表を作成することにより、プラントデータや各種評価結果を系統的に情報入手することができ、漏れのない検討ができています。



除染プロジェクトへのアウトput例(アクセスルート)

3. 今後の計画(1/2)

(2-①-4) 格納容器内部調技術の開発

必要性

現在、燃料デブリの存在状況は不明であるため、その取出しに向けて原子炉格納容器内のデブリの位置及び状況を事前に調査するとともに、圧力容器を支持するペDESTAL等の状況も確認する必要がある。また、原子炉格納容器内は高温・多湿・高線量の過酷環境下であり、遠隔装置等による調査が要求される。さらに、原子炉格納容器内に装置を投入するために原子炉格納容器バウンダリを開放する際には、放射性物質が飛散しないためのシステムの開発も併せて要求される。

実施内容

原子炉格納容器内の状態把握、原子炉圧力容器の漏えい調査、燃料デブリ取り出し工法の検討を目的とした原子炉格納容器内調査の工法および装置の研究開発を行う。原子炉格納容器外まで作業員または装置がアクセスし、原子炉格納容器貫通孔等から遠隔検査装置を投入し原子炉格納容器内部を調査する計画を基本とし、以下の研究開発を行う。

(1) 炉内状況の推測結果に基づく既存技術の整理

原子炉格納容器/原子炉圧力容器内の状況（デブリの位置・流下挙動、構造健全性・損傷状態等）をプラントパラメータ計測、シミュレーション等により推測し、適切な調査計画を立案（工法の概念検討）するとともに、過酷な環境下においても適用可能な既存技術を整理する。

(2) アクセス方法と装置（ツール）の開発

- ・原子炉格納容器事前調査工法の検討
- ・原子炉格納容器内本格調査工法の検討
- ・原子炉格納容器内本格調査のアクセス装置

(3) 原子炉格納容器内部の放射性物質に対する対策

調査時および調査後に、原子炉格納容器内部から放射性物質が飛散することによる作業員および公衆の被ばくに対する対策として、飛散防止カバー及びカバー内で原子炉格納容器開口部の開閉・装置挿入引抜きを行う遠隔機構を検討する。

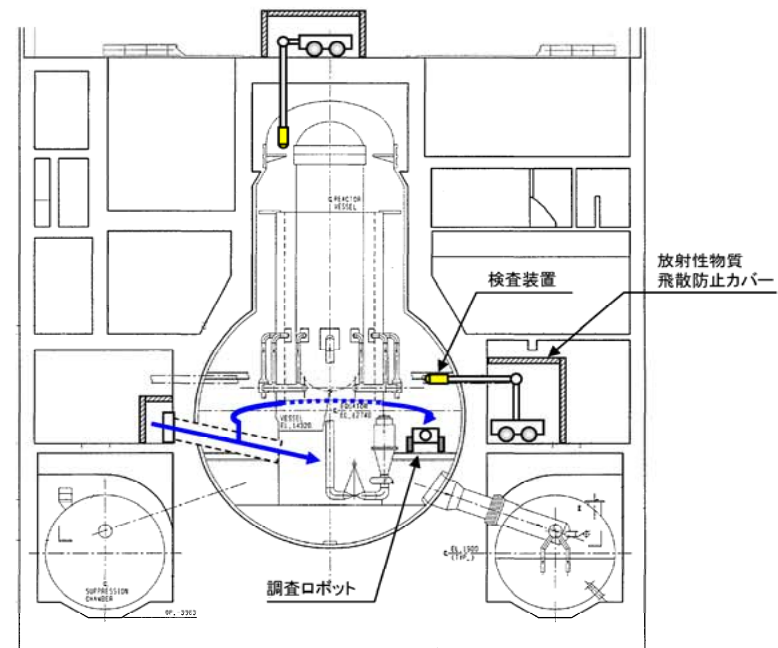
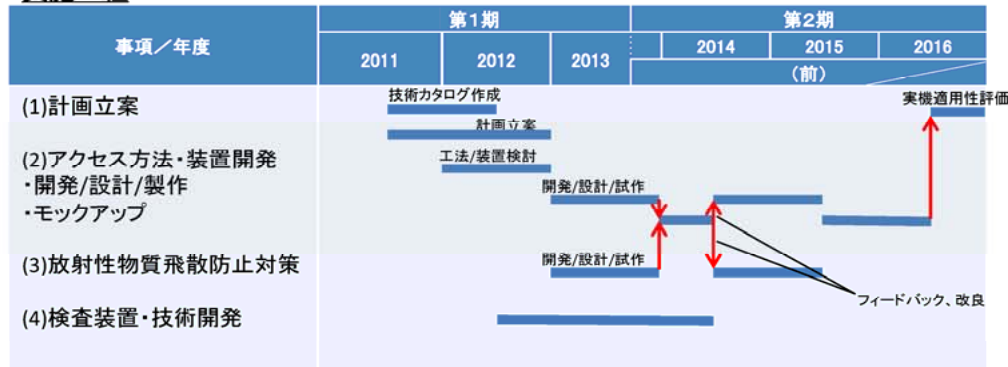
(4) 検査装置・技術の開発

従来の点検範囲を超える箇所、手段、環境（線量、温度等）で検査するための検査装置・技術の開発と、汚染した装置の除染・処理方法の検討を行う。

候補となる技術例

要素技術	適用例
原子炉格納容器内調査ロボット(遠隔無人、過酷環境下)	防災味'ット
原子炉格納容器内各種作業ロボット	防災味'ット
放射性物質の飛散防止対策	—
検査装置・技術	TMI経験

実施工程

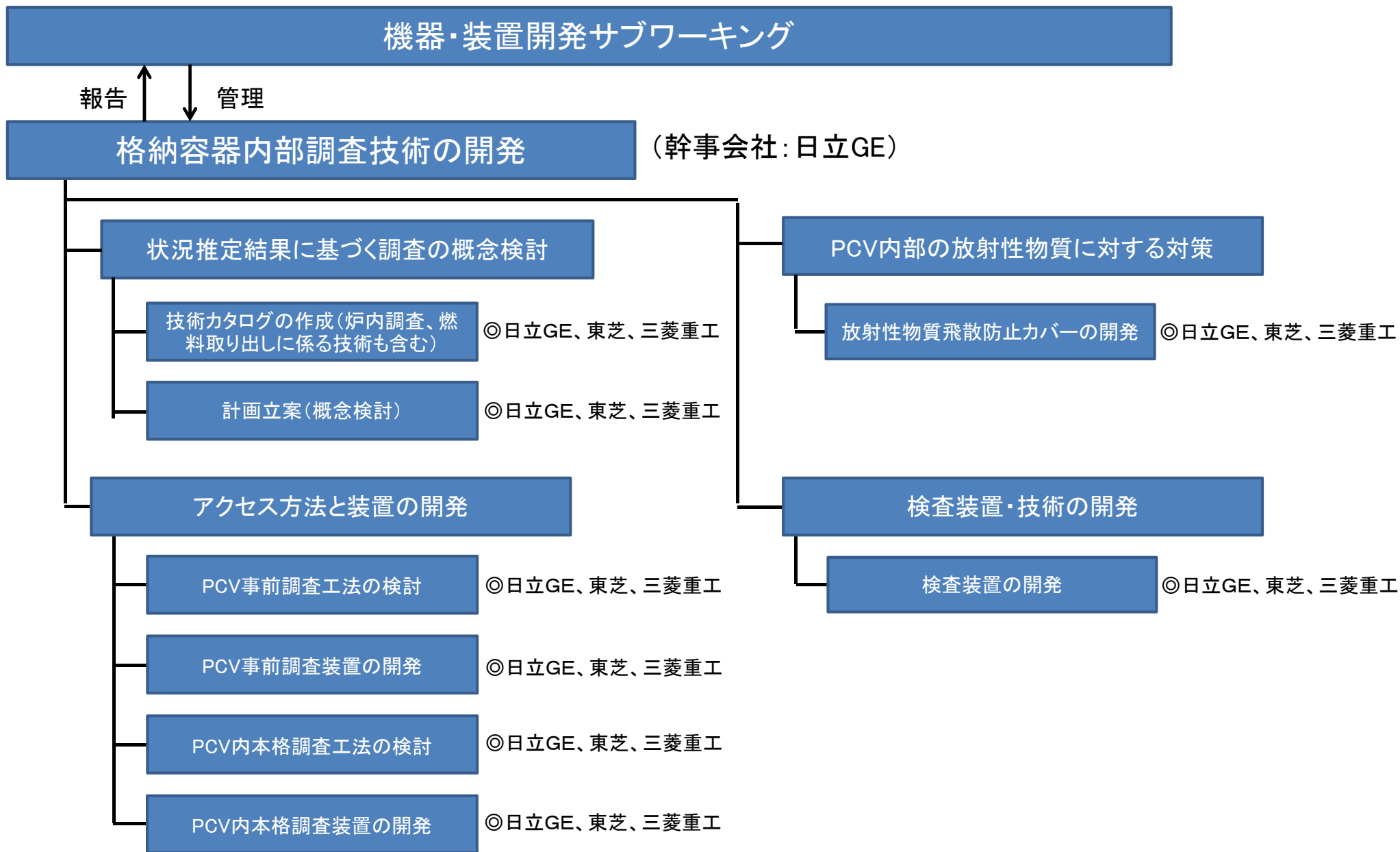


3. 今後の計画(2/2)

平成24年度における事業の目標

- 計画立案(概念検討)：平成23年度から継続
 - 平成23年度で検討した内容(調査対象部位, アクセスルート, 調査手段など)に基づき、格納容器_事前調査, 本格調査用の装置の構想検討を行う。
- 格納容器_事前調査工法検討/装置開発 及び本格調査工法の検討
 - 格納容器_事前調査を平成25年度、本格調査を平成28年度に予定しており、これに向けて平成23年度の検討結果を基に調査工法の詳細検討と装置の開発を実施する。
 - 工事案件として2号でPCVエントリーが実施され、1号/3号でも工事案件としてPCVエントリーの計画が議論されている。これら工事で得られた情報を踏まえて、研究計画への反映及び見直しを検討する。

4. 格納容器内部調査技術の開発体制



平成23年度において、内部調査を実施する貫通口やアクセスルートの検討は、BWRプラントメーカーである日立GEと東芝が主体となり実施し、既存技術調査や調査項目/方法の検討は、PWRプラントメーカーとして多くの点検。調査経験を有する三菱重工業も加わって3社で進めた。平成25年度上期からの検査装置(本格調査)の設計・製作については、3社分担し進める。