

1-③ 原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発

事業の目的

燃料デブリ取り出し方法の確定等に資するため、原子炉格納容器(PCV)内の燃料デブリの分布、ペDESTAL内外の状況を従来よりも広範囲に精度よく調査するための装置やより高度な調査技術の開発を行い、実証する。

1. 事業の内容と進捗状況

下記2. 関連事業の結果を反映して、これまでの実施内容と得られた成果は以下のとおりである。

(1) 堆積物対策を前提とした内部詳細調査の現場実証

1号機のPCV内部詳細調査に向けて、「原子炉格納容器調査技術の開発」「原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発」で開発したアクセスルート構築と詳細調査に係る装置等を用いたモックアップ試験、作業訓練を行い、現場実証を開始した。

① 調査計画・開発計画の策定

PCV内部詳細調査で使用する6種類の潜水機能付ボート型アクセス・調査装置による調査(現場実証)と作業訓練の詳細計画を策定した。

② アクセス・調査装置及び調査技術の現場実証

・ PCV内アクセスルート構築

X-2ペネトレーション(「以下、X-2ペネ」)外扉の3箇所に新たなバウンダリとなる隔離弁などを接続後、PCV内部と隔離した状態で外扉と内扉の貫通穿孔を実施した。内扉貫通穿孔では、ダスト上昇対策として、段階的に切断範囲を拡大する方法に切断計画を見直し、内扉の3箇所の穿孔を完了した(2020年4月)。引き続き、PCV内干渉物切断、ガイドパイプ設置作業を実施する。

・ PCV内部詳細調査

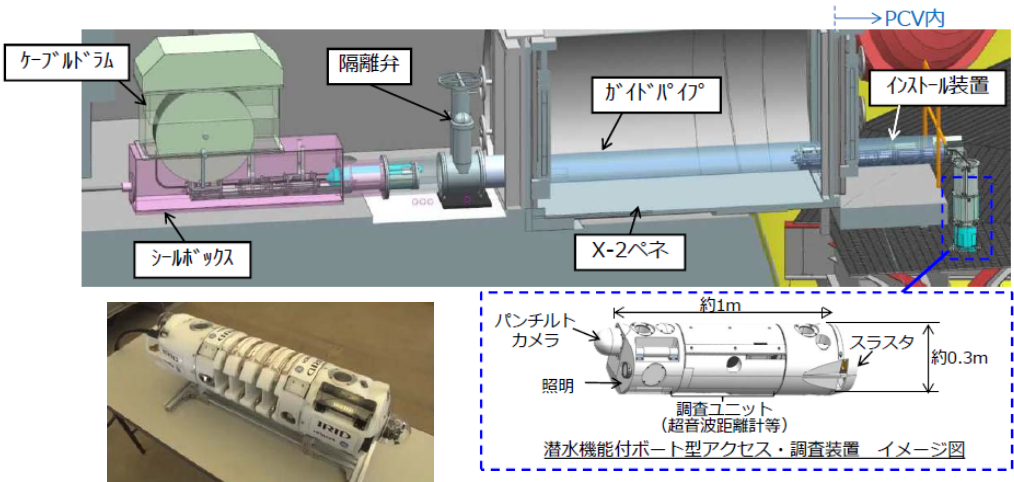
実規模大のモックアップ試験設備を製作し、6種類の潜水機能付ボート型アクセス・調査装置を用いてモックアップ試験を実施し、成立性と作業手順を確認した。

・ グレーチング上からペDESTAL内への進入・調査技術の開発

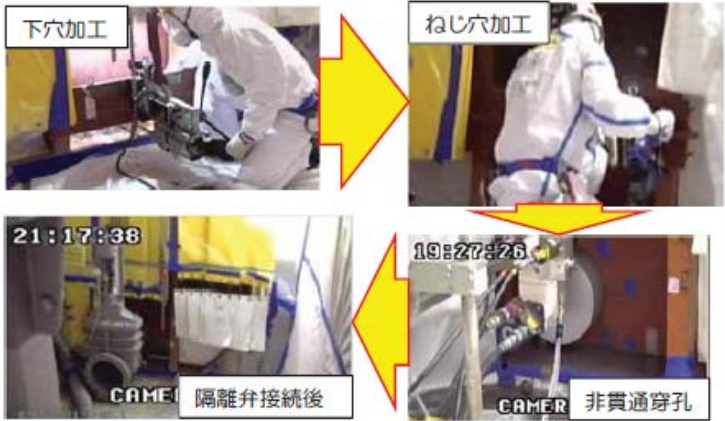
PCV内1階のグレーチング上を移動しペDESTAL内へ進入し、ペDESTAL内部を調査する技術の開発に着手した。

③ 課題と今後の計画

1号機でのアクセスルート構築の現場実証を継続し、潜水機能付ボート型アクセス・調査装置による詳細調査(現場実証)を行う。また、グレーチング上からペDESTAL内への進入・調査技術の開発を進める。

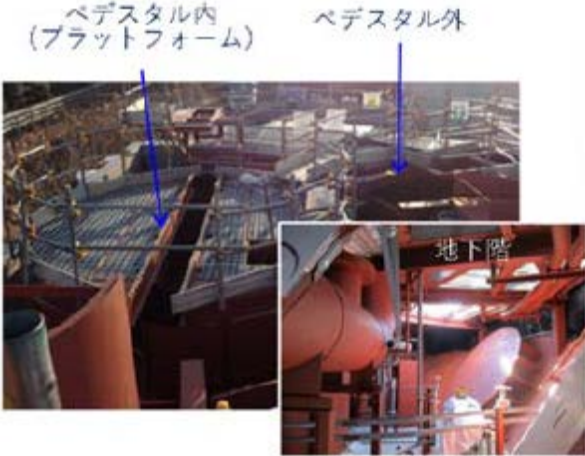


1号機 X-2 ペネからの P C V 内部詳細調査のイメージ図



アクセスルート構築の現場実証
(隔離弁接続作業)

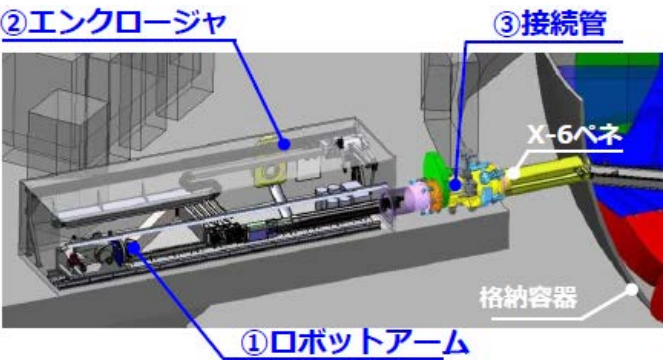
実施項目	作業の流れ (イメージ)	
インストール装置・シールボックス設置	[Image of installation]	
ガイドリング取付 〔ケーブル絡まり防止用に PCV内に設置〕	ROV-A	[Image of ROV-A]
詳細目視 〔パンチルトカメラによる PCV内の状況確認〕	ROV-A2 (小型ROV)	[Image of ROV-A2]
堆積物3次元形状測定 (走査型超音波距離計により 堆積物の3次元形状を測定)	ROV-B	[Image of ROV-B]
堆積物厚さ測定 (高出力超音波センサにより 堆積物厚さを測定)	ROV-C	[Image of ROV-C]
中性子束測定 (検出器を用いて堆積物表面 の中性子束を測定)	ROV-D	[Image of ROV-D]
堆積物 少量サンプリング	ROV-E	[Image of ROV-E]
インストール装置・ シールボックス撤去	[Image of removal]	



P C V 内部詳細調査の
モックアップ試験設備

6 種類の潜水機能付ボート型アクセス・調査装置による P C V 内部詳細調査の作業の流れ

- (2) X-6ペネトレーション(「以下、X-6ペネ」)を用いた内部詳細調査技術の現場実証
- 2号機のPCV内部詳細調査に向けて調査手順の検討、「原子炉格納容器調査技術の開発」「原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発」で開発したアーム型アクセス・調査装置の組み立て、モックアップ試験の試験設備の製作、アクセスルートを構築するための装置のモックアップ試験を実施した。
- ①調査計画・開発計画の策定
- 先行PCV内部調査結果(映像など)なども考慮し、アクセス・調査装置による詳細調査の手順を策定した。さらに、現地環境条件(線量、距離制約等)を考慮して配置計画を立案した。
- ②アクセス・調査装置の製作、全体組立及び工場検証試験
- ・アーム型アクセス・調査装置の全体組立が完了し、工場内検証試験を実施した。
 - ・調査成立性向上の観点からワンドとPCV内部構造物との干渉リスク対応として短尺ワンドを追加製作した。
- ③アクセス・調査装置及び調査技術の現場実証
- ・現場状況を考慮したモックアップ試験
 - アーム型アクセス調査装置のモックアップ試験設備(英国RACE、JAEA櫛葉)の製作が完了した。
 - ・現場におけるPCV内へのアクセスルート構築の試験及び作業訓練
 - 遠隔操作でX-6ペネに接続する隔離弁付連結管(X-6ペネ接続構造)について、装置改良を行い、隔離部屋との組合せ試験を完了した。また、アクセスルートを構築する関連機器の据付・撤去の作業検証試験が完了した。
 - X-6ペネ内の堆積物等を除去する装置について製作し、モックアップ試験を実施した。
 - 中性子検出システムを設計・製作し、工場検証試験を実施した。
- ④課題と今後の計画
- 今後は、アクセス・調査装置のモックアップ試験・作業訓練、アクセスルート構築に関する作業訓練を実施し、内部詳細調査を行う。なお、2020年度からは補助事業ではなく、IRID自主事業として、研究開発を継続して実施する。
- また、1号機のPCV内部詳細調査のアクセスルート構築時のダスト飛散事象を踏まえて、2号機においてもダスト低減対策を東京電力ホールディングス株式会社(東電HD)が検討しており、2号機PCV内部調査は、2021年内開始を目指す試験的取り出しと合わせて実施する計画としている。



2号機PCV内部詳細調査のためのアクセス・調査装置の全体像

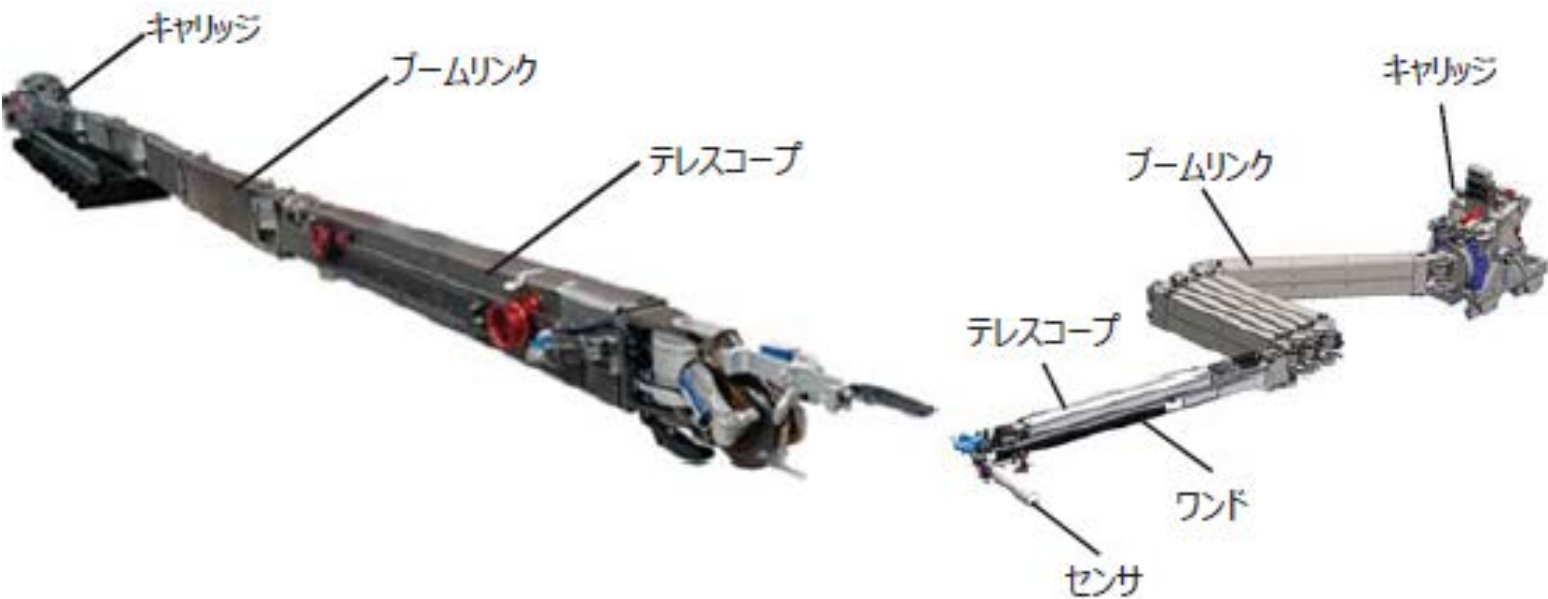


・広さ：約8m×約30m
・高さ：約7m



・広さ：約10m×約30m
・高さ：約8m

アーム型アクセス・調査装置のモックアップ試験設備



アーム型アクセス・調査装置

実施者
技術研究組合国際廃炉研究開発機構(IRID)

2. 関連事業

これまで行われた関連事業における成果は以下のとおりである。

○格納容器内部調査技術の開発(2011～2013年度)

- ・調査対象、項目と必要な技術課題を抽出し、調査実施のためのアクセスルートを検討した。
- ・2012年度に1号機X-100BペネからPCV内にアクセスし、カメラによる調査を実施した。結果を踏まえて、PCV内部事前調査(映像、線量、温度等の取得)に向けた調査装置を製作した。
- ・2012年度及び2013年度(A1調査)に2号機X-53ペネからPCV内にアクセスし、カメラによる調査を実施した。X-6ペネ周辺の線量率が想定を大幅に超えていたことから、線量低減対策を行う必要があり、X-6ペネからの調査は当初計画から延期となった。
- ・2号機X-6遮蔽ブロック取り外し装置、X-6ペネからの調査装置の設計、試作に着手した。

○原子炉格納容器内部調査技術の開発(2014年度～2015年度)

(1) ペDESTAL内へアクセスする技術

- ・2号機A2調査(ペDESTAL内部プラットフォーム上状況調査)向け調査関連装置の工場検証試験を完了した。
- ・ペDESTAL内の更なる調査(A3調査)について、X-6ペネのハッチ開放を行う装置の試作・試験を行った。

(2) 遮蔽ブロックを取外す技術

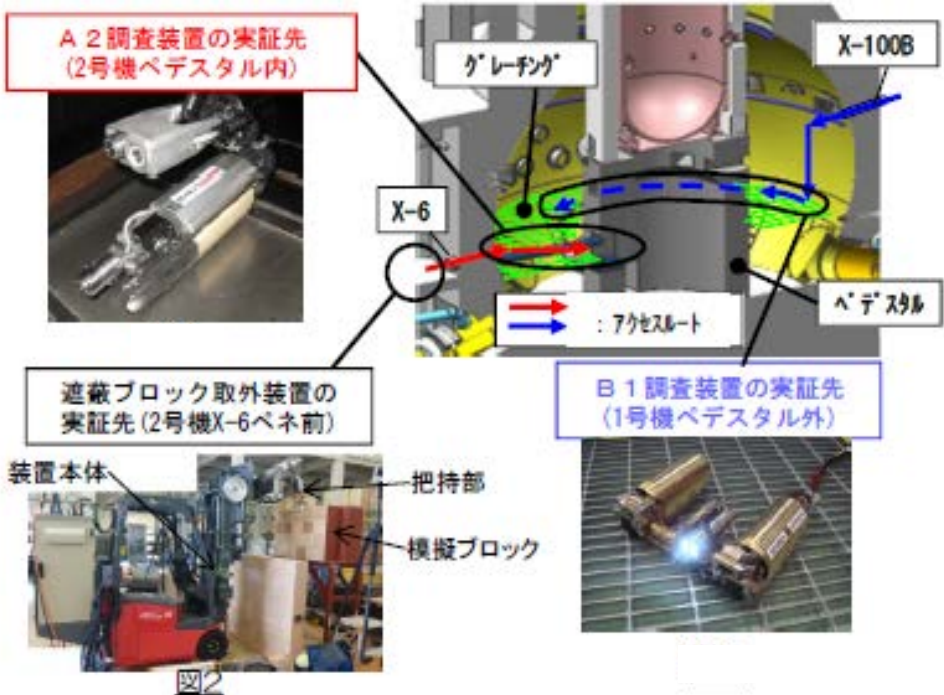
- ・遮蔽ブロック取外し装置を開発し、2015年6～7月に2号機X-6ペネ前の遮蔽ブロックの取外し(現地実証)を完了した。

(3) ペDESTAL外へアクセスする技術

- ・1号機B1調査(X100Bペネからの格納容器内1階グレーチング上調査)向け調査関連装置の工場検証試験を完了し、2015年4月に現場実証を実施した。PCV内部の既設設備に大きな損傷がないことや1階グレーチング上の約3/4周の範囲の線量/温度データを取得した。
- ・更なる調査(B2調査)について、調査工法を立案した。

(4) 燃料デブリ計測技術

- ・2017年度以降の燃料デブリ調査に向け、計測技術の高度化を検討した。



※ 右上の図は1号機のPCV内部を示しているが、実証は、A2調査を2号機で、B1調査を1号機で行った。

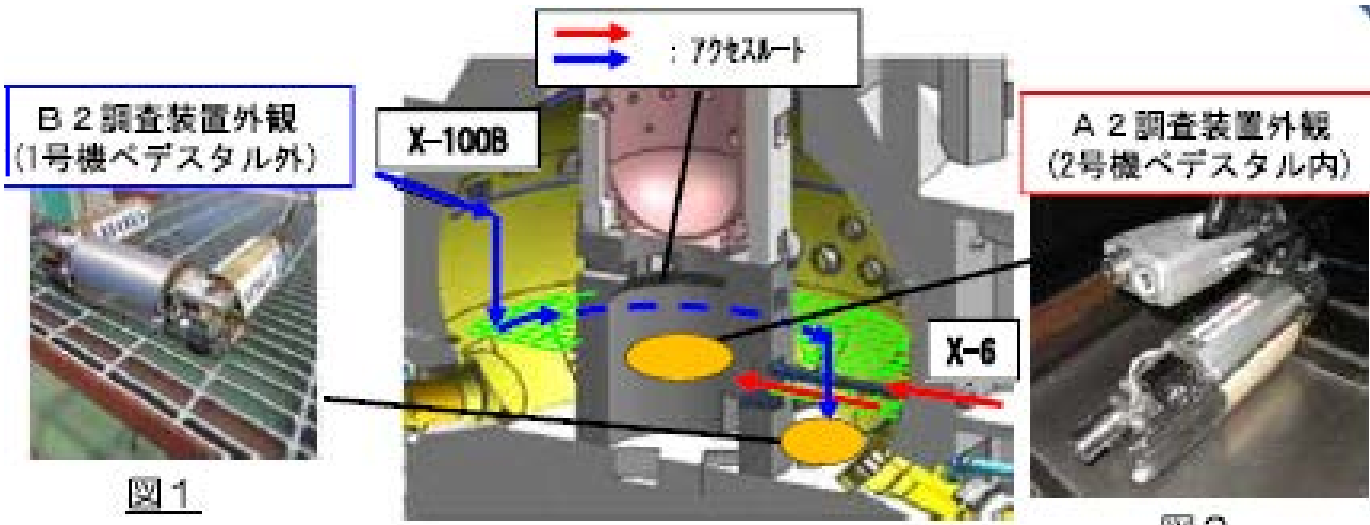
○原子炉格納容器内部調査技術の開発(2016～2017年度)

(1) 特定部位へのアクセス・調査装置及びシステムの開発

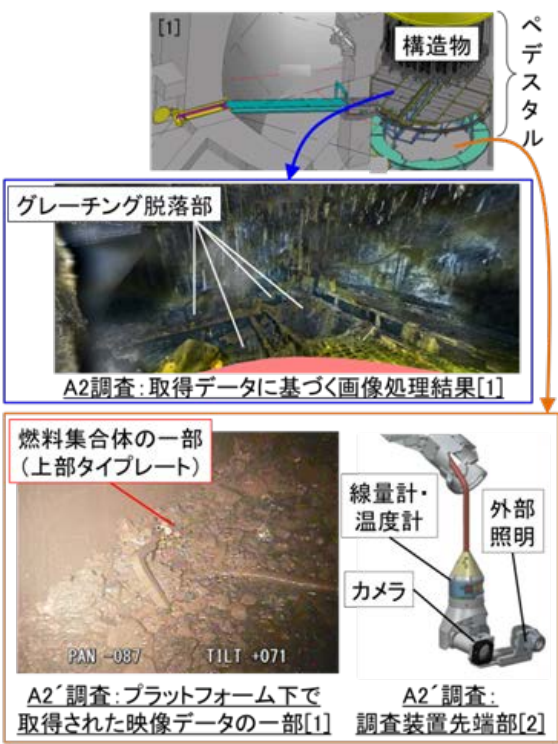
- ・1号機B2調査(X100BペネからのペDESTAL外部地下階調査)向けアクセス・調査装置を開発し、2017年3月に現地実証を実施した。PCV内壁面、既設機器に大きな損傷はないことやPCV底部に堆積物が確認され、堆積物表面に近づくに連れて線量が上昇する傾向が確認された。
- ・2号機A2調査(X-6ペネからのペDESTAL内部プラットフォーム上状況調査)とA2'調査(X-6ペネからのペDESTAL内部プラットフォーム下状況調査)向けアクセス・調査装置を開発し、2017年1月にA2調査、2018年1月にA2'調査を実施した。プラットフォーム上にグレーチング脱落部、ペDESTAL底部に燃料集合体の一部とその周辺に燃料デブリと思われる堆積物を確認した。
- ・3号機のX-53ペネからPCV内にアクセスしペDESTAL内の状況を調査する水中遊泳型装置(ROV)を開発し、2017年7月に現場実証を実施した。複数の構造物の損傷や溶融物が凝固したと思われるものの付着、塊状の堆積物を確認した。
- ・次フェーズ調査のアクセスルート構築の概念検討、要素試験を実施し、アクセス装置については、水中遊泳型装置、床面走行型装置、アーム型アクセス装置の概念検討、要素試験を実施した。

(2) 次フェーズの調査計画・開発計画の立案・更新

- ・1号機はX-2ペネからPCV内にアクセスし、水中遊泳型装置による調査、2号機はX-6ペネからPCV内にアクセスし、アーム型アクセス装置による調査、について概念検討や要素試験を実施した。
- ・上記アクセス・調査装置と組合せが可能な計測技術について、寸法・距離・形状計測技術や目視技術及び放射線計測技術(γ線計測やデブリ由来放射線計測)の概念検討及び要素試験を実施した。

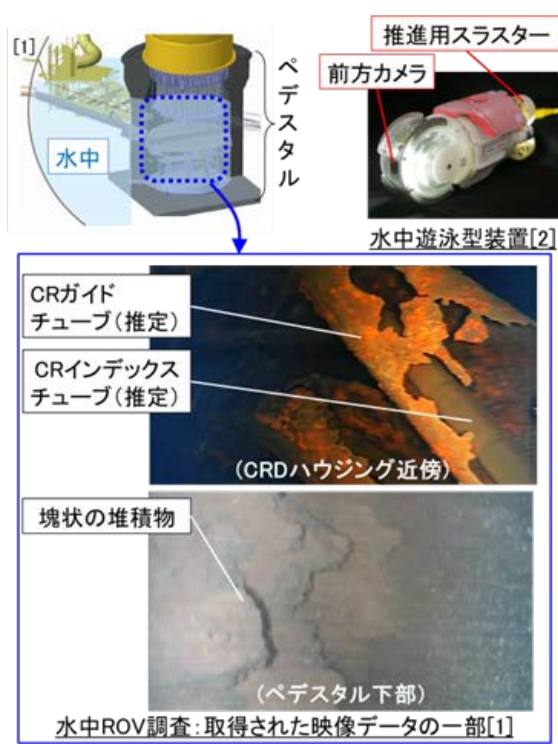


1号機PCVペDESTAL外(B2)内部調査及び2号機PCVペDESTAL内(A2)内部調査



[1] 廃炉・汚染水対策チーム会合/事務局会議(第49回/第50回)資料より抜粋
[2] IRID/東芝エネルギーシステムズ公開資料より抜粋

2号機ペデスタル内調査結果



[1] 廃炉・汚染水対策チーム会合/事務局会議(第48回)資料より抜粋
[2] IRID/東芝エネルギーシステムズ公開資料より抜粋

3号機ペデスタル内調査結果

2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
格納容器内部調査技術の開発									
			原子炉格納容器内部調査技術の開発			原子炉格納容器内部調査技術の開発			
						原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発			
							原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発（現場実証）		