

平成25年度補正予算 廃炉・汚染水対策事業費補助金

**原子炉格納容器漏えい箇所の
補修・止水技術の開発
完了報告**

平成28年3月

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構

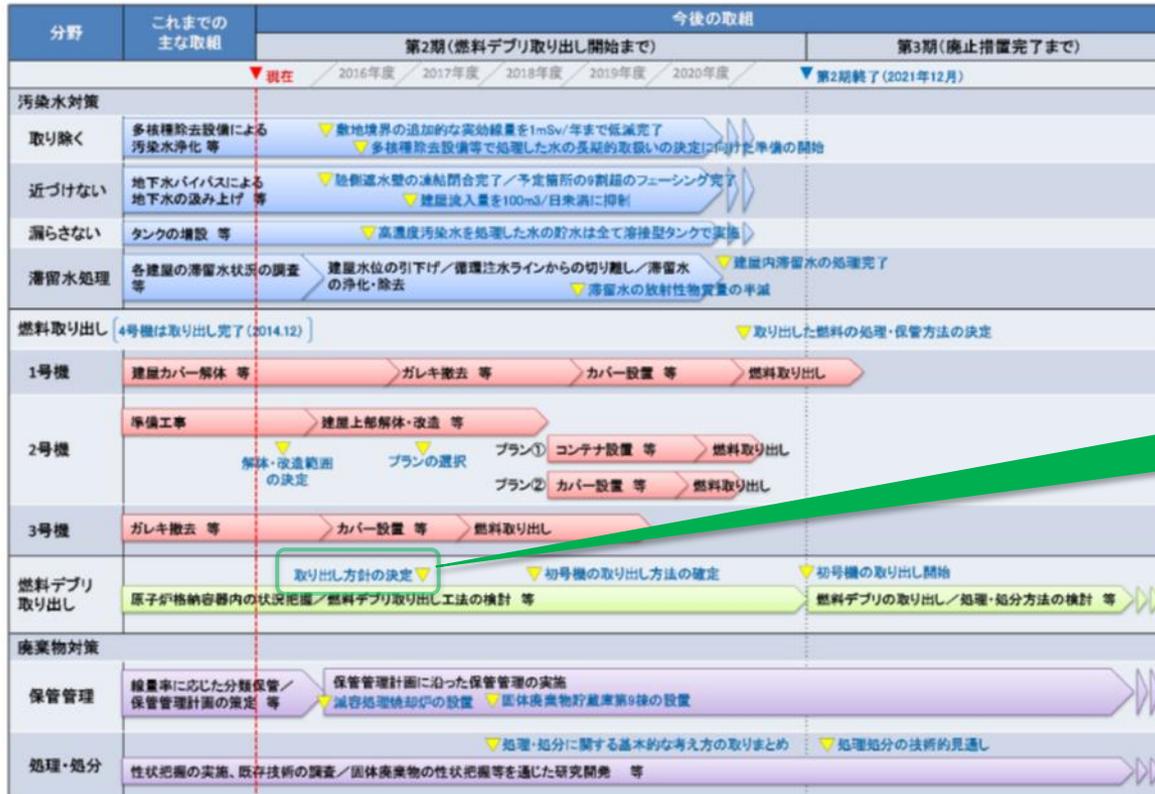
1. PCV止水技術開発の位置づけ
2. PCV冠水の目的
3. PCV止水技術開発対象箇所
4. PCV止水技術開発全体工程
5. PCV止水技術開発H26～H27実施内容
 - (1) PCV補修・止水技術の開発
 - ① サプレッションチェンバー脚部の補強技術
 - ② 循環冷却システムの検討
 - ③ ベント管止水技術
 - ③-1 ベント管内埋設による止水技術
 - ③-2 S/C内充填による止水技術
 - ③-3 真空破壊ライン埋設による止水技術
 - ④ シール部の止水技術
 - ⑤ 配管ベローズの止水技術
 - ⑥ PCV接続配管のバウンダリ構築技術
 - ⑦ トーラス室壁面配管貫通部等の止水技術
 - ⑧ D/Wシエルの補修技術
 - (2) PCV水張りまでの計画の策定
6. 進捗状況
7. 目標達成を判断する指標の設定
8. まとめ
9. 実施体制表
10. 補足資料

1. PCV止水技術開発の位置づけ

1. PCV止水技術開発の位置づけ

- 燃料デブリ取出しに向けた環境整備の一環
- 燃料デブリ取出し時の遮へい・ダスト飛散防止・燃料デブリ冷却維持対策の一手法として、PCV内を冠水させるための技術開発
- 2017年度の燃料デブリ取り出し方針の決定に向けて冠水工法の技術的成立性を確認

東京電力（株）福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた主要な目標工程 2015年6月



燃料デブリ取り出し方針の決定

2. PCV冠水の目的

2. PCV冠水の目的

<デブリ取り出し>

- ① 燃料デブリ・炉内構造物に付着する放射性物質からの放射線の遮へい※1
- ② 燃料デブリ・炉内構造物の切削・移動時のダストの飛散防止※2
- ③ 燃料デブリの冷却維持

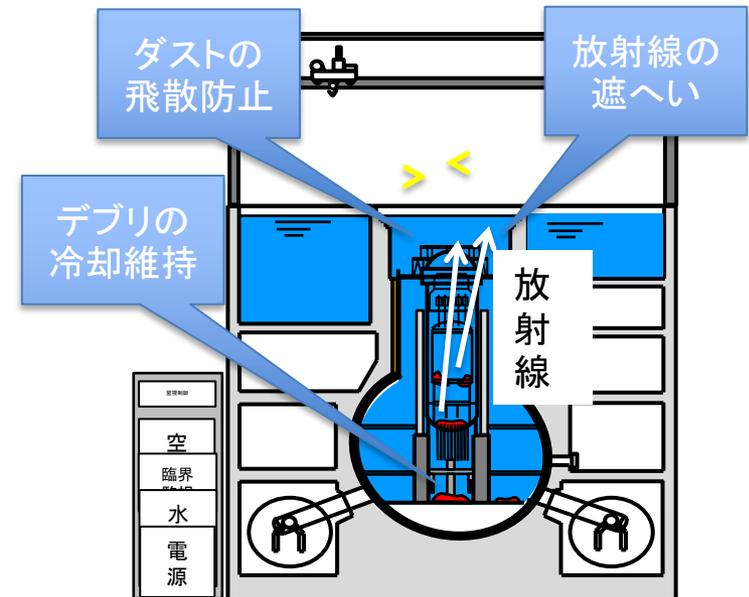
+

<汚染水封じ込め>

- ④ PCVからR/B(トーラス室)へ流れ込む汚染水量を抑制
(水位コントロールによりR/Bから外部への漏えい量はゼロにする)

*1: 水遮へいにより上部取出しの作業エリアとなるオペフロの線量を低減する

*2: 燃料デブリを水没させることにより、デブリ切削・移動時に発生するダストを水で捕獲する



2. PCV冠水の目的(止水バウンダリの考え方)

バウンダリの定義		一次バウンダリ:PCV、二次バウンダリ:R/B
(PCV→トーラス室) 漏えい状態	通常時	トーラス室排水ポンプ1台が正常に動作しており、かつPCVからトーラス室への漏えい量が「許容漏えい量」以下に維持された状態。
	過渡時	トーラス室排水ポンプが正常に動作しているにもかかわらず何らかの原因(地震、腐食等)により通常時の許容漏えい量を一時的に越える状態(但し、排水ポンプの排水能力(2台分:36m ³ /h)を上回らない状態)
	異常時	何らかの原因(地震、腐食等)で止水バウンダリが大規模損傷(配管貫通部ベローズのクラック等)し、短時間で大規模な漏えいが発生している状態(排水ポンプの排水能力(2台分:36m ³ /h)を大幅に上回る漏えいが発生した状態)。



止水目標	いずれの漏えい状態においても、 トーラス室滞留水水位 < 建屋周辺地下水水位 を達成する
------	--

3. PCV止水技術開発対象箇所

3. PCV止水技術開発対象箇所(1/2)

表 止水対象箇所と目的

各止水対象箇所における難易度は、止水性、施工性、現場環境条件、長期的条件等により判断される。

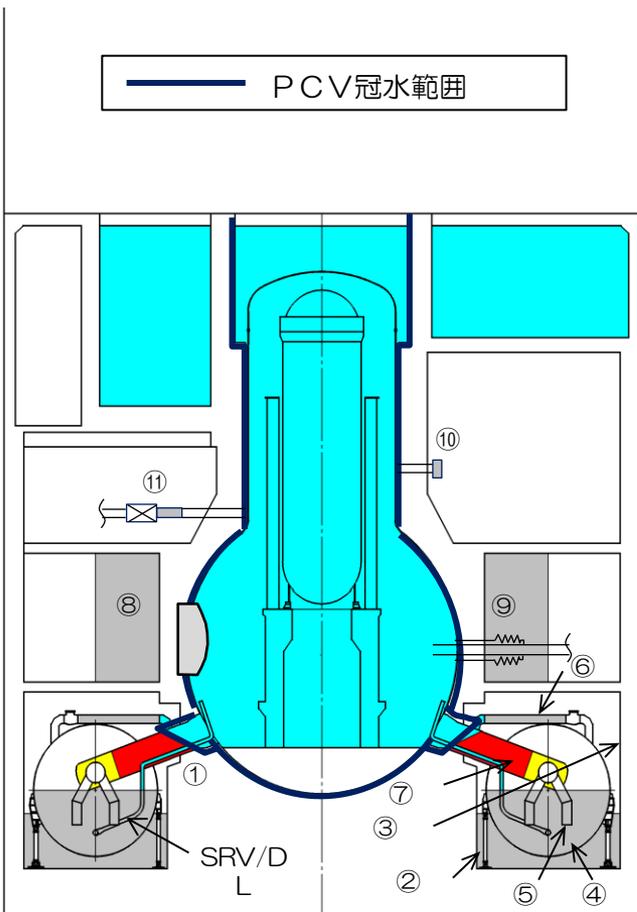


図 燃料取出しのためのPCV冠水範囲構成 (ウェル満水とした場合) (1F-1号機/2, 3号機)

No.	止水対象箇所	止水材料	目的
① (1号のみ)	D/Wシェル (1F-1特有)	検討中	D/Wシェルの損傷補修。 (これまでの調査結果から1号機はD/Wシェル損傷の可能性が否定できない。しかし、損傷箇所、損傷状態が不明なため、損傷シナリオを想定して損傷箇所までのアクセスルート及び止水工法の検討を行い、その実現性の評価を行う予定。)
②	トラス室内 (S/C脚部)	水中不離性モルタル	RPV/PCV健全性評価PJのH25年度成果からS/C脚部 (コラムサポート、耐震サポート※1) を補強。S/Cの支持。
③	トラス室壁面貫通部	水中不離性モルタル	R/B-T/B建屋間貫通部からの漏えいを止水。PCV冠水後のバッファスペースの確保。
④	S/C内 (Tクエンチャ)	コンクリート	ベント管止水後、D/W内の弁からSRV/DLを経由してS/C内に水が流入するのを防止。
④	S/C内 (ストレーナ)	コンクリート	ECCS系ストレーナ隔離弁からの系外漏えいを防止。
⑤	S/C内 (ダウンカマ)	コンクリート	ベント管止水後の止水バウンダリの多重化、ベント系構造物の強度確保。
⑥ (1号のみ)	真空破壊ライン (1F-1特有)	パッカー(モルタル充填)+水中不離性モルタル	PCV冠水範囲の最小化、真空破壊ラインベローズの補修。
⑦	ベント管	閉止補助材(モルタル充填)+可塑性グラウト	PCV冠水範囲の最小化、S/C損傷部の隔離、ベント管ベローズ※2の隔離。
⑧	機器ハッチ	溶接	フランジシール部の補修。
⑨	PCV貫通部 (小室内)	モルタル	小室内に設置されている大口径配管のベローズ補修。
⑩	PCV貫通部 (開放部)	溶接 または 非セメント系材料+セメント系材料	ベローズ付配管のベローズ補修、電気ペネのシール部※3補修。
⑪	PCV接続配管	モルタル	D/W水位上昇時にPCV接続配管の隔離弁からのシートリーク等を防止。

※1 耐震サポートは1F-2/3のみ設置

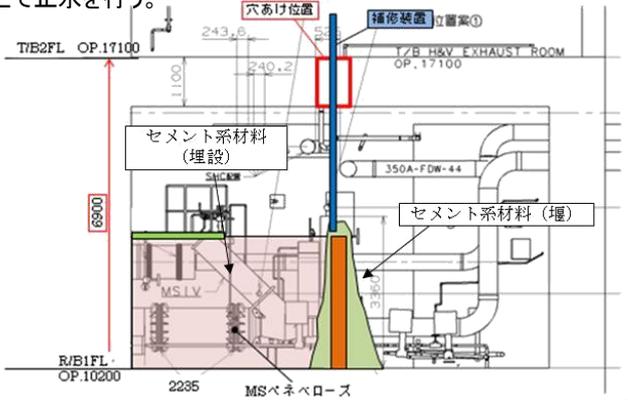
※2 ベローズ：SUS製のためSCCによる損傷が懸念される箇所

※3 シール部：事故時の高温高圧、蒸気環境による劣化が懸念される箇所

3. PCV止水技術開発対象箇所(2/2)

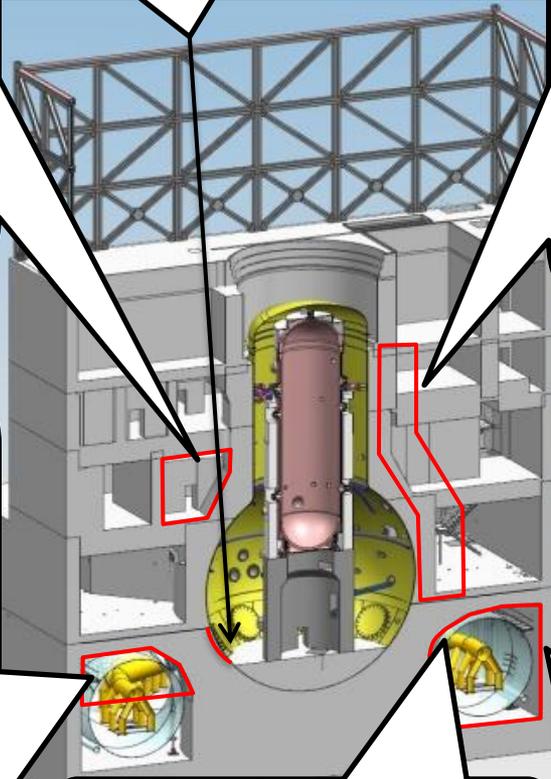
⑤貫通部の止水工法(小部屋内)

PCVを貫通している貫通部のうち、小部屋内に設置されている貫通部については、小部屋内をセメント系材料で埋設することで止水を行う。



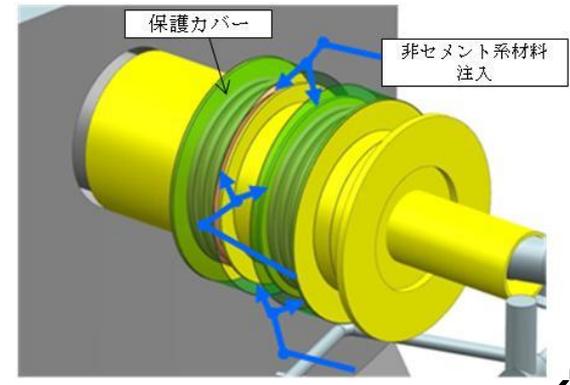
⑧D/Wシエルの補修

調査結果等を踏まえてシェル損傷状態を想定し、補修(止水)方法の検討を行う。



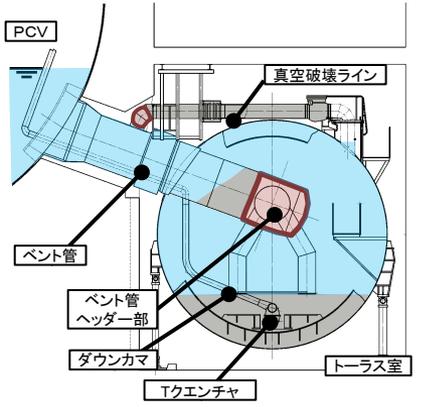
④シール部、⑤配管ベローズ

PCVを貫通している貫通部のうち、開放部に設置されている貫通部については、溶接補修を基本とするが、接近不可の場合を想定し、非セメント系材料を用いた止水を検討する。



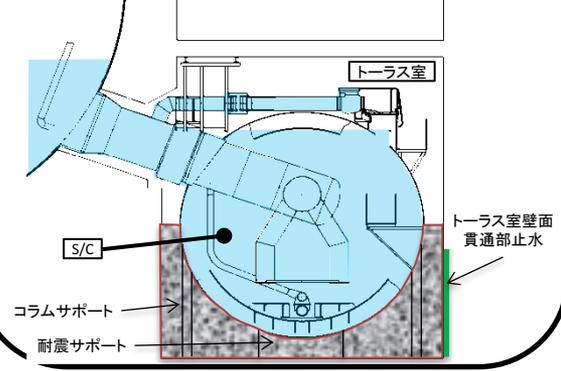
③-1 ベント管止水技術、③-2 真空破壊ライン止水技術

PCV下部の真空破壊ライン、ベント管、ダウンカマ、イクエンチャは、セメント系材料で止水を行う。



①S/C脚部補強、⑦トールス室壁面貫通部止水

ベント管、ダウンカマをセメント系材料で止水するためには、S/Cを補強する必要があり、セメント系材料でトールス室を埋設して補強する。



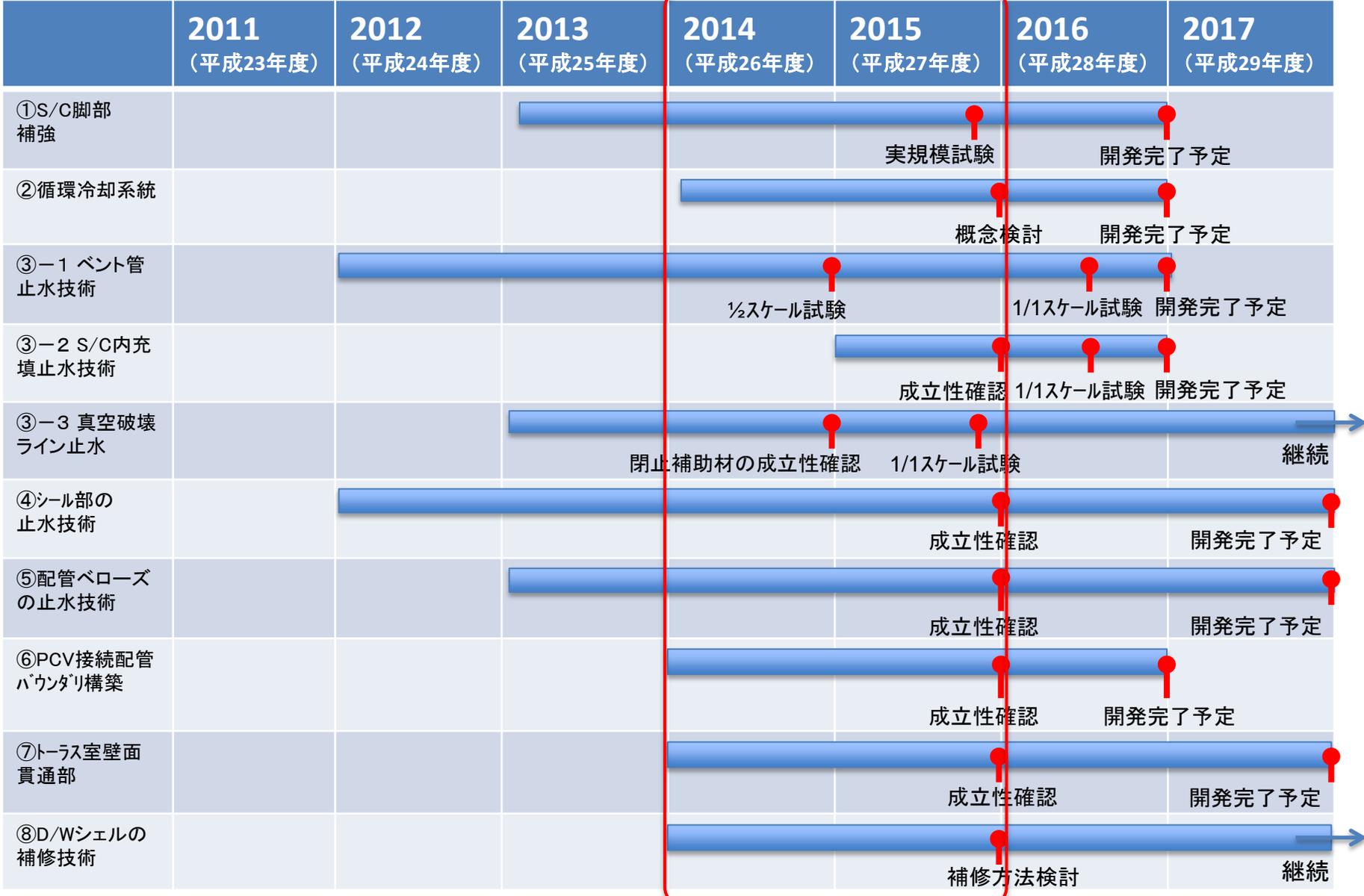
⑥PCV接続配管バウンダリ構築

D/W接続配管のうち、トールス室に設置されているものはセメント系材料で止水を行う。

4. PCV止水技術開発全体工程

4. PCV止水技術開発全体工程

本事業の範囲



※PCV水張りまでの計画の策定は除く



5. PCV止水技術開発H26～H27実施内容

(1)PCV補修・止水技術の開発

- ①サプレッションチェンバー脚部の補強技術：別添5(1)①
- ②循環冷却システムの検討：別添5(1)②
- ③ベント管止水技術
 - ③-1 ベント管内埋設による止水技術：別添5(1)③-1
 - ③-2 S/C内充填による止水技術：別添5(1)③-2
 - ③-3 真空破壊ライン埋設による止水技術：別添5(1)③-3
- ④シール部の止水技術：別添5(1)④
- ⑤配管ベローズの止水技術：別添5(1)⑤
- ⑥PCV接続配管のバウンダリ構築技術：別添5(1)⑥
- ⑦トーラス室壁面配管貫通部等の止水技術：別添5(1)⑦
- ⑧D/Wシェルの補修技術：別添5(1)⑧

1. 目的

PCV健全性評価において、地震時にS/C脚部に発生する応力が許容値を上回ることが判明しており、S/C脚のピン接合部までを補強する必要がある。

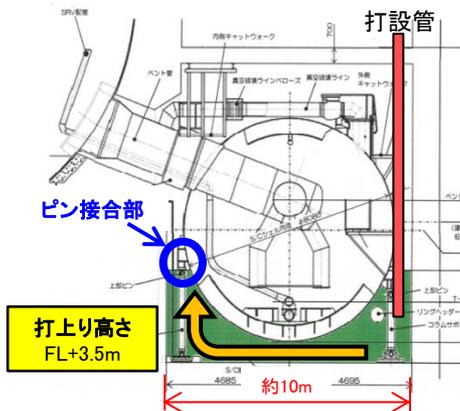
今年度国プロでは、トーラス室上階床面から補強材(モルタル)を充填し、S/C下部を埋設補強する工法の開発を目的とする。

2. 補強計画

地上1階の打設孔からS/C片側のみ(現段階では外周側)へ補強材を充填(打設)し、内・外周のピン接合部までを埋設する。

施工課題

- ・補強材を水中で長距離流動させる(水平15m以上)
- ・S/C脚部のピン接合部まで打ち上げる(鉛直3.5m)



■: 1号機の補強材充填範囲

図 補強材の充填範囲(1号機)

3. 補強材の要求性能

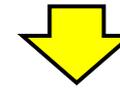
条件の整理

<打設環境>

- ①トーラス室には滞留水がある。
- ②S/C支持脚や配管・ダクト(障害物)がある。

<要求事項>

- ③S/C支持に必要な強度を満足する。(8.4N/mm²)
- ④膨大な量の打設を実現する。(最大約1,800m³)
- ⑤長距離流動を可能とする。(15m以上)
- ⑥打設位置の反対側にも打ち上げることを可能とする。
- ⑦トーラス室内の水質で強度を発現する。



補強材に求められる性能

- A 水中不分離性(①)
- B 圧縮強度(③)
- C 低発熱性(④)
- D 高流動性(②、⑤、⑥)
- E 長期流動保持性(④、⑥)

施工側に求められる能力

- F 大容量の供給・打設(④)
- G 途切れのない連続打設(⑥)
- H 打設レベルの監視(②、⑥)

① サプレッションチェンバー脚部の補強技術

4. 試験結果

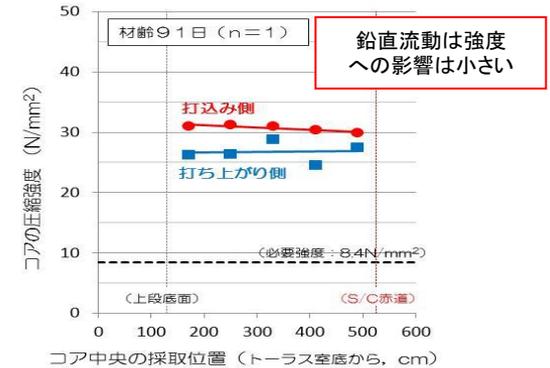
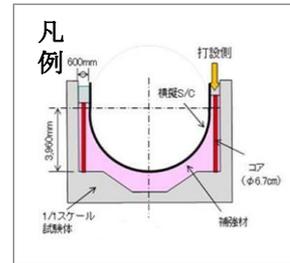
【材齢91日】

試験名	実施日	圧縮強度(N/mm ²)		判定	打上りレベル差 (cm)	
		最大値	最小値 平均値		圧縮強度 8.4N/mm ² 以上	
40m水路試験	2015 06/24	36.7	21.7 30.7	合	1.0	打設点～ 合流部
1/4打上性状試験	2015 06/30	42.2	28.9 34.4	合	7.0	打込み/ 打上り
1/1打上性状試験	2015 09/09	31.3	24.6 28.7	合	4.0	打込み/ 打上り
1/1底部回り込み 試験	2015 11/25	31.6	20.1 25.1	合	1.0	打設点～ 対角部
1/4立方試験 (材齢28日)	2016 01/21	17.3	12.0 14.6	合	7.0	打込み～ 対角打上り

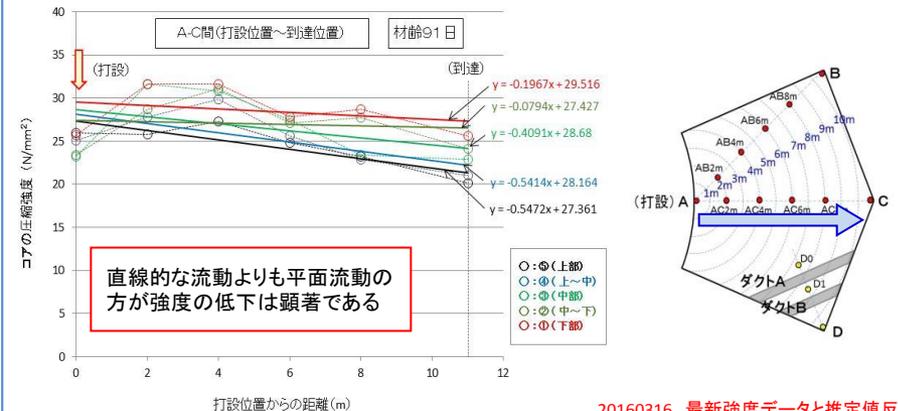
●40m水路試験



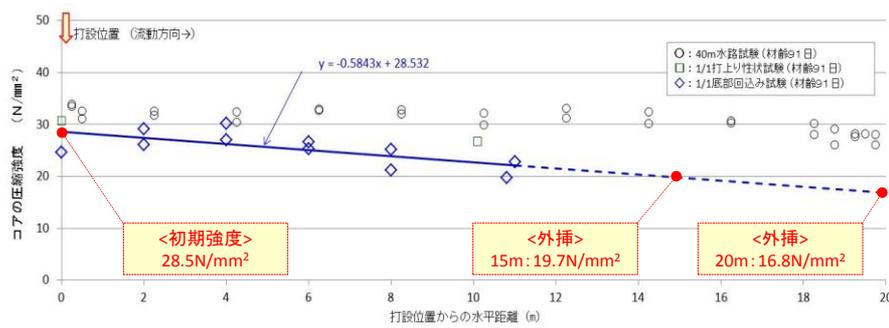
●1/1打上り試験



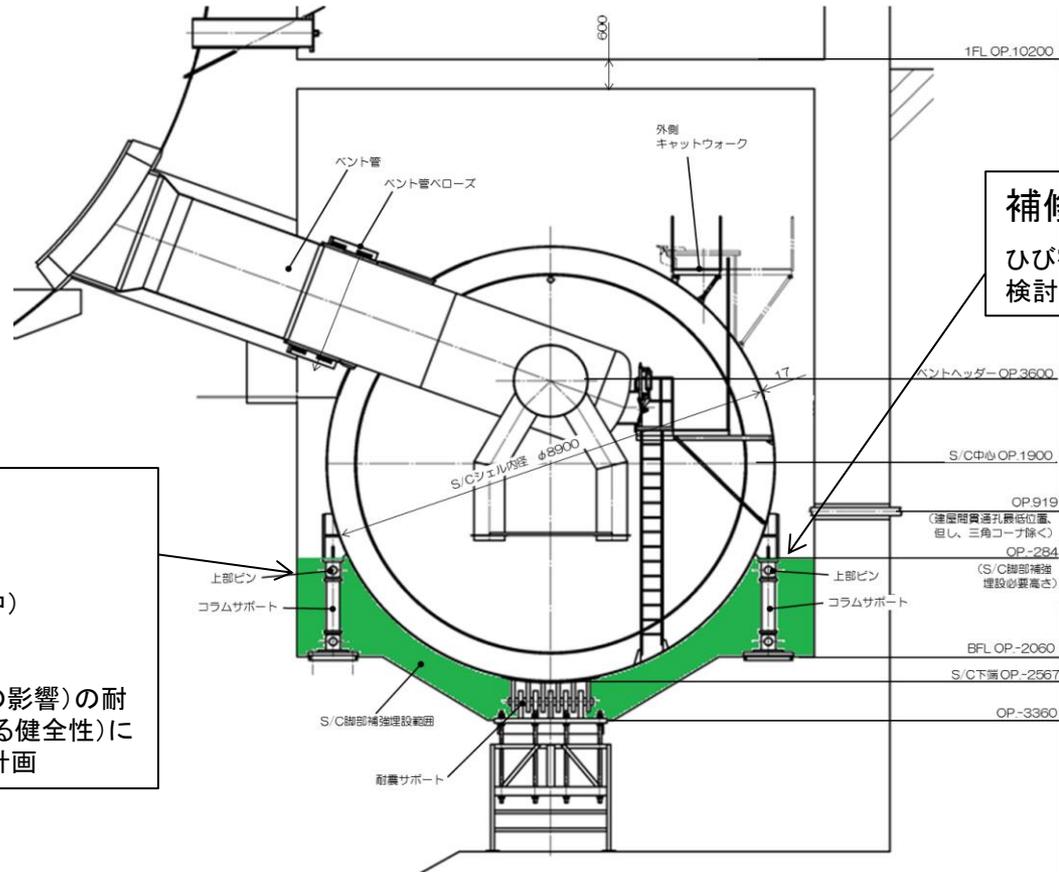
●1/1回り込み試験



流動による圧縮強度低下が最も顕著だった底部回り込み試験のデータを元に超長距離流動時の圧縮強度を推定した結果、**15mで19.7N/mm²、20mで16.8N/mm²**と算出した。また必要強度(8.4N/mm²)を確保できる水平距離は**34m**と算出した。



① サプレッションチェンバー脚部の補強技術



補修方法

ひび割れに対する補修方法に関する検討を2016年度に計画

補強材

圧縮強度: 8.4N/mm²以上

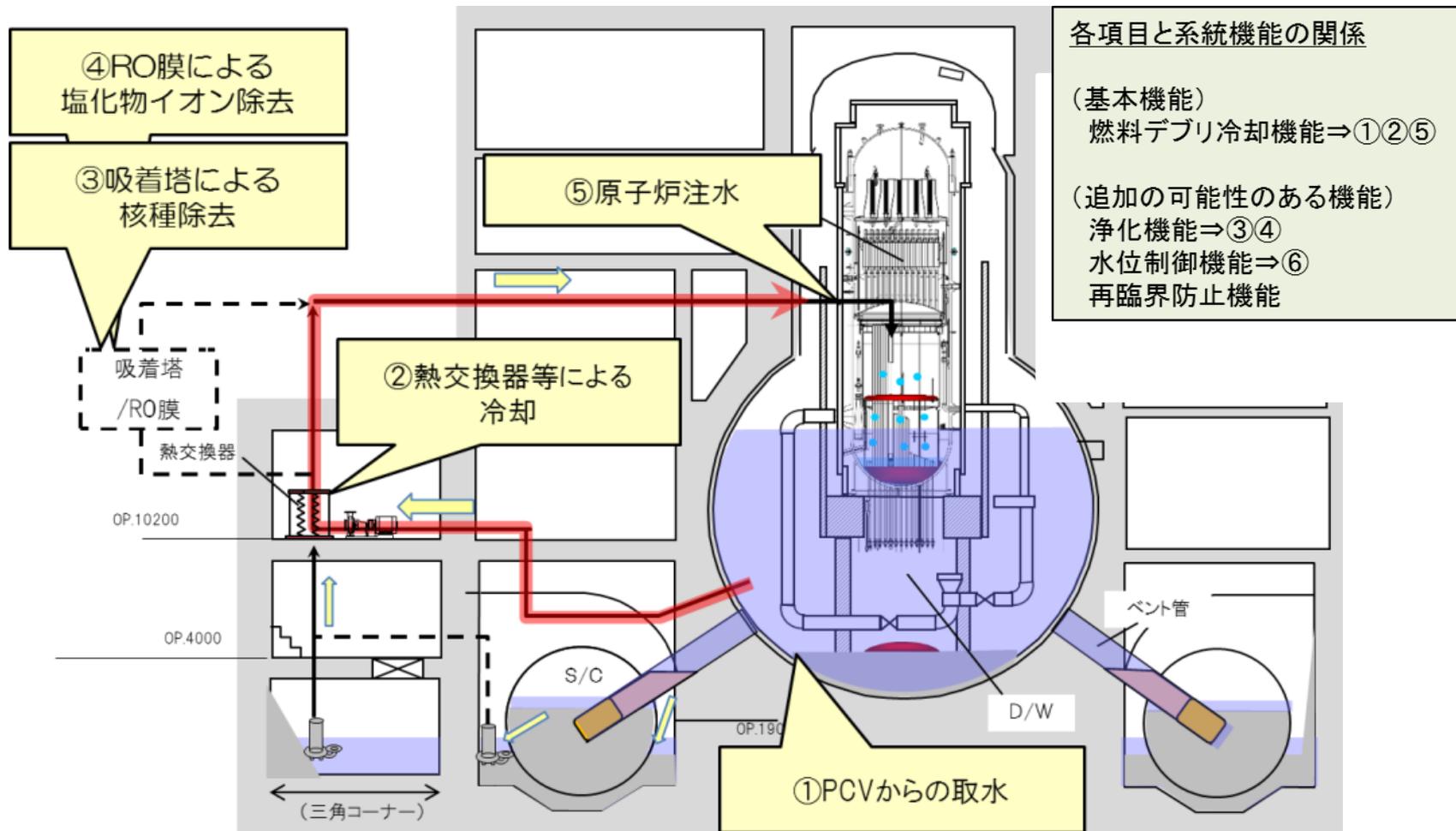
(圧縮強度の測定は継続中)

流動距離: 15m以上

耐放射性(放射線の硬化への影響)の耐震性(繰り返し荷重に対する健全性)に関する試験を2016年度に計画

②循環冷却システムの検討

・PCV循環冷却システムの系統機能を抽出

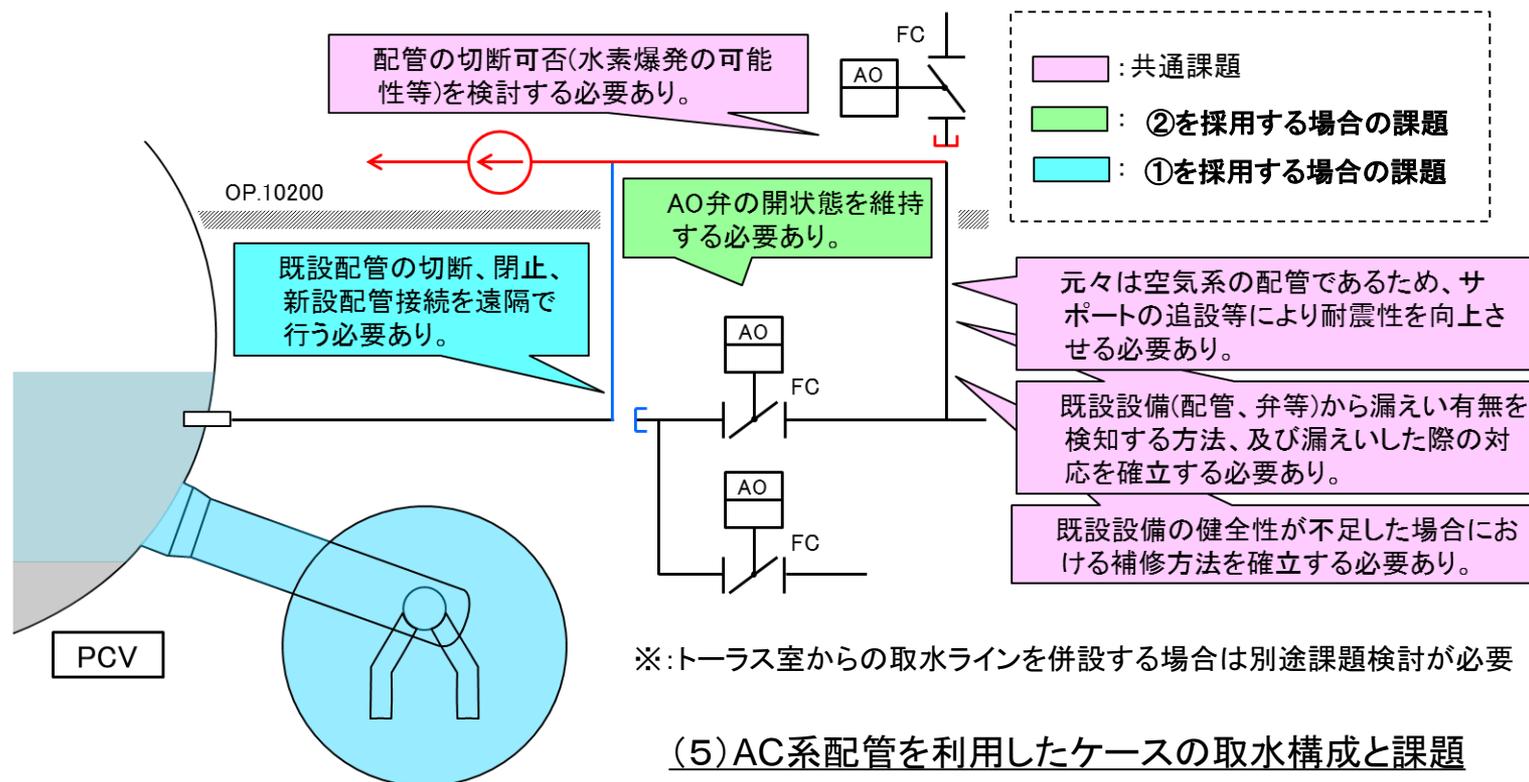


PCV循環冷却系統 概要図(PCV水位上昇時)

・PCV補修・止水によって形成されるバウンダリからの取水候補箇所として6か所を抽出

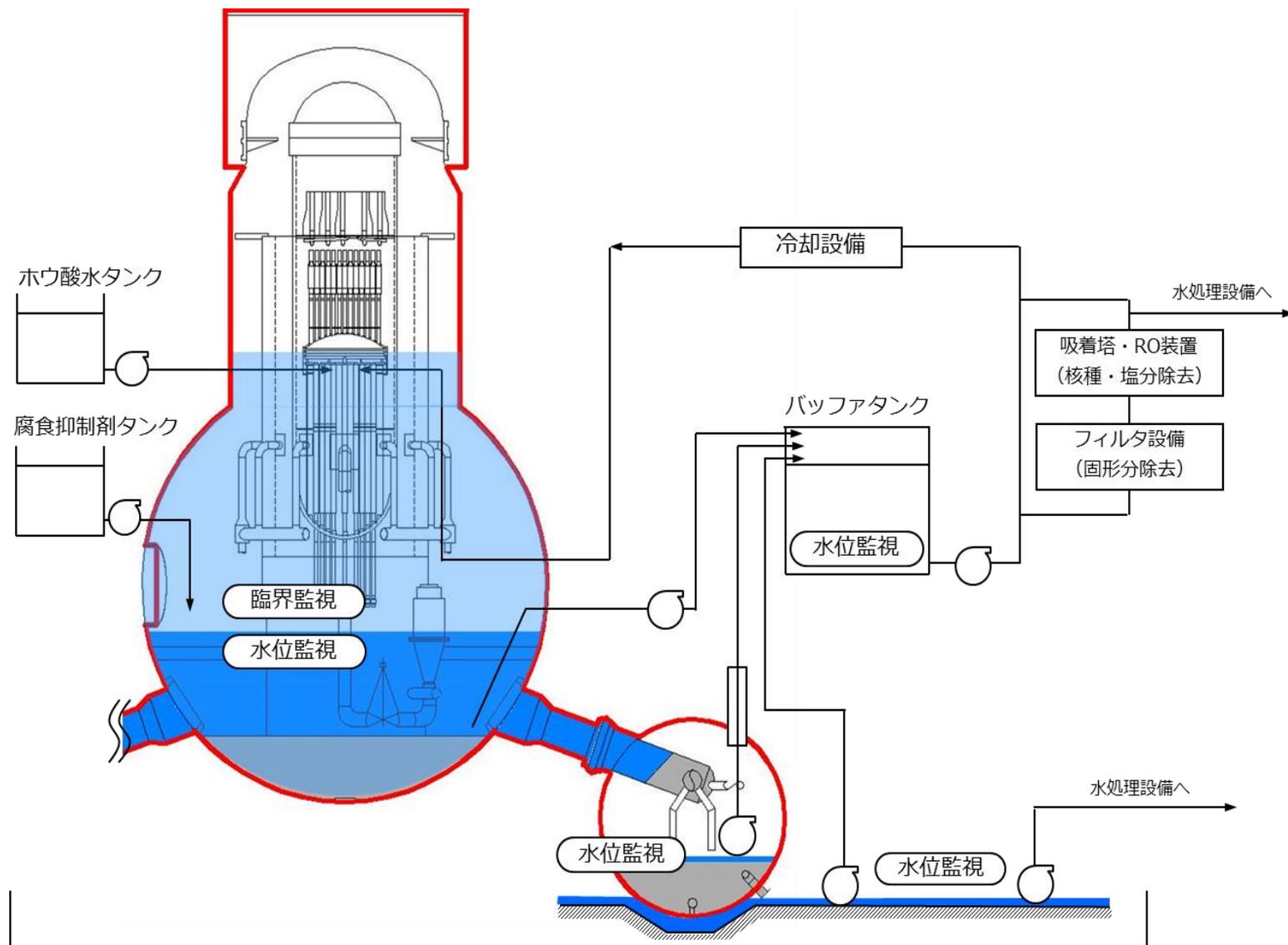
- (1) トーラス室からの取水
- (2) S/Cマンホールからの取水
- (3) 真空破壊ラインからの取水
- (4) ECCS配管からの取水
- (5) AC系配管からの取水
- (6) R/B 1階のPCV貫通口からの取水

概要: ①PCV隔離弁手前、または②R/B1階で既設配管を切断し、PCV循環ラインを追設する



②循環冷却システムの検討

- ・PCV循環冷却システムの系統基本機能を満足する構成を検討、系統概念図案を策定した。



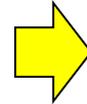
現状の整理

<ベント管内の状態>

- ①ベント管内には滞留水がある。(2号は流水、1・3号は満水)
- ②一部のベント管には配管・電線管(障害物)がある。

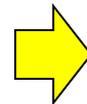
<止水方法>

- ③閉止補助材をベント管先端に展開し、仮閉止を行う。
- ④閉止補助材の上流に止水材を充填する。
- ⑤閉止補助材の展開・止水材の充填はベント管に開けた穴から行う。
- ⑥閉止補助材のできる隙間は極力小さくする必要がある。
- ⑦ベント管の水圧による膨張に追従する必要がある。
- ⑧ベント管内の水質で強度発現の必要あり。



止水材に求められる性能

- A 水中不分離性(①)
- B 圧縮強度(④)
- C 低発熱性(④)
- D 流動性(④、⑤)
- E 流動保持性(④、⑤)
- F 閉止補助材圧縮強度(④)
- G 閉止補助材展開性(①、②)
- H 閉止補助材隙間充填性(⑥)
- I 変形追従性(⑦)



施工側に求められる性能

- J モニタリング技術(⑤)

止水材

漏えい量12L/min(目標1L/min)

温度、材料のばらつきによる止水性能への影響大(材料変更の検討要:候補材耐放射線性ゴム)

加圧時のベント管の膨張に対する追従性がない(膨張による隙間の補修材による止水を検討要)

閉止補助材の隙間縮小が必要

閉止補助材

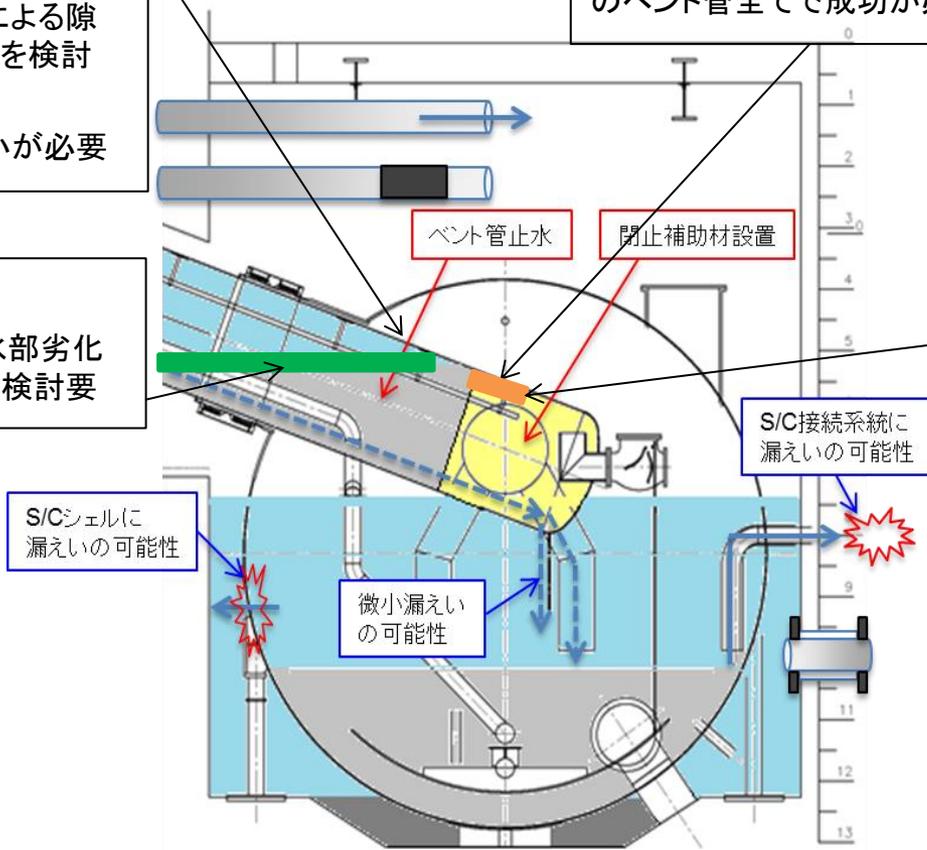
1/1スケール展開試験を行い、ベント管の仮閉止を実現

展開の再現性にばらつきあり(試験は人がセッティングしているが、遠隔装置での施工に課題。8本のベント管全てで成功が必要)



補修材

ベント管膨張追従・止水部劣化対策に用いる補修材の検討要



副閉止補助材

NOH2O:隙間縮小不可

重量骨材:隙間縮小可

耐放射線性ゴム:隙間縮小可

今後の課題

閉止補助材展開の再現性向上
ベント管膨張追従・止水部劣化対策に用いる補修材の要素試験の実施を2016年度に計画

③-2 S/C内充填による止水技術

現状の整理

<S/C室内の状態>

- ① S/C内には水が溜まっている。
- ② 水がS/C内から漏水しており、損傷φ50mm程度の穴がある。
- ③ S/C内の真空破壊弁がD/WからS/Cへの漏水経路となる。
- ④ S/C内のストレナから漏水の可能性がある。
- ⑤ クエンチャはD/W水位が上がった場合、S/Cへの漏水経路となる。
- ⑥ S/C内のクエンチャ、ダウンカメラから水が流水している。
- ⑦ 建屋内作業は被曝のおそれがある。

<S/C室内の止水方法>

- ⑧ S/C内には水が溜まり、水中不分離性コンクリートにより止水する。
- ⑨ 水中不分離性コンクリートの打込み回数は3回とし、コンクリート体積は5740m³である。
 - ・ 第一回目(0～2.38m, 1470m³): 損傷φ50mm止水, クエンチャおよびストレナ, 粗骨材最大寸法(Gmax)40mmのコンクリート。
 - ・ 第二回目(2.38～4.38m, 1950m³): ダウンカメラ止水Gmax=20mmのコンクリート。
 - ・ 第三回目(4.38～6.96m, 2319m³): 真空破壊弁止水Gmax=20mmのコンクリート。
- ⑩ 打込み配管は8配管で、流動距離は約10mであり、合流部の止水性(品質確保)が課題である。
- ⑪ コンクリートポンプは建屋外に設置し、コンクリートを約100m圧送する。配管径は6インチ(φ150mm)であり、トレミー管打込みである。
- ⑫ S/C内の水がホウ酸水である場合がある。

止水材料に求められる性能

- A: 水中不分離性(①, ②, ⑥, ⑧, ⑪)
 B: 長距離流動性(②, ③, ④, ⑤, ⑦, ⑪)
 C: 長期流動保持性(②, ③, ④, ⑤, ⑦, ⑪)
 D: 止水性1(損傷φ50mm止水, 詰まり)(②, ⑧)
 E: 止水性2(ダウンカメラ, コンクリートとダウンカメラの付着)(③, ⑥, ⑩)
 F: ひび割れ抵抗性(低発熱性)(⑧, ⑩)
 G: 圧縮強度(②, ⑧, ⑩)
 H: 圧送性能(⑧, ⑪)

施工側に求められる性能

止水試験では1Fサイトにおけるコンクリートの供給、搬送、施工性の確認などへの課題は不可能なので以下に示す要求性能に関する「施工システムの検討」を実施する。

- I: 大容量の供給, コンクリートプラントの供給能力および装置(⑨, ⑩, ⑪)
 J: 連続した打込みを可能とする設備(⑨, ⑩, ⑪)
 K: 打上り高さなどのモニタリングおよび打込みシステム(⑦, ⑨, ⑩, ⑪)

③-2 S/C内充填による止水技術

補修材
止水部劣化対策に用いる補修材検討要

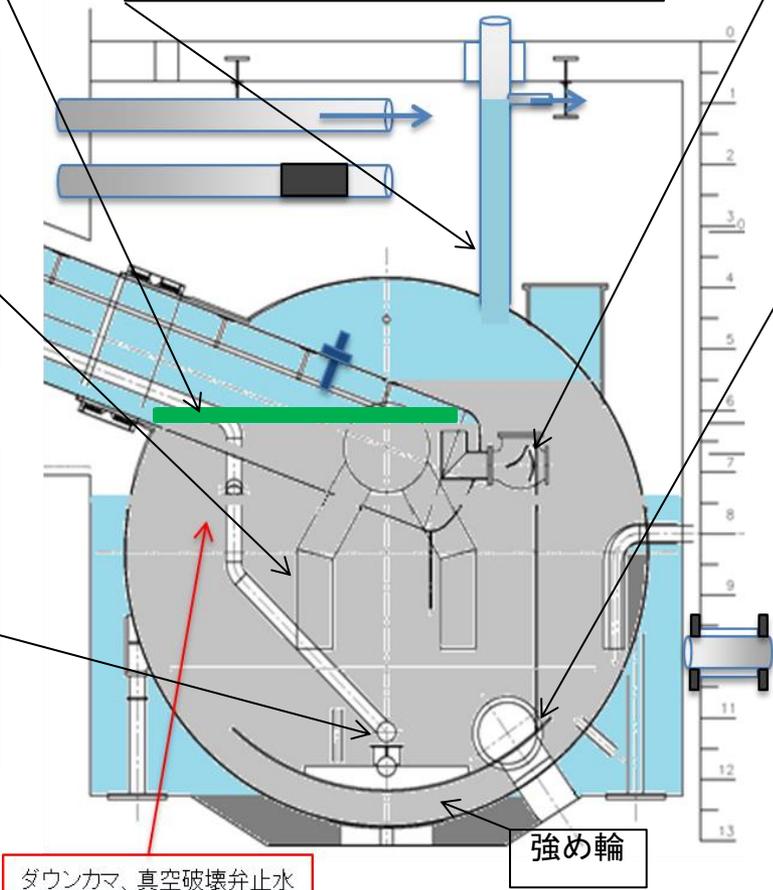
ガイドパイプ
S/Cへの接合(溶接)の要素試験完了
2号機S/C上部の健全性は未確認

真空破壊弁止水
流水あり条件での止水(ベント管止水のバックアップ)は不可
流水なし条件では良好に充填

ダウンカマ止水
漏えい量0.8mL/min(目標80mL/min)
強め輪乗り越え時に材料分離が発生
打設装置は概念検討段階

ストレーナ止水
漏えい量0mL/min(目標1L/min以下)
流水なし条件では良好に充填
打設装置は概念検討段階

クエンチャ止水
漏えい量0.4mL/min(目標1L/min)
強め輪乗り越え時に材料分離が発生
打設装置は概念検討段階



今後の課題
止水材打設装置の開発
材料分離に対する対策(止水材の改良)
止水部劣化対策に用いる補修材の検討

③-3 真空破壊ライン埋設による止水技術

・真空破壊ライン止水(止水プラグ)の目的

止水プラグによる真空破壊ライン止水の目的は、真空破壊ラインをベローズより上流側で止水することによりベローズを冠水保有範囲から切り離すことである。

・真空破壊ライン止水(止水プラグ)の目標

止水プラグの耐水圧性の目標は、ウェル満水にした場合に真空破壊ラインにかかる水頭圧が0.3MPaのため、その1.5倍の0.45MPとする。

表 止水工法への要求事項

No.	項目	条件	備考
1	施工環境	真空破壊ライン内は水中	
2	耐水圧性	0.45MPa	30m水頭圧(0.3MPa)の1.5倍
3	施工性	R/B1階床面の穴(φ700程度)から遠隔施工	
4	水位維持	真空破壊ラインに穴あけした場合にD/W内水位を維持	ガイドパイプを設置後プラグを施工

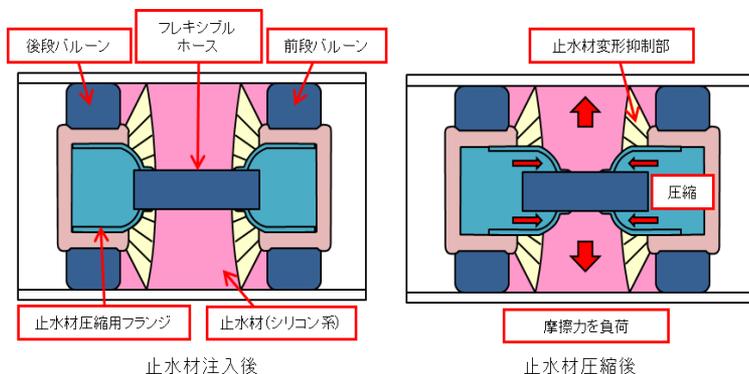


図 止水プラグの概要(機械的に摩擦力を負荷する方法)

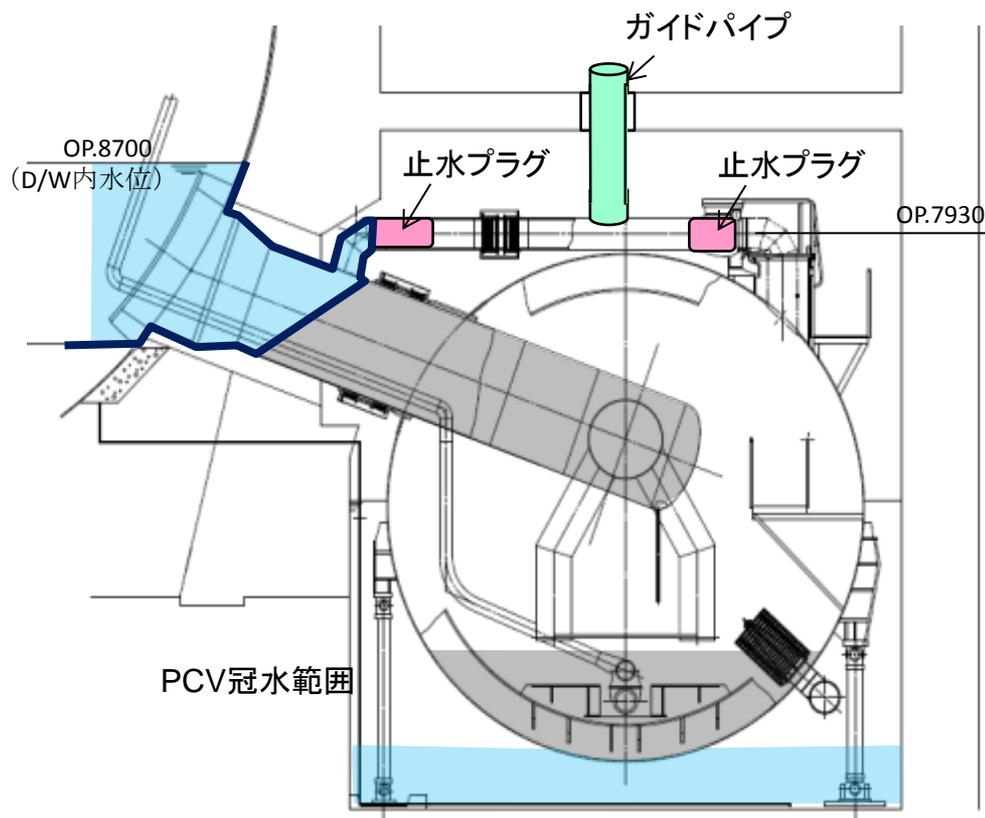


図 真空破壊ライン止水工法概要

フレキシブルガイドパイプの設置試験

フレキシブルガイドパイプの試作を行い、真空破壊ラインから1m離れた位置からガイドパイプの設置試験を実施した。

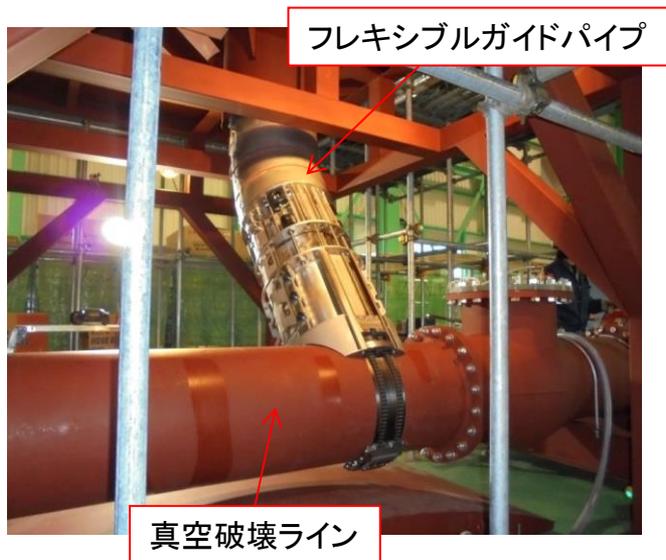


図 フレキシブルガイドパイプ設置試験状況

課題

- ・遠隔でのガイドパイプ設置、監視方法
- ・実機を考慮した設計

止水プラグの止水試験

真空破壊ラインの1/1スケール試験体を用いて、以下の項目について確認するための試験を実施した。

- (1) レジンが真空破壊ラインの上部まで隙間無く充填されていること
- (2) 0.45MPaの水圧を負荷し、漏えいが無いこと

試験結果

- ・レジンは上部まで隙間無く充填されていることを確認。
- ・耐水圧試験を行った結果、0.45MPaまでは漏えいはなかった。

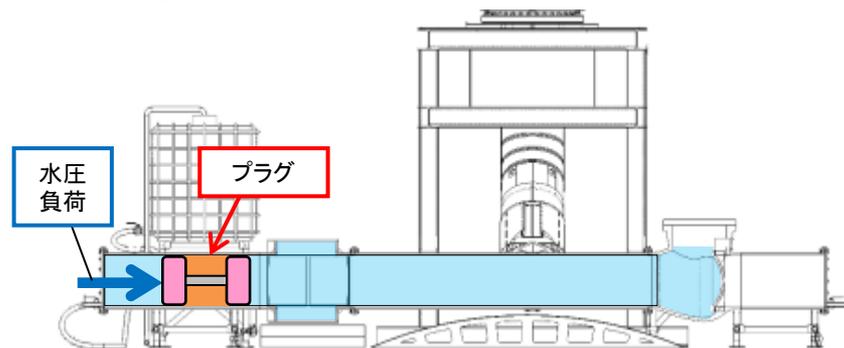


図 止水プラグ止水試験体系

課題

- ・止水プラグのインストール性の改善
- ・止水プラグの軽量化、簡略化
- ・止水プラグ設置後の補修方法
- ・モニタリング方法
- ・改良内容を反映した装置の設計

1. 目的

H25年度の成果に基づき、真空破壊ラインを仮止水するための布パッカーの改良を行い、仮止水性の向上を図る。
検討した仮止水方法による止水性を確認するため、仮止水に使用する布パッカー等の試作を行い、試験による止水性を確認する。

2. 止水手順

・Step1: 仮止水

0.8cm/秒の流水環境下において、真空破壊ライン内上流側、下流側に仮堰（布パッカー）を設置して仮止水を行う。

・Step2: 本止水

真空破壊ライン内に止水材を充填することにより、PCV冠水時水圧0.3MPa時においてベローズ損傷部の止水を実現させる。

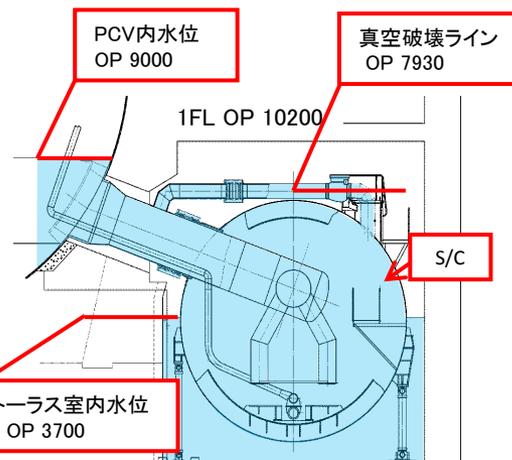
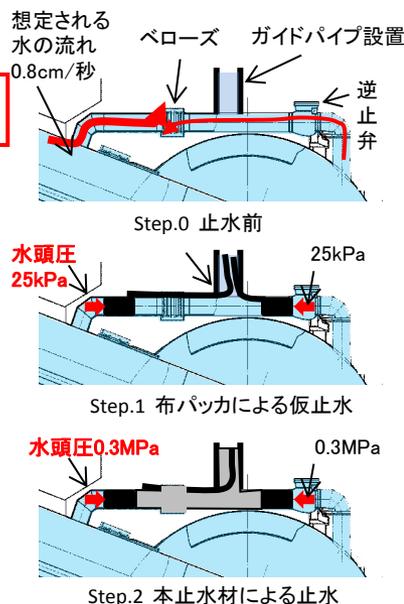


図 現状のトラス室断面

3. H25年度の成果と課題

項目	H25年度の成果	課題
仮止水	<ul style="list-style-type: none"> シール用充填材の選定 品質の安定性や被ばく低減等を考慮し、既存の水中不離性モルタルから、フレッシュ性状・強度性状を比較評価。 強度発現がよく流動保持性のよいPLMを選定 	【材料面】 <ul style="list-style-type: none"> 温度別（春秋期・夏期・冬期）の流動性・流動保持性の確認 発熱特性（断熱温度上昇、線膨張係数、熱伝導率、比熱）の確認
	<ul style="list-style-type: none"> パッカー寸法・パッカーと充填ホースの納まり状況の確認 	【施工面】 <ul style="list-style-type: none"> 布パッカーの改良（展開時に水圧ですべらない、または過度に充填しても破裂しない方法の検討）
本止水	<ul style="list-style-type: none"> 本止水材による止水効果の確認 	<ul style="list-style-type: none"> パッカーから漏水した状態でガイドパイプ直下に本止水材を充填 ⇒真空破壊ライン天端に空隙ができ、漏水

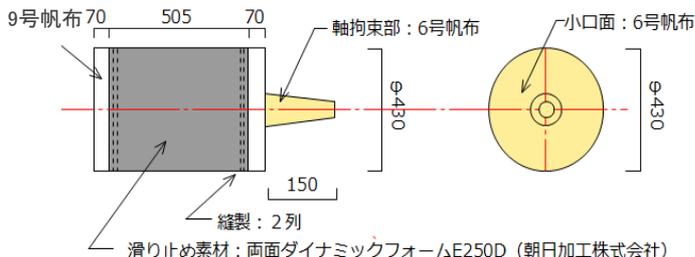
4. 試験項目

対象	試験名称	目的
仮止水	布パッカーの改良案の検討（机上検討）	2013年度の結果に基づく、布パッカーの仮止水性能向上方法の検討
布パッカーの改良試験	縮小モデルを用いた予備試験	布パッカーの最大充填圧の確認
	縮小モデルによる滑り抵抗性の確認試験（予備試験）	有効な滑り止め方法（仮止水方法）の策定
	実規模サイズの模擬真空破壊ラインに対する仮止水効果の確認（本試験）	予備試験の結果に基づく改良型布パッカーの仮止水効果の確認
本止水	充填性確認試験（アクリル管試験）	真空破壊装置天端に、水みちを作らない充填方法の策定
	加圧試験（鋼管試験）	充填性確認試験で策定した方法による止水効果の確認

5. 布パッカーの改良

滑り抵抗の分類		充填圧を上げ、支圧力を向上		滑り止めを設け、摩擦係数を向上					
滑り抵抗方法		複合布タイプ	軸方向変形拘束タイプ	リング状		メッシュ状	板状		
布パッカーの外観									
試験結果	展開時	状況	良好	良好	良好	滑り止めが拘束	滑り止めが拘束	良好	良好
	加圧時 (25kPa)	状況	不動	不動	不動	不動	不動	不動	不動
		漏水量 (cm ³ /分)	65	83	4	2,160	114	2	680
	滑り時 (kPa)		86.3	101.3	86.0	—	50.3	96.3	74.7
評価項目	折りたたみ性		○	○	○	○	×	○	○
	不具合の吸収性		○	○	○	×	×	○	×
	25kPaでの不動性		○	○	○	×	○	○	○
	25kPaでの漏水量		×	×	○	×	×	○	×
	滑り時の最大応力度/25kPa		○	○	○	—	○	○	○
評価結果		×	×	○	×	×	○	×	
		(単独の場合)	(単独の場合)	(複合布タイプ)	×	×	(複合布タイプ)	×	

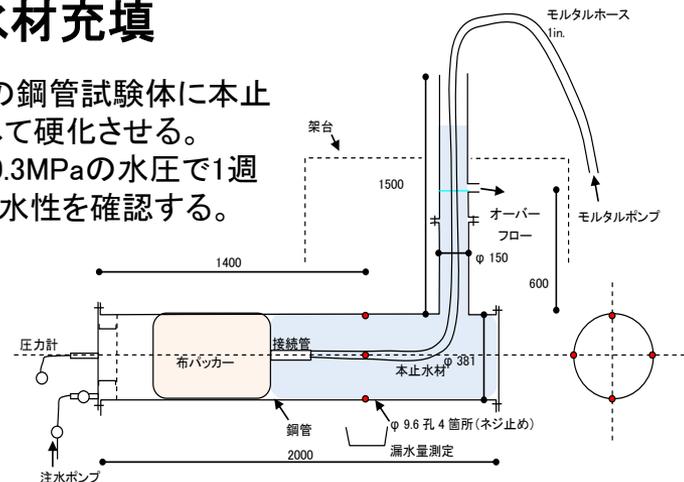
ウレタン系(板状) + 複合布タイプを選択



改良布パッカー(本試験用)

6. 本止水材充填

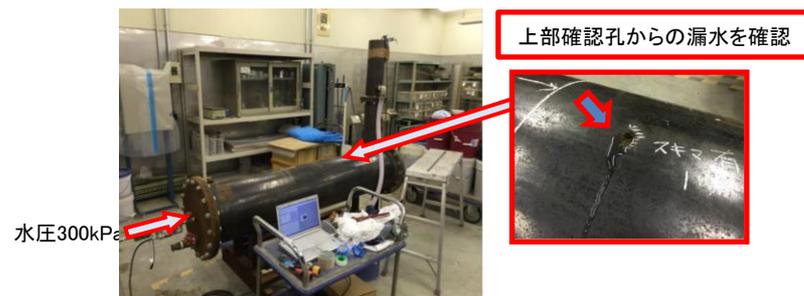
ほぼ実規模の鋼管試験体に本止水材を充填して硬化させる。
1週間後に、0.3MPaの水圧で1週間加圧し、止水性を確認する。



7. 加圧試験

- ・加圧直後、上部確認孔から55.3mL/minの漏水を確認
- ・1週間後、上部確認孔からの漏水量は6.5mL/minに減少
- ・漏水は確認されたが、2013年度の漏水量(330mL/min)の1/50~1/6に減少

更に検討を行い、1/1スケール試験における漏水量を削減させる。



加圧試験装置と加圧により漏水が認められた上部確認孔

④シール部の止水技術（機器ハッチ）

【目的】

機器ハッチは、止水の確実性、長期健全性の観点から溶接による止水を基本とする。溶接工法の適用性を検討し、装置の概念設計に反映する。

(i) 機器ハッチの予想状態

① ガasket状態

震災後の温度上昇により、ガスケット（シリコンゴム）はシール機能を喪失と想定。

② ボルト締付力

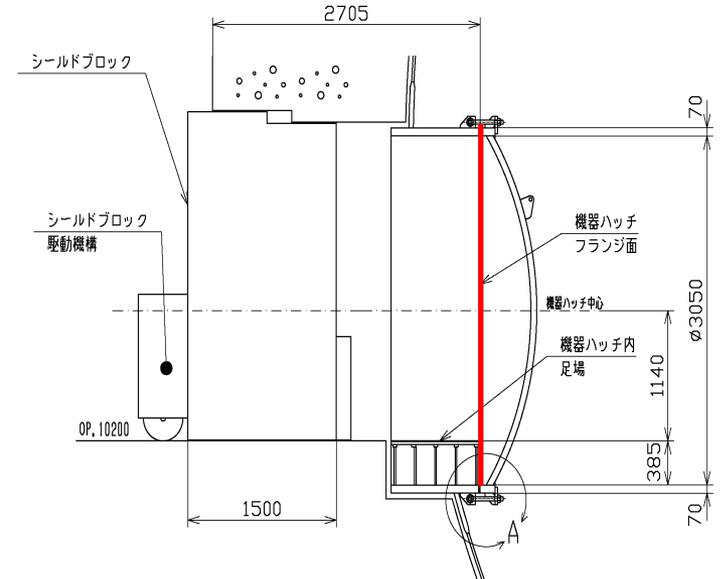
シール機能を喪失しているが、ボルト締付け力は維持されていると想定。

③ フランジ状態

ボルト締付け力が維持されていれば、フランジにギャップ段差はないと想定。また、塗装の剥離、錆の発生、溶融ガスケットの漏えい跡等を想定。

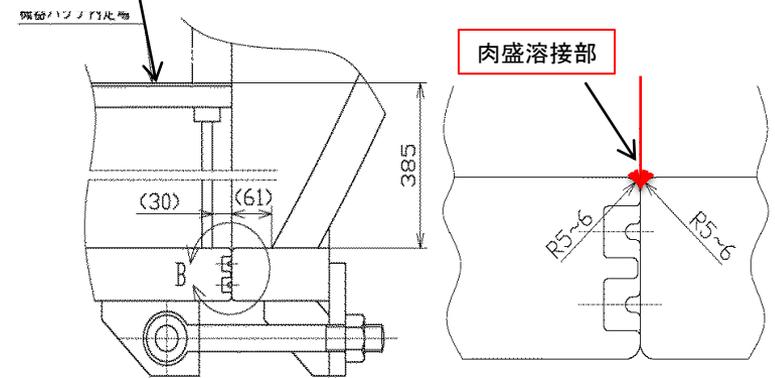
(ii) 止水方法

開先加工が困難であり、フランジ合わせ部を肉盛溶接する構造を主案とする。溶接が困難な場合を想定して耐放性と止水性に優れた止水材の適用も検討する。



機器ハッチフランジ寸法

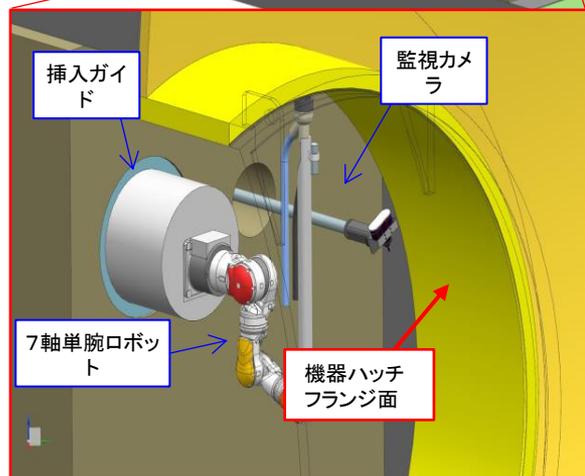
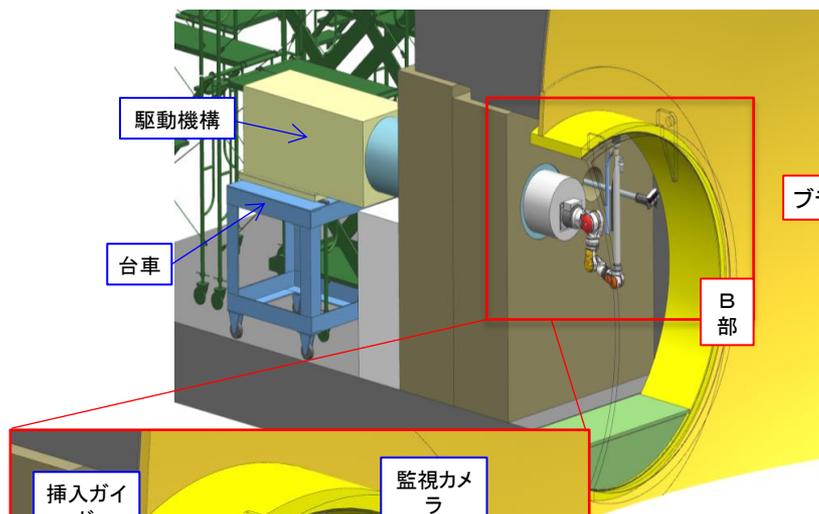
機器ハッチ内足場



A部詳細

フランジ溶接部

(iii)機器ハッチフランジ磨き(錆取り)、溶接装置概要



B部詳細

<磨き(錆取り)方法>

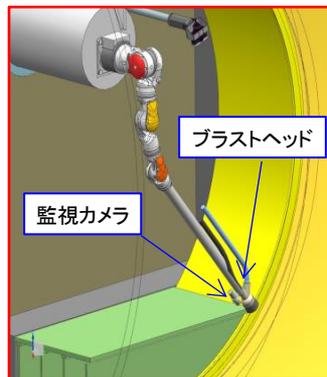
対象部の寸法条件、錆取り性能との兼ね合いからバキュームブラスト工法の適用を検討する。



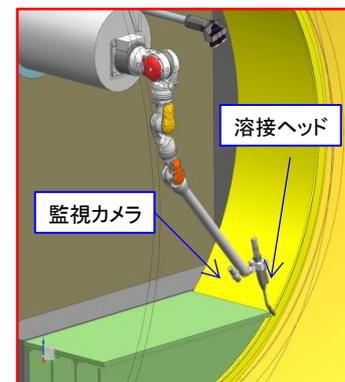
ブラスト作業状況



ブラスト後の表面状態



磨き(錆取り)装置概要



溶接装置概要

④シール部の止水技術 ⑤配管ベローズの止水技術

下図に電気ペネおよび配管ベローズの止水工法(案)を示す。

D/W外側開放部に設置されているペネシール部の止水において、線量低減が図れなかった場合の代替案として、遠隔での止水材による止水工法の成立性を検討することを目的とする。

施工方法としては、吹付け施工と充填施工で、比較、確認する。なお、止水材施工時は、干渉物の撤去が前提条件であり撤去方法の検討が別途必要である。

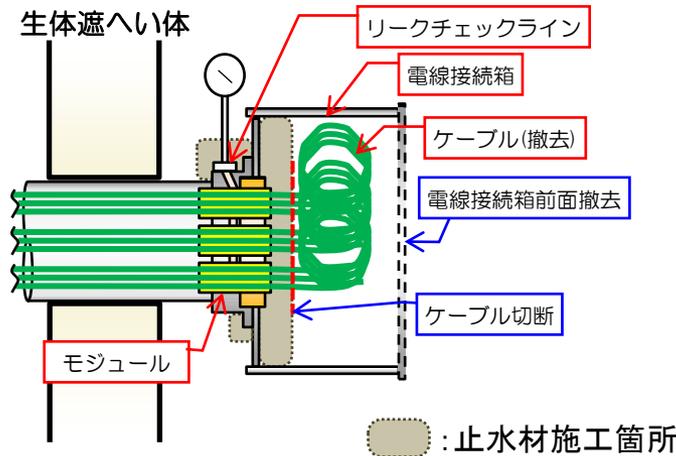


図 電気ペネ 止水工法(案)

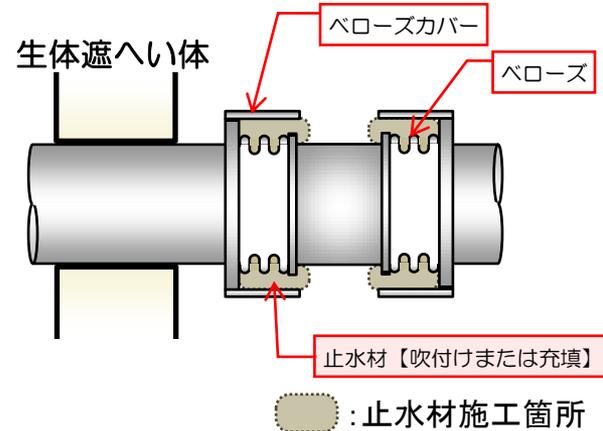


図 配管ベローズ 止水工法(案)

表 止水材への要求事項

No	項目	条件	備考
1	環境条件	①気温/水温:0~40° ②湿度:最大100%程度	
2	耐放射線性	5 × 10 ⁵ Gy程度	
3	施工環境	気中	
4	耐水圧性	0.45MPa	30m水頭圧(0.3MPa)の1.5倍
5	施工性	遠隔施工(吹付け)が可能なもの	

④シール部の止水技術 ⑤配管ベローズの止水技術

電気ペネを模擬した1/2スケール程度の試験体を使用し、止水試験を行った。
試験は、止水材(ウレタンゴム系)施工後に0.45MPa(30m水頭圧の1.5倍)の耐水圧試験を行った。

【漏洩模擬箇所】

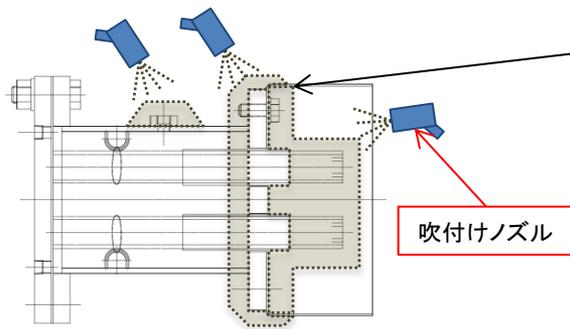
- ・リークチェックライン ネジ部
- ・モジュールおよびケーブル貫通部
- ・フランジおよびボルト部



充填施工状況

充填施工

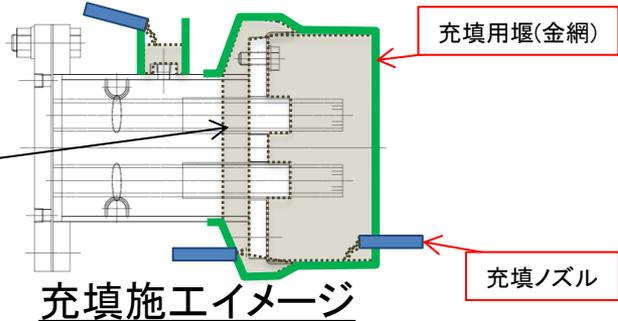
- ・止水材施工後の止水性は良好(0.45MPa保持可能)
- ・止水材内部に空気層が形成されずに密着するためシール性が高い。
- ・堰の構築が必要であり、遠隔による施工が課題となるため線量低減と平行して検討する必要がある。



吹付け施工

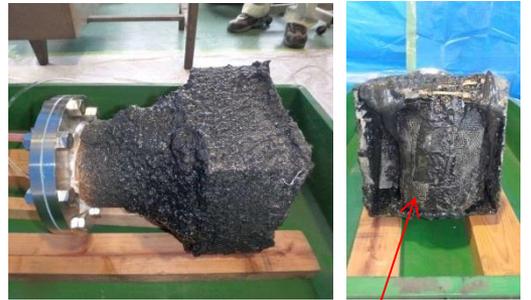
- ・耐水圧試験時に漏洩発生(0.05MPaで漏洩)
- ・施工部に、外観からは確認困難な微小な空気層が形成されることが原因と考えられる。

吹付け施工イメージ



充填施工イメージ

● : 止水材施工箇所



重ね塗り補強用金網

吹付け施工状況

④シール部の止水技術 ⑤配管ベローズの止水技術

配管ベローズを模擬した1/4スケール程度の試験体を使用し、止水試験を行った。
 試験は、止水材(ウレタンゴム系)施工後に0.45MPa(30m水頭圧の1.5倍)の耐水圧試験を行った。
 【漏洩模擬箇所】

- ・ベローズ部(漏洩模擬貫通孔)



充填用堰

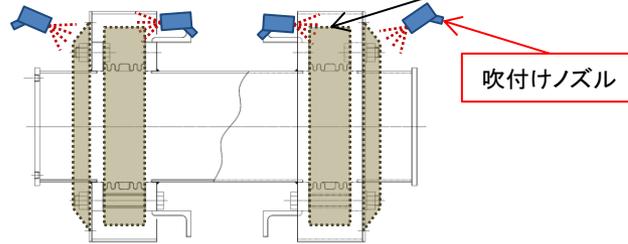


施工状況確認のため堰を解体

充填施工状況

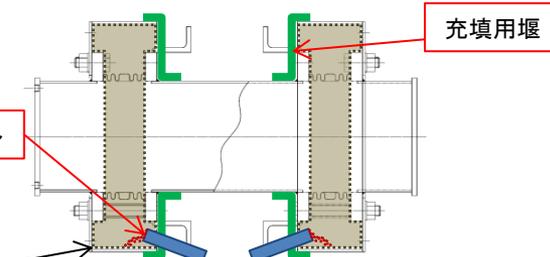
充填施工

- ・ 止水材施工後の止水性は良好(0.45MPa保持可能)
- ・ 止水材内部に空気層が形成されずに密着するためシール性が高い。
- ・ 堰の構築が必要であり、遠隔による施工が課題となるため線量低減と平行して検討する必要がある。



吹付けノズル

吹付け施工イメージ



充填用堰

充填ノズル

充填施工イメージ

● : 止水材施工箇所

吹付け施工

- ・ 耐水圧試験時に漏洩発生(0.05MPaで漏洩)
- ・ 施工部に、外観からは確認困難な微小な空気層が形成されることが原因と考えられる。



吹付け施工状況

④シール部の止水技術 ⑤配管ベローズの止水技術 (小部屋埋設)

1. 目的

上部D/W外側小部屋の配管、ベローズ、電気ペネ周囲に止水材を充填することにより、損傷部、脆弱部の止水を実現する。

2. H25年度の成果と課題

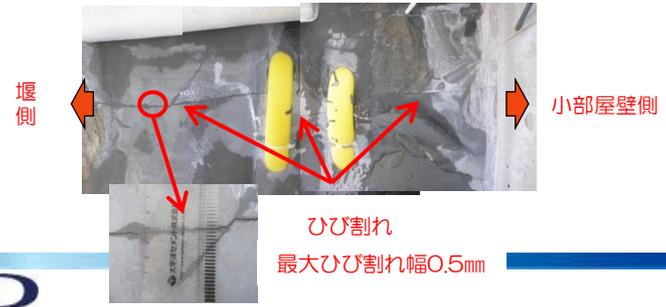
部 位	H25年度の成果	課 題
止水材	<ul style="list-style-type: none"> ・超流動・低発熱止水材を開発した。 ・配管周囲を密実に充填できた。 ・止水材に貫通ひび割れが発生し、水圧を保持できなかった。 ⇒ひび割れ原因の特定が必要 	【運用面】 ・アルミニウムから発生する水素の影響確認 【施工面】 ・小開口部からの流出防止策 【性能面】 ・ひび割れ原因の特定 ・止水材単体および止水材界面の透水性能
堰	<ul style="list-style-type: none"> ・吹付けモルタルによる構築方法を開発した。 	【材料面】 ・急結剤の環境温度の影響把握

堰と止水材の構築



堰(配管下部)の構築 堰-躯体間への止水材の充填

止水材の天端に発生したひび割れ



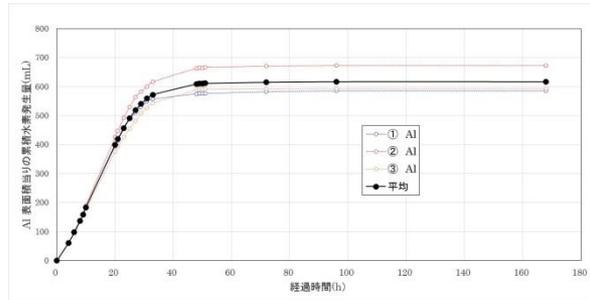
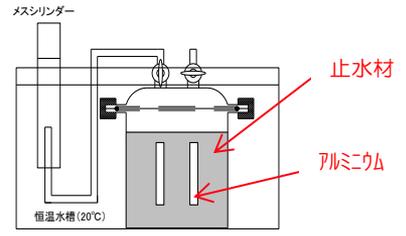
3. 試験計画

検証項目	試験内容
水素の発生速度の確認	➢ アルミニウムの止水材接触直後からの水素発生量の経時変化を測定する。
壁・壁開口からの止水材の流出防止方法の確認	➢ 実機を想定し、壁開口/床開口からの止水材流出防止方法を検討する。
止水材に発生する気泡による沈下ひび割れの可能性の確認	➢ 静置した止水材の空気量の経時変化を確認する。 ➢ 高さ1mで打ち込んだ止水材の高さ方向の空気量の分布を確認する。
長期間にわたる止水性能の確認	➢ 止水材単体にオペフロ冠時の水圧を長期間かけ、浸透深さから透水時間を算定する。
界面からの漏水確認	➢ 鋼板を貫通させた止水材の小口面に水圧をかけ、止水材と鋼板の界面からの漏水量を評価する。
春秋期・夏期・冬期における急結剤添加率の確認	➢ 環境温度10、20、30℃における急結剤添加率とモルタルの凝結時間の関係を確認する。

4. 水素発生量の確認試験

- (1)目的
 - ・止水材の打込みにより、配管被覆材(アルミ)等から発生する水素量の確認を目的とする。
- (2)試験結果

材 料	単 位	水素発生量
アルミニウム	L/m ²	177.48
亜鉛めっき鋼板	L/m ²	0.80
鉛	L/m ²	0.17
止水材	L/m ³	7.03



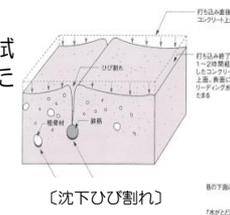
※水素の爆発下限(4vol%)を超える可能性があるため、反応が完了するまで、換気を実施する必要がある。

アルミニウムからの水素発生量(累積値)

④シール部の止水技術
⑤配管ベローズの止水技術
(小部屋埋設)

6. 沈下ひび割れの可能性の確認

No.34

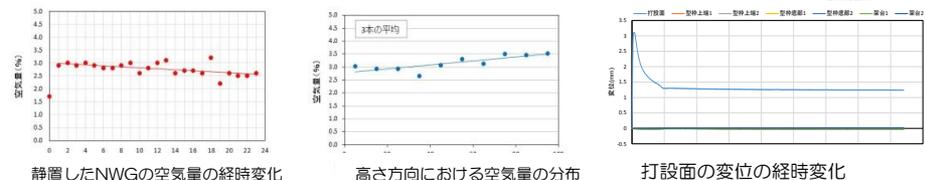


(1) 目的

2013年度に実施した実物大試験（堰の構築および止水性確認試験）に発生したひび割れが沈下ひび割れでないことを確認するため、次の2つの試験を実施し、確認する。

- ①時間経過にともない空気量の減少傾向が見られない。
- ②打設高さが高くなっても、空気量の増加がみられない。

(2) 試験結果



・空気量は、時間の経過にともない減少(脱泡)した。
・空気量は上方で多かったことから、上方に移動していると推察された。
・打設面頂部の変位はプラスであり下がっていないことから、沈下していないといえる。

5. 壁・床開口からの止水材流出防止の検討

(1)床開口(ドレンファンネル)からの流出防止策(案)

早期に固形化する材料を流し込み、床ファンネルのUシールを閉塞させる。

<ステップ1>



<ステップ2>



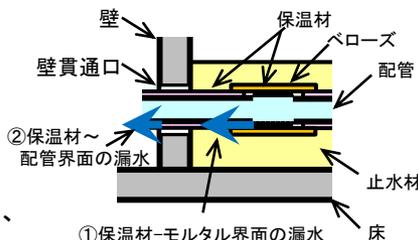
<ステップN>



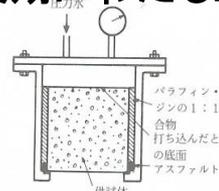
(2)壁貫通口からの流出防止策(案)

a) 壁貫通口の特徴

- ・開口を通じて、隣室に通じている。
⇒開口から止水材などが流れ込む。
- ・開口が壁に設けられている。
⇒止水材流出防止のための材料が壁面に留まりにくい。
- ・開口に保温材付き配管が貫通する場合、保温材内部や保温材の界面を通して、漏水が隣室に流れ込む可能性がある。



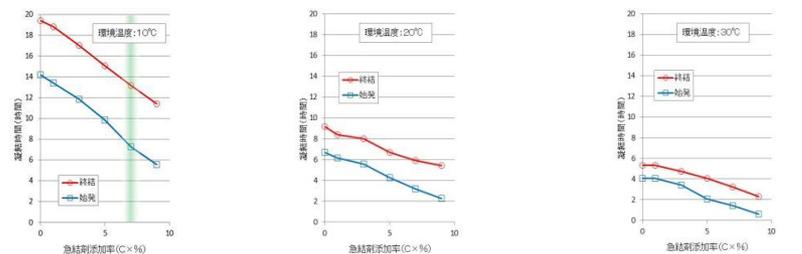
7. 長期にわたる止水性能の確認



透水試験後に割裂したNWG透水試験体

8. 急結剤添加率と凝結時間の関係

堰に添加する急結剤の効果は添加率と温度に依存することが分かっており、これらをパラメーターとして関係を把握するための試験を実施し、環境温度が高いほど、添加率が大きいほど、凝結時間が短いことを確認した。



(a) 環境温度: 10°C

(b) 環境温度: 20°C

(c) 環境温度: 30°C

凝結時間と急結剤添加率の関係

b) 止水材流出防止策の方針

- ・(方策1) 壁面に付着しやすい材料で、開口を閉止する。
- ・(方策2) チクソ性のあるダレにくい材料※で、開口を埋める。

※マヨネーズ状の形状を保持しやすい材料・(共通)保温材は、界面および内部が水みちになる可能性があるため、貫通孔内部にある保温材は切除する。

現状の整理

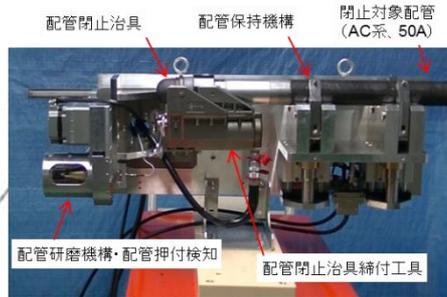
- ①対象箇所は高放射線環境である。
- ②各種形状、口径の配管内に密実に充てんされる必要がある。
- ③屋外で止水材を製造し、配管内に移送する必要があるため、止水材注入 完了までの時間の間、圧送性が確保できるものとする。
- ④大口徑配管の場合には、止水材がある程度の空間に打設されるため、止水材自体の水和発熱による硬化中の温度上昇が考えられることから、温度上昇の影響を低減させるものとする。



止水材料に求められる性能

- ・耐放射線性(①)
- ・流動性及び平坦性(②)
- ・無収縮性(②)
- ・流動保持性(③)
- ・長距離圧送性(③)
- ・低発熱性(④)

⑥PCV接続配管のバウンダリ構築技術

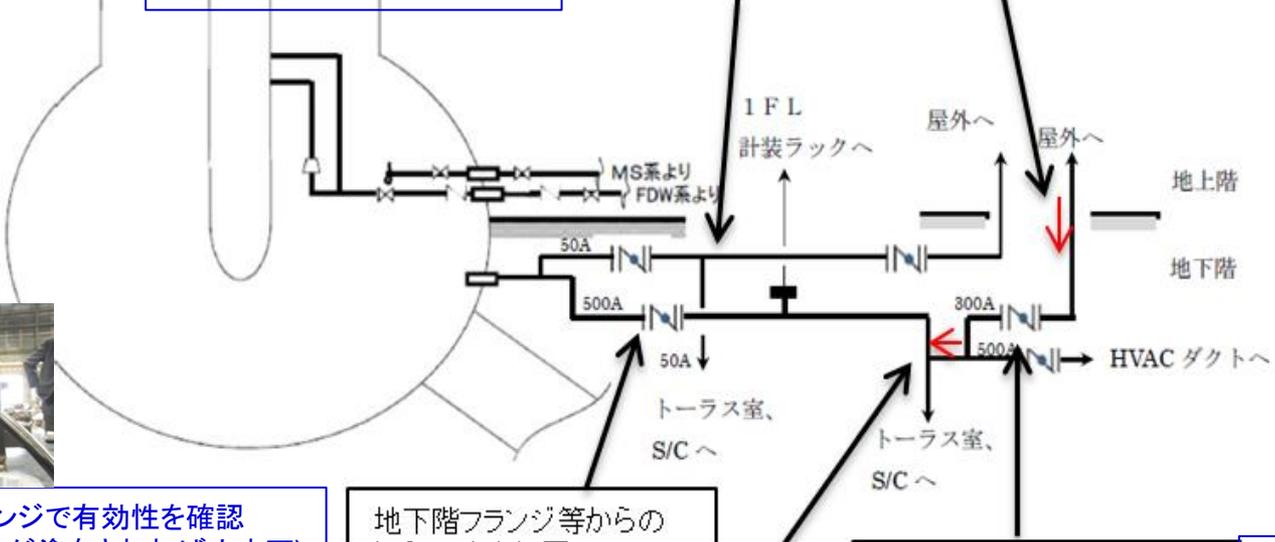


1階面から配管内移動装置で止水材注入管等を充てん部まで移送する

装置(伸縮式・押込式)の要素試験完了

ロックリングを設置する治具の試作機で検証試験完了
漏えいなし(0.35MPa)

地下階で小口径配管を切断し、閉止治具設置



小径フランジで有効性を確認
(所定厚さが塗布されれば止水可)
他の口径への適用性を検討中

地下階フランジ等からの漏えい防止処置

0.01L/minの漏えい(0.33MPa)

地下階配管内に止水材を充てんする。

配管内移動装置が通過できる様に弁の強制開閉操作

弁開治具
50A:成功
300A: 検討中
遠隔化が課題

⑦ トーラス室壁面配管貫通部等の止水技術

下図にトーラス室壁面貫通部の止水工法(案)を示す。

トーラス室壁面貫通部の補修技術として、R/B側より比較的アクセスが容易なT/B, Rw/B側からアクセスし、配管貫通部を止水する工法の成立性を検討することを目的とする。なお、止水材施工時は、干渉物の撤去が前提条件であり撤去方法の検討が必要である。

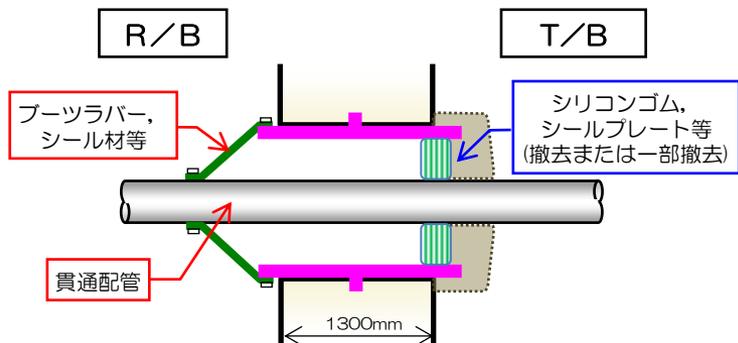


図 一重スリーブ貫通部 止水工法(案)
(1号機R/B~T/B間)

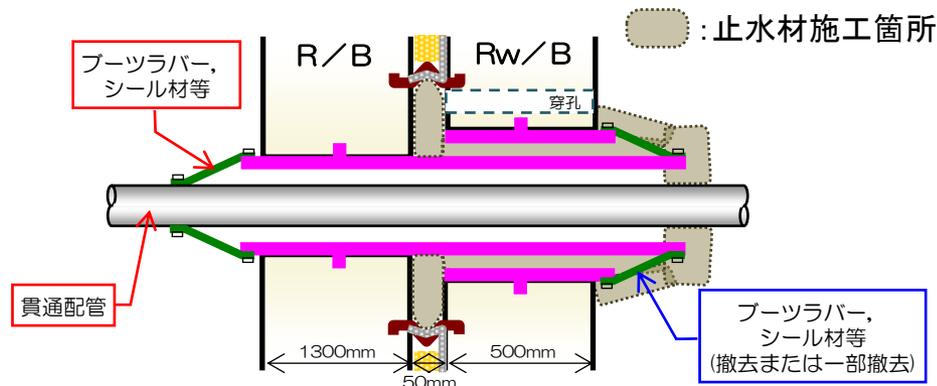


図 二重スリーブ貫通部 止水工法(案)
(1~3号機: R/B~Rw/B間, 2/3号機: R/B~T/B間)

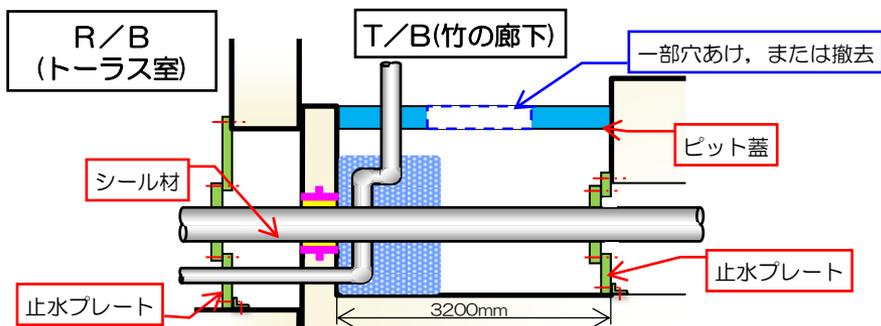


図 ピット内配管貫通部 止水工法(案)

表 止水材への要求事項

No	項目	条件	備考
1	環境条件	①気温/水温: 0~40° ②湿度: 最大100%程度	
2	耐放射線性	5 × 10 ⁵ Gy程度	
3	施工環境	気中	トーラス室ドライアップ後
4	耐水圧性	0.15MPa	10m水頭圧(0.1MPa)の1.5倍
5	施工性	遠隔施工(吹付け)が可能なもの	

二重スリーブ貫通部を模擬した1/4スケールの試験体を使用して、止水試験を行った。
試験は、止水材(ゴム系材料)施工後に0.15MPa(10m水頭圧の1.5倍)の耐水圧試験を行った。

【漏洩模擬箇所】

- ・貫通部壁面(漏洩模擬貫通孔)

● : 止水材施工箇所

充填用堰(スポンジ等)

充填用堰(金網)

充填用堰(ゴム栓)

充填用堰(金網)

充填用堰(スポンジ)

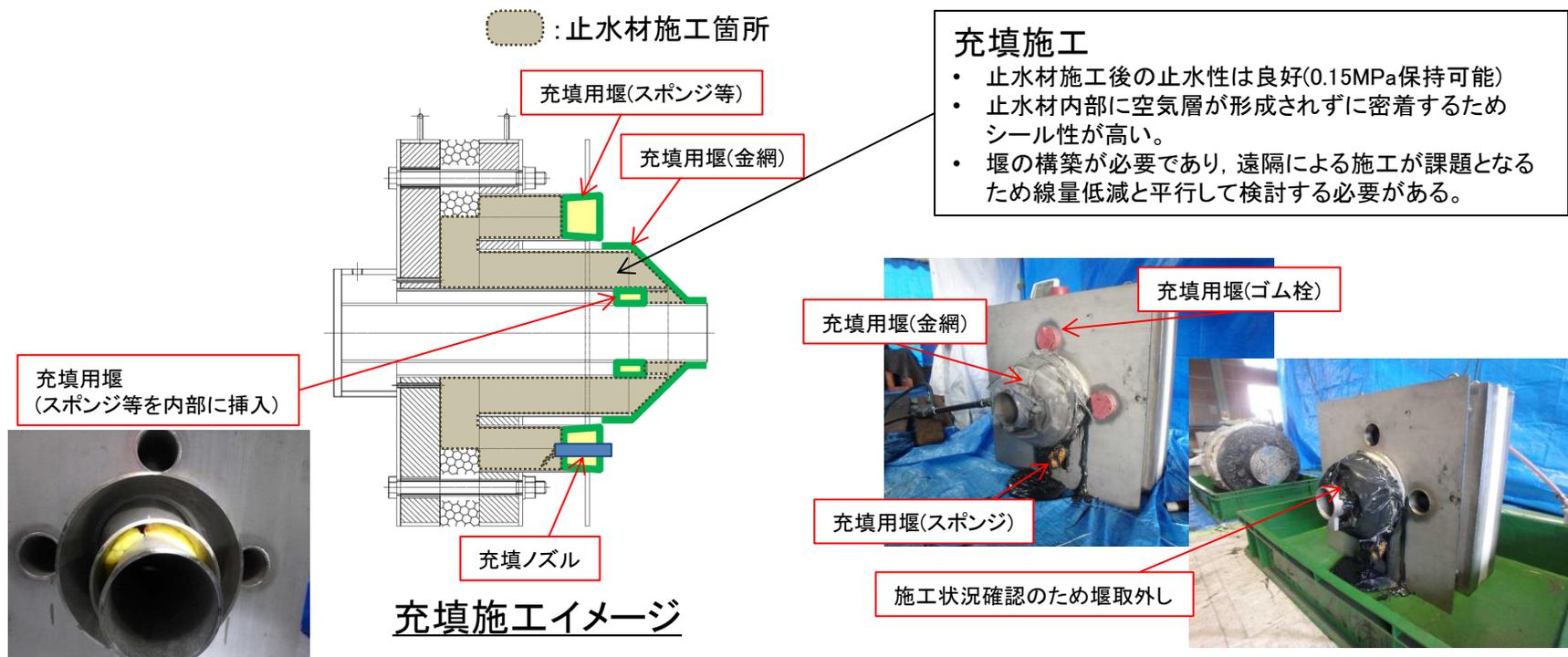
充填ノズル

充填用堰(スポンジ等を内部に挿入)

施工状況確認のため堰取外し

充填施工

- ・ 止水材施工後の止水性は良好(0.15MPa保持可能)
- ・ 止水材内部に空気層が形成されずに密着するためシール性が高い。
- ・ 堰の構築が必要であり、遠隔による施工が課題となるため線量低減と平行して検討する必要がある。



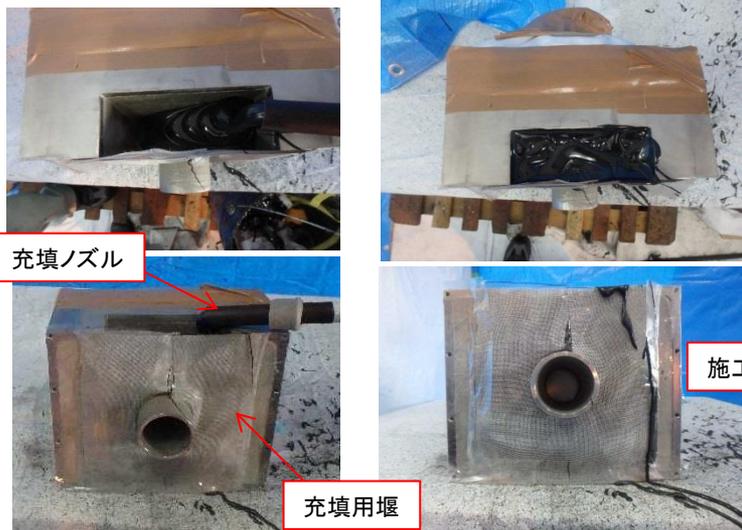
充填施工イメージ

建屋間貫通部 試験体施工状況

ピット内配管を模擬した1/4スケール程度の試験体を使用して、止水試験を行った。
試験は、止水材(ゴム系材料)施工後に0.15MPa(10m水頭圧の1.5倍)の耐水圧試験を行った。

【漏洩模擬箇所】

- ・貫通部壁面(漏洩模擬貫通孔)



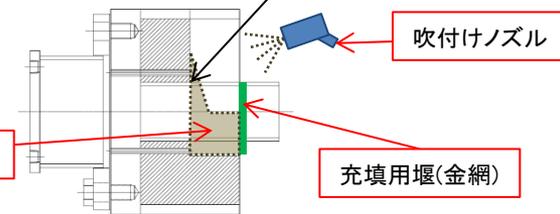
(施工状況)

(施工後)

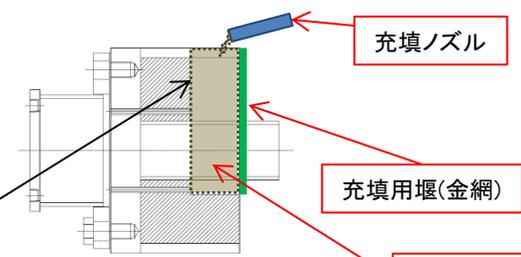
充填施工状況

充填施工

- ・止水材施工後の止水性は良好(0.15MPa保持可能)
- ・止水材内部に空気層が形成されずに密着するためシール性が高い。
- ・堰の構築が必要であり、遠隔による施工が課題となるため線量低減と平行して検討する必要がある。



吹付け施工イメージ



充填施工イメージ

吹付け施工

- ・止水材施工後の止水性は良好(0.15MPa保持可能)
- ・堰を設けているため、止水材内部に空気層が形成されずに、充填施工と同等の結果が得られたものとする。
- ・充填施工同様に堰の構築が必要であり、遠隔による施工が課題となるため線量低減と平行して検討する必要がある。



吹付け施工状況

【目的】

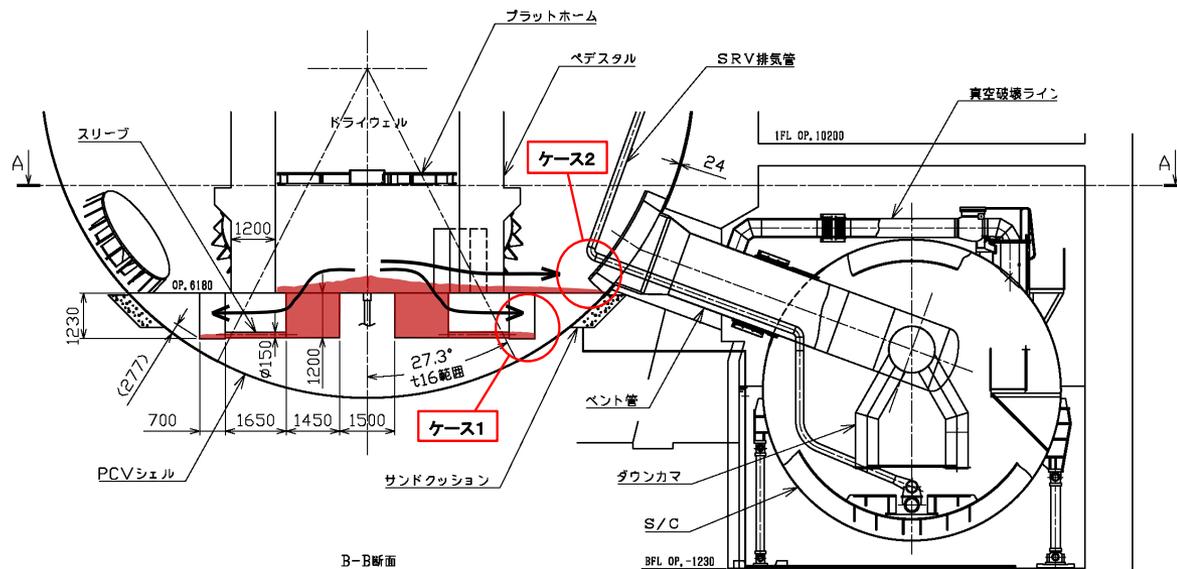
サンドクッションドレンラインから漏えいが確認されたことから、デブリアタック等によりサンドクッション付近のシェルが損傷している可能性が高い。そのためD/Wシェルの損傷箇所の止水工法を検討する必要がある。損傷状態は下記の2ケースを想定。

(i) 損傷状態の想定(ケース1)

燃料デブリが、ドレンサンプピットからドレンポンプピット側への拡散。

(ii) 損傷状態の想定(ケース2)

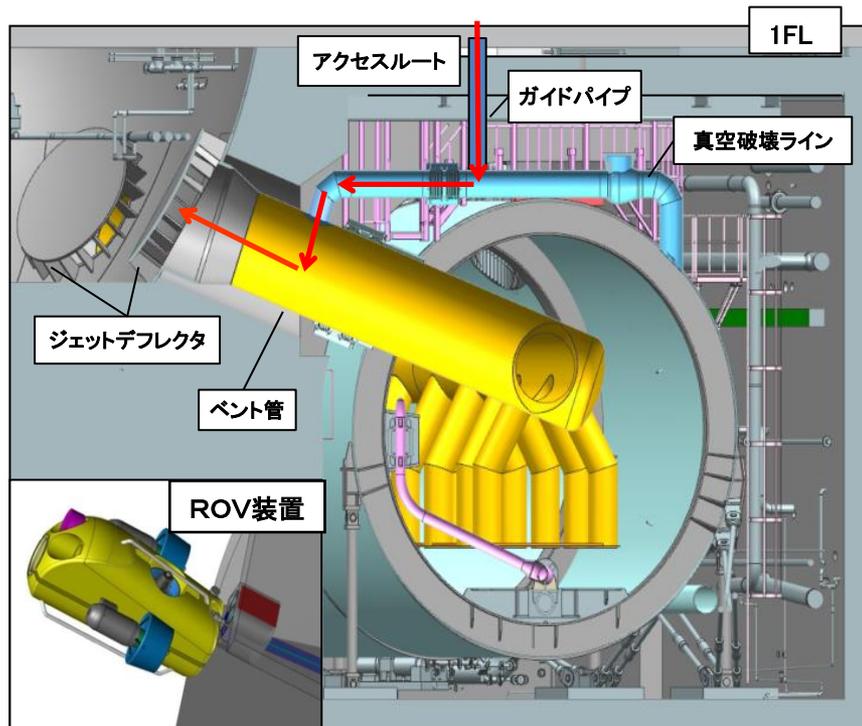
燃料デブリが、人員用開口部からペDESTAL外面側への拡散。



⑧D/Wシェルの補修技術

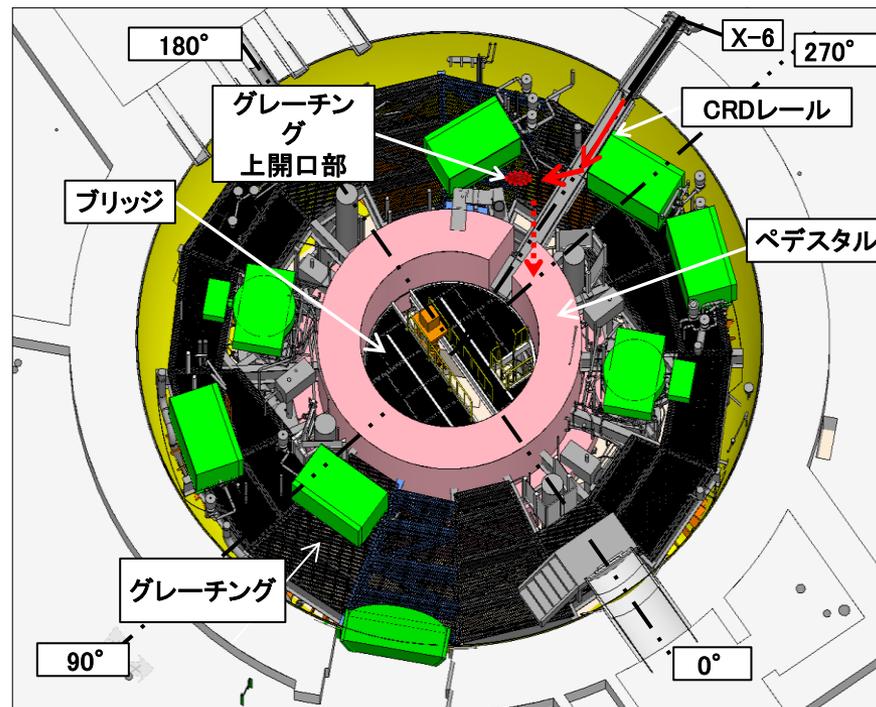
真空破壊ライン止水のためのガイドパイプ、またはその他の有効なルート(ex.CRDハッチ(X-6))から遠隔装置を投入し、止水材を塗布して損傷箇所の止水を行う。

(i)真空破壊ライン(X-5E)から投入
⇒ベント管、ジェットデフレクターを経由



真空破壊ライン(X-5E)からのアクセス

(ii)CRDハッチ(X-6ペネ)から投入
⇒CRDレール、D/W1階グレーチング開口部を経由



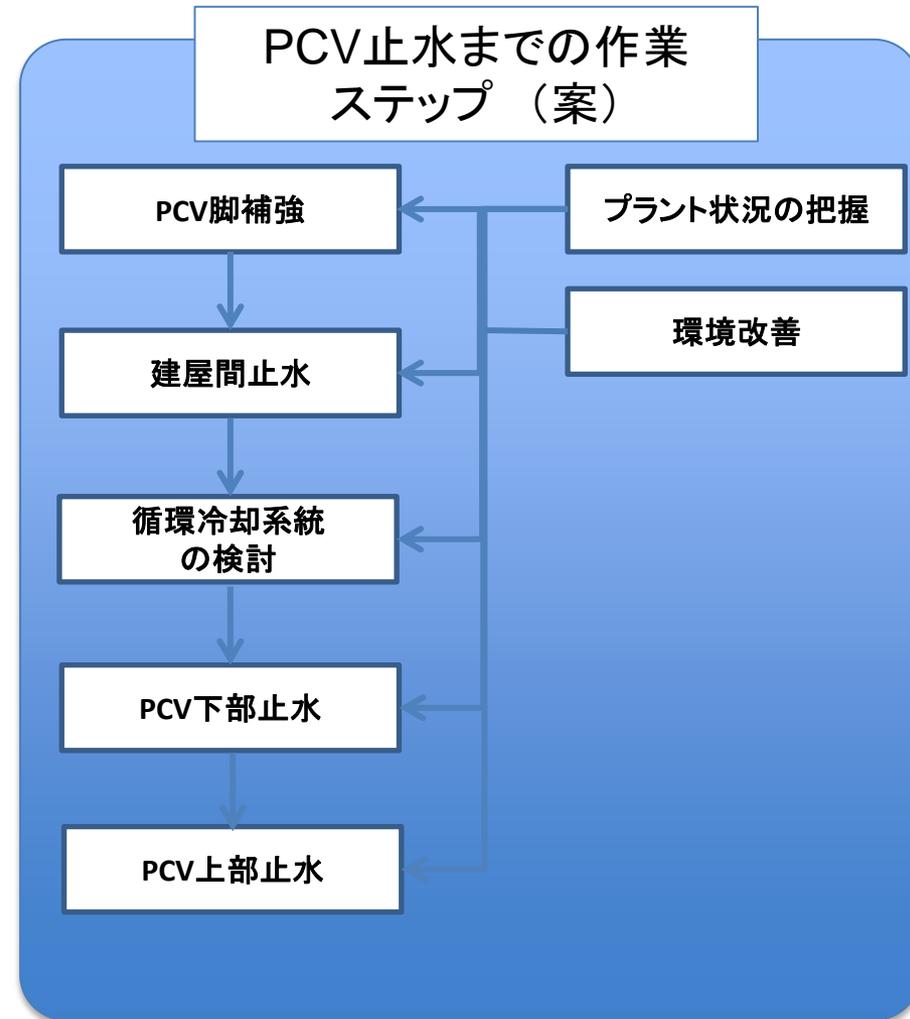
CRDハッチ(X-6)からのアクセス

<課題>

・止水材の供給、充填方法

(2)PCV水張りまでの計画の策定:別添5(2)

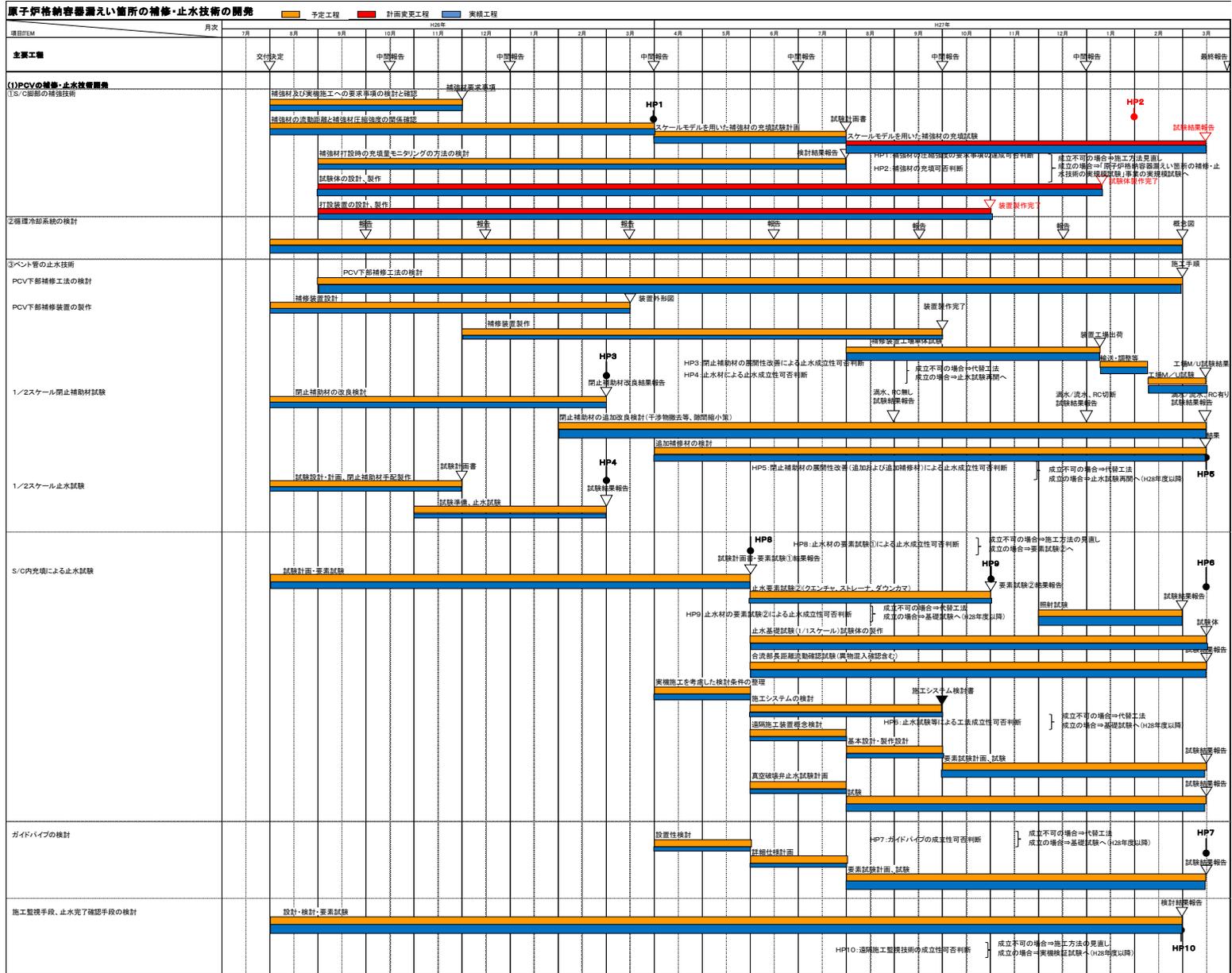
- ・冠水時のシステム構成を検討
- ・水張りまでの計画に必要なプロセスを抽出
- ・関連したプロセスをつなげ、また、各プロセスの順序を号機ごとに明確化
- ・1号機、2号機、3号機について、PCV止水の手順(案)を策定



6. 進捗状況

実施工程と実績
達成状況と見通し

6. 進捗状況(実施工程と実績1/2)



6. 進捗状況(達成状況と見通し1 / 3)

PCV下部補修の達成状況と見通し(1/2)

工法	目的	達成度合[2016/2/E時点]	残された課題	2017年6月「工法方針決定」時点での見通し
【下部①】 S/C脚部補強	耐震評価により応力が許容値を上回る事が判明したS/C脚部を補強する。	<ul style="list-style-type: none"> 補強材圧縮強度8.4MPa以上 長距離流動性20m (長距離流動性: 15m以上) 	<ul style="list-style-type: none"> 長期健全性(耐放性) 耐震性(繰り返し荷重に対する補強材の健全性) 補修方法(ひび割れの発生有無とその影響) 	<ul style="list-style-type: none"> 放射線の硬化への影響確認試験完了 繰り返し荷重に対する健全性確認の基礎試験一部完了 ひび割れの補修方法検討完了
【下部②】 ベント管止水	S/Cを冠水保有範囲から切り離すため、ベント管で止水する。	漏えい量12L/min (1L/min以下@0.4MPa)	<ul style="list-style-type: none"> 閉止補助材(インフレーターブルシール)の隙間縮小・遠隔施工再現性 止水材の材料・温度によるばらつき 水圧によるベント管の膨張対策 長期健全性(劣化対策) 	<ul style="list-style-type: none"> 閉止補助材の隙間縮小に用いる副閉止補助材(目詰め材)の要素試験完了 代替止水材の要素試験完了 ベント管の膨張・劣化対策に用いる補修材の要素試験完了
【下部③】 S/C内充填止水	S/Cを冠水保有範囲から切り離すため、ダウンカムで止水する。	漏えい量 <ul style="list-style-type: none"> ダウンカム: 0.8mL/min(80mL/min以下) クエンチャ: 0.4mL/min(1L/min以下) ストレーナ: 0mL/min(1L/min以下) 真空破壊弁: 2/2に計測予定(1L/min以下) 	<ul style="list-style-type: none"> 強め輪乗り越え時の材料分離 流水ありでの真空破壊弁止水(ベント管止水のバックアップ)は不可 長期健全性(劣化対策) 	<ul style="list-style-type: none"> 劣化対策に用いる補修材の要素試験完了

6. 進捗状況(達成状況と見通し2/3)

PCV下部補修の達成状況と見通し(2/2)

工法	目的	達成度合[2016/2/E時点]	残された課題	2017年6月「工法方針決定」時点での見通し
【下部④】 真空破壊ライン止水	真空破壊ラインペローズを冠水保有範囲から切り離すために、真空破壊ラインペローズより上流側で止水をする。	0.45MPaで漏えい無し(止水プラグ) 0.45MPaで約0.055L/minの漏えいが確認された(セメント系材料)	<ul style="list-style-type: none"> 止水プラグのインストール性の改善 止水プラグの軽量化、簡略化 止水プラグ設置後の補修方法 	<ul style="list-style-type: none"> プラグのインストール性改善検討完了 プラグの改良検討完了 止水プラグ設置後の補修方法の概念検討終了
【下部⑤】 PCV下部(R/B1階床下)接続配管止水	隔離弁からの漏えいに対して止水する。	耐水圧性 0.33MPaで約0.01L/minの漏えいが確認された(0.33MPaで漏えいなし)	<ul style="list-style-type: none"> 試験体(水平/勾配配管)切断結果から配管とグラウトの境界面に漏水痕を確認 	<ul style="list-style-type: none"> 止水材と治具を組み合わせた性能確認等の試験完了 遠隔装置の基本設計完了
【下部⑥】 D/Wシェルの補修	漏えいが想定されるD/Wシェルを止水する。	損傷部位の止水, 及びアクセス工法の概念検討	<ul style="list-style-type: none"> 止水材の供給、充填方法 	<ul style="list-style-type: none"> 止水材の供給装置、充填装置の検討完了

6. 進捗状況(達成状況と見通し3/3)

PCV上部補修の達成状況と見通し

工法	目的	達成度合[2016/1/E時点]	残された課題	2017年6月「工法方針決定」時点での見通し
【上部①】 D/Wペネ止水	漏えいの可能性が高いシール部を止水する。	吹付け施工: 止水不可 0.05MPa (ネジ部、フランジ部等から漏えい) 充填施工: 止水可能 0.45MPa (充填施工は堰の構築が必要であり、堰の構築は遠隔施は困難)	<ul style="list-style-type: none"> 遠隔の吹付け施工の止水材では空隙が発生 充填施工のためには人が近づいて堰の構築が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 吹付け施工の止水材の見直し検討 目的の見直しによる(水張りレベルの見直し、気中工法でのインリーク低減)吹付け施工の止水材の適用性検討
【上部①】 D/Wペネ止水(小部屋埋設)	漏えいの可能性が高いシール部を止水する。	床の小開口(ドレンファンネル)の仮閉止は可能の可能性あり。 ペネ、スリーブ、保温部の止水は現時点で不可。	<ul style="list-style-type: none"> 配管保温材等の障害物の除去は遠隔作業では困難 ペネを含む狭隘部への充填は遠隔作業では困難 	<ul style="list-style-type: none"> 完全止水は困難であることから、他の工法の検討が必要(溶接、あるいは止水材)
【上部②】 機器ハッチ止水	漏えいの可能性が高いシール部を止水する。	溶接構造の検討(肉盛溶接)と装置の概念検討	<ul style="list-style-type: none"> 溶接による止水性(ウェル満水までの荷重に耐えられる溶接は不可、鋳取りの可否) 装置の構成や性能の成立性 	<ul style="list-style-type: none"> 鋳取り方法の検討と要素試験完了 装置の基本設計完了
【壁①】 トラス室壁面貫通部止水	トラス室から壁面貫通部を經由してR/B外へ汚染水が漏えいするのを止水する。	吹付け施工: 構造上から止水不可 充填施工: 止水可能 0.15MPa 構造上から堰を構築した施工方法で確認	<ul style="list-style-type: none"> 充填施工のためには人が近づいて堰の構築が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 遠隔施工は困難。T/B及びRw/B地下階の線量低減を行い、人が近づいて施工する工法検討完了

○. 目標達成を判断する指標の設定

事業内容	目標達成の指標	結果
I. ① サプレッションチェンバー脚部の補強技術	<ul style="list-style-type: none"> ・開発した補強材が必要な強度を満たしていること。 ・補強材を必要な打設範囲まで充填できる見通しが得られていること。 	<ul style="list-style-type: none"> ・各試験において必要強度(8.4N/mm²)を満たすことを確認した。 ・各試験において打設範囲(水平15m以上、鉛直3.5m)まで充填できる見通しが得られた。
I. ② 循環冷却システムの検討	<ul style="list-style-type: none"> ・PCV補修・止水箇所や取水箇所、取水方法、設備等を考慮しながら、循環冷却システムに関する概念検討が実施されていること。 ・「Ⅱ. PCV水張りまでの計画の策定」で立案する全体計画における循環冷却システムの位置付けを明確化し、各作業ステップにおける循環冷却システムの概念図が作成されていること。 ・循環冷却システムの成立に向けた課題が抽出されていること。 	<ul style="list-style-type: none"> ・PCV補修・止水箇所や取水箇所、取水方法、設備等を考慮しながら、循環冷却システムに関する概念検討を実施した。 ・「Ⅱ. PCV水張りまでの計画の策定」で立案した全体計画における循環冷却システムの位置付けを明確化し、各作業ステップにおける循環冷却システムの概念図を作成した。 ・循環冷却システムの成立に向けた課題を抽出した。

7. 目標達成を判断する指標の設定(1/4)

事業内容	目標達成の指標	結果
I. ① サプレッションチェンバー脚部の補強技術	<ul style="list-style-type: none"> ・開発した補強材が必要な強度を満たしていること。 ・補強材を必要な打設範囲まで充填できる見通しが得られていること。 	<ul style="list-style-type: none"> ・各試験において必要強度(8.4N/mm²)を満たすことを確認した。 ・各試験において打設範囲(水平15m以上、鉛直3.5m)まで充填できる見通しが得られた。
I. ② 循環冷却システムの検討	<ul style="list-style-type: none"> ・PCV補修・止水箇所や取水箇所、取水方法、設備等を考慮しながら、循環冷却システムに関する概念検討が実施されていること。 ・「II. PCV水張りまでの計画の策定」で立案する全体計画における循環冷却システムの位置付けを明確化し、各作業ステップにおける循環冷却システム概念図が作成されていること。 ・循環冷却システムの成立に向けた課題が抽出されていること。 	<ul style="list-style-type: none"> ・PCV補修・止水箇所や取水箇所、取水方法、設備等を考慮しながら、循環冷却システムに関する概念検討を実施した。 ・「II. PCV水張りまでの計画の策定」で立案した全体計画における循環冷却システムの位置付けを明確化し、各作業ステップにおける循環冷却システム概念図を作成した。 ・循環冷却システムの成立に向けた課題を抽出した。

7. 目標達成を判断する指標の設定(2/4)

事業内容	目標達成の指標	結果
I. ③ ベント管の止水技術	<ul style="list-style-type: none"> ・PCV下部補修装置の設計・製作・工場での機能確認試験が完了していること。 ・ベント管内埋設による止水工法について、閉止補助材・止水材のスケール試験が完了し、実規模試験により工法の成立性が確認されていること。 ・S/C内埋設による止水(ダウンカム、クエンチャ、ストレーナ)の各試験が完了し、止水成立性が確認されていること。 ・施工監視及び止水完了確認、止水後の継続監視の成立性が確認されていること。 ・真空破壊ラインに止水材を打設して、耐水圧性が確認されていること。 ・真空破壊ラインのフレキシブルガイドパイプの施工の成立性が確認されていること。 	<ul style="list-style-type: none"> ・PCV下部補修装置を製作し、各種ツールの機能試験、R/B1階からベント管までのアクセス試験を行い、機能を確認した。 ・ベント管内埋設による止水工法について、閉止補助材の展開性向上策に注力し、副閉止補助材との組合せにより止水材投入前の隙間縮小を図ることが可能となり、工法の成立見込みを確認した。 ・水中不分離性コンクリートによるS/C内埋設止水(ダウンカム、クエンチャ、ストレーナ)の各試験を完了し、流水条件での真空破壊弁止水以外について止水成立性を確認した。 ・施工監視及び止水完了確認、止水後の継続監視について測定方法、測定装置類を抽出し、各種要素試験等にて成立性を確認した。 ・真空破壊ラインにおいて、布パッカーとモルタルによる止水材打設試験、プラグの設置試験を行い、耐水圧性を確認した。 ・真空破壊ラインのフレキシブルガイドパイプの試作機を製作し、設置試験等を行い、施工の成立性を確認した。

7. 目標達成を判断する指標の設定(3/4)

事業内容	目標達成の指標	結果
I. ④ シール部の止水技術 I. ⑤ 配管ベローズの止水技術	<ul style="list-style-type: none"> ・機器ハッチの溶接工法の適用性評価及び装置の概念検討ができていること。 ・小部屋埋設工法の止水性が確認されていること。 ・小部屋埋設の際のアルミ材の影響、止水材のひび割れ対策が検討されていること。 	<ul style="list-style-type: none"> ・機器ハッチフランジ部に適用可能な溶接構造を検討し、鑄取りのための磨き装置と溶接装置の概念検討を行った。 ・モルタルによる小部屋埋設の試験を行い、止水性を確認した。 ・小部屋埋設の際のアルミ材の発生を確認し、対応策を検討した。また、止水材のひび割れ原因を検討し、長期止水性能に影響の無いことを確認した。 ・電気ペネ、配管ベローズの止水試験を行い、止水性能を確認した。
I. ⑥ PCV接続配管のバウンダリ構築技術	<ul style="list-style-type: none"> ・地下階においてD/Wを貫通する配管のバウンダリ止水工法が構築されていること。 ・主要な治具の設計検討ができていること。 	<ul style="list-style-type: none"> ・地下階のD/W貫通配管を系統、口径等別に整理し、各種配管について止水試験を行い、バウンダリ止水工法が構築される見込みを得た。 ・主要な治具(配管内移動装置、仮閉止治具、弁開閉操作治具)を製作し、要素試験にて機能を確認した。

7. 目標達成を判断する指標の設定(4/4)

事業内容	目標達成の指標	結果
I. ⑦ トラス室壁面貫通部等の止水技術	<ul style="list-style-type: none"> ・建屋間貫通部等の止水工法が検討されていること。 	<ul style="list-style-type: none"> ・建屋間貫通部(一重スリーブ、二重スリーブ、ピット内配管)の止水工法の検討を行い、選定した止水材で止水試験を行い、止水性能を確認した。
I. ⑧ D/Wシェルの補修技術	<ul style="list-style-type: none"> ・D/Wの損傷を想定し、損傷箇所止水工法が検討されていること。 	<ul style="list-style-type: none"> ・D/Wの損傷の想定を行い、損傷箇所までのアクセスおよび止水工法の検討を行った。
II. PCV水張りまでの計画の策定	<ul style="list-style-type: none"> ・PCV水張りまでの作業プロセスの整理と作業ステップが各号機に作成されていること。 ・水張り成立性が見極めができる計画になっていること。 ・水張り実現の検討に必要な検討時点での情報が計画に反映されていること。 	<ul style="list-style-type: none"> ・PCV水張りまでの作業プロセスの整理と作業ステップを1F-1~3号機毎に作成した。 ・水張り成立性が見極めができるように作業ステップに反映した。 ・水張り実現の検討に必要な検討時点での情報を作業ステップに反映した。

(1) PCV補修・止水技術の開発

① サプレッションチェンバー脚部の補強技術

H25年度に開発した補強材を改良し、実機相当スケールにおける流動性・打ち上がり性の確認試験を実施した。障害物による流動への影響、実規模の材料供給設備、打設装置による試験を実施した。

② 循環冷却システムの検討

PCV冠水の目的から冠水システム構成に必要な機能を抽出し、冠水途中段階、冠水完了時、異常時状態でのシステム概念図をまとめた。

③-1 ベント管内埋設による止水技術

PCV下部補修装置の概念検討及び設計・製作を行い、工場モックアップ試験を実施した。

閉止補助材の1/2スケール展開性試験を実施し、展開性の向上が得られた。また、実スケール展開性試験を実施し、良好な展開を実現したが、再現性を向上させる必要がある。

副閉止補助材の要素試験を実施し、候補材を絞り込み、目詰め材および水圧作用時のベント管開きに対する対策としての適用可否を判断するための基礎的データを取得した。今後は各材料や施工システムとの組合せにより実機適用性を判断する必要がある。

③-2 S/C内充填による止水技術

配合試験により材料配合を決定し、S/C損傷部模擬部の止水試験にて最大骨材径 ϕ 20mmとすることを決定した。この材料でダウンコマ止水およびクエンチャ、ストレーナ止水試験を実施し、良好な充填状況と硬化後の耐水圧性能を確認した。

また、合流部長距離流動確認試験において、長距離圧送の適用見込みを得た。

真空破壊弁止水については、流水状態での止水は困難であるが、静水状態での止水ができることを確認した。

③-3 真空破壊ライン埋設による止水技術

フレキシブルガイドパイプの固定機構及び屈曲機構の要素試験を実施し、成立性を確認した。

シリコン系材料を用いたプラグの検討を行い、要素試験を実施した。要素試験で課題として抽出されたプラグの挿入性、止水材の充填性について改良を行った。

仮止水材(布パッカー)の改良を実施し、実規模相当スケールで効果を確認した。

また、仮止水後の本止水材充填と、硬化した止水材の止水性能を確認した。

④シール部の止水技術/⑤配管ベローズの止水技術

機器ハッチのモルタルによる止水工法の検討を中止し、機器ハッチの溶接工法概念検討を開始した。

小部屋埋設で構築する堰の材料について温度特性を確認する試験を実施した。また、止水材とアルミの反応で発生する水素の量を確認する試験を実施した。その他、止水成立のための各種確認試験(透水試験, 小開口部閉止試験)を実施した。

⑥接続配管のバウンダリ構築技術

トーラス室内のドライウェル接続配管の止水工法概念検討結果から、止水材の要求性能を設定して止水試験を実施した。また、遠隔操作治具として配管内移動装置等の検討を進め、装置の概念を作成した。

⑦トーラス室壁面配管貫通部等の止水技術

トーラス室壁面の配管の止水工法を検討し、止水材の施工性および耐水圧性を確認する試験を実施した。

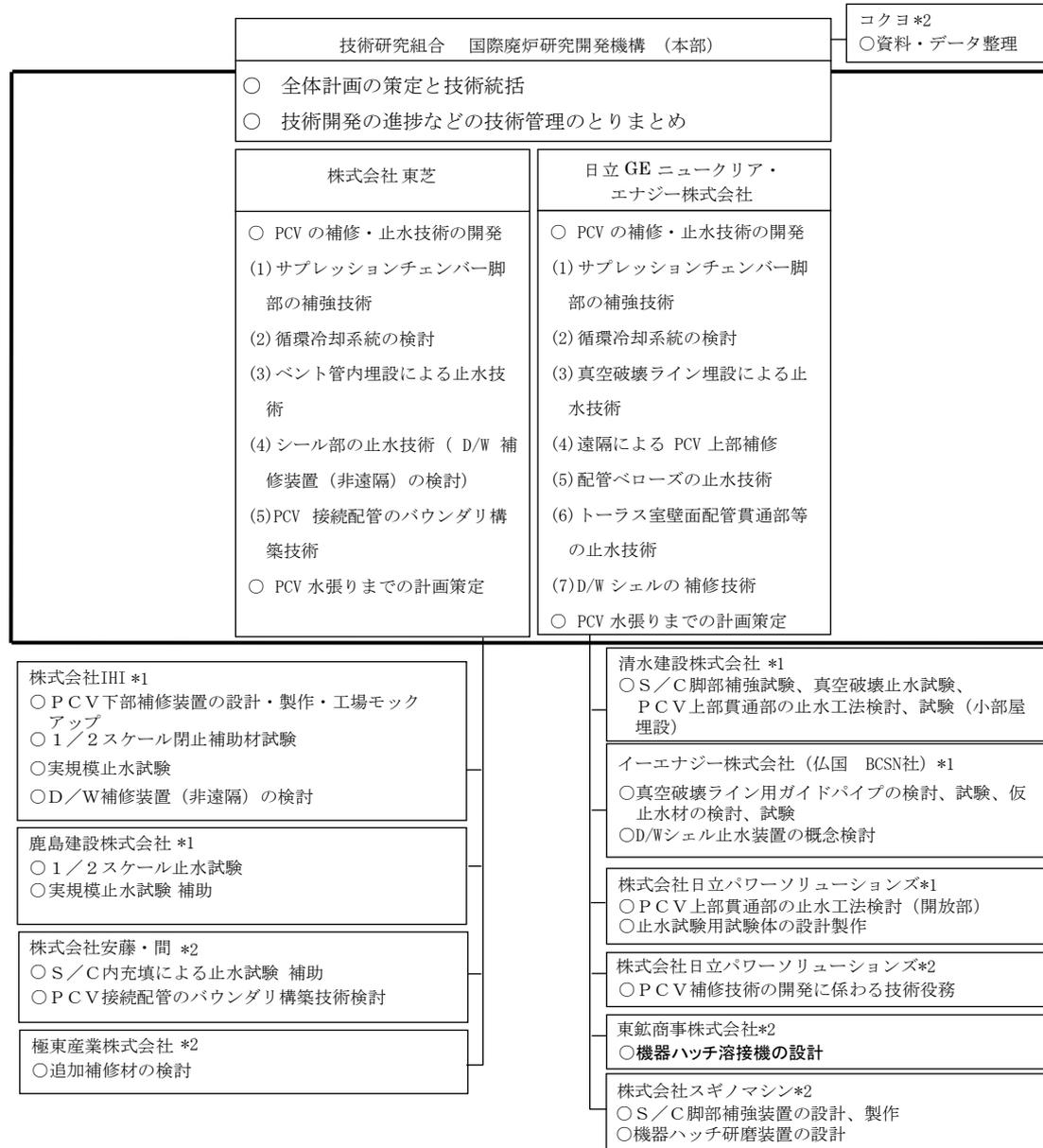
⑧D/Wシェルの補修技術

止水工法および止水材の適用確認試験の検討と止水装置の概略設計を実施した。

(2) PCV水張りまでの計画の策定

冠水時のシステム概念をもとに、1号機および2号機、3号機における水張りまでの作業ステップ(PCV止水手順)を作成した。

9. 実施体制



*1 : 昨年度までの検討からの継続性の観点から、特命発注とした。
*2 : 一般競争入札等により選定した。