# 2011年 東京電力福島第一原子力発電所事故後における 土木技術等の貢献事例の体系的整理

一事故時の緊急時対応、汚染拡大防止対策等への 技術蓄積の整理・体系化一

成果概要報告

2021年9月6日

土木学会エネルギー委員会 低レベル放射性廃棄物・汚染廃棄物対策に関する研究小委員会 分科会2(事故廃棄物対策技術検討)

## 研究の背景と目的

2011年3月11日に発生した東日本大震災における東京電力福島第一原子力発電所(以下、1F)の事故から10年が経過した。事故発生当初から、国・東電を中核として我が国が一丸となり、さらには国際的な支援・協力も得た取組みにより、初期段階での緊急時対応から冷温停止・復旧活動へ、その後の汚染水処理対策、さらには環境負荷低減・廃棄物対策などの1Fの安定化が達成されるとともに、現在は廃止措置に向けての新たな取組みのステージへと進展している。

本研究は、1Fにおける原子力事故対策事例を確実に伝えていくことが、現世代の技術者の重要な使命であるとの認識のもと、

- ●将来において仮に原子力事故が起こるというリスクを想定した場合にも適切な対応がとれるように、土木工学としても十分な備えを受け継いでいくこと
- ●そのための基礎資料として、また次世代を担う若手土木技術者等への貴重な技術情報・教訓としてのメッセージとして資すること

を目的とし、これまでの1Fにおける取組み全体を俯瞰して、

原子力発電所事故の放射能汚染という大変過酷な環境下において、**土木分野の技術や土木技術者がどのような役割を果たしてきたのか**などについて体系的な調査・取りまとめを行った。

## エネルギー委員会 低レベル放射性廃棄物・汚染廃棄物対策に関する研究小委員会 分科会2(1F事故廃棄物対策検討)

## 委員構成

主 查 白土 博司 (東電設計(株)) 副主查 須山 泰宏 (鹿島建設(株)) 幹 事 大田 哲也 (鹿島建設(株))

### 委員

杉本 映湖 (ダイヤコンサルタント(株) 山本 武志 ((一財)電力中央研究所)

土 宏之 (清水建設(株)) 長峰 春夫 (大成建設(株))

納多 勝 (㈱大林組) 福田 和人 (前田建設工業㈱)

### 分科会代表幹事

河西 基 (㈱アサノ大成基礎エンジニアリング/(一財)電力中央研究所 名誉研究アドバイザー)

### 前委員 (所属は就任時)

井尻 祐二 (大成建設(株)) 金子 俊輔 (東電設計(株))

畠中 千野 (大成建設(株)) 樋口 義弘 (清水建設(株))

菱谷 智幸 (ダイヤコンサルタント(株))

## 報告書の構成(1/3)

汚染拡大防止対策は以下のように区分できる。

## 対策の区分

- I.污染水処理対策
- Ⅱ.環境負荷低減・廃棄物対策
- Ⅲ.放射性汚染廃棄物の保管・ 管理

## 時系列的な対策の区分

- ①事故初期段階の復旧活動
- ②3つの方針に基づく汚染水処理対策
- ③事故直後から継続実施している環境負荷低減・廃棄物対策ならびに放射性汚染廃棄物の保管・管理

上記の対策について、**2018年12月**までの**公開情報** 

の収集・体系的整理

## 報告書の構成

- 1.概説
- 2. 事故初期段階の土木分野の復旧活動
- 3.污染水処理対策、環境負荷低減・廃棄物対策
- 4.放射性汚染廃棄物の合理的な安定保管・管理技術
- 5.技術提案の公募

### 主な公開情報

- ・東京電力
- ・原子力規制委員会 特 定原子力施設監視・ 評価検討会
- ・経済産業省 廃炉・汚染水対策ポータルサイト

等のホームページ

- ・電力土木
- 土木施工
- 等の学協会誌

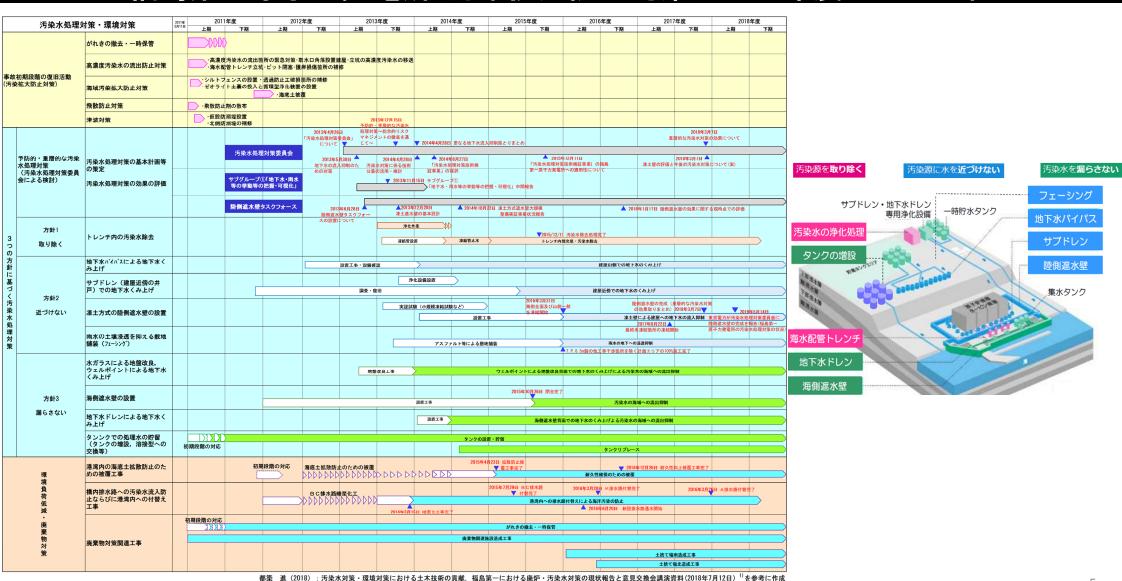
## 報告書の作成に活用した公開資料 (3.2汚染水処理対策(c)陸側遮水壁 の例)

- 1)木田博光, 淺村忠文(2016): 凍土方式による陸側遮水壁の造成 凍結管の掘削・建て込み, 凍結設備の設置工事-、土木施工、Vol.57、No.3、オフィース・スペース
- 2)経済産業省 資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 原子力政策課 原子力発電所事故収束 対応室(2013):平成 25 年度「汚染水処理対策事業」に係る補助事業者公募要領,平成 25 17)東京電力,鹿島建設(2013):凍土遮水壁の基本設計,汚染水処理対策委員会 陸側遮水壁
- 3)東京電力, 鹿島建設(2013): 凍土方式遮水壁の設置工事における地下埋設物等への考慮に 18)東京電力, 鹿島建設(2013): 凍土遮水壁の検討事項, 汚染水処理対策委員会 陸側遮水壁 ついて, 平成 26 年 6 月 6 日, 原子力規制委員会, 特定原子力施設監視・評価検討会(第
- 4)東京電力福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議(2013): 汚染水処理対策に関する課題と 対応の方向(案), 東京電力福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議(第3回), 平成25 年4月19日,資料2-1
- 5)汚染水処理対策委員会事務局(2013):地下水流入抑制のための抜本策に係る検討の方向性 (案), 汚染水処理対策委員会(第2回), 平成25年5月16日, 資料1
- 6) 鹿島建設(2013): 凍土遮水壁による地下水流入抑制案, 汚染水処理対策委員会(第1回), 平 21) 経済産業省 汚染水処理対策委員会 陸側遮水壁タスクフォース, 成 25 年 4 月 26 日, 資料 3-3
- 7)大成建設(2015):総合的流入抑制対策の提案-粘土系遮水壁による恒久的対策-,汚染水 処理対策委員会(第1回), 平成25年4月26日, 資料3-2
- 8)安藤・ハザマ(2013):グラベル連続壁による地下水流入抑制案【恒久対策としての遮水壁への 転用可能案】, 汚染水処理対策委員会(第2回), 平成25年5月16日, 資料3-2-4
- 9)清水建設(2013):東京電力株式会社福島第一原子力発電所 建屋内地下水流入抑制対策工 に関する提案、汚染水処理対策委員会(第1回)、平成25年4月26日、資料3-4
- 10)大西有三(2016):陸側遮水壁の疑問に答える, Vol.57, No.11, オフィース・スペース
- 11) 汚染水処理対策委員会(2013):地下水の流入抑制のための対策, 汚染水処理対策委員会 (第3回), 平成25年5月30日
- 12)資源エネルギー庁 原子力発電所事故収束対応室(2014): 凍土方式遮水壁について, 平成 26年4月18日,原子力規制委員会,特定原子力施設監視・評価検討会(第20回),資料 26原子力規制庁(2015):陸側遮水壁等の地下水流入抑制対策に関する論点整理,原子力規制
- 資料一, 平成 26 年 4 月 18 日, 原子力規制委員会, 特定原子力施設監視·評価檢討会(第 20回), 資料 1-1
- 14)経済産業省 資源エネルギー庁 原子力政策課(2013):平成 25 年度「発電用原子炉等廃炉・ ィージビリティ・スタディ事業)」に係る企画競争募集要領、平成25年7月5日
- 15) 鹿島建設(2013): 平成25年度「発電用原子炉等廃炉・安全技術基盤整備事業(地下水の流 入抑制のための凍土方式による遮水技術に関するフィージビリティ・スタディ事業)」に関す 30)東京電力(2015):試験凍結に関する報告、汚染水処理対策委員会 陸側遮水壁タスクフォー る企画提案書, 汚染水処理対策委員会 陸側遮水壁タスクフォース(第2回), 2013年8月 8 日, 資料 3

- 16)東京電力, 鹿島建設(2013): 凍土遮水壁の検討事項に対する進捗状況(7/1 タスクフォース での検討事項), 汚染水処理対策委員会 陸側遮水壁タスクフォース(第4回), 2013年11 月 15 日, 資料 3
- タスクフォース(第6回), 2013年12月20日, 資料1
- タスクフォース(第6回), 2013年12月20日, 資料1-1
- 19)原子力規制委員会特定原子力施設監視,評価檢討会,
  - http://www.nsr.go.ip/disclosure/committee/vuushikisya/tokutei kanshi.html , 2018 年 12 月 20 日現在
- 20)経済産業省 汚染水処理対策委員,
  - http://wttp://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/osensuitaisaku/archive/taisakusyori.html , 2018年12月20日現在
- - http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/osensuitaisaku/archive/task force.html , 2018 年 12月20日現在
- 22)鹿島建設(2014): 凍土造成解析 検討の流れ, 汚染水処理対策委員会 陸側遮水壁タスクフ オース(第11回), 2014年7月15日, 資料3
- 23)汚染水処理対策委員会 陸側遮水壁タスクフォース(2014):陸側遮水壁タスクフォースにおけ る検討状況について, 汚染水処理対策委員会(第12回), 平成26年4月28日, 資料2-1
- 24)東京電力, 鹿島建設(2014); 凍土方式遮水壁の設置工事における地下埋設物等への考慮に ついて、平成26年6月6日、原子力規制委員会、特定原子力施設監視・評価検討会(第
- 25)東京電力, 鹿島建設(2014): 凍土遮水壁閉合手順の検討, 汚染水処理対策委員会 陸側遮 水壁タスクフォース(第13回), 2013年10月22日, 資料2
- 委員会,特定原子力施設監視・評価検討会(第38回),資料1-1
- 13)資源エネルギー庁 原子力発電所事故収束対応室(2014):凍土方式遮水壁について-添付 27)東京電力, 鹿島建設(2015): 陸側遮水壁閉合後の水位管理について, 汚染水処理対策委員 会 陸側遮水壁タスクフォース(第14回), 2015年3月3日, 資料4-1
  - 28)東京電力, 鹿島建設(2015): 陸側遮水壁閉合後の水位管理について 参考資料, 汚染水処 理対策委員会 陸側遮水壁タスクフォース(第14回), 2015年3月3日, 資料4-2
  - 安全技術基盤整備事業(地下水の流入抑制のための凍土方式による遮水技術に関するフ 29)東京電力, 鹿島建設(2015):建屋への地下水流入抑制策について-各対策の実施手順と水 位管理一, 汚染水処理対策委員会 陸側遮水壁タスクフォース(第15回), 2015年5月20
    - ス(第17回), 2015年11月17日, 資料3
    - 31)東京電力(2015):水位管理について、汚染水処理対策委員会 陸側遮水壁タスクフォース(第 17 回), 2015年11月17日, 資料4-1
    - 32)東京電力(2015): 水位管理について サブドレン稼働・海側遮水壁閉合時の地下水挙動に基

- づく陸側遮水壁閉合に関する監視・評価検討会報告事項(案), 汚染水処理対策委員会 陸側遮水壁タスクフォース(第17回), 2015年11月17日, 資料4-2
- 33)東京電力(2016): 陸側遮水壁の状況(第一段階フェーズ1), 汚染水処理対策委員会 陸側遮 水壁タスクフォース(第18回), 2016年5月10日, 資料1-1
- 34)東京電力(2016):陸側遮水壁の状況(参考資料), 汚染水処理対策委員会 陸側遮水壁タス クフォース(第18回), 2016年5月10日, 資料1-2
- 35)東京電力(2016):陸側遮水壁の検討結果(概要),平成28年2月15日,原子力規制委員会, 特定原子力施設監視・評価検討会(第40回),資料1-1
- 36)東京電力(2016):陸側遮水壁の検討結果, 2016年2月15日, 原子力規制委員会, 特定原子 力施設監視・評価検討会(第40回),資料1-2
- 37)東京電力(2016):陸側遮水壁の検討結果[別冊資料], 2016 年 2 月 15 日, 原子力規制委員 会,特定原子力施設監視・評価検討会(第40回),参考1
- 38)東京電力(2016): 陸側遮水壁の閉合について, 2016 年 3 月 3 日, 原子力規制委員会, 特定 原子力施設監視・評価検討会(第41回),資料3
- 39)大西有三(2018):陸側遮水壁の疑問に答える 第4回, 土木施工, Vol.59, No.7, オフィース・
- 40)東京電力(2015):陸側遮水壁の進捗状況報告, 2. 陸側遮水壁閉合後の水位管理検討状況, 2015 年 10 月 14 日, 原子力規制委員会, 特定原子力施設監視·評価検討会(第 37 回),
- 41)東京電力(2018):陸側遮水壁の効果に関する現時点での評価について, 汚染水処理対策委 員会 陸側遮水壁タスクフォース(第22回), 2018年1月17日, 資料1-1
- 42) 東京電力(2018):陸側遮水壁の現況について, 汚染水処理対策委員会(第21回), 資料1, 2018年3月7日
- 43) 東京電力(2018): 凍土壁の評価と今後の汚染水対策について(案), 汚染水処理対策委員 会(第21回), 資料 4, 2018年3月7日
- 44) 東京電力(2018):三次元地下水浸透流解析【参考資料】, 汚染水処理対策委員会(第 21 回), 資料 2-参考資料, 2018 年 3 月 7 日
- 45) 東京電力(2019):汚染水対策の進捗状況一覧表(2019.4 時点),汚染水処理対策委員会 (第22回),参考資料1-2,2019年5月14日

## 福島第一原子力発電所 汚染拡大防止対策の2018年度までの取組み



## 報告書の構成(2/3)

### 赤字は本日(概要報告)の紹介事項

### 目次

### 1.概説

- 1.1報告書作成の目的
- 1.2事故直後から現在までに発生したトラブルや取り組み
- 1.3報告書の構成

### 2. 事故初期段階の土木分野の復旧活動

- 2.1構内道路の健全性確認及びがれきの撤去
- 2.2汚染水の流出防止対策及び海域汚染拡大防止対策
- 2.2.1汚染水の流出防止対策
  - (1)汚染水流出箇所の緊急対策
  - (2)汚染水の流出防止対策
- 2.2.2 海域污染拡大防止対策
  - (1)シルトフェンスの設置
  - (2)1~4号機取水路開渠南側透過防止工の補修
  - (3)ゼオライト土嚢の投入と循環型浄化装置の設置
  - (4) 海底土の被覆
- 2.3放射性物質の飛散防止対策
  - 2.3.1飛散防止剤の散布
  - 2.3.2散水
- 2.4津波対策
  - 2.4.1仮設防潮堤の設置
  - 2.4.2その他の津波対策

## 3.污染水処理対策、環境負荷低減・廃棄物対策

- 3.1概説
- 3.2污染水処理対策
  - 3.2.1全体計画の策定
    - (1)地質·水理地質構造
    - (2)地下水流動場の評価
    - (3)予防的・重層的な汚染水処理対策の検討方針
  - 3.2.2個別の汚染水処理対策
    - (1)汚染水を取り除く対策
      - (a)海水配管トレンチの汚染水除去及び充填
    - (2)汚染源に水を近づけないための対策
      - (a)地下水バイパス
      - (b)サブドレン
    - (c)陸側遮水壁
    - (d)フェーシング
    - (3)汚染水を漏らさないための対策
      - (a)水ガラスによる地盤改良
      - (b)海側遮水壁及び地下水ドレン
      - (c)タンク
- 3.3環境負荷低減・廃棄物対策
  - 3.3.1汚染の拡大防止対策
    - (1)海底土の被覆
    - (2)構内排水路

## 報告書の構成(3/3)

### 赤字は本日(概要報告)の紹介事項

### 3.3.2廃棄物関連対策

- (1)がれきの撤去(がれきの撤去に資する遠隔操作技術)
- (2)がれきの一時保管
- (3)固体廃棄物貯蔵施設の敷地造成

## 4.放射性廃棄物の合理的な安定保管・管理技術

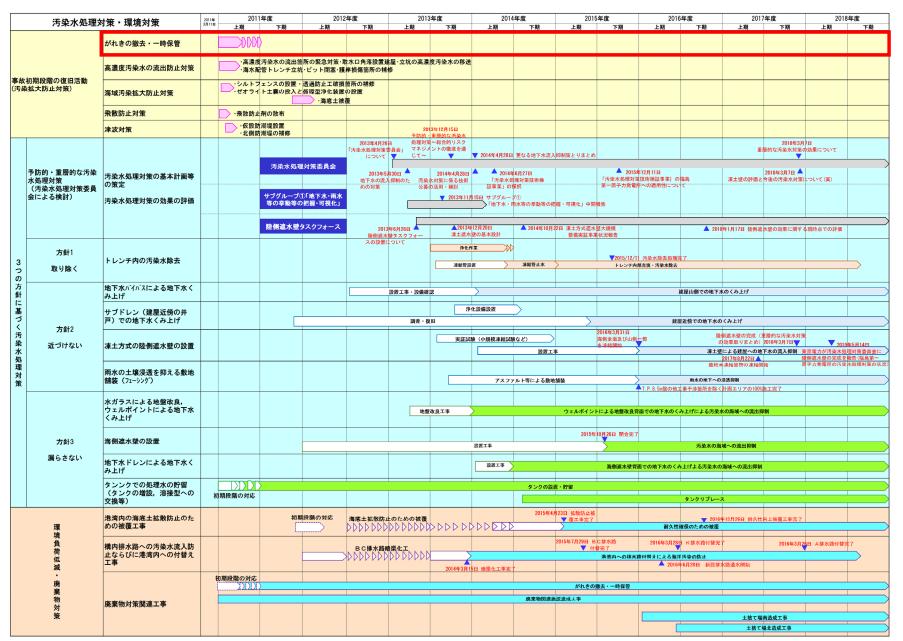
- 4.1対象廃棄物の分類
  - (1)福島第一原子力発電所事故で発生した放射性廃棄物
  - (2)安定保管・管理の対象廃棄物
- 4.2がれき等の保管・管理
  - 4.2.1目的
  - 4.2.2概要
    - (1)がれき等の種類
    - (2)がれき等の発生量と今後の発生予測
    - (3)保管・管理の方法
  - 4.2.3特徵、工夫·効果
    - (1)廃棄物の保管方法に関する事項
    - (2)がれき類の一時保管場所の津波に対する安全対策
    - (3) 覆土式一時保管施設における工夫
    - (4)伐採木一時保管槽における工夫
    - (5)可燃性廃棄物の火災対策
    - (6)モニタリング
  - 4.2.4 課題等

### 4.3水処理二次廃棄物の保管・管理

- 4.3.1目的
- 4.3.2概要
  - (1)水処理二次廃棄物の種類
  - (2)水処理二次廃棄物の発生量と今後の発生予測
  - (3)保管・管理の方法
    - 4.3.3特徵、工夫·効果
- 4.3.4課題等
  - (1)水処理二次廃棄物一時保管のリスク低減
  - (2)保管施設への移行による放射線影響の低減
  - (3)処理・処分方策の検討
  - (4)モニタリングの検討

### 5.技術提案の公募

- 5.1国際廃炉研究開発機構の公募
- 5.2経済産業省 資源エネルギー庁の公募



## 2.1構内道路の健全性確認及びがれきの撤去

津波により流された重油タンク等が発電所建屋へ のアクセスの障害となり、さらにその後の水素爆発 により広範囲に飛び散ったがれきのため、**原子炉の** 冷却(冷却水の確保、冷却設備の設置、消防車やコ **ンクリートポンプ車等による冷却**)を行うための**ア** クセス (動線)の確保に支障をきたしていた。

地震の翌日からがれきの撤去を開始したが、広範 囲に飛散した高濃度放射性物質に汚染されたがれき 等により、**撤去作業に従事する作業員の被ばく線量** が上昇した。

このため、作業員の被ばく低減を目的として、有 人の重機に加え**無人遠隔操作の重機による建屋周辺** のがれの撤去により、安定した原子炉の冷却が可能 となった。



消防車による注水



コンクリートポンプ車による注水

図 2-3 建屋への注水の状況



構内道路健全性調査(構内道理の状況)



津波で流されて道をふさいだ重油タンク (直径 11.7m×高さ9.2m)



タービン建屋北側脇主で漂流

#### 図 2-1 津波発生直後の状況

◆Sys1-2:1R/B北側周辺(4/18~21)



積み込み



操作車と作業状況



施工前



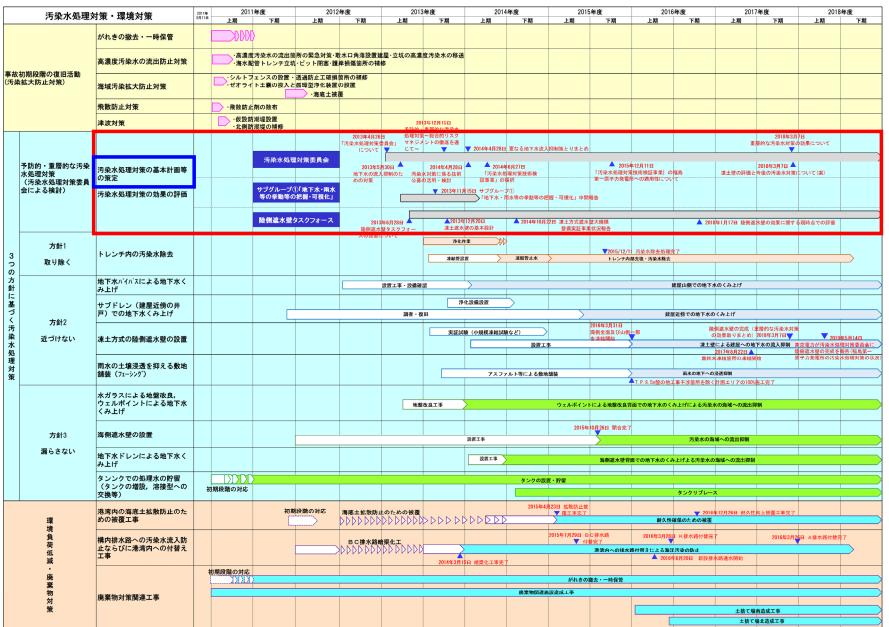
施工後

◆Sys1-3 :1R/B西側周辺 (4/22~26)



施工前 図 2-2 がれき撤去の状況

施工後



## 3.2汚染水処理対策 3.2.1全体計画の策定

汚染水処理対策は、**経済産業省の「汚染水処理対策委員会**」の下に設置された小委員会、タスクフォース、サブグループと東京電力によって、雨水や地下水の挙動に関する検討を踏まえた汚染水処理対策についての精力的な議論が行われ、「東京電力(株)福島第一原子力発電所における予防的・重層的な汚染水処理対策〜総合的リスクマネジメントの徹底を通じて〜」とした報告書が取りまとめられ政府に提出された(平成25年12月10日)。報告書では、汚染水処理対策の3つの方針(汚染水を取り除く、汚染源に水を近づけない、汚染水を漏らさない)が示された。

汚染水処理対策は、この 3つの方針に基づいた「汚 染水処理対策の全体計画の 策定」や「個別の対策工の 設計・施工」は、原子力規 制委員会、汚染水処理対策 委員会での議論を経ながら 要員会での議論を経ながら 現場の施工を展開し,2018年 12月時点でほぼ全ての対る。

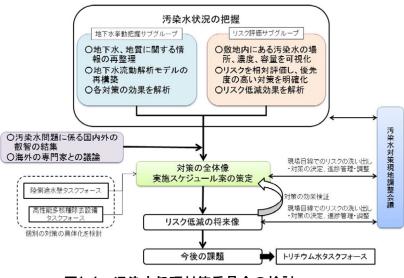


図1-1 汚染水処理対策委員会の検討フロー

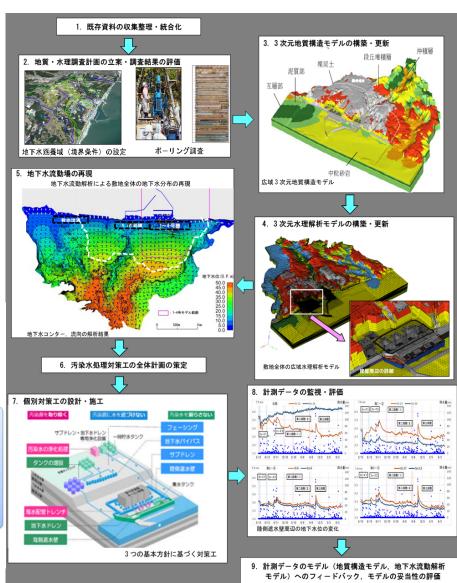


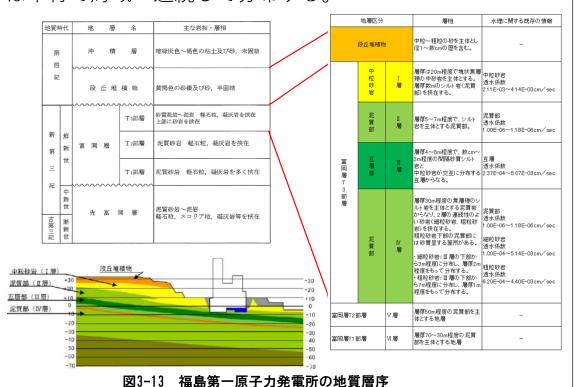
図3-9 汚染水処理対策の検討フロー

## 3.2.1全体計画の策定 (1)地質・水理地質構造

### 地質構造

福島第一原子力発電所の敷地を含む周辺地域の地層構成は、地表付近の**埋戻し土、段丘堆積物、中粒砂岩層(I**層)、**泥質部(II層**)、**互層部(II層**)が分布している。さらに下部の**泥質部(IV層**)の中には、**2**層の**砂岩層(細粒砂岩層、粗粒砂岩層)**が存在する。

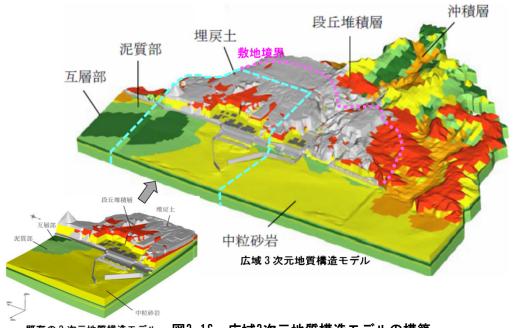
これらの地層は海側へ約2度で東側(海側)に傾斜し、ほぼ平行で海域へ連続して分布する。



### 広域3次元地質構造モデルの構築

汚染水処理対策の検討を行うため、下記の手順により地下水涵養域までを含めた広域地質構造モデルが構築された。

- ①事故直後に実施された調査ボーリング
- ②既存のボーリング情報の収集整理・統合化による 地質構造モデルの再構築
- ③過去に実施された広域地表地質調査の地表露頭データと敷地内の地質構造の統合化



既存の3次元地質構造モデル 図3-16 広域3次元地質構造モデルの構築

## 3.2.1 全体計画の策定 (1)地質・水理地質構造

### 水理地質構造

**泥質部(Ⅱ)**:敷地内にほぼ欠落なく分布する難透水性の地層。中粒砂岩層(Ⅰ層)には泥質部(Ⅱ)を水理的基盤とする**不圧地下水**(自由地下水面)が分布する。

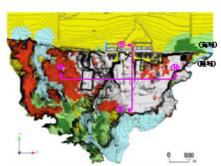
**互層(Ⅲ層)**:泥質部(Ⅱ)をキャップロックとする**被圧地下水**が 分布する。

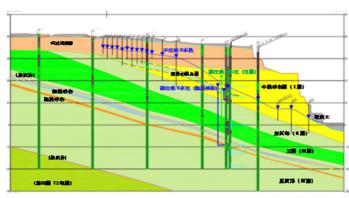
**泥質部(Ⅳ層):30m**以上の層厚をもつ難透水性の地層で、敷地を含む**周辺地域の水理的基盤**となる地層である。

**砂岩層(細粒砂岩、粗粒砂岩):**泥質部(IV層)には<mark>被圧地下水を</mark>もつ連続性の良い細粒砂岩、粗粒砂岩が分布する。

中粒砂岩層(I層)を流れる不圧地下水(自由地下水面)は、 敷地内の雨水の浸透によるものが支配的であること、互層部 (II層)を流れる被圧地下水は、敷地内の雨水の浸透によるもの であるが、一部敷地外から流入する地下水が混在しているこ と、細粒砂岩層と粗粒砂岩層を含むより深部を流れる被圧地 下水は、敷地外から流入する地下水が支配的であることが推 定された。

このうち、汚染水対策を考える上では、**汚染源となる高濃度汚染水が存在するトレンチや建屋がある中粒砂岩層(I層)の不圧地下水**が中心的な対象となり、一部において中粒砂岩層(I層)の不圧地下水と連絡している**互層部(Ⅲ層)を流れる被圧地下水**にも注目する必要がある。





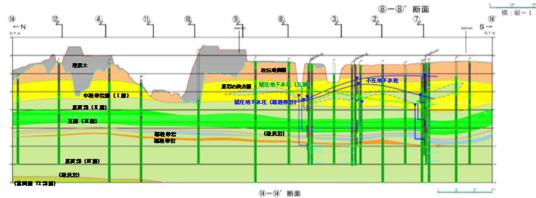


図3-18 地層構成と地下水の分布

表3-1 各地層の透水性

地層区分	透水係数	(cm/sec)	有効間隙率	備考	地層区分	透水係数	(cm/sec)	有効間隙率	備考
地層名	水平	鉛直	(実流速換算時)	)拥 与	地層名	水平	鉛直	(実流速換算時)	1佣-传
盛土	2.8E-03	2.8E-03	0.46		泥質岩(Ⅳ層)	1.1E-06	1.1E-06	0.54	
段丘堆積物	3.0E-03	3.0E-03	0.41	中粒砂岩層同様	細粒砂岩	2.3E-03	2.3E-03	0.41	
沖積層	1.0E-03	1.0E-03	0.41	文献値	泥質岩(Ⅳ層)	1.1E-06	1.1E-06	0.54	
中粒砂岩(I層)	3.0E-03	3.0E-03	0.41		粗粒砂岩	2.0E-03	2.0E-03	0.41	
泥質部(Ⅱ層)	1.1E-06	1.1E-06	0.54		泥質岩(Ⅳ層)	1.1E-06	1.1E-06	0.54	
万屈(Ⅲ属)	1.05_02	1.15_06	0.41	異古姓老虚					

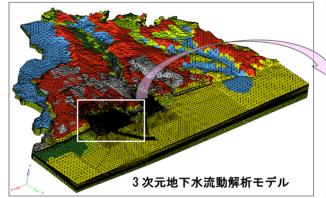
## 3.2.1全体計画の策定 (2)地下水流動場の評価

広域3次元地質構造モデルに基づいて、地下水流動や地下水の建屋への流入 量、地下水の汲上げ効果等に影響及ぼす構造物を可能な限り正確に反映した3 次元地下水解析流動モデルを構築した。

3次元地下水解析流動モデルによる定常浸透流解析では、**地下水位の実測** データがある程度良好に再現されていること、さらに、事故前・後の建屋周囲 のサブドレンからの地下水の汲上げ量も、比較的良い対応関係が見られた。

また、**解析モデル、解析条件のチェック**を日本原子力研究開発機構(JAEA) に依頼し、その結果、解析モデル、解析条件は概ね妥当と判断された。このた め、この解析モデル、解析条件を用いた地下水流動解析結果は、実施すべき対 策やその効果等を検討する上で有効と判断し、以降の汚染水処理対策の諸検討 に用いられた。

なお、逐次取得される地質・水理情報や地下水流動に影響を及ぼす地中埋設 物、さらに対策工の詳細な情報などを継続的に地質構造モデル、地下水流動解 析モデルに反映する**モデルの更新を継続して実施している**。



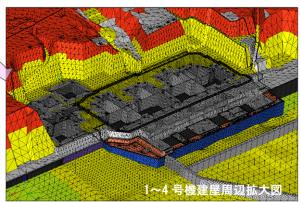
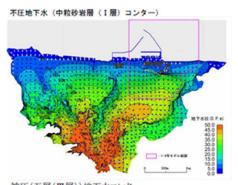
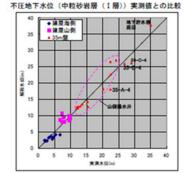
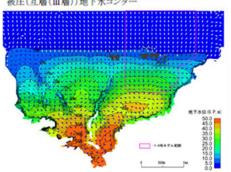


図3-21 解析モデルの鳥瞰図







JAEAとサブグループの対策工実施前の解析結果はほぼ同様

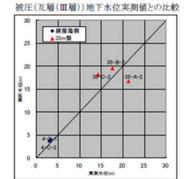
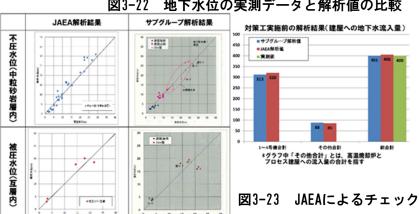


図3-22 地下水位の実測データと解析値の比較



## 3.2.1 全体計画の策定 (3)予防的・重層的な汚染水処理対策の検討方針

汚染水処理対策は、汚染水を「**取り除く**」、汚染源に水を「**近づけない**」、 汚染水を「**漏らさない**」の3つ対策に大別できる。

(a)汚染水を「取り除く」対策

建屋海側トレンチ内の高濃度汚染水の汲上げ・閉塞

(b)汚染源に水を「近づけない」対策、汚染水を「漏らさない」対策(地下水流 動に影響を及ぼすもの)

地下水流動解析モデルを用いて各対策を個別・組合せで実施した場合の効果 を把握し、予防的・重層的対策の観点からの解析により、**地下水バイパス、海 側遮水壁・地下水ドレン(護岸付近の揚水施設)サブドレン、陸側遮水壁**が完

全に機能すれば、地下水の建屋への 流入量を相当程度軽減できること、 また、**広域的なフェーシングによる 表面遮水**の効果は大きいことが確認 された。

(c)汚染水を「漏らさない」対策 溶接型タンクへのリプレース、タンクエリアの堰のかさ上げ、排水路の暗渠化、排水口の港湾内へのルート変更、建屋の防水性向上

(d)汚染水を「漏らさない」対策 (タンク容量の確保) 溶接型タンクの増設 表3-4 廃炉・汚染水問題の追加対策

廃炉・汚染水問題に関する予防的・重層的な追加対策(案)

1. 汚染水問題に対する予防的・重層的な追加対策の実施

#### ①汚染源を「取り除く」

- これまでの主な対策:
- ・トレンチ内の汚染水のくみ上げ・閉塞 ・多核種除去設備(ALPS)による汚染水浄化
- 国費によるより高性能な多核種除去設備

#### 主な追加対策:

- ◆多核種除去設備の増設
- ◆タンク漏えい水対策
- (土壌中のストロンチウム捕集)

#### ◆港湾内の海水の浄化

#### ②汚染源に水を「近づけない」

#### これまでの主な対策

- ・地下水バイパス
- ・建屋近傍の井戸(サブドレン)での汲上げ
- 国費による凍土方式の陸側遮水壁建屋海側の舗装

#### 主な追加対策:

- ◆「広域的な舗装(表面遮水)」又は 「追加的な遮水とその内側の舗装」
- 「追加的な遮水とその内側の舗装 ※地表面の除染等の線量低減も考慮
- ◆タンク天板への雨どいの設置

#### ③汚染水を「漏らさない」

資料1-1

#### 

- ・水ガラスによる地盤改良
- 海側遮水壁・タンクの増設(ボルト締め型タンクから溶接型タンクへのリプレイス)

#### 主な追加対策:

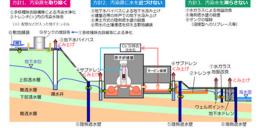
- ◆溶接型タンクの設置加速
- ◆大規模津波対策(建屋防水扉等)
- ◆建屋からの汚染水の漏えいの防止 ◆汚染水移送ループの縮小 等
- ▶ 特に、<u>汚染水貯水タンクの増設については、</u>溶接型タンクの設置加速を進めるとともに、地震による液体表面の揺れ等に備えて十分なタンク容量を確保するため、関係事業者の協力を促す等、**官民を挙げて可能な限り加速化する必要**がある。
- ▶ 追加対策についても、港湾内の海水の浄化技術や土壌中の放射性物質除去技術など技術的難易度が高いものは、平成25年度 補正予算を活用し、技術の検証等の取り組みを進めていく。
- ▶ なおリスクが残存するトリチウム水について、あらゆる選択肢について、総合的な評価を早急に実施し、対策を検討する。

#### 2. 風評被害対策としての情報発信の一層の強化

引き続き、科学的な根拠に基づいた情報発信を国際的に開かれた形で行う。関係省庁の協力の下、廃炉・汚染水対策チームによる一元的な対応を強化する。

#### 表3-3 解析ケース、解析結果(定常計算)

	20		J	IJТ	171	, .	<b>へ、</b> /	3T'14	11 44	1/	\ <b>~</b> _	. 13 H	י דר ו	,
				対策	r.					海域への	0.1			
4m 盤 対策	地水パイス	海側遊水	ப்®l SD	山/ 海側 SD	陸側 遮水	71-177	山側 透水壁	숨計	1-7 号极望星	満量(トン)(注)	げせい/日)	地下水パイス	サブドレン	地下 水 ドレン (注3)
								400	310	290	400			
٠								410	320	220	460			50
•	•							390 330 290	300 250 210	220 200 210	900 1210 1130	460 840 790		50 40 50
•		•						400	320	0	750			350
•			•					140	90	190	1000		820	40
•				•				120	80	180	1070		920	30
•					•			130	30	100	140			10
•						\$132.0km²		130	110	90	130			
•						€ ¥91.7km²		160	130	100	160			
•						● <sup>36</sup> 8°31 .0km²		300	240	170	330			30
•						•*	•**	170	130	140	190			20
•							● 敷地 境界内側	420	330	220	470			50
•	٠	٠		٠	٠			70	0	0	1020	500	310	140
•		٠			•			130	30	0	270			140
•	•	•			•			130	30	0	770	500		140
•	•	٠		٠				60	20	0	1770	330	1230	150
•	•	•		•	•	•*	•==	30	0	0	400	130	140	90
٠	٠	٠		٠	•	€ 1/31.7 km²		30	0	0	320	140	130	20
•		٠			•	•*	•**	110	30	0	200			90
•	٠	•			•	•*	•**	100	30	0	340	150		90
•	٠	•		•		•*	•**	60	40	0	550	10	440	40
•	•	•		•		€ §71.7km²		60	40	0	590	20	490	20
	製 対 ( ( ( ( ( ( ( ( ( ( ( ( ( ( ( ( ( (	Man	Man	### 地下 海頭 山崎 SO	対策:   対策	対策工   対策工   対策工   対策工   対策工   対策   対策	対策工   対策工   対策工   対策工   対策工   対策工   対策   対策	対照工   対照工   対照   対照   対照   対照   対照   対	対策   大	### APP	対照			



	対策・環境対策	011st 2011:		2012年度		13年度		4年度	2015:		2016年度		7年度	2018	
		TWIND THE	下期	上期下期	上期	下期	上期	下期	上期	下期 上	:期 下期	上期	下期	上期	下排
	がれきの撤去・一時保管	עעעעג													
	高濃度汚染水の流出防止対策			fの緊急対策・取水口角落設 ピット閉塞・護岸損傷箇所の		農度汚染水の移送	<u> </u>								
]期段階の復旧活動 広大防止対策)	海域污染拡大防止対策	・シルトフ ・ゼオライ	ェンスの設置・透 ト土嚢の投入と仮	透過防止工破損箇所の補修 請環型浄化装置の設置 ・海底土被覆											
	飛散防止対策	・飛散防止	剤の散布	一声多工权极											
	津波対策	・仮設防	潮堤設置			2013年12月15日									
		・北側防	潮堤の補修	2013年4	月26日 処理対	・ <u>車層的な汚染水</u> 対策~総合的リスク							2018年3月	78	
				「汚染水処理	対策委員会」 マネシ いて <mark>ソ</mark> じて~	メントの徹底を通	▼ 2014年4月28日	更なる地下水流入	抑制策とりまとめ			<b>1</b>	層的な汚染水対策( ▼	の効果について	
予防的・重層的な汚染 水処理対策	汚染水処理対策の基本計画等		汚染水処理対	201	3年5月30日 ▲ の流入抑制のた 汚	2014年4月28日 企水対策に係る技術		¥6月27日 四理対策技術検		▲ 2015年12月11日 「汚染水処理対策技術検証	[事業] の福島	凍土壁の評価と	2018年3月7日 A 今後の汚染水対策	について(案)	
(汚染水処理対策委員 会による検討)	の策定		サブグループ①	めの対	策 公	<b>募の活用・検討</b>	証事業」の 月15日 サブグルー	11.		第一原子力発電所への適用	用性について				
女による快削!	汚染水処理対策の効果の評価		サブグループ① 等の挙動等の抵	型握•可視化」		▼ 2013年11,		フリ 雨水等の挙動等の把	握・可視化」中間朝	<del>]</del> 告					
			陸側遮水壁タ	陸側	2013年6月28日  遮水壁タスクフォー	▲2013年 凍土遮水	月12月20日 、壁の基本設計	▲ 2014年10月2	2日 凍土方式遮水 整備実証事業		_	2018年1月17日 陸側遮	水壁の効果に関す	る現時点での評価	
方針1				ر م	設置について	浄化	作業	>							
	トレンチ内の汚染水除去					凍結管設	žiit >	凍結管止水	>	▼2015/12/11 汚染水 トレンチ内部充填・汚					
取り除く															
	地下水バイバスによる地下水く み上げ				設置工事・設備	確認	>				建屋山側での地	き下水のくみ上げ			
	サブドレン(建屋近傍の井					洋	化設備設置	<u> </u>							
	戸)での地下水くみ上げ				調査・	復旧					建屋近傍での地下	水のくみ上げ			
方針2						実証試	験(小規模凍結試	険など)	,	毎側全面及び山側一部		陸側遮水壁の完成( の効果取りまとめ)	車層的な汚染水対象 2018年3月7日▼	▼ 2019	erc B 14r
近づけない	凍土方式の陸側遮水壁の設置							設置工事	\$	E-AK-EGIRING	78		下水の流入抑制	trate (III) to ACCE think be	理対策委
	雨水の土壌浸透を抑える敷地											工壁による建屋への地 2017年8月22日 ▲	T TOTAL CONTROL OF	R.R.電刀か汚果水処 基側遮水壁の完成を	
	雨水の土壌浸透を抑える敷地													k 京電力が汚染水処 参側遮水壁の完成を 京子力発電所の汚染	水処理対:
	雨水の土壌浸透を抑える敷地 舗装(フェーシング)						73.77	アルト等による敷地	舗装		雨水の地下	2017年8日22日 ▲	i pia	根原電力が内架水処 基側遮水壁の完成を 第千力発電所の乃架	水処理対:
	舗装(フェーシング)						7271	アルト等による敷地	舗装	T. P. 8. 9	ž	2017年8日22日 ▲	i pia	は、東方の が が が が が が が が が が が が が	水処理対:
	舗装 (フェーシング)  水ガラスによる地盤改良。 ウェルポイントによる地下水				地	盤改良工事	727	アルト等による敷地		▲T.P.8.9	東 雨水の地下 5m盤の他工事干渉箇所を	2017年8日22日 ▲ 検料・凍結箇所の凍結院 への浸透抑制 除く計画エリアの100%	施工完了	R、原東力が分乗が必 登組造水壁の宇成を 京子力発電所のみ架	水处理对
	舗装 (フェーシング)				地	盤改良工事	727	アルト等による敷地	ウェルポイント	による地盤改良背面での地	東 雨水の地下 5m盤の他工事干渉箇所を	2017年8日22日 ▲ 検料・凍結箇所の凍結院 への浸透抑制 除く計画エリアの100%	施工完了	水原電力が分乗が必 数程度水理の宇宙を ボデカチ電所の汚染	<b>水</b> 处理到
方針3	舗装 (フェーシング)  水ガラスによる地盤改良。 ウェルポイントによる地下水				地	盤改良工事	アスファ	アルト等による敷地	ウェルポイント		商水の地下 南水の地下 東子沙園所を は下水のくみ上げによる分	2017年8日22日 ▲ 検料・凍結箇所の凍結院 への浸透抑制 除く計画エリアの100%	施工完了	水水・山から水水・ 製造水板の完成を オープルを 他がのります。	水処理別
方針3 漏らさない	舗装(フェーシック)  水ガラスによる地盤改良、 ウェルポイントによる地下水 くみ上げ  海側遮水壁の設置				地	盤改良工事	設置工事	アルト等による敷地	ウェルポイント	による地盤改良青面での地 0月26日 開合完了	商水の地工事干渉箇所を 下水のくみ上げによるジ 汚染水	2017年8月22日 ↓ 検末準結面所の乗結版 への浸透抑制 除く計画エリアの100% 5全水の海域への流出抑制 の海域への流出抑制	所以	水池のから水池の	水処理別:
	舗装(フェーシング)  水ガラスによる地盤改良, ウェルポイントによる地下水 くみ上げ				16	盤改良工事		アルト等による敷地	ウェルポイント	による地盤改良青面での地 0月26日 開合完了	商水の地下 南水の地下 東子沙園所を は下水のくみ上げによる分	2017年8月22日 ↓ 検末準結面所の乗結版 への浸透抑制 除く計画エリアの100% 5全水の海域への流出抑制 の海域への流出抑制	所以	水液のから水水の 製造水板の含度を 製工力率能がの方染	水処理別:
	舗装(フェーシッケ)  水ガラスによる地盤改良, ウェルポイントによる地下水 くみ上げ  海側遮水壁の設置  地下水ドレンによる地下水く み上げ  タンンクでの処理水の貯留				16	盤改良工事	設置工事	アルト等による敷地	ウェルポイント 2015年	による地盤改良青面での地 0月26日 開合完了	雨水の地下 雨水の地で あるがでする ボールの はーる はーる はーる はーる はーる はーる はーる はーる	かけた8月22日 ▲ 技术 準格の所の 準格が への浸透抑制 をく計画エリアの100 5-差水の海域への流出抑制 水の海域への流出抑制 水の海域への流出抑制	所以	が、他のアンドルのでは、 中では、 では、 では、 では、 では、 では、 では、 では、	水処理別:
	舗装(フェーシック)  水ガラスによる地盤改良、 ウェルポイントによる地下水 くみ上げ  海側遮水壁の設置  地下水ドレンによる地下水く み上げ	初期段階の対応			16	盤改良工事	設置工事	タンクの設置	ウェルポイント 2015年 - 新智	による地盤改良青面での地 0月26日 開合完了	商水の地工事干渉箇所を 下水のくみ上げによるジ 汚染水	かけた8月22日 ▲ 技术 準格の所の 準格が への浸透抑制 をく計画エリアの100 5-差水の海域への流出抑制 水の海域への流出抑制 水の海域への流出抑制	所以	・ できない できない できない できない できない できない できない できない	水処理対:
漏らさない	舗装(フェーシング)  水ガラスによる地盤改良、ウェルポイントによる地下水 (み上げ 海側遮水壁の設置 地下水ドレンによる地下水 (み上げ タンンクでの処理水の貯留 (タンクの増設、溶接型への		初期日	受験の対応 海底土拡散 シンシン	地域によったのが被覆が		設置工事	タンクの設i 2015年4月	ウェルポイント 2015年	による地盤改良青面での地 0月26日 開合完了	商本の株下 一部本の株工 第一部の他工事干渉場所を では、 では、 では、 では、 では、 では、 では、 では、	の17年6月22日 ▲ 大井 末地の所の末地が への浸透抑制 除《計画エリアの1000 所・大小の海域への流出抑制 水の海域への流出抑制 ルース 1016年12月26日 耐久性	施工完了	が、他のから、 中の方面を 中の方面を のる のる のる のる のる のる のる のる のる のる	水処理対
環境	舗装(フェーシング)  水ガラスによる地盤改良、ウェルポイントによる地下水 (み上げ 海側遮水壁の設置 地下水ドレンによる地下水くみ上げ タンンクでの処理水の貯留 (タシクの増設、溶接型への交換等) 港湾内の海底土拡散防止のための被覆工事		<b>47.18</b> E	> > > > > > > > > > > > > > > > > > > >	対防止のための被覆 トレート トレート		設置工事	タンクの設i 2015年4月	ウェルポイント 2015年 - 整體	による地盤改良背面での地	雨水の地下 市本の地下 下水のくみ上げによる。 汚染水 ランクリプ	2017年6月22日 ▲   大井 末年6日 所の末部: への設理即制 除 《計画エリアの1005 所全 水の海域への流出即制 水の海域への流出即制 ルスの流出即制 ルスの流出即制 ルスの流出即制	版工完了 和工完了 	5日 A排水路付替等	水処理対
環境	議装(フェーシッケ)  水ガラスによる地盤改良、 ウェルポイントによる地下水 くみ上げ  海側遮水壁の設置  地下水ドレンによる地下水く み上げ  タンシクでの処理水の貯留 (タンクの増設、溶接型への 交換等)  港湾内の海底土拡散防止のための被覆工事  構内排水路への汚染水流入防止ならびに港湾内への付替え		47) 78, 18	> > > > > > > > > > > > > > > > > > > >	時は上のための練月		設置工事	タンクの設ま 2015年4月	ウェルポイント 2015年) <b>産・貯留</b> <b>モ・貯留</b> <b>マ</b> 復工事先了	による地盤改良青面での地 0月26日 閉合完了 海側遮水壁背面での地 排水路 201 第二 201 第二 201 201 201 201 201 201 201 201	所水の除下水のくみ上げよる5 海水のくみ上げよる5 海染水 マンクリブ 耐久性確保のための者 6年3月26日 ド豚水路付 よる海洋再染の助止	かの1年を目22日 ▲ 技术 準結の所の 準結:  への浸透卵卵 除く計画エリアの1005  防炎水の海域への流出卵制  水の海域への流出卵制  レース  1016年12月26日 耐久性  複花	版工完了 和工完了 	製造家水製の完成を ・ アル東地所の万字	(NO. 17)
漏っさない環境負荷低減・	議装(フェーシック)  水ガラスによる地盤改良、ウェルポイントによる地下水 (み上げ     海側遮水壁の設置     地下水ドレンによる地下水 (み上げ     タンンクでの処理水の貯留 (タンクの増設、溶接型への交換等)  港湾内の海底土拡散防止のための被覆工事     横内排水路への汚染水流入防	初期段階の対応	40 Mag F	> > > > > > > > > > > > > > > > > > > >	対防止のための被覆 トレート トレート		設置工事	タンクの設ま 2015年4月	ウェルポイント 2015年) <b>産・貯留</b> <b>モ・貯留</b> <b>マ</b> 復工事先了	による地盤改良青面での地 0月26日 閉合完了 海側遮水壁背面での地 排水路 201 第二 201 第二 201 201 201 201 201 201 201 201	商本の地下 一部の地工事子が開発 は下水のくみ上げによるが 汚染水 下水のくみ上げよる汚染 タンクリプ 耐久性確保のための相 6年3月28日 ・ ド海水路付	かの1年を目22日 ▲ 技术 準結の所の 準結:  への浸透卵卵 除く計画エリアの1005  防炎水の海域への流出卵制  水の海域への流出卵制  レース  1016年12月26日 耐久性  複花	版工完了 和工完了 	製造家水製の完成を ・ アル東地所の万字	ANGENTS TO THE PROPERTY OF THE
漏らさない環境負荷低減・廃	議装(フェーシッケ)  水ガラスによる地盤改良、 ウェルポイントによる地下水 くみ上げ  海側遮水壁の設置  地下水ドレンによる地下水く み上げ  タンシクでの処理水の貯留 (タンクの増設、溶接型への 交換等)  港湾内の海底土拡散防止のための被覆工事  構内排水路への汚染水流入防止ならびに港湾内への付替え		47) JUNE 18	> > > > > > > > > > > > > > > > > > > >	対防止のための被覆 トレート トレート		設置工事	タンクの設ま 2015年4月	ウェルポイント 2015年  2015年  2015年  2015年  2015年  2015年7月20日 S 付着	による地盤改良青面での地 0月26日 閉合完了 海側遮水壁背面での地 排水路 201 第二 201 第二 201 201 201 201 201 201 201 201	所水の除下水のくみ上げよる5 海水のくみ上げよる5 海染水 マンクリブ 耐久性確保のための者 6年3月26日 ド豚水路付 よる海洋再染の助止	かの1年を目22日 ▲ 技术 準結の所の 準結:  への浸透卵卵 除く計画エリアの1005  防炎水の海域への流出卵制  水の海域への流出卵制  レース  1016年12月26日 耐久性  複花	版工完了 和工完了 	製造家水製の完成を ・ アル東地所の万字	NOTES TO
漏らささない環境負荷低減・廃	議装(フェーシック) 水ガラスによる地盤改良、ウェルポイントによる地下水 くみ上げ 海側遮水壁の設置 地下水ドレンによる地下水く み上げ タンンクでの処理水の貯留 (タシンクの増設、溶接型への 交換等) 港湾内の海底土拡散防止のための被覆工事 構内排水路への汚染水流入防 止ならびに港湾内への付替え 工事	初期段階の対応 初期段階の対応	47 JUL 1	> > > > > > > > > > > > > > > > > > > >	対防止のための被覆 トレート トレート		設置工事	タンクの設ま 2015年4月	ウェルポイント 2015年  2015年 <b>2</b> - 貯留  2015年7月29日 日本 付割  がれきの数	による地盤改良青面での種 0月26日 閉合完了 海側遮水壁青面での地 接近での地 海側遮水壁青面での地 地 地 地 地 地 地 地 地 地 地 地 地 地	所水の除下水のくみ上げよる5 海水のくみ上げよる5 海染水 マンクリブ 耐久性確保のための者 6年3月26日 ド豚水路付 よる海洋再染の助止	かの1年を目22日 ▲ 技术 準結の所の 準結:  への浸透卵卵 除く計画エリアの1005  防炎水の海域への流出卵制  水の海域への流出卵制  レース  1016年12月26日 耐久性  複花	版工完了 和工完了 	製造家水製の完成を ・ アル東地所の万字	27
漏らささない 環境負荷低減・	議装(フェーシッケ)  水ガラスによる地盤改良、 ウェルポイントによる地下水 くみ上げ  海側遮水壁の設置  地下水ドレンによる地下水く み上げ  タンシクでの処理水の貯留 (タンクの増設、溶接型への 交換等)  港湾内の海底土拡散防止のための被覆工事  構内排水路への汚染水流入防止ならびに港湾内への付替え	初期段階の対応 初期段階の対応	40.1% E	> > > > > > > > > > > > > > > > > > > >	対防止のための被覆 トレート トレート		設置工事	タンクの設計 2015年4)	ウェルポイント 2015年  2015年 <b>2</b> - 貯留  2015年7月29日 日本 付割  がれきの数	による地盤改良青面での種 0月26日 閉合完了 海側遮水壁青面での地 接近での地 海側遮水壁青面での地 地 地 地 地 地 地 地 地 地 地 地 地 地	所水の除下水のくみ上げよる5 海水のくみ上げよる5 海染水 マンクリブ 耐久性確保のための者 6年3月26日 ド豚水路付 よる海洋再染の助止	かの1年を目22日 ▲ 大井 東和田 所の東部 への漫画即 除く計画エリアの100 第4 大の海域への流出即制 水の海域への流出即制 大の海域への流出即制 大の海域への流出即制 大の海域への流出即制 大の海域への流出即制 大の海域への流出即制 大の海域への流出即制	版工完了 和工完了 	製造家水製の完成を ・ アル東地所の万字	27

## 3.2.2個別の汚染水処理対策

## (2)汚染水源に水を近づけないための対策

## (C) 陸側遮水壁

## 凍土方式による陸側遮水壁の概要

凍土方式による陸側遮水壁は、建屋周りを凍土による遮水壁で取り 囲み、また、海側遮水壁と接続させることにより、山側から海側へ流 れる地下水を迂回させて建屋に近づけないことで汚染水を低減させる。



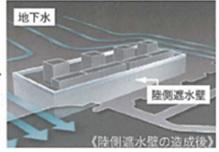


図3-53 陸側遮水壁の造成と地下水流れのイメージ

#### 表3-8 陸側遮水壁の主要設備

陸側遮水	空の担増	全長:約1,500m
产生内加州人	E V / / / / /	深度:約30m
凍結管	1,568本	凍結管間隔:1.0m, 1.2m
		列数;1列(陸側遮水壁の外側,現地の状況により一部内側に設置)
測温管	359本	測温管間隔:約5m
		凍結管ラインからの離れ距離:0.85m
冷凍機	30台	ブライン温度:-30°C
7 13 77 100	30	凍結能力:約70冷凍t(0°Cも水を24時間で氷にできる能力)
水観測井戸	82孔	陸側遮水壁沿いの内外側に配置し,水位差により遮水効果を確認するた
71 800/31717	0210	めの観測井戸
		陸側遮水壁沿いの内側に配置し,建屋周辺の地下水位が建屋内水位より
注水井戸	33孔	低くなる可能性がある場合,注水を行い建屋周辺の地下水位を保持する
		ための補助設備

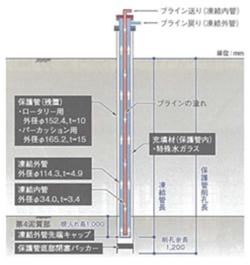
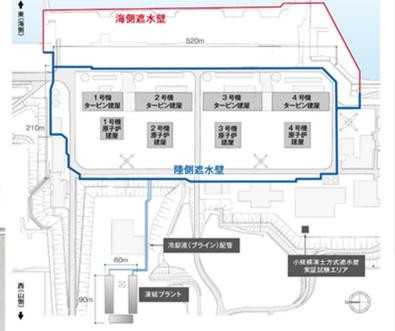


図3-55 凍結管の構造断面



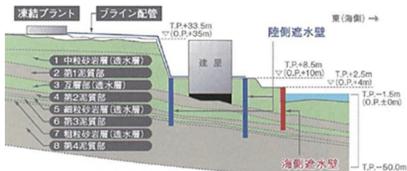


図3-56 陸側遮水壁の設備配置図

17

## (C)陸側遮水壁 凍土方式による陸側遮水壁採用の経緯

汚染水処理対策委員会は、廃炉対策推進会議(第3回、平成25年4月19日)の議長(経済産業大臣)の指示により、建屋への地下水流入抑制の具体的な方策についての公募を行い、陸側遮水壁に求められる要件に基づいた評価を行った。

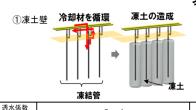
### ①遮水能力が高く、地下水の流入抑制効果が高いこと

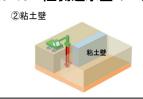
- ・地下水流入量の抑制効果が高いことが望ましく、透水性は小さいほど よい。
- ・地震などによって遮水壁に亀裂入が発生した場合でも、遮水機能の低下が起こりにくいほどよい。

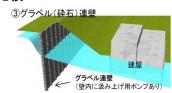
### ②施工期間の短さ、施工可能性の高さ、遮水壁で囲い込む む範囲を狭くできること

- ・高線量下での作業のため、工期の短さや施工可能性が高いこと。
- ・地下埋設物の存在があっても施工可能であること。
- ・周辺へ汚染水を流出させない施工方式が好ましい。
- ・取扱う地下水の総量が少なく、地下水水管理を容易とするため、囲い 込む範囲が狭いことが好ましい。
- ・発生する残土が少ないことが好ましい。
- ③既設の埋設構造物に大きな影響をあたえないこと
- 4 完成後の地下水位管理が比較的容易であること
- 5完成後の補修等の管理が比較的容易であること

#### 表3-10 陸側遮水壁の工法の比較







グラベル連辟け水を通す設計であり 透水区数での比較け適さ

(遮水效		10 <sup>-8</sup> ~10 <sup>-9</sup> m∕s	ない
施工1	・重機が小型、建屋近傍設置に有利 ・重機が小型であるため、重機に違へい、 措置をすることで、作業員被ばく対策 が可能 ・他作業との作業エリア調整が容易 ・汚染掘削土をほとんど排出しない	に進んい指面をすることが 困難。作業員被ばく対策も 請じにくい	- 重機が大型、 連屋近傍設置には不利 - 重機が大型であるため重機 に適へい措置をすることが 困難。作業員被ばく対策も 調ににい ・ 他作業とのエリア調整が困難 ・ 汚染掘削土等が発生する
工法概	要 一定間隔で凍結管を設置し、氷点下数十度の冷却材 を循環させ、凍土壁を造成	地盤を切削し、粘土を充填することで粘土壁を構築	地盤を切削し、グラベル(砕石)を充填。壁内にポンプを設置し、 上流からの地下水を汲み上げることで、地下水位を管理。
T #6	\$19+-24+ B	\$24±-20← B	\$2.4 L B

全長約1400m (図中の水色部分)

施工エリアの比較





全長 約1500m (図中の緑 +ピンク部分)



全長 約2000m (図中の赤色 +緑色部分)

## 評価結果

応募のあった対策工のうち、凍土壁は既設構造物を取り壊さず、また、地下水の凍結で遮水性の高い壁の構築が可能なため、他の方法に比べ要件に対する優位性があると判断され、第3回 汚染水処理対策委員会(平成25年5月30日)において「遮水効果、施工性等に優れる凍土方式」による陸側遮水壁が採用された。

## 陸側遮水壁の設計検討

主な設計検討事項は表 3-12のとおり。また、原子力規制委員会 特定原子力施設監視・評価検討会、汚染水処理対策委員会、陸側 遮水壁タスクフォース等で**個別の技術課題や設計検討、工事の進 捗管理、凍土壁の効果**などが検討された(**表 3- 13**)。

陸側遮水壁を支える技術としては、実証試験の評価、凍土の成 立性評価、凍土壁ライン・深度や凍結プラント等の基本仕様、リ チャージウェル(注水井)の成立性や設備設計、削孔や凍結順序 などの造成手順、運用方法(水位管理)の設定などを行う上で用 いた解析技術(地下水流動解析、凍結解析(熱・水連成解析))等の 他、以下の4つの実証試験により技術的な課題の解決を図った。



図3-58 4つの実証試験

主 11 時間歯や時の主が記録検討事項

	表3-	1	主な設計検討事項					
大項目	検討項目 小項目	検討事項	内容	設計等への反映				
		①凍土の効果、被ばくを考慮した施工範囲等	<ul> <li>解析(地下水流動解析、酸・水温成解析)による施工範囲等の検討</li> <li>放射線防援設備の検討</li> </ul>					
		②凍土壁に支障のある埋設物の調査・評価	「風力報のほ次調の(株式) 施工・強工関等に基づいた:凍土壁ルート下の埋設物の位置・ 深度、形状・規模の確認 ・設計・能工への影響評価 ・機動工法・単純物内の汚染水漏洩に対する対策検討					
	1. 遮水壁の範囲, 位置(ライン), 凍結管 のピッチ等の	③リチャージシステムの効果の評価	・原析(地下水流助原析)によるリテャージ効果の検討 ・実証試験(領地小規模水納試験)で確認	<ul><li>・凍土壁ライン、凍結ブラント等の基本 仕様、基本配置</li><li>・凍土遮水壁の造成手順</li></ul>				
	基本検討	④ 進水壁内地下水量処理策の検討	・解析(地下水流動解析)により流輸順序(山側先行施工と 山海側両時施工)などによる強重周辺地下水位の低下検討	・凍土遮水壁設置後の地下水位 管理の基本方針				
		⑤遮水効果・滞留水のアウトリークの可能性について の評価	- 連水効果を実証試験(現地小規模連結試験)で確認 ・原新(地下水流動原析)によるアウトリークの可能性 ならびに最適な施工順序の検討					
		⑥各建屋への流入量の把握・評価	・解析(地下水流動解析)による検討	1				
		①下部透水層の地下水の影響評価	- 帰析(地下水波脂原析, 能・水温成原析)によるリスクと 効果を踏まえた最適な原皮の検討 - 観週水層の進水性を実証試験(裏地小規模連絡試験)					
	2.遮水壁の深度	②難透水層(泥岩層)の遮水性確保の検討	・凍土壁の深度 ・施工方法					
		③互層の地下水への汚染の拡大防止検討	・施工方法の検討					
也下水流入		①凍土壁施工に関する基礎データの取得	-実証試験(現地小規模箱試験)で取得					
抑制対策 3	3.既設埋設物干渉箇所で	②凍土壁に支障のある埋設物の調査・評価	・施工・竣工図等に基づいた凍土壁ルート下の埋設物の位置。 深度、形状、規模の確認 ・設計・超工への影響評価 ・機動工法、埋設物内の汚染水満波対策の検討	・凍土壁ライン・凍結ブラント基本配置 ・補助工法を含めた埋設干渉箇所の				
	の凍土の成立性	・補助上法を書めた年級十多箇所の 施工計画 ・凍土進水壁の造成手順						
		④埋設物横断部での施工方法の検討	の施計 ・養証試験(モックアップ試験)での統計 ・権助工法や埋設物内の汚染水温波対策の検討 ・実証試験(現場・保護流輸試験)で統計 ・構助工法や理談物内の汚染水温波の対策を検討					
	4.地下水流速の速い箇所で の凍土の成立性							
		①フェーシングの支障物の把握	・現地確認による支障物の把握					
	5.フェーシング(降雨浸入防止 対策)の成立性	②フェーシングの効果の評価	・解析(地下水流助解析)による検討	<ul><li>・フェーシング計画</li><li>・凍土遮水壁設置後の地下水位</li><li>管理の基本方針</li></ul>				
	73X/43/WILL	③干渉する工事の抽出・影響の評価、緩和策						
	6.凍土遮水壁形成の確認	①凍土這水壁形成の確認方法の検討	・データ管理システムの検討 ・実証試験(環境小規模情試験)等で検討	・凍土遮水壁の造成・維持に関する モニタリング基本方針、モニタリ ングシステム(地中温度、地下水位) ・データ管理システム				
		①進水壁設置時の地下水位低下速度の評価	・解析(地下水流動解析)による検討					
	7.建屋周辺地下水位の低下 に併せた建屋内水位の低下	②建屋内滞留水に併せた滞留水の移送・タンク 増設の検討	・解析(地下水流動解析)による建屋流入量の検討 ・移送設備、タンク増設の検討	<ul><li>・凍土遮水壁設置後の地下水位 管理の基本方針</li><li>・凍土遮水壁の造成手順</li></ul>				
屋滞留水		③凍結順序の違いによる地下水位低下の評価	・解析(地下水液動解析)による検討	・移送設備, タンク増設計画				
D漏洩防止	8.建屋周辺地下水の低下によ	①リチャージによる地下水位コントロールの予測	・帰析(地下水液助帰析)による検討	***・				
	る建屋内滞留水の漏えいの防止	②リチャージシステムの設計	・データ管理システムの検討	・凍土遮水壁設置後の地下水位 管理の基本方針 ・データ管理システム				
		③現場試験による成立性の検証	- 突駆試験 (現地小規模液輸試験)で確認					
	9.ロードマップへの影響 の緩和	①干渉する工事の抽出、影響の評価緩和の検討	・他工事との綿密な工程調整や地上構造物の調査の徹底 ・補助工法を含めた施工方法の検討	・凍土壁ライン・凍結ブラント基本配置 ・施工工程				
セプロジェク および既設 帯との干渉	10.凍土周辺の既設構造物に対する影響の緩和(凍結	①凍結膨張による周囲構造物への影響検討	- 解析(地盤沈下, 強重の支持基盤等への影響など) による検討 - 実証試験で確認	・凍土壁ライン・凍結ブラント基本配置 ・凍土遮水壁の造成手順 ・凍土壁造成、維持に関するモニタリン グ基本方針				
D緩和	など)	②解凍後の地盤の不安定性の検討	- 実証試験(現场小規模束給試験)で確認	・データ管理システム ・連土周辺の既設構造物に対する影響 の緩和方策				
		①作業員、資機材(冷凍機など)の確保	・施工工程に基づいた作業員、資機材の確保					
ts = ##	11 株工社画のポーサ	②施工品質の確保	・データ管理システム	· 事業工程 · 施工計画				
<b>恒工性</b>	11.施工計画の成立性	③被ばくを考慮した施工範囲の検討	· 放射線防護設備	<ul> <li>凍土壁ライン、凍結プラント等の 基本仕様、基本配置</li> </ul>				
		④津波等を考慮した冷却ブラント等のヤード確保	・津波製来時を考慮したブラント配置	1				
2 守管理	12.長期運用における保守							
R守管理 1	管理	②長期運用、災害対応に適した電機設備の検討						

## 表 3- 13 原子力規制委員会、汚染水処理対策委員会、陸側遮水壁タスクフォースでの審議事項(2018年12月20日現在)

$\neg$			原子力規制委員会						污染水処理対策委員会						
		_	特定原子力施設監視·評価検討会			_	汚染水処理対策委員会		L		陸側遮水壁タスクフォース				
年	月日	<b>@</b>	報告·審議事項	報告	ЯВ	@		報告	ЯВ	0	地下水の流入抑制のための対策(概要)	報告			
-	-	-	-	-			地下水流入抑制のための対応方策 総会的液入抑制対策の提案-以土系液水壁によ	東京電力			- 皆選エネルギー庁-	資源エネル ギー庁 汚染水処3			
-  -	-	-	-	-			総合的成人が利用来の成果 - 和工糸追水型によ る恒久的対策	大成建設	ä	1	地下水の流入抑制のための対策	対策委員会			
	-	-		-	3月29日	1	凍土進水壁による地下水流入抑制薬	商品建設	B		陸側遮水壁(凍土方式)による 1~4号機 建屋 内 へ の地下水 流入量 低減 方策の検討 について	東京電力			
	-	-	-	-			東京電力株式会社福島第一原子力発電所 建屋内地下水流入抑制対策エに関する提案	清水建設	8.H.8 H.8 H.8 H.8 H.8 H.8 H.8 H.8 H.8 H.	2	平成25年度「発電用原子炉等廃炉・安全技術基盤 整備事業(地下水の流入抑制のための凍土方式 による遮水技術に関するフィージビリティ・スタディ 事業)」に関する企画提案書	机构建20			
į	-	-	-	-			総合的流入抑制対策の提案-短中期的対策~中 長期的対策-	大成建設			福島第一原発の地下埋設物について	東京電力			
	-	-	-	-	5,F16B	2	連土進水壁による地下水流入抑制家 課題と対応策	鹿島建設	8,Я20В	3	平成25年度「発電用原子炉等廃炉・安全技術基盤 整備事業(地下水の流入貯制のための凍土方式 による遊水技術に関するフィージビリティ・スタティ 事業)」に関する企画提案書	概島建19			
į	-	-	-	-			建屋内流入抑制対策工の比較	清水建設	=		凍土道水壁の目的・設計方針	東京電力 鹿島建設			
	-	-	-	-			グラベル連続壁による地下水流入抑制案	安藤ハザマ	11,815B	4	凍土追水壁の検計事項に対する進捗状況(7/1 タスクフォースでの検計事項)	東京電力 鹿島建設			
1	-	-	-	-	5,F30E	3	地下水の流入抑制のための対策	污染水処理			実証試験の現状報告	鹿島建設			
	-	-	-	-	10B	,	E PAOSEA PROPERTO NA PROPERTO	対策委員会	_		<b>連土遊水壁の基本設計</b>	東京電力 底島建設			
	-	-	-	-	-	-	-	-	12.FI3.FI	5	凍土遮水壁の検討事項	東京電力 鹿島建設			
ı	-	-	=	-	-	-	-	-	m		フィージビリティスタディ事業 検討状況	鹿島建設			
ı	-	-	-	-	-	-	-	-			凍土遮水壁設置後の地下水位管理の基本方針 (案)	東京電力 鹿島建設			
	-	-	-	-	-	-	-	-			連土方式の小規模進水壁実証試験[FS①] ケーシング底部の止水性向上策検討状況報告	<b>疾鳥建設</b>			
ŀ	-	-	-	-	-	-	-	-	12		凍土方式の小規模追水壁実証試験[FS①] 凍土 造成状況報告[連報]	鹿島建設			
ļ	_	_	-	-	-	-	-	-	12.F(30)E	6	実証試験①: 小規模遮水壁実証試験 光ファイバー方式測温システムの試適用(家)	<b>成島建1</b> 3			
1	_	Н	_		-	-					東土方式の小規模資本原案部は助fcsil 連続	00.00			
ŀ	-	-	-	-	H	-	-	-			管12mビッチ試験(薬) リチャージ設備の性能と運用に関する解析的検討				
1	-	-	-	-	F	-	-				1~4号機建墜貫通箇所を詰まえたリチャージの位	東京電力 底島建設			
+	_	_	-	_	-	-	_	_	-	Н	置付け(案) 凍土遮水壁設置後の地下水位管理の基本方針	東京電力東京電力			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.Fl 25E	7	(案)	東京電力 鹿島建設			
	-	-	-	-	-	-	-	-	BSS	l ′	凍土方式の小規模進水壁実証試験[FS①] ケーシンが底部の止水性向上策検討状況報告	斑鳥建設			
ŀ			凍土方式追水壁の根要について	資源エネル	-	-	_	-	$\vdash$	Н	凍土方式の小規模遊水壁実証試験[FSI] 凍土 造成状況報告[連報]	<b>麻島建</b> 節			
	3 <i>F</i> (3) E	19	東エカ氏能水型の頻繁に 34・C	4-11			_					56.20 XE.S			
			凍土方式追水壁の概要(こついて(参考資料)	東京電力 底島建設	4月28日	12	陸側遮水壁タスクフォースにおける検討状況につ いて	資源エネルギ 一庁	9		実証試験①: 小規模進水壁実証試験 光ファイバー方式測温システムの試適用(薬)	底島建設			
İ			凍土方式追水壁について	資源エネル ギー庁		Г	陸側遮水型タスクフォースにおける検討状況につ いて	汚染水処理 対策委員会	3.FI 8.B	8	凍土方式の小規模巡水壁実証試験[FS1)] 凍結 管1.2mビッチ試験(案)	斑鳥建2			
	4.FI 18E	20	東京電力(株)福島第一原子力発電所における予 防的・重勝的な汚染水処理対策一添付資料-	污染水処理 対策委員会	7,F125B	13	連土壁12mの施工について	東京電力 商島建設			リチャージ設備の性能と運用に関する経形的検討	東京電力 鹿島建設			
	B	20			_	L	株工至12mの施工に 50・C	商島建設			1~4号機速型貫通箇所を踏まえたリチャージの位				
-			凍土方式追水壁の設計について 「凍土方式追水壁による汚染水対策に関する東京	東京電力 庭島建設 東京電力	-	-	-	-	L	L	1~4号機関産員通回所を結ま又だりチャーンの位 置付け(事) 水位管理に関する検討状況について	東京電力東京電力			
			電力(株)への質問事項」へのご回答	東京電力 鹿島建設 原子力規制	-	-	-	-			FS(実証試験(4)による対象土層のリチャージ特性	東京電力 東京電力			
	5 <b>月</b> 2日	21	第カ(株)への質問事項 連士式追水壁による汚染水対策に関する外部専 門家から提出されたご意見	原子力規制	-	-	-	-			の確認 リチャージ特性評価試験の事後評価解析(解析目 が、般を条件第	東島建設 東京電力			
	=		東工兵艦水型による方米水対東に関する外部等 門家から提出されたご意見	原子力規制 庁 原子力規制	-	-	-	-	١.		りチャーン特性評価試験の事後評価指標(無何日 的・解析条件等) 注水弁関連設備の詳細設計(実証試験結果を反	東京電ス 産島建設 東京電力			
1	_		凍土方式追水壁に関するこれまでの経緯について 凍土方式追水壁造成前後の地下水流動予測につ	F	F	P	P	_	-	-	-	AH 16B	9	映)	疾島建区
			#エガス塩水量塩放射板の地下水流制予測にリ いて	東京電力	-	-	-	-			リチャージ特性評価試験(実証試験③) 試験結果	政島建設			
			凍土方式遮水壁造成による地盤影響評価	東京電力 鹿島建設	-	-	-	-			実証試験④リチャージ特性評価試験 試験結果	鹿島建設			
	5.Fl 26 El	22	资料编	東京電力	-	-	-	-			リチャージ特性評価試験の事後評価解析	鹿島建設			
	8		凍土方式週水壁による地盤次下の可能性等に係 る場所にあたっての始め数理について	原子力規制	-	-	-	-	т	Т	大規模実証事業の進捗について	東京電力 鹿島建設			
			凍土方式遊水壁による地盤次下の可能性等に係 も議論に当たっての論点整理について 凍土方式遊水壁による汚染水対策に関する東京 電力(株)への質問事項	原子力規制	-	-	-	-			大規模実証事業に関わる検討事項	東京電力 鹿島建設			
			東土方式追水壁に関するこれまでの経緯について	原子力規制	-	-	-	-			連結管構造に関する検討				
ı			凍土方式遮水壁の設置工事における地下埋設物 等への考慮について	東京電力	-	-	-	-			連結管ビッチに関する検討	東京電7 東京電7 東京電7			
			資料編(その1)	庁 東京電力 衰島建設 東京電社 東京電社 東京総議 東京総議 東京電話	-	-	-	-			スタンドバイブの設置に関する検討	東京電力 疾島建2 東京電力 疾島建2			
			資料編(その2)	東京電力	-	-	-	-	6.50		連土方式遊水壁の設置工事における地下理設物 等への考慮について	東京電力 鹿島建設 東京電力 鹿島建設 東京電力			
2	6,0		資料編(その3)	東京電力 底島建設	-	-	-	-	6.B13.B	10	モニタリング計画	東京電力 原島建設			
	6 <b>月</b> 6 <b>日</b>	23	東土方式追水壁の設置に伴う地下水および建屋 のほめまのまの整理について	東京電力	-	-	-	-			リチャージウェルの目詰まり物質の推定と対策	<b>我热速</b> 2			
			内汚染水の水位管理について 凍土方式遮水壁の設置に係る地下水等の監視お 上が配合機の対応について	底島建設 東京電力 疾島建設	-	-	-	-			(乗) 実証試験①フィッティング解析及び複列部の閉合 規限評価	鹿島建設			
			凍土方式遮水壁の設置に係る地下水等の監視および緊急時の対応について 壊土方式遮水壁による汚染水対策に関する東京 電力接入の質問事項	底島建設 原子力規制	-	-	-	-			展開計值 実証試験①維持運転実施状況	<b>鹿島建</b> 区			
			電力:株)への質問事項 凍土方式遣水壁に関するこれまでの経緯について	庁 原子力規制 庁	-	-	-	-			実証試験①光ファイバに関する検討	疾病建計			
ŀ	_	_	-	-	-	-	-	-			実証試験①計測結果	<b>成島建</b> 2			
ľ	-	-	- 1	-	-	-	-	-	Г		連土方式遊水壁大規模整備実証事業状況報告 (1)施工選券状況 (2)ケーシンが高齢止水状況(ゴムバッカー)	東京電力 鹿島建設			
-	-		_	-	-	L	_	H_			スタンドバイブの設置に関する検討	東京電力 鹿島建設			
1	-		_	-	H	E	-		12		スタンドハイブの設置に関する検討 連上造成解析 検討の流れ	<b>庭島建2</b> 庭島建2			
H	_	Ė	_	-	H	-	-		7,515B	11	凍土対成所有 検討の式れ 凍土方式の小規模進水壁実証試験状況報告	<b>班島建</b> 5			
ł	_		_	_	-	F.	_				連絡連摩と地下水道連について	<b>成島建</b> 1			
ŀ	÷	Ė		-	H	Ē					光ファイバによる温度検層システムに関する検討 転果	<b>北島建</b> 1			
	-	-	_	-	H	-					核果 家内計算結果	<b>放热球!</b>			
ŀ		É	-	-	_	_	-	-	$\vdash$		<b>連土方式近水砂大切模型機実訂事業</b>	WWW.			
	_	_		-	-	-					状況報告 1.2mビッチの施工について	東京電力 東京電力 東高建設 東京電力			
	-	-		-	_	-	_		S	10	1.2mビッチの施工について 権利施工について	度島建士 東京電ブ			
	-	-	-		-	-		-	50 ED	12	personal to 2010.	班島建2			
	-	-	-	-	-	-		_	m		44 00 WALL- BE - Z +0 04	東京電力			
	-	-		-	-	-	-	-	m		制御運転に関する検討 連土追水壁施工における汚染拡散防止基本方針	成島建設 東京電力			
	-	-		-	-	-	-	-			凍土遮水壁施工における汚染拡散防止基本方針 (案)	度島建設 東京電力 廃島建設			
	-	-	-	-	-	-			L		凍土遮水壁施工における汚染拡散防止基本方針 (薬) 凍土方式遮水壁大規模整備実証事業状況報告	鹿島建設 東京電力 鹿島建設 東京建設			
	-	- - - -			-	-			В 10月22В	13	渡土道水型施工における汚染拡散防止基本方針 (業) 凍土方式流水型大規模整備実証事業状況報告 凍土方式流水型大規模整備実証事業状況報告	東庭東庭東庭東庭東庭東庭東庭東庭東庭東庭東庭東庭東庭東庭東庭東			

			原子力規制委員会 特定原子力施設監視·評価検討会			_	污染水処理対策委員会		L	_	汚染水処理対策委員会 陸側遮水壁タスクフォース	
年	月日	0	THE MINT A	報告	ЯE	0	報告・審議事項 「汚染水処理対策技術検証事業」の進捗状況につ	報告	月日	0	報告・審議事項 陸側進水壁(海側)トレンチ部の段階的な施工につ	報告
	ã	31	陸側遮水壁閉合後の水位管理について	東京電力 庶島建設			汚染水処理対東技術模証事業  の進捗状況について	污染水処理 対策委員会			陸担巡水壁(海側)トレンナ部の政階的な施工について	東京電 鹿島班
	98		陸側遮水壁閉合後の水位管理について 参考資料	東京電力	3,8178	15	陸側遮水壁閉合後の水位管理について	東京電力	F3B	14	陸側遮水壁閉合後の水位管理について	東京電 鹿島湖
	m 3m	32	陸側遮水壁閉合後の水位管理について 前回ご指摘事項へのご回答	東京電力 庶島建設	-		陸側追水壁閉合後の水位管理について 参考資料	東京電力			陸側遮水壁閉合後の水位管理について 参考資料	東京電 鹿島班
	3		陸側遮水壁閉合後の水位管理について	東京電力 鹿島建設	-	-	-	-	Г	Г	陸側遮水壁の工事の進捗について	
	JA 258	33	陸側進水壁閉合後の水位管理について(第31回 特定原子力施設監視・評価検討会資料3および参 考3より抜粋)	東京電力 庶島建設	-	-	-	-1	5,F] 20 El	15	試験凍結の状況について	東京信息別
20	5FI 22	8	健康への地下水流入抑制策について一基本シナ リオにおける陸側遮水壁閉合の進め方一	東京電力	-	1-	-	-			建屋への地下水流入抑制策について 一各対策の実施手順と水位管理ー	東京司鹿島並
2015年	B 75	36	試験凍結実施状況・建屋内外水位が逆転した場合 の影響権財	東京電力	B //// 22	16	陸側遮水壁タスクフォースにおける検討状況につ	污染水処理 対策委員会	Г	Т	陸側遮水壁の工事の進捗について	東京電車島社
	-	-	の影響模詞 —	-	-	-	-	河東安良報	7.Fl 10E	16	試験凍結の状況について (1)地中温度及びプライン温度 (2)中粒砂岩磨水位裁割井(Gi-1)水位 (3)試験凍結箇所近傍の被圧水頭	東京電震島別
	148	37	陸側進水壁の進捗状況報告	東京電力	-	†-	_				試験凍結に関する報告	東京省
	m .m	-	陸側遮水壁等の地下水流入抑制対策に関する論	原子力規制	H	+	_				水位管理について	***
	12.3B	38	A放理	rt	-	F			11,8178	17		***
	ISB	36	至近の地下水挙動ならびに陸側遮水壁閉合に関 する検討結果	東京電力	12月11日	13	機倒進水壁タスクフォースにおける検討状況について	污染水処理 対策委員会			水位管理について サブドレン辞集・海側遮水壁閉合時の地下水學動 に基づ、陸側遮水壁閉合に関する監視・評価検討 会報告事項(薬)	東京電
	- I	39	陸側進水壁の運用に係る股間事項及び評価	原子力規制 庁	-	-	-		-	-	-	-
	<b>A27B</b>	39	陸側遮水壁に関する東京電力のこれまでの説明 状況及び評価について	原子力規制 庁	-	-	-	-	-	-	-	-
	Г		陸側追水壁の検討結果(概要)	東京電力	-	-	-	-	-	-	-	-
	2		陸側遮水壁の検討結果	東京電力	-	1-	_	-	-	-		-
2.35					_	_						
								_	H			-
	3Д	41	状況及び評価について 陸側遮水壁の閉合について	京京電力	E	F			E	F		
	з,Язн 4.				F	-	_	_	F	_	_	_
201	яя25 В	42	陸側遮水壁の状況(第一段階フェーズ1)	東京電力	-	-	-	三 三 三 三 三 三 三 三 三 三 三 三 三 三 三 三 三 三 三	5,FI 10E	18	陸側遮水壁の状況(第一段階フェーズ1)	東京電
<b>#</b>	6A5	-	陸側遮水壁閉合(第一段階フェーズ1)の状況と フェーズ2への移行	東京電力	6,F27B	18	韓側遮水壁の状況について	対策委員会	m		陸側進水壁の状況(第一段階フェーズ1) 参考資料集	東京省
	7.Fl 19	44	陸側進水壁の状況	東京電力	98	100	陸側進水壁の進捗状況	污染水処理 対策委員会	-	-	-	-
	S0 30	45	陸側遮水壁の状況	東京電力	-	-	-	- 7	-	-	-	-
	18 B	45	陸側遮水壁の状況(参考資料)	東京電力	-	-	-	- 1	-	-	-	-
	9.Fl 28 El	46	陸側遮水壁の状況	東京電力	-	-	_	-	-	-	-	-
	B85	46	陸側遮水壁の状況(参考資料)	東京電力	-	-	-	-	-	-	-	-
	10A H01	47	陸側進水壁(山側)の一部開合			-	-	-	-	-	-	-
	12月16日	49	陸側進水壁の状況	東京電力	-	-	-	-	-	-	-	-
	IA2	50	地下水流入対策の現状	東京電力		19	地下水流入対策の現状	東京電力		Т	陸側進水壁の状況について(報告事項)	東京電
	- 2	_	_	-	B / SAIZS	20	地下水流入対策の現状	東京電力			陸側遮水壁の維持管理運転(審議事項)	東京省
	-	-	_	-	-	20	IN THE COMMON	******			凍土造成 解析結果(中粒砂岩陽央付近の水平断	8.83
	F	F	_	_	F	F	_	_	3,Я2В	19	面コンタ)	DE M9 X
	-	-	-	-	-	-	-	-			注水確認について	用品目
	6.H28	54	地下水流入対策の現状	東京電力	-	1-	-				SD59 を対象とした注水確認結果の再現性に関す る解析的検討	鹿島田
	-	-	_	-	-	1-	-	-			地中温度, 地下水位変化等の状況報告 1-① 地中温度分布図	東京省
	$\vdash$	-	-	-	-	1-	-	-			互居凍結遅延箇所の凍結実績	東京日
2017	-	1	_	_	-	1-	_				陸側進水壁について	東京省
2017年	-		1		-	1			6,81	20	資料1-2地下水位の変化状況 陸側遮水壁について 資料1-3 建屋流入量・くみ上げ量等の状況	東京日
2017年	-	-			-  -		_	-	48	20	時間達金融について	東京省
2017年	-	-	-	-	-	-	0.00		1		資料1-④ 注水効果に関する事項	底島湖
2017年	- i	-	-	-	-	-	-				時側波大陸について	
2017年	-	-	-	-	- B		地下水流入対策の現状	東京電力			陸側遮水壁について 資料2 西側3 閉合に関する検討	
2017年	8F30	55	- - 地下水流入対策の現状	東京電力	B B B		ー 地下水流入対策の現状 地下水流入対策の現状	東京電力東京電力			資料2 西側3 閉合に関する検討 随側遮水壁について 資料3 維持管理運転の状況	東京電
2017年	8.F.30 10.Fl	56	ー ー 地下水流入対策の環状 地下水流入対策の環状	- 東京電力 東京電力	- JA7 8729				11/82	21	資料2 西側3 閉合に関する検討 協働道水型について 資料3 維持管理運転の状況 随側道水型の状況	東京省
2017年	8F30	-	- - 地下水流入対策の現状	東京電力	B B B				11月22日	21	資料2 西側3間合に関する検討 協側選水銀について 資料3 維持管理運転の状況 随側選水銀の状況 内外水位差	東京省
2017年	8.F.30 10.Fl	56	ー ー 地下水流入対策の環状 地下水流入対策の環状	- 東京電力 東京電力	- JA7 8729				+		資料2 西側3 閉合に関する検討 協働道水型について 資料3 維持管理運転の状況 随側道水型の状況	東京省東京省
2017年		56 57	一 一	ー ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	- JA7 8729		地下水流入対策の現状 	東京電力	11,9228 1,9178	21	資料2 無限3期会に関する検討 協働進水壁について 資料3 機合管理議長の状況 協働進水壁の状況 内外水位差 協働進水壁の効果に関する現時点での評価につ	東京省東京省東京省
	8,730 10,8 12,8 2,914 1 8 308 258 8	56 57 58	一	ー 東京電力 東京電力 東京電力	- 181 8020 	20	地下水流入対策の限状 - - 協僚進水便の限況について	東京電力 ー 東京電力 東京電力 東京電力	+		資料と獲得3回合に関する検討 価額直表現について 資料3 維持管理運転の状況 結構直光型の状況 内外永位業 価額直水型の効果に関する現時点での評価につ いて	東京等東京等東京等
2017年 2018年	8,730 10,8 12,8 2,914 1 8 308 258 8	56 57 58	一	ー 東京電力 東京電力 東京電力	- JA7 8729		地下水流入対策の環状	東京電カー 東京電力 東京電力 東京電力 東京電力 東京電力 東京電力	1,9178 1		最終と適能の認用に関する総計 機能変素型について 資料3 精神管理機能の状況 除機能を基金の状況 内外水位置 機能成本種の効果に関する眼神点での評価について いて 系統集のサブトレンベカ上げ重の精神変化	東京省 東京省 東京省 東京省 東京省 東京省
	8,730 10,8 12,8 2,914 1 8 308 258 8	56 57 58	一	ー 東京電力 東京電力 東京電力	- 181 8020 	20	位下水流入対策の環状	東京電力 ー 東京電力 東京電力 東京電力 東京電力 東京電力	+	22	展社支 通知3階には関する総計 極限が表現しています。 素料3 解析物理系統の改変 内が大位差 内が大位差 の表現が表現の施工部する限料系での評価につ いて 系統集のウザドレンくの上げ量の解析変化 系統を取得が振進者会(第1回)資料4(物种)	東京省 東京省 東京省 東京省

<sup>19)</sup>原子力規制委員会特定原子力施設監視・評価検討会:

http://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/yuushikisya/tokutei\_kanshi.html

<sup>20)</sup>汚染水処理対策委員会:http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/osensuitalsaku/archive/talsakusyori.html 21)汚染水処理対策委員会 陸側遮水壁タスクフォース:

http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/osensuitaisaku/archive/task\_force.html

## (c)陸側遮水壁 陸側遮水壁の施工

### 1施工手順

②埋設物への対応

凍土ラインには**約170箇所の大小の埋 設物横断箇所**が分布。埋設物の大きさ・ 形状、深度、隣接埋設管との位置・間 隔、溜まり水の状況などにより施工方 法を変更して凍土壁の造成を行っている。

### ③被ばく低減対策

- ・作業時間は施工箇所の空間線量に応じて1日あたり3~4時間
- ・除染(がれき撤去、汚染土壌の除去) や遮へい物(砕石、敷き鉄板、コンク リート・鉄板・鉛フェンス)の設置な どの被ばく低減対策
- ・ブライン配管周りの断熱材や保護鋼板 などは、プレキャスト材を多用する工 夫により作業時間の短縮が図られた。





図3-59 陸側遮水壁の施工手順表3-14 埋設物への対応方法

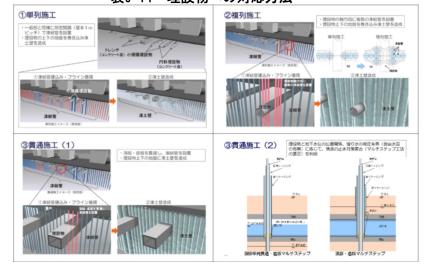




図3-61 被ばく低減対策の効果

空間線量:0.3~0.5mSv/h

対策:構台上に銅製覆工板200mm厚

両側にコンクリート板150mm厚と

《対策前》

·空間線量: 1.0 ~ 1.2mSv/h

線源:左側法面と右側建屋





図3-62 被ばく低減対策

21

## (c) 陸側遮水壁 凍結開始後の水位管理

陸側遮水壁内側の水位管理は、**建屋滞留水の周辺地盤への漏えいを発生させないこと**を絶対条件として、陸側遮水壁内側の地下水位のコントロールは、サブドレン(地下水の汲上げ、42孔)とリチャージウェル(注入井、33孔)で行われた。

地下水位の監視は、既存の観測孔を含め不圧地下水で69孔、 被圧地下水で53孔の観測孔が配置された。

水位管理は、サブドレン・地下水ドレンの稼働と海側遮水壁の閉合を行う条件で、建屋水位に対する建屋周辺の地下水位の変化、建屋流入量やサブドレンの汲上げ量の変化などのシミュレーション結果に基づいたシナリオを設定して、具体的な水位管理方法を定めている。

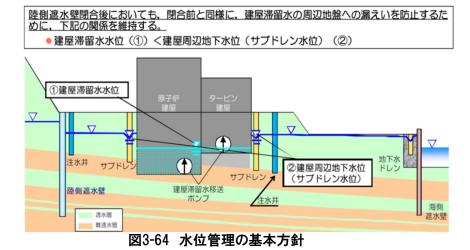
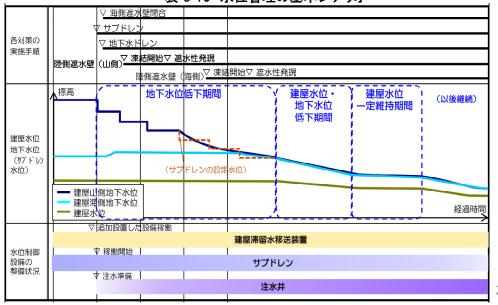


図3-65 サブドレン、リチャージウェル(注入井)、地下水位観測孔配置図表 3-16 水位管理の基本シナリオ



実測値及び実測値の分析により陸側遮水壁の評価が行われた。

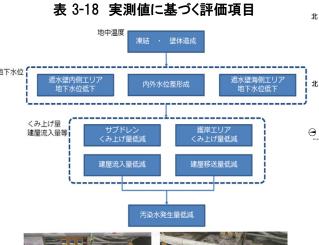


図 3-67 凍結状況(掘削調査、2018年3月)



陸側遮水壁閉合前:約190m3/日 凍結開始後:約90m3/日

図 3-73 建屋への雨水・地下水流入量

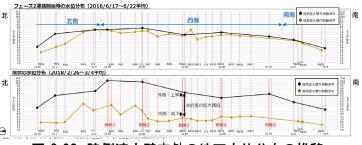


図 3-68 陸側遮水壁内外の地下水位分布の推移

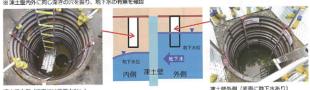
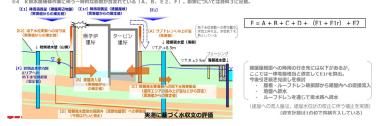


図 3-69 陸側遮水壁内外の地下水位分布(2018年3月)

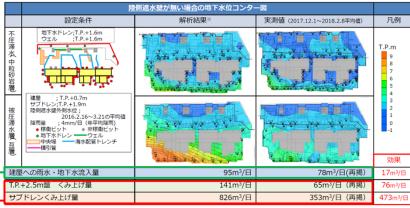
実績値(m³/日)	陸側追水壁内側エリアへ の地下水等供給量 (実測からの推定値) F	<参考> サブドレン 平均水位	〈参考〉 口平均降雨量	サブドレン くみ上げ量 (実測値) A	建屋流入量 (実測からの推定値) B	陸側遮水壁海側への 地下水等移動量 C*1 (実謝からの推定値)	閉合範囲外 への移動量 D <sup>※3</sup>	路雨洒養量 (実測からの推定値) (E1+E1r)**1	地下水位変動 への寄与量 (実測からの推定値) E 2 ※1
2015.12.1~2016.2.29	<u>830</u>	T.P.+3.7m	1.8mm/⊟	440	190	350	0	-(60+40)	-50
2017.12.1~12.31	<u>370</u>	T.P.+2.1m	0.6mm/⊟	390	70	70	0	-(20+10)	-130
2018.1.1~1.31	<u>340</u>	T.P.+1.9m	1.3mm/⊟	330	80	50	0	-(40+30)	-50
2018.2.1~2.28	450*4	T.P.+1.9m	0.0mm/日	320**4	120**4	50	0	0	-40*4
2017.12.1~2018.2.28	<u>390</u>	T.P.+1.9m	0.6mm/日	350	90	60	0	-(20+20)	-70

※11 Fおよびには結婚進水銀内側および海側への地下水等の供給量を評価したものであるが、現状の評価方法では機関への原程破損節からの直接進入など、地下水以外の層の原因・耐力を設定しませた。 は、一般の原理が一部含また能量となっている。胸間の扱いについては、評価方法含まび利用期間を含め引き続きデータを分析し、その結果を踏まえて見重しを負対。 ※2 上版は、胸間設備を特別な影響を検別など開出しているが、その歴史等には不確実が対きまれている。 現時点までで、深部透水層(相粒、細粒砂岩)の水頭が互顧部と同程度で、上部の中粒砂岩層よりも高いことから、深部地盤等への移動量Dをゼロとする。 K排水路補修作業に伴う一時的な影響が含まれている(A、B、E 2、F)。影響については資料3に記載。

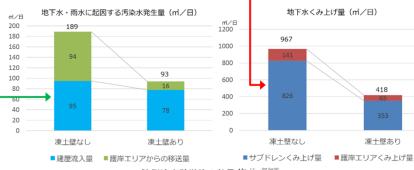


・陸側遮水壁内側への地下水等の供給量(F)は、約830m3/日から約390m3/日に低減 陸側遮水壁海側への地下水等の移動量(C)は、約350m3/日から約60m3/日に低減

図 3-74 水収支による陸側遮水壁内側への地下水供給量の評価



※ 解析コンターについては、各井戸の位置に解析結果を反映して作成 3次元浸透流解析結果 44)<sup>に一部加策</sup>



陸側遮水壁単体の効果 43) <sup>に一部加策</sup>

陸側遮水壁単体の効果は、3次元浸透流解析により陸側遮水壁が ない場合のシミュレーションを行い、実測値との差分を陸側遮水壁 単体の効果として評価した。解析結果からは、建屋への雨水・地下 水流入量、サブドレン・T.P.+2.5m盤の汲上げ量は、合計が566m<sup>3</sup>/ 日低減したものと評価。

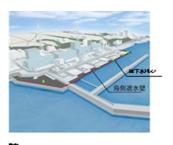
図 3-75 陸側遮水壁単体の効果の推定

汚染水処理:	対策・環境対策		1年度	2012年月			3年度		4年度		年度		5年度	2017年度		8年度
		上期	下期	上期	下期	上期	下期	上期	下期	上期	下期	上期	下期 上#	下期	上期	下期
	がれきの撤去・一時保管	1/1/1/	V													
	高濃度汚染水の流出防止対策			所の緊急対策・取水 ・ピット閉塞・護岸接			農度汚染水の移送									
初期段階の復旧活動 拡大防止対策)	海域汚染拡大防止対策	・シルトラ・ゼオライ	フェンスの設置・ 「ト土嚢の投入と	透過防止工破損簡別 循環型浄化装置の影 ・海底土被覆	听の補修 g置											
	飛散防止対策	·飛散防」	上剤の散布													
	津波対策		方潮堤設置			20	013年12月15日									
	TIMO I A	·北側的	対潮堤の補修		2013年4月26	予防的	・車層的な汚染水 策~総合的リスク							2018年3	:87A	
				「汚	5染水処理対策を について	員会」 マネジ	メントの徹底を通	▼ 2014年4月28日	目 更なる地下水流/	抑制策とりまとめ				重層的な汚染水対象	我の効果について	
			污染水処理	對策委員会												
予防的・重層的な汚染 水処理対策	汚染水処理対策の基本計画等				2013年5月 地下水の流入	、抑制のた 汚染	2014年4月28日 k水対策に係る技術	「汚染水タ	四理対策技術検		「汚染水処理対	年12月11日 策技術検証事業)の	福島 凍土壁の	2018年3月7日 評価と今後の汚染水対		
(汚染水処理対策委員 会による検討)	の策定		サブグループの	①「地下水・雨水	めの対策	公募	の活用・検討	証事業」の 月15日 サブグルー			第一原子刀発電	所への適用性につい				
云による快削)	汚染水処理対策の効果の評価		等の挙動等の	)把握・可視化」			2013年11	15日 サブグルー	カル 雨水等の挙動等の指	握・可視化」中間	報告					
							-									
			陸側遮水壁	タスクフォース	2013	年6月28日 📥 壁タスクフォー	▲2013 <sup>4</sup> 凍土液力	F12月20日 :壁の基本設計	▲ 2014年10月	22日 凍土方式遮水 整備実証事態	壁大規模 数记報告		▲ 2018年1月17日	陸側遮水壁の効果に関	する現時点での評価	
					スの設置に	ついて	浄化・			II MAIL TO	, otto-14 L					
方針1	トレンチ内の汚染水除去							,,,			<b>V</b> 2015/12/	11 汚染水除去処理	ŧ7			Щ
取り除く	1 2 2 7 1 2 2 7 7 7 7 7 7 7 7						凍結管影	EEE >	凍結管止水	>	トレンチ内	a部充填・汚染水除去				
	地下水バイバスによる地下水く															
	み上げ			L		設置工事・設備研	12	>					建屋山側での地下水のくみ上り	f		
ţ	サブドレン(建屋近傍の井						洋	化設備設置	$\rightarrow$							
<b>方針2</b>	戸)での地下水くみ上げ					調査・行	数旧					建	屋近傍での地下水のくみ上げ			
力缸2							実証試	験(小規模凍結試	験など)		2016年3月31日 海側全面及び山側	一部	陸側遮水壁の	完成(重層的な汚染水気とめ)2018年3月7日		
方針2 近づけない	凍土方式の陸側遮水壁の設置								設置工	事	を凍結開始		凍土壁による建国	東京電力が汚染水処	9年5月14日 0理対策委員	
													2017年8月 最終未凍結箇所の	2日▲ )凍結開始	陸側遮水壁の完成を 原子力発電所の汚染	上報告(福島) 上水処理対策
	雨水の土壌浸透を抑える敷地舗装 (フェーシング)							727	アルト等による敷地	结结		<u> </u>	雨水の地下への浸透抑制			
	nmax (/1 ////								7771 471-0-0/80-0	A STATE OF THE STA		▲T. P. 8.5m盤の他:	<b>『事干渉箇所を除く計画エリア</b>	の100%施工完了		
	水ガラスによる地盤改良															
	ウェルポイントによる地下水 くみ上げ					地想	盤改良工事	>		ウェルポイン	トによる地盤改良	背面での地下水のく	み上げによる汚染水の海域への	D流出抑制		
										20154	10月26日 閉合完	7				
方針3	海側遮水壁の設置							設置工事		20154	10月20日  卵白元	1	汚染水の海域への流出	抑制		
漏らさない																
	地下水ドレンによる地下水く み上げ							設置工事			海側遮水壁青	背面での地下水のくa	<b>5上げよる汚染水の海域への流</b>	出抑制		
	タンンクでの処理水の貯留								タンクの設	置•貯留						
	(タンクの増設,溶接型への 交換等)	初期段階の対応							77770	- A714			タンクリプレース			
									2015年4	月23日 拡散防止被						
環	港湾内の海底土拡散防止のた めの被覆工事		初期	段階の対応	底土拡散防山	Lのための被覆 NNNNN		> D D D D T		▼ 覆工事完了		耐久性	▼ 2016年12月26日 確保のための被覆	耐久性向上被覆工事完	7	
境			L	/ VI	VVVVVV	VVVVV				2015&7H20D	C 12 + 08					
負 荷	構内排水路への汚染水流入防				BC排水路間	 <del>  漢化工</del> 				2015年7月29日 日		<u> </u>	H K排水路付替完了	2016年3月	月26日 A排水路付替	完了
負 荷 低 滅	止ならびに港湾内への付替え 工事					000000	_				港湾内への排水	(路付替えによる海) ▲ 2016	美汚染の防止 =6月20日 新設排水路通水開	冶		
•		初期段階の対応					2014年3月1	5日 暗渠化工事完								
廃 棄 物 対		KKKK								がれきの	撤去・一時保管					
物	廃棄物対策関連工事								廃棄物関連的	色設造成工事						
	ルルイルバススニナ															
対 <b>策</b>														捨て場南造成工事		

## 3.2.2個別の汚染水処理対策

## (3)汚染水を漏らさないための対策 (b)海側遮水壁及び地下水ドレン

海側遮水壁、及び地下水ドレンは、汚染水の 流出経路となる透水層に鋼管矢板の連続壁を設 置して海域への汚染水の流出を防止するととも に、海側遮水壁により堰上がる地下水を地下水 ドレンで汲上げる設備。



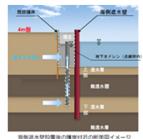
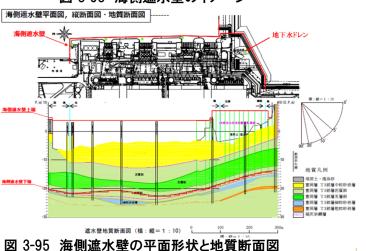


図 3-93 海側遮水壁のイメージ



### ①構造

自立式鋼管矢板

- ·鋼管径:1,000mm、1,200mm
- ·長さ:約21~26m(地中部は約14~17m)

### 継手

- ・漏水防止ゴム付P-T型
- ·透水係数1.0E-06cm/sec以下
- · 変形追従性能保有

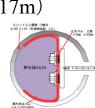




図 3-96 鋼管矢板



[継手部構造図] [継手部写真(モルタル充填後)] 図 3-97 漏水防止ゴム付PーT型継ぎ手

### ②施工

先行掘削により互層(Ⅲ層)までの地盤をほぐした後、バイブロハンマーの打撃により鋼管を設置。下端部は難透水層の泥質部に打撃により数m程度の根入を行う。

継手処理は、カメラによる健全性の確認後、無収縮モルタルを

注入する。

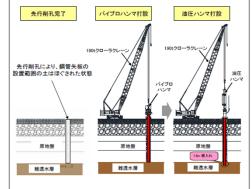
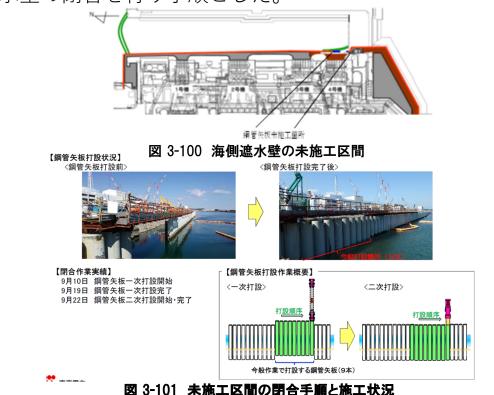




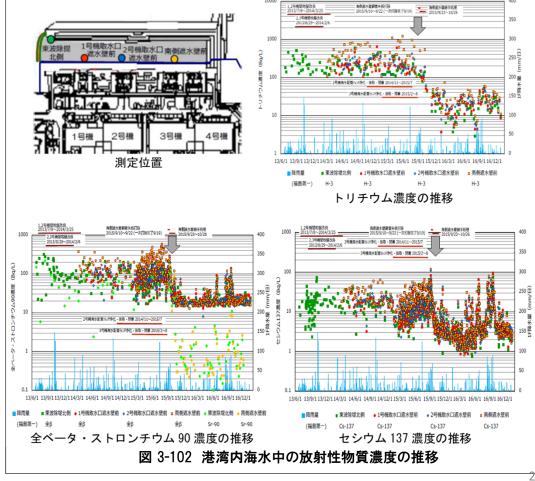
図 3-98 鋼管杭の打設施工手順

## (b) 海側遮水壁及び地下水ドレン 遮水壁の閉合手順と効果

海側遮水壁が完成した場合、建屋周辺の地下水が堰上がり**建屋流入量の増加**、また、地表面まで地下水位が上昇した場合は、**汚染水の越流による海洋汚染の拡大**も考えられた。このため、海側遮水壁の一部区間を開放状態とし、建屋周辺の地下水位をコントロールするサブドレンと汚染水の移送・浄化設備の本格稼働に合わせて海側遮水壁の閉合を行う手順とした。



海側遮水壁の閉合は2015年9月19日から開始され、10 月26日に継手処理が完了した。閉合作業に伴い、港湾 内の放射性物質濃度は大幅に低下した。



## まとめ (おわりに)

事故発生当初からの**緊急時対応と復旧活動、汚染水処理や環境負荷・廃棄物対策**などの様々な取り組みのほとんどにおいて土木技術は関わってきており、多くの土木技術者がそれぞれの場面で**創意・工夫と苦労**を重ねて貢献した。広範に実施された各種対策技術がどのようなものであったかということを、本調査報告書では、公開資料に基づいて時系列的な流れも考慮して体系的な整理を行った。

福島第一原子力発電所の事故対策で用いられた土木技術は、今までにない革新的な技術の適用例は 少なく従来技術の展開で実施された。しかし、高線量下、さらに時間的な制約などの厳しい条件の下 で実施された調査・設計検討、施工における様々な工夫、確実な品質管理、放射線防護対策や熱中症

対策を含めた安全対策など、従来の土木工事とは大きく異なった活動が行われた。その結果、中期ロードマップで示され汚染水発生量の低減目標(2020年内に汚染水発生量を150m³/日程度に抑制)を達成し、現在は新たな目標(2025年内に汚染水発生量を100m³/日程度に抑制)を目指している。

原子力事故という過酷な状況下において、国や東電、あるいは原子力防災等の専門家の方々とともに、多くの土木技術者もまた、縁の下の力持ち的な役割を果たしてきたことを技術者や一般の方々にも改めて知っていただくとともに、将来への貴重な資料、あるいは教訓として若い世代の技術者の皆さんに広く知っていただければ幸いである。



地盤改良4)



フランジタンクの解体 5)

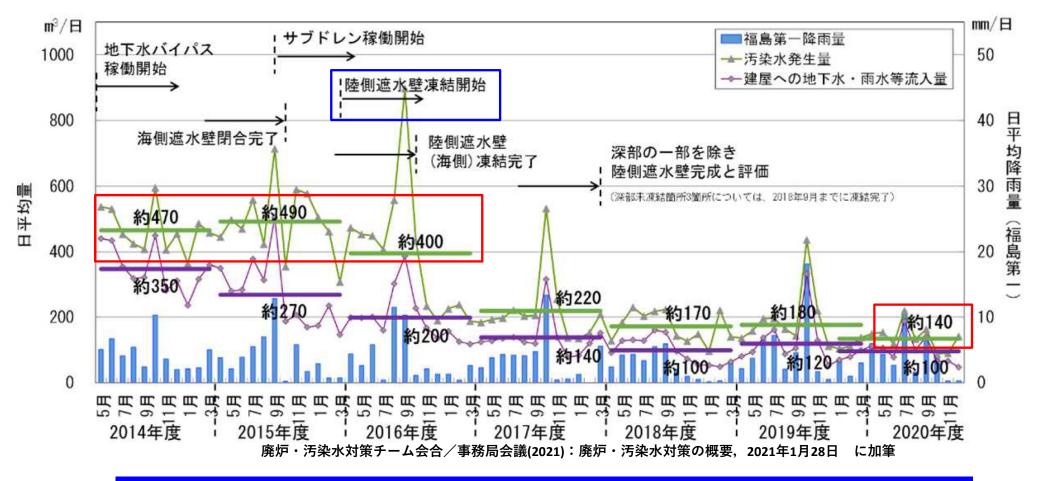


法面吹き付け 6)



陸側遮水壁 7

図3-4 高線量下(Yzone)での作業状況



2020年末には中期ロードマップの汚染水発生量の 低減目標(150m³/日程度に抑制)を達成

