

福島第一原子力発電所の地質・地下水問題 ―原発事故後 10 年の現状と課題―

2022 年 1 月 22 日

中西正之

1. 初めに

福島第一原発地質・地下水問題団体研究グループが「福島第一原子力発電所の地質・地下水問題 ―原発事故後 10 年の現状と課題―」を発行しており、その報告書を入手して、中を読み始めたので、その感想を報告いたします。

[PowerPoint プレゼンテーション \(fukushima-u.ac.jp\)](http://fukushima-u.ac.jp)

これまで、福島第一原発地質・地下水問題団体研究グループがあり、このグループは地質学の専門家集団で、福島第一原子力発電所の地質・地下水問題を、専門家の立場から、長期間系統的に調査を行ってきたことを知りませんでした。

しかし、この報告を読み始めて、そのようなことが行われてきたことが分かりました。

また、この報告書は、原発事故後 10 年にあたり、これまでの研究経過と、これまでなかったような日本の原発の重大事故の起きた原因とそれらに対して行ってきた対策の問題を明らかにして、後世の日本人と世界の人々が今後の教訓として、生かすことができるように、歴史的な記録として作成されたように思われました。

これまでに、福島第一原発の事故調査報告書は、かなりたくさん発行されています。

そして、それらの報告は、直接福島第一原発のメルトダウン事故に関わるものや、福島第一原発と日本経済や社会生活に関わるものが多かったと思われまます。

日本の原発は、長い間秘密にされてきたことが多かったので、これらの事故調査報告書から、一般国民にも日本の原発の実情がある程度は分かってきたと思われまます。

しかし、この報告書を読んでも、地質学の専門家や地質学会でも、福島第一原発の事故を深刻なものとして取り上げ、真摯な取り組みが行われていたことが分かりました。

この報告書は、読んですぐに役に立つようなものではない様に思われましたが、日本人がこれから何をしていかなければならないかを考えるとき、歴史的な記録として、貴重な資料と思われました。

報告書全体の部分で、英文の説明と、英文参考資料がかなりたくさん添付されており、この事故調査報告書は日本国内向けだけではなく、海外の人々の今後の参考になることも意識的に意図されているようです。

2. 第 1 章 福島第一原発事故の経緯と原発団研の活動

第 1 章 福島第一原発事故の経緯と原発団研の活動は、柴崎直明氏と原発団研事務局によって記述されていますが、ここに書かれている内容についてこれまであまり知識がありませんでした。

柴崎直明氏は、「2013 年 9 月に福島県廃炉安全監視協議会の専門委員会（水分地質学）に任命され、福島県の要請により福島第一原発の現地調査を実施するとともに、汚染水問題に

関する検討や東電への質疑を行った。」と報告されています。

実質的な加害者であった東京電力と政府機関に対して、実質的な被害者であった福島県に大きな立場の違いがあり、柴崎直明氏が実質的な被害者の福島県から専門委員会委員を任命されたことにより、日本国民と住民の立場に立ったこのような福島原発過酷事故を対象とする研究グループが設立できたように思われます。

また「日本科学者会議が立ち上げた原発汚染水問題プロジェクトチームにこうしたメンバーが参画し、東電や国が公表する資料を分析し、2014年2月に原発汚染水問題にかかわる緊急提言を発表した。」と報告されています。

ただ、「日本科学者会議の中では、原発団研の活動のような、徹底した研究や、まとまった報告書は少なかったように思われます。

3. 第2章から第6章について

第2章 福島第一原発の汚染水問題とこれまでの対策

第3章 浜通り地域と福島第一原発周辺の地形と地質

第4章 福島第一原発の地下地質

第5章 福島第一原発の水文地質

第6章 福島第一原発の地下水流動

この部分では、福島第一原発が建設された敷地や周辺の地質や地下水についての詳細な報告が行われています。

この報告書を作成された「福島第一原発地質・地下水問題団体研究グループ」は地質学の専門家集団なので、専門知識が少ないと分かりにくい部分がたくさんあります。

地質学の専門ではないので、分かりにくいのですが、ただ読んでみると、福島第一原発が建設されるまでに、予備的に東京電力が行った調査で、すでに公開されてきた報告書、福島第一原発が運転を始めてから、2011年3月までの東京電力が行った調査で、すでに公開されてきた報告書、2011年3月のメルトダウン事故が発生してからの、汚染水対策のために東京電力が行った調査で、すでに公開されてきた報告書について、非常に詳しい解析を行い、その結果を報告されています。

ただ、東京電力や政府の各機関は、国民に知られては都合の悪い報告は、かなり公開を渋ってきたようです。

しかし、2011年3月のメルトダウン事故が発生して、直接の多大な被害の発生した福島県の所在する福島県庁は、「福島第一原発地質・地下水問題団体研究グループ」にかなり協力的だったようで、福島県の原発事故検討委員会の委員に、「福島第一原発地質・地下水問題団体研究グループ」のメンバーも招待し、研究会グループが追求していた問題に、協力もしているようです。

「福島第一原発地質・地下水問題団体研究グループ」は、公開された資料については、専門的に独自の解析も行い、公開された東京電力の見解などとの比較をたくさん行っているようです。

しかし、それらの情報だけでは不足するので、福島第一原発周辺で、事故で放出された放

放射性物質の放射線量が低下して、立ち入ることができるようになった地域で、地層が観察できる場所での直接の地層調査も行っており、それらの報告も行われています。

また、東京電力は、地下水の流動のシミュレーションプログラムを作成し、福島第一原発地下水のシミュレーション解析を行っており、その一部が公開されているようです。

「福島第一原発地質・地下水問題団体研究グループ」は、それらの地下水解析結果の公開資料が不十分と考え、研究グループでも独自のシミュレーションプログラムを作成し、福島第一原発地下水のシミュレーション解析を行っているようで、これまで公開されてきた情報の不備の部分を補っているようです。

この部分の報告は、専門的な内容ですが、読んでみるとこれまで知らなかった情報が大量にあることが分かりました。

4. 第7章から第9章について

第7章 福島第一原発の汚染水対策の評価と課題

第8章 福島第一原発の地盤問題

第9章 福島第一原発廃炉の課題ー地質・地下水の視点からー（原発の危険性や問題点を地質や地下水の観点から指摘）

これらの章では、2011年3月に福島第一原発の1号炉から3号炉にメルトダウンが発生し、それらの事故により発生したデブリが、原子炉圧力容器や格納容器に大量に飛散し、それらの崩壊熱量が大量であったため、長期間にわたって大量の冷却水で冷却せざるを得なくなり、高濃度の放射性物質を含む汚染水が大量に発生し、その大量に発生した汚染水が原子炉建屋などから基礎地盤に漏れ出し、深刻な状況が発生したことの詳細な報告を説明しています。

ただ、2011年3月に福島第一原発の1号炉から3号炉にメルトダウンが発生した当初は、東京電力も、国の規制庁も、福島第一原発の敷地を含む周辺の地盤は、30mほどの高さのある地盤で、地下水が大量に流れる泥岩や砂岩、未固結砂層が何層もあるが、水をほとんど通さない粘土層もあり、高濃度の放射性物質を含む汚染水がすぐに太平洋の海水まで流れ出す可能性は少ないと安易に考えていたようです。

しかし、大量に発生を続けている高濃度の放射性物質を含む汚染水は、やがてはあちこちから太平洋の海水まで流れ始めて、その防止を行うために急遽対策が行われるようになったようです。

深刻だったのは、福島第一原発の1号炉から3号炉の格納容器や原子炉建屋のコンクリート壁に大量の亀裂があるようで、対策をおこなわないと高濃度の放射性物質を含む汚染水が地下水に大量に漏れ出す可能性があることが分かりました。

そのために、東京電力は次々と応急対策を始めたようです。

このことは、後から一般国民にも知られるようになったのですが、日本の原発の地下には大量の地下水が流れている原発が多く、福島第一原発も、大量の地下水が流れており、原発の原子炉建屋が大量の地下水で浮き上がらないように、水位を下げるためのサブドレーンという大量の井戸が設置してあったので、それらの井戸からの地下水のくみ上げ量を増やしまし

た。

また、原子炉の建設のために掘り下げられていた地面よりかなり段差のある自然地面に大量の井戸を掘り、その水をバイパスを使用して太平洋に放流しました。

[地下水バイパス揚水井からの地下水汲み上げ - 廃炉プロジェクト | 廃炉作業の状況 | 東京電力ホールディングス株式会社 \(tepco.co.jp\)](http://www.tepco.co.jp)

それから、原子炉敷地の海岸沿いに鋼矢板を打ち込み、また原子炉建屋周りを凍土壁が囲いました。

そして、原子炉建屋内の高濃度の放射性物質を含む汚染水を汲み続けてきたので、地下水からの高濃度の放射性物質を含む汚染水の太平洋の海水まで流れ出しはある程度防止できたようです。

ただ、どの対策でどれだけくみ出しの汚染水量が減少したかの検証が不十分なようですし、汚染水の発生量は最大時に比べて約三分の一程度にはなったが、止めきることはできずに、処理水のタンクの保管水量が限度なく増え続けています。

それらについての良い対策と思われる提言も、これらの章で行われています。

5. 木野龍逸氏の「効果不明の凍土壁の“機能維持”とは何か」

岩波の「科学」2022年1月号に「効果不明の凍土壁の“機能維持”とは何か」のコラムが掲載されています。

2 ページ分の簡単な報告です。木野龍逸氏は、福島第一原発のメルトダウン事故問題を、系統的に調査し、継続して様々な問題を報告されてきたようです。

ただ、福島第一原発のメルトダウン事故については、1、2、3号炉の原子炉建屋内に大量に発生してきた高濃度汚染水を処理した後、多数の1000 トンタンクに大量に保管してきた処理水が、福島第一原発の構内にたまりすぎてきて、その一部を太平洋に放流するとの方針が進行していることが大きな問題として取り上げられています。

しかし、それらの根本的な原因を創り出した、福島第一原発の大量の地下水問題とその根本的な（恒久的な）対策については、あまり注意がそそがれていないようです。

ところが、「福島第一原子力発電所の地質・地下水問題 - 原発事故後 10 年の現状と課題 -」のような、系統的にまとめた事故調査報告書が発行され、それを系統的に調べてみると、木野龍逸氏の「効果不明の凍土壁の“機能維持”とは何か」は、これらの問題の最新情報として、理解しやすいことが分かりました。

6. まとめ

福島第一原発の設置は、原発発電所を地盤の良好な場所に設置するような条件では行われなかった。

原発設備は、大都市近郊では、万一過酷事故が発生したとき、大変な被害が発生することが、その当時から予測されていたので、人口密度が小さく、空き地面積が広くあり、住民の反対運動が少なかった、福島県の大熊町と双葉町の台地が選定された。

この地形は、大地ではあるが、谷や川もあり、地下水が大量に流れている、不安定な場所

であった。この場所で台地は削り取り、谷や川は埋め立てて、突貫工事で福島第一原発の1号機から6号機が次々と建設された様でありました。

そして、初めのころから大量の地下水の流量があり、基礎工事も困難であり、建設後も放置すると原子炉建屋が浮き上がってしまうような状態なので、原子炉建屋周りの地下水を、周りの井戸からくみ上げながら操業を行うような状態であった。

ところが、2011年3月に予想外の東日本大地震と大津波が発生し、1、2、3号機にメルトダウンが発生し、原子炉圧力容器や格納容器に大量に蓄積されたデブリの冷却のために、冷却水をかけ続けなければならなくなった。

そして、高濃度の放射性物質を含んで高濃度汚染水が原子炉建屋に蓄積された。ところが大地震により、原子炉建屋地下部に大亀裂が発生したのか、原子炉建屋地下部にたまっていた高濃度汚染水が地下水に流れ込み、時間が経つとともに、原子炉施設岸壁から太平洋まで流れ出すことが分かってきた。

そのため、原子炉建屋内の汚染水の水位を地下水水位よりも下げて、汚染水の流れ出し防止するために、原子炉建屋内の汚染水のくみ出しを行いましたが、その量が平均で一日400～500トンにもなり、大量の汚染水がタンクにたまり始めました。この高濃度汚染水は、ALPSなどの処理設備で放射性物質の除去を行っていますが、トリチュウム等を含み完全な除去ができない処理水なので、今まで大量の1000トンタンクに貯蔵されてきました。

そして、現在処理水タンクの増設が難しくなってきたとの理由で、今まで貯水されてきた処理水の海洋投棄が計画されています。

この大量の処理水問題は、原子炉建屋地下部の高濃度汚染水の汲み上げが、原因なので、原子炉建屋地下部の高濃度汚染水の発生量減少対策が行われてきました。

第一の対策は、原子炉建屋周りのサブドレーンからの地下水の汲み上げです。

第二の対策は、地下水バイパスからの地下水の汲み上げです。

第三の対策は、凍土壁による地下水の原子炉建屋周辺への流入防止です。

それ以外にも、雨天により、屋根の壊れた原子炉建屋や福島原発敷地の土壌への雨水浸透防止です。

それぞれの対策が行われましたが、2021年になっても、汚染水の汲みだしは、平均で一日150トン程度までしか、減少させることができませんでした。

福島第一原発の敷地内の地下構造が十分には把握できていないことや、敷地内には様々な地下構造物があり、今の位置の凍土壁では、完全には地下水の流入を防止できないようです。

今のままでは、何十年も、平均で一日100トン程度の高濃度汚染水の汲み上げが続くことも有るので、もう少し根本的な対策が必要なようです。

また、凍土壁はいつまでも凍土壁の冷却のための大量の電力が必要なので、ベントナイト壁のような遮水壁の検討も必要なようです。

東京電力と政府機関は、福島第一原発の廃炉処理は、応急処置的なものを継続し、根本的な対策を先送りしてきたようですが、もっと強力に取り組む必要が有ると思われます。

福島第一原子力発電所の地質・地下水問題 — 原発事故後10年の現状と課題 —

福島第一原発地質・地下水問題団体研究グループ 編著

A4判 本文:約225頁（内カラー:89頁）口絵:11頁 頒価1,000円（送料180円）

■本書は、地学団体研究会（略称：地団研）の有志が集まって発足した、福島第一原発地質・地下水問題団体研究グループ（略称：原発団研）による論文集です。

■原発団研では「団体研究」の方法で研究をすすめることとし、次の2点を目標として掲げ、研究活動を行うことになりました。

1) 福島第一原発の汚染水問題に関して、東電や国などから公表される資料をチェックし、地質や地下水の専門的立場から汚染水対策を監視し、問題点を明らかにするとともに必要な提言等を行う。

2) 福島第一原発敷地と類似した地質条件を有する南相馬市などで地質・地下水に関する現地調査を行い、その結果を福島第一原発汚染水問題の検討・解決のために役立たせる。

■原発団研の研究結果を、震災・原発事故から10年が経過した2021年にまとめるにあたり、つぎの方針が立てられました。

①事故後10年の現状と課題とともに、原発団研の成果をとりまとめる。

②学術的内容を多く含むが、原発団研の成果を広く普及できるようにする。

③学術論文の寄せ集めではなく、章構成で体系化する。

福島第一原子力発電所の 地質・地下水問題 — 原発事故後10年の現状と課題 —



福島第一原発地質・地下水問題団体研究グループ 編著

地学団体研究会

2021年7月

1

■原発団研のメンバーだけでなく、多くのみなさんからご支援とカンパをいただき、**頒価1,000円を実現**しました。原子力発電所がかかえる基本的な問題点として、「地質・地下水問題の軽視」があることを、たくさんの方に理解してほしいと願っています。

■ 専報の章構成

(以下、本書「はじめに」より抜粋)

- 第1章 福島第一原発事故の経緯と原発団研の活動
(事故後の詳細な記録としても活用できます)
- 第2章 福島第一原発の汚染水問題とこれまでの対策
- 第3章 浜通り地域と福島第一原発周辺の地形と地質
- 第4章 福島第一原発の地下地質
- 第5章 福島第一原発の水文地質
- 第6章 福島第一原発の地下水流動
- 第7章 福島第一原発の汚染水対策の評価と課題
- 第8章 福島第一原発の地盤問題
- 第9章 福島第一原発廃炉の課題—地質・地下水の視点から—
(原発の危険性や問題点を地質や地下水の観点から指摘)



敷地内のボーリングコアについて
東電と質疑 (口絵より)

■ 2011年3月11日に発生した2011年東北地方太平洋沖地震および東京電力福島第一原子力発電所 (以下、福島第一原発) の事故から、2021年3月で10年が経過した。福島県では、原発事故に伴う帰還困難区域の設定により避難を余儀なくされ、福島県の内外で避難生活を送っている人が、東日本大震災および原発事故から10年が経過した2021年4月時点においても3万5千人を超えている。福島第一原発の廃炉作業は困難を極め、事故から10年が経過しても溶け落ちた核燃料 (燃料デブリ) の取り出しは始まっていない。また、放射性物質による汚染水問題も解決しておらず、2021年3月までの1年間ににおいても、平均して1日あたり140 m³もの汚染水が新たに発生している。この汚染水問題の解決の遅れがさまざまな実害や風評被害を引き起こすとともに、汚染水の海洋放出問題や廃炉作業の遅れをもたらしている。



原発南側の夫沢川での地質調査 (口絵より)

■ 〈中略〉調べてみると、地質や地下水に関する情報が極めて少なく、しかも公表された資料に重大な問題点があることに気がついた。その背景には、事故前から東京電力や国が原発敷地の地質や地下水の実態把握を軽視してきた経緯があることがわかった。私たちは、東電や国が進めようとした汚染水対策が、実際の地質や地下水の状況をしっかりと調査・把握せずに「工法・対策ありき」で安易に計画・実施されたため、それがうまくいっていないと考えた。



室内団研 (口絵より)

〈中略〉本専報が福島第一原発事故後10年の現状と課題をまとめた一つの記録集になるとともに、今後の安全で確実な汚染水対策や廃炉作業の計画と実施の一助となり、さらには原子力発電の危険性や問題点を地質や地下水の観点から指摘した専門書として広く活用されることを期待する。

(以上、本書「はじめに」より抜粋)

FAXか郵便での注文の場合 : 右下の□に冊数を御記入下さい。送料 : 1冊につき180円、10冊以上は無料。

E-mail で注文の場合 : 書式自由です。できれば、E-mailでご注文くださるようお願いいたします。

代 金 の 送 金 : 書籍に同封の郵便振替用紙で送金してください。

7月末に完成次第、発送いたします。

注文 (予約) 日 : 2021年 月 日

発送先住所 : 〒

1冊1,000円+送料180円

冊

御名前 :

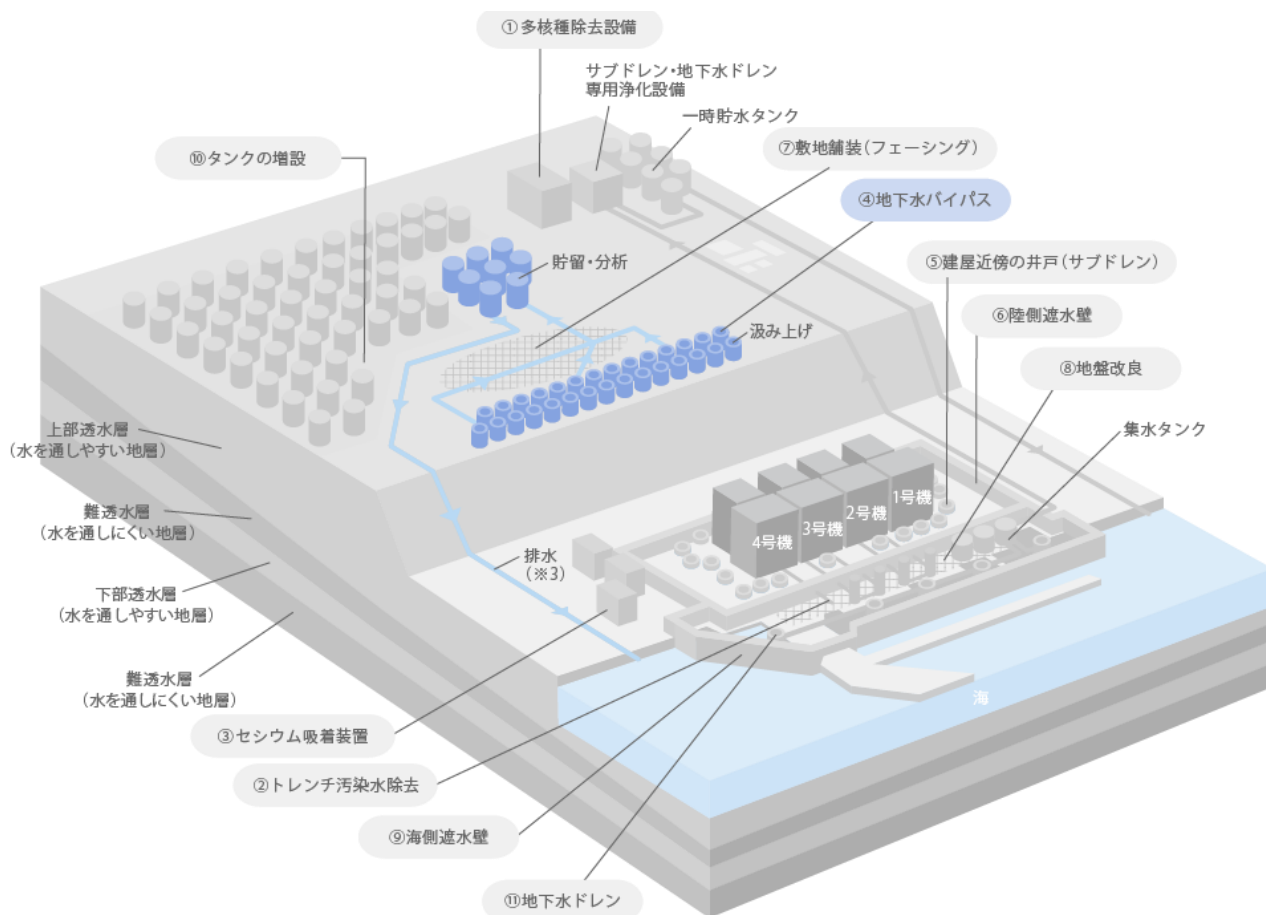
電話 :

注文・問い合わせ先 : 171-0022 東京都豊島区南池袋2-24-1 八大ビル301号

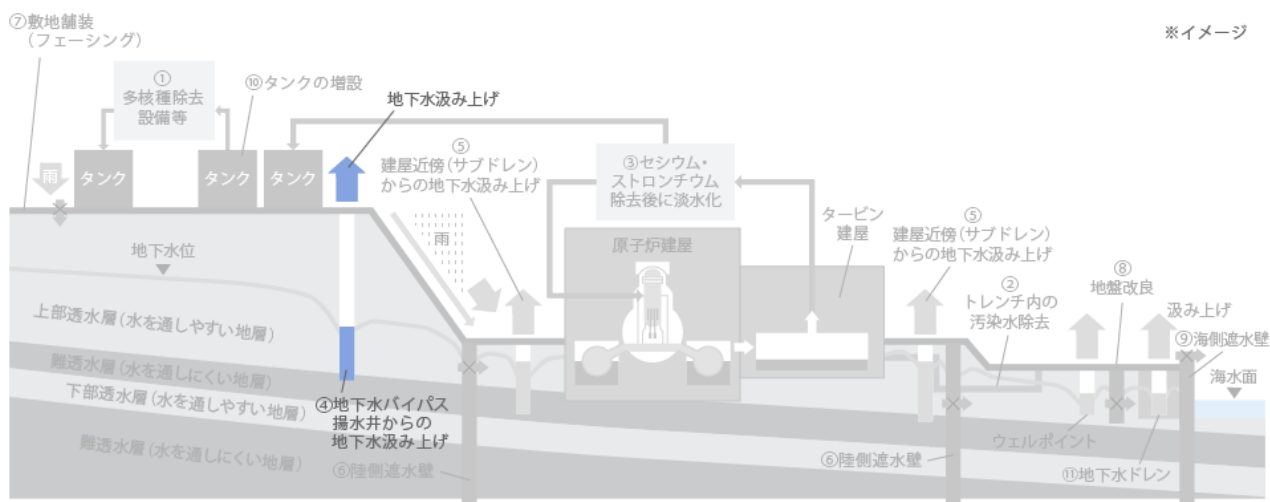
地学団体研究会

E-mail : chidanken@tokyo.email.ne.jp FAX: 03-3983-7525

電話: 03-3983-3378



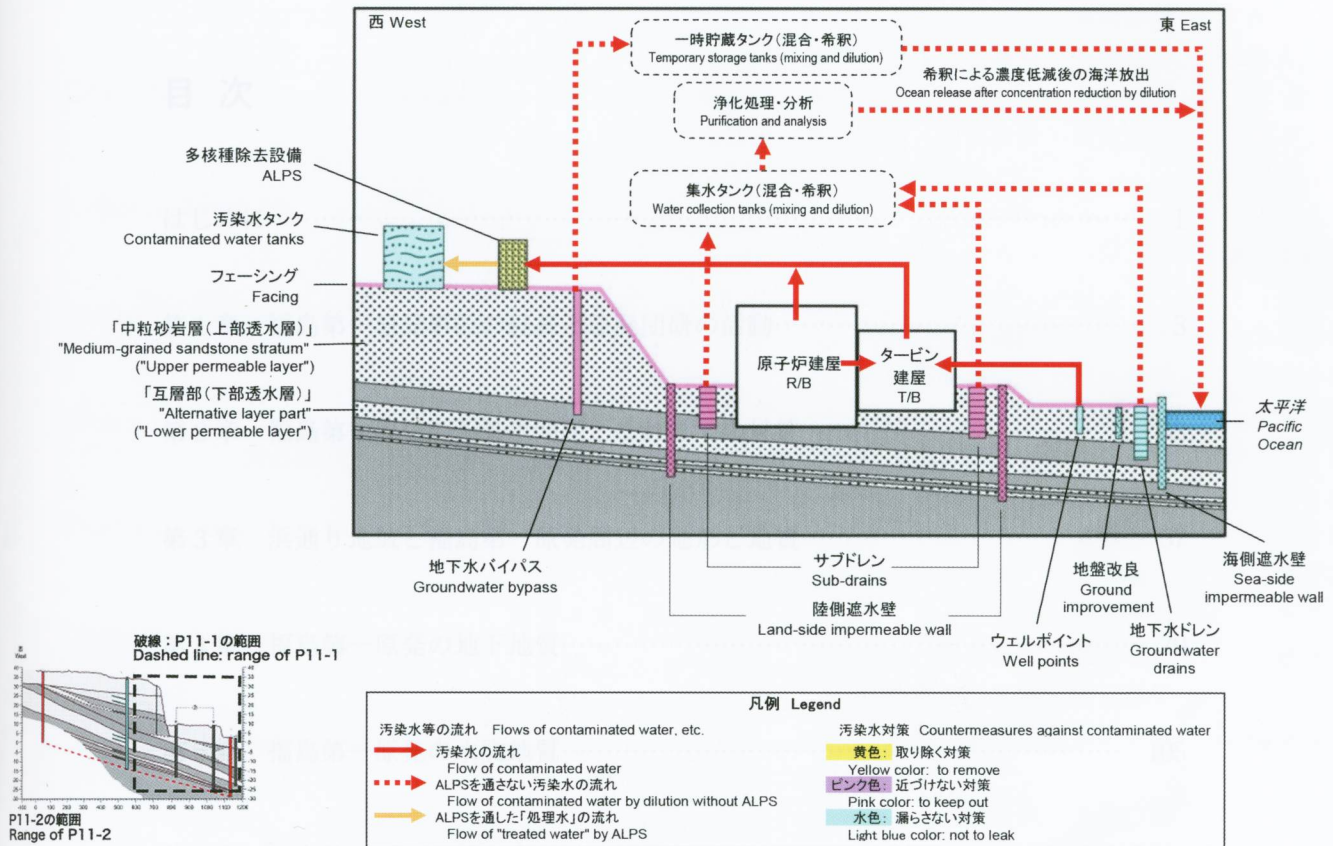
地下水バイパス断面図



汲み上げから排水までの作業ステップ

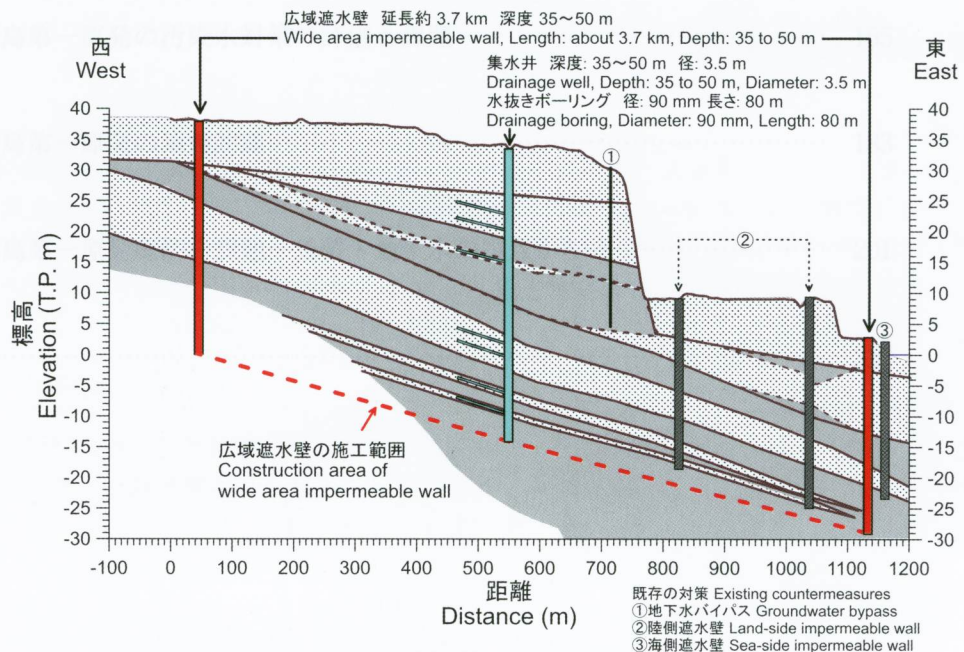
◆ P11 汚染水対策概念図 ◆

Conceptual diagrams of countermeasures against contaminated water



P11-1 東電が実施した汚染水対策

Countermeasures against contaminated water implemented by TEPCO



P11-2 原発団研が提案する汚染水対策: 汚染源に地下水を「近づけない」対策 (第 7 章参照)

Countermeasures against contaminated water proposed by RGGHI-FDNPS:

Countermeasures "to keep out" groundwater to the contamination sources (See Chapter 7)

2013 年になると汚染水の問題が顕在化しはじめ、凍土方式による陸側遮水壁の設置が決定された。2014 年には「35 m 盤」(東電は、小名浜港工事基準面を基準に敷地内の地盤を標高に応じて「35 m 盤」、「10 m 盤」、「4 m 盤」と呼称)の地下水を汲み上げて、建屋流入量を低減させるための地下水バイパスが稼働した。2015 年にはサブドレンによる揚水が始まるとともに、汚染水の海洋流出対策として、「4 m 盤」の地下水を汲み上げる地下水ドレンと鋼管杭による海側遮水壁が順次施工された。陸側遮水壁は、2016 年に施工が始まり、2018 年 3 月に完成した。また、雨水の地下浸透を遮断するため地表をモルタルやアスファルトなどで覆うフェーシングは、2014 年 1 月から着工し、2021 年 4 月には敷地内の 95% (陸側遮水壁内は 25%) の範囲が完了した (口絵 P11-1 参照)。

これらの対策の実施時期と汚染水発生量の推移を比較すると、地下水バイパス稼働後の効果は認められないが、サブドレン、フェーシング、陸側遮水壁の実施以降には一定の効果があったものと考えられる (Fig. 7-1)。しかしながら、陸側遮水壁が完成して約 1 年後 (2019 年 3 月) から、汚染水発生量の低下傾向は緩やかになり、2020 年度の平均でも約 140 m³/day の汚染水が発生している (東京電力 2021a)。東電は

2025 年までに、汚染水発生量を 100 m³/day に抑制することを目指している (東京電力 2020b) が、その対策としては、陸側遮水壁内のフェーシングと建屋屋根破損部の補修しか検討していない。東京電力 (2019f) の陸側遮水壁内への地下水等供給量の推移をみると、地下水等供給量に占める降水の浸透および涵養量の割合は少なく、それらの抑制対策による目標実現の可能性には大きな疑問がある。

本章では、「近づけない」対策の一つである地下水バイパスについて、その効果を実測記録と地下水流動モデル解析により評価する。さらに、過去に前例のない規模の凍土壁工法を採用した陸側遮水壁の効果について、実測記録や遮水壁施工記録、地下埋積構造物の情報などを総合して検討を行う。最後に、これらの検討結果を踏まえて、新たな地下水流入対策を提案する。

1. 地下水バイパスの評価

1) 実測値による地下水バイパスの効果検証

地下水バイパスの目的は、建屋周辺への地下水流入量の抑制である。その効果の指標は、建屋周辺の地下水位の低下で

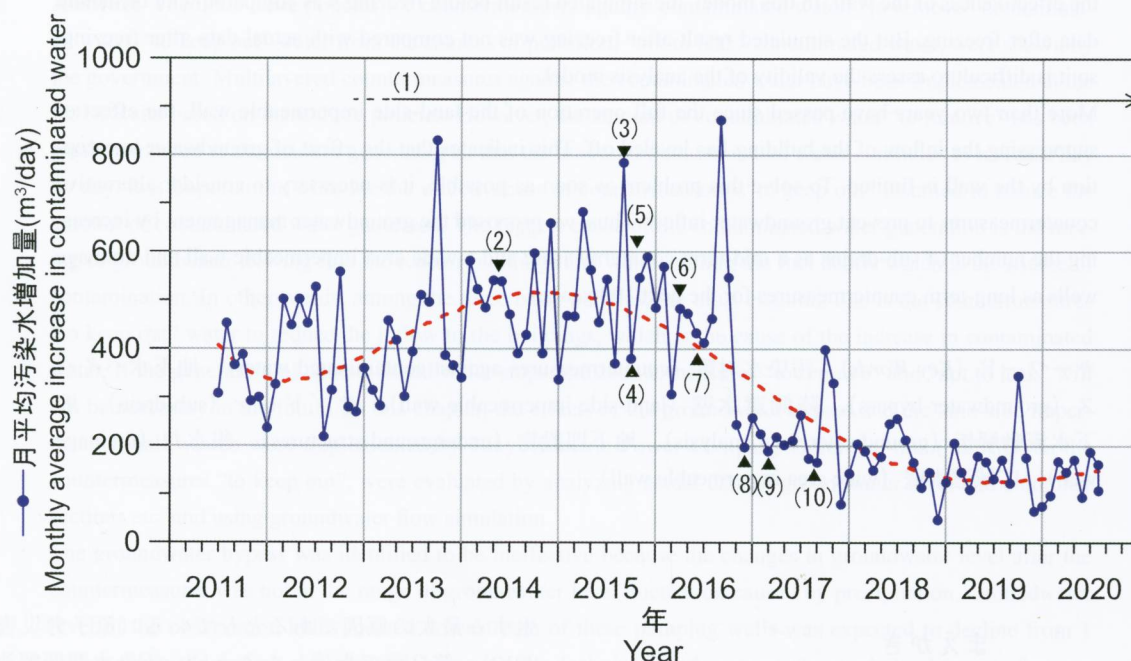
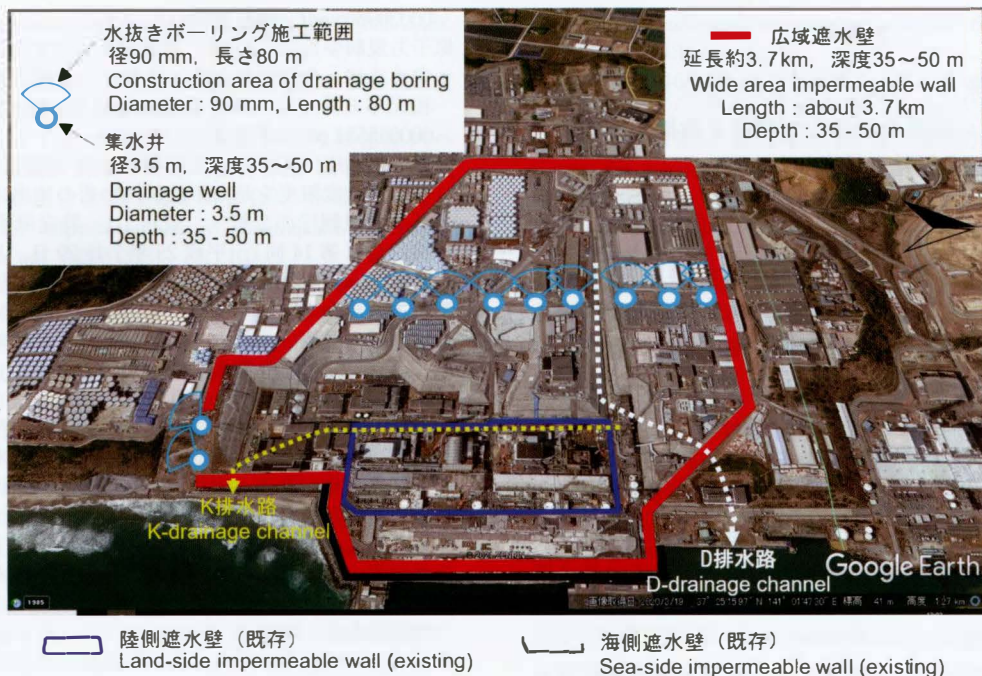


Fig. 7-1 「近づけない」対策の運用時期と汚染水発生量の推移

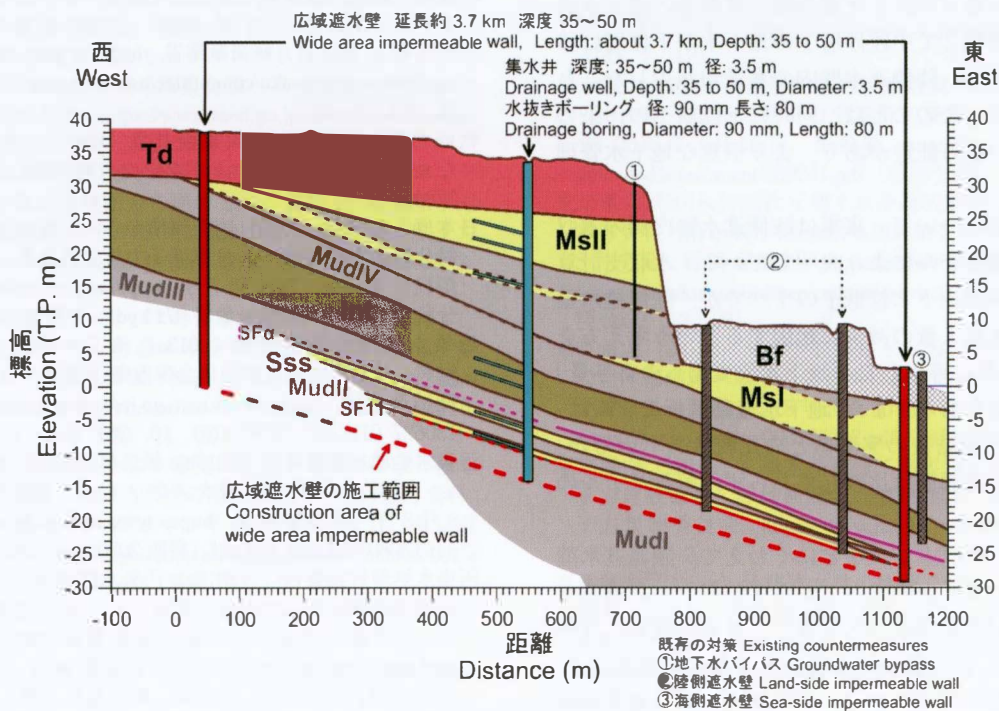
東京電力 (2015d, 2018a, 2020d) をもとに作成。シンボルと番号はそれぞれの汚染水対策が設置・運用された時を示す。(1) フェーシング施工、(2) 地下水バイパス運用開始、(3) サブドレン運用開始、(4) 地下水ドレン運用開始、(5) 海側遮水壁矢板施工完了時、(6) 第一段階フェーズ 1 凍結開始、(7) 第一段階フェーズ 2 凍結開始、(8) 第二段階部分閉合 (I) 凍結開始、(9) 第二段階部分閉合 (II) 凍結開始、(10) 第三段階凍結開始

Timings of operation for the “to keep out” countermeasures and the amount of contaminated water generation

Based on TEPCO (2015d, 2018a, 2020d). The symbols and numbers indicate the times when the following countermeasures were installed or operated. (1) Start construction of waterproof pavement, (2) Operation of groundwater bypass started, (3) Operation of sub-drains started, (4) Operation of groundwater drain started, (5) Completion of sea-side impermeable wall, (6) 1st Stage Phase 1 freezing started, (7) 1st Stage Phase 2 freezing started, (8) 2nd Stage partial closure (I) freezing started, (9) 2nd Stage partial closure (II) freezing started, (10) 3rd Stage freezing started.



(a) 対策工平面図
Layout of countermeasures



(b) 対策工断面図
Cross section of countermeasures

Fig. 7-17 地下水流入対策の概念図

a: 敷地東側からみた対策工平面図, b: 東西方向の対策工断面図。a 図の衛星写真は, Google Earth (画像取得日 2020.3.19) を使用した。b 図の地層名と凡例は, Fig. 7-2c を参照。

Conceptual diagram of countermeasures to prevent groundwater inflow

a: Layout of countermeasures viewing from east of the site, b: West to east cross section of countermeasures. Figure (a) was created using Google Earth (image acquisition date: 19 March 2020). Refer to Fig. 7-2c for geological name and the legend of figure (b).