

福島第一原子力発電所の 汚染水の状況と対策について

2015年5月19日

東京電力株式会社

1. 「汚染水対策」の3つの基本方針

■ 事故で溶けた燃料を冷やした水と地下水が混ざり、1日約300トン※1の汚染水が発生しており、下記の3つの基本方針に基づき対策を進めています

※1：地下水バイパスや建屋止水工事等の対策による減少量1日約100トン（2015年1月現在）を見込んだものです

方針1. 汚染源を取り除く

- ①多核種除去設備による汚染水浄化
- ②トレンチ(※2)内の汚染水除去

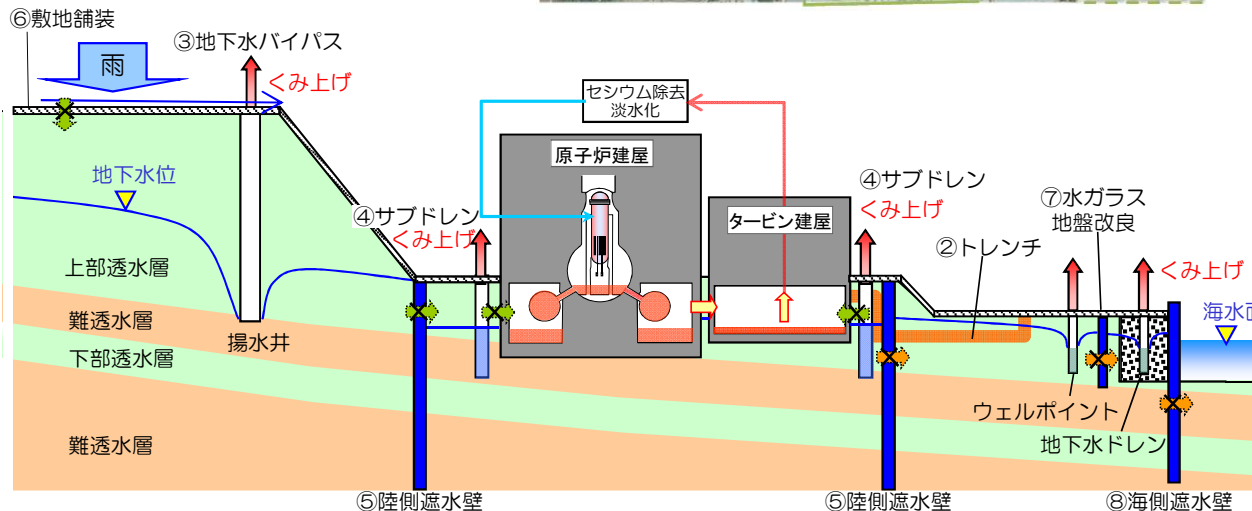
(※2) 配管などが入った地下トンネル。

方針2. 汚染源に水を近づけない

- ③地下水バイパスによる地下水くみ上げ
- ④建屋近傍の井戸での地下水くみ上げ
- ⑤凍土方式の陸側遮水壁の設置
- ⑥雨水の土壤浸透を抑える敷地舗装

方針3. 汚染水を漏らさない

- ⑦水ガラスによる地盤改良
- ⑧海側遮水壁の設置
- ⑨タンクの増設（溶接型へのリブレース等）



		2013年度		2014年度		2015年度	
		上期	下期	上期	下期	上期	下期
方針1. 取り除く	①多核種除去設備による汚染水浄化	多核種除去設備等によるタンク内汚染水の浄化 高性能・増設多核種除去設備の設置					
	②トレンチ内の汚染水除去	浄化作業 凍結管設置 凍結止水・汚染水の除去					
方針2. 近づけない	③地下水バイパスによる地下水くみ上げ	建屋山側で地下水をくみ上げ					
	④建屋近傍の井戸での地下水くみ上げ(サブドレン)	浄化設備設置 調査・復旧 建屋近傍の井戸で地下水をくみ上げ					
	⑤凍土方式の陸側遮水壁の設置	小規模凍結試験 設置工事 凍結 地下水流入抑制					
	⑥雨水の土壤浸透を抑える敷地舗装	アスファルト等による敷地舗装					
方針3. 漏らさない	⑦水ガラスによる地盤改良	水ガラス等による地盤改良 汚染した地下水の海への流出抑制 汚染エリアからの汚染水のくみ上げ					
	⑧海側遮水壁の設置	設置工事 地下水の海への流出抑制					
	⑨タンクの増設(溶接型への交換等)	タンクの増設・貯留					

・安全性向上対策等の状況により、工程については適宜見直します

2. 「汚染水対策」の進捗状況 (1) 汚染水の浄化

- 一日も早いリスク低減を目指して、多核種除去設備（ALPS）などの7つの設備により、汚染水（RO濃縮塩水^{*}）の浄化を実施しています。
- RO濃縮塩水の処理は、事故後、早い段階で発生した海水成分の多い汚染水を除き、2015年5月末までに完了する予定です。
- 原子力規制庁からの指示事項となっている、2015年3月末の敷地境界の追加的実効線量を多核種除去設備等による汚染水処理を進め2mSv/年末満を達成と評価しました。
- 今後も、多核種除去設備（ALPS）以外で処理したストロンチウム処理水については、多核種除去設備（ALPS）で再浄化し、汚染水リスクの低減に全力を尽くします。

^{*}RO濃縮塩水：処理装置等（セシウム吸着装置、第二セシウム吸着装置等）により主要核種のセシウムが除去された廃水のこと

工程と目的	2013年度		2014年度		2015年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
①多核種除去設備による汚染水浄化（汚染源を取り除く）	<div style="text-align: center;"> 多核種除去設備等による汚染水の浄化 高性能・増設多核種除去設備の設置 </div>					
					多核種除去設備による処理済水の浄化	
汚染水が漏えいした場合のリスクを低減させるため、原子炉建屋地下などに滞留している高濃度の汚染水（汚染源）の浄化を、多核種除去設備などの7つの設備により進めます。						

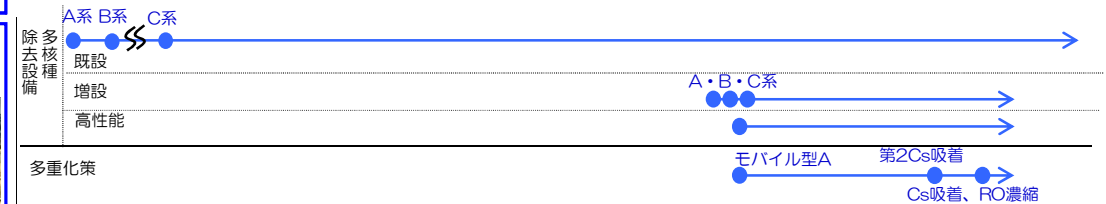
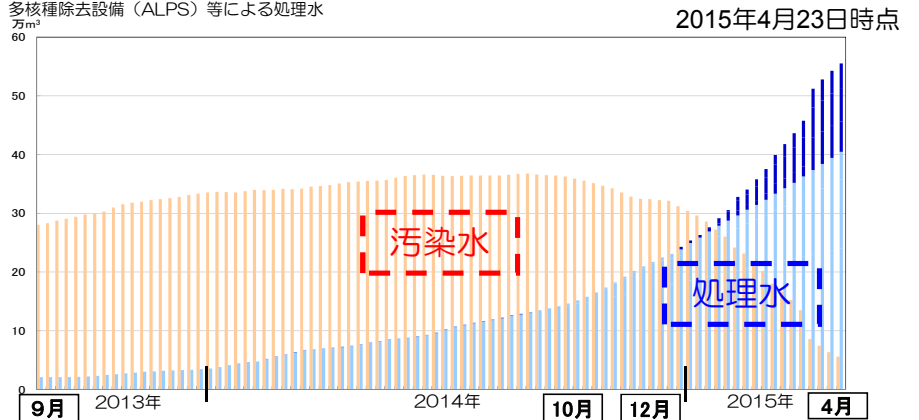
汚染水処理の状況

汚染水処理設備	1 多核種除去設備 (ALPS)	2 増設多核種除去設備 (ALPS)	3 高性能多核種除去設備 (ALPS)
除去能力	62核種を告示濃度限度未満		
処理能力	250m ³ /日 ×3系統	250m ³ /日 ×3系統	500m ³ /日
状況	試運転中		

汚染水処理設備	4 モバイル型Sr除去設備	5 RO濃縮水処理設備	6 Cs吸着装置によるSr除去	7 第二Cs吸着装置によるSr除去
除去能力	ストロンチウム (Sr) を1/100~1/1,000			
処理能力	300m ³ /日×2系統 480m ³ /日×4台	500~900m ³ /日	600m ³ /日	1,200m ³ /日
状況	2系統：運転中 4台：運転中	運転中	運転中	運転中

汚染水全量処理の見通しについて

- RO濃縮塩水
- モバイル型Sr除去設備、RO濃縮水処理設備、Cs/第二Cs吸着装置によりSrを除去した処理水
- 多核種除去設備（ALPS）等による処理水



＜汚染水（RO濃縮塩水）処理実績＞

- 多核種除去設備（ALPS）などにより、汚染水の貯蔵量は減少しています。
- これまでに、約56万m³の汚染水を処理しています。浄化が必要な汚染水は約5万m³が残っており、引き続き処理を実施していきます。（2015年4月23日時点）
- 多核種除去設備（ALPS）で汚染水を処理しなかった場合、汚染水による敷地境界実効線量は約9mSv/年のところ、多核種除去設備の稼働により、1mSv/年末満に抑制できました。

2. 「汚染水対策」の進捗状況 (2) 汚染水の除去 (トレンチ内)

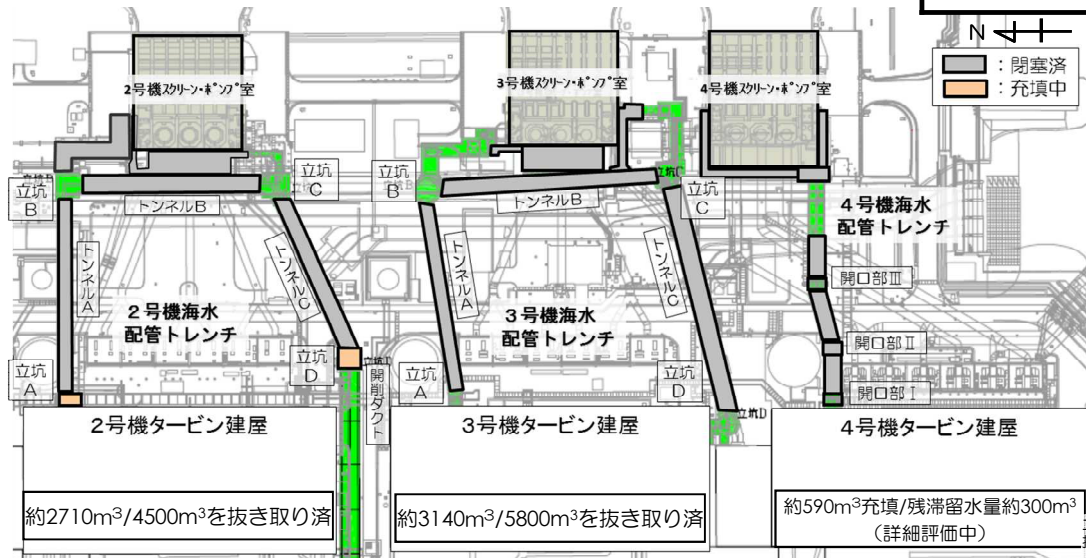
- 2号機の海水配管トレンチ※1については、トンネル部の充填を2014年12月18日に完了しました。現在、立坑部の充填作業を実施中です。
- 3号機は、トンネル部の充填を2015年4月8日に完了しました。今後、立坑部の充填を実施して予定です。充填に当たっては、2号機の作業で得られた知見を考慮し実施していきます。
- 4号機は、トンネル部の充填を2015年3月21日に完了しました。

※1トレンチ：配管が入った地下トンネル

工程と目的	2013年度		2014年度		2015年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
②トレンチ内の汚染水除去 (汚染源を取り除く)		浄化作業	凍結管設置	凍結止水・汚染水の除去	⑤凍土方式の陸側遮水壁の設置	凍結 地下水流入抑制
2～4号機のタービン建屋海側にある海水配管トレンチには、事故直後の高濃度汚染水が滞留しています。						
この高濃度汚染水が海洋に流出するリスクを未然に防止するため、建屋接続部の止水（汚染水の増加の防止）、滞留水の移送（汚染水の除去）、および海水配管トレンチ内の閉塞（海洋への汚染水の流出の防止）に取り組んでいます。						

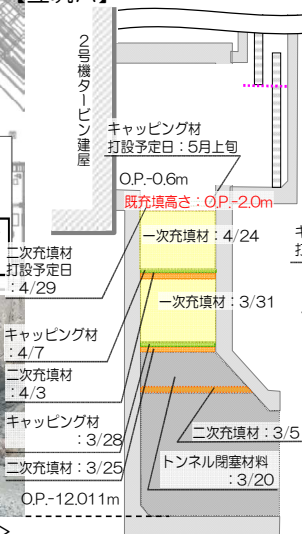
トレンチの閉塞概要

【汚染水の滞留状況】

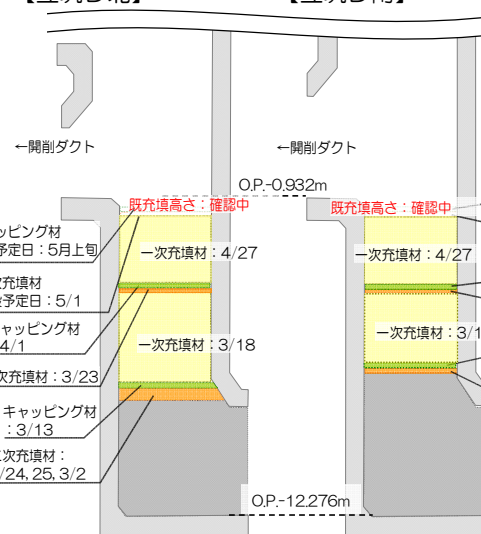


2号機トレンチ立坑部充填状況

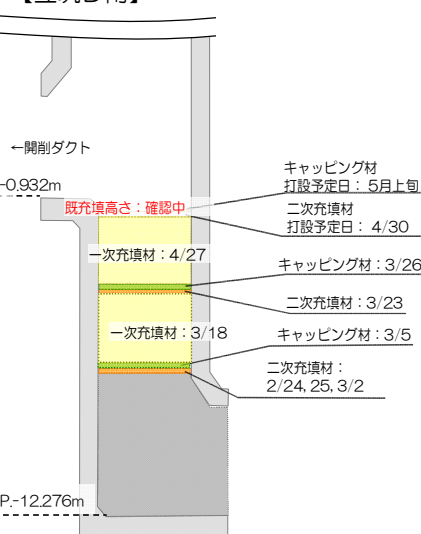
【立坑A】



【立坑D北】



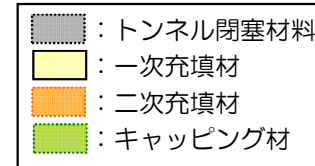
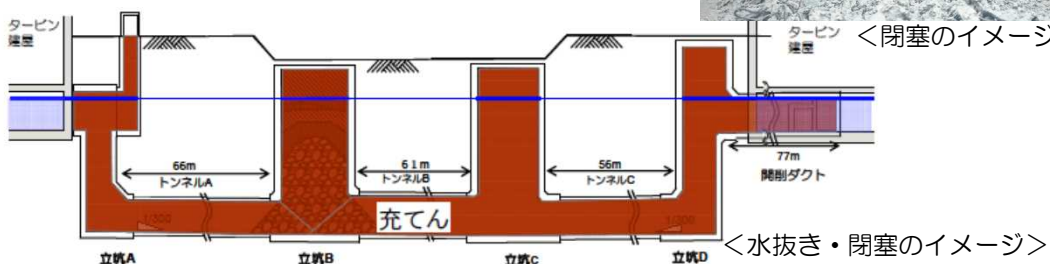
【立坑D南】



【トレンチ閉塞のイメージ】

トレンチ内の水抜き、グラウト※2による閉塞を実施します。

※2グラウト：建設工事において空洞、空隙、隙間などを埋めるために注入する流動性の液体のこと



2. 「汚染水対策」の進捗状況 (3) 地下水のくみ上げ (地下水バイパス)

- これまでに、101,835m³の地下水をくみ上げ、水質が運用目標を満足していることを東京電力および第三者機関（日本分析センター）で確認した上で排水を実施しています。
- 地下水バイパスの効果により、建屋周辺の地下水位は、くみ上げ開始前と比較して約10～15cm低下していると評価しています。
- また、建屋への地下水流入量は、これまで実施してきた高温焼却炉建屋の止水対策等とあわせて、約90m³/日減少していると評価しています。

工程と目的	2013年度		2014年度		2015年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
③地下水バイパスによる地下水くみ上げ (汚染源に水を近づけない)						
建屋山側で地下水をくみ上げ						
地下水は山側から海側に向かって流れています。その地下水の一部が建屋に流入し、汚染源に触れて汚染水となり、汚染水が増加します。建屋内へ流入する地下水を少なくし、汚染水の増加を抑制することを目的に、建屋よりも上流の井戸で地下水をくみ上げて流路を変更する「地下水バイパス」を実施しています。						

至近の排水実績

【至近の排水実績】

排水日	5月13日
排水量	1,758m ³

【累計の排水実績】

排水回数	63回 (前回:47回)
排水量	101,835m ³ (前回:77,215m ³)

【至近の分析結果】

単位：ベクレル/リットル

	セシウム134	セシウム137	全ベータ放射能	トリチウム
東京電力	ND (0.72)	ND (0.69)	ND (0.89)	98
第三者機関	ND (0.56)	ND (0.55)	ND (0.55)	97

【核種別の目標値】

単位：ベクレル/リットル

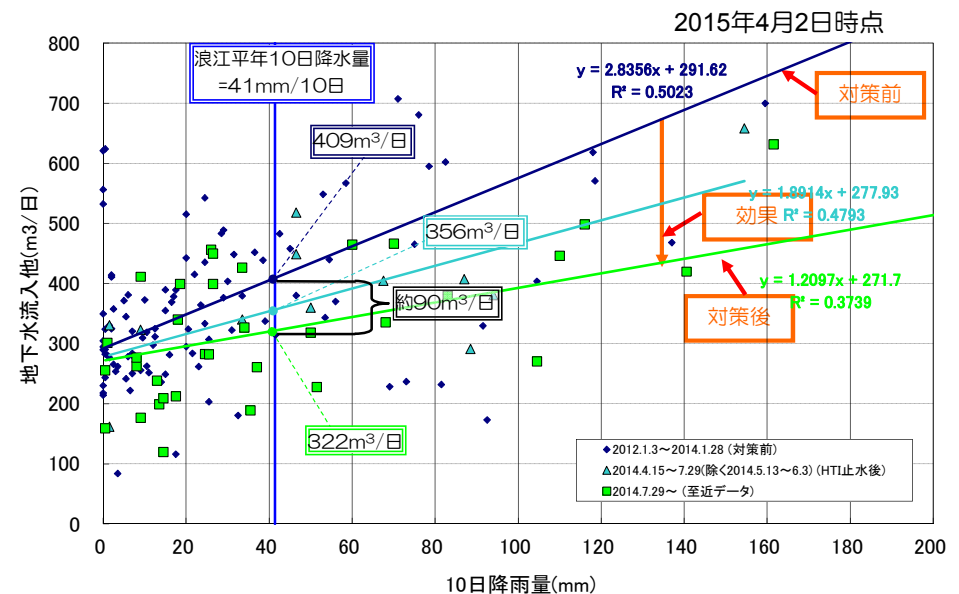
	セシウム134	セシウム137	全ベータ放射能	トリチウム	法令告示濃度に対する割合の和
運用目標	1	1	5	1,500	0.22 ^{※3}
法令告示濃度 ^{※1}	60	90	30	60,000	—
WHO飲料水質ガイドライン ^{※2}	10	10	10	10,000	—

※1 告示濃度の水を毎日約2リットル飲み続けた場合でも、年間被ばく量約1ミリシーベルト

※2 飲料水摂取による年間被ばく量約0.1ミリシーベルト

※3 計算式：0.22=1/60+1/90+5/30+1,500/60,000

地下水バイパスの効果 (建屋への地下水流入量評価)



- 建屋への地下水流入量については、降雨量との相関が高いことから、過去の実績に基づいて評価しています。また、複数の流入抑制対策を行っており、引き続き効果を評価していきます。
- 2015年2月下旬頃から、揚水井No.9の系統の流量が低下したため、3月31日に揚水停止、揚水ポンプ、揚水井内部壁面に対して、ブラシ清掃を実施。その後、井戸洗浄用の薬剤を投入し、ポンプによる攪拌洗浄を実施。4月27日に揚水再開。
- 同様に流量の低下が確認されたため、4月27日より、揚水井No.10の揚水を停止し、清掃を実施。

2. 「汚染水対策」の進捗状況 (4) 地下水のくみ上げ (サブドレン)

- くみ上げた地下水 (サブドレン) は、専用の設備により放射性物質濃度を1/1,000~1/10,000程度まで低下させます。この設備の性能を確認するために以下の3つの試験を実施しています。
- 浄化の性能を確認する試験では、浄化後の地下水の水質が運用目標※を下回ることを確認しました。(「浄化性能確認試験」)
- 連続運転の安定性を確認する試験では、長時間循環させて安定的に稼働できることを確認しました。(「連続循環運転試験」)
- 上記2つの試験を合わせた総合的な運転試験では、本格稼働と同じ条件で、定格流量50m³/hにて連続処理が可能であることを確認しました。(「系統運転試験」)
- 排水に関しては、関係省庁や漁業関係者さま等のご理解なしには行いません。

※：地下水ハイパスの運用目標 (告示濃度比0.22)

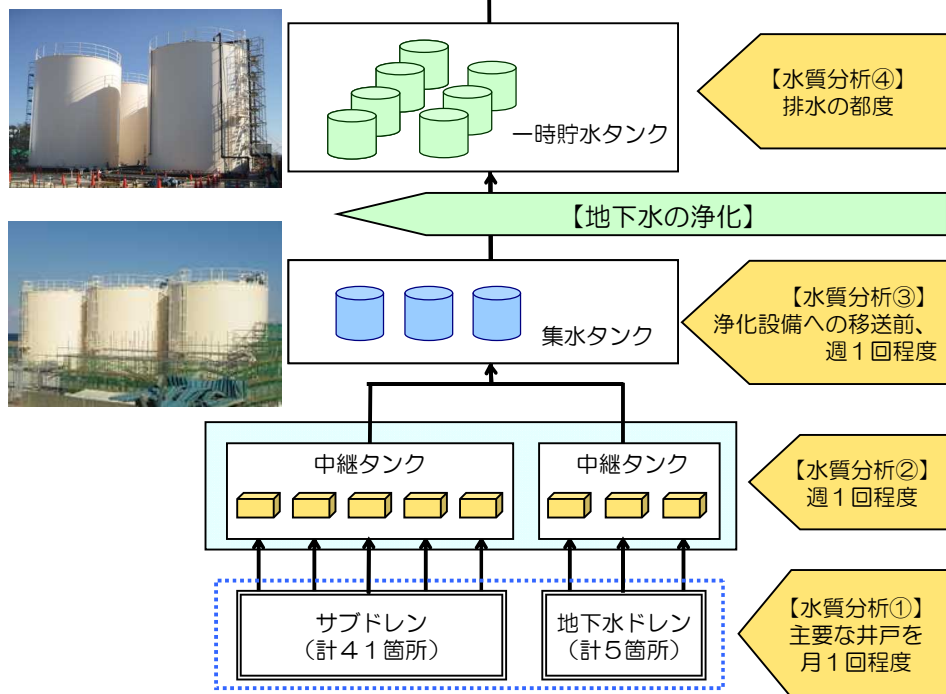
工程と目的	2013年度		2014年度		2015年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
④建屋近傍の井戸での地下水くみ上げ (サブドレン) (汚染源に水を近づけない)				浄化設備設置		
		調査・復旧			建屋近傍の井戸で地下水をくみ上げ	

原子炉建屋近傍の地下水は、事故により汚染された地表面のカシキ等に触れた雨水が混合していることから、放射性物質を含むことが確認されています。その放射性物質濃度は、原子炉建屋内に滞留している高濃度の汚染水に比べ、はるかに低いレベルです。建屋内へ流入する地下水を少なくするには、建屋近傍でくみ上げることが効果的であるため、サブドレンでくみ上げる計画です。

サブドレンで地下水をくみ上げるとは、発電所構内で保有する高濃度の汚染水の量を減らすこととなり、港湾内への汚染拡大リスクの低減に繋がると考えています。

サブドレン等の運用案

運用目標を満たしていることを確認して排水



■各水質分析の概要

- ① 主要な井戸における水質分析
確実に運用目標を満たすため1回/月程度実施し、傾向監視します。
- ② 中継タンクにおける水質分析
トリチウムを集水タンクで確実に運用目標未満にすること、およびセシウムと全ベータの傾向把握のため、1回/週程度実施します。
- ③ 集水タンクにおける水質分析
(1) 浄化設備への移送前 (トリチウム、セシウム)
トリチウムは浄化設備で処理できないため、また、セシウムは浄化設備の性能確認や傾向把握のため、移送前に実施します。なお、トリチウムが運用目標を超えた場合は、発電所構内のタンク等へ移送します。
(2) 週1回程度 (全ベータ)
浄化設備の性能確認や傾向把握のため、1回/週程度実施します。
- ④ 一時貯水タンクにおける水質分析
セシウム、全ベータ、トリチウムが運用目標未満であること、およびその他ガンマ核種が検出されていないことを確認するため、排水前に都度実施します。なお、セシウム、全ベータが運用目標を超えた場合は再浄化し、トリチウムを超えた場合は発電所構内のタンク等へ移送します。

■排水する水の運用目標

核種	セシウム134	セシウム137	全ベータ	トリチウム
ベクレル/リットル	1	1	3 (1) ※	1,500

※おおむね10日に1回程度のモニタリングで1ベクレル/リットル未満を確認

2. 「汚染水対策」の進捗状況 (5) 陸側遮水壁 (凍土方式)

- 陸側の遮水壁は、凍結プラントで-30℃程度に冷却したブライン※1を各凍結管に送り、周囲の土の温度を下げることで土を凍結させ、凍土の壁を作ります。
- 小規模の試験を行い、温度や掘り返した状況から、凍土壁が作れることを確認しました。
- 凍結管を設置する穴の堀削（削孔）と、凍結管の設置（建込）を継続して実施しています。
- 4月30日に山側の一部箇所において、試験凍結を開始しました。5月中に山側全体の凍結を開始する予定です。

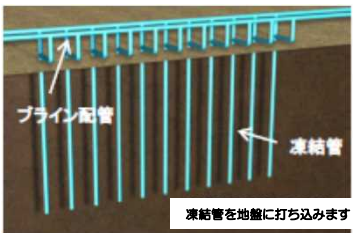
※1：冷媒のこと（塩化カルシウム水溶液）

工程と目的	2013年度		2014年度		2015年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
⑤凍土方式の陸側遮水壁の設置 (汚染源に水を近づけない)			小規模凍結試験			
			設置工事		凍結	地下水流入抑制

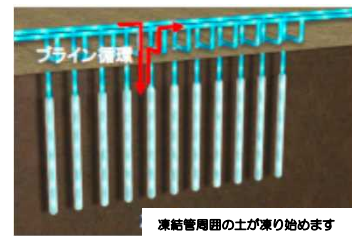
汚染水を貯めている建屋の周りに凍土の遮水壁を設置することによって、建屋内への地下水流入による汚染水の増加を抑制する対策を実施しています。

凍土壁施工概要

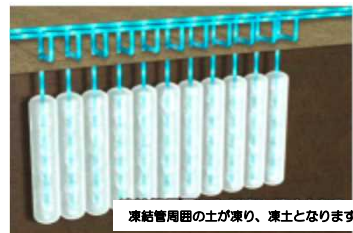
- ① 凍結管を地中に建て込み、ブラインを循環させるための配管を接続します



- ② ブラインを循環させます



- ③ 凍土壁が造成されます



- ④ 凍土イメージ



試験凍結開始の状況

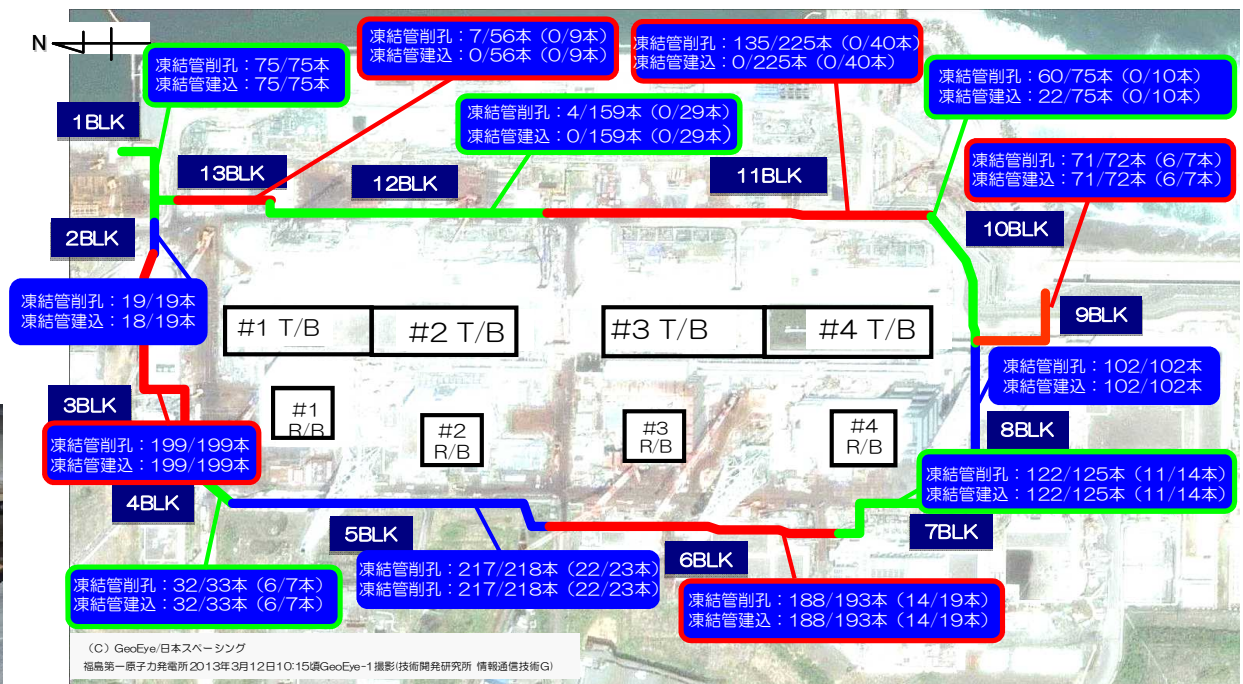


陸側遮水壁の削孔の進捗状況

2015年5月6日時点

	凍結管		
	山側※2 (本)	海側※3 (本)	合計 (本)
削孔本数※4	1,036	515	1,551
削孔済	1,025 (99%)	206 (40%)	1,231 (79%)
建込済	1,025 (99%)	22 (4%)	1,047 (68%)

※2：下図1～9BLK ※3：下図10～13BLK ※4：削孔本数は現場等の状況により変更の可能性があります。



R/B：原子炉建屋
T/B：タービン建屋

2. 「汚染水対策」の進捗状況 (6) 雨水の土壌浸透を抑える敷地舗装

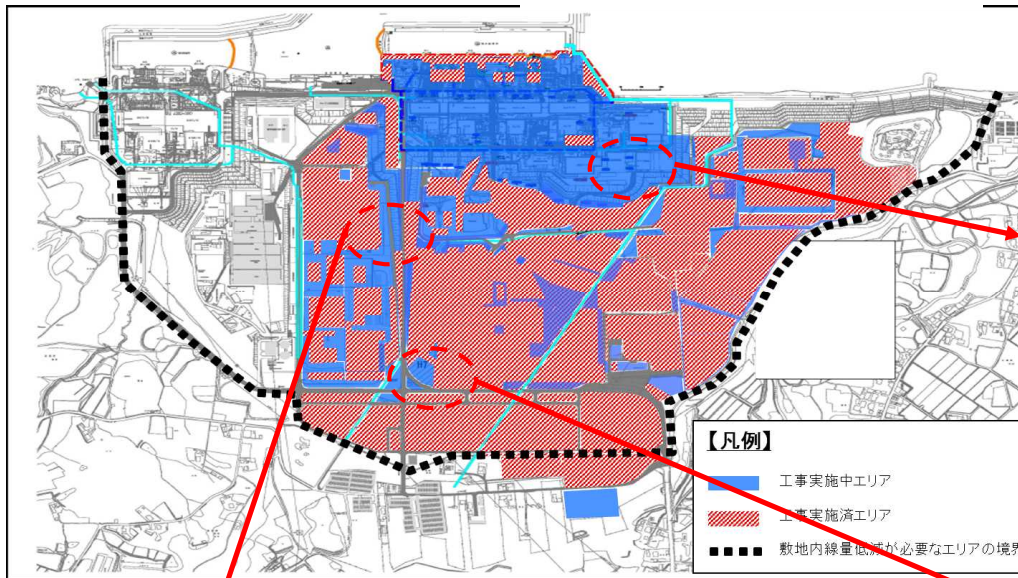
- 発電所敷地内の舗装対象エリア（145万m²）に対して、敷地舗装を進めており、2015年4月時点での進捗は約70%です。
- 敷地舗装の実施により、地下水が2～3年かけて徐々に低下すると評価しており、建屋へ流入している地下水が160m³/日まで低減することを見込んでいます。
- 敷地高さ4mの海岸エリア（以下、4m盤）の地下水汚染を確認しており、降雨による海洋への流出が懸念されるため、雨水浸透防止を目的として、4m盤全体の敷地舗装を実施しています。2015年3月末までに高線量箇所および作業困難箇所を除き完了しました。

工程と目的	2013年度		2014年度		2015年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
⑥雨水の土壌浸透を抑える敷地舗装 (汚染源に水を近づけない)			アスファルト等による敷地舗装			

発電所敷地内に降り注ぐ雨は、地下に浸透し、建屋へ流入しているため、汚染水増加の一因となっています。そのため、敷地内の地表面をアスファルトなどで覆うことで、雨水の地下浸透を抑制し、建屋への地下水流入量の低減を図っています。また、敷地内に広がっている、汚染した樹木の伐採・表土の除去（汚染源の撤去）、天地返し等（遮へい）を先に実施します。その上で、敷地舗装により地表面からの被ばく線量を低減させます。

敷地舗装工事概要

- 作業対象エリア 145万m²
- 作業進捗 70%(前回62%)



<2015年4月時点の全体進捗状況>

【表土剥ぎ施工前】



【表土剥ぎ施工後】



<35m盤1～4号法面表土剥ぎ施工状況>

【舗装施工前】

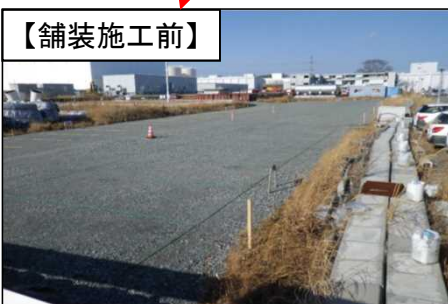


【舗装施工後】



<35m盤Hタンクエリア舗装施工状況>

【舗装施工前】



【舗装施工後】



<35m盤北側エリア舗装施工状況>

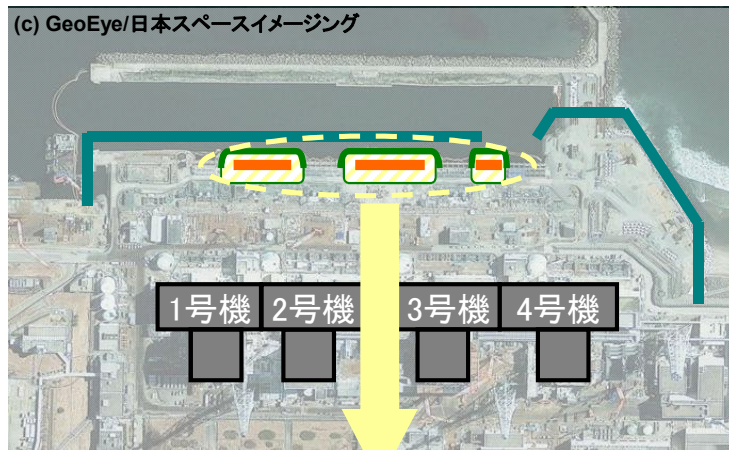
2. 「汚染水対策」の進捗状況 (7) 水ガラスによる汚染エリアの地盤改良

- 4m盤における地盤改良工事は実施済みです。(2014年3月完了)
- 1～2号機エリア、2～3号機エリア、3～4号機エリアそれぞれの地下水位をモニタリングしており、至近1ヶ月において、発電所敷地内の降水量の多い時に地下水位が変動することを除いては、大きな変動はありませんでした。
- 上記エリアにおいて、水ガラスを注入できない地表付近での地下水の越流を防止するため、地表部のモルタル施工や薬液注入改良を実施しました。

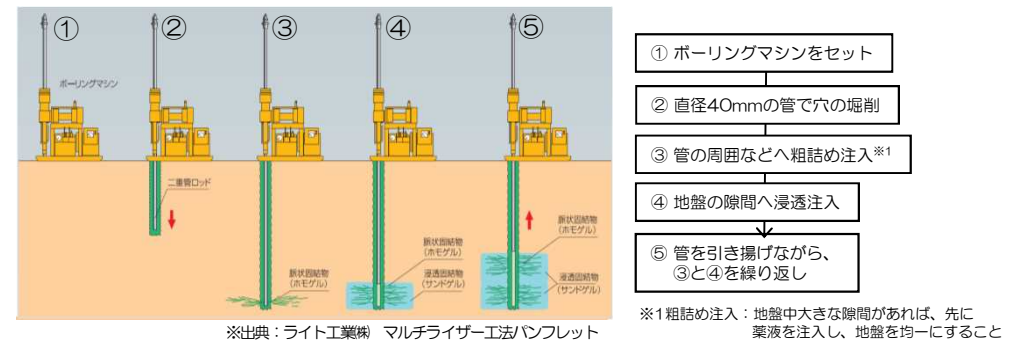
工程と目的	2013年度		2014年度		2015年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
⑦水ガラスによる地盤改良	水ガラス等による地盤改良		汚染した地下水の海への流出抑制			
(汚染水を漏らさない)			汚染エリアからの汚染水のくみ上げ			

発電所の4m盤には、地下水に高濃度の汚染が確認されました。この地下水による海洋への汚染を抑制するため、汚染が確認されたエリアを囲い込み、汚染水流出のリスク低減を図ります。

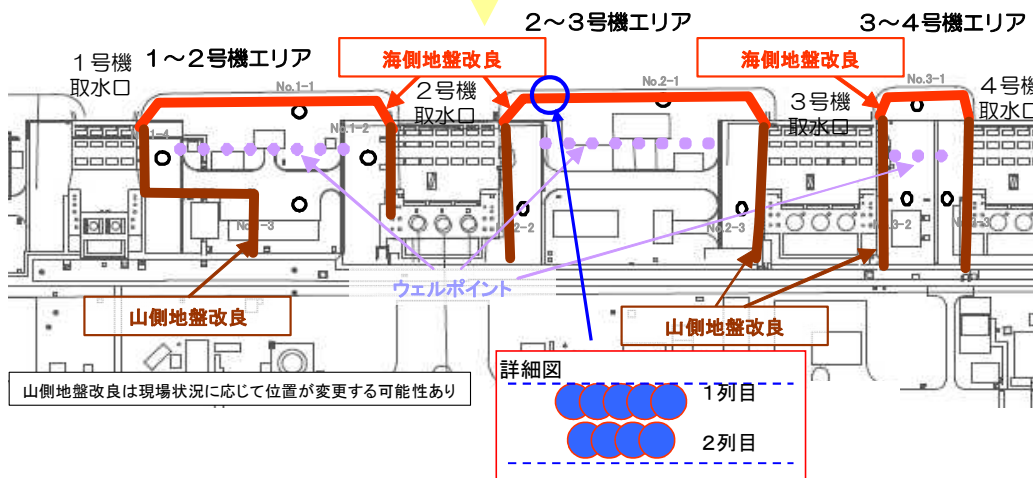
水ガラスによる地盤改良の実施



地盤改良工事の概要



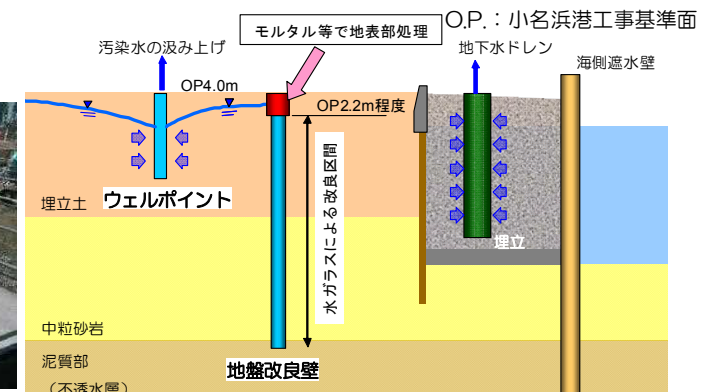
※出典：ライト工業㈱ マルチライザー工法パンフレット
 <地盤改良工事施工手順>



山側地盤改良は現場状況に応じて位置が変更する可能性あり
 <地盤改良工事実施エリア>

地盤改良壁の地表処理

- 地表部のモルタル施工や薬液注入改良を実施し、1～2号機間、2～3号機間、3～4号機間エリアは全て、2015年3月までに完了しました。



<地盤改良壁の地表処理>

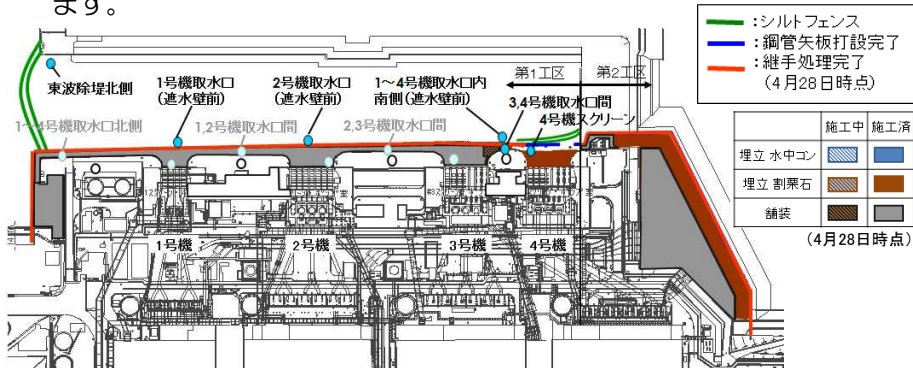
- 4m盤における地盤改良工事は、水ガラス系の薬液を地盤の隙間に注入し、地盤を硬化させることで、水を100倍程度通しにくくする効果があります。

2. 「汚染水対策」の進捗状況 (8) 海側遮水壁の設置

- 1～4号機の4m盤の前面に遮水壁（海側遮水壁）の設置工事を実施しています。
- これまでに、4号機取水路前を残し、鋼管矢板（下記、写真参照）の設置を完了しています。
- 最終的に4号機取水路前を閉合すると、海側遮水壁内側の地下水水位が上昇し、汚染された地下水が遮水壁外部（港湾内外）に流出するリスクがあるため、海側遮水壁内側の地下水のくみ上げを実施する必要があります。
- 現在、港湾へと流出していた地下水（地下水ドレン）を遮水壁の内側でくみ上げ、建屋近隣の井戸水（サブドレン）と共に、安定的に浄化・移送できることを確認した後、海側遮水壁を閉合する計画としています。

海側遮水壁の進捗状況

- 海側遮水壁は、4号機取水口前を除いて鋼管矢板の設置を完了しています。



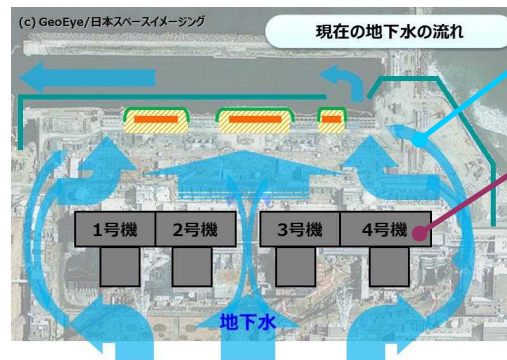
海側遮水壁の設置状況



工程と目的	2013年度		2014年度		2015年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
⑧海側遮水壁の設置 (汚染水を漏らさない)		設置工事		地下水の海への流出抑制		

放射性物質を含む地下水の港湾内への流出を抑制するため、1～4号機の4m盤の前面に遮水壁を設置し、これとあわせて地下水水位の管理を行うことによって、地下水による海洋汚染の拡大防止を図ります。

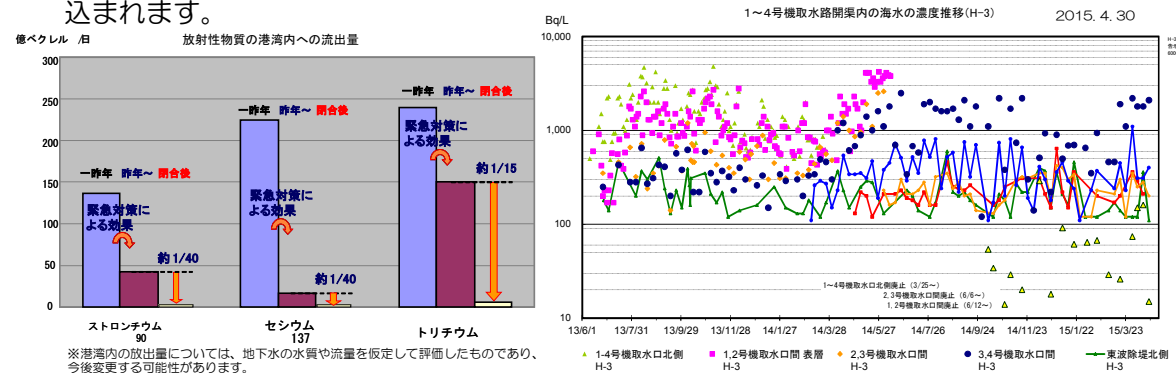
現在の地下水の概要



- 建屋周辺の地下水は、汚染されたガレキ等に触れた雨水が混合しているため、放射性物質が含まれています。
- 1～4号機の建屋内滞留水水位を建屋周辺地下水よりも低く保持することで、建屋内滞留水が建屋周辺の地下水へ混入することを防いでいます。

1～4号開渠内への地下水の流出

- 1～4号機取水路開渠内の放射性物質濃度（トリチウム：H-3）は、海側遮水壁設置工事後、上昇し、その濃度を維持しているため、引き続き監視を行います。これは、放射性物質を含む地下水が流出しているためで、海側遮水壁の閉合により港湾内の水質改善が見込まれます。



※港湾内の放出量については、地下水の水質と流量を仮定して評価したものであり、今後変更する可能性があります。

2. 「汚染水対策」の進捗状況

(9) タンクの建設（溶接型へのリプレース等）

- 汚染水の受入容量が不足しないよう、計画に余裕をもって鋼製円筒型タンク（溶接接合（溶接型タンク））の建設を順次実施しています。
- タンクの総容量80万m³確保について、3月に達成しました。現行の中長期ロードマップより約2年前倒しでの達成です。
- タンクの信頼性向上のため、フランジ型タンク（鋼材をボルト締めしたタンク）から溶接型タンクへのリプレース（撤去および設置）を実施しています。
- 汚染水漏えいに備えてタンク周辺に堰を整備しています。堰内に流入した雨水は、分析し、暫定排出基準を満たしていることを確認した上で排出しています。

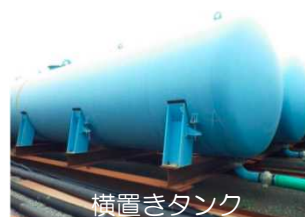
工程と目的	2013年度		2014年度		2015年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
⑨タンクの増設 （溶接型への リプレース等） （汚染水を漏らさない）			タンクの増設・貯留			

福島第一原子力発電所1～4号機は、原子炉建屋内へ地下水が流入しています。建屋内には高濃度の汚染水が滞留しているため、建屋に流入してきた地下水は、汚染水となります。建屋外、敷地外への流出を防止し、浄化設備により浄化した上で安全に保管するため、敷地内にタンクを計画的に建設する必要があります。また、浄化した水を安定的に維持するため、タンクの信頼性の向上を図っています。フランジ型タンク等を撤去し、溶接型タンクを順次設置する計画です。

タンク設置エリア 概要図



<タンク設置エリア概要図>



タンク建設・撤去進捗状況



タンク堰内雨水への対応状況



- 雨水抑制（雨樋、堰カバー）等の対策が完了したエリアについては、台風による降雨でも、堰内雨水の溢水を防止することができました。

