

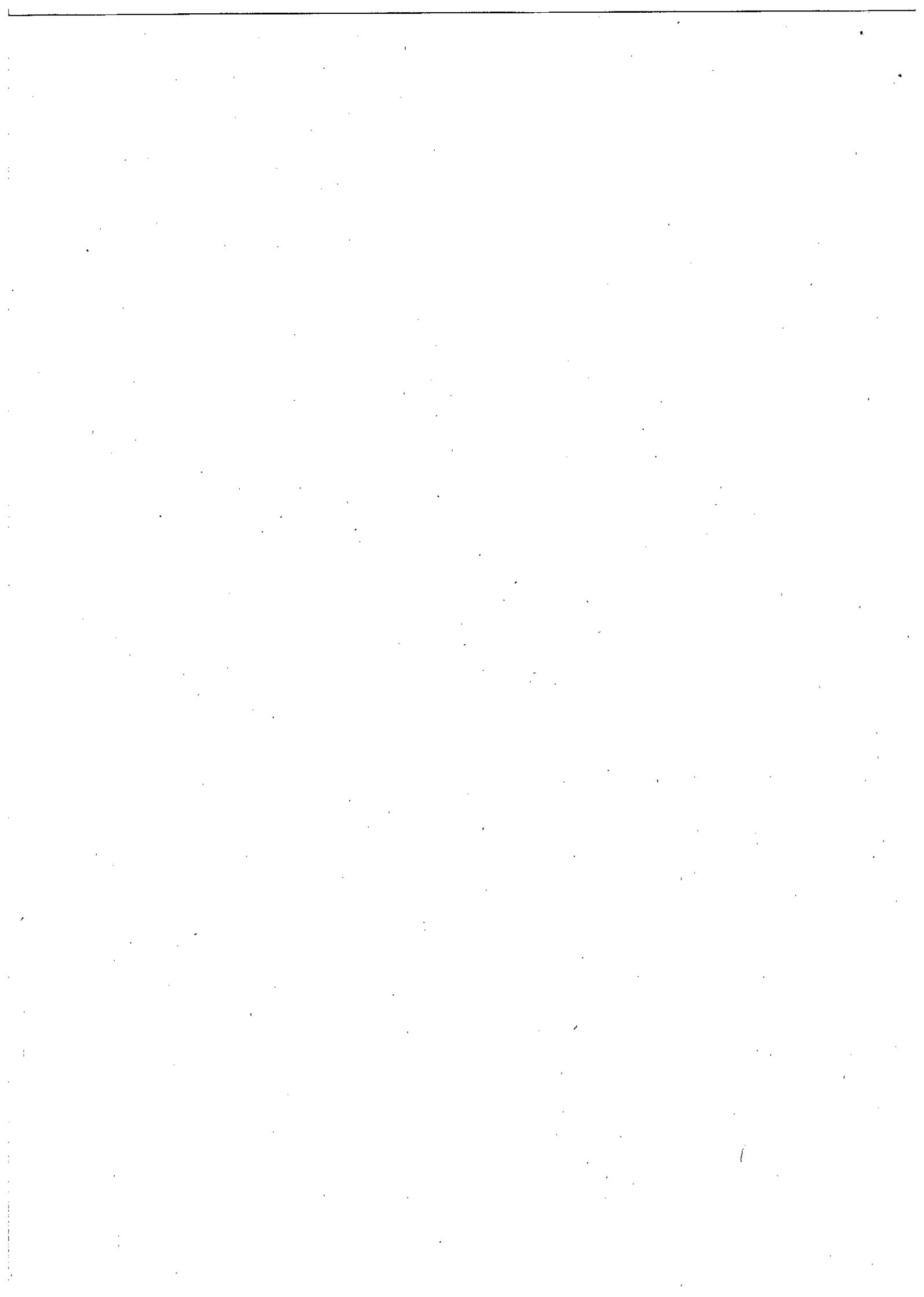
令和4年6月市議会建設水道委員会資料

所管事項調査②

目次	ページ
1 小浦・大浜地区送水管損傷について	1~14
2 長崎水害緊急ダム事業について	15~16

上 下 水 道 局

令 和 4 年 6 月



小浦・大浜地区送水管損傷について

1 弁護士への相談について

①日時 令和4年3月18日

②相手方 長崎市上下水道局顧問弁護士 橋本 勇氏（日本水道協会顧問弁護士）

③相談した項目及び回答内容

(1) 鋼管メーカーへの損害賠償の可能性について

【回答】 今回、小浦・大浜地区で起こった送水管の損傷の瑕疵に関して、このようなことは全国的にも事例がないことから鋼管メーカーは予見することはできない。

予見することができない以上、今回起こった損傷の回避は難しく、このような状況で法律上の責任を鋼管メーカーに追及するということは、極めて困難である。

(2) 長崎市の今後とるべき対応

【回答】 送水管損傷の原因は特定できていないが、短期間にかつ広範囲に多大の損傷が、生じた事実が確認されている。

今後、同様の損傷事案を発生させてはならないことから、事案のさらなる研究などについて、鋼管協会や鋼管メーカーに協力を要請すべきである。

2 長崎市の行った対応

①日時 令和4年5月13日

②相手方

(1) 日本水道鋼管協会

専務理事 佐々木 史郎氏

上席技術顧問 山口 司氏

(2) 鋼管メーカー

日鉄パイプライン&エンジニアリング株式会社

水道部 技術室長 長谷川 輝之氏

営業室長 古川 裕一氏

③ 要請した項目及び回答内容

長崎市として、送水管損傷の原因究明のためできる限りの調査及び試験を実施したが、原因の特定は、現時点では出来ていない。

しかしながら、これだけの短期間にかつ広範囲に多大な損傷が生じた事実は確認した。

今後、このような損傷事案が再発してはならないと考えているため、長崎市が実施した調査の結果及び損傷の詳細な状況の資料を提供したい。

ぜひ、損傷事案の研究に活用し、製品開発の参考につなげていただくようお願いする。

(1) 日本水道鋼管協会

今回のように同一の工事区間の全体にわたって鋼管が損傷したということは、全国的にも前例がない。

長崎市が実施した調査結果及び損傷した事実を、協会として研究資料として受け止め、今後の参考としたい。

(2) 鋼管メーカー

今回の事例は、岩盤等に接触していたことにより塗膜が損傷したと推定され、海水の干満の影響により腐食が進んだものと考えている。

しかしながら同一の工事区間すべてにわたって、多くの損傷が生じたことは否定できない。

したがって、日鉄パイプライン&エンジニアリング株式会社としても、長崎市による研究資料を日本水道鋼管協会と共有したい。

3 長崎市の今後の取組み

① 埋設箇所を特性を考慮した腐食対策の実施

潮汐の影響を受けやすい標高が低い箇所を水道配管システムでリスト化し、該当する箇所では、適正な管種を選定するとともに、腐食対策を実施し施工することとした。

② 土壌データの精度の向上

現在構築しているアセットマネジメントシステムで、詳細な土壌データを把握・管理し、管種選定の基礎資料とする。

③ 職員研修の実施

今回の損傷事案の調査結果を職員全員で共有するため、職員研修を令和4年度に実施する。

また、当該研修は、損傷の原因の特定に協力して頂いた九州大学の貝沼准教授を講師に迎え、金属の腐食メカニズムも含む専門性の高い研修とする。

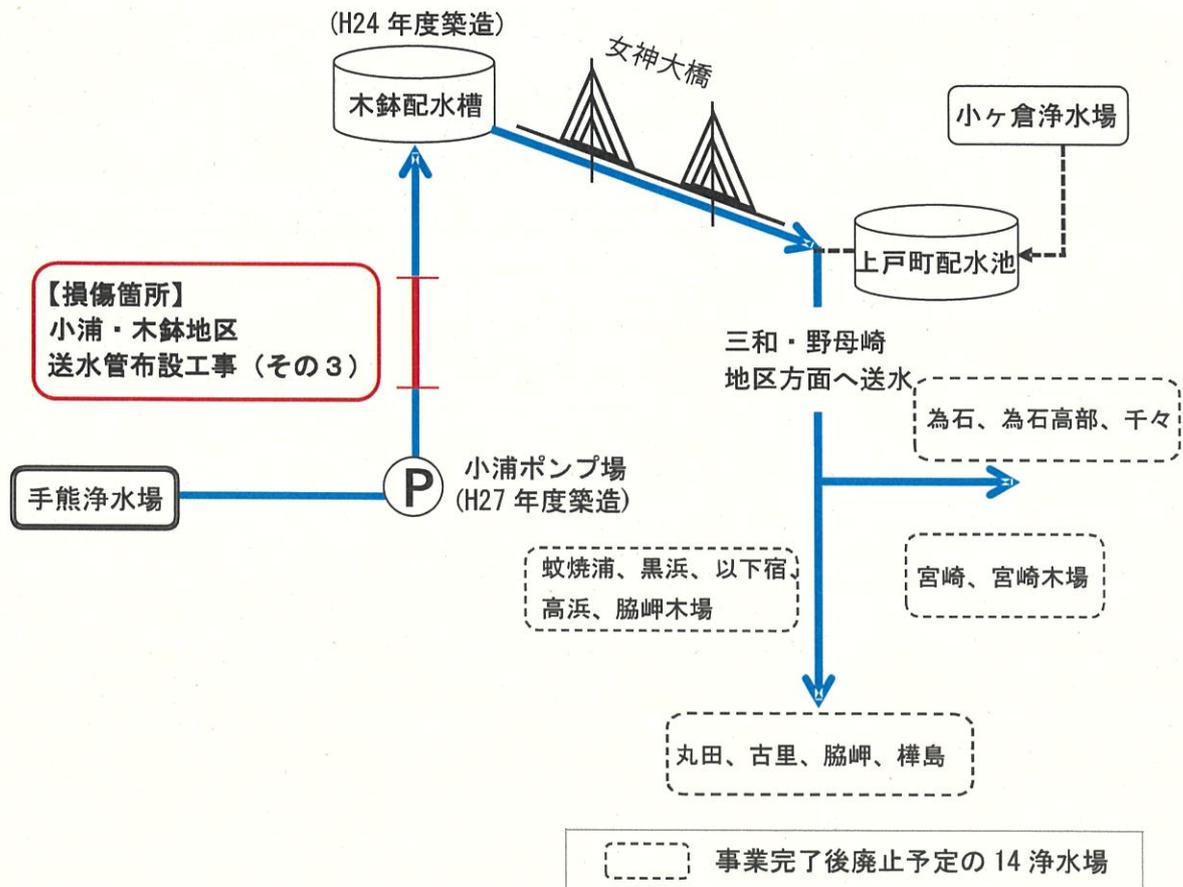
小浦・大浜地区送水管損傷について

1 損傷した送水管について

① 損傷した送水管の工事内容

- (1) 経 過 水道施設統合整備事業の一環として、手熊浄水場から三和地区及び野母崎地区へ送水するための送水管を布設した。しかし、下記工事区間の管体において、漏水が繰返し発生し、その都度修繕を行ったが、漏水を防止することができなかった。
- (2) 工 事 名 小浦・木鉢地区送水管布設工事（その3）
- (3) 工 期 平成19年10月24日～平成21年3月25日
- (4) 工事内容 送水管 口径:600 耗、延長:454m、管種:プラスチック被覆鋼管
- (5) 工 事 費 126,336,000 円

【水道施設統合整備事業（南部地区）イメージ図】



② 損傷に対する調査及び修繕の経過について

(1) 経過

- 平成20年度 小浦・木鉢地区送水管布設工事（その3）完了
- 平成21年度～27年度
 - ・小浦ポンプ場から木鉢配水槽までの送水管布設工事
 - ・小浦ポンプ場築造工事
 - ・木鉢配水槽築造工事以上の工事を実施し完了した。
- 平成27年度 小浦ポンプ場から木鉢配水槽までの送水管に水を充填した。
- 平成29年度～令和2年度 漏水調査、外面塗膜調査および漏水修繕
漏水調査および外面塗膜調査により19か所の損傷箇所を発見し、11件の貫通腐食部、10件の表面腐食部及び16件の塗膜損傷部の修繕を行った。
- 令和2年10月 布設替工事契約
送水管布設替工事2件の契約を行った。
- 平成2年12月 損傷原因の究明に作業着手
土壌調査（R2.12.28～R3.8.12）
鋼材の成分試験（R3.7.6～R3.7.9）
塗覆装の物性試験（R3.7.26～R3.9.30）
管体調査研究（R3.3.9～R4.1.31）
- 令和4年1月 損傷原因の究明作業終了
令和4年1月31日必要な調査および試験結果に基づき、総合的な損傷原因について、九州大学より報告を受けた。
- 令和4年2月 布設替え工事の完了
布設替え工事完了し、令和4年3月までに三和地区及び野母崎地区の浄水場の運転を停止した。

既設送水管の損傷状況写真

【 第 1 段階 塗膜の損傷 】
(塗膜に損傷が見られる状態)
(上部損傷状況)



(上部損傷状況)



【 第 2 段階 表面腐食 】
(塗膜の損傷部から、管の表面まで腐食が進行している状態)
(側部損傷状況)



(下部損傷状況)



【 第 3 段階 貫通腐食 】
(管の腐食が進行し、管に穴が開いている状態)
(下部損傷状況)

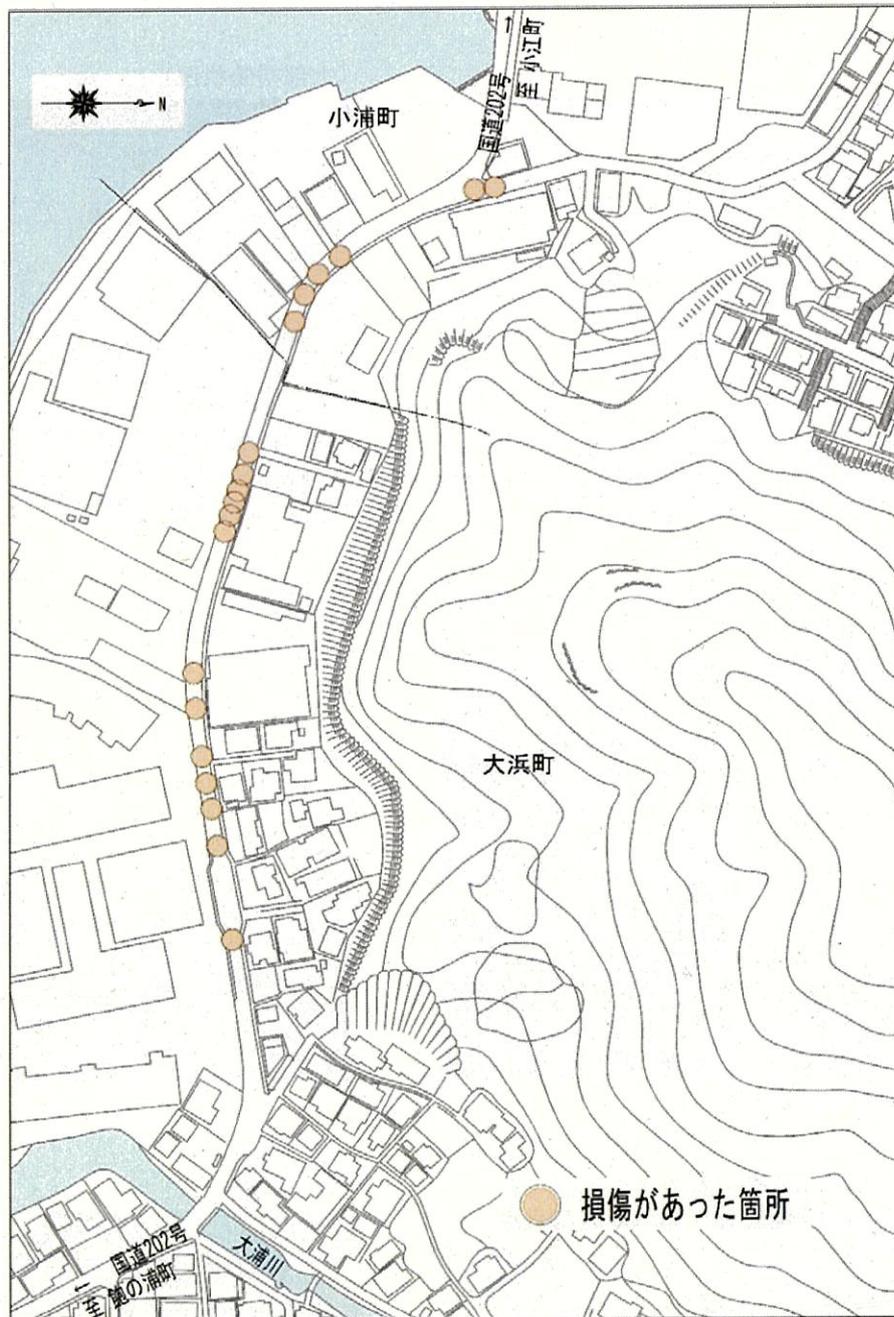


(側部損傷状況)



(2) 損傷の状況

・ 損傷があった「19 か所」の分布図



・ 19 か所を掘削した際に判明した損傷の詳細状況は次のとおりである。

段階	上部	下部	側部	合計
第1段階 (塗膜の損傷)	8	4	4	16
第2段階 (表面腐食)	—	8	2	10
第3段階 (貫通腐食)	1	9	1	11
計	9	21	7	37

③ 管の損傷要因の検討状況について

当該送水管は、法定耐用年数 40 年であり、将来の更新計画においては目標耐用年数を 80 年に設定していたが、前述したように、同一ルートや同一区間の管は損傷しておらず、当該工事箇所の送水管（鋼管）だけが損傷していることから、その要因について以下のとおり検討を行った。

（1）埋設箇所の特性の検討

送水管の埋設箇所については、次のような特性がある。

- （ア） 潮位により海水の影響を受けやすい。
- （イ） 地質において、岩盤が混在している箇所がある。
- （ウ） 交通量が多く、バスなどの大型車も通行する箇所である。

しかしながら、上記の条件下において管を布設することは、長崎市内においては特異なことではなく、このことが損傷の主たる要因ではないと考えられる。

（2）製品そのものの検討

工場製造時や輸送時に疵が入っていた可能性について、鋼管メーカーに対しヒアリングを行ったが、工場での製品検査や日本水道協会の検査を受けて出荷されていることから、製造時の疵とは考えられないとの見解が示され、また、製品入荷時の受入検査も実施していることから、輸送時の疵とも考えられないとのことだった。

これらの見解は、妥当性があり本市としても損傷の主たる要因ではないと考える。

さらに修繕箇所が多く、通常では考えられない腐食であることから、鋼管の塗膜等に異常がないか布設した鋼管メーカーを通じて分析の専門機関に調査を委託したが、鋼管成分、外面塗膜成分ともに規格値を満たしており鋼管には異常なしとの報告を受けた。

（3）施工上の要因の検討

施工時における重機により疵がつく又は埋戻・転圧時に礫等が塗膜に食い込んだ可能性については、施工業者にヒアリングを行ったが、鋼管の特性は十分理解したうえで取り扱っており、布設時には布製帯で保護した上でつり込みし、埋戻し時には配管に直接影響を与えないように転圧に配慮したことが確認された。

よって、施工中に管の表面を損傷したとは考えにくい。

（4）長崎市（発注者）の設計及び施工監督上の要因の検討

設計や施工監督の上での指示等が不十分でなかったかについて、市が検討した結果は次のとおりである。

- （ア） 設計時においては、当該工事は開削工事であるため、通常どおりボーリングによる地質調査を行わず、施工中に試掘などで確認しながら施工することとした。
- （イ） 道路掘削において、施工業者から岩盤が出たとの報告があった際には、管が岩盤に直接あたらないように布設するよう指示を行った。

このように、市は通常通りの設計・施工監督を行っていた。

(5) 送水管の破損状況から推測される要因の検討

埋戻後において、当該工事区間は、海水の影響を受けやすい箇所であったことから、海水で埋戻土が流出し、送水管が直接岩盤にあたることにより塗膜に疵が入った可能性は否定できない。

しかしながら、当該送水管は、工事区間全般にわたり疵が入っているが、区間内には岩盤が含まれていない区間もあること及び工事区間における塗膜の損傷は、管の下側だけでなく、横側や上側にも見られたことから、すべてが直接岩盤にあたったことによる疵とは考えられない。

④ 専門機関の見解等

(1) 日本水道協会

このように塗膜の損傷が激しいのは特異なことと考えられることから、協会としてその原因調査には大きな関心がある。また今後の調査については、協会として協力して行きたい。

(2) 日本水道鋼管協会

このような損傷は、今までに例がないことから、原因調査は必要であり、こちらからもお願いしたい。協会としても調査する際には、専門の大学を紹介するなど協力することは可能である。

⑤ 令和2年9月以降の対応方針

これまでの調査、修繕及び要因の検討の結果を受けて、

(1) 当該工事区間の漏水等の箇所については、可能な限り調査及び修繕を行ったが、繰り返し漏水が発見され、これまでの方法では損傷の原因及び全容を把握することが困難な状況である。

(ア) 専門機関の見解においても、特異な事例であり、全容を把握するためには開削による原因調査が必要である。

との判断に立ち至った。併せて、

(イ) 小浦・木鉢地区送水管布設工事(その3)の区間は、水道施設統合整備事業のルートであり南部地区の施設統合を完了するために早期に復旧する必要がある。

以上のことから、水道施設統合整備事業を完了するため、当該工事区間について開削による布設替えを行い、併せて埋設されている鋼管の管体調査と埋設場所の土壌調査を実施することとした。

また、水道施設統合整備事業の延期に伴い、南部地区の一部の浄水場の運営を令和3年度まで延長した。

2 対応状況について

① 概要

小浦・大浜地区において平成20年度に布設が完了した、口径600耗の送水管（プラスチック被覆鋼管）が複数箇所損傷を受け漏水していることから、令和2年9月議会で予算を補正し、布設替工事及び損傷原因の調査を行った。

② 布設替工事の状況

(1) 工事内容

開削により既設送水管を撤去し、ダクタイル鋳鉄管に布設替えを行う。

【工事の契約状況】

工事名	受注者	工期
小浦・大浜地区（径600耗） 送水管布設工事（1工区）	(有)石本建設	令和2年10月14日から 令和4年2月28日まで
小浦・大浜地区（径600耗） 送水管布設工事（2工区）	(株)東昇興産	令和2年10月14日から 令和4年2月28日まで

③ 損傷原因の調査

(1) 土壌調査について

(ア) 調査内容

既設送水管の撤去と並行して、損傷している鋼管周りの土壌及び地下水を採取し、土壌が鋼材に影響を与える特性がないかを確認する。

(イ) 調査項目

a 土壌分析

専門的な方法により次の項目の試験を行う。

- ① 土壌比抵抗 ② 土壌ペーハー ③ 電位 ④ 含水比
- ⑤ 硫化物判定 ⑥ 硫黄含有量

b 土壌抽出水、地下水分析

専門的な方法により次の項目の試験を行う。

- ① 比抵抗 ② ペーハー ③ 硫酸イオン含有量
- ④ 塩酸イオン含有量 ⑤ 蒸発残留物

(2) 材質試験について

(ア) 調査内容

既設送水管について、鋼材の成分分析及び塗膜の物性試験を行い、製品の基準を満たしているかの検証を行う。

(イ) 調査項目

a 鋼材の成分分析

ドリルを用いて切粉を採取し、次の項目の成分分析を行う。

- ① 炭素 ② 硫黄 ③ リン

b 塗膜の物性試験

専門的な方法により次の項目の試験を行う。

- ① 付着性 ② 硬さ ③ 比重 ④ 引張強さ ⑤ 伸び
⑥ 吸水率

(3) 管体調査について

(ア) 調査内容

損傷の全容を把握するため、土壌調査、材質試験の結果及び錆等の分析を行い、総合的に損傷の原因を検討する。

(イ) 調査項目

a 鋼材腐食の解析

特殊な機器を用いて分析を行う。

- ① 被覆下腐食による塗覆装の膨れ性状の現地測定
② 海塩由来の腐食生成物層の塩素イオン含有量の分析
③ 表面性状（形状）
④ 管周の腐食進行特性
⑤ 塗覆装と埋戻土との接触試験

【調査の契約状況】

調査項目	依頼先	履行期間
土壌調査	(株)協環	令和2年12月28日から 令和3年8月12日まで
材質試験 (鋼材)	長崎県工業 技術センター	令和3年7月6日から 令和3年7月9日まで
材質試験 (塗覆装)	一般財団法人 化学物質評価研究機構	令和3年7月26日から 令和3年9月30日まで
管体調査 (錆・解析とりまとめ)	国立大学法人 九州大学	令和3年3月9日から 令和4年1月31日まで

3 調査結果について

① 土壌調査の結果について（委託先：(株)協環）

土壌調査の結果として、土壌、土壌抽出水及び地下水のそれぞれの項目において、全ての箇所が腐食環境にあることが確認された。

なお、他事業で実施した土壌調査の中から、潮汐の影響を受ける箇所（松が枝町及び深掘町2丁目）の土壌調査結果と比較をしたところ、同様の調査結果であり、小浦・大浜地区との大きな差異は見られなかった。

② 材質試験の結果について

(1) 鋼材の成分分析結果について（委託先：長崎県工業技術センター）

管体の材質試験では、鋼材成分3項目すべてにおいて規格値を満足した。

(2) 塗膜の物性試験結果について（委託先：一般財団法人化学物質評価研究機構）

（委託先：国立大学法人九州大学）

管体塗膜の物性試験では、実施した6項目うち、比重、硬さ、引張強さ、伸び及び付着性の5項目の試験は規格値を満足する結果であったが、吸水率の項目は全ての測点で規格値を上回る結果であった。

吸水率が、規格値を超えていることは、鋼管の保護に必要な塗膜の硬さに影響を与えている可能性が考えられたため、管体調査を委託している九州大学で吸水率と塗膜の硬さとの関係について追加して調査を行ったが、吸水率が規格値を上回っていても硬さは規格値を満足していることを確認した。

③ 管体調査結果について（委託先：国立大学法人九州大学）

損傷の全容を把握するため、土壌調査、材質試験の結果や現地測定及び撤去管の現状調査を行い、これらを踏まえて総合的に損傷の原因を検討した。

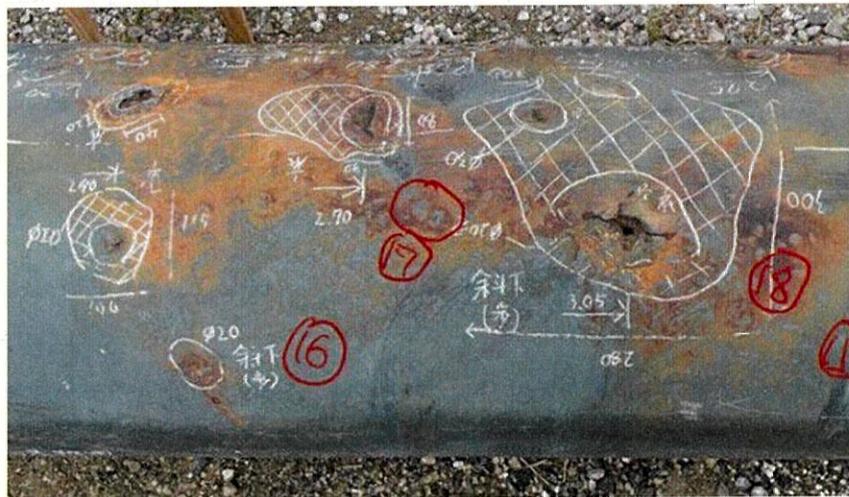
(1) 被覆下腐食による塗覆装の膨れ性状の現地測定（損傷の確認）

傷周りに膨れが見られる箇所が複数確認された。このことは、被覆が貫通しており、被覆と鋼材の間に水分が浸透したためであると考えられる。

また、微小な傷が起点であっても、こういった膨れが発生すると膨れは時間経過とともに拡大していくと推測される。

なお、傷がついてない箇所での膨れは確認されなかった。

【写真】 損傷した鋼管の外観写真と膨れ性状の評価部位



(2) 海塩由来の腐食生成物層の塩素イオン含有量の分析（鋼管布設箇所の塩分濃度を測定）

塩素イオン濃度計による測定の結果、海水の塩分濃度は地域による差はあるものの、海水の影響があるという条件の下では、当該地区の塩分濃度が極端に異なることはない。

(3) 腐食表面形状（鋼管の表面からの腐食深さを測定し、腐食の進行状況を調査）

10年という短い期間で鋼管が貫通するという事象は、埋設後初期の段階において、傷が生じていたことに起因することと推察できる。

(4) 管周りの腐食進行特性

潮汐の影響により土壌の含水比が、比較的低い状態と比較的高い状態が繰り返され、その際、海水の流入毎に酸素も供給される。

このため、腐食の主要因である酸素と腐食が進行しやすい塩分濃度である海水に常時さらされることで、被覆の損傷後、管体の腐食が著しく進行したと推測される。

(5) 塗覆装と埋戻土との接触試験

試験方法：現場から採取した埋め戻し土を敷きならし、管体を回転させることで碎石と接触度合いを確認した。

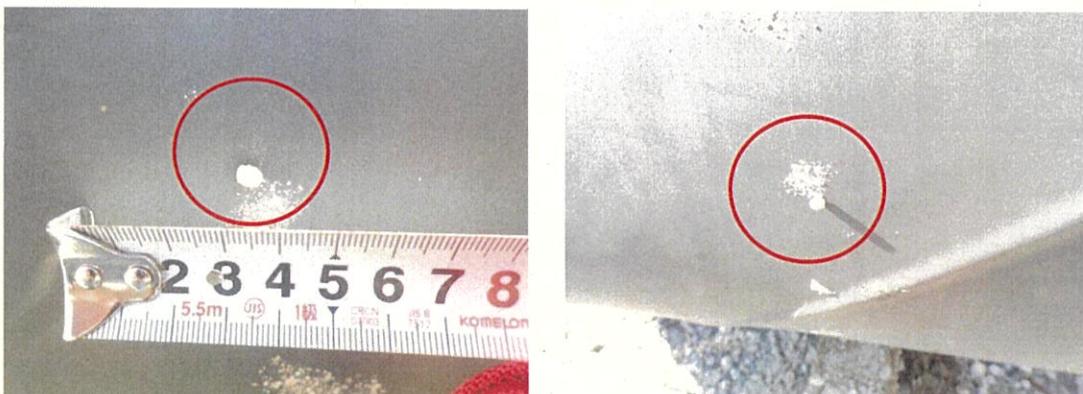
試験の結果、管体塗膜への1~3mm程度の碎石の突き刺さりを複数箇所確認した。これらの碎石の刺しは浅く、素手で簡単に外れる程度だった。

本試験では、鋼管の自重のみの荷重の作用であったが、実環境においては、埋戻土及び締固め時の荷重なども作用するため、更なる碎石の突き刺さりが想定される。これらのことから埋戻し土中の碎石などとの接触がポリウレタン被覆鋼管の腐食・損傷の要因になると推察される。

【写真1】接触試験の状況



【写真2】試験後に確認された突き刺さった碎石



④ 調査結果のまとめ

- (1) 送水管の埋設箇所については、土壌調査の結果、腐食性が高い環境にあるといえる。なお、潮汐の影響を受ける他の箇所の土壌調査結果との大きな差異はなかった。
- (2) 送水管に使用した鋼管については、材質試験の結果、鋼材の成分と塗膜の物性については規格値を満たしていた。
- (3) 送水管が損傷した原因については、管体調査の結果、基礎及び埋め戻しに使用した改良土に含まれる砕石などが接触している管体に荷重が作用し、塗膜に小さな損傷が生じたことが原因と考えられる。

また、腐食性が高い環境下にあったため、腐食が短期間に進行した要因となった。

※ 南部地区配水施設整備事業では、当該工事箇所以外でも同様の施工方法で鋼管の布設工事を行ったが、当該工事箇所以外では管体に損傷は発生していない。

長崎水害緊急ダム事業（浦上ダム再開発）

1 事業概要

(1) 事業目的

昭和57年7月23日の長崎大水害を契機に、中島川、浦上川の洪水対策として水道専用の浦上ダム、本河内高部及び低部ダム、西山ダムの利水容量の一部を治水目的に変更してダムによる洪水調節を行う。

水道専用ダムを多目的ダム化することにより失われる利水機能の代替として、中尾ダムを新設して既設水道用水を確保し、さらに1,400m³/日の水源開発を目的とする。

(2) 施工主体

長崎県

(3) 事業費

約740億円（うち、長崎市負担 約10.4億円）

(4) 進捗率

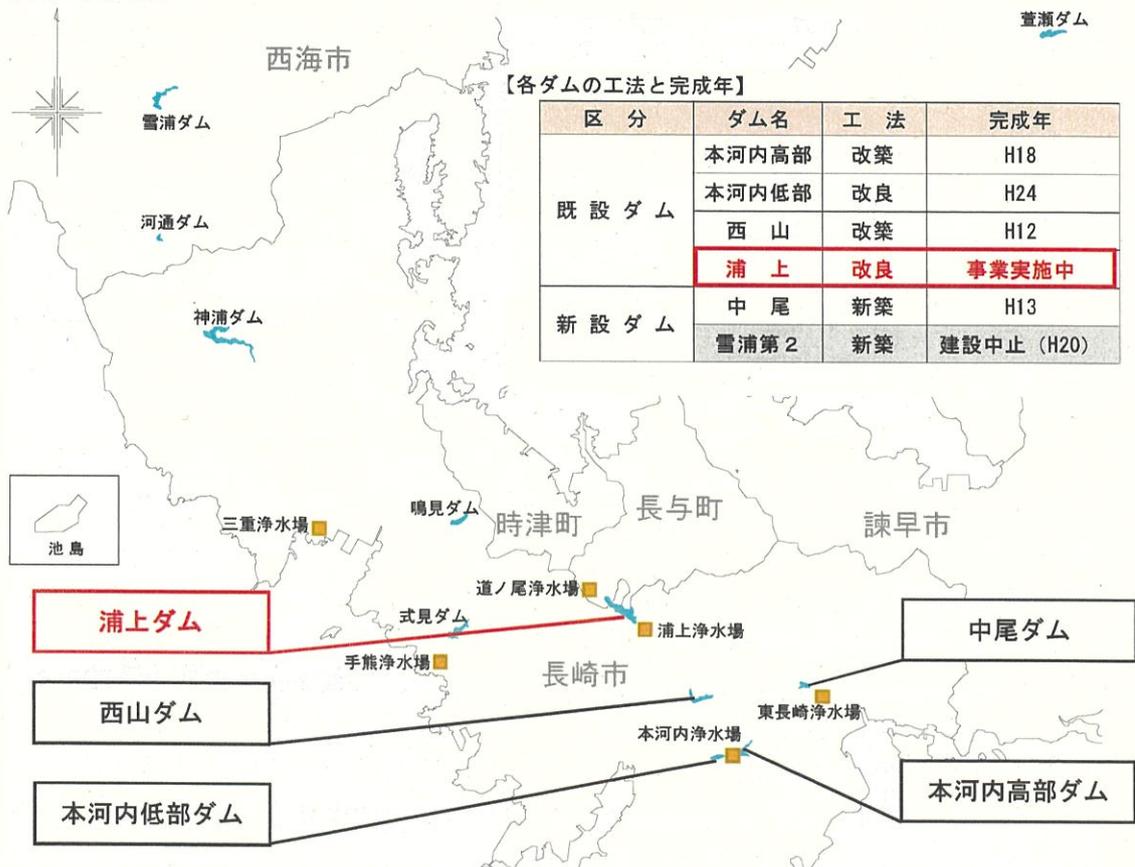
約76%（令和2年度末時点）

(5) 事業期間

昭和58年度～令和11年度

2 事業対象ダム

(1) 位置図



3 浦上ダム再開発

(1) 事業内容

浦上ダム堤体の 30 cm 嵩上げと貯水池内掘削 約 48 万 m³により洪水調節容量を新たに確保し、あわせて既存河川の流水断面が不足するダム下流側に分水路を設ける。

<整備前 (水道専用ダム)> <整備後 (多目的ダム)>

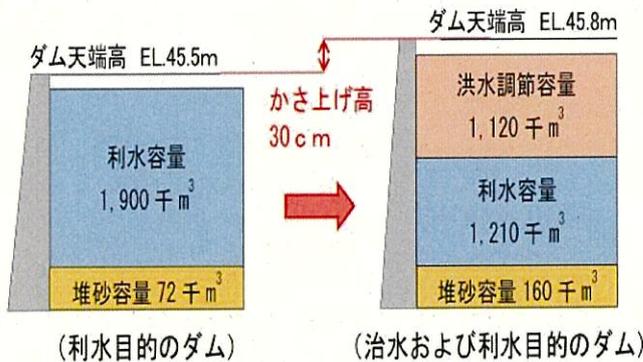


図1 貯水池容量配分図

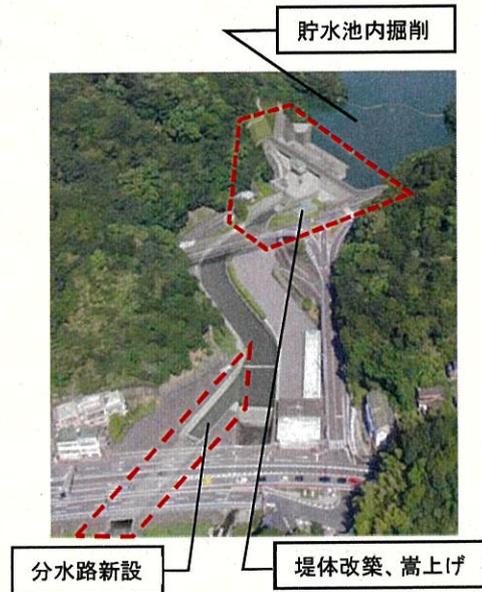
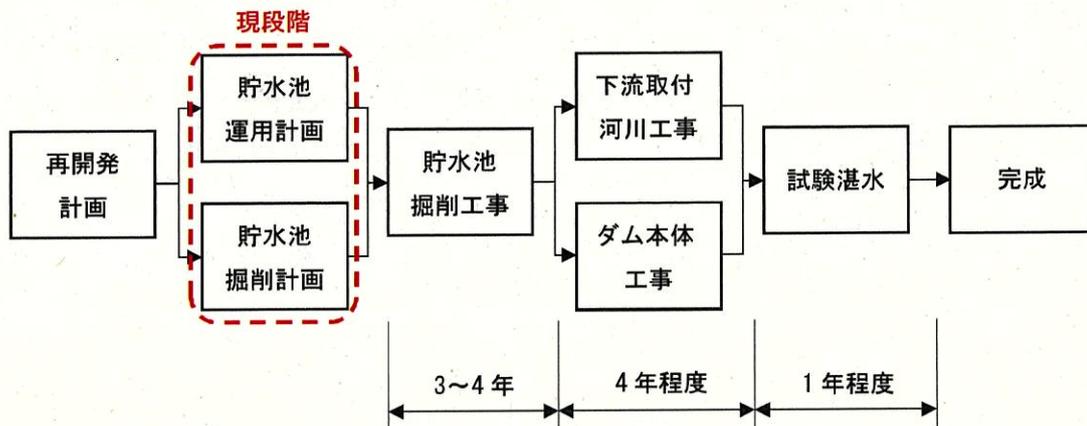


図2 完成予想図

(2) スケジュール (案)



(3) 検討課題

① 工事期間中の取水量確保

浦上ダムの水位を低下させて工事を行うため、工事期間中の取水量確保の方法について県と協議を進めている。

② 浦上ダムの水質確保

工事に起因する濁水により、ダム水の水質が現状より悪化すると考えられるため、水質確保の方法について県と協議を進めている。