

第 22 回水道技術事例発表会

とき 令和元年 8 月 22 日～23 日
ところ 福島県 福島市
「ホテル福島グリーンパレス」

日本水道協会 東北地方支部

日本水道協会東北地方支部 第22回水道技術事例発表会 日程

期 日 令和元年8月22日(木) 13:30~17:10

令和元年8月23日(金) 9:00~12:30

場 所 福島県 福島市 「ホテル福島グリーンパレス」
〔瑞光(西)の間〕

【1日目】8月22日(木)

- 13:00~13:30 受付
- 13:30~13:45 開会
東北地方支部代表および開催地代表 挨拶
発表事例の審査等に関する説明
- 13:45~14:45 技術事例発表(4題)
- 14:45~14:55 休憩
- 14:55~15:55 技術事例発表(4題)
- 15:55~16:05 休憩
- 16:05~16:35 技術事例発表(2題)
- 16:35~17:05 浄水研究委員会 報告
- 17:05~17:10 事務連絡/解散

【2日目】8月23日(金)

- 9:00~ 9:05 二日目 開会(事務連絡)
- 9:05~10:05 技術事例発表(4題)
- 10:05~10:15 休憩
- 10:15~11:15 技術事例発表(4題)
- 11:15~11:45 給・配水研究委員会 報告
- 11:45~12:15 給水装置研究委員会 報告
- 12:15~12:20 休憩
- 12:20~12:30 MIP (Most Impressive Presentation) 賞審査発表・表彰式
東北地方支部技術研究部会長 講評
- 12:30~12:35 事務連絡/解散

技 術 事 例 発 表



日本水道協会 東北地方支部

第22回水道技術事例発表会 発表順序

《1日目》 令和元年8月22日(木)

(発表時間)	NO.	(題名・所属・発表者)	
13:45 ~ 14:00	①	水質保全に向けた管末排水量の最適化 福島市水道局 島貫 広昭	P 1
14:00 ~ 14:15	②	滝沢浄水場更新整備等事業におけるモニタリング評価 会津若松市水道部 長谷川 恵一	P 4
14:15 ~ 14:30	③	東日本大震災が口径800配水幹線に与えた影響 仙台市水道局 齋藤 雅樹	P 6
14:30 ~ 14:45	④	人口減少社会に適した形態への転換を考えた複合的捨水量削減対策 八戸圏域水道企業団 上野 光弘	P 10
14:55 ~ 15:10	⑤	茂庭浄水場における高機能粉末活性炭使用による影響調査 仙台市水道局 白土 遼	P 13
15:10 ~ 15:25	⑥	ピコプランクトンカウンタの活用による生物対応事例 八戸圏域水道企業団 西山 典宏	P 16
15:25 ~ 15:40	⑦	原水の安定取水を目指す基幹浄水場の導水管水管橋の耐震補強 山形市上下水道部 渡辺 亨	P 20
15:40 ~ 15:55	⑧	水需要減少に対応した配水場水運用の工夫とその効果 盛岡市上下水道局 大崎 瑞希	P 23
16:05 ~ 16:20	⑨	鉤取山配水所2号配水池外面改良工事に伴う工事安全対策 仙台市水道局 丹野 正和	P 26
16:20 ~ 16:35	⑩	洗砂機導入の検討経過について 青森市企業局水道部 今 健亘	P 29

《2日目》 令和元年8月23日(金)

(発表時間)	NO.	(題名・所属・発表者)	
9:05 ~ 9:20	⑪	第三者委託(会津若松方式)におけるモニタリング 会津若松市水道部 渡辺 史人	P 33
9:20 ~ 9:35	⑫	貯水槽水道を適正に管理するための取組と成果 秋田市上下水道局 佐藤 貴 藤原 正人	P 35
9:35 ~ 9:50	⑬	『問題が発生せず、滞りなく終了する完璧な訓練』としないために 石巻地方広域水道企業団 武田 逸輝 早坂 貴由	P 38
9:50 ~ 10:05	⑭	河川の底棲藻類による冬期の七北田川系原水のpH上昇 仙台市水道局 須藤 大	P 41
10:15 ~ 10:30	⑮	非開削工法による水道管理設工事の施工事例 秋田市上下水道局 高橋 雅和 進藤 勝広	P 44
10:30 ~ 10:45	⑯	仙台市における震災対策情報発信プロジェクトの取組み 仙台市水道局 齋藤 信裕	P 47
10:45 ~ 11:00	⑰	専用導水ずい道の修繕 郡山市上下水道局 国分 新市	P 50
11:00 ~ 11:15	⑱	ふくしまのレガシーを ~ふくしまの水 水飲み場の設置~ 福島市水道局 齋藤 由佳	P 53

水質保全に向けた管末排水量の最適化

福島市水道局 ○島貫 広昭

1 はじめに

本市では、ふくしま水道事業ビジョンに掲げる「安全でおいしい水の供給」を基本方針に、水系境や管末での水質保全に必要な排水を市内約 110 箇所を実施している。いつでも安全で良質なおいしい水を供給するために安定した水質を確保する一方で、極力排水量の縮減に努める必要がある。

これまでに水質保全用排水施設の整備を計画的に進め、排水量を調整し適切な水質管理に努めてきた取り組みについて報告するものである。

2 本市の事情

(1) 供給体系の変遷

本市の水道は、大正 14 年に全国 50 番目の近代水道として創設され、以来、人口の増加や給水区域の拡大と水需要に対応するため、市内中心部から山間部への施設整備を繰り返してきた。平成 19 年 4 月より、摺上川ダムを水源とする広域水道からの全面受水に切り替えたことにより、山間部から市内中心部へ供給する施設整備が行われ、供給体系の転換を遂げた。現在、一定の拡張期を終え、本格的な維持管理期へと移行している。

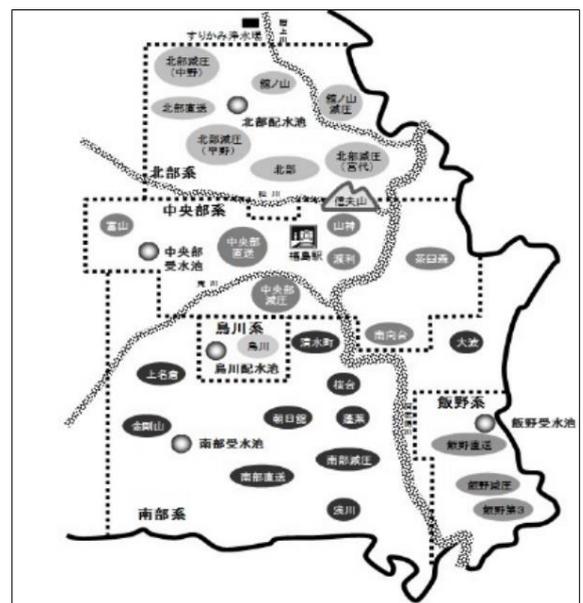


摺上川ダム

(2) 配水ブロックの構築

市域は、西は吾妻連峰に連なる奥羽山脈、東は丘陵状の阿武隈山地に囲まれた信達盆地に開けており、市域の中央には信夫山が位置し、これを取り巻くように市街が広がっている。本市特有の起伏に富んだ地形特性に対し安定供給を図るため、配水池からの直圧供給のほか増圧及び減圧設備、小規模の配水池を設置するなど、適正水圧を確保しながら、31 の水系ブロック 47 系統により供給している状況にある。

よって、各水系境や管路末端部が必然的に発生しているため、停滞水対策として、水質保全のための管理排水を多くの箇所で行うことが余儀なくされている。



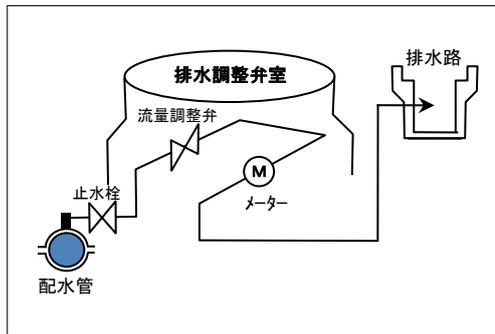
水系ブロック概要図

3 最適化対策

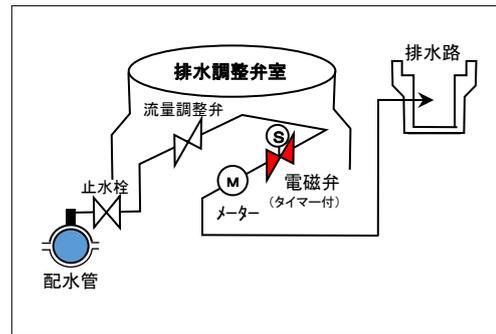
水質保全に伴う排水は、当初、既存の排水弁によりのみ実施していたが、水質保全対策の各種計画書を作成し、水質保全用の小口径排水施設を計画的に整備してきた。

(1)メーター付排水施設

メーター付排水施設は、水質保全専用の排水施設であり、管路分岐後、管内で流量調整弁及び水道メーターを設置し、流量調整と排水量の把握を行うものである。なお、一定量の排水を一定時間実施することで水質保全が図られる箇所においては、タイマー機能を有した電磁弁を設置し、必要以上の排水量を抑制している(73 箇所)。



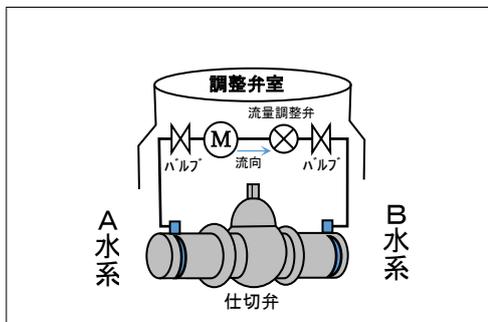
メーター付排水施設 配管略図



タイマー付排水施設 配管略図

(2)小口径バイパス管

小口径バイパス管は、それ自体は排水施設ではないが、水圧差がある隣接水系ブロック境に小口径のバイパス管を設置し越流させることで、管末での滞留水の滞留時間を軽減できる施設である(11 箇所)。



小口径バイパス管 配管略図



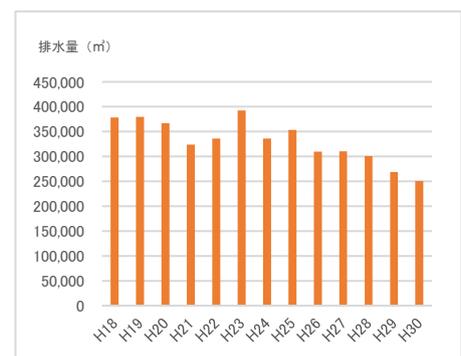
小口径バイパス管 写真

(3)排水量の推移

これまで水質保全専用の排水施設を計画的に整備し、排水量の縮減を図ってきた。平成 30 年度までの排水量の推移をグラフに示す。

整備が進むにつれて、排水箇所の適切な排水量の微調整が可能になったため、年を追うごとに排水量は縮減が図られている。

平成 29 年度と平成 30 年度を比較した場合、年間総排水量 268,567 m³に対して 250,379 m³で、18,188 m³の減となった。



排水量の推移

開始当初の平成 18 年度と平成 30 年度の比較では、378,447 m³に対して 128,068 m³もの排水量が縮減できている。これは、仮に金額換算すると年 480 万円余に相当する。

4 管理運用

施設整備は令和元年度で完了するため、更なる最適化に向けた取り組みを行っていく。福島市水安全計画に定める残留塩素濃度の管理目標値(0.2mg/L)を下回ることのないよう、定期的な水質調査において確認のうえ、季節的な要因や原水水質の変化にも対応し、排水施設での排水を実施している。更に、排水量が多い箇所や極端に少ない箇所での現地調査を進めており、その結果をまとめて、必要排水量の計画値を定め、末端排水量の計画を作成する考えである。

(1)排水箇所の最適化

定期的な調査の結果により、排水量と水質(主に残留塩素濃度)の関係性は箇所ごとに確認している。その中で、季節的に排水を停止しても水質保全が可能な箇所があり実践している。また、同様に、ごく少量の排水量により水質保全が図られている箇所は、季節的な随時排水とすることができるかどうかの検討を進めている。

(2)排水量の最適化

排水施設の整備後、排水量削減目標を 20 パーセントに定めて排水量の低減を図っているが、季節的な要因や使用状況による傾向は掴んでいる状況にあるため、より最適化に向けた現地調査をすすめている。具体的には、ごく少量の排水箇所では一時的に排水を停止、特に排水量の多い箇所では段階的に排水量を減らしながら、残留塩素の消費量を計測する方法である。これら調査結果を踏まえ、必要排水量の計画値を定め、末端排水計画を作成し、適切な排水による水質管理を行っていくものである。

5 おわりに

本市が水道水のおいしさをPRするため製造しているペットボトル水「ふくしまの水」は、国際的な評価コンテストの「モンドセレクション」において、2017、2018、2019 年の3年連続で最高金賞を受賞した。また、飲食品のミシュランガイドとも呼ばれる「iTQi 2017」においても優秀味覚賞を受賞し、国際的な評価コンテストでダブル受賞している。

日々の水質保全業務において、管末排水量の最適化を図り、「安全でおいしい水」を「未来へ持続して安定供給」することを使命に、蛇口の向こうの水道使用者へ送り届けていきたい。



滝沢浄水場更新整備等事業におけるモニタリング評価

○長谷川 恵一（会津若松市）
 湯田 豊巳（会津若松市）
 渡辺 史人（会津若松市）

鈴木 勇人（会津若松市）
 遠藤 利哉（会津若松市）

1. はじめに

会津若松市基幹浄水場の滝沢浄水場については、将来予想される原水の悪化に対応するとともにクリプトスポリジウムへの対策を講じ、高濁度発生時における浄水機能を確保することを目的として、現在の同浄水場敷地内に膜ろ過方式による新しい浄水場を PPP 事業（DBO 方式）により、平成 26 年度から全面更新するとした事業を実施し、平成 30 年 3 月に完成を迎えた。なお事業スキームについては図 1 のとおりとなる。

本稿ではこの滝沢浄水場更新整備等事業の設計建設工事が、適正に行われているかを確認するために、会津若松市水道部が実施したモニタリング評価について報告する。

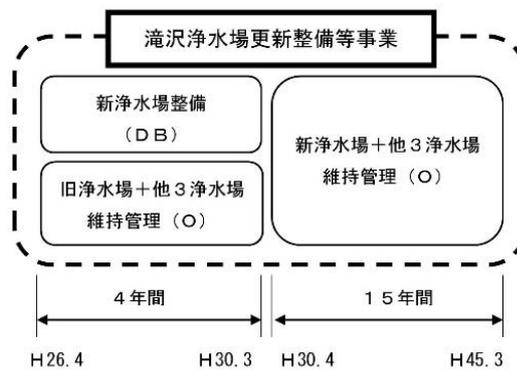


図 1 事業スキーム

2. モニタリングの目的

本事業は安定かつ効率的な施設整備と維持管理を実現するため、事業者の技術やノウハウ等を活用し、さらには工事実施中であっても安定的に安全安心な水道水を市民に供給する必要がある。そのためには受注者、発注者が一体となり、事業をモニタリングすることで、本市で定める業務要求水準書および受注者が提出した技術提案書に基づいた適正な事業の実施が図られるものである。

3. モニタリングの概要

(1) モニタリング体制

モニタリング体制については、設計建設部門と運転維持管理部門の二つに分け、受注者が設置するモニタリング委員会によるセルフモニタリング、監督員 4 名を中心とする監督員モニタリング、さらに本市水道部の内部委員で組織するモニタリング評価委員会によるモニタリングの 3 段階の体制により実施した。なおモニタリング体制の概要については図 2 のとおりとなる。

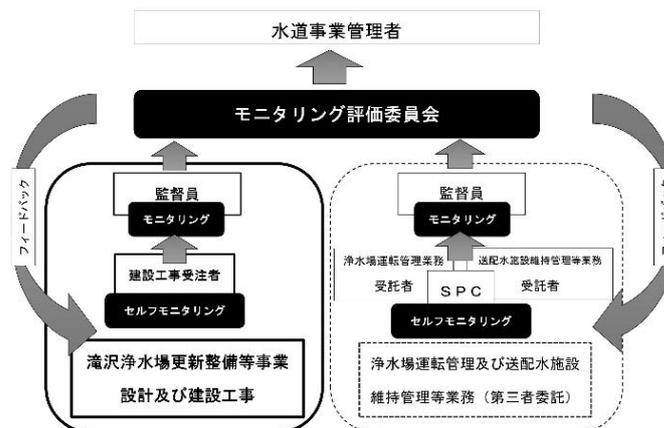


図 2 モニタリング体制

滝沢浄水場更新整備等事業におけるモニタリング評価

(2) モニタリングの内容

設計業務および工事業務において、業務要求水準書に関する項目と技術提案書に関する項目について、毎月、受注者によるセルフモニタリングおよび監督員のモニタリング実施し、四半期毎にモニタリング評価委員会による評価を実施した。またモニタリングの評価結果については受注者へ通知を行い、事業の履行へ反映できるようフィードバックを行った。なお出来形、品質管理等の工事検査に関係する項目は、工事監理および工事検査において確認を行うことから対象から外し、モニタリングは要求水準等の達成に視点を絞った。

表-2 モニタリング実施シート
【平成26年度 第3四半期】 No.1

No	要求水準書		確認書類	内容及び段階	評価	モニタリング 確認時 コメント
	頁 第○条 ○等	内容				
1		工程の進捗状況	各セルフモニタリング報告書	12月末段階	a	工事業務、設計業務ともに、計画工程のフォローアップを実施することで良好な工程進捗が確保され、突進状況も計画通りに実施された。
2	(調査・設計業務)					第2四半期で調査かつ報告書

表-2 モニタリング実施シート
【平成26年度 第3四半期】 No.2

No	技術提案書		確認書類	内容及び段階	評価	モニタリング 確認時 コメント
	章・条・項 ○号	内容				
1	準次(1)-3	セルフモニタリング	各セルフモニタリング報告書	12月末段階	a	報告書が提出されて実用がなされた。
2	(調査・設計業務)					第2四半期で調査および報告書

4. モニタリングの効果

既存の浄水場を稼働させながら全面的に更新しなければならないという制約の中で、事業の実施状況を各段階においてモニタリングすることで、要求水準等を満足し工期内に完成を迎えられたことから、一定の成果が得られたと考える。またモニタリング評価結果の通知（フィードバック）を行うことで、次の工事段階の計画に、内容を反映できたことについても成果があったと考える。

監督員のモニタリングでは、複数配置された監督員とその補助業務者が定期的にミーティングを行いながら実施したことで、多角的な視点による評価を行うことができた。さらにはモニタリングを通じ、各段階における工事の知識、技能の習得にも効果があり、職員の技術力の継承と向上が図られたと考える。

5. おわりに

公民連携事業とりわけ設計建設工事係る事業のモニタリングについては全国的にあまり事例がなく、手探りで評価方法を検討し実施した。特に受注者の技術提案をはじめとする、技術力やノウハウを十分に発揮できる評価項目になるよう検討しモニタリングを実施した。

一方、監督員のモニタリングにおいては、セルフモニタリングの報告書を含め、チェックする項目や資料が多岐にわたり、さらにはセルフモニタリングや事業者からの資料について、要求水準の見解の違いを原因とするものがあり、整理に多くの時間を要した。

本事業の目的であった、安定かつ効率的な施設整備と維持管理を実現することについては、セルフモニタリングを含めた各モニタリングにより、成果が発揮できたと考える。なお今回のモニタリングでは工事検査に関する視点は評価対象から外したが、可能であれば、今後は工事検査の視点も含めたモニタリングを検討していきたい。

本市では現在、水道施設総合整備計画の個別計画にあたる、水道わかまつ施設整備アクションプランを策定中あり、今後は本格的に施設全体の老朽化対策を行う予定としている。その中でダウンサイジングを含めた施設の統廃合に関する工事が必要と考えられることから、そこで今回の成果を生かしていきたい。

東日本大震災が口径 800 耗配水幹線に与えた影響

仙台市水道局 ○齋藤 雅樹

西牟田 浩司 和泉 景太

1. はじめに

東日本大震災により、重要配水幹線である口径 800 耗国見第二配水幹線（ダクティル铸铁管）の継手部が抜け出す漏水事故が発生した。その事故を踏まえて仙台市では、平成 27 年度から継続して不断水管内カメラによる管内受口の挙動を調査し、震災の影響による離脱等の危険性の判定を行っている。その結果、平成 27 年度のカメラ調査では離脱しかかっている継手を発見し、平成 28 年度には、カバージョイントによる修繕工事を行うことができた。

本発表では、平成 29・30 年度のカメラ調査の結果と、その原因についての検討内容の報告を行う。またそれに併せて、切り取り修繕工事によって得られた実測値との比較についても報告する。

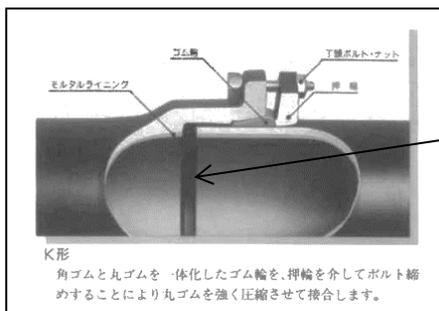
2. 管内カメラ調査概要

調査路線（口径 800 耗国見第二配水幹線）は、主に昭和 63 年にダクティル铸铁管で布設されており、継手形式は K 形継手及び KF 形継手で構成されている。調査延長は平成 29 年度 302.6m、平成 30 年度 263m であり、全継手部 124 箇所での抜け出し状況等について危険性の判定を行った（図-1）。

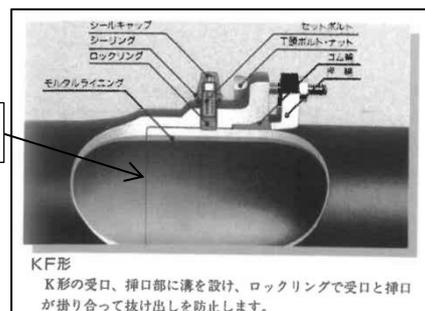


(図-1) 年度別調査位置図

調査方法は附属施設である空気弁を加工後、管内カメラを挿入し調査を行うものである。水道管内の流速によりカメラを目的地まで送り、ケーブルを引き戻しながら画像解析による測定を行った。K 形継手の抜け出し状況の判定は、許容胴付間隔 32mm を基準としている（K 形ダクティル铸铁管 接合要領参照）（図-2）。KF 形継手の抜け出しは、計測誤差等を考慮し胴付間隔 10mm を基準とした（図-3）。



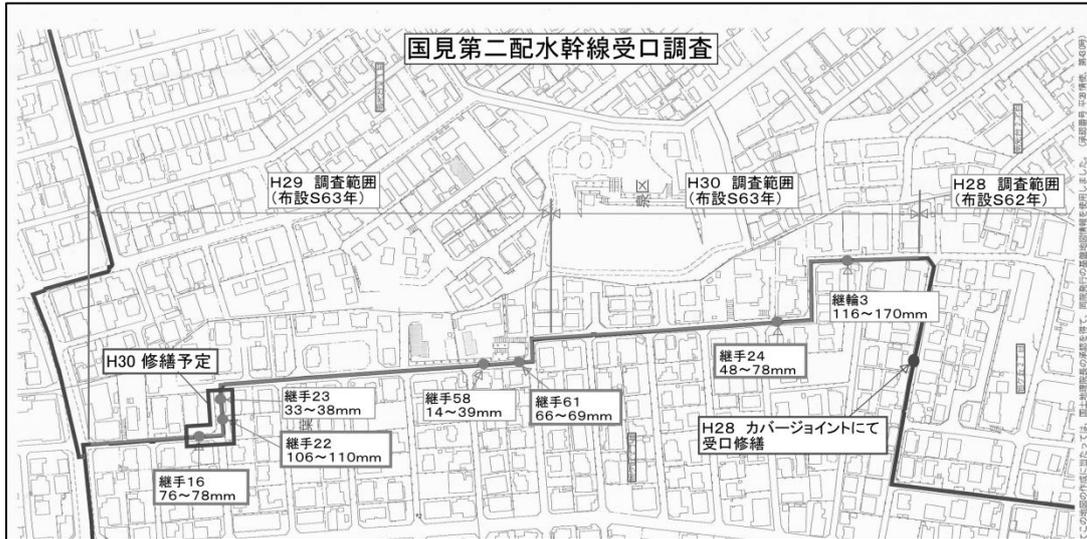
(図-2) K 形 構造図



(図-3) KF 形 構造図

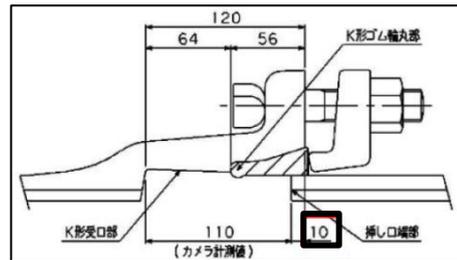
3. 調査結果

平成 29・30 年度の調査範囲において、許容胴付間隔 32mm を超えている継手が全継手 124 箇所中 7 箇所見つかった。その内、挿し口端部がゴム輪まで到達している継手部は 4 箇所に及んだ (図-4)。



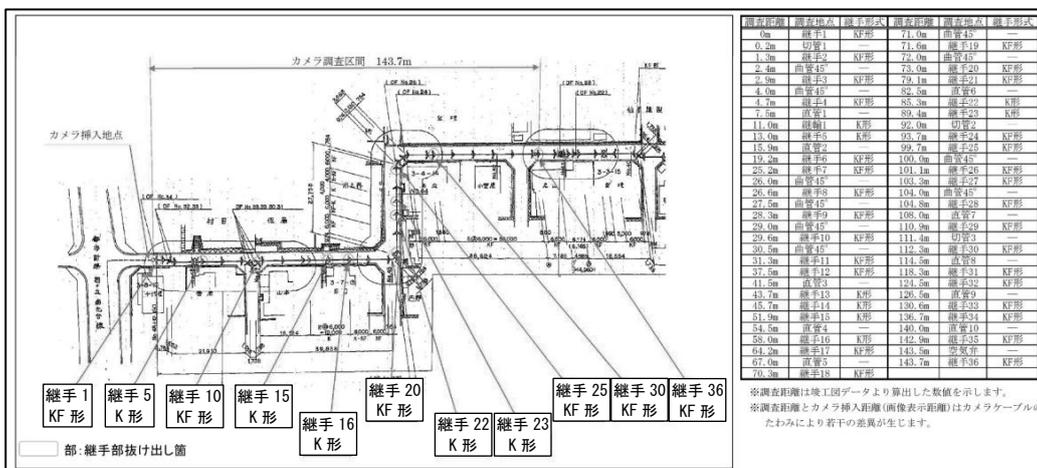
(図-4) カメラ調査結果

平成 29 年度の調査結果では、継手部 22 が、特に抜け出し量が大きく差込み量 120mm に対して、110mm まで抜け出しておりゴム輪に 10mm しか差込みがなく、ほぼ土圧のみで保たれている危険な状態であることが判明した (図-5)。



(図-5) 継手 22 断面図

また、測定結果を竣工図と照らし合わせて継手形式の確認を行った結果、許容胴付間隔を大きく超えて抜け出ししていたのは、曲管の拘束をしている KF 形継手付近の K 形継手であった。なお、KF 形継手には抜け出しは確認されなかった (図-6)。



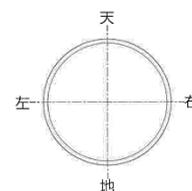
(図-6) H29 年度調査範囲継手形式 (1 スパン)

カメラ調査測定と実測値を比較した結果を（表-1）に示す。誤差は10mm以内であることが確認できた。この誤差については、管体の上側に開きを確認できたため掘削したことにより土圧が開放され、若干ではあるが管が抜き出たものと考えられる。このことから、本カメラ調査は精度が高く有効性があると認められる。

（表-1）測定比較

○継手22

測定方法	胴付間隔(単位mm)			
	天	地	右	左
カメラ測定	109	110	計測不可	106
直接測定	118	105	105	115



6. おわりに

本市では、東日本大震災時に受口抜け出しの漏水事故が起きたことを発端として、当幹線の受口挙動調査を行っており、離脱寸前の継手を発見するなど、早期の対応に役立っている。今回は、そこで得られた調査結果を基に想定される抜け出し原因を考察し、継手形式や地盤の構造の影響について発表した。

今年度も4箇所での修繕工事を行うなど、今後も長期的な調査、修繕が予定されている。これから受口挙動調査を継続して行うにあたっては、地盤情報と抜け出しの相関についても分析を行い、漏水の未然防止と計画的な修繕に活かしていきたい。

参考出典

- ・日本水道協会「検査品目写真集」
- ・仙台市宅地造成履歴情報マップ
- ・日本非開削技術協会「No-Dig Today」2018.No103

人口減少社会に適した形態への転換を考えた複合的捨水量削減対策

八戸圏域水道企業団

○上野 光弘

1. はじめに

日本が今後本格的に向かって行く人口減少社会に適した形態への転換を目的として、日本の「飲める水道の文化」を今後も守り続けたいという思いから、配水分野における事業経営効率の向上について研究している。

人口減少社会の到来は、大都市よりも先に中小都市に現れるため、これまでのような大都市の対応策を見ながら中小都市で実行すれば良いというものではない。中小都市である**地方主導で解決して行かなければならない問題**であると捉えている。

本稿では、八戸圏域水道企業団での複合的な捨水量削減対策について述べる。

2. 複数の要求事項

(1) 最優先事項

新水道ビジョンにより、「安全」、「強靱」、「持続」の3つが水道の理想像としてキーワードになっているとおり、水道事業への要求事項は多岐に亘る。将来的には、3つ全てが程よいバランスで揃うことが理想であるが、全て直ぐに対応できる訳ではない。

①品質、コスト、納期の「経済性管理」、②技術継承等の「人的資源管理」、③各種の「情報管理」、④水質確保等の「安全管理」、⑤環境保全等の「社会環境管理」の5つの管理の2つ若しくは3つがトレードオフの関係にあることが多い。¹⁾

このような中、現時点において、絶対のものと譲れるものを分けて考え、**絶対のものを確保した上でバランスよく折り合いを付けることが現時点での最適解**であり、「**最優先事項は安全管理の残留塩素の確保（水質）**」と考えている。

(2) 経済性管理

水道事業の一番の無駄は漏水である。有収率はH16年度に87.80%を記録してからH20年度に至る5年間87%台のまま横ばいとなり伸びなかった。その対策として、H20年度から約160ある配水小ブロック毎の有効率等を算出する配水ブロック分析を開始した。

その結果、漏水のあるブロックとそのブロック内の漏水量が明確になり、当該ブロックの漏水調査と修繕工事を実施することによって、H21年度から再び有収率を上げることができた。このことにより、有収率は、H28年度89.05%、H29年度89.52%、H30年度89.51%を記録し、2年続けて過去最高水準にある。

人口減少等に伴う水使用量の減少は、捨水量の増加によって有収率が低下し、経営負担に繋がる。末端管路での水質保全捨水量はH22年度が56,333 m³/年(6.4m³/h)であったが、H28年度には112,256 m³/年(12.8m³/h)となり、2倍まで増えている。

有収率は過去最高水準である一方、内訳を見ると**水質保全水量に対して何かしらの対策を打たなければならないのは明白**である。

そのため、漏水量削減対策と併せて複合的な捨水量削減対策に力を入れており、対策手法を体系化し実行している。

3. 今後更に進む人口減少社会では残留塩素の確保が課題

水道事業は、需要変動期間よりも、管路更新サイクルの方が長い特徴がある。現在の管路更新周期の全国平均は130年である。それに対し、管路評価周期を財政計画などの5年周期と仮定すれば、 $130\text{年} \div 5\text{年} = 26$ となり、管路更新までに少なくとも26回のPDCAサイクルが行われることになる。

計画的な部分は当然大事であるが、更新周期が長いことから、維持管理の部分での対応がポイントになる。

残留塩素の確保として、捨水も1つの方法であるが、水運用によって捨水量を増やさずに確保したいと考え、そのための具体的な2つの判断項目と6つの手法による8つの複合的対策を体系化した。

8つの複合的対策

判断 ①配水池統廃合等の施設計画の影響を受ける管路

②他系統へのバックアップを考慮する必要がある管路

手法 ③ループ管路の場合、到達時間が短く、捨水なしで残留塩素が確保できるように仕切変更

④現捨水箇所へ到達時間が最短になる仕切へ変更

⑤仕切変更しても現捨水位置での捨水量が多い場合は、捨水施設を最適な位置へ変更

⑥管路減径及び内面エポキシ樹脂紛体塗装管へ管路更新

⑦隣接する配水小ブロックの仕切バルブを寸開し、水圧差で水を強制的に流す

⑧樹枝状末端部で捨水量が多い場合には、自動捨水機能付水質モニターを設置する

①と②の計画的部分できちんと将来の管網の最終形デザインを落とし込む。次に③以降の維持管理部分で対応を図る。③は工事費なしで捨水もなし。④は工事費なしで少量の捨水。⑤は工事費少額で捨水減少。⑥は少額の工事費と少量の捨水で対応できない場合に布設替えを図る。

⑦は水系境箇所において、水圧差を利用して水を強制的に流す手法。本管の減径をせずに残留塩素を維持できるため、管路のダウンサイジングと消火用水確保のトレードオフ問題の解決手法の1つでもある。

⑧の樹枝状末端部の場合には、平成8年以降、順次設置している自動捨水機能付水質モニターが有効と考えている。

以上の①～⑧までの対策を総合的に判断し実施している。

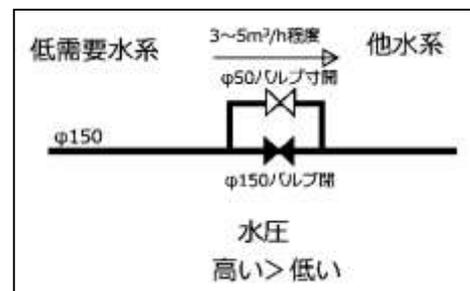


図1. ⑦水圧差で水を強制的に流す例

現在の残留塩素の管理運営方法

・配水池 全38池	配水池別残留塩素確保値の月別早見表を作成
・水道法第20条（水質検査）濁度、色度、残塩	水質モニター11台、人による検査39箇所
・水道法第22条（衛生上の措置）残塩	水質モニター19台、人による検査95箇所

計202箇所での残塩値データから、浄水場での粉末活性炭注入量、配水池での追塩、管路末端捨水でバランスを図り運用している。

これまでに得られた4つの知見

①残留塩素低下の判断基準は、当企業団の場合、最終配水池からの到達時間72hが目安

②水質モニターでの適正制御設定（自動間欠捨水）の方が、常時捨水よりも捨水量を少なくできる

近年での削減例 米沢水質モニター年間捨水量 8,066m³→2,967m³ 63%削減

- ③残留塩素低下よりも先に pH が高くなり、pH での捨水が必要な場所がある（モルタルライニング管）
- ④捨水型水質モニターでの残留塩素低下による捨水開始時に一時的に残留塩素が低下する現象の場所がある。

この現象は水質モニターへの取出分岐サドルが管路の上部であることから、サンプリング水量のみの少流量時は管路の上部分を水が流れ、流れの遅い部分が発生し、その部分の残留塩素が低くなる。そして、捨水開始時に流量が多くなり、流れの均等性が増して、流れの遅かった部分の残留塩素が低下した水が混ざり、数分から数時間に亘る一時的な残留塩素の低下が発生していると考えている。

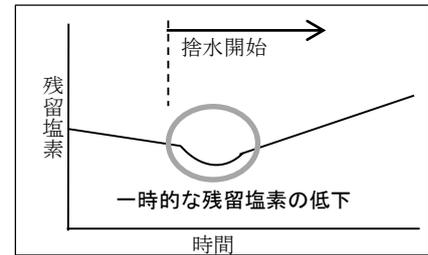


図 2.残留塩素低下現象

水道技術研究センター A-IDEA 実証型フィールド研究(自動捨水機能付水質モニターの有効性を研究 H29～H30)

研究の1つとして、原水水質、浄水水質、配水池残留塩素、到達時間、末端残留塩素、管路末端の自動捨水機能付水質モニター捨水量データを基に重回帰分析を行ったが、決定的な高い相関性を示す項目の算出までには至らなかった。重回帰分析式のR²値は38.7%に止まった。

これは、逆説的に需要家の水道使用動向が管末水質に大きく影響していることの証左と考えられ、改めて管末水質管理の重要性を再認識することができた。

当企業団知見と A-IDEA 実証型フィールド研究による水質モニターを活用した捨水量低減化の考察

- ・場所によって、捨水位置手前顧客の水使用形態、水質、口径や管内面の管路状況等が異なるため、捨水量を少なくする最適化は、その場所の特性に合わせた運用となる。
- ・自動捨水型水質モニターを活用する場合においても、同フィールドでの捨水開始値、停止値、捨水量の最適設定値は、季節等によって変化するため、設定変更が必要となる。
- ・末端捨水調整は、場所が管路末端のため、その場所までの移動距離が長く、往復に時間がかかる。
- ・設定値変更は、一度の調整で最適値に合わせ込みできない場合もある。

以上のことから、理想の自動捨水型水質モニターは、中央監視装置から各種設定値を変更できる柔軟性のあるシステムが最適であるという結論に至った。このような情報通信技術の高度化を図ることが、人口減少社会問題の解決手法の1つであると考えている。

4. おわりに

管網の要求事項は多岐にわたり、バランスの取れた「全体最適の形」に導くには、時間は掛かるが、1つ1つの要素について地道に分析し、現状を把握した上で人口減少社会への変化に適應できる先を読む力を養いながら、最適解に近づけ落とし込んでいくことを繰り返す作業が大事である。このような地道な取り組みが「飲める水道の文化」の持続に繋がっていくものと考えている。

【参考文献】1) 日本技術士会 技術士制度における総合技術監理部門の技術体系、 2) H16 全国水道研究発表会講演集 水質監視装置による管路末端の残留塩素濃度管理(三浦幸治 八戸圏域水道企業団) pp. 364-365、 3) H30 全国水道研究発表会講演集 自動捨水機能付水質モニターを組合せた複合的捨水量削減対策(上野光弘 八戸圏域水道企業団) pp. 414-415

茂庭浄水場における高機能粉末活性炭使用による影響調査

仙台市水道局 ○白土 遼
林 拓実

1. はじめに

近年、多くの水道用薬品製造業者から、従来の粉末活性炭(以下、通常炭)よりも粒径を細かくすること等によりかび臭等の除去性能を高めた粉末活性炭(以下、高機能炭)が販売されている。茂庭浄水場では釜房ダムで発生するかび臭に対応するために毎年大量の通常炭を使用しており、高機能炭切り替えることで使用量を低減できれば、浄水汚泥処理費用削減等のメリットが得られると思われる。しかし、高機能炭の使用が浄水処理施設および排水処理施設に及ぼす影響を実際に調査した事例は少ない。

そこで、上向流式脈動型高速凝集沈澱池を採用している茂庭浄水場で高機能炭を使用するにあたり、浄水処理施設および排水処理施設に及ぼす影響を調査した。

2. 施設概要および浄水フロー

茂庭浄水場の施設概要を表-1に示す。茂庭浄水場は施設能力190,500m³/日の仙台市最大規模の浄水場であり、高速凝集沈澱池6池及び急速ろ過池20池を東西の2系統に分け、左右対称に配置している。

表-1 茂庭浄水場施設概要

名称	数量	処理方式
沈澱池	6池(東西各3池)	上向流式脈動型(傾斜管/傾斜板 有)
ろ過池	20池(東西各10池)	砂・アンスラサイト複層ろ過

茂庭浄水場の浄水・排水処理フローを図-1に示す。水源である釜房ダムから取水し、沈砂池を経由して茂庭浄水場まで自然流下で導水しており、一般的な凝集沈澱・急速ろ過方式にて浄水処理を行っている。

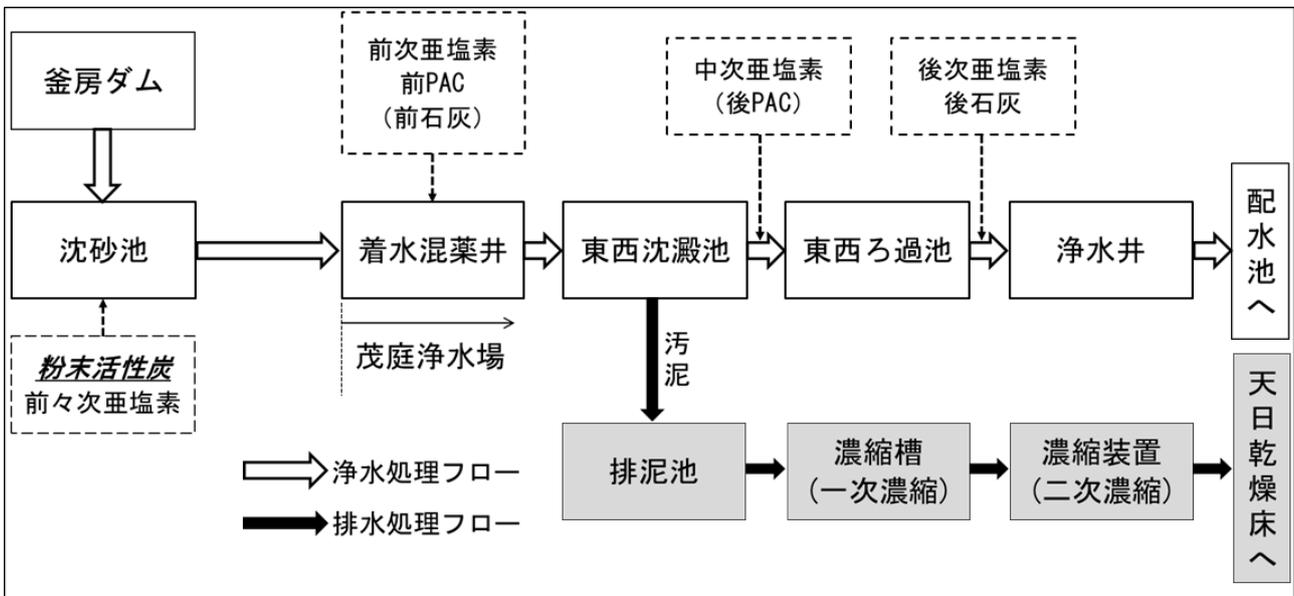


図-1 茂庭浄水場浄水・排水処理フロー

3. 調査方法

高機能炭注入期間(平成30年6月4日~8月27日、10月29日~12月17日)において以下の調査を行った。なお、各期間において浄水処理施設および排水処理施設により高い負荷をかけて影響を調査するために、想定される最大注入率により注入する期間(最大注入期間)を設定した。

(1)高機能炭の浄水処理施設に及ぼす影響調査

ろ過池における高機能炭注入期の漏洩の有無を調査するため、レーザー式高感度濁度計を用いてろ過水濁度を測定した。併せて、孔径0.45μmのメンブレンフィルターにろ過水1Lを通水し、着色の有無を目視で評価した。また、ろ過池洗浄後のろ過池に高機能炭が残存していないことを確認するため、同様の方法でろ過池洗浄終了直前の洗浄排水1Lをメンブレンフィルターに通水し、着色の有無を目視で評価した。

(2)高機能炭の排水処理施設に及ぼす影響調査

上向流式脈動型高速凝集沈澱池における高機能炭注入期の凝集沈澱処理と、その後の排水処理への影響を調査するため、沈澱池から引抜かれる汚泥の濃度を測定した。また、高機能炭を含有する汚泥の濃縮槽内での沈降状況を確認するため汚泥界面の状況を監視するとともに、濃縮槽上澄水のSSを測定した。

4. 調査結果

(1)高機能炭の浄水処理施設に及ぼす影響調査

ろ過水濁度に高機能炭注入率との相関は見られず、本市の浄水管理目標であるろ過水濁度0.05度を大きく下回り、目標を超過することなく推移した(図-2)。ろ過水のメンブレンフィルターへの通水試験については、高機能炭注入期間中1日2回行ったが一度も黒く着色することなく、高機能炭のろ過水からの漏洩はなかった。また、ろ過池洗浄終了直前の洗浄排水についてもメンブレンフィルターに黒い着色が見られなかったことから、ろ層内に抑留された高機能炭が洗浄により確実に除去できるものと判断している。以上の結果から、高機能炭の使用によって茂庭浄水場の浄水処理施設の運転に支障が生じないことを確認した。

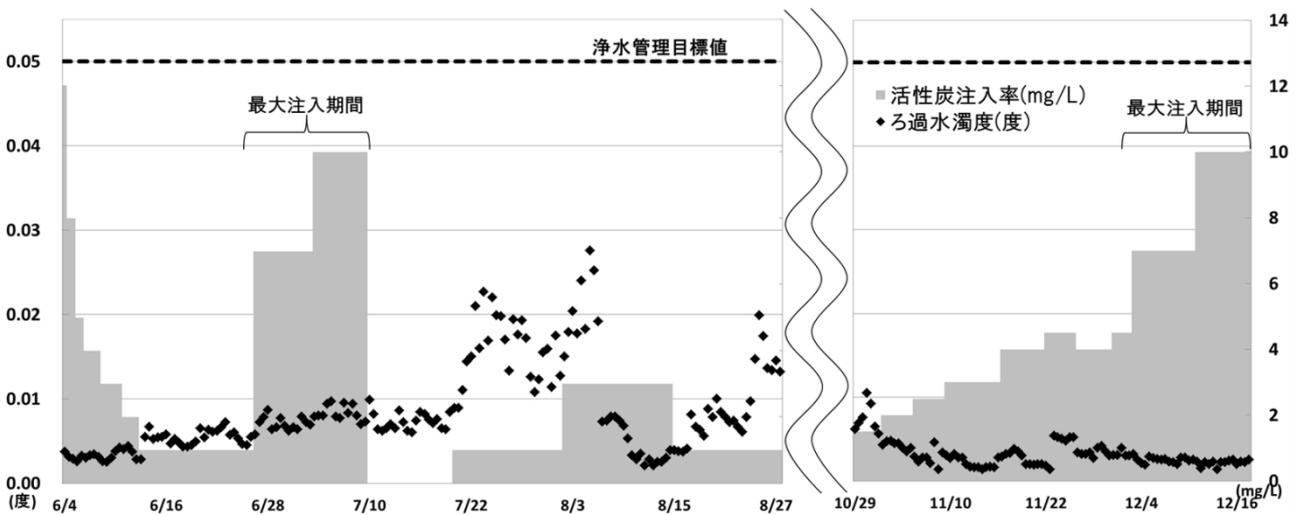


図-2 高機能炭注入期におけるろ過水濁度の推移

(2)高機能炭の排水処理施設に及ぼす影響調査

高機能炭注入期の平均汚泥濃度は過去5年間(H25~29)の平均濃度と比較して大きな差はなかった(表-2)。また、濃縮槽の界面について

表-2 高機能炭注入期における汚泥濃度および濃縮装置の運転サイクル

	汚泥濃度 (%)			濃縮装置の運転サイクル (回/日)
	排泥池	濃縮槽 (一次濃縮汚泥)	濃縮装置 (二次濃縮汚泥)	
高機能炭注入期	0.47	1.36	3.41	64
過去5年間の平均	0.49	1.40	3.30	67

も通常炭使用時と比較して大きな違いは見られなかった。濃縮槽上澄水のSSについては期間平均で約2mg/Lであり、水質汚濁防止法及び下水道法で定められた排出基準値の40mg/Lを大きく下回った。濃縮槽内で高機能炭を含有する汚泥の沈降不良により界面管理に苦慮することもなかった。加えて、高機能炭注入

期における濃縮装置の平均運転サイクルは過去5年間の平均と比較して大きな差はなく(表-2)、濃縮装置においても高機能炭の影響と思われる支障は生じないと判断している。以上の結果から、高機能炭の使用によって茂庭浄水場の排水処理施設の運転に支障が生じないことを確認した。

5. 高機能炭の使用により得られる効果

今回、主に高機能炭が施設面に及ぼす影響について報告したが、高機能炭の2-MIB除去能力についても調査を進め、通常炭と比較して概ね2倍の除去能力が得られることを確認している(今年度全国会議にて報告予定)。これによって活性炭使用量の低減が可能となり、浄水汚泥発生量の減少による処理費用の削減効果を期待しており、活性炭の使用量を半減できるとの想定のもと、汚泥処理費用を約1割削減できるものと見込んでいる。

さらに、高機能炭への切替えによる副次的な効果として、異臭味や毒物への対応力向上が期待できる。2-MIBに関して茂庭浄水場では通常炭により50ng/L程度までの原水を処理可能であるが、高機能炭の使用により100ng/L程度まで処理可能になると考えている。また、使用量の低減が可能な高機能炭は既存の貯槽でより長期間分の備蓄が可能となり、大規模災害等により物流が途絶した場合の薬品確保の面でも有利となる。

なお、今年度は異臭味の除去効果や、費用削減の効果について、高機能炭を通年で使用し検証を行っている。

この報告が活性炭処理の導入等を検討中の事業者の一助となれば幸いである。

ピコプランクトンカウンタの活用による生物対応事例

八戸圏域水道企業団 ○西山 典宏

1. はじめに

当企業団の白山浄水場（横流薬品沈澱池、複層重力開放式急速ろ過池）では馬淵川と新井田川の2河川を水源としており、そのひとつの新井田川水源の水質は上流の世増ダムの影響を受けやすく、平成22年にはダム表層におけるピコプランクトンの異常発生により漏出障害が発生し、新井田川系の取水を一時停止する事態となった。さらに平成25年度にはコエラストルムによるろ過漏出障害が発生していた。これらの経験から生物によるろ過障害への対応強化を目的として、白山浄水場では平成23年に後PAC注入設備を導入し、また平成28年からはピコプランクトンカウンタによるろ過水中の微粒子の常時監視を行ってきたところである。

平成30年6月下旬から7月上旬にかけて新井田川系ろ過水の濁度上昇と同時にピコプランクトンカウンタにおいてピコプランクトン数の増加を確認した。その際にピコプランクトンの漏出障害を察知し、後PACを注入したことでろ過水濁度を運用基準0.04度以下で維持することができた。その後の水質検査で新井田川系原水において平成22年当時と同程度のピコプランクトンが発生していたことを確認している。本論文ではその対応の中で得られた知見について報告する。

2. 浄水処理における対応

2-1 濁度および微粒子の監視状況

白山浄水場において、新井田川系では原水（着水井）及び1系・2系ろ過水の濁度と、2系ろ過水中の微粒子の数・粒径・生物同定を連続監視している。また、月に1回、新井田川水源と各処理工程の濁度および微粒子数等の水質検査を実施し、さらに水質異常の兆候が見られた場合には任意の採水による検査を行っている。今回もろ過水濁度が上昇した際には重点的に1日に1～2回の採水・検査を行った。

本報告で記載する濁度・粒子数等の測定頻度・測定方法・採水地点を表1に示す。

表1. 各測定項目の測定頻度、方法と採水地点

試料	採水地点	測定頻度		
		濁度	粒子数 粒径	粒子の 生物同定
水源	世増ダム表層水	世増ダム表層放流口付近	△	△
	世増ダム放流水	世増ダム放流地点	△	△
	新井田川系原水（是川取水口）	田中取水地点	△	△
処理工程	新井田川系原水（着水井）	新井田川系着水井流入管	◎	△
	新井田川系1系沈澱水	新井田川系1系処理水渠	◎	-
	新井田川系2系沈澱水	新井田川系2系処理水渠	◎	-
	新井田川系1系ろ過水	新井田川系1系ろ過池流出管	◎	-
	新井田川系2系ろ過水	新井田川系2系ろ過池流出管	◎	◎

※連続監視は「◎」、任意での採水による検査は「△」

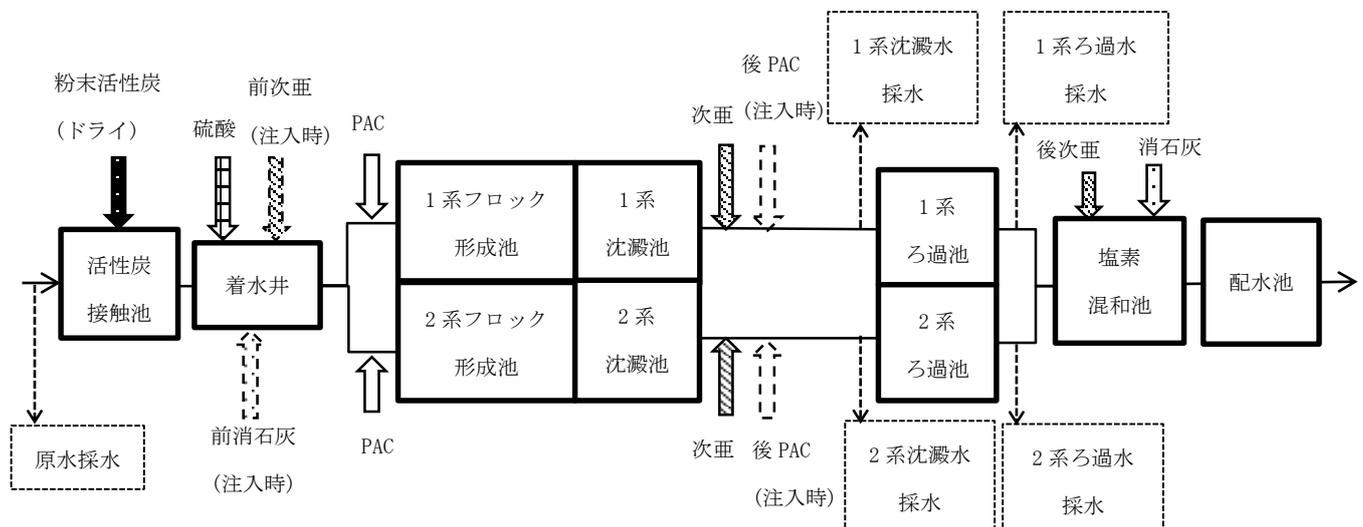
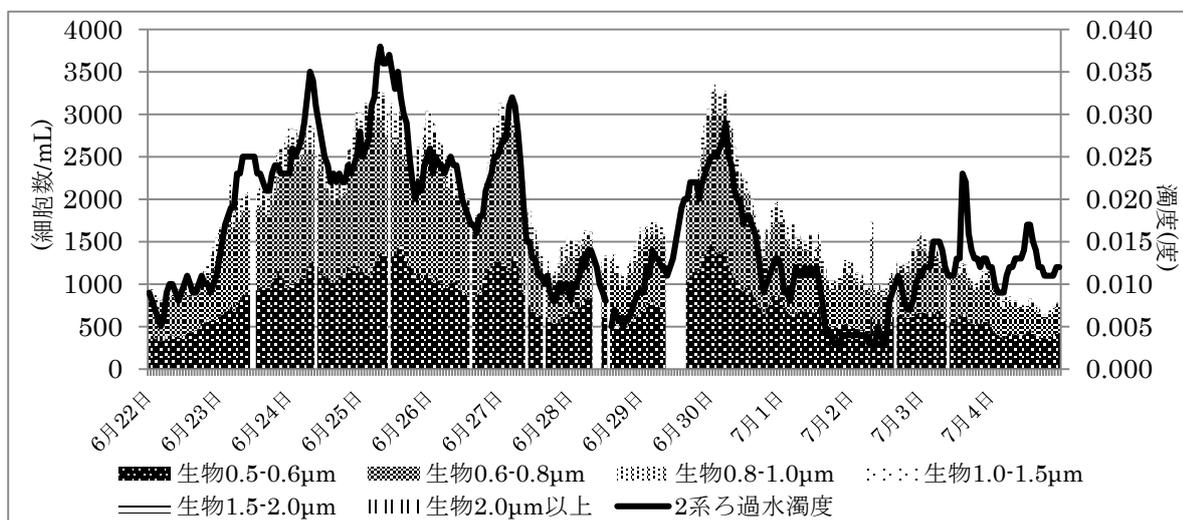


図1. 新井田系浄水場の工程フロー

2-2 浄水処理における対応

平成 30 年 6 月 23 日より連続監視を行っていたろ過水の濁度とピコプランクトン数が同時に上昇し、同様の推移を示した。さらに、沈澱水の濁度は 0.1~0.2 度程度で変化しなかったこと、ろ過水の濁度とピコプランクトン数の関係が過去に調査した相関関係(濁度 0.1 度当たり約 9,000 細胞数/ml)と合致することから、原因をピコプランクトンの漏出と推察した。その後も PAC 注入率を 23mg/l から 48mg/l まで増加したがろ過水濁度は最大 0.036 度まで上昇し、さらに上昇傾向にあったため、翌 24 日から後 PAC 3mg/l の注入を開始した。注入開始直後からろ過水濁度およびピコプランクトン数の上昇が抑制され、その後も濁度は日変動を繰り返しながら約 0.01~0.04 度で推移し、7 月 13 日にはろ過水濁度 0.02 度以下で安定したため後 PAC 注入を停止した。



グラフ1. ろ過水の濁度と生物粒子数の推移

3. ピコプランクトンの発生状況

世増ダムから着水井までのピコプランクトン発生数を図2に、ピコプランクトン数の推移をグラフ2に示す。ピコプランクトン数は世増ダム表層で最大となっており、ダム放流口、是川取水口と下流に行くに従って減少傾向にあることがわかる。これは世増ダム放流以降に支流が流入することで希釈されたものと推測され、世増ダム表層で増殖したピコプランクトンがろ過水濁度上昇の原因であったといえる。

平成 30 年 6 月下旬から 7 月中旬にかけて着水井へ流入したピコプランクトン数は約 12 万細胞数/ml

で推移しており、7月12日の最大時には約20万細胞数/mLまで達した。これは前回漏出障害の発生した平成22年度のピコプランクトン数約13万細胞数/mLと同程度の水準であったが、早期の後PAC注入によりろ過漏出が抑制され、今回は運用基準としているろ過水濁度0.04度未満で浄水処理を継続することができた。

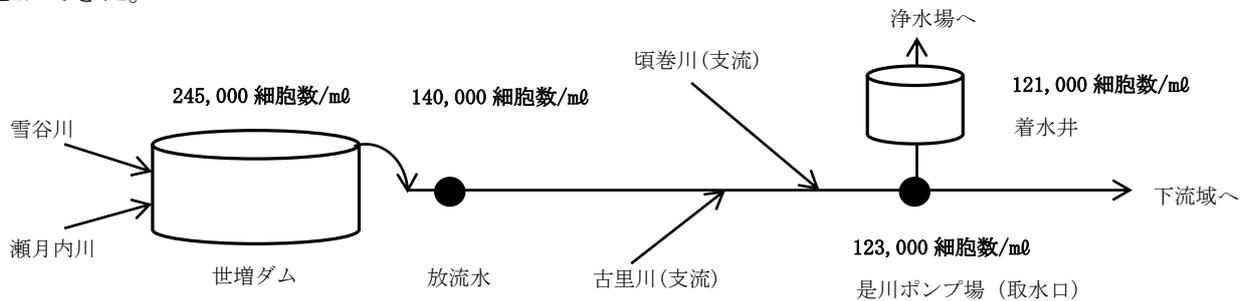
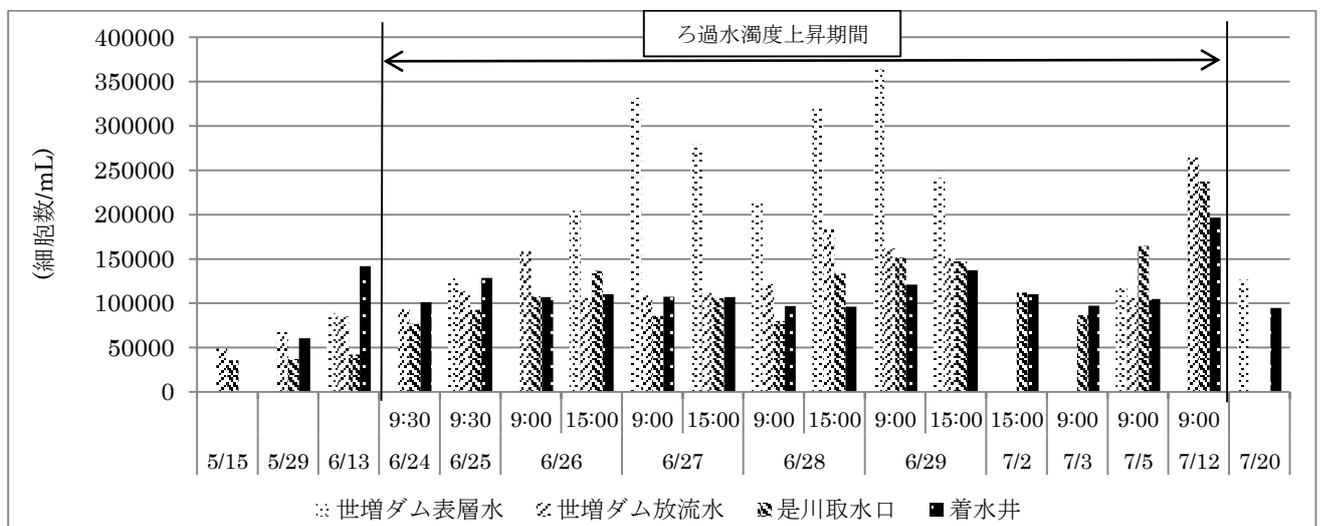


図2. 平成30年6月23日～7月13日までの水源域におけるピコプランクトン発生数(平均値)



グラフ2. 世増ダムから着水井までのピコプランクトン数の推移

4. 後PAC注入による浄水処理への影響

4-1 ろ過閉塞への影響

後PAC注入により微粒子の捕捉率が高まる一方で、ろ過流量の減少とろ過継続時間の短縮により洗浄回数が増加してろ過池への影響が大きくなる。そのため、ろ過池洗浄周期管理のデータ収集を目的に、後PAC注入前後でろ過池の水位が一定の高さ(洗浄基準水位)に達するまでのろ過流量積算値を比較した。

- 1) 対象期間 : 注入無し 平成30年6月2日～21日
: 注入率3.0mg/ℓ 平成30年6月27日～7月3日
- 2) 調査対象 : 新井田系ろ過池8号池
- 3) 解析方法 : (i) 導水ポンプ運転台数(取水流量)の違いによる影響を取り除くため、ろ過継続時間ではなく基準水位に達するまでのろ過流量積算値の平均を比較。
(ii) 後PAC注入後のろ過流量積算値の比率を基にろ過継続時間を算出した。
- 4) 結果 : 後PAC注入後の基準水位までのろ過流量積算値は無注入時の74%に低下した。これは逆洗回数に換算すると平常時の約1.35倍逆洗回数が増加する計算になるが、それでもろ過継続時間は78H程度であり、新井田系浄水場のろ過池が約24Hで全16池の洗浄が可能であることを考慮すると運転継続は十分に可能であった。

表 2. 後 PAC 注入有無によるろ過流量への影響

注入率	平均ろ過流量積算値	比率	【参考】左記比率から算出した「ろ過継続時間」
なし	8196 m ³	100%とする	106H
3mg/ℓ	6025 m ³	74%	78H

4-2 後 PAC 注入率の生物除去率への影響

後 PAC 注入によるろ過閉塞への影響を緩和するため、適正な注入率を検討することを目的として注入率の違いによる生物除去率への影響を解析した。

- 1) 対象期間 : 平成 30 年 6 月 24 日～7 月 13 日
- 2) 調査対象 : 新井田系 2 系ろ過池 9～16 号池
- 3) 解析方法 : 後 PAC 注入率が 3.0mg/ℓ、5.0mg/ℓの時の原水・ろ過水のピコプランクトン数の平均値を基に除去率を算出した。生物除去率は以下の式で求めた。

$$\text{生物除去率} = 1 - (\text{ろ過水ピコプランクトン数} / \text{原水ピコプランクトン数})$$

- 4) 結果 : 注入率 3.0mg/ℓ、5.0mg/ℓの違いによる除去率の差異はほぼ見られなかった。

表 3. 後 PAC 注入率別ピコプランクトン除去率

測定期間、測定日	新井田川原水 ピコプランクトン数	薬品処理	ろ過水		
			濁度	ピコプランクトン数	除去率
平成 30 年 6 月 24 日～ 7 月 13 日の期間	103,000	後 PAC (3mg/ℓ)	0.0143	1,600	98.5%
平成 30 年 6 月 24 日～ 7 月 13 日の期間	141,000	後 PAC (5mg/ℓ)	0.0243	2,500	98.2%
平成 22 年 6 月 4 日 (参考)	130,000	通常処理	0.0840	8,400	93.5%
平成 22 年 6 月 9 日 (参考)	56,000	後 PAC (5mg/ℓ) 前次亜 (1.5ppm)	0.0161	620	98.9%

5. まとめ

今回の事例から得られたデータを基に以下の 2 点について確認した。

- 1) 後 PAC 注入時のろ過継続時間は平常時の 74%程度であり、運転継続が十分に可能であった。
- 2) 後 PAC 注入率 3.0mg/ℓ、5.0mg/ℓの違いによるピコプランクトン除去率の差異はほぼ見られなかった。

今後も継続してデータを蓄積し、原水において生物が発生した場合のろ過漏出対策に役立てたい。

また、今回の事例では平成 22 年度の漏出障害時の教訓を生かし、後 PAC 注入設備やピコプランクトンカウンタを導入したことで、ろ過水濁度上昇の原因予測とその対応を浄水場運転者が水質検査の結果を待つことなく行えるようになり、浄水場の運転を継続することができた。

新井田川系では度々生物によるろ過漏出障害が発生しており、定期的に上流のダム水の影響を受けやすいことから、今後も河川流域を含めた水質管理と適切な運転処理を継続し、水道水の安全な供給に努めていく。

原水の安定取水を目指す基幹浄水場の導水管水管橋の耐震補強

山形市上下水道部 ○渡辺 亨 伊藤 潤二 横山 隆典

1. はじめに

山形市内主要3水系の基幹浄水場である松原浄水場は、山形市街地の東部に位置し、大正12年から給水を行っている。創業当時の水源である伏流水と昭和36年から取水を行っている不動沢川、昭和43年から取水している蔵王ダムを水源とし、市内給水量の約43%を担っている。また、扇状地の扇頂という地理的条件を活かし浄水単価が低廉であることから有効的に最大限活用を行っている施設でもある。

平成17年度に松原浄水場は全面更新を機に耐震化施設となった。また、蔵王ダム建設と同時に施工された蔵王ダム導水管について、平成19年と20年度に管路診断調査を行い、健全性が確認された。その後、平成25年度から平成49年度までを計画期間とした「水道施設耐震化基本計画」を策定し、施設の耐震化を推進している。その中で蔵王ダム導水管水管橋については、平成27年度の耐震診断で耐震不足と診断され、平成29年度に詳細設計を行い、取水の停止を行わずに施工できる工事となるよう検討してきた。今年度工事を実施するにあたり各種法令等の手続きも進めており水管橋の耐震補強工事の参考事例として報告する。

2. 松原浄水場水系概要

松原浄水場施設能力：45,000 m³/日
蔵王ダム取水許可量：30,000 m³/日
不動沢川取水許可量：6,000 m³/日
伏流水取水許可量：7,700 m³/日
導水管総延長：約8,860m
松原配水場：12,200 m³
(内調整池容量7,000 m³)
鈴川配水場：2,718 m³
熊の前配水場：5,100 m³



松原水系図

3. 松原浄水場系施設の耐震化状況経緯

年度	耐震化内容	対象施設
平成17年度	松原浄水場の更新工事完了	松原浄水場
平成19・20年度	蔵王ダム導水管管路診断	蔵王ダム導水管
平成21・22年度	主要配水池耐震診断	松原調整池、鈴川配水池、熊の前配水池
平成24年度	松原配水場調整池耐震補強工事	松原配水場調整池
平成25年度	鈴川配水場耐震補強工事	鈴川配水場
平成27年度	蔵王ダム導水管水管橋耐震診断	蔵王ダム導水管水管橋
平成29年度	蔵王ダム導水管水管橋耐震補強詳細設計	蔵王ダム導水管水管橋
令和元年度	蔵王ダム水管橋耐震補強工事	蔵王ダム導水管水管橋

4. 蔵王ダム導水管水管橋の概要

設置年月：昭和46年（48年経過）
施設重要度：ランクA1
構造：パイプビーム形式 鋼管φ800
橋長：59.5m
支持長：17.0+19.25+19.25（鋼製橋脚3脚）
基礎：直接基礎
地盤種別：I種地盤

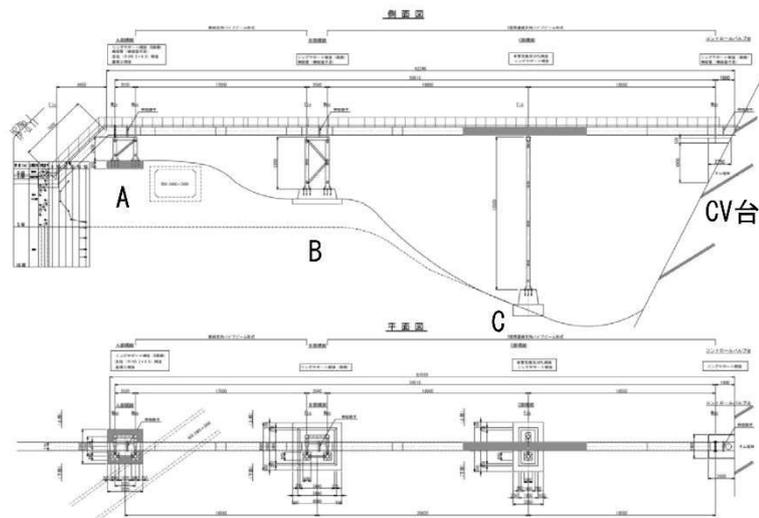


水管橋全景

5. 平成27年度耐震診断結果

- ① C橋脚部上部水管橋本管の耐力不足。
- ② 各橋脚のリングサポートの耐力不足。
- ③ 伸縮可とう管の伸縮量不足。
- ④ 水管橋支承部の落橋防止装置の未設置。
- ⑤ A橋脚部支柱斜材の耐力不足。
- ⑥ A橋脚基礎部の滑動耐力不足。

3次元静的非線形解析を用いレベル1地震動は許容応力度法、レベル2地震動は地震時保有水平耐力法を行った結果、上記6点の耐力不足が確認されたが、定期的な塗装修繕を行っている橋脚や鋼管の劣化はみられず、早期の更新の必要性は無いと診断された。耐震施設である松原浄水場へ導水する重要な取水設備であるため、上記の診断結果を基に耐震補強詳細設計を行う事とした。



■：地震時耐力不足部位

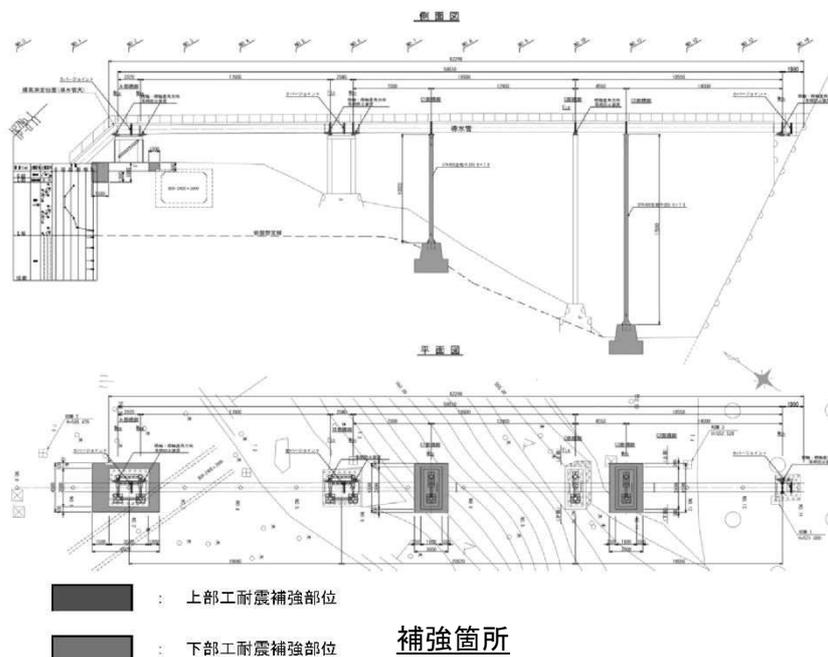
耐震不足箇所

6. 平成29年度耐震補強詳細設計内容

- ① 本管の耐力不足に対して、新たに橋脚を設けることで、支間長を短くし発生応力を抑える。
- ② 各橋脚のリングサポートの耐力不足に対して、鋼製プレートで補強する。
- ③ 伸縮可とう管の伸縮量不足に対して、伸縮可とう管上にカバージョイントを設置し漏水を防止する。
- ④ 各橋脚及びCV橋台に落橋防止装置を新設する。
- ⑤ A橋脚部支柱斜材の耐力不足に対して、支柱を補強することで橋脚全体の剛性向上を図る。
- ⑥ A橋脚基礎部の滑動対策として、コンクリートを打ち増し基礎全体の摩擦力を増加させる。

橋脚追加案の中でもダム堤体へ影響がなく、地震発生時の応力値を抑えることができ上記案とした。検証では、代替え取水による施設の運用が多大な費用と手間を要すること、他水系からのバック

アップ給水も一部分のみであること、管路溶接で施工する断水工法等についても連続断水期間が16～24日間必要との試算結果もあり、総合的に既設管を止水する工法は不可能と判断した。



7. 関係機関調整

工事するにあたり法的規制区域であるため、以下のとおり必要機関との手続きを進めてきた。

関係法案	申請場所	申請内容
自然公園法	県:統合ダム管理課	技術的審査
	県:環境課	現地確認(事前相談)
		特別区域内工作物の新築許可申請書
河川法	国:河川管理課	事前相談
		占用許可及び新築許可
森林法(国有林)	国:山形森林管理署	現地調査(境界立会い)
		国有林内作業行為
		保安林内作業許可申請
		国有林野使用許可
県道自主規制	県:道路課	国有林野貸付契約地内の使用計画変更 通行規制区間の通行許可申請

8. おわりに

今回工事するにあたり考慮したことは、各種申請手続き(国有林、国定公園、河川区域内作業)や県の蔵王ダム管理担当との協議に時間を要するが、前年度から事前協議を行い、手続きを年度当初で完了し、工期を降雪期(12月)までの単年度工事とできるよう準備したこと、現場までの資材搬入経路には、通行規制区間や重量規制があるため、橋脚等の工事資材を分割搬入としたことなどがあげられる。

本工事の主目的は、耐震化に関することであることから、今後、更新または延命対策を講じる必要があると考える。しかし、耐震化を行う事で施設の安全性、信頼性を確保することができることは、地震被災による断水リスクを低減することができ、市民生活の安定・安心につながるものと確信している。

水需要減少に対応した配水場水運用の工夫とその効果

盛岡市上下水道局 猪狩 義徳
○大崎 瑞希

1 はじめに

我が国の総人口は H22 年頃をピークとして減少傾向に転じ、今後の人口減少は明らかであるとされ、「新水道ビジョン」においても、我が国の水道は給水人口や給水量が今後減少し続けると予測されている。今後、深刻さを増すとされる水需要減少社会において、特に郊外地に立地する水道施設では施設は過大傾向にあり、将来的な統廃合又はダウンサイジングを要する施設の増加が予想される。本報告では、過大傾向となった配水場を有効活用し、水運用に工夫を加え実施した結果、一定の効果が得られたことから以下に報告する。

2 概要と現状

(1) 繫配水場の概要

繫配水場は「繫温泉」の温泉街とその周辺地域に配水を行うことを目的として H2 に建造された。当施設は浄水場から 60 m 超の高所に位置し、中継ポンプ施設として本宮ポンプ場、北ノ浦ポンプ場による合計 100 m 超の揚水を受ける。また、観光地であることから平日と休日・休前日に配水量の格差があることが特徴である。

当施設は計画一日配水量 1350 m³/日に対し有効容量 1,500 m³ として建造されたが、近年、宿泊施設の撤退・廃業、自家水道への切替等による配水地域の水需要減少が相次ぎ、昨年度には一日平均配水量がピーク時の約 60% となる 853 m³/日にまで低下した。これは配水池有効容量の 57% であり、仮に配水場の水位上限を満水とする運用をした場合、貯水の滞留時間が約 41 時間となる。なお、一般に配水池の貯水量は計画一日最大給水量の 8~12 時間分(水道施設設計指針)とされる。

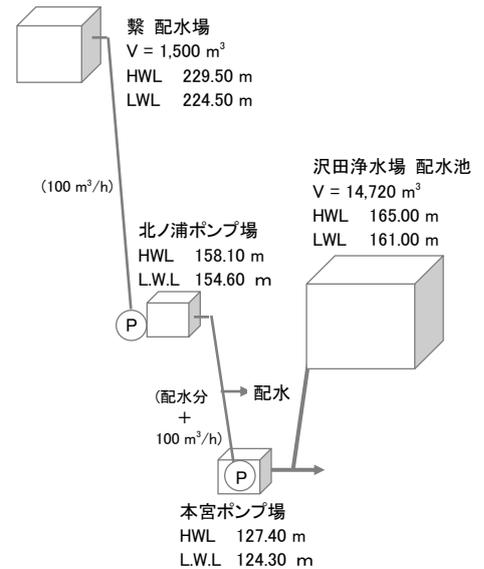


図1 繫配水場系統概要

(2) 繫配水場の抱える課題

課題① 配水池容量が過大傾向である

従来の満水付近での水位管理では貯水の滞留時間が長く、滞留水による水質低下(残留塩素)が懸念される。

課題② 営業店舗が多いことによる断水リスク

配水区域内に飲食店・宿泊施設が多数立地することから、漏水等発生時営業補償等の断水リスクを低減するため、非常時対応水量として貯水を可能な限り確保する運用とする。

課題③ 送水ポンプ運転時の一部地域の動水圧低下

本宮ポンプ場及びその他のポンプ施設への配水が水需要ピーク時間帯と重なると、同浄水場系統にある一部地域の動水圧が極めて低下することから、送水ポンプ稼動時間帯を制限する必要がある。

課題④ 送水ポンプ稼動による動力使用

繫配水場への送水は能力の大きい両ポンプ場を稼動することにより、動力費が高額である。

3 運転方法の改良と効果

前述の課題の対策として、繫配水場の容量が過大傾向にあることを活用し、次に挙げる運転方法へと変更を行った。

① 水需要ピーク時間帯のポンプ手動停止

水需要ピーク時間帯とその周辺域である 6:00~10:00 及び 18:00~22:00 は、北ノ浦ポンプ場停止時間帯とした。水需要ピーク時間帯にポンプ場への水の流入を避けることにより、同浄水場系統の動水圧低下を防ぐことが出来る。

② 送水ポンプ起動停止水位のロングレンジ化と夜間シフト

送水ポンプを起動水位 3.0 m (貯水量 900 m³)～停止水位 5.0 m (貯水量 1,500 m³)とした。これと①を組合わせ、水需要が減少する水需要ピーク時間帯に挟まれた夜間 8 時間に集中して送水ポンプを運転することとした。この間の送水量は約 800 m³ であり、繫配水場の平均一日配水量の殆どを占める。8 時間の連続送水により水位は 1.8～2.0 m 上昇するが、同配水場は容量の余裕が大きいため十分に許容することが出来る。

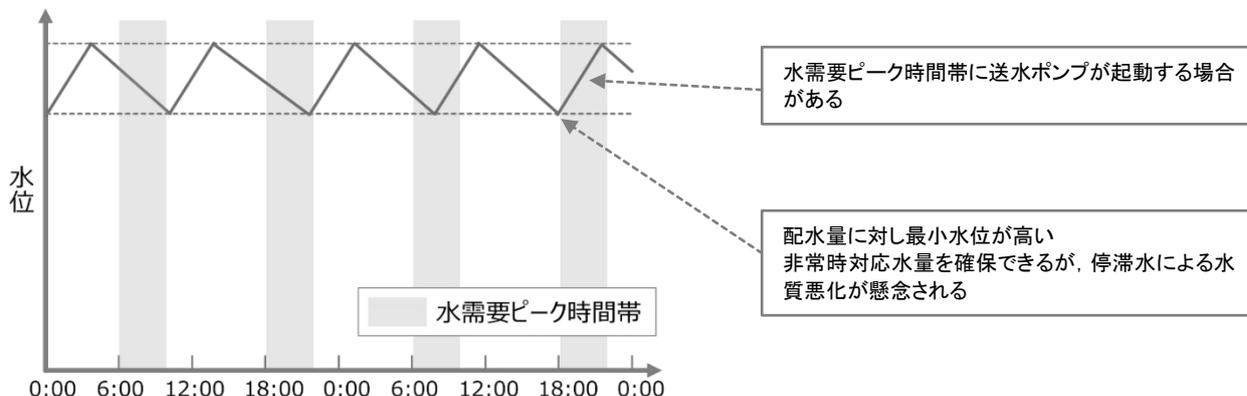


図2 従来の運用による配水池水位変化モデル

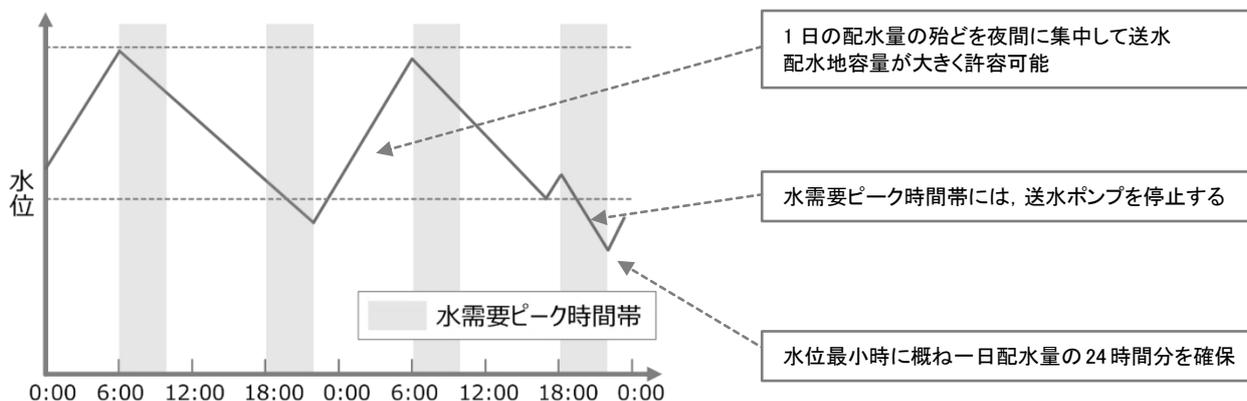


図3 運用方法の変更に伴う配水池水位変化モデル

また、これに伴い、送水ポンプ及び吐出弁の1日当りの起動回数が1～2回と最小限となることにより、同設備の始動負荷による故障リスク低減化も期待される。

③ 夜間に安価となる電気契約プランへの変更

②と併せ、電気契約を「高圧季節別時間帯別電力 S (東北電力)」等の夜間電気使用料が安価に設定される契約プランの利用を行った。

②により送水ポンプ稼働を夜間へシフトしたことにより、本宮ポンプ場+北ノ浦ポンプ場を合算した夜間電気使用率は従来の51%から71%へ上昇した(図4)。これに伴い、電気料金単価を前年同月費で11%削減した(図5)。

なお、時間帯別料金を設定する契約プランは夏季日中にピーク時間帯料として比較的高価に設定する例が多いが、これは運転の夜間シフトにより日中の高価な時間帯を避けることが容易となり、更なる電力量料金の削減が期待できる。

表1 安価な夜間使用料を設定している契約プランの例 (東北電力；高圧季節別時間帯別電力 S)

標準電圧	電力料金 (円/kWh) (消費税 8%を含む)			
	夏季ピーク時間 13:00～16:00	夏季昼間 8:00～22:00	その他季節昼間 8:00～22:00	夜間 22:00～翌 8:00
6000 V	20 円 41 銭	18 円 89 銭	17 円 55 銭	11 円 12 銭

* 夏季とは 7/1～9/30 の期間をいう。

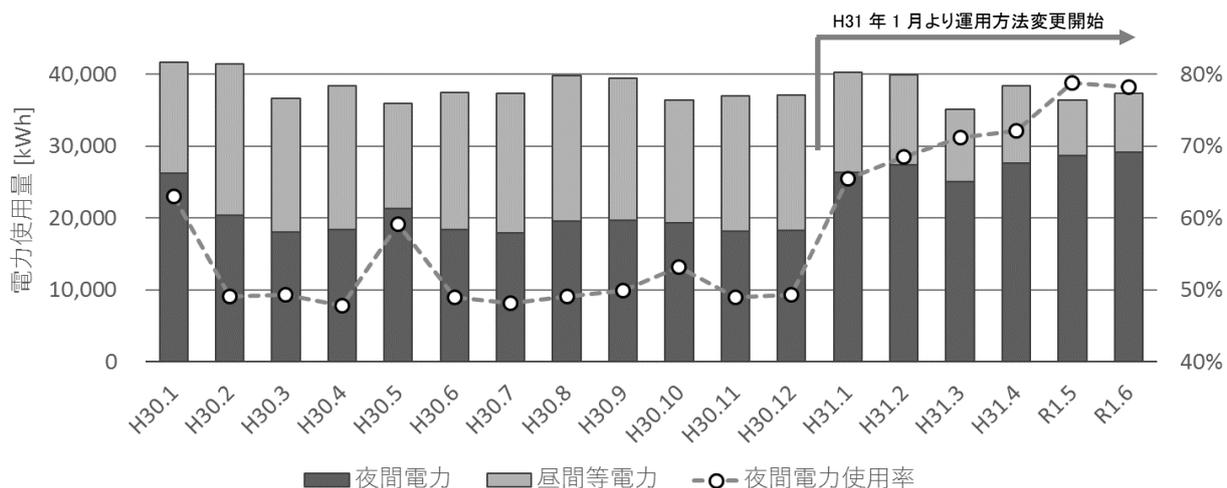


図4 運用方法の変更に伴う夜間電力使用率の推移

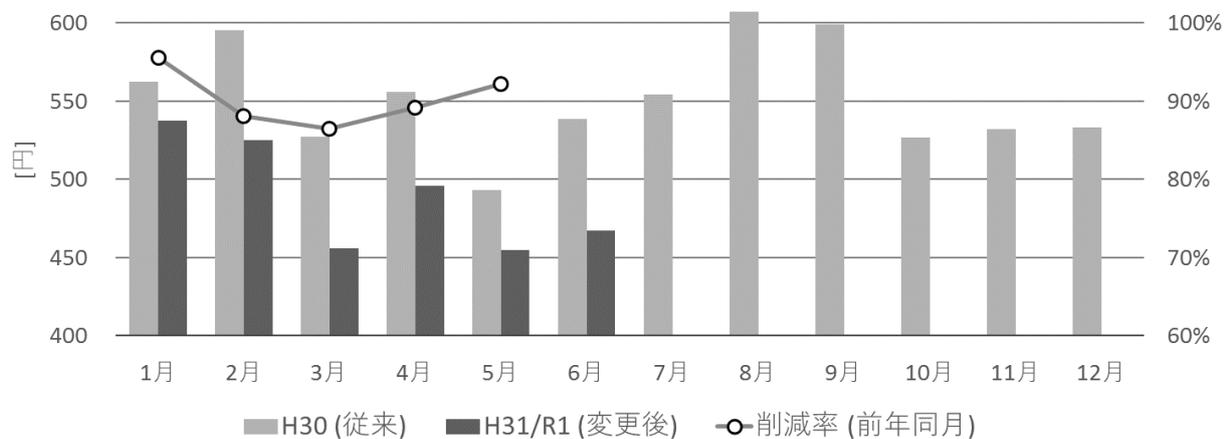


図5 運用方法の変更に伴う電力量料金*の推移 * 消費税込。燃料調整費を含まない。

4 おわりに

過大傾向にある配水場において、水需要ピーク時間帯を避けた夜間に一日配水量の殆どを集中して送水することにより、管理水位の適正化、動水圧低下対策、動力費削減等、多くのメリットを得ることが出来た。

本報告に挙げる水運用の取組みは全て浄水場の日常運転管理の応用であり、それぞれの取組みが容易に実施可能であることが利点の一つであると言える。水需要減少社会において増加する「過大施設」解消の第一歩として、本報告が一助になることを期待する。

鉤取山配水所 2 号配水池外面改良工事に伴う工事安全対策

仙台市水道局 ○丹野 正和
井上 信彦 池之上 勇貴

1. はじめに

仙台市の水道事業は、大正 12 年 3 月に給水を開始し、その後、市勢の伸展、給水区域の拡大や市民生活の向上に伴う水需要の増加に対応するため、第 5 次までの拡張事業により水源の確保や施設の整備・拡張を進めたことに加え、周辺市町との合併により、153 施設 415 棟という膨大な数の建築物を有している。現在は、これら施設の老朽化が進み、改修需要が増加傾向にある。このような背景にある中、費用・時間は限られており、計画通り改修を進めるためには安全第一で工期内に完成させることが必須となっている。

本報では、工事条件に課題がありながら安全管理に対する取組みが特に優秀と認められ、H30 年度東北地方工事安全推進大会 (SAFETY2018) において表彰された鉤取山配水所 2 号配水池の外面改良工事における安全対策と創意工夫の事例について報告する。

2. 概要

鉤取山配水所は、仙台市青葉区にある青葉山丘陵地の山頂付近に位置し、主に市内南部の高台地区の約 4 万人に配水している重要施設である。敷地には、1 号配水池 (有効貯水量 8,000 m³)、2 号配水池 (有効貯水量 8,000 m³)、管理棟がある。

【施設概要】

施設名称：鉤取山配水所 2 号配水池
構造：RC 造円形タンク (円筒シェル構造)
規模：築造面積 701.79 m²
高さ 28.20m 内径 27.00m
有効貯水量 8,000 m³
水位 HWL188.00m/LWL174.00m
竣工：昭和 53 年 (1978 年) 12 月



施設全景 形状が裾広がりの円筒型

【工事概要】

工事件名：水施建施第 29-6 号 鉤取山配水所 2 号配水池外面改良工事
工期：平成 29 年 6 月 22 日 ～ 平成 30 年 3 月 29 日
工事金額：¥83,257,200 (内消費税¥6,167,200)

(1) 工事目的

経年劣化により屋上仕上の防水機能の低下及び外面のコンクリート躯体の損傷 (ひび割れ、欠損等) が大部分で確認され、施設点検用のタラップや階段は錆による腐食が激しく、使用するのにも危険な状態であったことから施設保全のため改修を行った。

(2) 工事内容

防水改修：既存劣化部補修の上、吹付け超速硬化ウレタン塗膜防水 (既存屋根塗膜防水塗替え)
外壁改修：既存劣化部補修の上、防水形複層塗材 RE (既存躯体面へ新規塗装)
塗装改修：耐候性塗料塗り (既存スチール階段塗替え)
その他改修：既存タラップ、手摺撤去の上、屋根ステンレス製階段、屋根アルミ製手摺新設

3. 安全対策

(1) 安全対策上の課題

- ① 構造物は、外面が裾の広がった円筒型、屋根は急勾配のドーム型の特殊形状であるため、仮設足場の組立設置の工夫や転落・墜落の安全対策。
- ② 立地が丘陵地の山頂付近にあり、特に冬場の西風の影響（風速が常時3~5m/s・最大17m/s以上）を受けるため、作業時の安全確保と作業中止の判断・指示及び材料等の落下や飛散防止などの強風対策。
- ③ 工事期間が長期に亘るため、作業員の体調管理や熱中症対策等の作業環境の工夫。



丘陵地の山頂にある配水池



屋根全景 形状が急勾配のドーム型

(2) 課題に対する対策及び創意工夫

上記課題に対して行った対策及び創意工夫は次のとおりである。

【発注者】

ほぼ同一形状で先行して行った1号配水池外面改良工事の経験を活かした対策を実施した。

- ① 外部仮設足場の幅について、作業性と安全性の向上を図るため、幅900→1200とした。
- ② 施設が特殊形状のため、外部仮設足場の設置・撤去に標準以上の時間を要することが判明したことから、安全に配慮し、余裕を見込んだ工期設定とした。
- ③ 発注時に施工計画段階でのリスクアセスメントや月1回半日以上安全教育等の実施を条件明示した。
- ④ 安全取組の強化として、標準である担当者の点検の他に、安全パトロール（課内・労働基準監督署合同）を追加実施した。

【受注者】

- ① 仮設足場の設置方法に「大組工法」を採用した。この工法は、地上にて足場を2段3スパン程度のユニット組を行いクレーンで吊上げて設置する工法である。この工法の採用により高所での危険作業の低減や工期短縮が図れ、工事全体に良い影響を与えた。[写真1]
- ② 屋根ドーム部での作業環境と安全対策の工夫として、単管足場に足場布板を設置することで安定した作業床を確保した。[写真2]

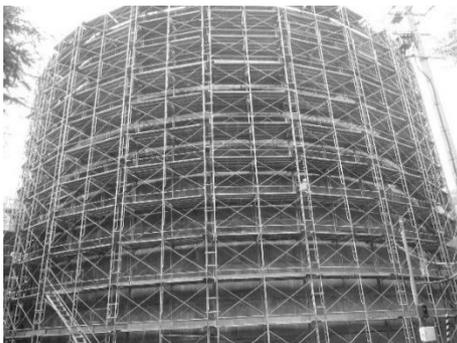


写真1 仮設足場設置後



写真2 安定した作業床の確保

- ③強風対策として現場に安全巡視員を選任し、風速計による測定を常時行い、地上の現場代理人へ無線機で報告することで、作業中断・中止の判断や指示を迅速に行えるような体制を構築した。[写真3]
- ④熱中症対策としてWBGT値（暑さ指数）を2時間毎に測定し、数値を見やすい場所に掲示して注意喚起を行った。また、熱中症対策設備の充実や作業員毎にペットホルダーを配付し、どこでも水分補給ができるようにするなどの体制を整えた。[写真4]



写真3 風速計による測定と無線機による報告



写真4 WBGT値測定

- ⑤作業中や資機材使用時の現場ルールを設けて現場に掲示し、安全に作業できる環境を整えたことで、安全の見える化を図った。[写真5]
- ⑥現場に階数や工区分けを表示し、上下作業にならないような対策をとった。[写真6]

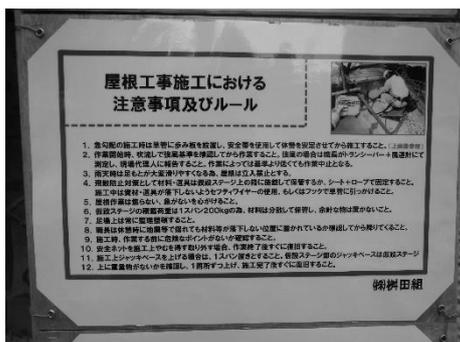


写真5 現場ルールの設置



写真6 表示看板の設置

- ⑦作業員の安全意識の向上のため、下請けとコミュニケーションを取りやすい環境を整え、安全意識の共有を図った。[写真7]
- ⑧万が一に備え、現場にAED・担架・熱中症応急セット等を常備した。また、AEDの使用方法や担架を利用した救護方法の安全教育訓練を実施した。[写真8]

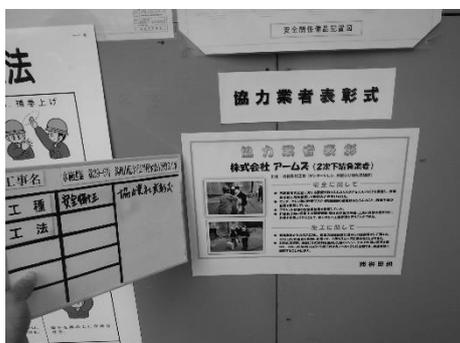


写真7 協力業者への表彰

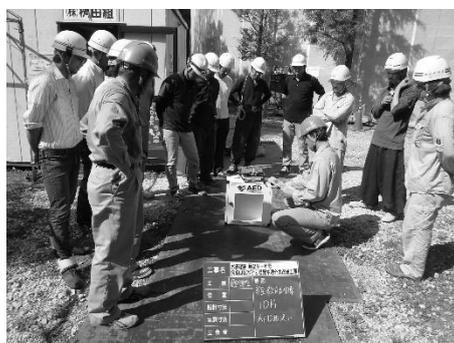


写真8 AED使用訓練の様子

4. おわりに

今回報告した工事は、上記各取組みにより課題を克服し、無事故無災害で工程通り完成することが出来た。事例報告が他事業体での安全対策を検討する際の一助となれば幸いである。

洗砂機導入の検討経過について

青森市企業局水道部

○今 健亘、油川 一紀

1 はじめに

横内浄水場は青森市内の基幹浄水場のひとつであり、横内川を水源とした緩速ろ過方式を採用している。「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針（以下、「対策指針」という。）

（水道水中のクリプトスポリジウム等対策の実施について（平成19年3月30日 健水発第0330005号）」では、レベル4の「地表水を水道の原水としており、当該原水から指標菌が検出されたことがある施設」に該当しているため、これまでも指針に基づく対応措置を講じてきた。

対策指針では、運転管理における留意事項として「かき取ったろ過砂を再利用する場合には、洗浄水の濁度が2度以下になる程度まで洗浄し、洗浄水は水道原水として利用しないこと。」とされているが、当部所有の洗砂機は旧式で、指針に対応した洗浄水濁度に係る仕様がないため、通常的使用方法では洗浄水の濁度を2度以下にすることが困難であった。

今回、当部の洗砂機を用いて洗浄水の濁度2度以下を満たすため、検討した結果と、新たな洗砂機を導入するに至った経過を紹介する。

2 洗砂機と採水箇所について

既存洗砂機はY社製洗砂機（洗砂量4m³/h）2機であり、その外観を図1に示す。攪拌槽により高回転で汚れを落とした後、水車状の回転板で砂とすすぎ水を同時に次槽へ送り、5槽繰り返した後、洗浄後の砂を排出する構造である。すすぎ槽の拡大図を図2に示す。洗浄水は図3の①～③の3点で採取し、最終槽である5槽目のすすぎ水の濁度を確認した。洗浄用水にはろ過水を使用し、ろ過水濁度は0.1度未満である。



図1 外観

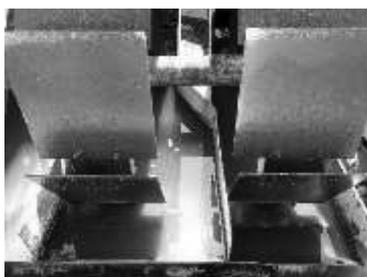


図2 すすぎ槽拡大

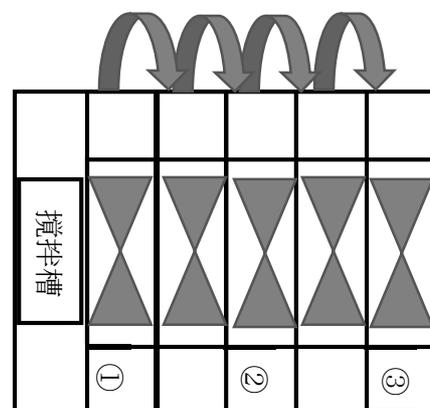


図3 採水箇所簡略図

3 検討方法について

検討は、現状の確認及び、すすぎ水の量等を考慮し以下に示す（1）～（4）の方法について実施し、洗砂排水濁度、洗浄濁度(JWWA A103 使用中ろ過砂ろ過砂利の試験方法)を確認することとした。

- (1) 通常的使用方法の場合
- (2) すすぎ水の量を増加させた場合
- (3) すすぎ水の増加かつ槽底部からも通水させた場合
- (4) 洗砂機を2機用いて洗浄後の砂を再度洗砂機にて洗浄した場合（洗砂機2機連結時の洗浄水濁度について）

4 検証結果について

検討した4通りの方法すべてにおいて洗浄水濁度2度以下となる効果はなかった。砂の洗浄濁度についてはすべての場合でJWWA規格を満たす30度未満であり、規格上の洗浄効果は十分であると考えられる。各々の詳細な結果について以下に示す。

(1) 通常使用方法時の洗浄水濁度について

通常の使用方法の場合での洗浄水濁度について確認した。採水箇所は図3、検査結果については表1に示す。

①は攪拌機直後のため、高濁であったが、すすぎ3槽目の②では48.9度と下がっていた。5槽目の③では17.8度となっていた。

表1 洗浄水濁度結果について

	①	②	③	砂の洗浄濁度
濁度(度)	2745	48.9	17.8	4.7

(2) すすぎ水、増加時の洗浄水濁度について

すすぎ水の量を増加させた場合の洗浄水濁度について確認した。増加させたすすぎ水のバルブと導入箇所については図4のとおりである。各採水箇所については図3と同様である。検査結果については表2に示す。

①の攪拌機直後及び3槽目の②では槽内の巻き上がりが原因で①～②の濁度は通常使用时より高かったが、水量増加により、すすぎが十分行われた5槽目では12.4度で通常使用时より低くなった。

表2 洗浄水濁度結果について

	①	②	③	砂の洗浄濁度
濁度(度)	4005	64.2	12.4	3.3



図4 すすぎ水バルブ(左)、すすぎ水導入部(右)

(3) すすぎ水の増加かつ槽底部から通水時の洗浄水濁度について

すすぎ水の増加かつ槽底部から通水させた場合の洗浄水濁度について確認した。ポンプ導入部分及び底からのすすぎ水流入部分は図5のとおりである。各採水箇所については図3と同様である。検査結果については表3に示す。

①の攪拌機直後及び3槽目の②では水量が多くなったことで(1)～(2)より低かったが、5槽目では13.8度となった。

表 3 洗浄水濁度結果について

	①	②	③	砂の洗浄濁度
濁度 (度)	1935	29.7	13.8	3.4

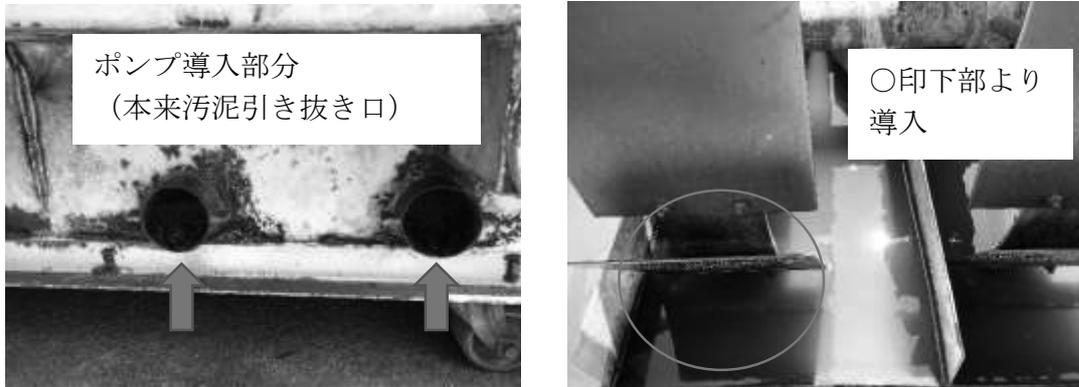


図 5 底部の導入口 (左)、すすぎ水流入部分 (右)

(4) 洗砂機 2 機連結時の洗浄水濁度について

洗砂機 2 機連結時の洗浄水濁度について確認した。洗砂機 2 機の配置は図 6 のとおりである。各採水箇所については図 3 と同様である。検査結果については表 4 に示す。

2 度洗い時の①の攪拌機直後及び 3 槽目の②はこれまでで一番低減させることができたが、5 槽目では 13.3 度でこれまでと変わらなかった。

表 4 洗浄水濁度結果について

	①	②	③	砂の洗浄濁度
濁度 (1 機目)	6450	106.3	30.3	6.4
濁度 (2 機目)	24.6	16.1	13.3	5.4

単位は (度)

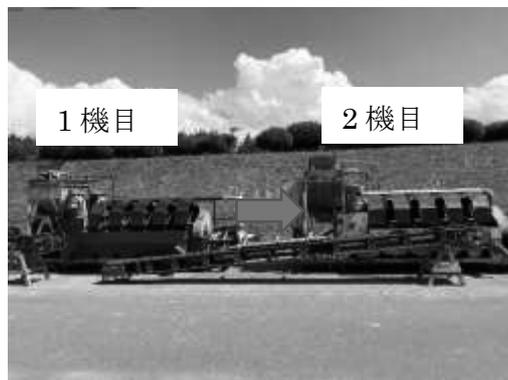


図 6 洗砂機 2 機連結時の風景

5 考察

4より、削り取りした砂の洗浄濁度の規格は、JWWA 規格では30度未満となっているが、当部所有の洗砂機で洗った砂はすべて10度未満であり良好な結果であることがわかる。しかし、洗浄水の濁度については、砂の洗う水量の増加や洗砂機2機での2度洗いなど様々な改良方法で検討したが、すべて20度未満で対策指針に示される2度以下には出来ないことがわかった。

当初、洗浄水の濁度は、削り取った砂の汚れ具合と洗砂機の水量不足が要因であると推測していたが、実際には水量や洗砂回数に関係なくすべて10度くらいであったことから、洗砂機の構造上が要因となっている部分が多いのではないかと推測される。

このことから、当部では、現在使用している洗車機ではこれ以上の改善は望めないと判断し、対策指針に示される洗浄水濁度2度以下にすることが可能な洗砂機の導入について、設置場所や砂洗い場からの動線を考慮しながら検討し、平成30年度に新洗砂機を導入した。

6 新洗砂機について

新たに導入した洗砂機については、外観が図7のとおりであり、タンクが2つ連なっている構造で、回転しながら洗浄するものである。洗浄水濁度も2度以下を満たせる仕様となっている。

導入時の洗浄水の検査結果を表5に示す。データからも対策指針の2度以下を満たしていた。今後新洗砂機について様々な観点から検証したうえで増台について検討していきたいと考える。



図7 全体図（左）、砂出口及び洗浄水（中）、洗浄水拡大（左）

表5 洗浄水濁度結果について

	洗浄水濁度	砂の洗浄濁度
濁度（度）	1.3	6.4

第三者委託(会津若松方式)におけるモニタリング

○渡辺 史人 (会津若松市) 湯田 豊巳 (会津若松市)
鈴木 勇人 (会津若松市)

1. はじめに

会津若松市水道部では、平成 22 年度より送・配水施設の維持管理、給水装置工事の受付・審査及び浄水場の運転維持管理といった水道の管理に関する技術上の業務について、水道法第 24 条に基づく第三者委託を実施している。とりわけその業務形態は「会津若松方式」と呼ばれており、地元企業を含めた民間企業の経営・技術のノウハウを活用しながら、本市の水道事業経営の健全化を図ってきたところである。

第三者委託を履行するにあたり、本市の技術継承を視野に公と民の能力を最大限発揮するためには、いかに安心・安全な水道水を供給することができるかを主眼に置き、現状の把握と課題を改善していく PDCA サイクルを循環していくモニタリング体制の構築と運用が大変重要である。本稿では、維持管理業務が適正に行われているかを確認するために本市が実施している第三者委託におけるモニタリングについて報告する。

2. 第三者委託(会津若松方式)の概要

会津若松方式とは水道法第 24 条に基づく第三者委託制度の基で大手企業と地元企業で特別目的会社(SPC)を作り、「取水から蛇口まで」一貫した責任体制の確立を目的として実施している第三者委託の一つの業務形態である。会津若松方式の特色は、大手企業と地元企業のノウハウを最大限活用することができる点である。浄水場の維持管理に大手企業を採用し、本市で保有する様々な処理方式の浄水場に対応できる能力を確保し、一方で送・配水施設の維持管理等については地元の地理や管路に精通しておりこれまでも個別の業務で実績を積んだ地元企業を採用することで、お互いの長所を活かしさらには SPC を設立することで互いの業務について連携を取りやすく効率的に水道事業運営を行うことができる、導入当時は全国的にも先駆的な委託方式であった。(図 1)

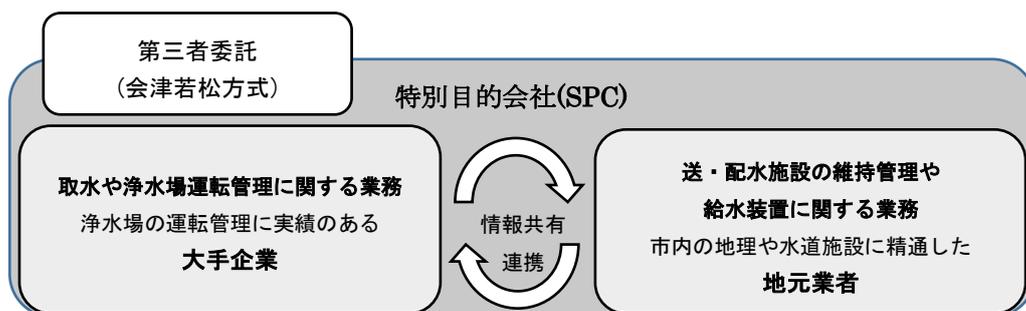


図 1 会津若松方式のイメージ図

3. モニタリング

(1) モニタリングの目的

第三者委託による水道事業運営が適正に履行されているかを客観的かつ一定の評価基準で判断するためにモニタリングを実施する。水道部の監督員が行うだけでなく、受託者もセルフモニタリングを実施することで水道部と受託者の双方が現状の把握及び業務水準の維持・改善を PDCA サイクルに基づき実施することができ、より効率的な水道事業運営ができるようになる。

第三者委託(会津若松方式)におけるモニタリング

(2) モニタリングの内容

各業務を担当する監督員が水道部作成の業務要求水準書に基づき日常業務の中でモニタリングを実施し、月に1度は独自に作成した評価基準に基づき定期モニタリングにて採点する。監督員の採点結果を四半期ごとに開催されるモニタリング評価委員会に報告し、各業務の担当監督員が評価した内容の検証を行う。また、受託者も独自にセルフモニタリングを実施しその結果も踏まえ監督員が評価を行うことで、図2のような受託者から水道事業管理者までの一貫した体制を構築することができ、客観的な評価ができるシステムとなっている。なお、平成26年からの4年間のモニタリングについては、本市の基幹浄水場である滝沢浄水場のDBO方式による更新工事とあわせて建設期間中の維持管理と建設工事両方に監督員を配置しモニタリングすることで、煩雑化する状況下であっても業務が適正に履行されているかを確認することができた。

4. モニタリングの効果

モニタリングを行うことで、PDCAサイクルを構築することができ、受託者がより効果的かつ効率的な水道事業の運営が行えるようになってきている。業務の中でトラブルや不備があった場合、モニタリングで客観的な評価をされる中で受託者自身が必要な改善策について対策を計画し、作成したマニュアル等に基づき業務を履行していくことで、発注者と受注者という緊張感のある関係の中で水道事業の水準の向上や受託者の技量向上に資する結果となった。また、定期モニタリングの評価項目に受託者の有資格者数等も評価項目に加えており、受託者の企業内の有資格者を増やすことに繋がっている。さらに会津若松方式の特色である大手企業と地元企業が協働することで大手企業の持っている知識等を地元企業の技術力向上に役立てる事ができた。このことは本市水道技術者の確保や技術継承への有効策として位置付けるものである。

5. まとめ

今後はモニタリングも含めた業務において、水道部職員が持っている技術力をいかに継承していくかが課題である。ベテラン職員が退職し技術が失われてしまうのではなく、会津若松方式の特色でもある大手企業と地元企業が活躍することができる事業スキームの中で、水道部と受託者がお互い技術を補完し合う方法を考える事が、安心・安全な会津若松市の水道を守っていくことに大変重要になってくると思われる。

発注者と受託者がお互い十分に理解し合い、業務に取り組むことは大変重要である。モニタリングはただの評価ツールとして活用するのではなく、モニタリングを通してお互いがよりよく業務を遂行するために必要な意見交換を行い、安心・安全な水道水を市民の方々に届けることを目的としたパートナーとして、お互い切磋琢磨していく姿勢が求められている。そうすることで、会津若松方式のメリットである、地元企業を育てていくことや、公民一体となって市民共有の財産である水道を守っていくことに繋がると考えられる。

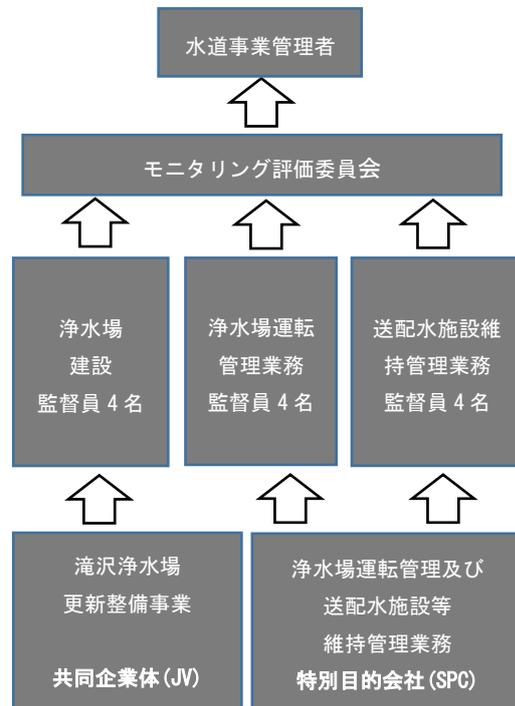


図2 会津若松方式のモニタリング体制図

貯水槽水道を適正に管理するための取組と成果

秋田市上下水道局 ○佐藤 貴
藤原 正人

1 はじめに

本市では、平成 14 年の水道法の一部改正に伴い、貯水槽水道における水質の安全性を確保するため、秋田市水道事業給水条例（以下「条例」という。）を改正し、上下水道局が指導、助言および勧告を行うことができることとした。

また、秋田市上下水道事業基本計画には、安全な水道水の供給のため、貯水槽の適切な管理や直結式給水の普及促進などの施策を位置付けている。

ここでは、これらを適切に管理するための取組と成果等について報告する。

2 給水戸数と貯水槽水道の現状

本市の給水戸数は、図 1 および 2 のとおり平成 30 年度末現在で約 14 万 9 千戸、このうち直結給水は 13 万 5 千戸、貯水槽水道は約 13,600 戸となっている。

平成 20 年度以降では、直結給水は年々増加傾向にあり、その一方、貯水槽水道は給水戸数で約 2 割、設置数で約 3 割減少している。

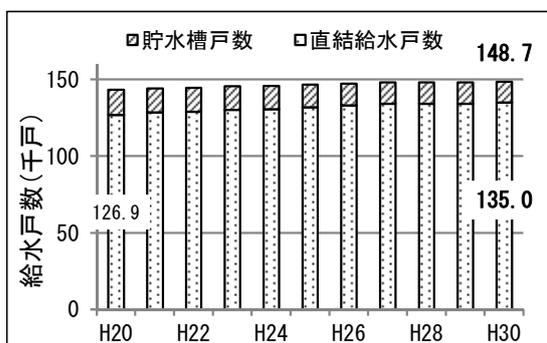


図 1 直結給水戸数と貯水槽戸数の推移

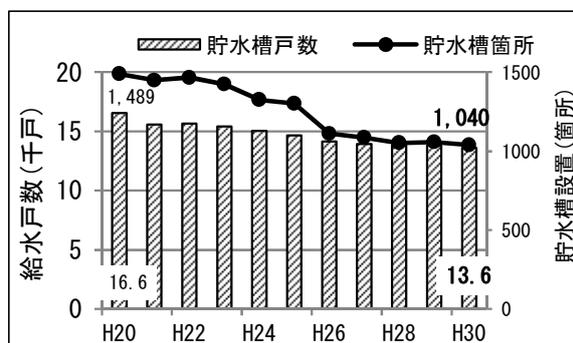


図 2 貯水槽戸数と貯水槽箇所の推移

3 貯水槽水道の課題

本市の貯水槽水道は、条例改正前までは保健所が指導等を行っており、上下水道局はこれらの状況を把握していなかったことから、改正後に保健所と連携しながら、所有者等が適切に管理するための取組を進めてきた。

しかし、写真 1 のとおり、一部の貯水槽で不適切な管理が確認されたことから、利用者が安全に水道水を利用できるよう取組を進める必要があった。



写真 1 不適切な管理状況の事例(水槽の汚れと蓋の破損)

4 これまでの取組

貯水槽水道を適正に管理するための主な取組は、図3のとおりである。

これまで、貯水槽水道の所有者等に対し、貯水槽水道に関する制度や維持管理、緊急時の対応等を理解してもらうことを目的に、現地調査における指導や助言、アンケート調査のほか、パンフレットの送付等により周知を進めてきた。

さらに、効率的に業務を行うため、これらの調査結果をデータベース化し、指導が必要な箇所を抽出することとした（図4）。

このほか、貯水槽水道の所有者等に加え、これを利用している市民への周知が必要であることから、市全戸に配布している広報誌や新聞への掲載のほか、アンケート結果をホームページに公表するなどの取組を行っている（図5および図6）。

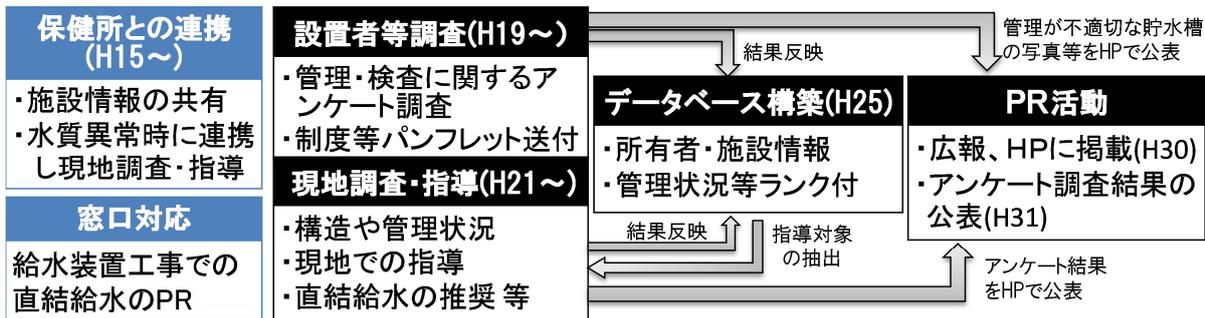


図3 貯水槽を適正に管理する主な取組

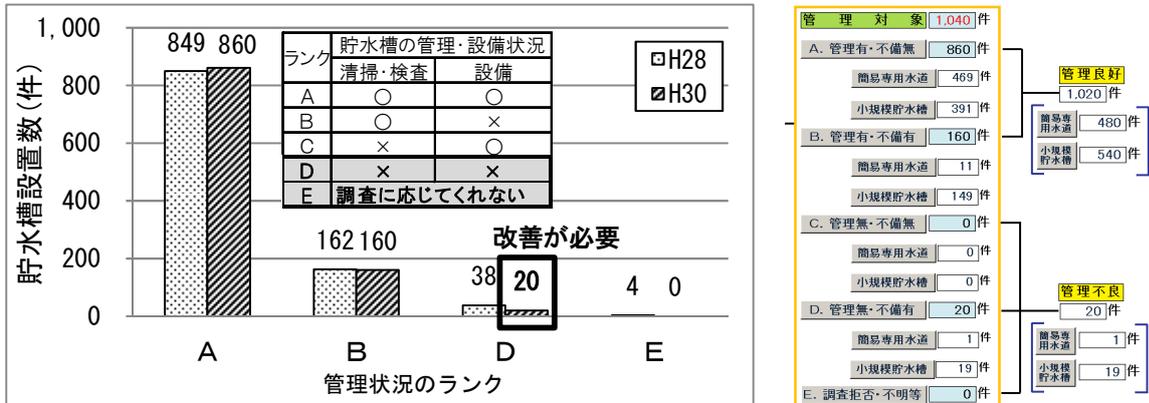


図4 データベースを活用した貯水槽管理のランク付け(左図が集計結果(H28とH30の比較)、右図がシステム画面)

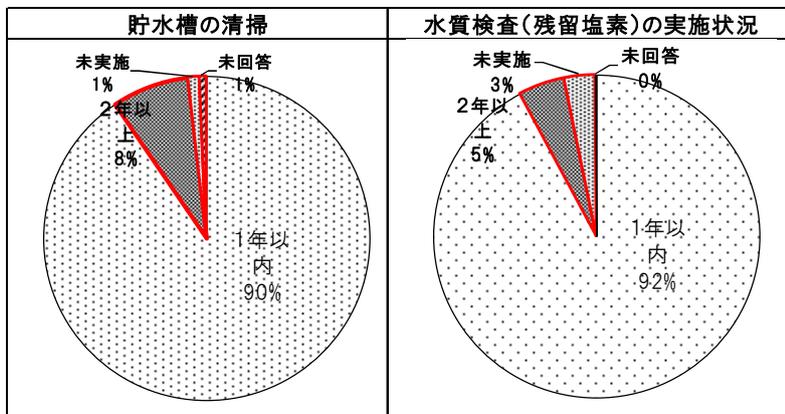


図5 設置者等へのアンケート結果(H30年度 回答717件)市HPにも公表

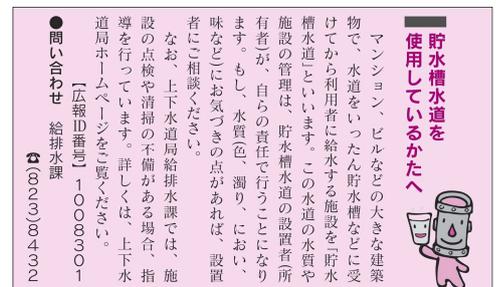


図6 広報あきた(H31.3.1号)

5 成果

貯水槽水道については、管理状況のデータベース化によるランク付けにより、清掃や検査が未実施で設備に不備があるDランク以下の箇所を抽出し、これらに指導を行った結果、図7のとおり過去5年間で90件の改善を図ることができた。

また、図8のとおり、現地での指導や助言により、過去5年間に52箇所の貯水槽水道が直結式給水に切り替わっている。

これらの結果から、貯水槽水道の所有者や利用者等への周知が概ね図られているものと考えている。

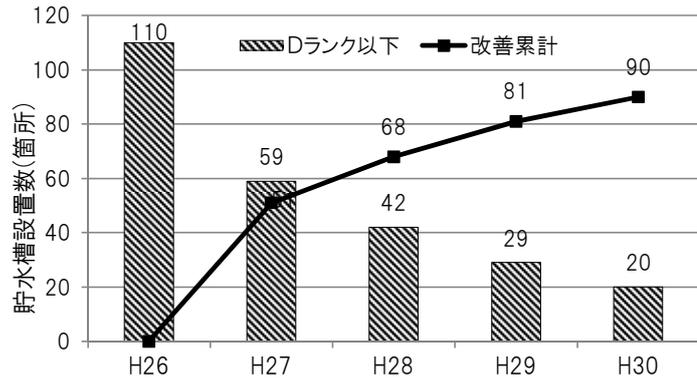


図7 Dランク以下*の貯水槽水道の推移

*Dランク:水質検査や清掃が未実施で設備に不備がある
Eランク:所有者等が調査に応じてくれない

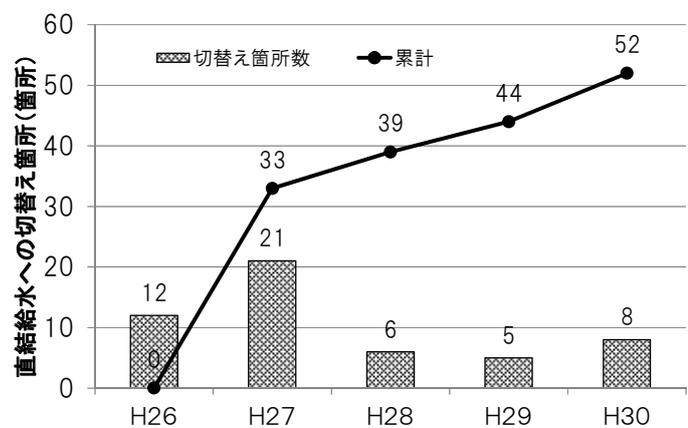


図8 貯水槽水道から直結式給水への切替えの推移

6 今後の取組

これまで、貯水槽水道の現地調査やアンケート結果を基に管理状況をデータベースとして整備し、適切に管理されていない箇所を抽出することで、所有者等に対し効率的に指導することができた。

しかしながら、このアンケートは、貯水槽水道の設置者等が清掃や設備の状況等を自ら判定しており、この結果が実状と乖離している可能性も考えられることから、適切な判定基準に基づく全戸調査の実施についても検討する必要がある。

貯水槽水道における水質の安全性を確保するため、所有者等への現地指導を引き続き継続するほか、利用者にも情報提供を行うとともに、他都市の事例を参考にしながら貯水槽水道の管理の強化を図っていきたい。



写真2 管理状況の良い貯水槽水道
(ホームページに公開)

『問題が発生せず、滞りなく終了する完璧な訓練』としないために

- 早坂 貴由（石巻地方広域水道企業団）
- 武田 逸輝（石巻地方広域水道企業団）

1 はじめに

平成30年度に被災県支部を宮城県支部、想定被災事業体を石巻地方広域水道企業団として実施した日本水道協会東北地方支部合同訓練が、今回の『問題が発生せず、滞りなく終了する完璧な訓練』としないために」を記述するきっかけとなった。

本訓練は平成27年度に初めて実施、平成28年度以降は想定被災県支部事業体を南東北と北東北の各3県が持ち回り、継続的に実施されている。平成30年度は4年目となり、南東北では想定被災地を宮城県⇒山形県⇒福島県と一巡りし、二巡目を迎えた年であった。この頃には各県の訓練の反省点などの情報共有が進み、過去の訓練を参考としながら、スムーズに訓練を実施できる時期となっていた。しかしながら、訓練アンケートには「参集ルートを事前に確認できた」や「スピーディーに実施された」などといった意見が少なからずあり、訓練が通常業務の感覚で実施されていると感じさせる点があった。

石巻地方広域水道企業団は東日本大震災で甚大な被害のあった水道事業体である。その経験を踏まえ、より実践的な特徴のある訓練を目指すこととした。

2 訓練の概要

これまで全国各所で行われてきた訓練は、災害の発生から応援体制の連絡・確認、実際の参集、訓練当日の講評までのすべてがスケジュールリングされ、“あらかじめ用意されたシナリオ”に沿った形式で行われるものが通例であった。そういった訓練においては想定被災事業体の作成したシナリオを事前に参加事業体へ配布し、当日もシナリオベースの指示を受けた応援事業体は“予定通り”の訓練を行ってきた。しかし、実際の災害にシナリオはない。

訓練を可能な限り実災害の状況に近づけるため、日本水道協会東北地方支部では、これまで、同訓練を「参集に主眼を置いた訓練」であることを強調してきた。そのため、他県支部の運用においては、これまでも、通知や訓練要綱に、参集するにあたっての持ち物を記載しないことや参集場所への案内看板等を設置しない等様々な工夫がなされてきた。

今回の訓練では、持ち物だけではなく、参集後の給水活動ポイントのブラインド化やロールプレイングの組み込み等を行った。

(1) ブラインド化

訓練では災害発生時刻や参集時刻・場所等の最小限の情報(シナリオ)のみを用意。参加事業体は参集場所であった須江山浄水場へ到着するまでどこで給水活動をするのかわからない“ブラインド状態”(図1)とし、参集後に配布される応急給水作業指示書により初めて

《図1：訓練フロー》

日本水道協会東北地方支部合同訓練フロー			
時刻	コース区分 (到着時刻)	Aコース (9:00~9:30) 宮城県支部訓練参加事業体	Bコース (9:40~10:00) 山形県支部及び福島県支部 訓練参加事業体
		須江山浄水場出発	須江山浄水場出発
9:00~ 11:00	参集及び 給水活動	給水所 (給水訓練あり) ↓ 給水所 (給水訓練なし)	給水所 (給水訓練あり) ↓ 給水所 (給水訓練なし)
		企業団庁舎	企業団庁舎
		企業団到着 (蛇田浄水場外周へ駐車)	
11:30		意見交換会 (①アンケート記入②支部長代理挨拶③講評)	
12:00		解散	

自分たちが給水活動を行う場所を知る。今回は石巻地方広域水道企業団管内（石巻市・東松島市）の複数個所を想定給水ポイントに見立てた。応急給水作業指示書に記載されている場所には各応援事業体が配布された地図やカーナビゲーション、スマートフォン等を活用しながら向かう。

(2) ロールプレイング

本訓練では災害時に使われる3つの様式を使用する。

参集するにあたり、応援事業体に対しては①「応急給水応援体制報告書」の持参をお願いした。また、受付後には②「応急給水作業指示書」により、参集した事業体への給水ポイントの指示を行った。実際の災害時には、応急給水後、③「応急給水作業報告書」の提出が必要となることから、そこまでを訓練として実施した。①と②の様式については、記載内容がほぼ型どおりとなるのに対し、最後の③「応急給水作業報告書」については、“現場”の状況の報告が含まれる。

参加者の目線で見えた場合、給水ポイントへ到着するとNo. 1～4という数字の記載された封筒を確認することができる。中には「応急給水場所の状況等（想定）」（図2）と題した用紙があり、用紙には給水ポイントの状況（人数や人々の状況）がロールプレイング的に記載されている。参加者は指定されたNoの封筒の中から用紙を取得し、これを給水活動後に記入する応急給水作業報告書の作成に“現場”の状況報告として用いよう。

〈図2：応急給水場所の想定〉

応急給水場所の状況等（想定） No. 1	
この応急給水場所における給水時間等は、下記に記載のとおりとなりました。	
※「応急給水作業報告書」に転記願います。	
項目	転記内容
給水時間	13:00～14:00
給水場所	小松ポンプ場
給水量	1,000 リットル
この応急給水場所の状況は、下記に記載のとおりでした。	
※状況は、指示者、災害対策本部ともに把握していません。応急給水班が遭遇した『結果』です。必要と思われる部分を適宜判断し、「応急給水作業報告書」に記入願います。	
項目	内容
人数	200人以上
応急給水場所までの交通状況・所要時間	道路寸断により迂回が必要。移動所要時間30分。
駐車スペースの有無	無し。被災者による路上駐車で渋滞が発生し、緊急車両の通行に支障を来すおそれがあった。
人々の様子	不満続出（水の不足）
給水袋の使用枚数	約100枚
携帯電話の接続状況	接続可

(3) 受援側訓練

今回は受援事業体である石巻地方広域水道企業団においても企業団独自の「災害時職員行動マニュアル」に則り、給水応援隊の受入態勢を配備し、応援受入の訓練を併せて実施した。

受援側にとっても、応援事業体の装備等の状況によって、詳しい給水活動ポイントの指示を出すなどの判断が求められる。例えばカーナビゲーションを搭載していない給水車には地図により給水ポイントの目印となる場所を伝えたり、今回は通行禁止場所を設定したため、その部分について詳しく解説したりした。



今回は給水ポイント情報に地名（施設名）、住所に加え、「座標（例 38.465020 141.254622）」も情報として用意した。訓練中にこれを活用した団体があったかどうかは定かではないが、給水ポイントの場所がわかりづらい場合に、対応しているカーナビゲーションやスマートフォン地図

アプリであれば座標を打ち込むことによりピンポイントでその場所を表示することができる。

こうして、自らの団体の災害時対応マニュアルを用いて実際に受援体制を配備することにより、訓練の内容密度を濃くすることも可能であり、災害時にとるべき行動をあらためて確認することができる。

(4) 給水訓練

給水訓練については、訓練時間の短縮を図るため、実際の給水車への注水、給水ポイントでの給水ともに100リットル程度に止めることとした。一方で、訓練自体の質を落とさないよう、可搬式タンク（6基）を受水槽に見立て加圧給水車からの給水訓練を行った。また、加圧式でない給水車が参加した場合に備え、ポリタンクも併せて用意した。

(5) 訓練に係る配慮

訓練の事前準備として、ルートを選定には特に配慮した。本訓練により、給水車が街のいたるところを走る状況となるためだ。カーナビゲーションに登録されている道路と実際の道路との違いや一方通行の道路、学校近辺など、危険回避のため通行禁止場所なども設定した。

3 訓練結果

今回の訓練では道に迷い給水ポイントに辿り着くことができない事業者や時間内に全てのポイントを回り切れない事業者が複数あった。これは、従来の訓練では「トラブル」として扱われる事案である。当然ながら結果として、“円滑にすべての訓練工程を終わらせる”ことができた参加事業者は半数程度であった。訓練後のアンケート項目である「次回以降の訓練で改善すべきと感じた点」の中に

- ・ 給水車への給水の際ホースが短かったのもう少し長くしてほしい（装備）
- ・ カーナビゲーションがない場合、浄水場へのアクセス案内が有ったほうが良い（装備）
- ・ 誰がリーダーで指示を出しているか明確にしたほうが良いと思う（指示）
- ・ 給水受側からの指示が特にならない（指示）

という意見があった。

しかしながら、実災害を考えると装備に関すれば、給水車への注水基地の仕様をはじめとした現地に関する事前情報が100%正確であるとは限らず、また、道路の陥没や地形変動、土砂災害により、給水車への注水を行う場所が変更となる場合もあるかもしれない。指示についても、現地が混沌とした状況であれば指示・誘導が的確とも限らず、場合によっては応援事業者が自らの判断で行動を行わなければならない場面に遭遇する可能性も十分にある。

4 おわりに

災害への備えとしての訓練は『問題が発生せず、滞りなく終了する完璧な訓練』で終わることがゴールではない。実災害時に想定外の場面に直面しても柔軟に対応し、水を必要としている人・場所へ届けるために日々訓練していくものである。

自然災害は時間・場所・規模がわからないまま急に訪れることは現在では誰もが念頭にあるものだが、これに対する備えとしての訓練が、数を重ねるごとに定型化してしまったり、毎年の恒例行事のように行われたりすることは決して良いとは言えない。

「問題が発生せず、滞りなく終了する完璧な訓練」としないために、水道事業の根幹とも言えるサービス精神を廃し、「何も知らせない」「何も教えない」訓練を実施することによって、参集する事業者には災害時の状況を体感してもらうことで、各事業者が目指す「自らの判断で行動しなければならない場面に遭遇しても臨機応変に対応できる職員」の育成に微力ながら貢献できたものと考えるところである。

河川の底棲藻類による冬期の七北田川系原水の pH 上昇

○須藤 大 (仙台市水道局) 北本 洋紀 (仙台市水道局)
 小関 栄一郎 (仙台市水道局) 大沼 国彦 (仙台市水道局)

1 背景

福岡浄水場は、七北田川の河川水と宮床ダムの湖沼水の混合水を原水とする急速ろ過方式の浄水場である。河川水と湖沼水の取水比は概ね 7 : 1 となっており、原水の大部分は七北田川の河川水である。福岡浄水場の原水は、冬期間の 12 月～2 月にかけて昼間の pH が夜間に比べて 1.1 から最大 1.6 程度高くなる pH 日周変動が見られ、浄水処理上の大きな課題となっている。この現象は七北田川系原水についてのみ観察され、宮床ダム系原水では見られない。

ダム等の湖沼水では、夏期に日中の藻類活動により pH が上昇する現象が観察されることがある。そこで、このような現象が冬期の河川水でも生じているのか、福岡浄水場原水について調査を行った。

2 方法および結果

2.1 七北田川系原水の pH と炭酸濃度の調査

福岡浄水場原水の pH 日周変動が見られる冬期間に、七北田川系原水について pH と炭酸濃度の関係を調査した。その結果を図-1 に示す。概ね pH 上昇に伴い炭酸濃度が減少する傾向が確認され、この pH 日周変動は炭酸同化作用により水中の炭酸が消費され pH が上昇した結果と考えられた。

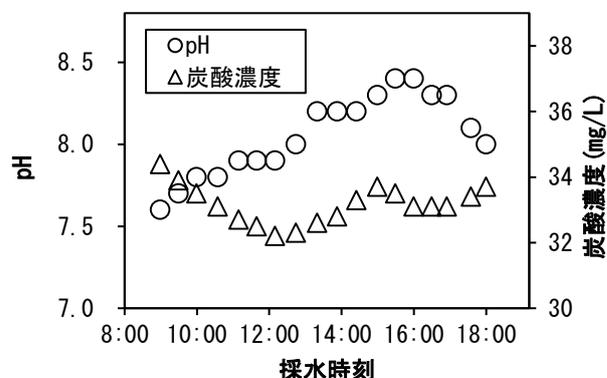


図-1 七北田川系原水の pH と炭酸濃度の変化

2.2 pH 変動と河川の底棲藻類の活動についての調査

河川水の pH 変動は、河川の底棲藻類の活動による炭酸同化作用の影響との報告がある¹⁾。七北田川系原水の pH 日周変動もこれによるものか確かめるため、七北田取水場の上流の河川から底棲藻類が付着していると思われる石を採取し、容器に採取した福岡浄水場原水に浸して晴天の日に放置するモデル実験を行った。対照槽として福岡浄水場原水を別の容器に採取し、それぞれの水質について 1 時間おきに pH、炭酸濃度、硝酸態窒素濃度、総アルカリ度を測定した。なお、実験に使用した福岡浄水場原水の水質は表-1 のとおりである。

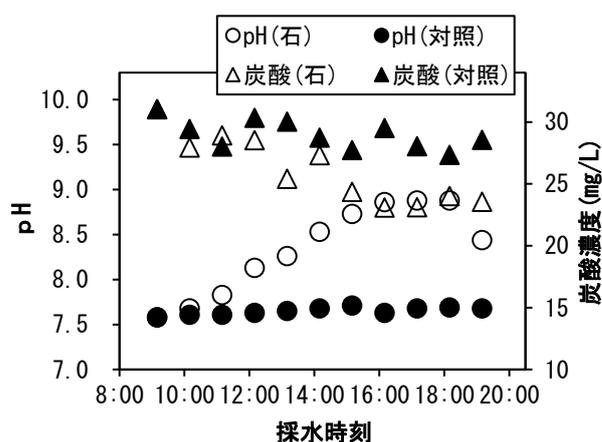


図-2 pH と炭酸濃度の変化

pH と炭酸濃度の変化を図-2 に示す。河床の石を沈めた槽では、実験開始から 16:00 頃まで pH が上昇し炭酸濃度が減少する傾向が見られたが、対照槽については pH、炭酸濃度ともに明確な傾向は

表-1 モデル実験に使用した福岡浄水場原水の水質

pH	電気伝導率 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	総アルカリ度 (mg/L)	炭酸 (mg/L)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	Na^+ (mg/L)	K^+ (mg/L)	Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)
7.6	117.3	24.5	31.0	0.20	11.3	13.1	8.6	1.0	10.2	1.9

見られなかった。次に、pH と硝酸態窒素濃度の変化を図-3 に示す。硝酸態窒素濃度は、河床の石を沈めた槽では時間の経過とともに減少したが、対照槽では明確な変化は見られなかった。また、河床の石を沈めた槽と対照槽の総アルカリ度の変化を図-4 に示す。河床の石を沈めた槽では、総アルカリ度は実験開始から pH が上昇傾向を示した 16:00 頃まで減少する傾向が見られ、総アルカリ度の値も河床の石を沈めた槽の方が対照槽に比べ小さくなった。

これらの結果から、河床の石を沈めた槽の pH 変動は、炭酸同化作用により水中の炭酸と硝酸態窒素が消費され、pH が上昇したものと考えられた。また、対照槽ではこのような変化が見られなかったことから、この炭酸同化作用は河床の石に付着していた河川の底棲藻類の活動の結果と考えられた。

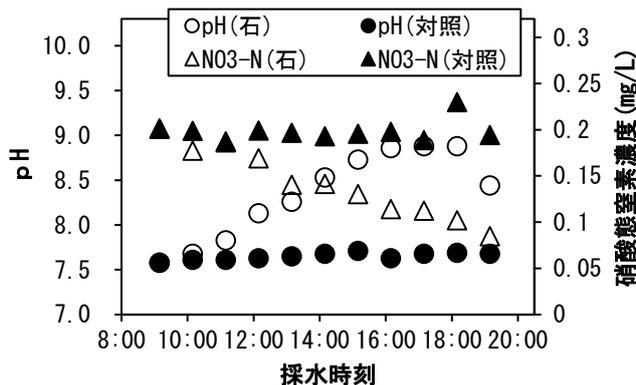


図-3 pHと硝酸態窒素濃度の変化

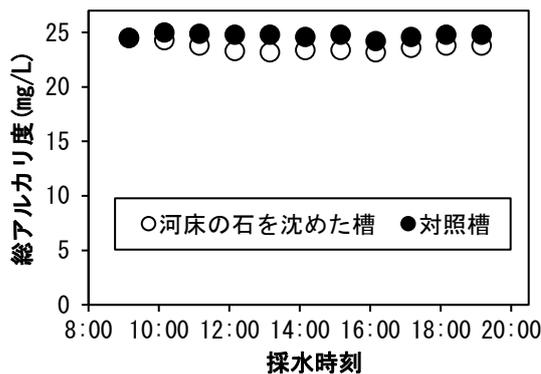


図-4 総アルカリ度の変化

3 考察

河川の底棲藻類の影響について調べた実験では、底棲藻類が付着していると思われる河床の石を沈めた槽について、pH の上昇、総アルカリ度の低下および炭酸濃度の低下が観察された。この pH や総アルカリ度の変化と、炭酸濃度の関係について検討を行った。

3. 1 総アルカリ度と炭酸濃度の関係

今回のモデル実験では、pH が上昇したにも関わらず総アルカリ度が低下した。これは、炭酸同化作用に伴い炭酸濃度が減少することで炭酸による pH 緩衝能が低下したためと考え、検討を行った。

炭酸は水中では H_2CO_3 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} として存在し、それぞれの存在比は pH によって決まる²⁾。炭酸の酸解離定数を K_{a1} 、 K_{a2} 、水の解離定数を K_w とすると、これらは式(1)～式(3)で表される。ここで、 $[H_2CO_3]$ は H_2CO_3 濃度 (mol/L)、 $[HCO_3^-]$ は HCO_3^- 濃度 (mol/L)、 $[CO_3^{2-}]$ は CO_3^{2-} 濃度 (mol/L)、 $[H^+]$ は水素イオン濃度 (mol/L)、 $[OH^-]$ は水酸化物イオン濃度 (mol/L) である。また、炭酸濃度を C_T (mol/L) とおくと、 C_T は式(4)で表される。これらの式(1)～(4)から、pH と炭酸濃度 C_T (mol/L) が分かれば、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} の濃度は、それぞれ式(5)、式(6)により求めることができる。

ここで、本実験でのアルカリ度は炭酸塩 (CO_3^{2-}) および炭酸水素塩 (HCO_3^-) のみに由来すると仮定すると、総アルカリ度 A (mg/L) はこれらを酸により H_2CO_3 にするのに必要な 0.01 (mol/L) 硫酸の量

$$K_w = [H^+][OH^-] = 10^{-14} \quad \dots(1)$$

$$K_{a1} = \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} = 10^{-6.35} \quad \dots(2)$$

$$K_{a2} = \frac{[H^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]} = 10^{-10.3} \quad \dots(3)$$

$$C_T = [H_2CO_3] + [HCO_3^-] + [CO_3^{2-}] \quad \dots(4)$$

$$[HCO_3^-] = \frac{C_T K_{a1} [H^+]}{[H^+]^2 + K_{a1} [H^+] + K_{a1} K_{a2}} \quad \dots(5)$$

$$[CO_3^{2-}] = \frac{C_T K_{a1} K_{a2}}{[H^+]^2 + K_{a1} [H^+] + K_{a1} K_{a2}} \quad \dots(6)$$

$$A = \left\{ \frac{[HCO_3^-]}{2} + [CO_3^{2-}] \right\} \times \frac{1000}{0.01} \quad \dots(7)$$

として考えることができ、式(7)により計算できる。そこで、pH と炭酸濃度の実測値 C_T から式(5)、式(6)により HCO_3^- と CO_3^{2-} の濃度を求め、その値から式(7)により総アルカリ度を計算した結果を実測値とともに図-5 に示す。炭酸濃度が減少した16:00頃まで、実測値、計算値とも減少傾向が見られた。このため、本実験での総アルカリ度の減少は、炭酸の減少による pH 緩衝能の低下によるものと考えて良いと思われる。

3. 2 pH と炭酸濃度の関係

河川水の主要なイオン種は一般的に Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- と考えられる。そこで、本実験で使用した福岡浄水場原水をこれらのイオンの混合溶液と仮定し、pH と炭酸濃度の関係を検討した。なお、この検討では Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} は完全解離しているとみなした。

炭酸以外の成分は炭酸同化作用による濃度変化がないものとする、上記の式(1)～式(3)、式(4)に示す炭酸についての物質収支式および式(8)に示す電荷収支式から、pH と炭酸濃度の関係は式(9)

で表される。ここで、 $[Na^+]$ は Na^+ 濃度 (mol/L)、 $[K^+]$ は K^+ 濃度 (mol/L)、 $[Ca^{2+}]$ は Ca^{2+} 濃度 (mol/L)、 $[Mg^{2+}]$ は Mg^{2+} 濃度 (mol/L)、 $[Cl^-]$ は Cl^- 濃度 (mol/L)、 $[SO_4^{2-}]$ は SO_4^{2-} 濃度 (mol/L) である。

実験に使用した福岡浄水場原水の Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} の測定値を用いて、式(9)により pH と炭酸濃度の関係を計算した結果を図-6 に示す。計算値と実測値は、どちらも炭酸濃度が減少するにつれ pH が上昇する傾向を示している。このことから、本実験での pH の変化は、炭酸濃度の変化として説明できるものと思われる。

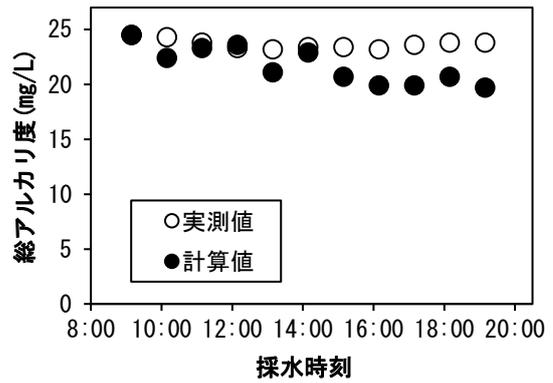


図-5 総アルカリ度の実測値と計算値

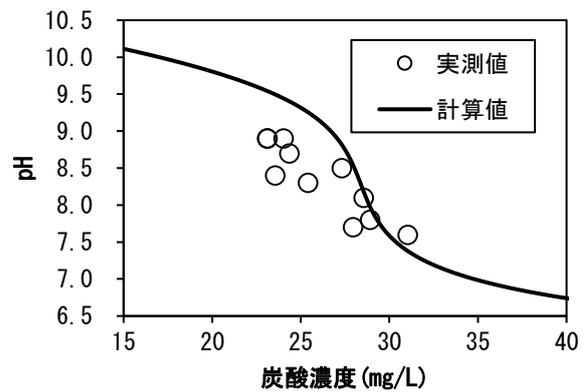


図-6 炭酸濃度とpHの計算値と実測値

$$[Na^+] + [K^+] + 2[Ca^{2+}] + 2[Mg^{2+}] + [H^+] = [Cl^-] + 2[SO_4^{2-}] + [HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}] + [OH^-] \quad \dots(8)$$

$$[Na^+] + [K^+] + 2[Ca^{2+}] + 2[Mg^{2+}] - [Cl^-] - 2[SO_4^{2-}] + [H^+] - \frac{K_W}{[H^+]} = \frac{C_T K_{a1} \{ [H^+] + 2K_{a2} \}}{[H^+]^2 + K_{a1}[H^+] + K_{a1}K_{a2}} \quad \dots(9)$$

4 まとめ

冬期の七北田川系原水の pH 日周変動と炭酸濃度の関係を調べたところ、河川の底棲藻類の活動に伴う炭酸同化作用による影響と考えられた。また、底棲藻類が付着していると思われる河床の石を使ったモデル実験で観察された pH 上昇に伴う総アルカリ度の低下は、炭酸同化作用によって炭酸濃度が減少した結果、pH 緩衝能が減少したためと考えられた。さらに、この pH 変動は炭酸濃度の変化として説明できることが分かった。

参考文献

- 1) 丹保憲仁、芳賀卓、庵谷晃：冬期の藻類活動による河川 pH の変動、水道協会雑誌、53(11)、pp.20-28 (1984)
- 2) 半谷高久：水質調査法、丸善株式会社 (1960)

非開削工法による水道管理設工の施工事例

秋田市上下水道局 ○高橋 雅和
進藤 勝広

1 はじめに

私たちの毎日の暮らしに欠かすことのできない水は、地下に埋設された配水管を通り、市民の皆さまの元へ供給されている。地下埋設物である配水管の新設や老朽管更新等による布設替工事は、従来道路部を開削して行っているため、工事による騒音や振動の発生、交通規制による交通障害さらにはCO₂排出や産業廃棄物の発生など日常生活や地球環境に与える影響がたびたび問題となっている。

秋田市では、水道管理設工において、これらの問題を最小限に抑え、生活環境や自然環境保護に優位である非開削工法の採用を進めており、その施工事例を紹介する。

2 非開削工法の概要

(1) 非開削工法の種類と特性

非開削での水道管理設工には様々な工法が採用されているが、ここでは近年秋田市で採用した以下の3工法について説明する。

表-1 非開削工法の種類と特性

工法名	適用管径	適用延長	適用土質(N値)	立坑寸法(m)
小型カーブ推進工法	φ13～φ50	12m以下	N=20以下	発進坑:1.0×1.0 到達坑:不要
誘導式水平ドリル工法	φ50～φ550	120m(φ50) 40m(φ550)	N=30以下	発進坑:1.5×1.2(φ100) 到達坑:2.5×1.2(φ100)
小口径管推進工法	φ250～φ700	50～150m	N=50以下	発進坑:2.0×2.0(φ300) 到達坑:2.0×3.6(φ300)

(2) 非開削工法の特長

非開削工法による水道管の埋設は、掘削を最小限にすることができるため、市民生活への影響を少なくするとともに安全や環境に配慮した施工ができるのが特長である。以下に開削工事と比較した非開削工法の特長を述べる。

ア 施工性に優れている

- (ア) 少ないスペースでの施工が可能
- (イ) 交通量の多い道路でも交通を遮断することなく施工が可能
- (ウ) 遠隔操作で曲線施工ができることから水路や河川の横断が可能
- (エ) 遠隔誘導操作により、既設管などの障害物を迂回しての施工が可能
- (オ) 軟弱層の箇所でも安全に施工できる

イ 経済的である

- (ア) 立坑の掘削のみで施工できるため、土工費や舗装復旧費を削減できる
- (イ) 少人数、短期間での施工により、人件費が削減できる

ウ 環境に優しい

- (ア) 掘削範囲が少ないことから騒音、振動を低減できる
- (イ) 建設機械による砂ぼこりやCO₂排出を低減できる
- (ウ) アスファルトや残土などの産業廃棄物の発生を抑制できる

エ 安全性に優れている

- (ア) 施工範囲が小さく短期間で施工できるため、交通障害を軽減できる
- (イ) 締め固め不足等による地盤沈下が発生しない

3 非開削工法による水道管理設工事の施工事例

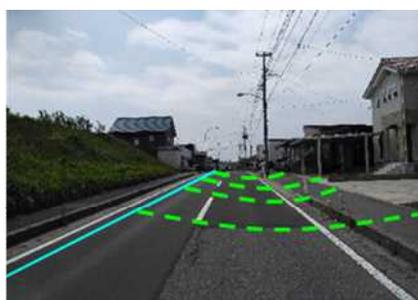
秋田市では非開削工法の特長を活かし、河川の横断や交通量の多い道路の横断さらには振動・騒音対策など様々なケースで非開削工法を採用しており、施工事例を紹介する。

(1) 小型カーブ推進工法施工事例

ア 採用経緯

住宅地の交通量の多いバス通りで、点在している給水管を連絡するにあたり、交通規制日数削減と沿線歯科医院等への振動対策として推進工法を採用した。

イ 施工写真



写-1 施工箇所全景



写-2 発進坑



写-3 施工機械



写-4 推進機設置状況



写-5 推進ヘッド到達



写-6 給水管引込み状況

(2) 誘導式水平ドリル工法

ア 採用経緯

河川を横断する配水管布設工事で、橋梁添架による橋への負担や維持管理コストを考慮して推進工法を採用した。

イ 施工写真



写-1 施工箇所全景



写-2 使用機械



写-3 ドリルヘッド貫入状況



写-4 ロケーティング状況



写-5 ドリル到達(到達坑)



写-6 配水管引込み状況

(3) 小口径管推進工法

ア 採用経緯

交通量が多く付近に救急病院等もある重要路線を横断する配水管布設工事で、交通規制の実施が困難であったことから、推進工法を採用した。

イ 施工写真



写-1 施工箇所全景



写-2 ケーシング建込み状況



写-3 推進架台設置状況



写-4 発進坑口切断状況



写-5 推進機設置状況



写-6 ヒューム管推進状況

4 おわりに

水道工事は、地域の社会資本を整備し、市民の生活や経済を支える重要な公共工事である。公共工事は、単に工事目的物を完成させればいいわけではなく、その施工過程においても市民の負担を減らせるよう努力しなければならない。

非開削工法は、市民の生活環境や自然環境保護に関して多くの利点があることから、今後も施工性や現場条件等を十分検討し、採用していきたい。

これからも市民の快適な暮らしを支え、安全でおいしい水を送り続けていけるよう尽力していく。

仙台市における震災対策情報発信プロジェクトの取組み

○齋藤 信裕（仙台市水道局）
大沼 国彦（仙台市水道局）
渡部 和彦（仙台市水道局）
佐藤 康浩（仙台市水道局）

1. はじめに

平成 23 年（2011 年）3 月に発生した東日本大震災から 8 年が経過したが、仙台市水道局には、この未曾有の大震災を経験し難局を乗り越えた唯一の政令指定都市の水道事業体として、実態からの教訓とそこから得た知見などを積極的に発信し、他の水道事業体や市民の防災・減災対策の向上に寄与していく責務がある。その役割を担うため、平成 25 年（2013 年）9 月に組織横断的チームとして「震災対策情報発信プロジェクト」を立ち上げ、災害対策に係る技術やノウハウ等を体系的に整理し、国際会議等での発信を継続してきた。

本稿ではこれまでの 6 年間にわたる本プロジェクトの取組みを振り返ると共に、大震災を水道局職員として体験した者が大幅に減少していく中で、今後の継承と情報発信の在り方について報告する。

2. 震災対策情報発信プロジェクトの概要

「震災対策情報発信プロジェクト」は、中期経営計画の取組事業における「国際貢献の推進」や、人材育成計画である水道マンパワー向上プランの取組項目における「多面的活動の促進」などの施策の一翼を担うものと位置付けられており、平成 25 年（2013 年）9 月に組織横断的チームとして発足した。

英語論文発表を活動の柱としていることもあり、海外研修等の経験者から、管理職 3 名がリーダーとなり、メンバーは公募挙手制により結成された。現在 3 部 8 課より 18 名が在籍しており、それぞれの災害対応知識や経験などを幅広く水平展開し、伝える使命感を共有しながら活動している。メンバーの半数は、大震災発生時には水道局職員ではなかったため、被災状況や復旧復興過程等を追体験できる震災継承の場としても機能しており、人材育成にも役立っている。また、所属や職種だけでなく、年代を超えた縦・横・斜めの有機的関係が広がり、ボトムアップによって組織全体の災害対応力向上にも貢献している。（図 1）

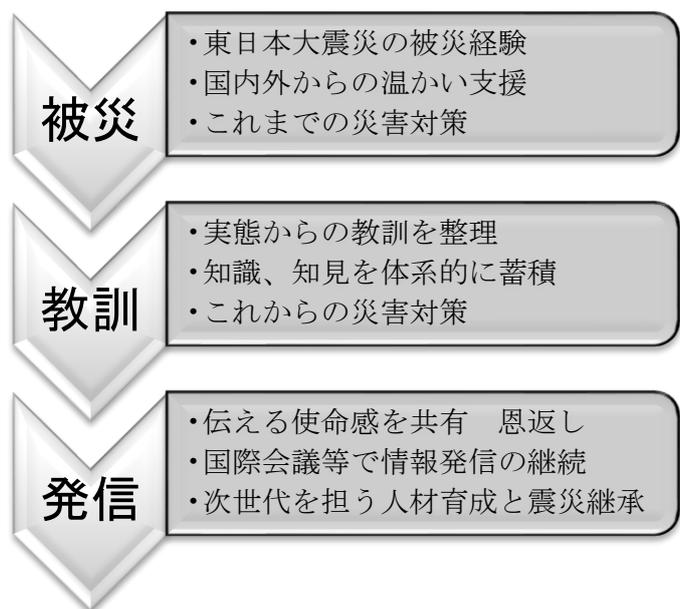


図 1 震災対策情報発信プロジェクトの概念

3. これまでの活動

平成 25～27 年度（2013～2015 年度）は第 1 ステージとして、平成 27 年（2015 年）3 月に仙台市で開催された第 3 回国連防災世界会議と、同年 10 月に仙台市水道局を会場として開催された第 9 回日米台水道地震対策ワークショップにおける情報発信を絶好の機会と捉え、これらをプロジェクト活動の目標とした。震災対策は多岐に亘っているが、主要テーマとしては、被害報告・検証、応急給水・応急復旧、施設・管路耐震化、配水管理システム、水質、災害広報の 6 テーマに絞り込み、メンバーが各グループに分かれ調査研究を進めてきた。その成果は、水道研究発表会や日米台水道地震対策ワークショップ、水道技術国際シンポジウム等の国際会議を最大限活用し、国内外への発信を継続しながら、チームとしての経験値を高めてきた。

国連防災世界会議の一般公開事業として開催した水道減災シンポジウムでは、日本水道協会、新潟市、宮城県管工業協同組合、仙台市の事例報告を基に、産学官民のパネルディスカッションにより議論を深め、自助・共助・公助が相互に機能し、連携することによって、命の水をつなぐ災害に強い水道になることをモデル提示し、会場からの賛同を得た。水道局が初めて国際会議場となった日米台水道地震対策ワークショップでは、国内のみならず米国や台湾からの温かい支援への感謝と恩返しの気持ちを込め、水道局全体での受け入れ態勢を整え、参加者をお迎えした。プロジェクトチームは、口頭・ポスター発表に加え、活動レポートや英語版施設パンフレット、震災対策パネル等で情報発信すると共に、開催運営の主力を担い、両会議の成功に貢献できた。

平成 28～30 年度（2016～2018 年度）の第 2 ステージは、平成 30 年（2018 年）9 月に東京都で開催された IWA 世界会議等を目標として、論文のブラッシュアップを図ってきた。特に、複数系統化と長期停電対策は、被災実態から得られた大きな課題であり、強靱な水道システムを構築する重要テーマとして取り組んできた。また、震災エスノグラフィ調査を基にした研修教材の制作も進めている。これらの活動を通し、メンバーは語学力や情報発信力を向上させており、チームとしても着実にレベルアップしている。

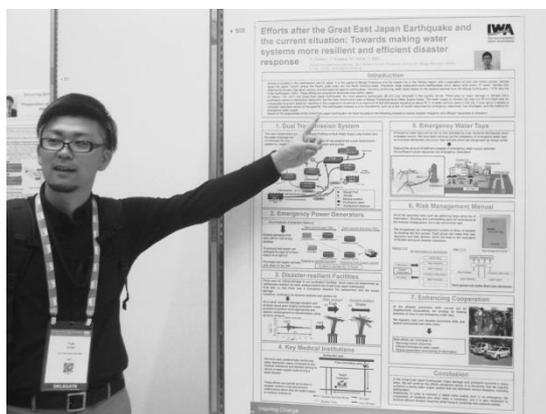


写真 1 IWA 世界会議にて（2018 年、東京）

4. 課題と今後の方向性

東日本大震災の発生から 8 年が経過し、平成 23 年度（2011 年度）以降の新規採用職員や市長部局からの転入者は水道局全職員の 52% を占めており、約半数に及ぶ職員が大震災発生時に水道局の業務を実体験していない（図 2）。今後、体験者の割合が更に減少していく状況の中、約 40 年周期で大規模地震を引き起こす海溝型地震や、30 年以内の発生確率は 1% 以下と言われているものの断層型地震の発生リスクも抱えており、被災体験を確実に伝えていく仕組みが必要とされる。これらを踏まえ、令和元年度（2019 年度）からの第 3 ステージでは、水道技術国際シンポジウムや日米台水道地震対策ワークショップ、水道

研究発表会等にて発表することによる国内外への積極的な発信に加え、仙台市水道局内に向けて、本プロジェクトの取り組みや成果などの情報発信を強化し、組織内での情報共有を図っていきたい。

震災対策に関する研究活動や国際会議・シンポジウムへの参加を継続的に実践してきた中で、過去に大規模自然災害を経験した事業者や、相互応援の枠組みを構築している事業者、更には、学術研究者とも顔の見える関係が築き上げられている。このような交流をより強固な連携としていくことは、相互の災害対応力向上に効果的であるため、今後も一層推進していきたい。

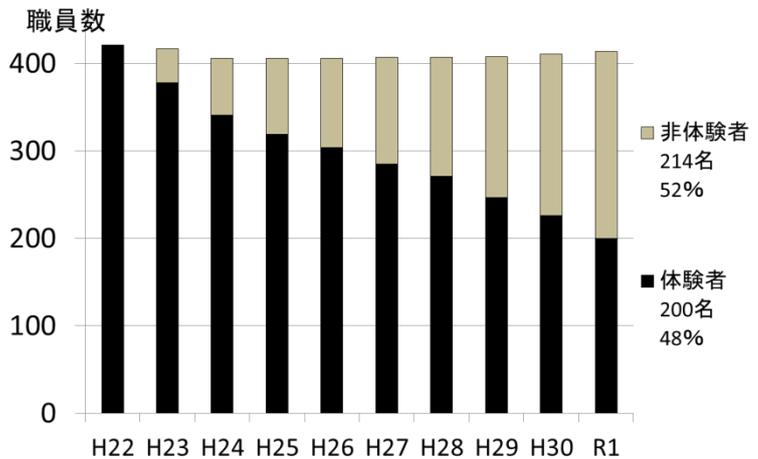


図2 大震災発生を水道局で体験した職員数

5. おわりに

仙台市水道局には、東日本大震災の被災実態に基づく課題や教訓などを大震災から得られた財産として体系的に整理・蓄積し、次世代に伝承する責務がある。

震災対策情報発信プロジェクトは、その役割を担う組織横断的チームとして活動を展開しており、その成果を共有財産として、防災・減災対策に取り組む多くの水道事業者や市民と分かち合うことができれば幸いである。

今後、大震災を中学生や小学生として体験した職員がメンバーとして加わる状況においても、共に学び互いに理解し合いながら活動を継続し、情報発信を実践していくことが期待される。



写真2 プロジェクトチーム全体会議の様子

【参考文献】

- 1) 佐藤康浩ら：仙台市における震災対策情報発信プロジェクトの取り組み，平成30年度全国会議（水道研究発表会）講演集，pp862-863，2018

専用導水ずい道の修繕

郡山市上下水道局 ○国分新市

1 はじめに

郡山市の給水量の約8割を担う基幹浄水場である堀口浄水場は、主な水源を猪苗代湖とし、昭和54年に通水開始した専用導水ずい道（馬蹄形R=2m、L=5.3km）等により原水を導水している。

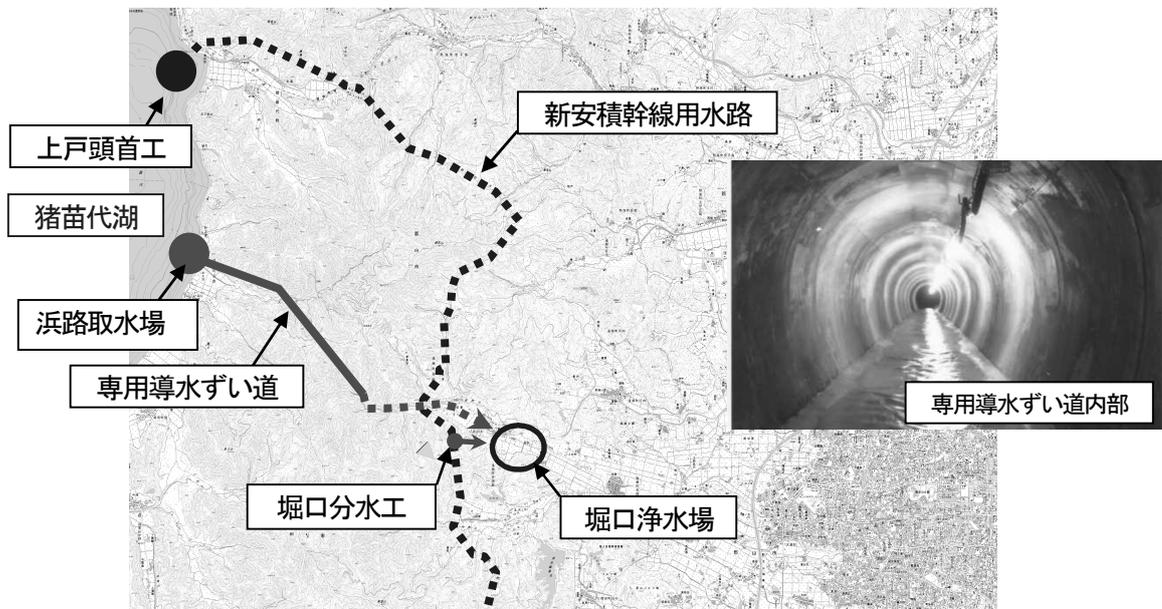
専用導水ずい道は、昭和54年に取水を開始して以来、代替ルートが無く、取水を停止することが出来なかったため一度も内部の経年劣化等の確認調査が出来なかった。

そこで、堀口浄水場近辺を流れる安積疏水（猪苗代湖を水源とする農業用水路）を使用し分水することについて、農業用水路施設管理者から承認を受け、分水工事を実施することで、導水ルートの二重化を図り、別ルートによる取水が可能となった。（図-1）

このことから、専用導水ずい道の経年劣化等による事故を未然に防止するため、平成21年に概略的な一次調査（目視調査）と構造調査（劣化状況等）を実施し、平成22年度にはこの結果等にもとづいた詳細な二次調査を実施した。

これら調査結果を踏まえ、平成28・29年度の2か年で施工した専用導水ずい道修繕について本稿にて紹介するものである。

図-1 猪苗代湖～堀口浄水場付近平面図



2 調査概要

(1) 一次調査

通水を開始して、約30年間ずい道内部の状況確認が出来なかったため、内部がどうなっているのか全く分からないことから、目視点検調査、非破壊試験調査、内空断面形状測定により、ずい道内の覆工コンクリートの剥離、剥落、ひび割れ、空洞などの劣化箇所などの状況を知るため調査を実施した。

(2) 二次調査

一次調査結果に基づき、ずい道の健全性評価、対策の要否ならびに対策の優先度判定を定量的に行うため以下による調査を実施した。

- ・トンネル背面レーダー探査：覆工コンクリートの厚さ、配筋状況、背面の空洞状況の把握
- ・ドリルカメラ調査：覆工コンクリート背面の地山の状態、崩積土の有無、空洞高の把握
- ・コンクリート強度試験：確実な強度確認のため採取したコアによる圧縮強度試験の実施
- ・地山簡易貫入試験：覆工背面地山の強度や症状を把握するため地山貫入試験の実施

3 破損状態による対策方針

一次・二次調査の結果、ずい道内部の損傷状態を把握することができたことから、本ずい道の損傷状態により対策工法を決定した。ここでは工法の選択、対策方針、工事概要について紹介する。

(1) 空洞充填部（空洞充填工）

覆工背面の空洞が残置されると覆工に作用する地圧が偏圧状態（側厚卓越状態）になり、覆工のアーチアクションが発揮されない。また地山の風化、内水圧や崩積土の発生による覆土（脆弱部）における損傷発生が懸念される。

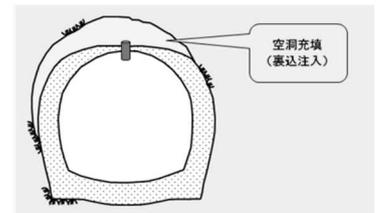


【工法の選択】

既存の覆工コンクリート（アーチ部）の取壊し・撤去を行い、新規に覆工の打設を行うアーチ覆工打換工と比較、検討を行ったが、既存覆工の取壊しやコンクリート打設に相応の期間を要すること、コンクリートの圧送延長に限界があり、全区間への適用は困難であることから、簡易に覆工背面の空洞充填を行うことが可能な空洞充填工法を採用した。

【対策方針】

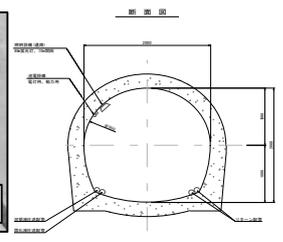
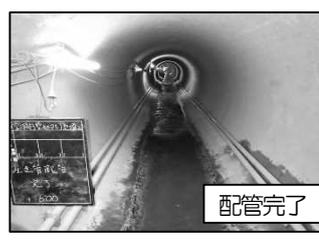
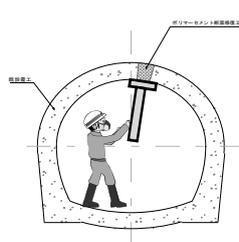
- ・覆工背面の空洞中にセメント系の材料を注入させて固結させ、覆工と地山の密着性の向上を図る。
- ・外力に対する構造的対策工が必要な箇所においては、覆工背面への裏込注入実施により作用荷重の均等化を図り、覆工の耐荷力を生かすことができる構造とする。



【工事概要】

① 注入管設置

既設覆工に注入管設置用の穴を5m 間隔の千鳥配列で削孔する。
圧送管を施工箇所まで配管する。（圧送管用2本、返送用2本 計4本）



・充填材料は原則、可塑性モルタル^{※1} 充填による空洞充填を行う。立坑からの距離が長い施工箇所については、直接圧送することが困難であるため、圧送を必要としない発砲ウレタン^{※2}による充填を行う。

※1 可塑性モルタルの特徴

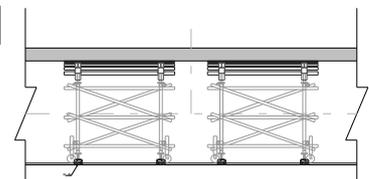
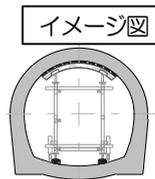
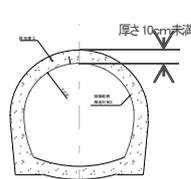
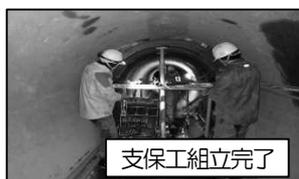
可塑性モルタルは練り混ぜ後直ちにゲル化して可塑性を発現するため、コンクリートのひび割れや施工ジョイント、地山の亀裂に於いても効率的な注入が可能であり、さらに水中不分離性能が大きく湧水に対しても希釈されることなく流出し難い特性があるため、不確定要素の多い空洞を確実に充填することが可能な材料である。

※2 発砲ウレタンの特徴

坑内での練混ぜでも施工性がよく品質確保が容易であるが、覆工安定性向上等を期待することが難しく、地山の風化防止・抑制に対する対策に留まる。

② 受け支保工の設置

既設覆工厚 10cm 未満の箇所には、落盤及び変状防止の為設置する。

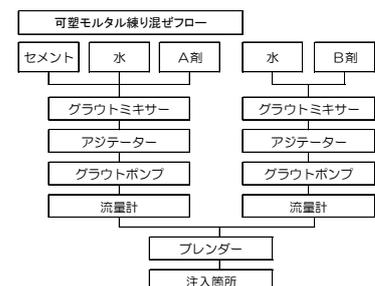


③ プラントの設置

施工ヤードの所定の位置にプラントを設置する。

④ 可塑性モルタル製造、圧送

所定の製造方法にて A 液・B 液を製造し同型ポンプにて 2 ライン使用し等量圧送する。これらを注入箇所を設置したブレンダーを介して可塑性モルタルの注入（充填）を行う。



⑤ 可塑モルタルの充填

注入パイプに注入ノズルを取付け、充填作業を行う。過大な圧力を加えないよう先端ゲージで初期圧力+0.2MPa以下で管理する。

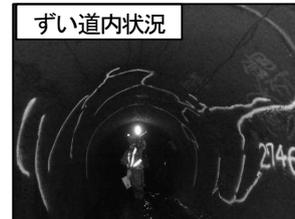
注入完了後は充填材が安定するまで外傷や湧水から12時間を目安に養生する



(2) 構造対策部 (構造対策工)

両側壁に縦断ひび割れが発生し、場所によってトンネル内への湧水が染み出し程度見られる。

覆工コンクリートに作用する緩み土圧、または水圧、覆工コンクリート背面の空洞が原因でひび割れが発生したものと想定され、トンネル内への湧水地山の自立強度の低下進行や、土圧の増加に伴う覆工の安定性低下が懸念される。



【工法の選択】

構造対策工法として、ずい道内に鉄板やコンクリート構造物を構築することで構造補強する工法、トンネル内から地山に対しロックボルトを打設し構造補強する工法との比較検討を行ったが、補強部分が断面縮小となること、他作業との並行作業ができないなどにより、施行中でも断面内に残置しなければならぬ資材がなく、他作業と並行作業が可能であり、構造対策工部への対策については、経済性で優れる薄層内巻工法を採用した。

【対策方針】

- ・裏込注入工を主体として対策実施。
- ・ひび割れの食い違い、覆工剥落も発生しているため、空洞充填工の施工後の安定性確保を目的として、構造的対策も併せて実施。

【工事概要】

① 下地処理

ウォータージェット工法により、コンクリートが劣化し、浮き上がりや離脱が発生している部分をハツリとる。

② プライマー処理

コンクリートのはつり面を清掃し、下地（コンクリート、鉄など）と新に施工する材料を接着するため、プライマーを塗布する。

③ 剥落防止対策

既設覆工内面に下地コンクリートにアンカーを打ち込み、FRP製格子筋^{※4}を専用の固定金具を用いて固定する。

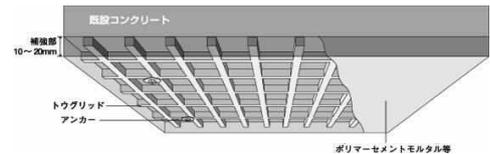
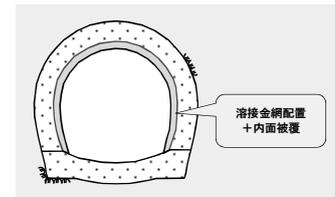
※4 FRP製格子筋の特徴

薄くて軽い・高い補強効果高強度・腐食がない・RC設計法に準拠

④ 断面積修復

ポリマーセメントを使用し、格子筋の裏側に空隙を作らないように注意し吹付作業を行う。

修復断面が厚い場合、一層を避け定められた厚さになるよう多層塗とする。



4 おわりに

当該修繕工事の代替えとなる新安積幹線水路は、もともと農業用水路であることから、坑内作業は非灌漑期での制約を受けた施工であったが、灌漑期を避け2期に分割施工することで、工程どおり無事完了した。

また、今回の専用ずい道修繕工事は、経年劣化等による事故を未然に防止するためだけに留まらず、郡山市の給水量の殆どを担う猪苗代湖からの取水の代替ルートを確認するという、長年の懸案事項を解消し、安定した水の供給を可能にするものである。



ふくしまのレガシーを ～ふくしまの水 水飲み場の設置～

福島市水道局 ○齋藤由佳

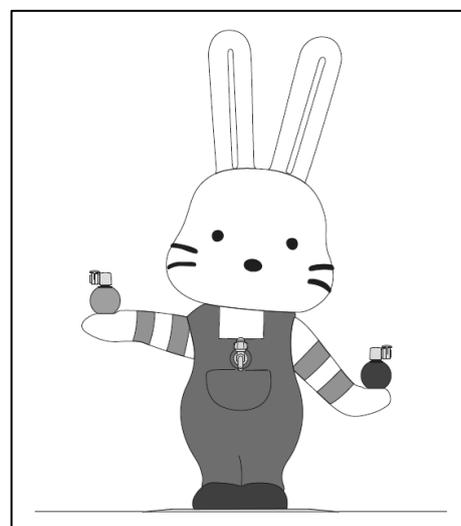
1. 東京 2020 オリンピック・パラリンピック競技大会

福島市は、東京 2020 オリンピック・パラリンピック競技大会（以下：オリパラ）の野球・ソフトボール競技の開催地となっている。会場は、市内の西側にある県営福島あづま球場で JR 福島駅よりバスで約 30 分の場所にある。本市では、「感動を夢や希望に変えて、新しい元気な福島市を未来へつなげよう！」を基本コンセプトとして、2018 年（平成 30 年）3 月 29 日、5 つの取り組みの柱と 7 つのレガシーを想定した「福島市アクション&レガシープラン（基本計画）」を策定した。この時点で、オリパラ開催まで 2 年 4 か月であった。

2. 水道局にできることは何か

人口減少や東日本大震災の風評などにより低迷する水需要に対し、2018 年 9 月末、本市で開催される野球・ソフトボール競技は、2017 年から 3 年連続でモンドセレクション最高金賞を受賞し味や品質に自信を持つ「ふくしまの水」の絶好の PR 機会と捉えた。

水道局でも何かできることを考えようという機運が高まり、「ふくしまの水」を宣伝できるものとテーマを絞り込み、福島市を訪れたお客様が「ふくしまの水」を直接体験でき、さらに、福島市らしさを活かしたものとして誕生させたのが、JR 福島駅西口駅前広場に設置した福島市観光 PR キャラクター「ももりん」の形をした水飲み場である。



「ももりん」水飲み場イメージ図

3. 計画から設計まで

実施にあたり、予算要求するための見積徴取から着手した。どんなものにしたいいのか、様々な案は出るものの、夢や理想が先行したが、安全第一を考慮した場合、実際にできる範囲に限られるため、水道業者や公園の遊具関係者など、様々な事業者からアドバイスをいただいた。

また、オリパラは、福島市における大きなイベントであり、福島市の他部局でも様々な施策を検討していることから、設置場所についてオリパラ駅前事業を統括している都市政策部都市計画課との調整も要した。

時間がない中、イメージを伝え、できる範囲と金額の内容確認をし、予算のための設計・積算を行い、どうしてもこの事業をやりたいんだと熱い心意気で係長、課長が予算要求に臨んだ。

そして 2019 年 3 月議会を経て無事、予算要求金額 1,000 万円を見事獲得した。この金額になったのは、安全面を考慮した結果、水飲み器の材質をアルミ鋳造、合成樹脂塗装で仕上げているためである。さらに、パーツの組み合わせではなく、一体型の鋳型で製作することで、子どもがぶら下がっても耐えられるよう強度を上げている。

水飲み場なら暑い夏に設置しなければ意味がないと意気込み、7 月設置を目標にしてスケジュールを逆算した。新年度になってから、すぐ始動しても実質 3 か月程度で完成しなければならない。本市は、高い山々に周囲を囲われた盆地で、7 月から 9 月まで 30℃を超える真夏日が続くが、冬は一応東北の南部とはいえ、秋冬は寒く積雪もあるため、一番の暑さが来る前に設置するのが望ましいという結論に至った。

4. 官民連携へ

その頃、東日本大震災における復旧工事、応急給水の協力、公共施設への給水タンクや冷水機の寄贈など本市の水道事業の発展や社会貢献活動に積極的に取り組んでいる福島地区管工事協同組合でも、オリパラ開催に向けて何かできることはないかと模索していた。そこで、水道局と福島地区管工事協同組合で、この水飲み場を官民協働事業としてできないかと検討し、両者のコンセプトが合致し合意することができた。

平成 31 年度になり、協定書を締結して官民協働事業として行うため、情報収集、書類作成、日程調整、同時に契約するための必要書類の確認作業、関係部署との最終調整など手分けして行い、4 月 19 日に福島地区管工事協同組合と「ふくしまの水 水飲み場」整備事業の締結を行った。

協定書締結後 2 週間後には、現場確認を何度も行い調整して出来上がった設計図・積算書などにより契約に至ることができた。これは、オリパラ関係部署との調整協議と、JR 福島駅西口駅前広場の土地所有が本市の都市政策部交通政策課であったこと、水道管の分岐にあたっては、福島駅構内営業社組合からの分岐同意を得る必要があったが、駅前発展のためと快諾いただき関係部署との協議は比較的スムーズに行われたことによる。



福島地区管工事協同組合との協定締結式

5. 市民に親しまれるものづくりと宣伝効果



児童への説明風景

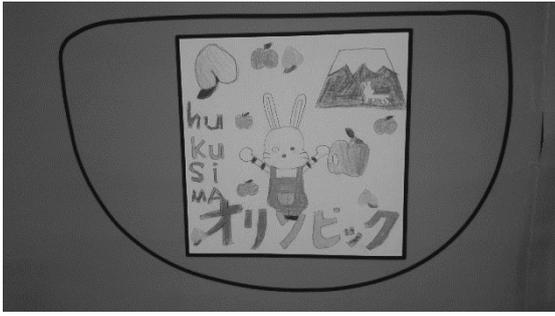


絵画に協力してくれた児童たち

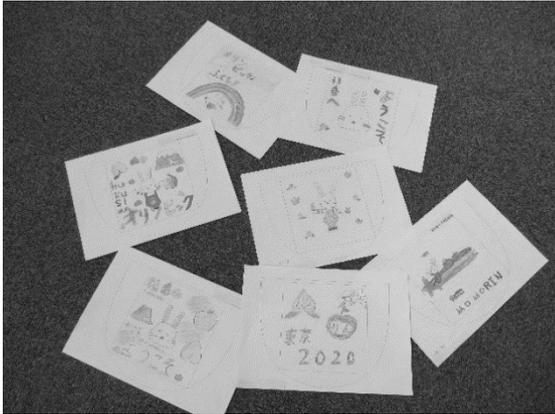
「ももりん」の形をした水飲み場を設置することとなったが、「ももりん」が直立しているだけのものなら誰でもできる。子供から大人まで親しんで長く使ってもらえるものにしたいと、近隣の福島市立三河台小学校に協力を依頼し、「ももりん」のポケット部分に児童の絵を入れることとし、社会科の授業で水道について学習している 4 年生 79 名にお手伝いいただいた。

同小学校に赴き、「ももりん」の由来や本事業のコンセプトの説明をし、すぐさま絵を描いてもらったが、どの児童も真剣な眼差しで描き上げてくれた。当初、シンプルな絵を想定していたが、出来上がりを見ると、予想していなかった「文字・言葉」での表現、オリパラで訪れる人々や観光客を歓迎するデザインが多かった。おもてなしの心を 4 年生にして心得ているのである。そこで、「ももりん」のポケットには選定した児童の絵をそのまま採用することとし、ほかに数名の絵も抜粋して、説明看板にも使用することとした。

児童たちは、自分たちが描いた絵、関わったものとなれば、きっと長く利用してくれることだろう。そこから派生して保護者、知人友人、流行りの SNS での投稿などにより、「ももり



ポケット部分

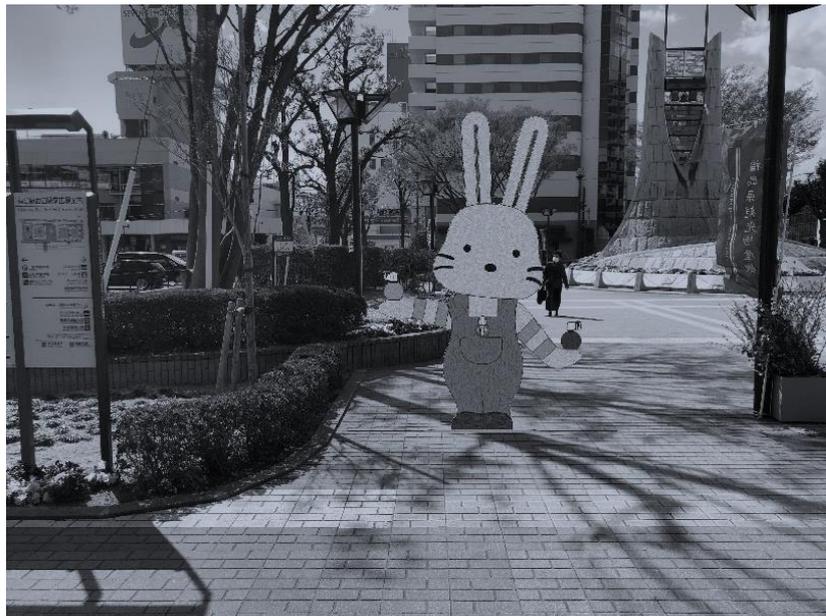


採用された児童たちの絵

「ももりん」水飲み場の存在は広く知られることになるだろう。そして、本市の水道水のPRも担ってくれるはずである。この宣伝効果が、どうなったのか是非お知らせしたいところだが、残念ながら、水飲み場の完成除幕式は、2019年7月17日を予定しており、執筆現在、まだ設置されていない。利用者がどれくらいなのか、使用水量がどれくらいになるのか、推測すらできない状態なのである。しかし、事例発表会にお集まりの皆様には、おそらく福島駅西口改札口を降り、駅前を出てすぐ前に、福島市水道局が自信を持って、皆様をお出迎えるおもてなしの「ももりん」水飲み場を見つけていただけたらどうか。実際にご覧いただき、味わっていただけたらどうか。実際に目で見て触れてみないと分からないが、福島市水道局の知恵と職員たちの思いを感じていただけるものとなっているはずである。

震災から8年半が経過してもなお、被災して水の大切さ、資源のありがたみを痛感している東北の私たちに、モンドセレクション最高金賞3年連続受賞は大きな励みとなっていることは間違いない。この、世界が認めた美味しい「ふくしまの水」（水道水を500mlペットボトルに詰めて販売している。）

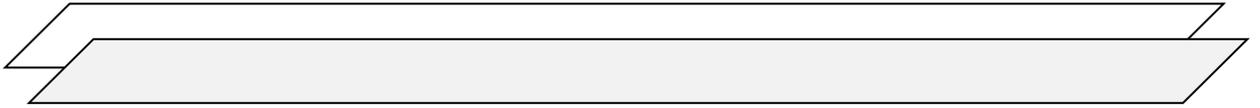
をさらに周知するための手段として、この水飲み場を活用していく予定である。愛称を募集したり、流行りのネーミングライツを募集したり、インスタグラム大会など夢は絶えない。これらによって、ペットボトル「ふくしまの水」の販売促進や、福島市って面白い自治体だなと興味を持っていただき、行って見てみたい！から定住してみたい！へのきっかけになり、上水道加入者が増えれば、大成功となるのだが、1,000万円の費用対効果には、まだ検証期間が必要なようである。



福島駅西口駅前広場に設置したイメージ図

これまでの

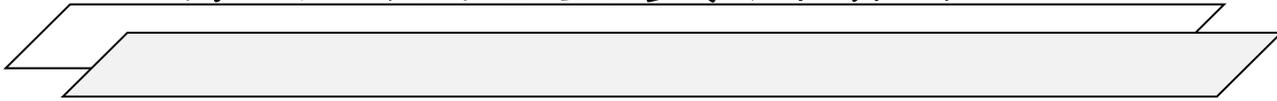
MIP～Most Impressive Presentation～賞
受賞論文一覧



～これまでのMIP -Most Impressive Presentation- 賞 受賞論文一覧～

開催年度 (開催都市)	受賞論文タイトル	受賞者所属	発表者
平成22年度 第14回 (秋田市)	ロールプレイング方式による災害対策訓練の実施について	いわき市水道局	大井川 祐一
	高度浄水処理によるアオコ対策	八郎潟町産業建設課	小野 良幸
	白山浄水場におけるアルミニウム濃度の管理について	八戸圏域水道企業団	馬場 拓美
平成23年度 東日本大震災のため開催なし			
平成24年度 第15回 (山形市)	高分子凝集剤による排水処理汚泥濃縮性向上試験	仙台市水道局	金子 剛
	震災後における放射性物質への対応	いわき市水道局	佐藤 俊
	自然冷媒ヒートポンプ式給湯機のスケール付着について	八戸圏域水道企業団	吉田 智成
平成25年度 第16回 (福島市)	青森市の水道水源地における植林事業について	青森市企業局水道部	宮川 伸治
	浄水場運転の節電対策について	盛岡市上下水道局	富井 健
	NPOと企業、地域との連携による災害体制の構築	北上市上下水道部	小原 太吉
平成26年度 第17回 (盛岡市)	施設更新計画策定に向けた日本地震工学会との共同研究に関する最終報告	いわき市水道局	熊谷 涼
	低水温・低濁度原水時における水処理の適正化について	山形市上下水道部	板坂 学
	地域主導応急給水を目指して 災害時給水栓による給水所運営の取組み	仙台市水道局	日下 貴史
平成27年度 第18回 (大崎市)	福島市上水道茂庭地区水道におけるトリクロロ酢酸低減化の検討及び実証実験結果について	福島市水道局	菅野 晃
	小牧浄水場監視制御設備更新工事について	酒田市水道局	富樫 悟
	戸島送水ポンプ場水位計不良による断水発生事例	秋田市上下水道局	下田 忍
平成28年度 第19回 (横手市)	効果的なポリピグ洗浄方法の提案	仙台市水道局	千葉 篤史
	盛岡広域水道圏における水道事業の経営形態安定化に関する検討 ～広域化の可能性を探る～	盛岡市上下水道局	齋藤 剛
	優良表彰制度をとおした指定給水装置工事事業者のモチベーション向上について	福島市水道局	齋藤 勝士
平成29年度 第20回 (八戸市)	秋田市における応急給水施設整備について	秋田市上下水道局	柳原 直文 石井 博文
	自家用水道からの切替促進策 ～加入金減免制度の創設～	福島市水道局	植松 将司
	非常時における送水の二系統化を実現させるエンジン式ポンプの活用事例	仙台市水道局	十文字 陽
平成30年度 第21回 (鶴岡市)	管路のダウンサイジングに伴う消火栓能力解析	八戸圏域水道企業団	工藤 頌平 上野 光弘
	将来を担う人財確保に向けた採用広報について	岩手中部水道企業団	千葉 裕人
	災害用タブレットおよびスマートフォンを活用した効率的維持管理	秋田市上下水道局	佐々木 忍 加賀谷 速人
	フランジパッキンは今、ここまで進化した	最上川中部水道企業団	岩瀬 達哉 会田 達仁

浄水研究委員会報告



『ろ過池の維持管理手法について』

日本水道協会 東北地方支部
技術研究部会

H29－30 浄水研究委員会 報告書

「ろ過池の維持管理手法について」

平成 31 年 3 月

日本水道協会 東北地方支部 技術研究部会

【目 次】

はじめに	-----	p 1
第1章 研究テーマについて	-----	p 2
第2章 ろ過の歴史	-----	p 3
第3章 緩速ろ過池について	-----	p 4
3.1 緩速ろ過池の概要	-----	p 4
3.2 緩速ろ過池の維持管理	-----	p 10
3.3 緩速ろ過池に係わる不具合事例	-----	p 26
3.4 東北地方における緩速ろ過池の維持管理の現状と今後	-----	p 33
第4章 急速ろ過池について	-----	p 53
4.1 急速ろ過池の概要	-----	p 53
4.2 急速ろ過池の維持管理	-----	p 59
4.3 急速ろ過池に係わる不具合事例	-----	p 74
4.4 東北地方における急速ろ過池の維持管理の現状と今後	-----	p 95
第5章 アンケート集計結果	-----	p 108
5.1 緩速ろ過池アンケート集計結果	-----	p 108
5.2 急速ろ過池アンケート集計結果	-----	p 122
第6章 総論	-----	p 144
おわりに	-----	p 145

はじめに

上水道が担う水処理とは、原水に含まれている各種の懸濁物、金属類、臭気、色度等の除去及び微生物の殺菌を行い飲料に適した水を作るものである。

平成 19 年 3 月には、「水道施設の技術的基準を定める省令の一部を改正する省令」が制定され、同年 4 月 1 日より「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」が適用され、ろ過池出口濁度の更なる管理強化が求められている。

昨今の水処理技術の向上により、膜ろ過や紫外線処理等の高度処理技術が普及し始めているものの、現有の設備を維持し、管理強化に対応していかなければならない水道事業者もかなりの数に上るのが実情である。

今回の研究では、このような状況を鑑み、緩速砂ろ過及び急速砂ろ過における維持管理の実態を調査し、適切な洗浄方法やろ層・砂利層の整備等の維持管理手法並びに水質管理強化への対応について取りまとめている。

いかにして現有設備を維持し、安全安心な水を安定的に作り続けられるかを今回のテーマとしており、各水道事業者における維持管理の参考となれば幸いである。

第1章 研究テーマについて

安心・安全な水道水を安定的に供給するために、水道事業体においては水道システムの整備・管理に日々取り組んでいる。より安全な水質管理体制を構築するため、WHO（世界保健機関）から平成16年に食品分野で確立されているHACCP（危害分析重要管理）の考え方を飲料水の水質管理に導入した「水安全計画」が提唱され、わが国では平成20年5月に「水安全計画策定ガイドライン」が示され水道事業体に導入を提唱しているところである。また、平成19年4月に「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」が適用され、ろ過池等出口のろ過水濁度を0.1度以下に維持することとされている。

一方、近年では気候変動に伴う豪雨の頻発や気温上昇・渇水の影響から、東北地方においてもダム・湖沼での生物増殖による異臭味障害やろ過閉塞・漏出障害が発生している。変動する水源水質に対応しながら良質な水道水を安定的に供給するために、水源監視と浄水処理はより高い管理手法が求められている。

今回は浄水処理のうち、ろ過に焦点を当てた。ろ過方式には緩速ろ過、急速ろ過、膜ろ過があり、それぞれのろ過方式別に、また、水道原水（表流水、ダム水、地下水）の水質により管理手法（更生頻度、不陸状況、複層化等）が異なる。また、ろ過施設の更新を迎える水道事業体も多いことから、様々なろ過設備（方式）の特徴やその維持管理法を取りまとめ、ろ過施設更新の際の新たな選択肢の参考となるような報告書の作成を目的とした。

研究の流れは以下の通りである。

- 1) 東北地方支部の水道事業体に対し「ろ過池の維持管理に関するアンケート調査」を実施する。
- 2) アンケートで得られた不具合事例や維持管理法を取りまとめ、各事業体の今後の維持管理の参考となるよう集約・検討・提言する。
- 3) 多岐にわたるろ過方式（設備）やその維持管理方法に関する情報をまとめ、ろ過池管理の知見を深める。

第2章 ろ過池の歴史

砂層によるろ過の始まりは、「砂層に川の水や雨水を通して、中心部の井戸からろ過した水をくみ上げる」等といった方法であり、雨などが地下水となり井戸で清澄な水を得られる仕組みを施設化したものといえる。18世紀末から19世紀初めにかけて、ヨーロッパ各地で様々なろ過法が試みられ、その多くは給水地点近くでの小規模な砂ろ過層を通しての清澄化であった。その後、個別に数多くの砂ろ過装置を運用するよりも、都市施設として砂ろ過装置を集中的に運用し、配水管で給水することの利点が認知され、近代上水道の原型となった。

19世紀から現代に至る100年以上にわたって砂ろ過の世界標準とされてきた緩速ろ過の原型となる浄水処理は、1829年にロンドンのチェルシー水道公社のシンプソンにより創設され、全世界に広まった。その後、ろ材の構成や洗浄に工夫を加えるなどして次第に定型化が進んでいき、その除去機構についても科学的に解明されていった。日本では1887年に、横浜市に最初の近代的な水道施設として緩速ろ過が導入された。以降、全国各地に導入され、戦前の浄水処理はほとんどが緩速ろ過であった。

20世紀に入ると、緩速ろ過にかわり、凝集剤による処理を先行させて結果として高速にろ過することを可能にした急速ろ過が確立された。ろ過速度の違いに着目して緩速と急速に大別されているが、緩速ろ過が微生物による処理であるのに対して、急速ろ過は純粋な物理化学的処理であるのが特徴で、緩速ろ過が19世紀のヨーロッパを中心に発達してきたのに対し、急速ろ過は19世紀末から20世紀初頭にかけて台頭してきたアメリカ合衆国発の新技术として世に現れた。はじめは「金属塩でろ過砂を修飾して浄化機能を持たせる」という原理だったが、その後「金属塩を凝集剤として添加し、精製した凝集フロックをろ過層で分離する」という現行の急速ろ過の原理へと転進した。1884年にサマービルにおいて硫酸ばんどを凝集剤とするろ過施設が建設されたのが、世界最初の上水道における急速ろ過とされる。その後処理装置の工夫や機構の理解が進み、現在に至って世界で最も広く用いられる浄水方式となっている。日本では、京都市で最初に急速ろ過が導入され、1912年から給水を開始した。

参考文献

- 1) 丹保憲仁、小笠原紘一(2018)、水処理工学の基礎〔62〕、水道公論、vol.54、no. 5、p. 53-56
- 2) 丹保憲仁、小笠原紘一(2018)、水処理工学の基礎〔63〕、水道公論、vol. 54、no. 6、p. 72-73

第3章 緩速ろ過池について

3.1 緩速ろ過池の概要

3.1.1 原理

1) 緩速ろ過池の役割

緩速ろ過池では、原水が池内をゆっくりとした速度で通過することにより、砂層表面での機械的ふるい分け作用並びに水中微粒子の砂粒表面への付着作用がなされて、水中の懸濁物質を砂層表面に抑留する。

2) 懸濁物質除去のメカニズム

砂層表面の抑留物に、水中の腐植質や栄養塩類が付着、その上に藻類や微小動物が繁殖し、さらにこれらを分解する多数のバクテリアが繁殖して、生物ろ過膜が形成される。この生物ろ過膜が形成されると、砂層表面における懸濁物質の阻止率が高くなり、有機物はこの膜内で無機化される。さらに、砂層部の砂粒の表面には、バクテリアとその代謝産物が付着して寒天状の被膜が形成され、流下するアンモニアなどを酸化安定化させる機能を果たしている。

3) ろ過

緩速ろ過は表面ろ過であり、急速ろ過のように洗浄に伴う粗粒と細粒の上下分布が生じないため、均等係数の上限は、急速ろ過より大きくなっている。しかし、これが大き過ぎると、細粗のろ材が密なる層を構成して、高い阻止率を示す反面、大きな損失水頭を引き起こす。汚砂の洗浄は、長い間に細粒を流出させ、全体の粒度分布が変化し、有効径を増大させることとなる。

緩速ろ過池は、砂層表面を削り取ることによりろ層が更新されるので、ろ層内部への懸濁物質の侵入は極力避けるようにする。しかし、砂層も溶解性物質の除去に機能しており、ろ過水の安全性を確保するため、ある程度の厚さのろ層が必要である。ろ過水の水質低下を招かない砂層の厚さは、原水水質、ろ過速度、砂の汚れ具合、ろ過砂の粒径等にも関係するが、ろ層内の生物機能の分布並びに実際の運転管理より約400mmが下限である。したがって、削取りを繰り返し行くと、補砂を行う必要が生じる。

4) 削取りと補砂

懸濁物質の阻止は、砂層表面に集中するため、その部分で大きなろ過損失水頭が生じる。損失水頭が増加したならば、流出側の水位を下げて定速ろ過を維持するのであるが、必要なろ過水量が保てなくなった場合、ろ過を停止して砂層表面を平坦かつ均等に削取り、ろ過機能を回復させる。

削取りを繰り返し行って、限界ろ過層厚さ 400mm に達したら補砂を行う。ろ過機能を回復させるための削取り回数の目安を 30 回程度にすれば、最初の砂層の厚さ、又は補砂後の厚さは 700~900mm が標準である。

3.1.2 ろ過池

1) ろ過池

緩速ろ過池は、コンクリート構造の池の底部に下部集水装置を設け、その上にろ過砂利層、そのまた上にろ過砂層を設ける。ろ過池の深さは、下部集水装置の高さ、砂利層厚、砂層厚、砂面上の水深と余裕高によって決定するが、目標とする維持管理ができるだけでなく、経済性を考慮して、不必要に深くせず、2.5m から 3.5m の範囲が標準である。なお、ろ過池の流入側には原水渠を設け、流出側にはろ過水量を調節するための調節弁を設ける。(図 3-1、図 3-2 参照)

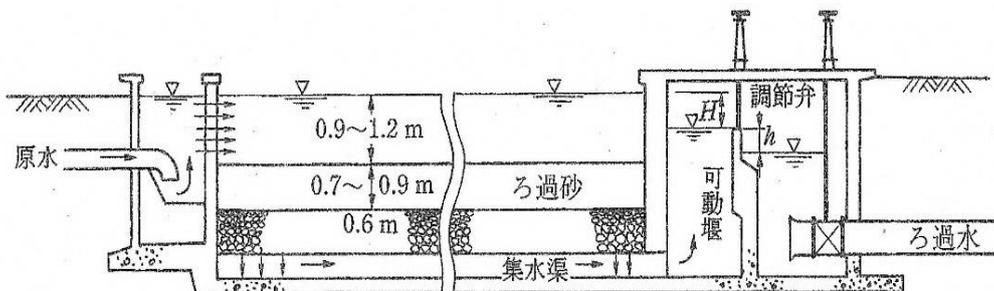


図 3-1 緩速ろ過池構造略図

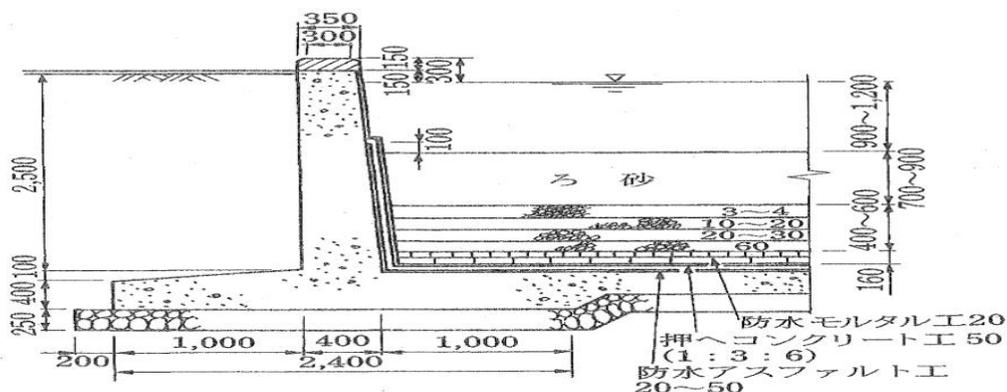


図 3-2 緩速ろ過池断面図 (単位 mm)

緩速ろ過池における砂面上の水深は、900mm から 1,200mm を標準とする。ろ層や集水装置等の摩擦抵抗に打ち勝って、水を通過させるのに必要なる過水頭（図 3-1 の H）の許容限界は、砂面上の水深までとされている。それ以上に損失水頭が大きくなると、砂層内に負水頭を生じて水中の空気が遊離し、これが砂層間に蓄積してろ過を妨げるためである。また、水深が浅いと、風の影響を受けることとなる。ろ過継続中は、ろ層に水流変動を与えないよう、ろ過池水位は一定に保つ必要がある。

2) 下部集水装置

下部集水装置は、ろ過池全面で均等なるろ過ができるような構造並びに配置とする。すなわち、ろ過池のすべての部分から、できるだけ一様に集水し、しかも少ない損失水頭で水を流し得る工夫が必要である。

集水渠は主渠及び支渠からなる。支渠の間隔が大きすぎると、一本の支渠の受け持つ集水面積が過大となり、ろ過が不均一となるため、ろ過池底部のいずれかの点より支渠までの水平距離は、4.0m 以下とする。（図 3-3 参照）また、急速ろ過池のように逆流洗浄を行うことがないため、下部集水装置は一般に簡単な構造でよい。ポーラスコンクリートブロックや有孔ブロック等を並べる方式を用いることもできる。（図 3-4 参照）

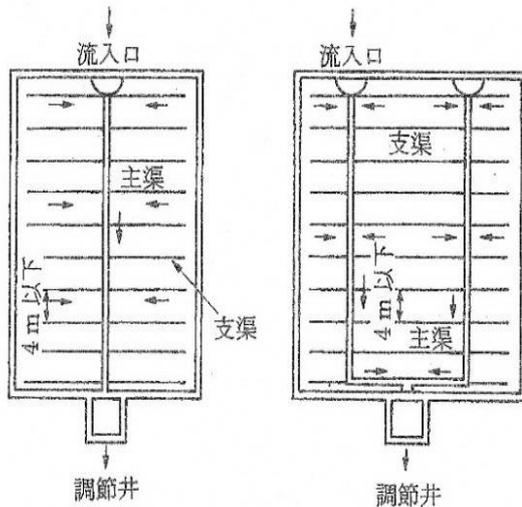


図 3-3 下部集水渠配置の例

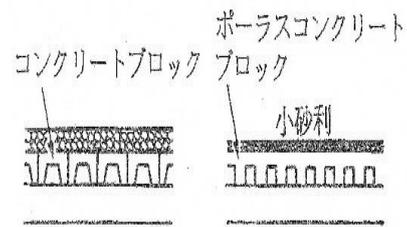


図 3-4 支渠断面図の例

3) 砂利層

砂利層は、400mm から 600mm の厚さを標準とし、ろ過砂利を粗粒を下層に、細粒を上層に不陸のないように、順序良く敷きならす。これらの厚さや粒径は、下部集水装置に合わせて適切に決める。また、ろ過砂利の品質は、砂利の形状や粒径等が適切で夾雑物が少なく、衛生上支障のないもので、砂層の十分な支持ができるものとする。

4) 砂層

砂層については、700mm から 900mm の厚さを標準とする。ろ過効果は、細砂ほど大であるが、その反面詰まりやすく、削取り回数が多くなり経済的でない。ろ過砂の品質は、粒度分布が適切で、夾雑物が少なく、摩耗しにくく、衛生上支障のないもので、ろ過を安定して効率よく行うことができるものとする。

5) 附帯設備

緩速ろ過池には、ろ過池に接して調整装置を設けるが、削取り直後の池とろ過を持続している池とはろ過水頭が異なることから、ろ過池を独立して運転できるように、ろ過池ごとに独立させた構造とする。調整装置は、ろ層内に負水頭を生じないような構造とし、ろ過水量を設定しろ過速度を常に一定に保つために、流量調整機能を設ける。なお、ろ過池の円滑な操作を行うため、計器類、仕切弁及び管類を設ける。

また、緩速ろ過池には、ろ過水の逆送設備を設ける。汚砂削取り作業終了後、ろ過池内に原水を流入させる前に他のろ過水（ろ過水の代わりに浄水を用いることもある）を逆送させることにより、砂層内の空気を徐々に抜き、ろ過の障害とならないようにするためである。

このほか、緩速ろ過池には流入設備、越流管及び排水管を設置する。（図 3-5、3-6 参照）また、砂層表面の削取りによって生じた汚砂を再利用するには、洗砂設備を必要とする。

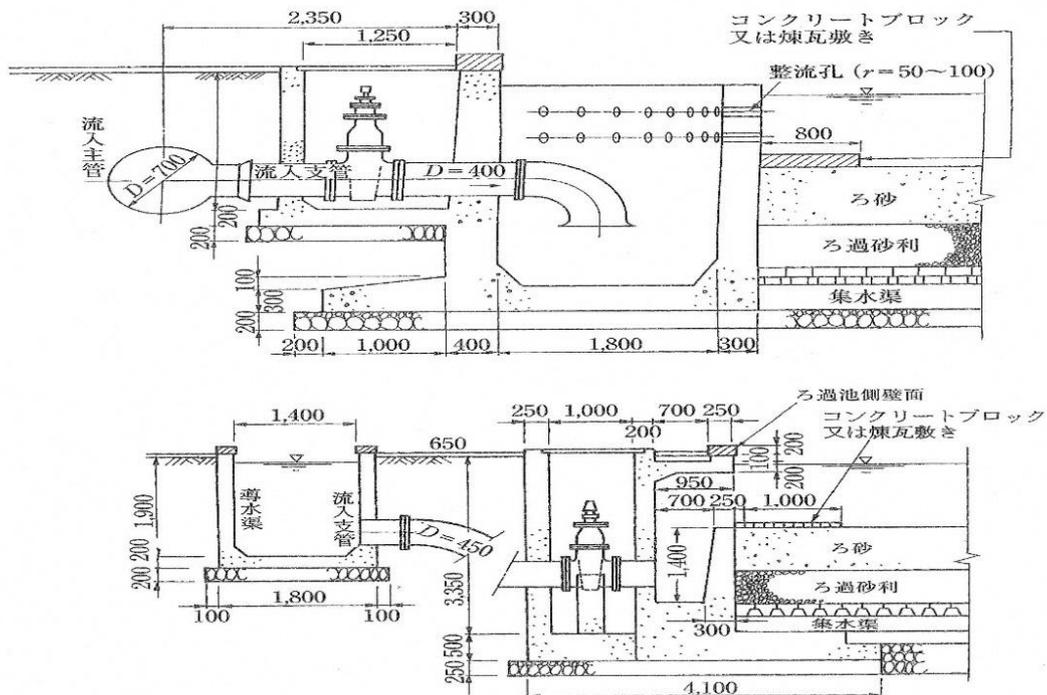


図 3-5 流入設備（単位 mm）

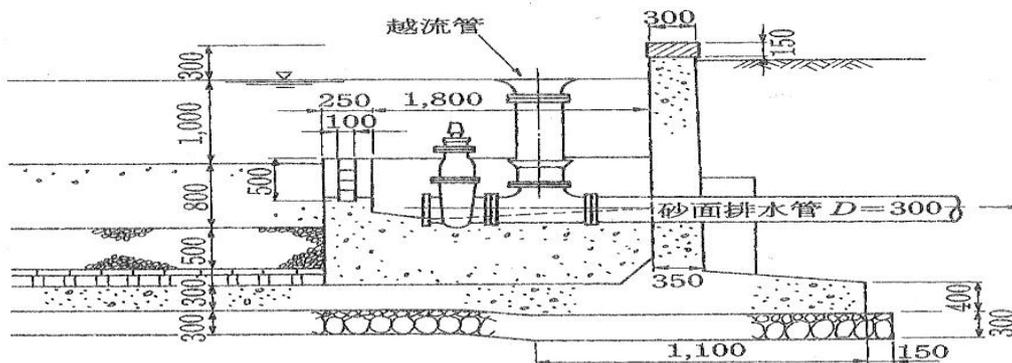


図 3-6 越流管及び排水管 (単位 mm)

6) メリット

- (1) 緩速ろ過方式は、高度な技術を要せずに自然界の浄化作用を応用して良質の水を得ることができる。このように、緩速ろ過方式は、原則として急速ろ過方式のような浄水薬品を使用しないため、浄化機能が安定して得られ、一般に味が良いとされる。
- (2) この方式は、原則として、ろ過池に至るまでに急速ろ過方式のような、混和池やフロック形成池といった凝集処理設備を必要としない。普通沈でん池と緩速ろ過池のみの設置でよく、単純な構造による浄水処理が可能である。地下水等を水源とし、原水濁度がおおむね 10 度以下であれば、普通沈でん池を省略することもできる。
- (3) 原水水質が良好で安定していれば、緩速ろ過方式を採用することによって、急速ろ過方式と比べ建設費や維持管理費を節約することができる。

7) デメリット

- (1) 緩速ろ過方式は、ゆっくりとしたろ過速度であるため、急速ろ過方式と比べ 30~40 倍の広い用地を必要とする。都市部のように、大きな水需要に反して用地が限られる場合などには、緩速ろ過方式の採用に制約が課されることとなる。
- (2) 緩速ろ過方式は、原水水質が良好であることを前提とする。したがって、原水水質が良好でない場合、普通沈でん池は凝集処理が可能な施設とする必要がある。原水水質の制約から凝集機能を必要とし、原水濁度の上昇に伴い凝集剤を使用する場合、生物膜に悪影響を及ぼす傾向がある。凝集剤の使用が一定量に達すると、直後にろ過水量は大きく減少し、その後自然に回復することはなく、砂層表面の削取りが必要となる。すなわち、河川表流水のように、降雨によって原水濁度が大きく上昇するような場合などには、緩速ろ過方式が適さないことがある、と考えられる。

- (3) ろ層内は常に好気性状態にあることが必要であるため、溶存酸素濃度の低い水は直接緩速ろ過を行うには適さない。また、生物作用に依存するため、正常な生物機能を阻害するような、汚染を受けている水は緩速ろ過に適さない。

3.1.3 上向流ろ過池

1) 原理

上向流ろ過装置は、主に小規模の水道施設に採用されている緩速ろ過方式である。

原水は下方より流入し、ろ過池を経て、上方に浄水として流出する流れとなっている。浄水が上方に流れ出る仕組みのため、ろ過池全体がコンクリートや FRP 等の構造物の中にある。

一般的な緩速ろ過池は、砂層表面や砂層内に繁殖する微生物群により、浄水処理を行う方法であるが、上向流ろ過装置の場合は、日光が入らない密閉空間に砂層があるため、微生物群の繁殖は期待できない。そのため、砂のふるいわけ作用により濁質を除去することで、浄水処理が行われている。また、砂層表面の削取りは不可能であるため、砂層表面に堆積される濁質は逆洗により除去する。

2) メリット

- (1) ろ過池が構造物内にあるため、寒冷地や積雪地におけるろ過池の凍結や降雪による浄水処理への影響がない。
- (2) 通常時の維持管理は、濁度監視とろ過池の逆洗のみであるため、維持管理の手間が少ない。

3) デメリット

- (1) 砂のふるいわけ作用による濁質の除去のみの浄水処理であるため、色度や溶解性物質等を取り除くことが困難であり、浄水水質は原水水質により左右される。そのため、導入にあたっては原水水質が良好であることが前提であり、水質変動も少ないことが望ましい。
- (2) 大規模施設になると、構造物やポンプ類が多くなるため、通常の緩速ろ過と比較するとコストが高くなる可能性がある。

3.2 緩速ろ過池の維持管理

3.2.1 総則

前述のとおり、緩速ろ過法は、砂層を4～5 m/日のゆっくりとした速度で水を通過させるろ過法で、原則として薬品は使用せず、自然の浄化能力を利用する。砂層表面や砂層に繁殖した微生物群の働きにより行われ、物理的、生物学的に濁質、細菌等の浮遊物や、アンモニア態窒素、鉄、マンガ、臭気物質等の溶解性物質が除去される。

緩速ろ過池では、砂層のごく表面に形成される生物ろ過膜により、浮遊物質が抑制されるので、原水濁度が高い場合や、原水中に藻類の異常に多い場合は、短時間で表層の損失水頭を高め、ろ過継続日数を短縮させるので適さない。また、ろ過池流入水の濁度は、概ね10度以下を維持することが必要である。

緩速ろ過法は、ろ過速度が遅いことから広い用地が必要である。運用に当たっては、原水の水質や損失水頭、ろ過水濁度等を考慮した砂層の管理（砂の削取り、補砂等）が重要である。

なお、クリプトスポリジウム等の対策として「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」に基づき、クリプトスポリジウム等により水道原水が汚染されるおそれのある場合は、ろ過池出口の水の濁度を常時把握し、ろ過池出口の水の濁度を0.1度以下に維持する必要がある。

寒冷地において、池水が凍結するおそれがある場合及び空中を飛来する汚染物により水が汚染する場合には、ろ過池に覆蓋を設けるなどの対策を講じる必要もある。

3.2.2 普通沈でん池

1) 総則

普通沈でん池は、緩速ろ過法の前処理施設として、通常凝集処理をしない原水中の懸濁物質を自然沈降作用により除去し、緩速ろ過池にかかる負担を軽減するために設けられる施設である。

沈でん池の表面負荷率は5～10mm/min、池内の平均流速30cm/min以下を標準とする。

2) 運転管理

(1) ろ過池流入水濁度は、10度以下となるように、常に原水及び沈でん処理水を監視する。沈でん処理水水質は、原水の水質によって左右されるので、必要に応じて流入量の調整や凝集剤注入等適切な処

置を講じる。また沈でんスラッジは堆積状況に応じて適宜排泥を行う。

- (2) 原水濁度が 30 度以上のときは、前処理として沈でん池への流入前に凝集剤を注入し、凝集沈でんを行い良好な沈でん処理水を得るように努める。この場合、フロックによるろ過池の閉塞を早めることのないように、上澄水を取水するよう配慮する。
- (3) 強風などで沈でん作用が阻害されるおそれがあるところでは、波浪防止のための装置を設け、沈でんスラッジの再浮上の発生を防止するとともに十分に監視を行う。
- (4) 沈でん池内で藻類が繁殖すると pH 値が上昇し、池内の水が緑から暗赤色に着色し、臭いがつく場合がある。池壁には藻類のほか、淡水海綿やコケムシなどが着生して、生物膜を形成することがある。

(表 3-1 参照)

このようなときは、塩素処理などを行うと駆除できるが、後続の緩速ろ過池の生物ろ過膜に悪影響を与えないよう、ろ過池流入時には、遊離残留塩素が全て消費されるように慎重に行う。なお、沈でん池全体を遮光ネットで覆うことにより、藻類の発生を抑制している例もある。

**表 3-1 普通沈でん池におけるホシガタケイソウ
(*Asterionella formosa*) の増殖例**

(単位：細胞数/mL)

月日	5/14	5/21	5/28	8/20	8/27	9/3
原水	2,244	5,056	2,340	14	22	28
沈でん処理水	2,432	7,092	2,696	130	128	112
増殖率(倍)	1.08	1.40	1.15	9.29	5.82	4.00
通過時間(日)	1.13	1.03	1.00	0.93	1.01	0.95

- (5) 寒冷地で沈でん池の水面が凍結するおそれがある場合は、沈でん作用を阻害しない程度に水面を波立たせて、これを防止する方法もある。水面が凍結した場合は、早めに周囲の氷切りを行い氷厚の増大を防ぐ。

3) 管理

沈でん池の流入、流出、排水、越流等の各設備は、常に点検して確実に操作ができるように整備しておく。なお、排泥時には、必要に応じて壁面の清掃、付属設備の点検・整備を行う。

沈でん池の漏水を発見したときは、速やかに修理する。なお、点検項

目を表 3-2～4 に示す。

表 3-2 日常点検項目

点検内容	周期
平均流速	必要の都度
沈でん池水位の確認	必要の都度
浮遊物、スラッジの再浮上の有無	必要の都度
沈でん水水質確認（濁度、pH 値、アルカリ度等）	必要の都度
藻類の発生状況	必要の都度
フロクの沈降状況の監視（薬注時）	必要の都度
水面凍結の状況	毎日
壁面藻類及び虫類等の着生状況	毎日

表 3-3 定期点検項目

点検内容	周期
スラッジの堆積状況	1 年
コンクリートの亀裂、劣化の有無、老衰の有無	1 年
各種バルブ類の動作状況	1 年
鋼製部の塗装状態	1 年

表 3-4 精密点検項目

点検内容	周期
開閉台、その他機器類清掃・注油	6 箇月
沈でん池の清掃	2 年
鋼製部の塗装	3～5 年

3.2.3 運転管理

1) ろ過流量

- (1) ろ過池の水深は、砂面上 90～120cm を確保させる。
- (2) ろ過速度は、4～5 m/日を標準とする。原水水質が良好である場合でも、最大でも 8 m/日以内とする。なお、「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」では、クリプトスポリジウム等によって水道原水が汚染されるおそれのある場合、ろ過速度は概ね 5 m/日を超えないよう、ろ過速度の急激な変化が発生しないようにしている。
- (3) ろ過速度の上昇幅は、1 日当たり標準処理流速にして 10%～20% とし、これ以上のろ過速度の上昇はろ過機能を阻害する恐れがある。

2) 損失水頭の管理

- (1) ろ過池の流出側水位は、ろ層内に負水頭が生じてろ過機能に障害を起すことを防ぐため、砂層表面より低下させない。ろ過水の流出側水位が砂層表面まで低下したときは、砂面の削取りを行う。
- (2) 許容損失水頭の限界まで使用していると、原水濁度や藻類が急増した場合、削取りを要する池の続出につながる。従って、損失水頭に余裕を残して削取りを行うことが望ましい。
- (3) ろ過損失水頭は、ろ過池の運転状況を表す大切な指標であるから、十分に監視を行うことが必要である。損失水頭が急激に上昇又は下降するときは、生物ろ過膜、ろ層等に異常のある徴候であるから、直ちに状況を調査し、適切な対策を講じる。

3) 運転記録

ろ過池の損失水頭、ろ過流量、配水池水位等を定期的に観測、記録し、水量の調節を行う。なお、緩速ろ過池の日常点検項目例を表 3-5 に示す。

表 3-5 日常点検項目

点検内容	周期
ろ過池水位の確認	必要の都度
ろ過水量・ろ過速度・ろ過損失水頭・ろ過持続時間の確認	必要の都度
ろ過水質の確認（濁度・pH 値・アルカリ度・残留塩素等）	必要の都度
水生生物・藻類の発生状況	必要の都度
ろ過水面結氷状況	毎日

4) 管理

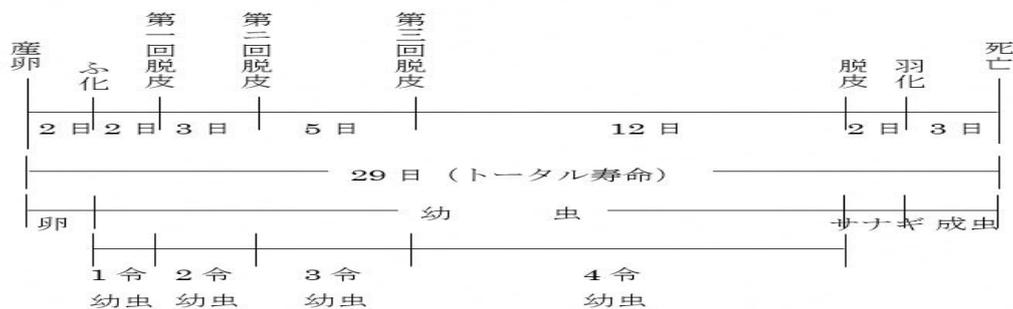
- (1) 削取り後、ろ過池に水を張る方法には、引出口（調節井）を経由してろ過池に逆送する場合と、隣接するろ過池の水を利用する場合がある。后者は、この池のろ過速度が急激に増大するおそれがあるから、実施する場合は十分に注意する。
- (2) 調節井の排水バルブ操作で、砂面排水バルブ操作や他の池の排水作業と重なった場合に、排水が逆流しないことを十分に確認する。
- (3) 砂層中の溶存酸素が 6～7 mg/L 程度あれば、十分に好気性を保たれるが、ろ過を中断すると砂層中の溶存酸素が欠乏してきて、砂層中に蓄積していた鉄、マンガン等の金属が溶出したり、異臭味が発生したりするおそれが生じる。これらの現象は、水温の影響を強く受け、夏季では 2 日目、冬季では 7 日目位で起き始める。したがっ

て、ろ過機能を保持するためには、ろ過を行わない場合でも、最低0.5～1.0m/日程度のろ過速度で水を通しておくことが望ましい。

- (4) 低ろ過速度で運転を継続すると、藻類の異常繁殖による着色現象が起きることがある。こうしたろ過池では、水抜き時に濃縮された藻類が砂層内に潜って、砂面の削取り後のろ過水に大量に出現する可能性があるため注意を要す。
- (5) ろ層表面の生物ろ過膜が藻類の発生によって浮上したり、あるいは魚類、貝類、ミズミミズなどにより損傷されたり等のおそれがある場合は、早めに厚く削取りを行う。また、ろ過池内に生息するユスリカなどの羽化によって、周辺住民に迷惑を及ぼすことのないよう適切にろ過池を管理する。

[参考 3-1] ユスリカの防除方法について

- ①卵塊の除去：ろ過池及び開渠（水路）の水位を下げて卵塊を乾燥死させる。
- ②幼虫の除去：ユスリカのライフサイクル例を利用して適度な間隔で削取り作業を行う。（参考図 3-1 参照）
- ③成虫の除去：捕虫機を利用する。



参考図 3-1 ユスリカのライフサイクル例

3.2.4 ろ層の管理

1) ろ層の点検調査

(1) 目的

砂層の状態には常に留意し、削取り又は補砂作業のためろ過池を干すときなどを利用して、陥没、内部のスラッジの蓄積、微生物の繁殖などの状態を調査する。異常が認められたときは、速やかに修理あるいは砂の入替えを行う。また、削取り厚さを加減するか、削取りを早めに行うなどの処置を講じる場合もある。

(2) ろ層・砂利層の点検・調査周期

長い間に砂利層の境界面にスラッジが蓄積し、ろ層内が閉塞する場合がありますので、10年に1回程度、砂利層まで点検調査することが望ましい。

ろ過調査は、各層のスラッジ量などを調べ砂層内部の状況を分析し、汚れの進行具合で判断する。なお、定期点検項目等を図3-6、3-7、ろ層調査例を表3-8に示す。

表 3-6 定期点検項目

点検内容	周期
砂面陥没の有無、藻類、虫類等の生息状況	削取り時
ろ過水量調節装置の作動状況	1～2箇月
ろ過水量計、汙過損失水頭計	1年
ろ層の状況（ろ過砂の汚れ、有効径、均等係数及びろ層厚等）	1年
コンクリートの亀裂、劣化の有無、漏水の有無	1年
各種バルブ類の作動状況	1年
鋼製部の塗装状態	1年

表 3-7 精密点検項目

点検内容	周期
沈でん池の清掃	削取り時
砂面の削取り	半月～2箇月
ろ過砂の補充	規定厚以下の 場合
開閉台、その他機器類清掃・注油	6箇月
鋼製部の塗装	3～5年
砂利層、下部集水装置の整備	10年

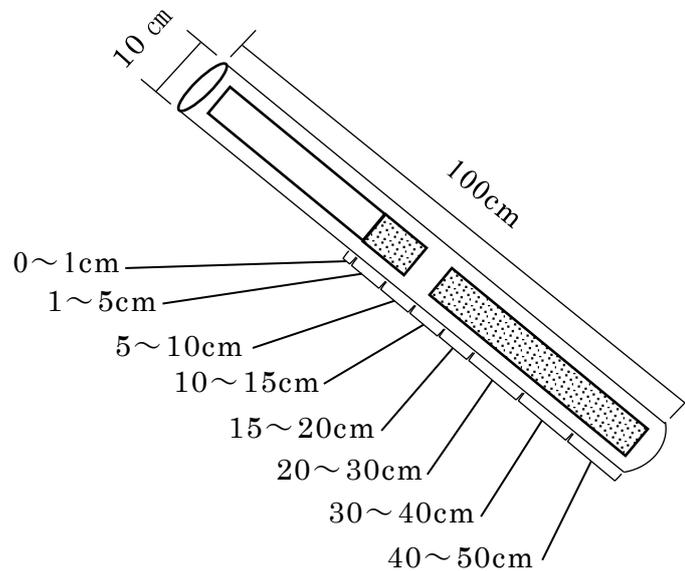
表 3-8 ろ層調査例

緩速ろ過砂の付着物量（北九州市上下水道局道原浄水場）

調査池 基礎データ	調査池：		道原浄水場 4 号ろ過池				
	調査年月日：		平成 27 年 2 月 3 日				
	前回補砂年月日：		平成 19 年 12 月				
	前回削取り年月日：		平成 26 年 11 月 5 日				
道原浄水場水質データ（平成 25 年度 平均値）			原水	浄水			
	水温：		14.2℃	→	15.0℃		
	pH 値：		7.3	→	7.2		
	濁度：		2.4 度	→	<0.1 度		
	色度：		4.8 度	→	<0.5 度		
	有機物（全有機炭素（TOC））：		1.1mg/L	→	0.5mg/L		
	鉄及びその化合物：		0.09mg/L	→	<0.01mg/L		
	マンガン及びその化合物：		0.030mg/L	→	<0.001mg/L		
一般細菌：		100 個/mL	→	0 個/mL			
砂層の 深さ (cm)	洗浄濁度 (度)	洗浄色度 (度)	TOC (mg/乾土 1g)	鉄 (mg/乾 土 1g)	マンガン (mg/乾土 1g)	一般細菌 (個/乾土 1g)	従属栄養細菌 (個/乾土 1g)
0 ~ 1	1,300	1,100	1.5	1.2	0.24	7,800	73,000
1 ~ 5	1,100	940	1.2	0.93	0.15	9,300	45,000
5 ~ 10	100	83	0.16	0.14	0.004	2,000	3,300
10 ~ 15	69	52	0.05	0.07	0.002	1,700	1,500
15 ~ 20	52	43	0.04	0.05	0.002	1,100	1,400
20 ~ 30	30	23	0.03	0.03	0.001	1,000	960
30 ~ 40	23	20	0.02	0.03	0.001	550	340
40 ~ 50	42	32	0.03	0.04	0.002	1,300	1,300
結果の 評価	砂層深部へ向かうに従いスラッジ量等は減少している。最深部（40～50cm）の砂利層と砂層の境界面でスラッジ量等の増加が見られるが著しい増加ではなく、問題はない。						

〔参考 3-2〕 採砂例

採砂器例のステンレス製円筒形の容器（参考図 3-2 参照）を用いて採砂し、へらを使用して試料を採取する。（参考図 3-3 参照）



参考図 3-2 採砂器例



参考図 3-3 ろ層調査に係る採砂作業

2) 洗砂作業

洗砂の目的は、削取った砂を補砂用の砂として利用することである。

- (1) 洗砂機に使用する水量及び水圧が不足すると、洗浄機能や洗浄効果が低下する。一方、過大であれば砂の流出を招く。このため、常に適正な水量及び水圧を保つよう調節する。適正な水量及び水圧は、洗砂機の種類や容量によって異なるが、普通は水圧 0.2MPa で、水量は汚砂量の 15~20 倍である。

- (2) 汚砂は乾燥しないうちに洗浄することが望ましい。浄砂の出来高は70～80%程度となる。
- (3) 機器類は、常に点検・整備を心掛け、駆動部の潤滑油、グリースは機器に適合したものを使用し、取扱説明書に従い一定の運転時間ごとに取り替える。
- (4) 長時間放置されたのち運転を開始するときは、点検整備を行ってから運転する。
- (5) 洗砂スラッジの沈でん槽及び排水管渠は、定期的に浚渫や洗浄を行う。洗浄排出水の処理については、水道維持管理指針排水処理施設を参照する。
- (6) 洗浄した浄砂は、汚染したり飛散したりするのを防ぐため、浄砂槽に格納しておく。浄砂槽は、搬入出に便利な位置に設け、底部の水は完全に排水しておく。
- (7) 削り取ったろ過砂を再利用する場合には、洗浄水の濁度が2度以下になる程度まで洗浄し、洗浄水は水道原水として利用しない。

3.2.5 砂の削取り

砂面の削取り作業の目的は、浮遊物の蓄積と微生物の繁殖によって、厚くなり過ぎた生物ろ過膜を削取り、損失水頭を回復させることである。

1) 作業

- (1) 砂面上排水を行った後は、ろ過池周壁に注意し、スラッジや生物が付着していれば、長柄ブラシなどで洗い落とす。実施例は図3-7、3-8に示すとおり。



図 3-7 干水後



図 3-8 削取り後周壁洗浄

- (2) 砂面下の排水は、急激に行うとろ過層を破壊するおそれがあるので注意する。また、排水は砂面下約 20cm にとどめ、水張りするときの時間と水量の無駄を省き、作業中足が砂中に沈み込まない程度とする。
- (3) 削取りは、砂層の表面約 1 cm（汚層の浸透状況によって異なる）を平坦にかつ均等に削り取った後、不陸なく平坦に均す。
- (4) 削取り後の原水の流入に先立って、砂層内の空気排除と砂層保護のため、流出側より 2 m/日以下の速度で徐々に逆送し、砂面上 10～20cm で水張りを行う。
- (5) 原水の流入は、逆送が終わった後砂層面を乱さないよう徐々に行い、規定の水位まで水張りを行う。砂層表面の攪乱や洗掘を防止するため、原水流入箇所にコンクリート平板などを敷き並べるとよい。
- (6) 削取り後は、ろ過水を排水しながら、生物膜が形成されるろ過水の濁度が 0.1 度以下になるまで、低いろ過速度から徐々に速度を上げるようにする。ろ過機能発現までには、夏季 1 日～冬季 7 日程度を要する。
- (7) 使用開始に当たっては、必ずろ過水濁度、色度などを確認する。

2) 留意点等

- (1) 削取りに当たっては、作業ごとに残存砂層厚を測定し、補砂作業の資料とする。
- (2) 削取り作業のためにろ過池を干水した後に、ろ層を激しい降雨にさらしたり凍結させたり、必要以上に長時間日光にさらして乾燥させることは、生物ろ過膜等のろ過機能の障害を招くので注意しなければならない。

[参考 3-3] 汚砂削取り作業の機械化

- ① 削取り作業には多くの人手を必要とするため、機械で行う方法がある。方式としては、水張り状態のろ過池のろ層上を、自走し砂面を削り取る汚砂削取りロボットや、水抜きしたろ過池の砂面を、梁に取り付けた走行レールに、吊り下げ形式でセットした装置で削り取るサンドスクレーパ方式、水を抜いた池に作業車両を入れ削取り作業を行う方法がある。
- ② 削取り作業の機械化に当たっては、ろ過池の構造や作業手順等特性を熟知した上で導入する。
- ③ 水中で作業する方法では、砂面上の藻類の一部が水中にいったん浮遊したあと、再び沈降して残留しろ過継続時間が短くなることがあるので注意する。

- ④ 水を抜いて作業をする方法のうち、車両をろ過池内へ入れ込む方法では、砂面の接地厚の小さいもの、砂面に不陸を作らないものを選ぶことが必要である。
- ⑤ 機械によっては燃料、オイル等油脂類を使用するので、その漏洩によるろ過砂の汚染に十分注意する。

3.2.6 補砂

1) 作業

- (1) 補砂作業では、新しい砂と既存の砂とを上下入れ換える作業（以下「切り返し」という）を行う。実施例は図 3-9～3-13 に示すとおり。



図 3-9 補砂作業着手前



図 3-10 汚砂掘削



図 3-11 汚砂搬出



図 3-12 補砂作業



図 3-13 作業完了

(2) 補砂の終わった部分は、不陸がないよう平坦に均す。なお、補砂は水張りによる沈下を見込んで、5～10cm 余盛りしておくといよい。実施例は図 3-14～3-18 に示すとおり。



図 3-14 汚砂掘削レベル測定



図 3-15 掘削厚確認



図 3-16 補砂レベル測定



図 3-17 出来形測定検査



図 3-18 水位高低差確認

- (3) ろ過池の水張り、原水の流入及びろ過排水は、削取り作業の場合に準じて行う。初期のろ過水中には、濁質分や細菌類が含まれていることが多く、最初は 1m/日程度でろ過を開始し、徐々に速度を上げる。この間、生物膜によるろ過機能の確認のため、濁度、色度、細菌試験等を適宜確認する。ろ過機能が回復した事を確認したら、ろ過を開始する。
- (4) 補砂後のろ過機能回復は、2～4 週間を必要とする。補砂後の砂層表面部には微生物等が少ないため、補砂後砂層表面に削り取った砂（洗浄していないもの）を混ぜ合わせ（図 3-19 参照）、微生物の補充と分散を図り、機能回復を早めるようにする。ただし、ろ過砂を全面入れ替えした場合には、機能回復に夏季では 1 箇月程度、冬季では 2 箇月程度を要する。

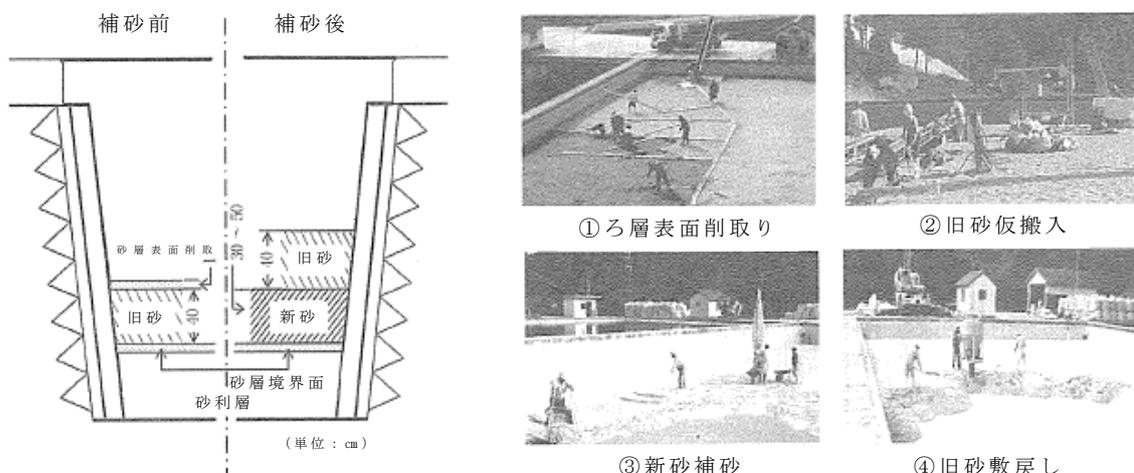


図 3-19 補砂例

2) 留意点等

- (1) 補砂に用いる砂は、購入時の砂であっても十分に洗浄してから使用する。
- (2) 補砂は、各ろ過池の残存砂層厚により年間補砂予定池数を定め、なるべく給水量の少ない時期に順次実施するのがよい。補砂は、削取りを続けて 40cm 程度になったら行う。
- (3) 寒冷地での補砂作業は、できるだけ寒冷期に入る前に行う。なお、寒冷地において池水が凍結するおそれのある場合は覆蓋を設ける。なお、ろ材の選定については表 3-9 に示すとおり。

表 3-9 水道用濾材（JWWA A103:2006）の品質規格

水道用濾材の種類		水道用濾過砂		水道用	水道用	水道用濾過砂利 JWWA A103-4:2006
		JWWA A103-1:2006		アンスラサイト JWWA A103-2:2006	マンガン砂 JWWA A103-3:2006	
		急速用 濾過砂	緩速用 濾過砂			
物 性	洗浄濁度（度）	30 以下		—	—	30 以下
	密度（g/cm ³ ）	2.57～2.67		1.40～1.69	2.57～2.67	表面乾燥飽和状態 で 2.50 以上
	強熱減量（%）	0.75 以下		—	—	—
	摩滅率（%）	3.0 以下		3.0 以下	—	—
	塩酸可溶率（%）	3.5 以下		6.0 以下	—	3.5 以下
	マンガン付着量（mg/g）	—		—	0.3 以上	—
浸 出 性	味	異常でないこと		異常でないこと	異常でないこと	異常でないこと
	臭気	異常でないこと		異常でないこと	異常でないこと	異常でないこと
	色度（度）	0.5 以下		0.5 以下	0.5 以下	0.5 以下
	濁度（度）	0.2 以下		0.2 以下	0.2 以下	0.2 以下
	鉄及びその化合物（mg/L）	0.03 以下		0.03 以下	0.03 以下	0.03 以下
	マンガン及び その化合物（mg/L）	0.005 以下		0.005 以下	0.005 以下	0.005 以下
外 観	きょう雑 物、偏平又 はぜい弱 な砂、及び 砂鉄など の含有の 少ないも の	きょう雑 物、偏平又 はぜい弱 な砂、及び 砂鉄など の含有の 少ないも の	微粉、偏平、うろ こ状又は採石、泥 炭等のきょう雑 物の含有の少な いもの	—	形状が堅く丸み のあるもので、偏 平なものやきよ う雑物、粘土質、 ぜい弱な粒子等 の含有が少ない もの	
寸 法	有効径（mm）	0.45～ 0.70	0.30～ 0.45	0.7～1.5	0.45～0.7	砂利粒子の形状 （%）；長径が短径 の 5 倍以上のも のが質量比で 2 以下であること
	均等係数	1.7 以下	2.0 以下	1.5 以下	1.7 以下	

	最大径 (mm)	2.0 以下	2.0 以下	2.8 以下	2.0 以下	粒径の質量比 (%) ;各層ごとの設計最小径以下の粒径と設計最大径以上の粒径の質量比を加えたものが、合計で15以下であること
	最小径 (mm)	0.3 以上	0.18 以上	0.5 以上	0.3 以上	

3.2.7 点検、更生

1) 点検

ろ過調節装置及び損失水頭計は、正常に機能できる状態にしておくため、点検、調整を行う。また、修理等に時間を要するものは、補砂作業の期間を利用して、修理、塗装等も行うものとし、特にろ過水渠などの漏水に注意する。

2) ろ過池更生工事

ろ過池整備マニュアルなどにより整備基準を設け、ろ層の調査結果により更生工事を行う。実施例は図 3-20～3-23 に示すとおり。



図 3-20 掘削状況



図 3-21 集水ブロック敷き詰め



図 3-22 砂利層敷き詰め



図 3-23 レベル測定

3.2.8 上向ろ過装置の維持管理

上向ろ過装置は、砂層表面が目視により観察できないことから、日常の維持管理は次の点に注意する。

- ・ろ過池出口濁度が 0.1 度未満であるか。
- ・逆洗時の排水や浄水にろ過砂が混入していないか。
- ・定期の水質検査で浄水水質が安定しているか。

色度や溶解性物質の除去はあまり期待できないため、原水の水質を十分に把握しておくことが重要となる。具体的には、次の点を水質検査により把握する必要がある。

- ・一般細菌、大腸菌、味、濁度を除く水質基準項目が原水でも基準値以下となっているか。
- ・年間の水質変動が少ないか。
- ・原水水質が悪化した場合でも、原水で水質基準を超過する項目がないか。（一般細菌、大腸菌、味、濁度を除く）

仮に水質基準を満足できない可能性があれば、水源の変更や浄水処理方法の変更などを検討する。

なお、流入側に取り除かれた濁質などが貯まるため、堆積具合を見ながら清掃することが望ましい。

3.3 緩速ろ過池に係わる不具合事例

事例 1

(1) 現象

2系統の表流水水源を有する浄水場で、緩速ろ過と急速ろ過方式を併用しているが、降雨時などに原水濁度が上昇するため、緩速ろ過方式にも凝集沈でん池を設け、状況に応じて凝集剤（PAC）を注入している。これにより、限度はあるが原水濁度上昇時においても緩速ろ過池での処理を継続させている。

しかし、凝集剤注入後にろ過水量が減少する現象が発生し、この現象は凝集剤の投入直前にろ過水量が多かったろ過池ほど顕著な傾向にある。

(2) 原因

凝集剤が生物膜に悪影響を及ぼすためと考えられた。

凝集剤の注入が少量の場合は、注入後のろ過水量にそれほど影響は生じないが、凝集剤が一定量に達すると、ろ過水量が大きく減少する。その後は水量が回復することはなく、削取りが必要となる。このとき、表層生物は死滅してしまっているようであった。

ろ過水量が多いろ過池ほど大きな影響を受けるのは、多量の凝集剤が流入するためであると考えられた。

凝集剤を使用しなければならない原水は、やはり緩速ろ過方式に適していないと考えられる。

(3) 対応

対応策として、濁度上昇時に取水を停止する、緩速ろ過方式を廃止し他のろ過方式へ変更する、水源を切り替えることが検討された。

検討した対応策のうち、緩速ろ過システムを停止すると浄水場の処理能力が約半分となるため、短時間の原水濁度の上昇ならば対応可能であるが、長時間に及ぶ場合、安定した水の供給ができなくなるおそれがあった。そのため、水源の切り替えによる方法で対応を検討した。2系統の水源のうち、平常時も濁度が低く、降雨時の濁度上昇も緩やかで、比較的短時間で濁度が低下する水源を使用する方向で検討したが、施設構造の問題や急速ろ過池の運用との調整が必要であることから、実現には至っていない。

事例 2

(1) 現象

冬季にろ過水量が大きく減少する。

(2) 原因

ろ過池表面が凍結し、生物の活動が低下してしまうためと考えられる。

(3) 対応

ろ過池の水面凍結を防止するため、ろ過池水面周囲に散水用の有孔管を設置し、ポンプを使って散水することにより、ろ過池表面の凍結は概ね解消された。

当該ろ過池における 12 月から 3 月までの時間当たりろ過水量は、平成 28 年度に 36m³であったのが、平成 29 年度には 45 m³となり、9 m³ 増加した。これにより、水中への日光と空気の供給が増加し、良好なる過が行えたものと考えられる。

事例 3

(1) 現象

削取り作業後、通水を再開した数日後に、ろ過水から腐敗臭のような臭気を感じられた。

(2) 原因

通常時の削取り作業は、業務委託で実施しているが、実施日までに業者が決まらなかったため、自前で削取り作業を行った。その際に削取った砂を、ろ過池砂表面に畝状に放置していたことにより、畝の中の珪藻類が腐敗したことによる。

(3) 対応

即座に通水を停止した。原因の砂を除去することから始め、生物膜の形成が確認されるまで一連の作業を行った後に、通水を再開した。なお、ろ過してしまった水については、次亜注入を強化して対応した。

事例 4

(1) 現象

夏期間、通常削取り周期（1 回/2 箇月）では生物膜が成長しすぎて、剥離し浮いてしまう現象が頻発した。また、ろ過速度を少し下げたりすると、ろ過池壁面に緑色の藻類が繁殖する現象が発生した。

(2) 原因

珪藻類及び緑藻類の繁殖に適した条件が整ってしまったためと考えられる。

(3) 対応

pH 値の上昇など、ろ過水質に影響を及ぼすほどではなかったが、35%遮光ネットを設置し、過剰な藻類の繁殖を抑制させた。

事例 5

(1) 現象

ろ過水ピット内で、小さなハゼのような魚とエビが発見された。

(2) 原因

砂面の水の排水管とろ過水ピットの排水管が繋がっており、排水時に誤って同時に排水バルブを開閉したため、砂面の水の排水側からろ過水ピットへ逆流したと推定される。

(3) 対応

ろ過池ピット内の清掃を実施し、バルブ操作を行った業者へ指導を徹底するとともに、バルブ操作を行う人員を限定した。

事例 6

(1) 現象

緩速ろ過方式では、定期的にもろ層表面を削取る作業が必要だが、削取り作業のため 1 池を水干し、他のろ過池のろ過流量を増やして、配水池への送水量を確保した結果、ろ過流量を増やしたろ過池の損失水頭が上昇し、こちらも削取り作業をする必要が生じた。

(2) 原因

短期間でろ過流量の変更をしてしまったことが、原因として考えられる。

緩速ろ過では、微生物群が原水中の濁質等を捕捉・分解し水を浄化するために、ある程度一定の流速の中でろ過水量を管理する必要がある。しかし、配水池への送水量を確保するために、ろ過流量をこまめに調整してしまったことで、生物群の活動を妨げてしまった。結果として、ろ過池の損失水頭が急に上昇してしまう事態になったと考えられる。

(3) 対応

一旦すべてのろ過池の削取りを行い更正した上で、各ろ過池の流量をほぼ均等にして管理を行うこととした。また、ろ過流量の変更も可能な限り 1 週間単位で行うようにした。

事例 7

(1) 現象

冬季の積雪等による凍結を防止する目的で、ろ過池に屋根を設置していたが、冬季になるとろ過水濁度が高くなるトラブルが発生した。

(2) 原因

原因は、微生物群の活動が冬期間に低下したためと考えられる。ろ過池の屋根には採光用の穴が所々開いてはいたが、水温の低下と相まって、微生物群が機能を果たさなくなっていたと考えられる。

(3) 対応

この浄水場は緩速ろ過と急速ろ過を併用しており、緩速ろ過のろ過水量が低下しても給水に支障が出なかったため、ろ過水濁度が回復するまでは捨水することにした。

事例 8

(1) 現象

図 3-24 は、平成 29 年 5 月中旬～8 月中旬の浄水場におけるろ過損失水頭の推移をグラフ化したものである。平成 27 年のデータを併記しているが、比較すると平成 29 年の損失水頭は顕著に上昇している。

平成 27 年は浄水場に近接する河川水を原水とし、平成 29 年は浄水場から標高約 160 m、距離約 4 km 離れたダム貯留水を原水としており、損失水頭の急上昇は原水の違いによる。

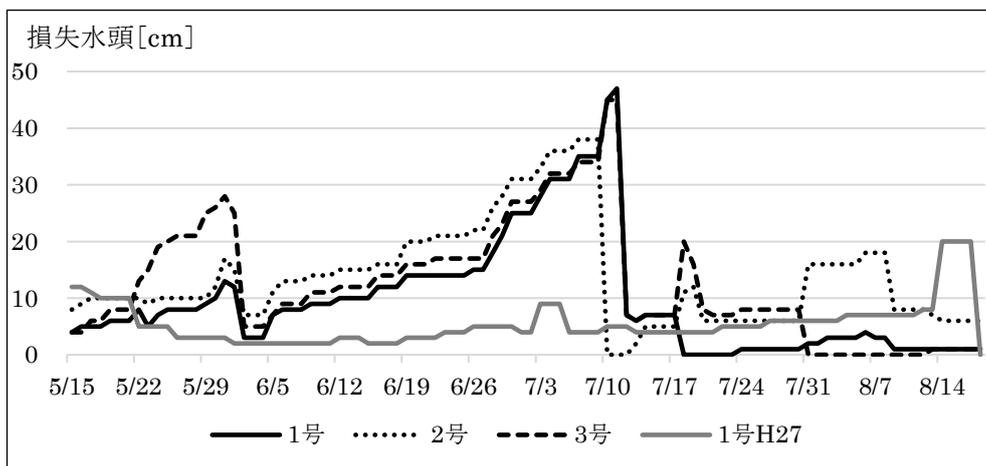


図 3-24 損失水頭の推移

調整井にある可動堰の構造は、隣接するろ過池の損失水頭による水槽水位の変動で、損失水頭フロートが上下することにより、可動堰をモータで流量に併せて機械的に稼働させるものである。1日数 cm の急激な損失水頭の上昇が起こった際に、フロートと可動堰の動作が

不良となり、損失水頭が上がっても可動堰は見合った下降をしなかったため、以下の不具合が発生した。

- ・ ろ過量の設定は配水量に合わせており、設定量が確保できないため、配水池の水位が低下した。
- ・ 次亜注入は、設定したろ過量に対して注入率を定める方法のため、ろ過水量に対し多量の次亜が注入され、配水池の残塩濃度が上昇した。
- ・ 配水池の水位低下に合わせ、ろ過量の設定を上げると更に損失水頭が上がるという悪循環が生じた。

(2) 原因

ダムの原水を汲み上げると、炭酸水のような微細な発泡が見られ、明らかに過剰な空気を含んでいることが確認できた。

平成 29 年 7 月 10 日以降の損失水頭の非常に高い時期に（図 3-24 参照）、削取りのためろ過を停止したところ、砂面から多量の気泡の発生が見られた。（図 3-25 参照）

図 3-24 に見られる損失水頭の急激な低下は、原水を近隣河川に変更し 1 日程度ろ過を行ったことによる。

以上のことから、損失水頭の上昇は、砂層内に堆積した空気が原因であり、その空気は原水に由来することが判明した。

溶存酸素量の調査も行ったが、過飽和状態のダム水に対して河川水には過剰な空気の含有がなかった。よって、原水を表流水にすると、砂層内の空気は溶存又は砂層から押し出され、損失水頭が急激に低下し安定すると考えられた。



図 3-25 ろ過池の気泡発生状況

(3) 対応

損失水頭がある程度まで上昇した段階で、原水を表流水に切り替えることとした。表流水を使用すると損失水頭は大幅に低下するが、河

川水は臨時水源であるため長期間の使用はできない。原水をダム貯留水にすると再び急激な損失水頭の上昇が起きるが、原因が原水の水質にあるため、根本的な解決策を見出すまでには至っていない。

事例 9

(1) 現象

ろ過池が閉塞しやすく、削取り回数が増加した。

(2) 原因

砂防ダム内から直接原水を取水しており、降雨時に原水濁度が上昇すると通常時の濁度に低下するまで時間がかかる。そのため、ろ過池の流入濁度を 10 度未満に保持できるように横流式沈でん池を設置し、低濁度時は普通沈でん池、原水濁度が 6 度を越えた場合は PAC を注入し、凝集沈でん池として使用していた。しかし、高濁度時に凝集不良を起こし、フロックがろ過池へ流出してしまった。また、濁度が 6 度未満であっても細かな濁質のある原水であったため、ろ過池が閉塞しやすい状態となっていた。

(3) 対応

凝集不良、濁質流入対策として、PAC の注入率を 10mg/L から 30mg/L に増やし、沈でん池出口濁度を 0.2 度程度まで低下させた。また、原水が低濁度でも、細かな濁質の流入と有機物由来と推測される色度が高い水質であったため、常時 PAC を注入するように見直すとともに、沈でん池内に防風ネットを設置し、流れを阻害することでフロックが沈でんする時間を稼ぐなどの対策を実施した。

これらの対策により、沈でん池出口濁度が 1 度を超えないように管理することで、ろ過池の閉塞を防ぎ、削取り回数を減らした。

事例 10

(1) 現象

浄水能力を超えたアンモニア態窒素が検出された。

(2) 原因

水源上流にある畜産農家が堆肥製造用に河川流域近隣に仮置きしていた糞尿が、雪解け水により河川に流出したため。

(3) 対応

取水を停止するとともに、給水ブロックを変更し対応した。原水水質が回復した後に、沈でん池、ろ過池を洗浄するために維持管理運転を 1 箇月実施した。その後、県の立入検査を受け、結果が良好であったことから運用を再開した。

現在は糞尿の仮置きはないが、製造した堆肥を使用している農地か

ら、大雨時にアンモニア態窒素の河川への流入が見られる。そのため、毎日アンモニア態窒素の測定と上流域パトロールを行い、降雨時には回数を増やして水質異常の有無を監視している。

事例 11

(1) 現象

平年に比べ気温、水温が低下した際に、損失水頭とろ過水濁度が上昇した。砂面の削取りを行ったが状況は改善しなかった。

(2) 原因

水温が低下し粘性が上がったことで、次のような原因で不具合が発生したと考えられた。

削取り回数が年間 18 回程度と多く、洗砂によってろ過砂が微細化し、水が通りにくい構造となっていた。

微生物の活性が悪くなり、生物膜での懸濁物質の抑止効果が低下した。

前段の普通沈でん池で PAC を注入しているが、生成したフロックや懸濁物質がろ層内に侵入した。

(3) 対応

濁度が 0.1 度以下になるまでろ過量を下げた。また、洗砂方法の見直しを行い、微細化した砂を補砂に利用しないようにするとともに、砂面削取りの深度を大きくし、砂層内部に侵入したフロックなどのスラッジを取り除いた。

事例 12

(1) 現象

緩速ろ過池ろ材更生工事完了後、ろ過水濁度が安定しなかったため、当該ろ過池を使用できない状態が長期間に及んだ。

(2) 原因

原因の特定には至らなかったが、以下のように想定された。

ろ材更生工事により玉石を戻した際、大量の玉石が余った。

また、工事完成後集水渠に玉石が落下している状況が確認された。

(図 3-26 参照) さらに砂面に陥没箇所も発生し (図 3-27 参照)、下部層の施工不良が想定された。



図 3-26 集水渠の状況



図 3-27 陥没箇所

ろ過水から、原水優占種ではない珪藻類のニッチアが大量に確認された。それは、工事中のろ過砂の保管方法が悪かったため、保管中に大量発生したと思われる。

(3) 対応

下部層を再施工した。

捨水の継続（その間の削り取り、補砂を含む）ろ過水濁度が安定して 0.1 度以下になるまでに、約 6 年間を要した。

3.4 東北地方における緩速ろ過池の維持管理の現状と今後

今回の研究委員会の調査により把握できた、実際の現場での維持管理の状況を分析し、今後の緩速ろ過池の維持管理について考察する。

3.4.1 原水濁度

1) 現状

図 3-28 は水源種別をまとめたもので、指針では「伏流水など比較的良好な原水に適する」とあるが、伏流水、地下水合わせて 20%である。図 3-29 は、原水の平均濁度をまとめたものであり、全ての浄水場で 10 度を下回っている。

図 3-30 は、原水の最高濁度をまとめたものであるが、最高濁度でも 10 度を下回る施設は 14 施設、36%であった。

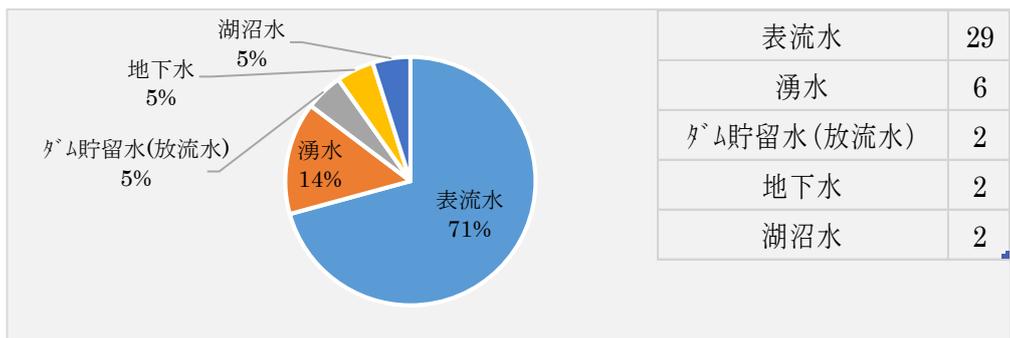


図 3-28 水源

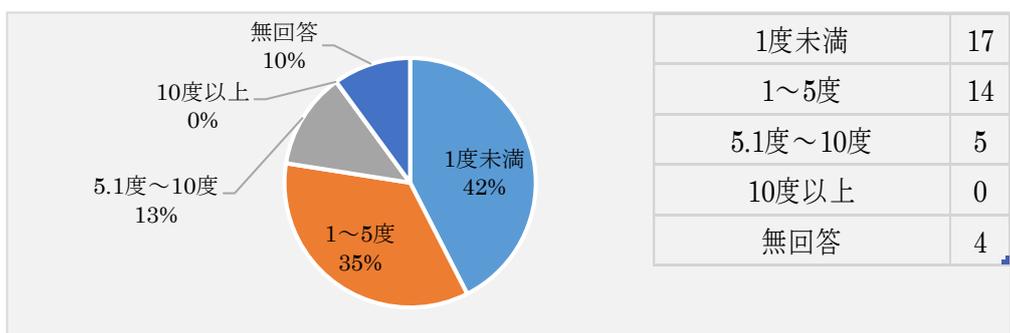


図 3-29 原水平均濁度（平成 28 年度）



図 3-30 原水最高濁度（平成 28 年度）

2) 考察

平均濁度が 1 度未満の施設が半数近くとなっている、最高濁度が 10 度以下の施設は湧水原水の施設数を超えており、71%が表流水であるにも関わらず良好な原水を確保できている。しかし、表流水であるために苦慮している事例をいくつか前述しており、このような事例の収集は有意義なものと思われるが、より掘り下げた記載ができていないことが残念である。

3.4.2 池数、予備池数

1) 現状

図 3-31 は、池数をまとめたものである。全ての施設で 2 池以上を設置している。

また、図 3-32 は、施設の使用年数をまとめたものであるが、施設使用年数が 30 年を超えるものが約 78%であるのに対し、30 年以下のものは約 22%にとどまった。

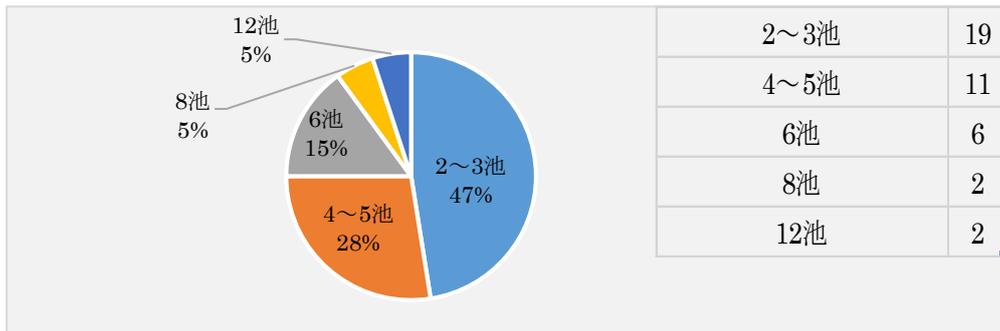


図 3-31 池数の

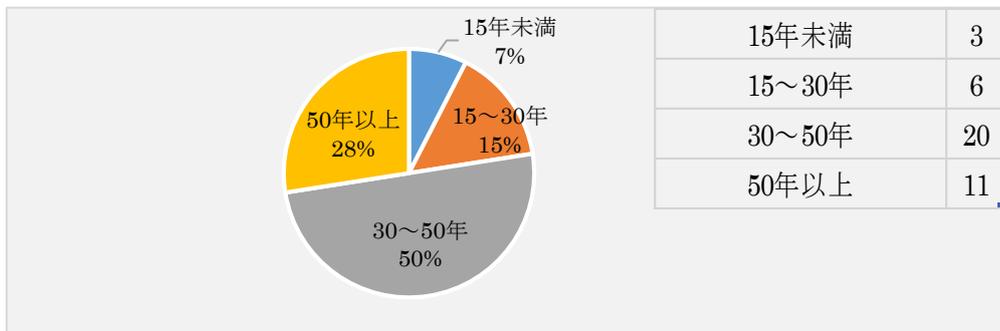


図 3-32 施設使用年数

2) 考察

- 予備池については、既設池数と図 3-33 に示す計算式で算出された必要池数の差とすると、図 3-34 に示すとおりとなり、1 池以上の予備池を確保しているといえる。

$$\text{必要池数} = \text{平均浄水量} \div (\text{池面積} \times 5 \text{ m/日})$$

図 3-33 予備池数の評価に係る必要池数の計算方法

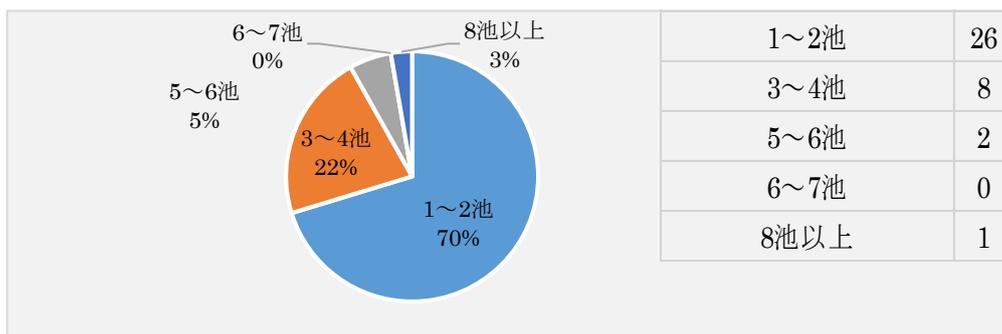


図 3-34 想定される予備池数

- ・ 施設については、一概にはいえないが、アンケートの結果を踏まえると、比較的新しい施設が少なく、表流水を原水にしている施設が多く、更新する際は緩速ろ過方式を採用する割合が減少しているとも推察される。

3.4.3 普通沈でん池の設置

1) 現状

図 3-35 は、浄水処理方式をまとめたものである。普通沈でん池を設置しているのは 27 施設、67%となっている。

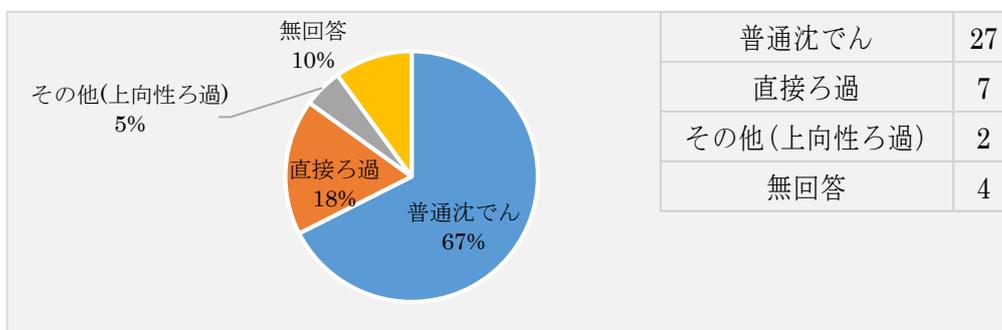


図 3-35 浄水処理方式

2) 考察

普通沈でん池を設置している施設のうち 10 施設、37%が PAC を注入できる方式にしている。PAC を注入した場合については、アンケートにおける事例に示すような、ろ過池への不具合事例も報告されている。

対処の考察については、委員からの提案を 3.4.13 に後述するが、他施設においても参考となるデータとなるものと思われる。

3.4.4 沈でん水濁度

1) 現状

図 3-36 は、沈でん水濁度をまとめたものであるが、回答があった施設では、0.3 度以上が 7 割以上を占める。

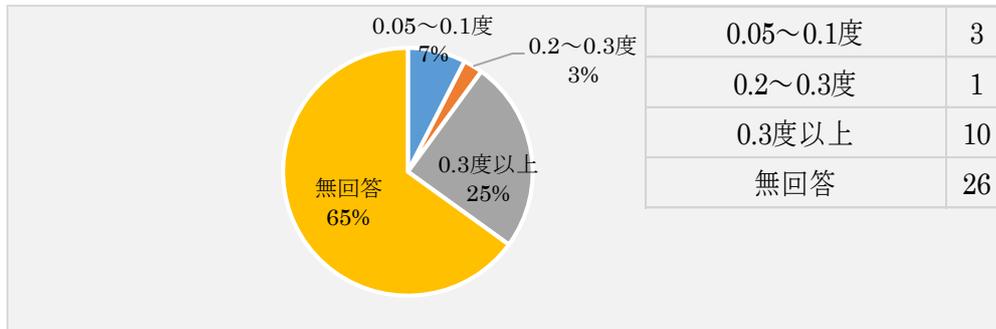


図 3-36 平均沈でん水濁度（平成 28 年度）

2) 考察

普通沈でん池を設置している 27 施設のうち、13 施設からは平均沈でん水濁度が回答されなかった。平均原水濁度は回答していて、平均沈でん水濁度を回答していない 10 施設（いずれも PAC 注入はしていない）については、沈でん処理水の濁度測定をしていないものと思われる。

沈でん処理水の濁度を測定すれば、ろ過池に対する濁度負荷量が分かり、濁度負荷量が一定量を超えたら砂面削取りを実施する、といった効率的な維持管理も可能となる。また、地球温暖化の進行により大雨が降る頻度が増加傾向にある等、原水水質を取り巻く環境が今後変化していくことを考慮する必要もある。

よって、原水の濁り成分が普通沈でん池で対応できるものなのかを把握し、凝集剤注入設備の設置の要否等、将来の施設整備計画に反映させることが重要となる。

3.4.5 ろ過速度

1) 現状

図 3-37 は、ろ過速度をまとめたものである。5 m/日を超えている施設は、3 施設あった。

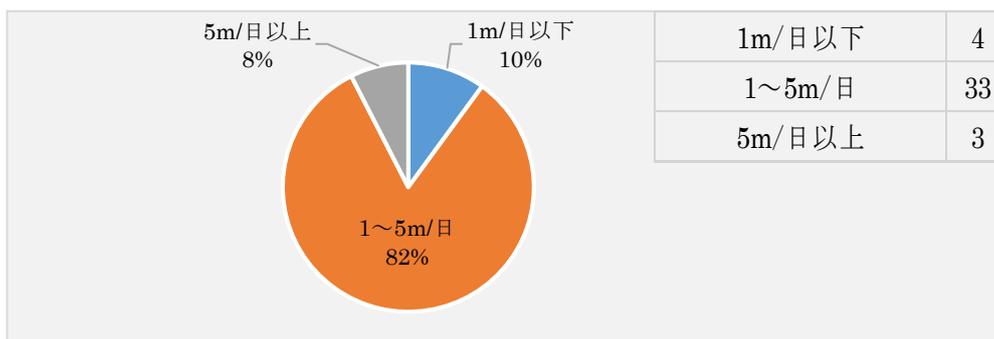


図 3-37 ろ過速度

2) 考察

- ・ 5 m/日を超えた 3 施設は、原水が表流水と湖沼水であるが、年間を通して清澄な原水であり、指針でいう「原水水質が良好な場合」といえる。
- ・ アンケートにおける平均的なろ過速度の調査では、1 m/日以下、1 ~ 5 m/日、5 m/日以上の 3 種類に分類したため、8 割以上が 1 ~ 5 m/日となっている。アンケートにおける浄水能力（5 m/日で設計されていると仮定する）と平均的な浄水量から計算される推定ろ過速度は図 3-38 のとおりとなる。

推定ろ過速度 = 平均浄水量 ÷ 有効ろ過面積
 有効ろ過面積 = 浄水能力 (m³/日) ÷ 5m/日

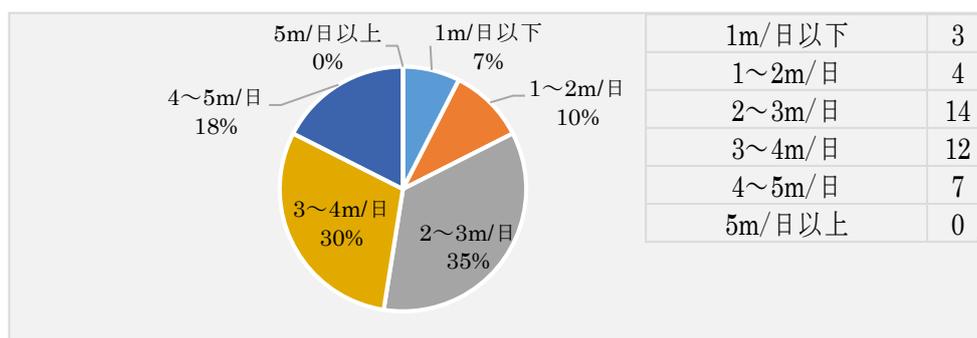


図 3-38 推定ろ過速度

指針のとおり 4 ~ 5 m/日でろ過している施設は 17.5%（7 施設）のみでその他は 4 m/日以下、最も多いのは 2 ~ 3 m/日となった。指針よりも遅い速度でろ過をしている理由については、今回のアンケート結果では聞き取りを行っていない。

比較的水温が低い東北地方では、低ろ過速度でも藻類の異常繁殖による水質悪化が起こりにくく、今後の人口減少に伴う更なる給水量の減少を視野に入れても、既存の施設でろ過速度が遅く施設効率が低くなっても大きな問題とはならない。また、アンモニア態窒素、鉄、マンガン、臭気物質等の溶存性物質もある程度除去できる緩速ろ過にとっては、遅いろ過速度のほうが溶存性物質の除去が期待でき、よりおいしい水を水道利用者へ供給できる可能性がある。

3.4.6 砂面の削取り

1) 現状

図 3-39 は、砂面削取りの頻度をまとめたものである。前述のとおり良好な原水であるが、表流水が多いことからか、毎月や2回/月程度やそれに近い頻度の施設が見られる。

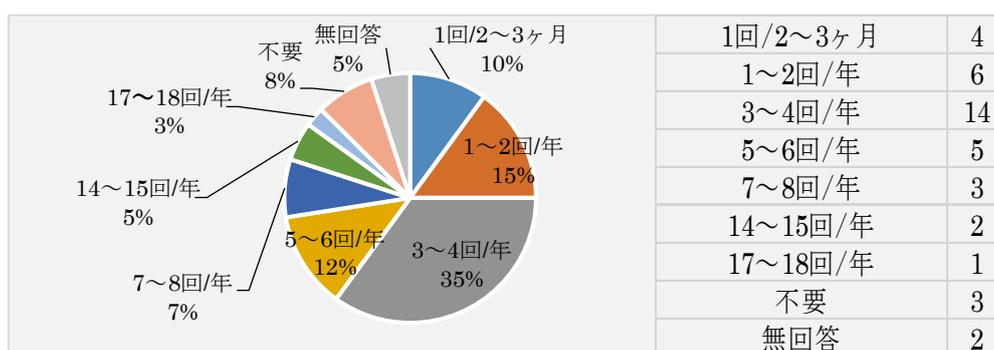


図 3-39 砂面削取り頻度

2) 考察

- PAC を注入している施設は、1～2箇月ごとに一回と総じて削取り回数は多く、不具合事例にもあるが、フロックが沈でん池内で沈降しきれていない状況が見られる。
- 砂面削取りの事由は、表 3-10 に示すとおりとなる。指針では、削取りは水頭が砂面まで低下した場合、となっている。平均浄水量を浄水能力で割った稼働率が高い施設は、砂面削取り対象池の続出を防ぐため、定期的又は早めに削取りを行い、浄水量の確保に努めている状況が見られる。

表 3-10 砂面削取りの事由のまとめ

損失水頭で管理	14
定期的な実施	10
ろ過流量で管理	4

- 指針のとおり砂面削取りを損失水頭で管理すると次のような問題が懸念される。

- 削取り厚が増大し人力による削取りが困難になる。
- 砂面が生物膜というよりも泥の堆積物のような状態（図 3-40 参照）になり砂深層部へスラッジが侵入する。
- ある時期に砂面削取り対象池が続出する。
- 事前に年間の削取り回数が決められない。

前述の浄水量確保に加えて、削取り作業は委託が進んでいく方向にあり、業務委託としては定期的な実施のほうが事務処理を行いやすいという側面からも定期的な削取りは有効な手段と思われる。



図 3-40 泥の堆積物のような生物膜の写真

3.4.7 補砂

1) 現状

図 3-41 は、補砂の頻度をまとめたものである。指針では、補砂は切り返しを伴うものであるが、補充を行っているケースがあった。

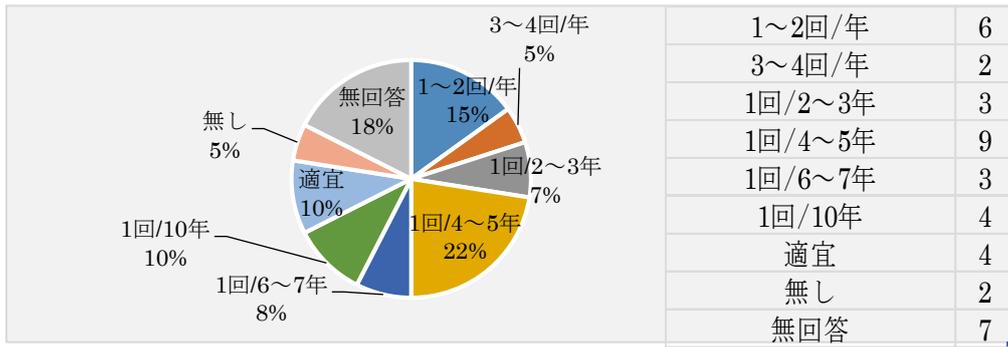


図 3-41 補砂頻度

2) 考察

- ・ 「無し」と回答された2施設は上向性ろ過方式であり、洗浄を行うことにより削取りを要しないものである。
- ・ 指針では、砂層厚は70～90cm、削取りは残厚40cm、砂層の表面約1cmとなっている。18回/年削取りを行っている施設でさえも、年間18cmであるので、かなり深く削り取っている施設がある。前述した藻類の浮上や魚類、貝類、ミズミズなどの発生は、時期が限られるものもあるので、不具合事例にあるように施設特有の事情である。

3.4.8 砂層調査

1) 現状

図 3-42 は、砂層調査の実施状況をまとめたもの、図 3-43 は、調査頻度をまとめたものである。また、図 3-44 にろ過砂、図 3-45 に砂利の理化学試験の実施状況をまとめた。砂利の理化学試験まで行う施設が1施設あった。

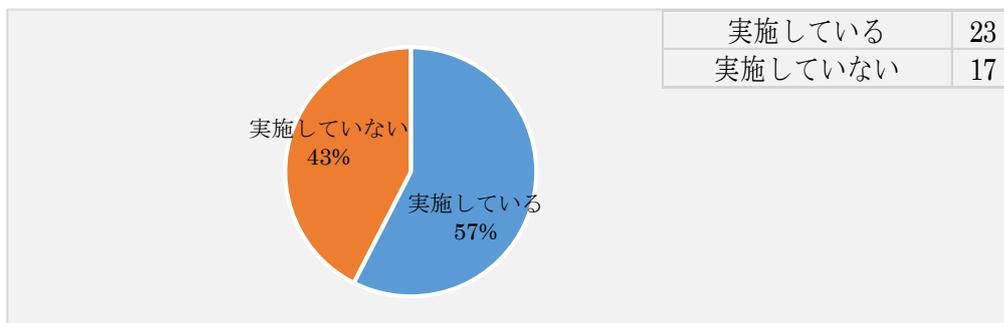


図 3-42 砂層調査実施状況

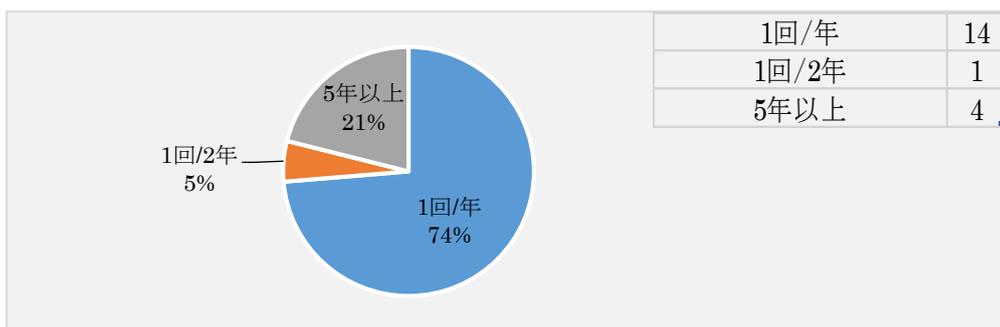


図 3-43 砂層調査頻度

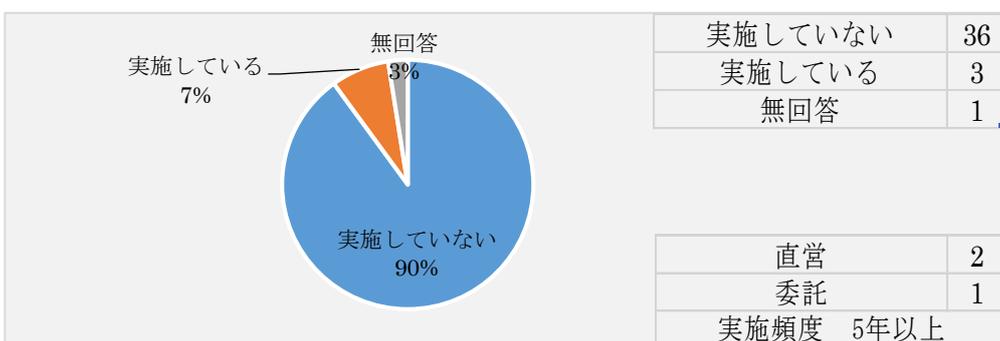


図 3-44 砂の理化学試験実施状況

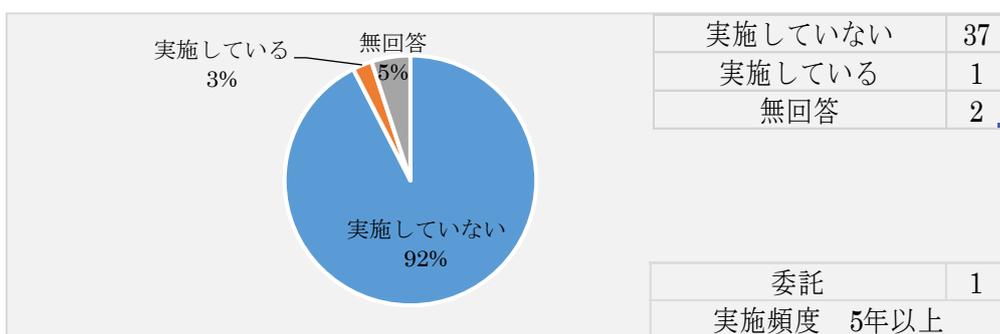


図 3-45 砂利の理化学試験実施状況

2) 考察

- 砂層調査は、57%の施設が実施しているとなっているが、砂の掘り出し硬さ、色などを調査している施設に対し、層厚測定のための施設も含まれている。汚砂削りの時期の判定には、層厚の管理が必要であるため、質問の趣旨が曖昧であった。
- 1施設は、砂と砂利のふるい試験、塩酸可溶率など全 11 項目の調査を行っている。補砂用の砂が新砂の場合は、将来にわたってそのような形態をとれるものとも思われず、初期値を把握し今後データを蓄積するという発想もあるのではないか。

3.4.9 砂利層の整備

1) 現状

図 3-46 は砂利層整備の状況をまとめたものである。実施している施設は 3 件と少ない。なお、メーカーからの回答が不要、との回答もあった。

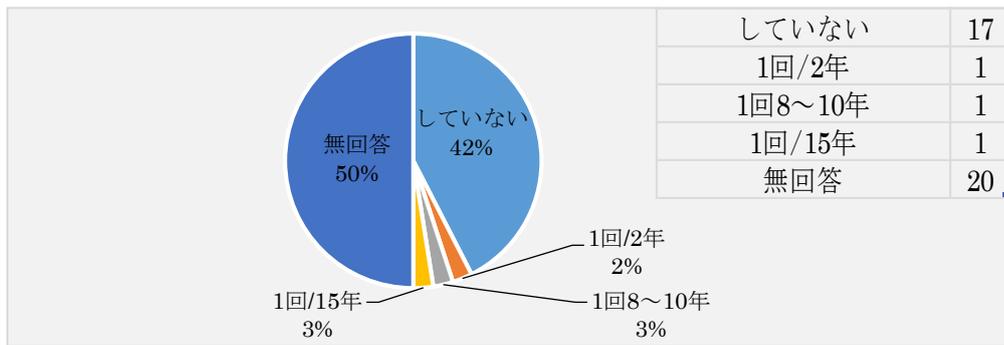


図 3-46 砂利層整備実施状況

2) 考察

補砂工事の際は、砂利層が見える状況になるが、図 3-34 に示す予備池の状況では、台風や豪雨による原水濁度上昇、他池の汚砂削りなどの制約から、長期停止となる砂利層の整備までは行えていないと思われる。

3.4.10 ろ過池の清掃

1) 現状

図 3-47 は、ろ過池の清掃頻度をまとめたものである。回数が多い事例は、削取りや補砂に合わせて壁面を清掃しているものである。

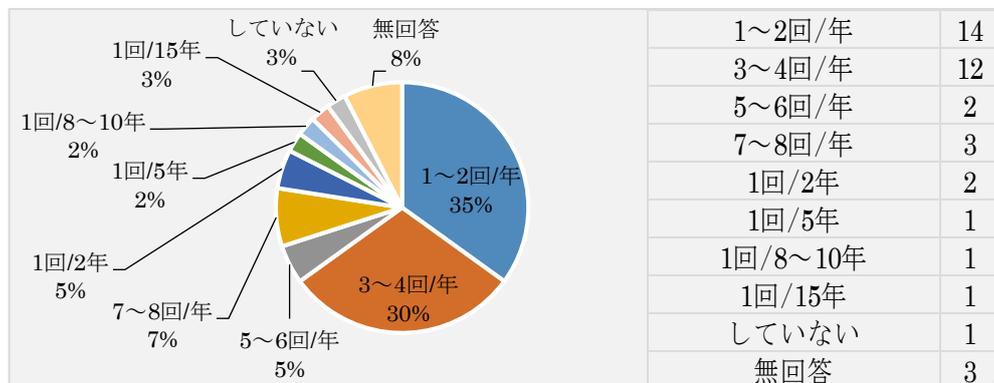


図 3-47 ろ過池清掃実施状況

2) 考察

下部集水装置の点検、清掃を合わせて行う大規模なものから、削り取りに合わせて壁面のブラッシングまでと、幅広い回答となった。砂利層や下部集水装置まで清掃している施設は、8件と少ない。図 3-48 は、砂利層のスラッジの侵入状況の写真であるが、長年使用したろ過池は砂利層や集水装置へのスラッジの侵入が見られるので、定期的に清掃を行うことが望ましい。



図 3-48 緩速ろ過池の砂利層のスラッジ付着状況写真

3.4.11 削り取り砂の利用

1) 現状

図 3-49 は、砂面削り取り砂の処置状況をまとめたものである。有効利用は、指針にあるように洗砂作業を行い、ろ過砂として再利用するもののほかに、天日乾燥床として再利用している施設がある。

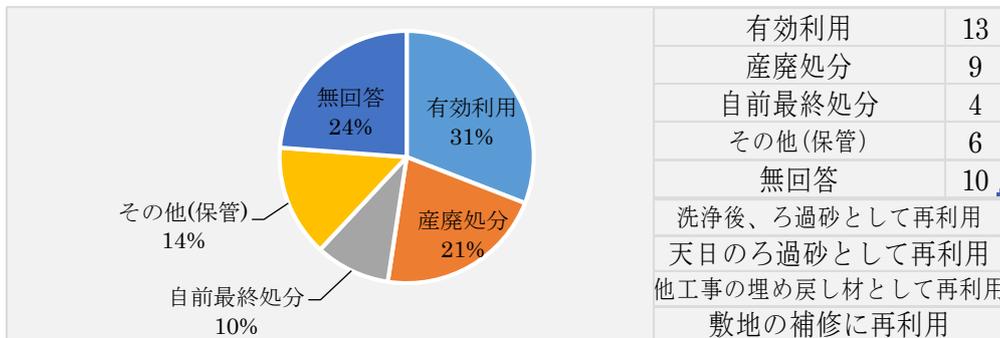


図 3-49 削り取り砂の処置

2) 考察

洗砂には、高額な機器の導入と作業人員の確保が必要であるため、図 3-49 に示すように、多くが汚砂は処分、補砂は新砂としている。しかし、採石場の新規立地に係る反対運動、公害の発生などの諸問題により、現状の価格が長期的に続くとも限らない。このような事案にも、広域化のメリットがあると思われる。

3.4.12 マニュアルの整備状況

1) 現状

図 3-50 は、マニュアルの整備状況をまとめたものである。無しが 43% となっている。

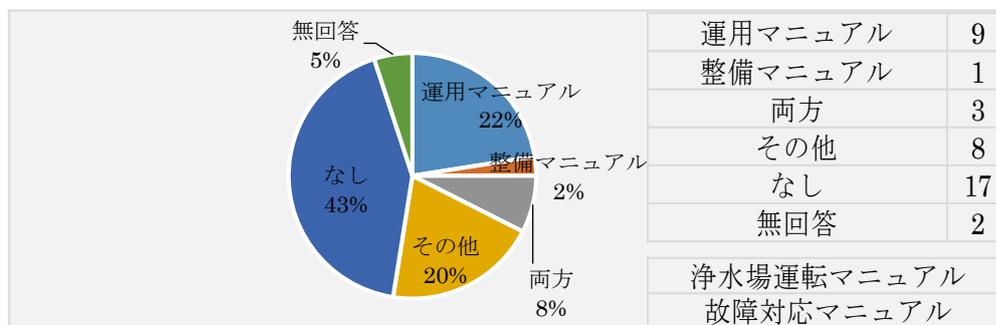


図 3-50 マニュアル整備状況

2) 考察

緩速ろ過池については、原水にその運営方法が左右されるものであり、マニュアルはいわば維持管理の記録としての側面がある。不具合事例にもあるような突発事故へ適正に対処した事例も含め、マニュアルは整備すべきである。

3.4.13 その他の提案

平成 29-30 年度の浄水研究委員会における情報交換及びアンケート結果から参考となる事項を、次のとおり提案する

1) ろ層内空気排除による損失水頭回復

ろ層内エアロックによって、損失水頭が上昇していると思われる事例が複数あった。事例では対応に苦慮している状況であり、削取りをしなくても、以降のように他池のろ過水を逆流させることで、損失水頭の回復が期待される。

(1) 事例（不具合事例 8 に記載）

普段はダムを水源としているが、臨時水源として表流水を使用できる浄水場で、ダム水を使用する場合は損失水頭が上がり、表流水を使用する場合には損失水頭が上がりにくい傾向が見られている。ダムからの導水管では、導水過程に過飽和状態で空気が水に取り込まれ、ろ層内で気体に戻りガスロックしている、と考えられている。確かに、ろ過を停止したところ砂面から気泡が出てきて（図 3-51 参照）、その後ろ過を再開するとろ抗は下がっている。（図 3-52 参照）

(2) 提案

- ① 砂面削取り後、通常であれば 1 箇月以上はろ過継続できていた緩速ろ過池で、削取り後 2 週間で損失水頭が上限となりろ過ができなくなった。砂面の生物膜はそれほど厚くなっていなかったことから、試験的に次の手順で他池ろ過水の逆流を行った。

手順 1	砂面上排水管でろ過池水位を砂面上 20cm 程度まで下げた。
手順 2	近接しているろ過池のろ過水を使用し、当該ろ過池を 2 m/日程度で逆流させた。図 3-51 がその状況であるが、砂面の所々から気泡が出て、気泡発生は 30 分間程度続いた。写真の水面に何か浮かんでいるように見えるのが気泡である。
手順 3	気泡が出てこなくなったら、削取り後の操作と同様にして原水を流入させ捨水状態にした。



図 3-51 気泡発生の様子

- ② ろ過池が満水になり捨水状態にした直後は、図 3-52 に示すとおり損失水頭が下降した。(0.80m→0.50m) その後すぐに逆流前と同程度まで損失水頭は上昇したが、低ろ過速度のまま 1 週間経過す

ると損失水頭は下降し始め、ろ過速度を上げてても損失水頭が急激に上昇することはなかった。図 3-53 に示すように、ろ過水濁度は逆流直後に 0.1 度を超えたが、その後は十分低い範囲であった。

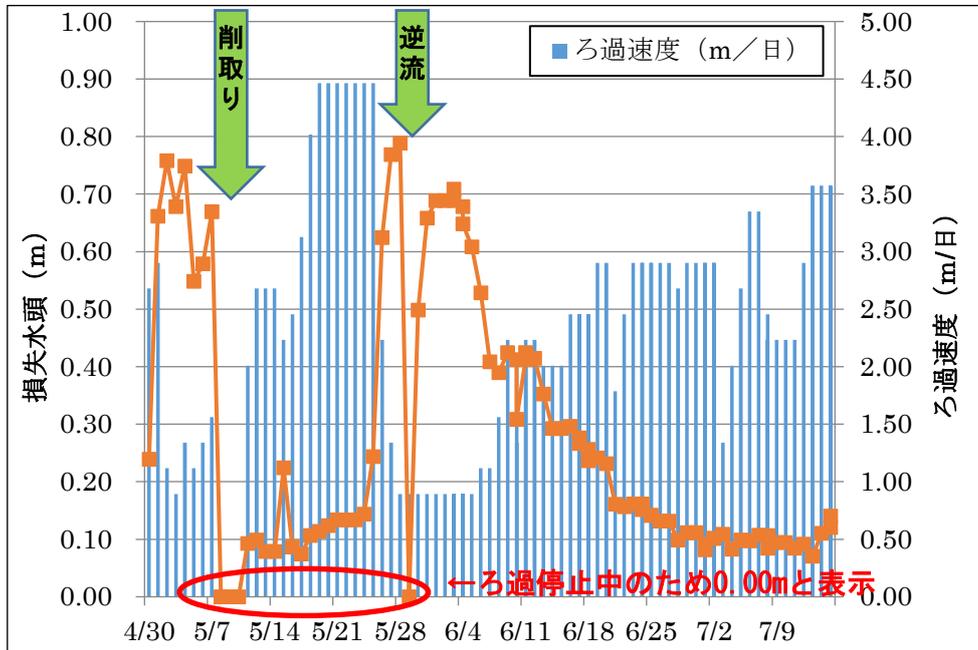


図 3-52 逆流前後の損失水頭の変化

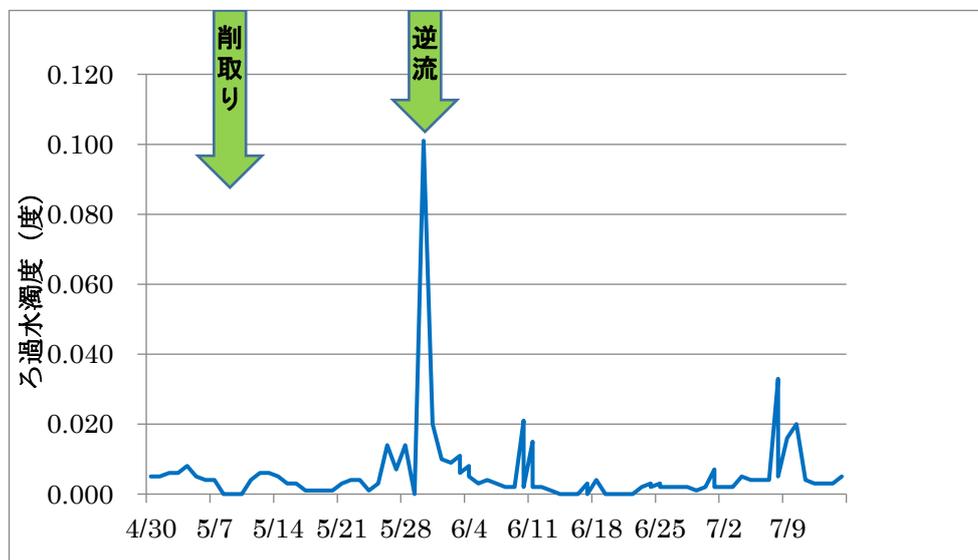


図 3-53 逆洗前後のろ過水濁度の変化

- ③ この他にも、この浄水場では冬期に逆流を行ったが、気泡は発生せず損失水頭の回復は見られなかった。また、強固な生物膜が形成された初夏に逆流を行った場合には、図 3-54 に示すとおり気泡の発生と生物膜の膨らみが確認できたが、生物膜が再び砂面に張り付

き損失水頭の回復は見られなかった。



図 3-54 膨らんだ生物膜（左）と皺になって砂面に張り付いた生物膜（右）

- ④ 図 3-52 のように、他池からの逆流はエアロックの解消を期待できるが、生物膜の状況を確認しながらの実施となる。

2) 緩速ろ過に最適な凝集沈でん処理

急速ろ過における凝集剤の役割は、原水中の濁質を沈降しやすいフロックにして沈でん池で除去し、さらに沈でん処理水に残留した濁質を、ろ過池で捕捉することである。これに対して、緩速ろ過では、濁質を沈でん池で除去することだけを目的とし、凝集剤がなくても濁質を捕捉できる緩速ろ過にとって、沈でん処理水中に凝集剤を残留させる必要はない。

アンケート結果では、PAC を注入している施設は、総じて削取り回数が多いという結果であった。PAC 注入に係る不具合事例では、凝集不良によるキャリーオーバーによるものもあるが、PAC が沈でん処理水に残留していることもろ過閉塞を速めている原因、と思われる。沈でん処理水に、凝集剤を残留させないための方法について次のとおり考える。

(1) 沈でんについて

沈でん池の除去能力の指標である表面負荷率は、指針において、

(緩速ろ過)	普通沈でん池	5～10	mm/min
(急速ろ過)	横流式沈でん池（単層）	15～30	mm/min
	（多階層）	15～25	mm/min
	傾斜板（管）式沈でん池	4～9	mm/min
	（短絡流による能力低下のおそれあり）		
	高速凝集沈でん池	40～60	mm/min

上表の通りとなっており、標準的な設計の普通沈でん池であれば、急

速ろ過の沈でん池よりも除去能力は高い。普通沈でん池にとっては、急速ろ過のように沈降速度を重視した大きなフロックを形成させる必要性は低い。

(2) PAC 注入率について

- ① 大きなフロックを形成させるためには、PAC の注入率は多くなるが、小さなフロックの形成であればより少ない注入率でよい（注入率が少なければ沈でん処理水への残留も少なくなる）。図 3-55 は、浄水場の原水を使って最低限フロックが形成する注入率を見極めるために行ったジャーテストである。

ジャーテスト条件

原水濁度 41 度、原水水温 16°C、原水アルカリ度 13mg/L
攪拌強度 $G=55s^{-1}$ 、攪拌時間 8.2 分（緩速着水井で水流による混和の攪拌強度を想定している。）

沈降時間 30 分（3.3 mm/min 相当）

PAC 注入率（左から）11mg/L、12mg/L、13mg/L、14mg/L

苛性ソーダは注入していない。



図 3-55 ジャーテスト沈降終了時の写真

左側 2 個（PAC 11mg/L、12mg/L）はフロックが形成されずあまり沈降しなかったが、右側 2 個（PAC 13mg/L、14mg/L）は微細なフロックが形成され沈降時間 30 分以内にほとんど全て沈降した。この時の急速ろ過系実施設の最適薬品注入率は PAC 60mg/L、苛性ソーダ 4.8mg/L（100%換算）であり、急速ろ過よりもかなり少ない注入率でよいことになる。

(3) ろ過閉塞のしやすさについて

- ① 前述のジャーテストとは違う時期になるが、原水濁度 17 度の時に同様の条件でジャーテストし、沈降終了後にその上澄水の STR (Suction Time Ratio: 吸引ろ過時間比) を測定した結果が図 3-56 である。フロックが形成された PAC 注入率 15mg/L 及び 20mg/L では上澄水濁度が 0.2 度以下まで下がった。STR も凝集沈でんによって原水よりは改善されているが、通常原水 (濁度 0.5 度程度、PAC 注入なし) と比べて高い値であり、PAC を注入すれば沈でん処理水濁度を低く維持できたとしても、ろ過閉塞を速めてしまうことが示唆された。

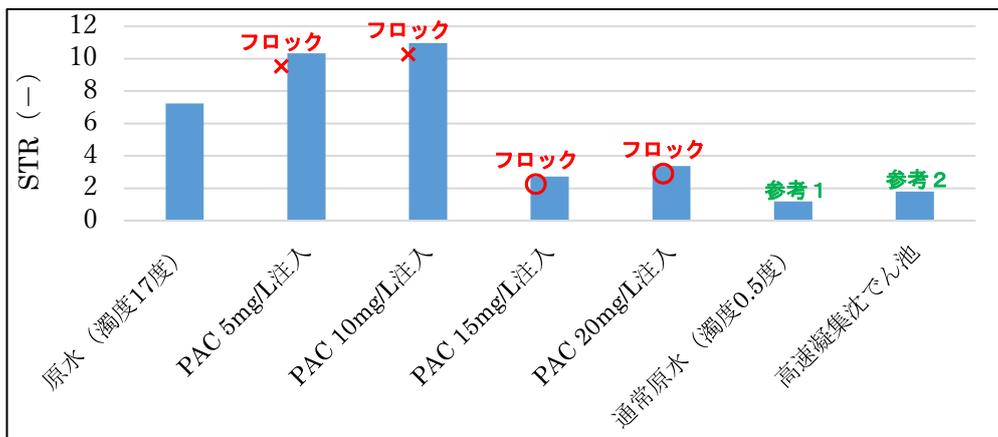


図 3-56 PAC 注入率と沈でん処理水 STR の関係

- ② PAC を注入してもろ過閉塞に影響を与えないようにするには、「高濁度原水への対応の手引き」(平成 26 年 6 月 公益財団法人水道技術研究センター)の「7.3.1 (2) 横流式沈でん池における攪拌強度の強化について」にあるように、緩速ろ過の前処理においても攪拌強度を強化して PAC の凝集能力を最大限に発揮させ、注入率をさらに下げることが有効と思われる。

3) 維持管理の現状

緩速ろ過池は、水源由来の生物にその機能を委ねていることもあり、運用方法は場所によって異なる。参考として、公称能力 15,000 m³/日、平均処理水量は約 7,500m³/日の緩速ろ過方式における、現状の施設の運用手法を以下に記載する。

(1) 沈でん池

普通沈でん池で整流壁があり、浮動流出管にてろ過池への流出を行っている。表面負荷率 7.6mm/min、平均流速 4 cm/min 程度となっている。

【運転】

- ・ ろ過池流入水濁度は5度以下としている。
- ・ 常時 PAC 注入による凝集処理を行っている。
- ・ スラッジ再浮上の対策用波浪防止装置は設備していない。
- ・ 排泥設備は備えておらず、沈でんスラッジについては年1回の沈でん池清掃で処理を行っている。
- ・ 藻類対策の塩素処理、遮光ネットなどの設置は行っていない。
- ・ 凍結対策として、浮動流出管付近へ水中ポンプを設置し波立たせた時期もあったが、沈でん池の水位に変動があることやフロックの撒き上がりにより沈でんを阻害した経緯もあり現在は行っていない。

【日常点検】

- ・ 巡視による目視点検。
- ・ 異常時の対応は、適宜行っている。

(2) ろ過池

【運転】

- ・ 砂面上 90cm～120cm で管理している。
- ・ ろ過速度について、平均 2.1m/日であり最大 3.2m/日（計画最大ろ過速度 4.1m/日）、通常は日配水量の予測から平均ろ過流量を設定し、ろ過流量の変動を極力少なくするように努めている。
- ・ ろ過池の流出水位は、可動堰（電動テレスコープ）を利用し、砂層表面より低下させないように管理している。
- ・ 可動堰による流量自動制御にて、許容損失水頭 0.9m のうち 0.6m 付近で損失水頭に余裕を残し、削取り作業を計画的に実施するよう努めている。
- ・ 水張り作業は、削取り作業後に隣接する他のろ過池の水を利用し逆張を行う。
- ・ バルブを誤操作しないよう、委託業者に注意喚起している。
- ・ ろ過水濁度管理目標値である 0.05 度以下で管理し、0.05 度を超えた場合はろ過を停止、又はろ過排水に切り替え対応した後、0.05 度を下回ったことを確認しろ過を行う。
- ・ ろ過池を停止しないよう運用している。

【砂の削取り及び補砂】

- ・ 補砂作業時のみ壁面清掃を実施
- ・ 砂層表面約 1 cm の削取りを行い、不陸のないよう平坦に均している。
- ・ 逆張速度 2 m/日以下で行っている。
- ・ 流入はボールタップ弁にて規定の位置で調整停止可能であり、

流入箇所には嵩石を設置し、洗掘を防止している。

- 削取り後、40 m³/h にて 24 時間ろ過排水をろ過水濁度監視の上実施している。使用開始は、ろ過排水後さらに 40 m³/h で 24 時間低流量でろ過を行っている。
- 使用開始時は水質計器にて濁度確認を行っている。

第4章 急速ろ過池について

4.1 急速ろ過池の概要

4.1.1 原理

1) 急速ろ過池の役割

急速ろ過方式は、原水中の懸濁物質を薬品によって凝集させた後、粒状層に比較的速い流速で水を通し、主としてろ材への付着とろ層でのふるい分けによって濁質を除去する。除去対象の懸濁物質は、あらかじめ凝集作用を受けて、付着やふるい分けされやすい状態のフロックになっていることが必要である。

たとえ、原水が低濁度であっても急速ろ過池でろ過するのみではクリプトスポリジウムを含めコロイド・懸濁物質の十分な除去は期待できないので、必ず凝集剤を用いて処理を行う。

2) 懸濁物質除去のメカニズム

ろ層における懸濁物質除去の機構は、二つの段階に分けて考えられている。第一は、懸濁粒子が流線から離脱してろ材の表面近くまで輸送される段階で、ふるい分け、阻止作用と重力沈降作用が卓越して進行すると考えられている。

第二は、輸送された粒子がろ材表面に付着して捕捉される段階で懸濁粒子と抑留表面（ろ過初期にはろ材表面そのもの、その後は補足された懸濁粒子により形成された表面）との関係に依存すると考えられている。

すなわち、急速ろ過方式のメカニズムは、原水中の懸濁物質を薬品によって凝集させた後、主としてろ材への付着とろ層でのふるい分け作用により、濁質を除去するものである。

微小フロックがろ材の表面に接触付着し、ろ材の表面が付着したフロックで覆われてくると、後続の微小フロックは、この先行付着したフロックの上にさらに付着凝集して、ろ層中の抑留量を増やしていく。このようにろ材表面での抑留が、ろ過作用の主要因であるので、できるだけ多くのろ材表面を付着用に供した方が、ろ過作用は有効に果たされる。

急速ろ過法は、凝集作用を受けていない水を急速ろ過しても、ほとんど除去効果は期待できない。

3) 表層ろ過と内部ろ過

ろ材の粒径を細かくするほど抑止効果は高まり、ろ層厚さが薄くても濁質を抑止できることになるが、抑留物が表面のろ層に集中して高い損失水頭を生じるので、長時間のろ過持続が困難になる。これに対し、ろ層の内部にフロックを侵入させ、ろ層全体を利用して濁質を捕捉できるようなろ層にすれば、大量の濁質をろ層内に抑留することが可能であり、損失水頭も小さい。ろ層の厚さ方向でのろ過機能の負担のさせ方により、前者を表面ろ過、後者を内部ろ過（体積ろ過）と称している。

また、ろ層でのフロック補足状態はフロックの強度によって異なる。一般的に濁質当たりの凝集材量（AI/T比）の高いフロックは強度が低く、一旦ろ材表面に付着しても、水流による剪断力によって破壊され、漏洩しやすい。一方、（AI/T比）が低く、強い攪拌を受けて生成したフロックは強度が高く、漏洩しにくい。

4) 単層ろ過と複層ろ過

通常のろ材は粗細いり混じった粒径分布を持つので、逆洗洗浄すると細かいろ材が上に集まり、粗いろ材が下に分けられる傾向がある。このろ層に下向きに未ろ過水を流すと、水中のフロックの大部分は表層近くで除去され、表層における損失水頭が高まり、ろ層内部の抑留容量を十分に利用しないうちにろ過を打ち切り、洗浄することが必要になる。

砂だけをろ材とする単層ろ過池で、この短所を緩和するには、ろ材の粒度分布幅を小さくし、かつ粒度を大きくして、表層への抑留量の集中を和らげ、さらにろ層を厚くすることによって、漏洩を遅らす工夫がなされる。

内部ろ過は、比較的高速のろ過をすることにより、フロックをろ層深部に侵入させろ層全体を利用するものである。粒径も空隙率も水流方向に向かって、徐々に小さくなるようなろ層構成を作ることができれば、高度の除濁能力と大量の抑留機能を併せ持つことができる。逆流洗浄を行っても、このようなろ層構成を保つには、上層よりも下層を構成するろ材の沈降速度を大きくすればよい。そのためには、下層に密度の大きなろ材を用いる必要がある。

粗粒層から細粒層へと、水を流すろ過池を目指した一つの形として、密度の異なる複数のろ材を用いた多層ろ過がある。実例が多いのは、砂の上にアンストラサイトをのせた二層ろ過で、濁質の抑留を砂と比較して粒径が大きく密度の小さいアンストラサイト層に、抑止機能を砂層にそれぞれ分担して負担させるものである。各層の中では、上部に細かいろ材が集まる傾向は避けられないが、全体として上から粗粒ろ材、細粒ろ材の順にろ層構成が得られ内部ろ過がしやすくなる。

4.1.2 重力式開放型ろ過池

1) ろ過池

急速ろ過池は、重力式（水面開放型）と圧力式（有圧密閉型）に分類される。重力式が標準とされ、多くの事業者で使用されている。

コンクリート構造の池の底部に下部集水装置を設け、その上にろ過砂利層、そのまた上にろ過砂層を設ける。

ろ過池の深さは、下部集水装置の高さ、砂利層厚、砂層厚、砂面上の水深と余裕高によって決定するが、ろ層の損失水頭を考慮しなければならない、一般的には、下部集水装置の底板から水面まで3 m程度となっている。

2) 下部集水装置

下部集水装置はろ材の支持、ろ過水の集水、逆洗洗浄水の均等配分等の機能を併せ持つものを設ける。

損失水頭、断面とも小さい方が経済的であるため、これらの値をできるだけ小さくするような様々な形の装置が用いられている。図4-1～4-3のような、陶磁器やプラスチックでできている有孔ブロック形や、コンクリート成形品を底板に設置するホイラー形や、底板に直接埋め込むストレーナ形等様々な形状が存在する。

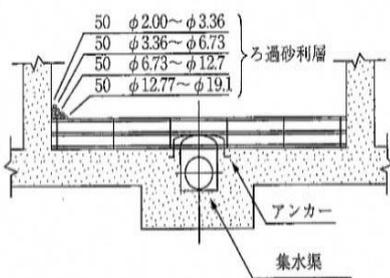
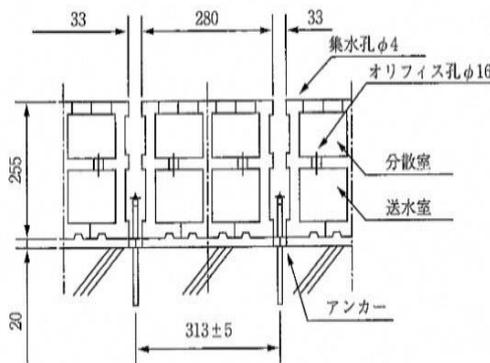


図4-1 有孔ブロック形
下部集水装置（単位 mm）

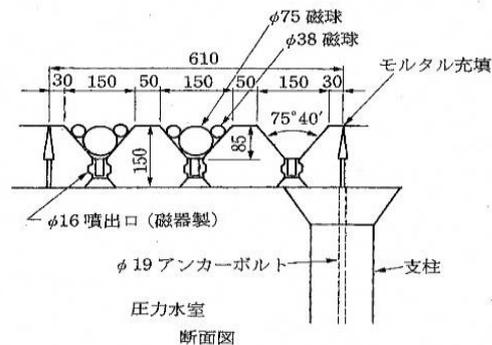
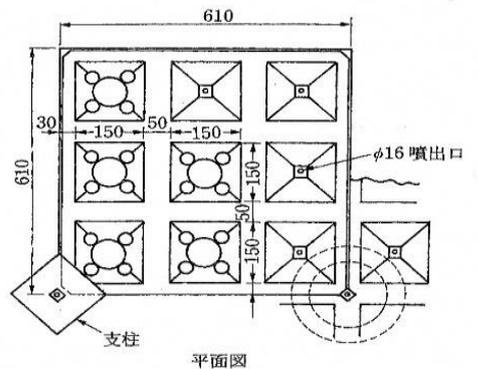


図4-2 ホイラー形
下部集水装置（単位 mm）

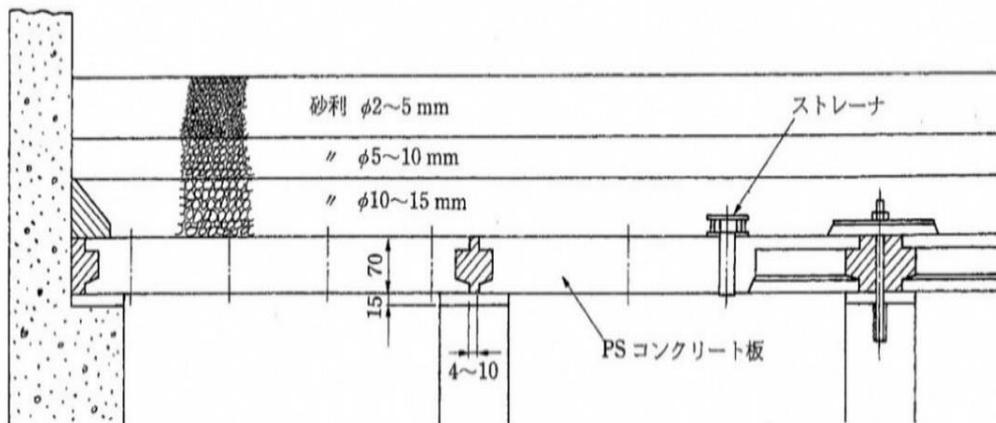


図 4-3 ストレーナ形下部集水装置 (単位 mm)

3) 砂利層

砂利層は、ろ過砂がろ過中に下部集水装置を通して流出渠などへ漏出しないよう支持するために設けるものであり、逆流洗浄時には下部集水装置から噴出する洗浄水を均等に分散させる役割を果たすものである。

砂利層は下部集水装置の種類によって、砂利層の厚みや粒径の構成などが異なる。粒径は 2~20mm で厚みが 200~500mm 程度が一般的であり、砂層を支持する目的から、砂利層に砂が侵入しないように、上部に細粒砂利を敷き、下層ほど粗粒の砂利とし、成層させることを標準とする。

4) 砂層

ろ過砂は珪砂が用いられていることが多く、粒径は 0.45~0.7mm であることが一般的である。

5) 附帯設備 (凝集沈でん池)

凝集沈でん池は、凝集処理で成長したフロックを重力沈降作用によって除去し、後続のろ過池における処理を適正に行うために設ける。

様々な形状の沈でん池があるが、凝集沈でん池へ流入する原水の水量、水質は年間を通じてかなりの変動を示す。

沈でん池はこれらによる濁質量の変動を吸収して、ろ過池への負担を一定に近くするような働きを持っている。このような緩衝機能は、凝集沈でん池の大切な働きである。

6) メリット

- (1) 急速ろ過方式は、速い流速でろ過を行うことが可能であり、緩速ろ過に比べろ過池面積を多く必要としない。緩速ろ過方式のろ過速

度が一般的に4～5 m/日であるのに対し、急速ろ過方式では120～150m/日程度となっている。

- (2) 原水濁度が高い原水でも処理可能である。緩速ろ過方式は原水濁度がおおむね10度以下で運用されているが、前処理の凝集沈殿処理での凝集剤の使用量等の調整を行うことで、濁度が100度程度の原水が流入しても処理可能である。
- (3) 緩速ろ過方式と違い微生物群を用いた浄水方法と違うため、微生物の生育環境の管理等を行う必要が無い。

7) デメリット

- (1) 緩速ろ過方式に比べ、凝集剤等の薬品を使用する必要があり、その分ランニングコストがかかる。
- (2) 凝集沈殿池等の前処理設備が必要となり、緩速ろ過池方式に比べ構成機器が多いため、回転機器等の機械設備の保守点検費用などもかかる。
- (3) 膜処理方式に比べ、ろ過精度は低いため処理水の濁度は高くなる傾向がある。

4.1.3 圧力式ろ過池

1) 原理

圧力式ろ過池は、一般的に鋼板製等の密閉タンク内にろ過池が収められており、0.1～0.6MPaの圧力でろ過を行うものである。ポンプで原水を流入させ圧力をかけるもので、運転操作が簡単なことから、比較的小規模な浄水場で多く使用されている。

2) メリット

- (1) ポンプ圧力を利用するため、浄水場内で水理的制約を受けない。
- (2) ろ過池自体は土木構造物でないことから、浄水場建設にかかる工期を短縮することが可能である。
- (3) 比較的高い損失水頭になるまで、負圧発生を招くことなくろ過を継続できる。

3) デメリット

- (1) 定圧ろ過を行う場合、ろ速の変動幅が大きくなることから、必要なろ過流量を得られなくなるおそれがある。
- (2) 圧力をかけることで、ろ過中の砂層は常に圧縮される状態となり、ろ層への亀裂発生やろ過が不均一になるおそれがある。

4.1.4 逆流洗浄装置移動型（ハーディングフィルター）ろ過池

1) 原理

逆流洗浄装置移動型ろ過池は、ろ層より上部区画は1池一区画であるが、ろ層及びろ層より下部は区画を小区画に細分化し、洗浄を小区画ごとに行う方式である。ろ過池上部に設置されている、低速の電動式走行台車にポンプ類が組み込まれており、それが部分的にろ層を自動洗浄、再生し、順次ろ過能力を回復させる。

洗浄に使用する水は、ろ過中の別区画の処理水をポンプで吸引し、洗浄後の排水は、ろ層上部より排水ポンプにて吸引し排水される。なお、ろ層はろ過砂と集水装置で構成され、砂利は使用しない。

2) メリット

(1) 流入と流出までの総損失水頭が1 m程度と小さいため、ろ過池全体を浅くすることができる。

(2) 逆流洗浄用のタンクが不要であり、洗浄用装置がろ過池上部を移動するため、複数池でも1台で対応することが可能であり、ろ過施設全体をコンパクトにすることができる。

3) デメリット

(1) 洗浄用装置が移動式であり、ポンプ類も多く必要になるため、メンテナンスが煩雑になり、装置保護のためにろ過池全体を覆う建屋が必要となる。

(2) ろ層が薄いため洗浄直後はろ過速度が大きくなり、懸濁物質が漏出しやすくなる。

4.1.5 アカズールフィルター

1) 原理

アカズールフィルターは、ろ過池にあるフロート式空気流入弁で、ろ過水が通るサイフォン塔上部の空気量を加減することにより、ろ過流量の調整を行う装置である。ろ過池内の水位が上昇すればろ過流量が増加し、水位が低下すればろ過流量が減少するため、ろ層の目詰まりなどに関係なく、ろ過池内の水位は常に一定となる。

ろ過池には、共有の水路から原水が流入する構造で、ろ過池内に設置されフロートで調整されるパーシャリゼーションボックスにより、流入量も常に各ろ過槽の水位が等しくなるように調整される。よって、ろ過池内の水位と流出側の水位変動がほとんどなくなるため、水位による損

損失水頭の測定は不可能であり、制御に用いられるサイフォンの圧力で損失水頭を測定する必要がある。

洗浄は、空気と水を併用する方式であり、表面洗浄は省かれている。はじめ弱い水流で洗浄しろ過水の水位が排水堰に近づいたときに、空気を送入し空気の激しい攪乱作用で、大部分の夾雑物が砂から剥離される。

2) メリット

- (1) 砂上水深が浅くほとんど変動がないため、ろ過池の上部構造を低くすることができる。
- (2) 逆洗前の捨水を少なくすることができる。

3) デメリット

アンストラサイトを使用しているろ過池では、空気逆洗時の空気がアンストラサイトに付着することで浮きやすくなり、水逆洗により流出するおそれがある。

4.2 急速ろ過池の維持管理

4.2.1 総則

急速ろ過池の機能を最大限に生かし、安定した水処理をするためには、次のような視点から総合的に評価を行い、施設に適合した運転、必要に応じた運転方法の改善、定期的な施設整備計画の策定など、適切な維持管理を心掛ける必要がある。

1) 機能面（運転管理、洗浄）

- (1) 目標水質を満足しながら設計流量が確保できるか
 - ① ろ過流量の調節
 - ② ろ過速度の管理
 - ③ 損失水頭の管理
 - ④ 運転記録の保存
- (2) ろ過砂の洗浄は適正に行われているか
 - ① ろ過池継続時間の設定
 - ② 損失水頭の設定
 - ③ ろ過池の洗浄
 - ④ ろ過池の洗浄水量・水圧の調節
 - ⑤ 洗浄効果の検証

(3) ろ過継続時間は水質面や洗浄水量の観点から適切か

① ろ過水濁度の管理

2) 設備面（ろ層、施設整備）

(1) ろ層の状態はどうか

① ろ層・砂利層の点検

② ろ層・砂利層の整備

(2) 下部集水装置・ろ過池躯体の状態はどうか（漏水、不同沈下等）

(3) 機器類（電気・機械・計装）の状態はどうか

4.2.2 運転管理

1) ろ過流量の調節

単層ろ過池はろ層に対して下向きに未ろ過水を流すと、水中のフロックの大部分は表層近くで除去され、表層における損失水頭が高まり、ろ層内部の抑留容量を十分に利用できないため、維持管理面から効率のよいろ過継続時間（1日～3日間）を得るためには、これまでの実績から120～150m/日でのろ過流量が適当である。

密度及び粒径の異なる複数のろ材を用いて、水流方向に粗粒から細粒の構成となる逆粒度ろ層を構成した多層ろ過池は（図4-4参照）、単層ろ過池と比較し、フロックをろ層深部に侵入させることで、ろ層全体を有効に活用するため、ろ過効率が高く、ろ層の単位体積当たりの濁質抑留量が大きいため、ろ過速度を比較的高速の240m/日以下でろ過流量の運用ができ、ろ過継続時間も長い。

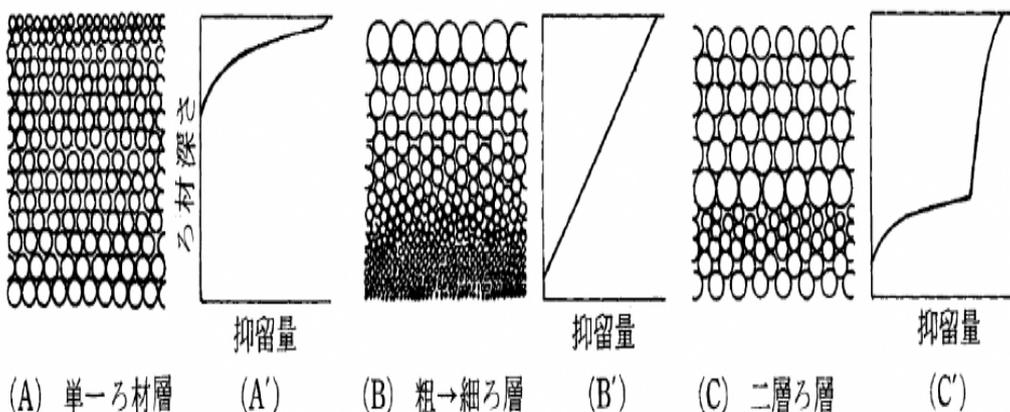


図4-4 ろ層の粒度分布と濁質抑留量の分布

2) ろ過速度の管理

ろ過速度の急変によるろ過水水質への影響の程度は、原水水質、凝集の良否、ろ過池の型式、ろ層構成等により異なるが、ろ過速度を急変させると、ろ層中に捕捉されたフロックを剥離流出させ、ろ過水水質を悪化させる恐れがある。

このため、ろ過速度の変更基準を設け、管理・運用する必要性があり、変更基準については各浄水場で調査のうえ、十分な安全率をとって決定する。

3) 損失水頭の管理

流出側水面が、ろ層表面より低い位置にある構造のろ過池では、ろ過を継続し、濁質のろ層内の抑留が進むと、ろ層内の負水頭が増え、閉塞の著しい表層部分では局所的な負圧状態となる。そのままろ過を継続すると損失水頭が増加し、負圧によりろ層中に気泡が生じたり、ろ層表面の収縮、亀裂、通水面積の減少が発生する。場合によっては、ろ過水質の悪化やろ過水中に濁質が漏出したりすることがある。このような負圧によるろ過障害を防ぐため、ろ過池の水深をろ層表面上1～1.5mに確保しておく必要がある。

また、損失水頭が過大にならないようろ過水質目標値を保てるように、損失水頭の測定を行うと同時に、一定の損失水頭に達した場合ろ過池の洗浄を行う。

4) 運転記録

ろ過池の運転に当たっては、ろ過池の状態変化を迅速に把握するため、ろ過水量、損失水頭、ろ過水濁度、ろ過継続時間、洗浄状態等を記録し、運転日報を作成して日常管理を行う。表 4-1 に点検要領例を示す。

表 4-1 日常点検項目

点検内容	周期
ろ過池水位の確認	必要の都度
ろ過水量・ろ過速度・ろ過損失水頭・ろ過持続時間の確認	毎日
ろ過水質の確認（濁度・pH 値・アルカリ度・残留塩素等）	毎日
空気源設備の点検・整備	毎日
洗浄水量・洗浄時間の確認	必要の都度
洗浄状態の監視（ろ層の膨張率・ろ材の流出・空気障害の有無・洗浄装置の故障・洗浄後のろ層面の陥没の有無）	3～4日

洗浄排水濁度の確認	必要の都度
ポンプ類の点検	必要の都度
電動弁の点検	運転時

4.2.3 洗浄

1) ろ過継続時間の設定

- (1) 長期間にわたりろ過を継続することにより、ろ層表面に抑留フロックの厚さが増すため、ろ過水の水質を悪化させるおそれがある。このため、ろ過水質が目標値を保てるように、流入水の水質やろ層構成などを考慮し経験値や実績に基づき、一定のろ過継続時間を設定し（一般的には24時間～72時間）、これに達した場合には洗浄を行う。
- (2) ろ過継続時間を設定して行うことにより、ろ過池の洗浄を計画的に実施でき、浄水場契約電力のデマンド管理にも役立つ。
- (3) 長期間ろ過池の運転を停止した場合には、ろ層中に藻類や微小動物が繁殖して運転再開後に、ろ過水への漏出やろ過障害を生じさせることがある。よって、ろ過継続時間にかかわらず、ろ過池運転の再開時は洗浄を行うとともに、停止中においても定期的に洗浄を行う必要がある。

2) 損失水頭の設定

ろ過継続時間内であっても、ろ層内の状態により負水頭による気泡の発生など、ろ過水の水質を急激に悪化させるろ過障害が発生する可能性があるため、ろ過抵抗値の測定を行い、一定の損失水頭を設定し管理する。ろ層内の水圧分布の変化を図4-5に示す。

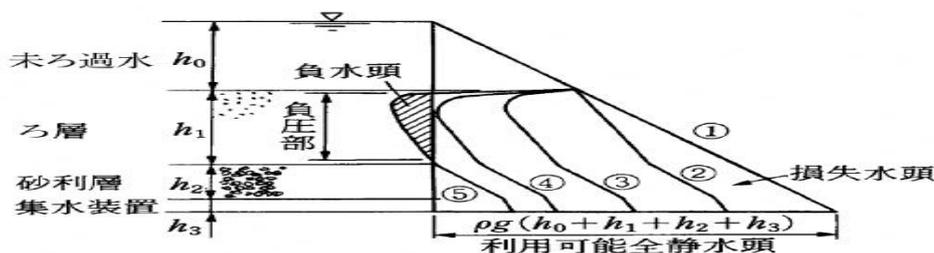


図4-5 ろ層内の水圧分布

直線①：ろ過池に水を満たすと直線の水圧分布が得られる（ろ過開始前）。

折線②：ろ過を始めた直後にはろ層及び砂利層の抵抗に応じた水圧分布を示す。

曲線③：ろ過を継続し、ろ層内に濁質の抑留が進むと、ろ層による損失水頭が大きくなっていく。表層部には多くの濁質が抑留されるので、表層部での損失水頭が他の部分に比べて大きくなる。

曲線④：全損失水頭が大きくなって利用可能な全損失水頭に近くなり、通水能力の点からろ過を停止する状態である。実際の急速ろ過池では、全損失水頭を1～2m程度にとっている場合が多い。

3) ろ過池の洗浄

- (1) 標準的な洗浄方式は、逆流洗浄に表面洗浄又は空気洗浄を組み合わせで行う。
- (2) 逆流洗浄のみでは洗浄が不十分となり、表層部に濁質が残留する懸念があり、長い間にろ層表面のろ材に泥状物質が蓄積して、ろ層の濁質抑留容量を減少させるばかりでなく、マッドボールの形成に至ることがある。このため、ろ層表層部に圧力水を噴射し、水流のエネルギーによって泥状層を破砕する表面洗浄や、上昇気泡の微振動により付着濁質を剥離する空気洗浄を併用する。
- (3) 表面洗浄と空気洗浄の併用は通常は行わない。
- (4) 逆流洗浄は、ろ層内に抑留された濁質をろ材から剥離するため、ろ層を流動状態とし、局所的な短絡流や小さな渦流でろ材粒子相互の衝突、摩擦と水流のせん断力により、付着濁質の剥離を促し、分離した濁質をろ層から排出させる。
- (5) 砂層に蓄積された濁質分や、クリプトスポリジウム等微生物の一部は、局所的な旋回流やうず流が形成される水流の影響によりろ層内に滞留し、洗浄後、ろ過再開による急激な速度上昇により漏出が生じることもあり、ろ過池流出水の濁度を 0.1 度に維持することが難しい。対策としては、ろ過再開後一定時間ろ過水を捨水させる方法や、図 4-6 ろ過池の洗浄工程に示すように、段階的に洗浄水量を減じるスローダウン方式があり、あわせて、ろ過再開時にろ過速度を漸増させるスロースタート方式の併用を行うとさらに効果的である。
- (6) スローダウン方式は、逆洗洗浄速度を段階的に減少させる方法や 2 段階からなる逆洗洗浄などがあり、洗浄後、ろ材が流動しない速度まで逆流洗浄量を抑え、ろ層内部の洗浄排水をゆっくりと押し出し、池内残留水を洗浄水（ろ過水）に置き換えることで、ろ過再開後の初期ろ過水濁度は目標の 0.1 度を達成することができる。

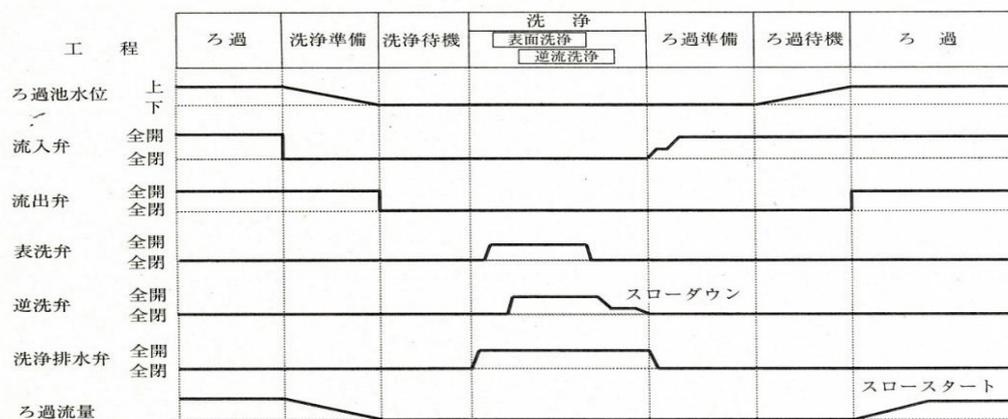


図 4-6 ろ過池洗浄操作工程例

4) ろ過池の洗浄水量・水圧の調節

洗浄に用いる水量、水圧及び時間は、十分な洗浄効果が得られるように設定することが重要で、過小であれば洗浄効果が不十分となり、過大であれば不経済となる。

洗浄水量は、有効径 0.6mm、均等係数 1.3 の砂層で、水温 20℃の場合、膨張率 20～30%、逆洗速度にして 0.6～0.9m/min の洗浄水（表 4-2 参照）で洗浄を行う。ろ層の膨張率は特に水温により大きく変化するので、砂層が適当な流動状態となり適切な洗浄効果が得られるように、年間の水温差の大きい浄水場では、同じ膨張率を得るために、少なくとも年間数回は逆流洗浄速度を変化させることが重要である。

項目	洗浄方式	表面洗浄と併用の場合		逆流洗浄のみの場合
		固定式	回転式	
表面噴射水圧	(m)	15～20	30～40	
同 水量	[m ³ /(min・m ²)]	0.15～0.20	0.05～0.10	
同 時間	(min)	4～6	4～6	
逆流洗浄水圧	(m)	1.6～3.0	1.6～3.0	1.6～3.0
同 水量	[m ³ /(min・m ²)]	0.6～0.9	0.6～0.9	0.6～0.9
同 時間	(min)	4～6	4～6	4～6

注)1 表面噴射水圧は、噴出部における動水頭

2 逆流洗浄水圧は、下部集水装置の噴出部(下部取水装置を含まず)における動水頭、これはろ層と砂利層の損失水頭 0.4～0.8mと、下部集水装置天端から洗浄トラフ越流水面までの標準的水深 1.2～1.6mに余裕を加味したものである。

表 4-2 洗浄水量、水圧及び時間の標準

5) 洗浄効果の検証

(1) 洗浄効果は水温、ろ層の粒度及び厚さ、洗浄時間により変化するため、洗浄効果が不十分な状態を長期間継続すると、次のような障害が発生し、ろ過持続時間の減少、ろ過水水質の悪化、損失水頭の増大等のろ過障害となる。

- ① マッドボールの発生
- ② ろ層表面に亀裂発生
- ③ ろ層とろ過池側壁の間に間隙発生
- ④ ろ材の有効径の粗大化
- ⑤ ろ層厚の減少
- ⑥ 砂利層とろ層の境界面に不陸が発生

(2) 洗浄効果の判定は、定期的に調査・検証する必要がある、日常的な洗浄効果の判定は洗浄排水濁度で管理を行い、クリプトスポリジウム等の対策として、最終濁度は 2 度以下、可能であれば目標値を 1 度以下とすることが望ましい。

- (3) 洗浄効果の判定は、洗浄排水が清浄になっただけでは十分ではないため、洗浄の直前・直後のろ層から採取したろ材の濁質量を測定し、その汚れの程度を比較して洗浄効果を判定する。
- (4) 洗浄方法が適切であっても、シネドラ等の藻類の大量発生により、ろ過池流入水にこれら藻類が大量に含まれている場合にも、ろ過閉塞を起こすことがある。

4.2.4 ろ層の管理

1) ろ層の点検調査

(1) 目的

- ① 逆流洗浄を繰り返すうちに、単層ろ過池では表層に細かい砂が多くなり、下層は粗い砂が多くなる、このため洗浄時に粒径の細かいろ材が流出し、ろ層厚が減少する。
- ② 多層ろ過においては上層に下層より粗い粒径で比重の小さいろ材が用いられているため、ろ層配列のくずれやろ材流出が多くなりろ層厚が減少する。
- ③ 砂利層では、逆流洗浄速度の分布に大きな片寄りがある場合や逆流洗浄水中に空気が混入した場合、不陸が発生することもある。
- ④ このような不適切な状態でろ過を継続使用すると、ろ過水水質に悪影響を与え、ろ層の汚れを加速し短期間でろ層更新の必要が生じることがあることから、砂層・砂利層厚等の調査を定期的実施し、異常が見つかった場合には洗浄方法の改善や補砂を行う。

(2) ろ層・砂利層の点検・調査周期

ろ層の粒度分布、ろ材及びろ過砂利の汚染状況、砂利層の不陸状態などの点検は全池を対象とし、1～3年の期間で実施する。

その他の項目についても、定期的な周期で（表 4-3、4-4 参照）点検・調査を実施することにより、ろ層状態の長期的な推移を把握でき、調査履歴で適切な整備計画を策定することができる。なお、ろ層調査の状況を図 4-7 に示す。

表 4-3 定期点検項目

点検内容	周期
周壁・トラフ・洗浄排水桶等の付着物の点検・清掃	2～6箇月
表面洗浄装置の損傷の有無	2～6箇月
ろ過水量調節装置・ろ過損失水頭計等の作動状態	1年
ろ層の調査（ろ材の汚れ・マッドボールの発生・有効径及び均等係数・ろ層厚等）	1～3年

砂利層の移動の有無	1～3年
コンクリート防水層のき裂・劣化・漏水の有無	2～3年
洗浄タンク内の塗装状態	2～3年
下部集水装置の状況	10～15年

表 4-4 精密点検項目

点検内容	周期
ろ過砂の補充（単層ろ過池の場合）	洗浄時の膨張ろ材が表面 洗浄管に達しない状態
アンスラサイトの補充（複層ろ過池の 場合）	ろ層厚の 17～50%減
ろ材の入替え	10～15年 又は有効径 0.7mm 以上
制御機器、配管類の保温設備の手入れ	1年
表面洗浄装置の塗装	3～5年
洗浄タンク内外面塗装	5～10年



図 4-7 ろ層調査状況

2) ろ層厚の調査

(1) 採取準備

洗浄後、ろ層下面以下まで水位を緩やかに下げ、試料を採取する。

なお、洗浄によるろ層内抑留物質の移動を知るためには、洗浄の前後に採取して比較するとよい。

(2) 採取地点

1池につき数地点採取する。特に、ろ層の異常な箇所があれば、さらにその地点からも採取する。

(3) 試料の採取

表層から1 cm までの層を採取する場合は、メジャーで深さを確認しながら、へら状のさじですくって採取し、以下のろ層は圧密しないようによく注意しながら機器を垂直に挿入して各層ごとに分けて採取し、容器に取り分ける。

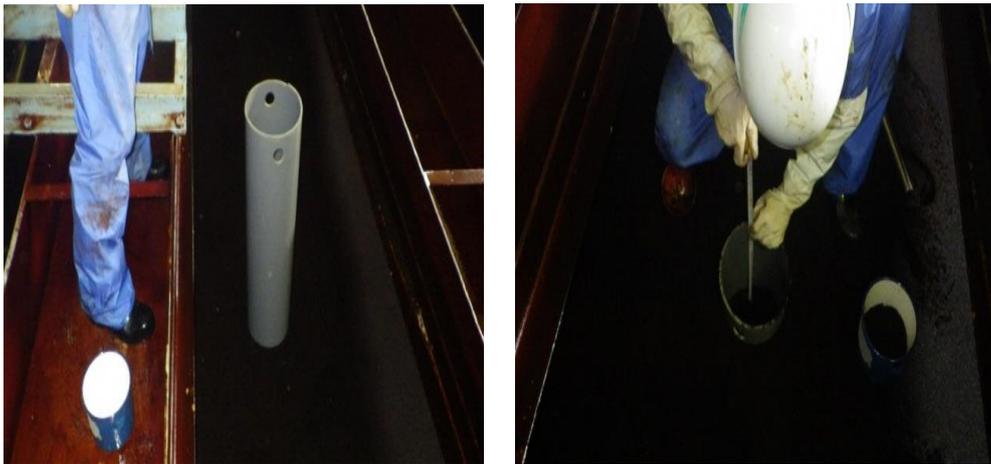


図 4-8 試料採取状況

(4) 採取層厚

上層、中層、下層の3層程度に分類し、各層を採取する。

なお、複層ろ過池の場合は、それぞれの層ごとに同様に採取する。

(5) 採取量

試料は各層ごとに300g程度を目安とし必要量採取する。ふるい分け試験を行わない場合は150g程度でよい

(6) 保存

試料採取後なるべく速やかに試験を行うべきであるが、やむを得ず保存する場合には、冷暗所に保存し、乾燥しないように注意しなければならない。

3) ろ過砂の試験

(1) 外観

試料を清浄な白紙上に広げ、その色相、凝着物、汚染程度を詳細に観察・記録し、ろ材の品質判断を行う。

(2) 付着物試験

ろ材表面に付着している比較的剥離しやすい物質を検出し、洗浄の良否判定や付着物質の特定を行うため、理化学試験及び水質分析を行う。

- ① 濁度試験
- ② 過マンガン酸カリウム消費量試験
- ③ 定量試験（鉄・マンガン・アルミニウム等）
- ④ 汚泥容積試験（ろ層内に抑留された汚泥量の確認）
- ⑤ 強熱減量

砂の品質を見分けるため、有機性化合物等のろ材に付着している物質を $600 \pm 25^{\circ}\text{C}$ で 30 分加熱処理し測定する。

⑥ 生物試験

ろ過池内で繁殖あるいはろ層内に抑留された生物は、ろ過水水質、損失水頭に大きな影響を与えるので、ろ層中への侵入深さ、生物の種類、生物数を測定する。

4) 凝着物試験

通常の洗浄で除去できない物質でろ材に強く凝集した物質を塩酸で溶解したのち、ろ材の塩酸可溶率及び鉄、マンガン、アルミニウムの付着量を調べる。

5) マッドボール試験

ろ層内にどの程度マッドボールが溜まっているか、採取したろ過材を水中でふるいわけし、ふるい網に残留したマッドボールの容量から比率を算出する。

マッドボールの容量比が 0.2% を超える場合には、洗浄方法の見直しが必要となり、マッドボールは急速ろ過の洗浄の良否を判断するための重要な指標となるため試験を行う。

6) ふるい分け試験

ろ過池の使用の継続によりろ材の有効径、均等係数が次の要因で異なってくるため、試験を実施する。

- (1) 逆流洗浄によってろ材の粒径が上層部ほど、より細くなる
- (2) マンガン砂化した場合、使用中に破壊する
- (3) 特にアンスラサイトは使用中に破壊する
- (4) ろ材のうち、細粒部分が流出する

ろ過材の粒度を測定した結果と新品の数値（表 4-5 参照）を比較して評価を行い、粒度が大きくなっている場合、洗浄不良やろ過精度の悪化

が懸念され、粒度が小さくなっている場合、ろ過材の著しい摩耗や微砂などの混入が懸念される。

表 4-5 水道用ろ過材の規格

項目	基準
有効径	0.45～0.7mm
均等係数	1.7 以下
粒径範囲	0.3～2.0mm
洗浄濁度	30 度以下
比重	2.57～2.67
摩滅率	3 % 以下
塩酸可溶率	3.5% 以下
強熱減量	0.75% 以下

4.2.5 砂利層の管理

1) 砂利層の調査

この試験はろ過池で使用中のろ過砂利の汚れによりろ過水質が悪化する場合もあるので、その汚染状況を調査する。

(1) 試料の採取

砂利の採取方法は、砂利層より上部のろ材を取り除き、砂利層表層から粒径の変わると共に採取する。

注意点として、ろ過砂利の採取した場所は、周辺の砂や砂利が集水装置上に落ちないように十分注意するとともに、ろ過再開に支障のないように、砂利を撤去した部分には所定の粒径の砂利を各層ごとにていねいに敷き込む。

(2) 採取量

各層ごとに 1 kg 程度採取する。

(3) 保存

ろ層厚の調査に準ずる。

2) 砂利層の試験

(1) 外観試験

ろ層調査に準ずる。

(2) 付着物試験

ろ層調査に準ずる。

4.2.6 下部集水装置・ろ過池躯体の調査

砂利層を取り出した際に入念に点検し、状況によって補修・整備を行う。

4.2.7 復旧

ろ層整備を実施したろ過池の使用にあたっては、通常、洗浄排水濁度が2度以下になるまで洗浄を繰り返す。

その際、表層に集まる細粒によって、ろ過開始後短時間に損失水頭が設定値に達することがあるので、あらかじめ余盛りしておき、一連の洗浄後ろ層の粒度分布を調査のうえ、所定の粒度分布となるよう、ろ層の表層を数 cm 程度注意深く削り取って除去する方法がある。

4.2.8 ろ層・砂利層の整備

ろ過池整備マニュアルなどにより整備基準を設け、ろ層の調査結果により、基準を超過している場合は一部砂の入替えや洗浄または全層の更新を行う。

下記に例として仙台市の整備基準を挙げる。

1) 単層ろ過の整備

原則として15年使用後に一部入替または全層更新を行う。

下記の条件のいずれかに該当する場合は、補砂・一部入替や全層更新等の整備を速やかに行う。

- (1) 砂の有効径が0.7mm以上になった場合（上中下の三層の平均）
- (2) 表面収縮、亀裂を引き起こした場合
- (3) ろ層厚とろ過砂の粒径（調和平均径）の比が600を下回った場合

2) 補砂及び部分更生ろ過材の規格

補砂及び部分更生の入替に使用するろ過砂の規格は、下記のとおりとする。

- (1) 有効径0.6mm以下かつ均等係数が1.3以下
- (2) 洗浄濁度20度以下
- (3) 比重2.57～2.67g/m³以下であること
- (4) 摩滅率3%以下であること
- (5) 塩酸可溶率3.5%以下であること
- (6) 強熱減量は0.75%以下であること

(7) 最大径は 2.0mm を超えず、最小径 0.3mm を下回らないこと。やむを得ない場合でも最大径を超えるもの、あるいは最小径を下回るものが 1 % 以下であること

3) 多層ろ層の整備

更新に使用するろ過砂や更新整備条件は、単層ろ層に準じるものとし、アンストラサイトは原則として 15 年の使用後に更新を行う。

4) 多層ろ過材の規格

多層ろ過材に使用するアンストラサイトの規格は下記のとおりとする。

- (1) 有効径 0.7mm～1.5mm 範囲とする
- (2) 均等係数 1.5 以下とする
- (3) 比重 1.40～1.60 g/m³ 以下の範囲とする
- (4) 摩滅率 3 % 以下であること
- (5) 塩酸可溶率 6.0% 以下であること
- (6) 空隙率 50% 以上であること
- (7) 最大径は 2.8mm 以下、最小径は 0.5mm 以上であること

5) 砂利層の整備

原則として上部ろ層の更新に合わせて整備する。ただし下記の条件のいずれかに該当する場合は、補砂や全層更新等の整備を速やかに行う。

- (1) ろ砂が下部集水室へ流出し、ろ床が陥没した場合
- (2) 砂利層厚の 1/3 以上の不陸が発生した場合（平均層厚）
（砂利層厚が 500mm のとき、ろ層との設計境界面から上下 170mm）
（砂利層厚が 200mm のとき、ろ層との設計境界面から上下 70mm）

4.2.9 付属機器の点検

施設の機械・電気・計装設備は、その種類が複数におよぶため、計画的、かつ、合理的な保全を行う必要がある。

機械・電気・計装設備の故障や事故を防止するには、日常点検、定期点検等を通して、異常発生の兆候を早期に発見し、致命的な事故に至る前に対策を行うことが重要である。日常点検においては、通常運転している機器の運転音、振動、温度、電流値等をよく観察し、正常な機器の状態を把握、熟知して、異常の兆候が見分けられるようにする必要がある。

また、点検では、点検項目及びその内容、点検周期、記録の方法などの具体的作業の基準となる点検基準を定めて、整備マニュアル等を作成し確実な点検を行う。

1) 日常点検

日常点検とは、1日～1箇月程度の周期で、巡視時などに運転中の機器の異音、異臭、振動、過熱、漏水、漏油等について、主に、視覚、聴覚などの五感を用いて行うものである。

2) 定期点検

定期点検とは、3箇月から1年程度の周期で機器を停止して、外部からの点検及び日常点検項目の他、各部清掃や消耗部品の取替えなどの簡易な整備、試験校正、電源回路の絶縁測定等の点検を行うものである。

3) 精密点検

精密点検とは、数年の周期で必要に応じ機器の分解点検などを行い、部品の交換などの処置を行うものである。

4.2.10 維持管理マニュアルの整備

ろ過池を安定的に、かつ安全に維持管理し、施設の機能を十分発揮できるように保つためには、施設ごとに運転方法や点検・整備の方法・頻度・基準等を定めたマニュアルの作成が重要となる。

マニュアルを作成することにより、管理基準が明確となり、平常時による運転状態の判定や適切な整備計画、水質異常時の緊急対応も迅速に行える。

4.2.11 その他の型式のろ過池の維持管理方法

1) 圧力式ろ過池

- (1) 圧力式ろ過池は、内部を容易に観察できるように点検用の窓が取り付けられている場合があり、逆洗時の状況や砂層上部の状況はその窓から観察を行う。ただし、逆洗や除マンガンのための次亜注入などにより、窓に汚れが付着し観察が困難となるため、内側の定期的な清掃が必要となる。
- (2) 鋼板製等のタンク構造であることから、タンクの亀裂や腐食の状態を確認するなど、外観の点検と内部に関しても、同様の状態確認を行う必要がある。
- (3) 屋外に設置されている鋼板製タンクの場合は、気温変動や日射により膨張収縮が起りやすくなるため、注意して観察する必要がある。
- (4) その他の点検や異常対応については、通常の急速ろ過池と同様である。

2) 逆流洗浄装置移動型ろ過池（ハーディングフィルター）

- (1) 砂層が浅い型式では、洗浄直後のろ過速度が大きくなり、砂層が浅いため懸濁物質が漏出しやすくなる。そのため、ろ過水濁度が 0.1 度を下回っているか計測し、0.1 度を超える場合は下回るまで捨水を行う必要がある。
- (2) 洗浄装置が移動する浄水渠の開口部数は、ほこり等の汚染物質が入らないように、極力少なくするとともに、丁寧な清掃を実施する必要がある。
- (3) 洗浄装置が移動するため、移動時に台車からほこり等が極力落ちないように、清掃を実施する必要がある。
- (4) ポンプなどの機器が台車上にあり、逆洗時の塩素雰囲気増加により、機器に錆が発生しやすくなる。そのため、日常的に外観を点検するとともに、定期的なメンテナンスを実施する必要がある。
- (5) 逆洗後の排水が、ポンプにより正しく排水されているかをチェックする。
- (6) その他の点検や異常対応については、通常の急速ろ過池と同様である。

3) アカズールフィルター

- (1) ろ過池の水位を保つためにろ過水量を制御するパーシャリゼーションボックスは、ろ過池上部に設置されているため錆が発生しやすい環境にある。錆は、内部のスプリングが固着するなど、動作不良を起こす要因となるため、内部の状況を定期的に観察する必要がある。
- (2) パーシャリゼーションボックスのフロートが、ろ過池内の水位変化に応じてスムーズに上下動しているか確認する。また、軸のずれやボックス内部の錆などにより位置が偏る場合があるため、水平が保たれているか点検する必要がある。
- (3) パーシャリゼーションボックスが動作しているときに、きちんと空気の流入が起こっているか点検する。空気の流入がない場合、ろ過が正常に行われないため、修理等を実施する必要がある。
- (4) 通常時のろ過池上部の水位変動が少ないため、損失水頭の変化を記録、観察し、変化の度合いが変わった場合には、パーシャリゼーションボックスに不具合が生じている可能性があるため、点検を実施する。
- (5) ろ過池上部の水位変動が少ないため、水面付近の壁面に汚れが付着し堆積しやすい。そのため、定期的な壁面清掃を実施する必要がある。

- (6) 水位変動による損失水頭の変化の把握は非常に困難であるため、損失水頭計が正確に動作しているか点検する必要がある。
- (7) 各池の水位が一定に保たれているかを定期的に点検し、水位にばらつきが見られる場合は、パーシャリゼーションボックスの調整を行う必要がある。
- (8) 空気を吸い込む動作があるため、目視だけではなく通常時の動作音を把握し、日常の点検時には音に異常がないかをチェックすることが望ましい。
- (9) その他の点検や異常対応については、通常の急速ろ過池と同様である。

4.3 急速ろ過池に係わる不具合事例

事例 1

(1) 現象

通常であれば、洗浄指令から 30 分後に洗浄開始水位(トラフ上端)まで降下し(水位低 L が ON)、次の工程である浄水流出弁全閉になるところが、今回の事例では、水位低 L を感知せず、浄水流出弁が全開のまま水位降下し続けた。その結果、ろ過池の下部集水装置まで空の状態になった。監視システム上では損失水頭上限 1.2m を超過し、ろ過水濁度は 0.05 度(ろ過水の検水は、他の 9 池と合わせたものであるため、当該ろ過池単独ではそれ以上と思われる)まで上昇した。

(2) 原因

- ① 洗浄工程制御用水位電極棒(図 4-15 参照)の上方セパレーター(図 4-16 参照)に PAC と活性炭の混合物のようなものが多量に付着していた。
- ② このため基準棒と水位低 L 感知棒とが短絡されたため、疑似的にろ過水面がある状態となっていた。電極棒は、落ち葉等による短絡防止として防波管(塩化ビニル製)の中に収納されており、通常は目視での状態確認ができない。
- ③ このため、汚れが蓄積されていたことに気づくことが出来なかった。今回は防波管収納が裏目に出た形となった。洗浄開始水位(水位低 L)から下部集水装置が空になるまでの時間はわずか 30 分だった。
- ④ 監視システムでは各種アラームが発報されていたが、状況確認をしてる間に空となってしまった。

(3) 対応

- ① 全池の電極棒清掃、及び点検を実施した。
- ② 監視システムのアラーム値を見直し、異常までの発報時間を短くした。
- ③ 職員の再教育・周知徹底を図った。
- ④ 防波管に目視確認・清掃用の点検穴を設ける予定である。

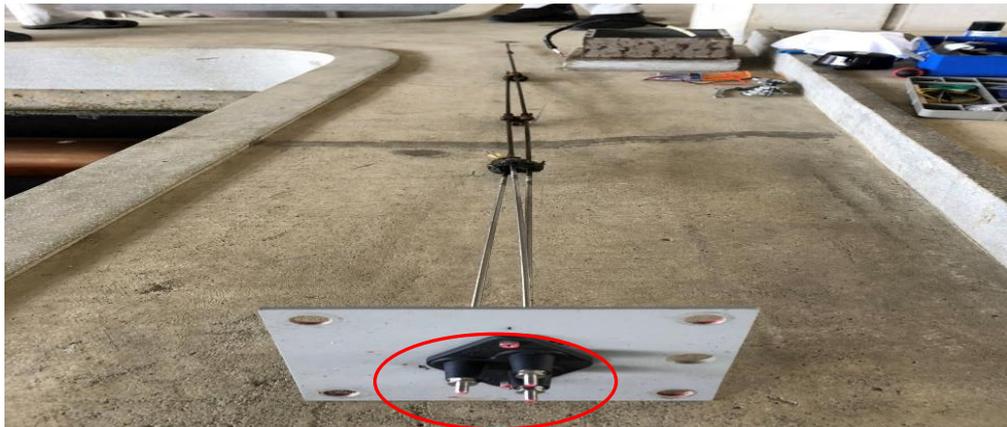


図 4-15 電極棒



図 4-16 セパレーター部分

事例 2

(1) 現象

ろ層厚や不陸状況、粒度分布の調査を毎年実施している。

その際、ろ過池の清掃及び設備の外観、動作の目視による点検も行っている。そこで、表洗弁フランジ接合部付近の配管φ250にピンホールによる漏水を発見した。(図 4-17、図 4-18 参照)

毎月、定期点検を行っているが、表洗ポンプを運転し圧力がかかった状態での目視確認まではしていなかった。

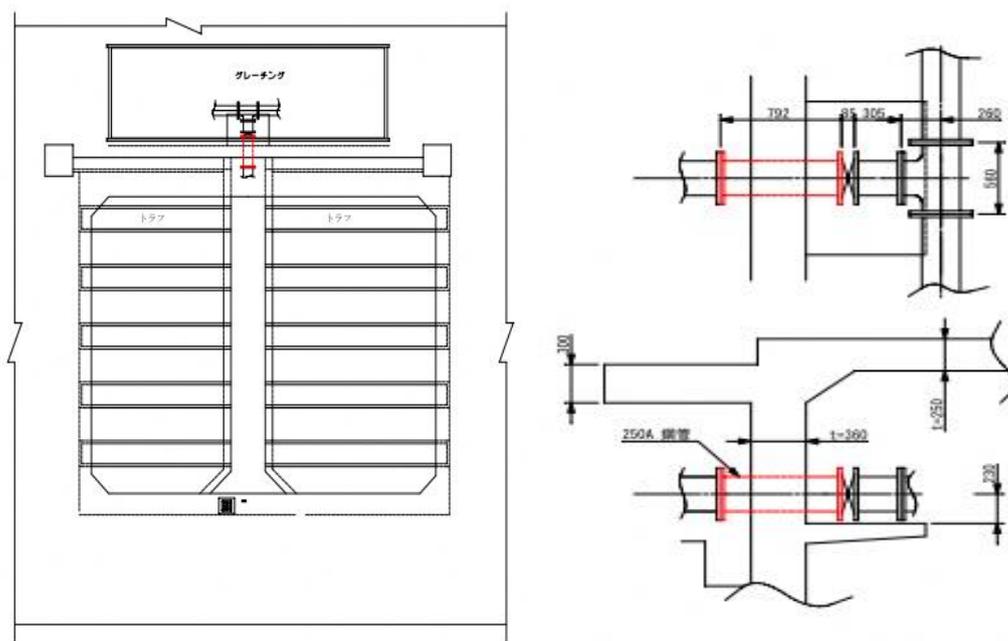


図 4-17 表洗管平面・断面図



図 4-18 漏水状況

(2) 原因

経年劣化によるものである。完成から 59 年経過しているが、これまで配管の塗装替え、更新がされていない状態であった。付近の配管は更新されていたが（図 4-19 参照）、当該管はろ過池躯体貫通部であったため見送られていた。



図 4-19 表洗弁及び表洗管

(3) 対応

木栓による止水措置を行い、(図 4-20 参照)ろ過池洗浄時において漏水しないことを確認した。しかし、エア吸い込みをしてしまうことから当該ろ過池を休止とした。

補修方法について検討するも、腐食により管肉厚が減少していることと、フランジ付近で直管部が短いこと、結露を生じやすい箇所のため、部分的補修が不可能なことから当該管を取替えることにした。



図 4-20 木栓による止水状況

(4) 経過

短管の制作からコア抜きφ450(図 4-21 参照)、モルタル充填(図 4-22 参照)、止水塗装(図 4-23 参照)で、ろ過池を休止してから復帰まで4箇月を要した。ろ過池は全部で12池あるので、1池を休止しても、特に影響はなかった。

休止期間中は、ろ過池砂面上部まで水を張り、残留塩素の低下によ

るマンガン溶出を防止するため、逆洗により週2回の水の入替えを行っていた。

しかし、復帰時のろ過水残塩濃度は低く、回復まで捨て水を半日ほど行ってから、ろ過を再開した。

同様の経年劣化が他のろ過池にも見られるため、計画的に取替えていくことにした。



図 4-21 躯体穿孔



図 4-22 モルタル充填



図 4-23 止水塗装

事例 3

(1) 現象

通常は40時間以上のろ過持続時間が6月23日に約17時間となり、全16池の逆洗が追いつかずろ過継続が困難になった。(図4-24参照)

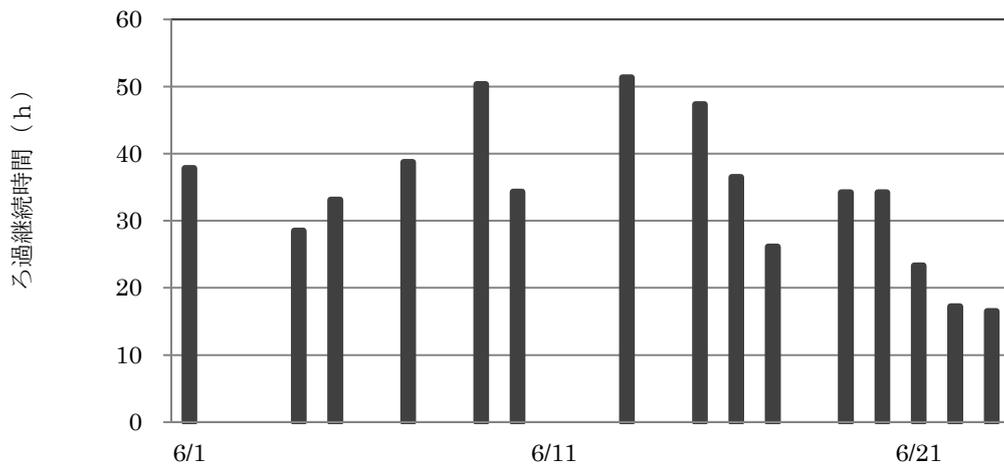


図 4-24 ろ過継続時間

(2) 原因

処理水中にシネドラアクスが確認されたため(大きさ 150~350 μm 図 4-25 参照)、流入河川の生物を調査したところ、取水河川の上流のダム表層でシネドラアクスが 11,760 細胞/mL 確認された。

取水口のシネドラアクス数は 700 細胞/mL であった。

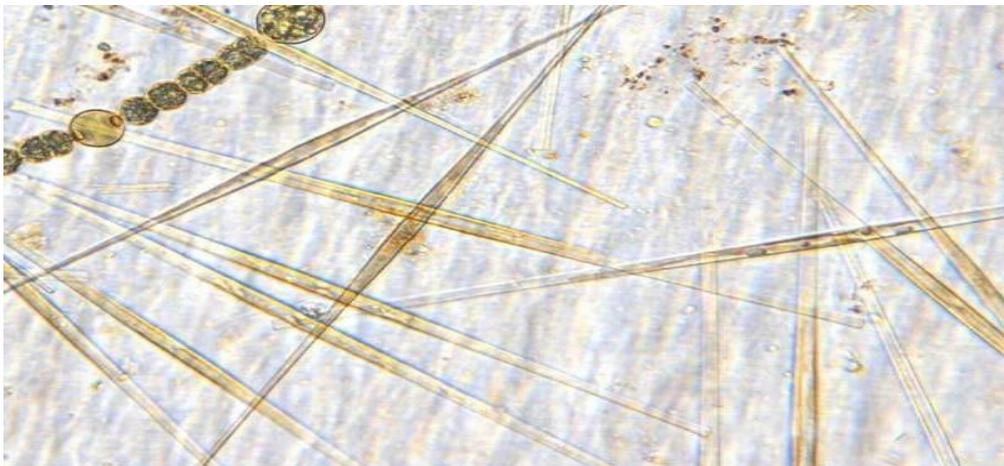


図 4-25 原因藻類のシネドラアクス

(3) 対応

① PAC 注入率の増強

PAC 注入率を検討するためジャーテスト試験を行い、シネドラアクスの沈でん除去率を算出した。(図 4-26 参照)

その結果 PAC の注入率増強による沈でん除去率改善が確認されたため、注入率を 120mg/L に上げて処理を行なった。

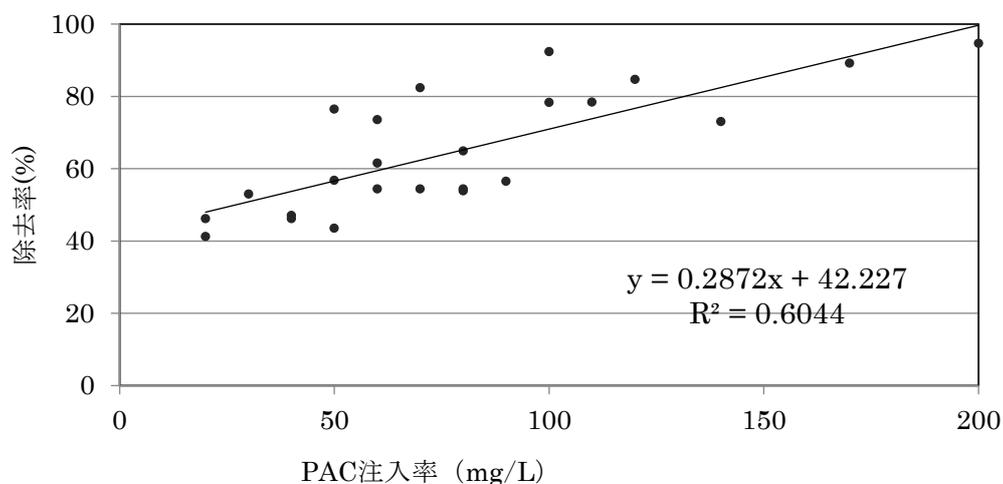


図 4-26 ジャーテストによる除去率

② 前塩素注入

浄水場の取水設備であるポンプ場に、簡易的な注入設備を設け(図 4-27 参照)、導水管路内で次亜塩素酸ナトリウムと接触させた。注入率は約 1.5mg/L、接触時間は 90~180 分とした。

図 4-28 に着水井及び処理水中のシネドラアクス数の推移を示す。前塩素処理の実施により上記①と併せて沈でん除去率はほぼ 100%となった。



図 4-27 取水ポンプ場沈砂池に設置した簡易次亜注入機

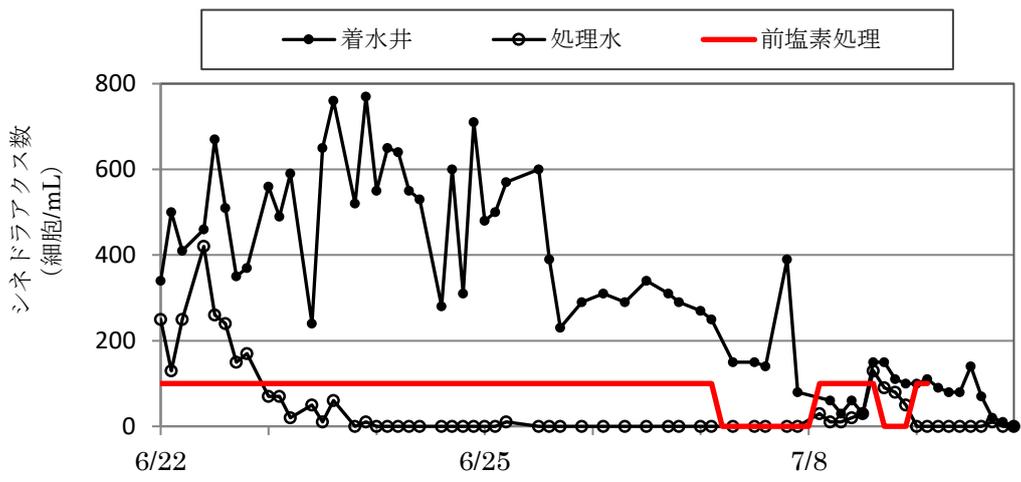
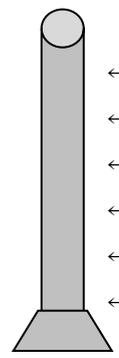


図 4-28 浄水処理工程のシネドラアクス数の推移

③ 選択取水の実施

ダムの取水設備は6箇所の取水口を備えた多孔式選択取水設備で(図 4-29 参照)、通常は最上層(EL. 384.1m)の取水口から取水されている。

ろ過閉塞発生以降、適宜取水口位置切り替えを行った。ダム表層の藻類流出は抑制され、放流水中のシネドラアクス数は約 50% 減少した。(表 4-8 参照)



- ← No.1 EL.384.1m
- ← No.2 EL.381.1m
- ← No.3 EL.378.1m
- ← No.4 EL.375.1m
- ← No.5 EL.368.8m
- ← No.6 EL.359.3m

表 4-8 取水口切替に伴う生物数の変化

	取水口位置	シネドラアクス数 (細胞/mL)
6/24	No.1→No.4 9.0m下	12,930→6,280 51.4%減
6/26	No.4→No.5 6.3m下	9,000→5,100 43.3%減

図 4-29 多孔式選択取水設備取水口位置図

(4) 対策

① 連絡・監視体制の整備

ダム管理事務所や流域水道事業体など、関係機関と情報の共有化や監視の強化を目的とした新たな連絡・監視体制を整備した。今回、同じようにシネドラの影響を受けた3浄水場で、生物の検鏡結果及びろ過持続時間等のデータを共有して、変化や異常がみられるかを

把握することにより、迅速な対応、障害発生予測等に活用できると考えられる。

② 施設整備の強化

取水口での前塩素注入設備の恒久的設置を行った。また、アンストラサイトによる急速ろ過池の複層化を行った。

アンストラサイトは、ろ過砂の表面を 10cm 削って敷設し、厚さは 10cm とした。

事例 4

(1) 現象

① ろ過水濁度上昇

ろ過水濁度は 5 月 23 日まで 0.01 程度で推移していたが、その後上昇し、5 月 26 日には 0.03、5 月 29 日には 0.05 度となった。(図 4-30 参照)

5 月 30 日には、ろ過水濁度が 0.07 度に達したため取水を停止した。

6 月 4 日に取水を再開したが、ろ過水濁度が上昇したため停止し別水源の取水に切り替えた。

5 月～6 月のピコプランクトン数の経時変化とろ過水濁度を以下に示す。ピコプランクトン数は、最大で原水中に 150,000 細胞/mL、ろ過水中に 9,000 細胞/mL であった。

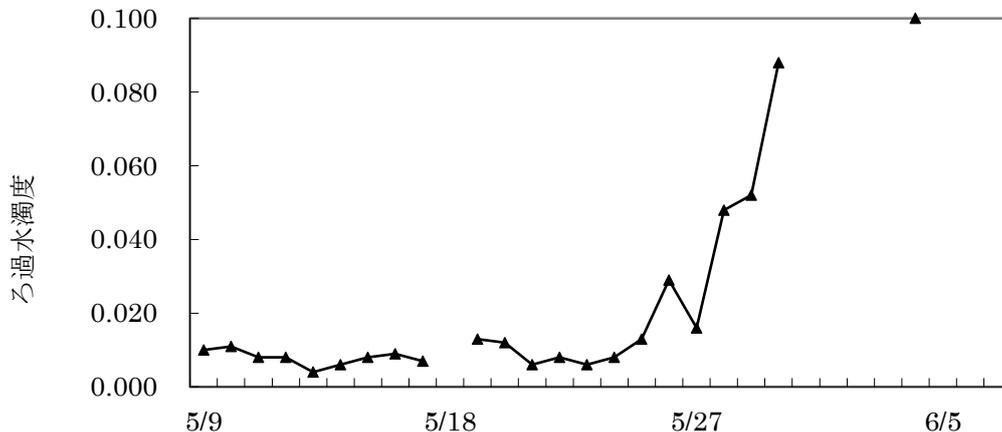


図 4-30 ろ過水濁度の推移

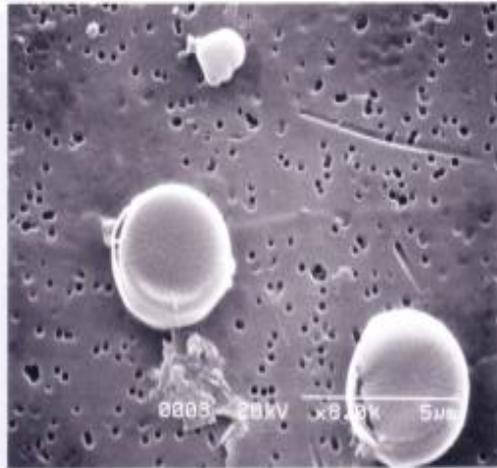
(2) 原因

ろ過水を検鏡したところ直径 2 μm 程度の藻類の漏出が確認され、ろ過水濁度上昇の要因であると推定された。

電子顕微鏡による検鏡で、これらの藻類は小型のキクロテラ(【電】写真 1) 及び種別不明の藻類(【電】写真 2) であることが確認された。

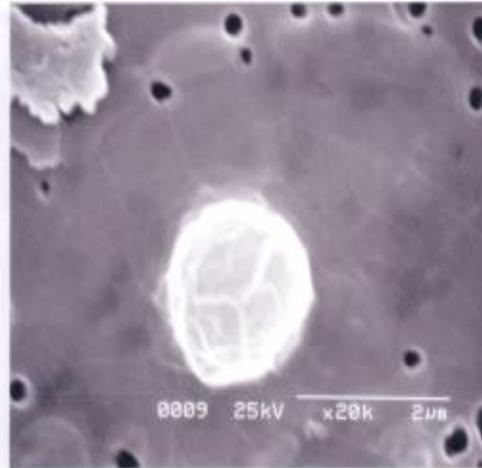
ピコプランクトン数の計数はキクロテラと不明藻類を区別することなく落射蛍光顕微鏡にて行った。

【電】写真 1



<2μm サイズのキクロテラグループ>

【電】写真 2



<種別不明のピコプランクトン>

取水口及び上流を調査したところ、ダム放流水のピコプランクトン数約 95,000 細胞/mL に対し、ダム流入水では 1,000 細胞/mL 以下と少なかったことからダム湖内での増殖したものと推測された。(図 4-31 参照)

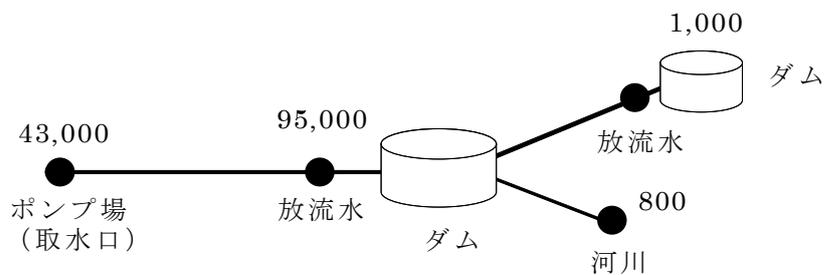


図 4-31 各調査地点におけるピコプランクトン数

(3) 対応

6月7日には、原水中のピコプランクトン数が 50,000 細胞/mL 以下に減少したため、取水を再開し仮設備にて前次亜 (1.5mg/L) 及び後 PAC (mg/L) による浄水処理を行った。

ろ過水濁度と原水ピコプランクトン数からの除去率を、通常の中次亜処理と前次亜および後 PAC 注入処理で比較したものを表 4-9 に示す。除去率の差はわずかであるがろ過水濁度でみると薬品処理強化の

効果が顕著にみられた。原水中に含まれるピコプランクトン数は数万から数十万細胞/mLレベルであるので、除去率が数%の違いであっても漏出する細胞数としては大きな差となる。

前次亜、後 PAC 処理を行った 6 月 7 日から 6 月 17 日のろ過水濁度は、0.04 度未満で推移した。(図 4-32 参照)

表 4-9 処理別のろ過水濁度とピコプランクトン除去率

	原水 ピコプランクトン数	薬品処理	ろ過水		
			濁度	ピコプランクトン数	除去率%
6/4	130,000	中次亜	0.0840	8,400	93.5
6/9	56,000	前次亜+後 PAC	0.0161	620	98.9

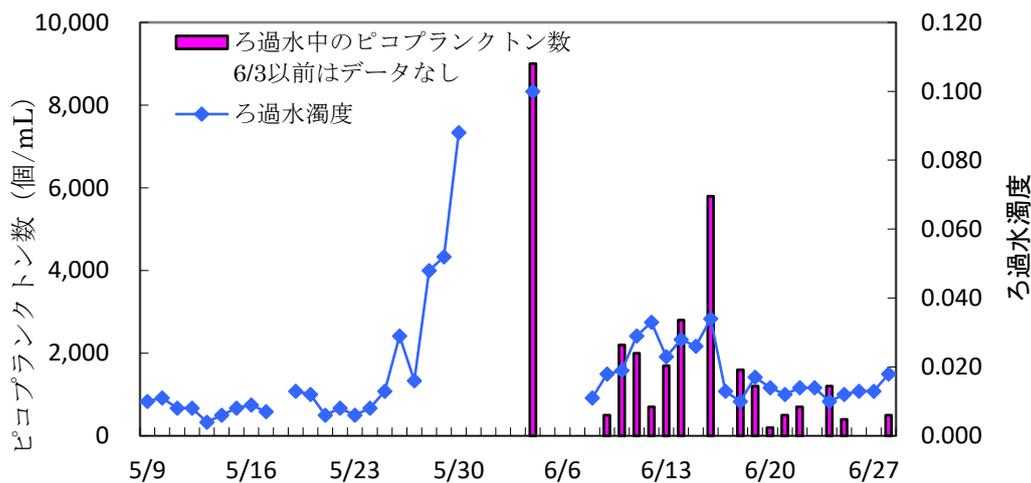


図 4-32 ろ過水濁度とピコプランクトン数の推移

(4) 対策

① ピコプランクトン数からろ過水濁度の予測

ろ過水ピコプランクトン数とろ過水濁度の関係を図 4-33 に示す。次式より、今回発生したピコプランクトンの約 9,000 細胞/mL が、ろ過水濁度 0.1 度に相当することが得られた。

表 4-9 の通常処理時の除去率が 93.5%であるから、除去率を 90% とすると原水中では約 90,000 細胞/mLとなる。この値(管理指標値)を原水監視の際の浄水運転の目安とした。

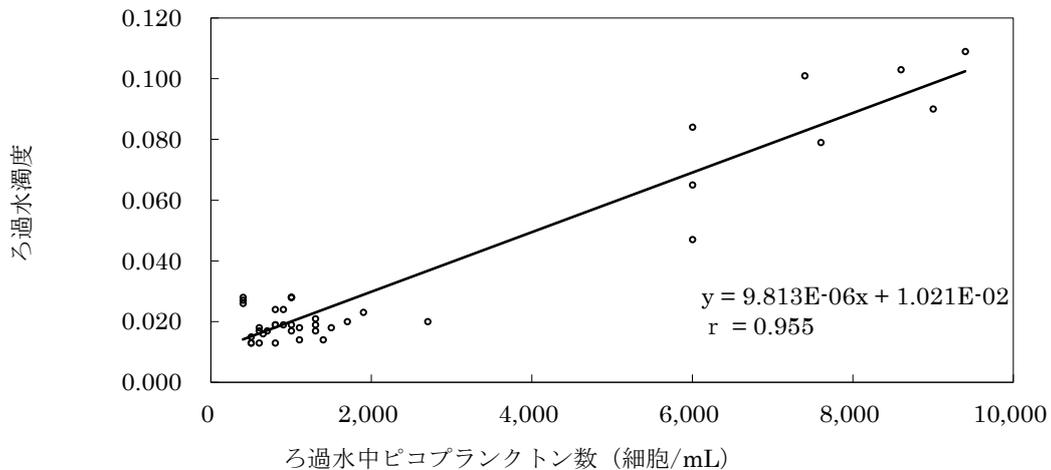


図 4-33 ろ過水ピコプランクトン数とろ過水濁度の関係

② 施設整備

後 PAC 注入設備は仮設時と同様に沈でん処理水の越流部に設置した。(図 4-34 参照)

また、前次垂注入設備を取水ポンプ場に設置し、現在はカビ臭対応も見据えて活性炭接触池も完成し運用している。

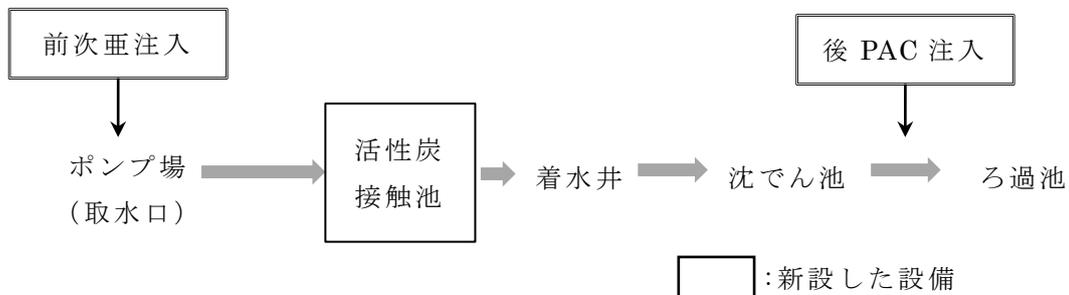


図 4-34 施設整備状況

事例 5

(1) 現象

8月7日 10:00 頃、浄水濁度が 0.020 度を超過したので監視強化を行い、ろ過池洗浄間隔を短くすることとした。13:00 に沈でん池の上澄水を目視確認すると、白くよどんでいた。この時点で、薬注不足であったと思われる。結果として、緩速系ろ過水及び急速系ろ過水が混合した浄水濁度が、0.098 度まで上昇した。(図 4-35 参照)

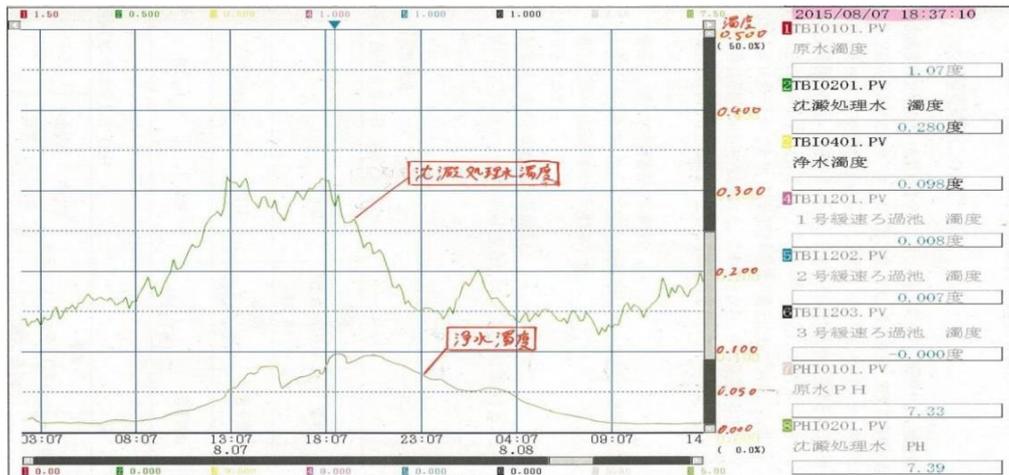


図 4-35 沈でん処理水濁度および浄水濁度の推移

(2) 原因

- ① 事故当時の原水濁度は1度前後と低い状態であり、凝集沈でん及び急速ろ過の不具合は発生しないだろうという思い込みがあり、浄水濁度計へのエア混入により一時的に上昇したものと思い込んでいた。
- ② しかし、沈でん池上澄水が白くよどんで見え、濁度計に異常は見られずクロスチェックでも近似値を示した。よって、濁度計の故障ではなく実際に薬品注入量（PAC、前ソーダ）が不足し、それが原因となり凝集不良が発生したと考えられる。
- ③ 薬品注入機内へのエア混入等により、設定した注入率と実際の注入率が異なったため、薬注不足による凝集不良へとつながった。
- ④ ちなみに緩速系のろ過水濁度は上昇していない。(図 4-36 参照)

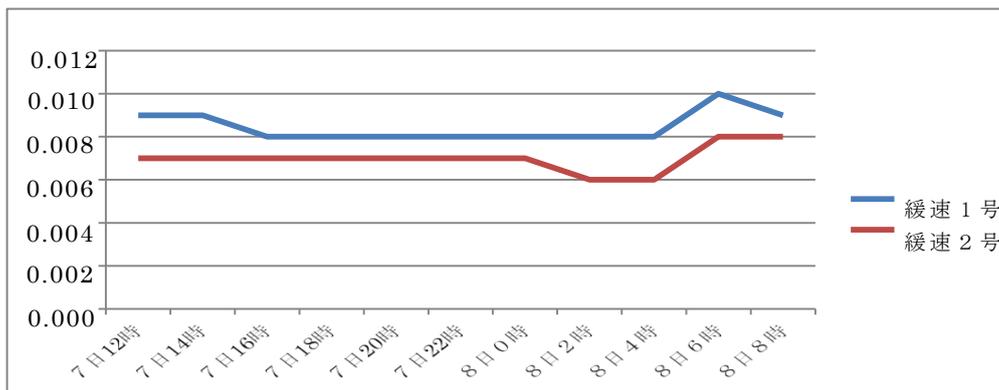


図 4-36 緩速ろ過水濁度の推移（3号ろ過池は休止中）

(3) 対応

- ① 14:15 にジャーテストを実施し、PAC・ソーダ灰の注入率を増加させた。PACは 25mg/L→27mg/L、ソーダ灰は 1.5mg/L→2.5mg/L に変更した。
- ② 14:30 に浄水濁度が 0.050 度を超過し、更に上昇傾向にあったため、水質検査担当に浄水サンプリング脱泡槽の浄水濁度のクロスチェックを依頼した。測定結果は、浄水濁度 0.053 度であった。
- ③ 15:00 に業者が来場し、浄水濁度計の点検を実施したが、点検前後で指示値は変わらなかった。これと上記のクロスチェックの結果により、計器の異常ではなく急速系ろ過水水質の異常であると判断した。
- ④ 17:15 にジャーテストを実施、PAC・ソーダ灰の注入率を増加させた。PACは 27mg/L→32mg/L、ソーダ灰は 2.5mg/L→3.0mg/L に変更した。
- ⑤ 18:40 に 2号高速凝集沈でん池の上澄水が白く濁っていることを確認したが、1号高速凝集沈でん池と比較すると顕著であった。また、凝集が不十分なフロックが沈でん池底部に溜まっているものと考え、排泥を行い沈でん池の機能を回復させた。
- ⑥ 19:10 にジャーテストを実施、結果として注入率の変更は必要なしであった。
- ⑦ 8月8日 12:00 に浄水濁度が 0.010 度付近で安定したので、本件の対応は終了とした。なお、今回の件における給水への影響は無かった。

(4) 今後

以下のような浄水処理における当たり前の操作・確認を怠ったため、このような事態を引き起こしたので、今後の対応として再認識することとした。

- ① 適時ジャーテストを行い、適正な薬品注入をすること。また、実際の薬品注入量が設定どおりとなっているか注入点で確認を行うこと。
- ② 凝集沈でんの確認については、計器の値（沈でん処理水濁度）だけでなく肉眼で池の状態を確認すること。沈でん池の上澄みが白くよどんで見合える場合は凝集不良である。
- ③ 原水濁度が 1.0 度程度であっても、薬品注入量の設定を誤れば、凝集不良によるろ過水濁度上昇は起こりうるということを認識する。
- ④ 水質に異常が見られた場合、直ちに水質担当に検査を依頼し、クロスチェックを行うこと。

- ⑤ ろ過池洗浄の定期実施により、ろ過池能力を維持すること。

事例 6

(1) 現象

ダムを水源として利用し、急速ろ過方式で浄水処理を行っている浄水場にて、凝集剤として PAC を使用しているが、適正なフロックができずに、ろ過池が閉塞してしまう等のトラブルが発生した。

(2) 原因

昼間ダム水面での微生物の活動により、pH が上昇した原水が浄水場に夜間流入してきており、原水 pH を低下させるための酸剤が無かったため、PAC の適正注入 pH 域を外れてしまい、凝集不良が発生したと考えられる。

(3) 対応

pH 調整用の硫酸を急ぎよ購入したが、大雨により原水 pH が通常の中性域に落ち着いたため沈静化した。

事例 7

(1) 現象

ろ過継続 96 時間と損失水頭到達どちらかの条件を満たした段階で洗浄を行うように設定しているが、通常はろ過継続時間により洗浄を行っている。

損失水頭上昇傾向が確認され、洗浄周期の条件をろ過継続 72 時間としたが、それでも間に合わず 62 時間で損失水頭到達による洗浄が行われた。

(2) 原因

逆洗浄排水に大量のミジンコが含まれていたため、ミジンコによりろ過池が閉塞気味になってしまっていたと考えられる。

(3) 対応

洗浄周期の条件をろ過継続 48 時間とした。48 時間で運転したのは 1 週間程度であったが、その後もしくは 72 時間で運転し、完全に沈静化するまで 1 箇月程度かかった。

なお、テーブルテストにおいて、注入上限濃度の次亜を注入し、十分な接触時間が経過してもミジンコが死滅しなかったため、前次亜は注入しなかった。なお、原水・沈でん池のどの段階で繁殖しているかなどは、特定できていない。

事例 8

(1) 現象

急速ろ過水において強いカビ臭が発生した。

(2) 原因

藍藻類であるフォルミジウムアウツムナーレが沈でん池において増殖し、カビ臭物質であるジェオスミンを産生し、ろ過水に漏出していたことによるものと考えた。

沈でん池は開放型であり、この事象が発生した際には遮光ネットを設置していなかったため、繁殖に適した条件が整ってしまった。

当現象が発生した浄水場は、ダム水を原水としているが、ダムでは夏期間に藍藻類が増殖することでアオコが発生する。

原水中にも種々の藍藻類が入り込んでくるため、繁殖条件が整ってしまうと沈でん池で繁殖し、急速ろ過以降に影響をもたらす可能性がある。

(3) 対応

沈でん池清掃・PAC 注入強化・後段にある残留オゾン濃度の強化により対応した。1 箇月程度は臭気が沈静化せず、残留オゾン濃度に関しては 1 箇月間強化したままにした。

現在では、夏期間は沈でん池上に 75% 遮光ネットを設置し、藍藻類の繁殖を防いでいるが、それでも 100% 防いでいるわけではないので、臨時で沈でん池の清掃を行うなどしている。

事例 9

(1) 現象

原水の電導度が上昇し水処理が悪化した。ろ過濁度も、夜間洗浄後濁度 0.08mg/L 超と急激な上昇及び上昇傾向のため、12 池中 4 池の処理を停止した。

その後、残りのろ過池もろ過濁度の上昇が止らず、原水電導度も 4000 μ S/cm 超と急激に上昇し、取水停止及びろ過池全池を停止した。

(2) 原因

河川の異常濁水により塩水遡上が起こり、原水電導度上昇によって水処理が悪化した。

(3) 対応

① 原水電導度が 1000 μ S/cm 以下になったため、取水を再開した。

② 沈でん池内のフロックがジェル状化したため、沈でん池内の水位を下げ、流入させながら泥入れを行い、沈でん池内のフロックを沈降させ状態を回復させた。その間、ろ過池手前の濁度は 5 度前後まで上昇した。

- ③ 沈でん後の集合井に処理水を流入させ、水中ポンプで集合井内の水を排水した。また、ろ過池 1 池を空にし、排水弁を開放し高濁度の水を流し込み水の入れ替えを行った。
- ④ ろ過池への流入は、処理水濁度の低下を確認してから実施した。PAC 最大注入時は、沈でん池 1 池の処理量が $300\text{m}^3/\text{h}$ のため、ろ過池を 1 池ごと立上げた。
- ⑤ 初めに捨水を行い、ろ過濁度測定用の電磁弁を開け（※通常休止状態・洗浄時は閉の電磁弁）濁度が下がり傾向であることを確認し、水処理を再開した。
- ⑥ 洗浄後に濁度上昇した 4 池は、8 池立上げ後実施し 12 池全て立上げを完了した。

事例 10

(1) 現象

高速沈でん池の排水や排泥時及びろ過池の洗浄時などに、ろ過流量に変動がある際、一部のろ過池のろ過流量データにハンチングが発生する。

(2) 原因

原因不明。

(3) 対応

- ① 流量調整弁を一旦手動にし、ハンチングを止めてから自動に戻す。
(※再現せず)
- ② ベンチュリー管の差圧取り口の清掃を実施した。

事例 11

(1) 現象

捨水弁が全閉にならず、捨水渋滞検出タイマー設定時間を超過し、ろ過池工程渋滞が発生した。

捨水弁の現場動作は、開動作は一定時間で動作するが、閉動作時には開度残り数%で閉まりきれず、全閉までに時間がかかる状態であった。

(2) 原因

捨水弁への異物の噛み込み等によるバルブ閉不良の疑い。

(3) 対応

- ① 捨水弁操作を手動にて開閉操作を数回実施した。
- ② 手動開閉操作実施後に捨水弁全閉表示となったため、中央監視操作にて工程渋滞を復帰し、ろ過継続。(再現せず)

事例 12

(1) 現象

新設側 11～16 号ろ過棟地下に塩素臭が充満し、設備の腐食がみられた。

(2) 原因

1 階が吸気で、地下が排気の換気扇を設置しているが、換気扇フィルターの目詰まりで吸気量が減り、地下室の排気量が増加したことにより、ろ過水渠内の塩素分を含んだ空気を室内に吸い出していた。

(3) 対応

換気扇フィルターを適時清掃し、吸気と排気のバランスを均衡させることにより改善した。

(1～10 号ろ過棟 1 階と地下が両方とも排気の換気扇のみなので、ろ過水渠内の塩素分を含んだ空気が地下に充満し設備が腐食している。現在地下の排気ファンのみ運転としている。)

事例 13

(1) 現象

排泥池及び濃縮槽で発生した上澄水を着水井に返送 (20～100m³程度) し通常処理を行ったところ、一時的にろ過水濁度が急上昇し 0.1 度を越えそうになった。

(2) 原因

上澄水に含まれるプランクトン類によるものと推察される。

(3) 対応

調査の結果、水温 15 度以上の上澄水からろ過水濁度の上昇傾向がみられること、また、滞留時間が長いほど上昇傾向が強いことが判明したため、返送池に貯めた上澄水に次亜を散布し 2 時間以上滞留させてから返送することにより改善した。(次亜注入率は表 4-10 参照)

表 4-10 次亜注入率

水温	通常時	前日に返送していない時
15℃～20℃	3 mg/L	4 mg/L
20℃以上	4 mg/L	5 mg/L

事例 14

- (1) 現象
表洗ノズルの閉塞。
- (2) 原因
構造上、表洗中に表洗管が洗浄水に埋まってしまい、表洗ノズル孔にアンストラサイトが侵入し閉塞する。
- (3) 対応
洗浄前に表洗管に振動を与え、閉塞を解除した。
- (4) 対策
表洗管とアンストラサイトの距離は設計値のとおりであるため、表洗管の振動で対処している。

事例 15

- (1) 現象
逆洗ポンプ故障による洗浄不可。
- (2) 原因
予備機が無い逆洗ポンプが故障し、逆洗ができなくなったことにより、ろ過ができなくなった。
- (3) 対応
他設備でろ過流量を増やした。逆洗ができなくなったろ過池については、機能を低下させないよう適宜水を張り、次亜の注入などを行った。
- (4) 対策
当該機器の修繕と、逆洗ポンプの予備機を設置した。

事例 16

- (1) 現象
洗浄排水井の水位上昇。
- (2) 原因
ろ過池の洗浄を行っていない時間帯で、洗浄排水井の水位上昇がみられた。ろ排弁及び洗排扉からの漏水が原因である。
- (3) 対応
洗排扉は修繕工事を行い、ろ排弁は更新を検討中である。
- (4) 対策
ろ排弁のリミット調整による全閉操作を行ったが、漏水が継続していても過トルクになった。漏水量は少量なので、更新までは現状のまま使用している。

事例 17

(1) 現象

アナベナによるろ過水濁度の上昇。

(2) 原因

ダムで増殖したアナベナが、強風によって放流口に集まり浄水場へ流下した。浄水場では、前塩素を注入しているため、分解したアナベナがろ過池を通過しろ過濁度が上昇した。

(3) 対応

当日は、取水量を減少し、PAC 注入率を増加させた。翌日にアナベナを確認したので、前次亜を停止し、ダムの放流位置を - 3 m から 3 m 低くした。

(4) 対策

巡回時にダム湖面の観察を徹底し、アオコ発生確認後は水質検査担当課と連携し原水の監視強化を行う。

事例 18

(1) 現象

ろ過池数減少に伴う洗浄回数が増。

(2) 原因

2池ある沈でん池のうち、池内の汚泥排出のため休止させたことにより、稼働中の沈でん池の流速が早まり、洗浄頻度が増加し配水量の確保が困難になった。

(3) 対応

取水量を減少し、PAC や前苛性の注入率を増加させた。最終的に、配水量を確保するため、休止している沈でん池の運転を再開させた。

(4) 対策

沈でん池の汚泥排出による休止期間を短くする。

事例 19

(1) 現象

高濁度原水流入による沈でん処理水濁度高。

(2) 原因

台風や集中豪雨により原水が高濁度となった場合に、沈でん池ではフロックが沈でんしきれなくなる。

また、濁水による低濁度、高 pH などの場合は、フロックの出来が悪く、ろ過池にマイクロフロックを流出させてしまう。

(3) 対応 どちらも、ろ過池に流入する水の濁度が通常よりも高くなるため、逆洗周期を通常より短い時間で行っている。

(4) 対策

原水高濁度時は取水量を調整し、できるだけ沈でん時間を長くして、少しでもろ過池へ流入する濁度を下げる。濁水に伴う高 pH 時は、炭酸ガスの注入により凝集性を改善し沈でん効率を上げている。

事例 20

(1) 現象

マッドボールの発生。

(2) 原因

表洗が回転式ノズルのため、表洗の弱い部分が生じ、マッドボールが発生した。

(3) 対応

ろ過砂の入替えを行った。

(4) 対策

マッドボールが大きくなる前に、人力でマッドボールを破壊、洗浄している。

事例 21

(1) 現象

低温、低濁度により損失水頭の増大。

(2) 原因

原水が低温、低濁度になった場合に、マイクロブロックによりろ過池が閉塞する。

(3) 対応

閉塞気味のろ過池への流入量を抑える。

(4) 対策

洗浄周期を短縮させる。

事例 22

(1) 現象

ろ過流量調節弁の、ろ過流量計の誤計測による誤動作。

(2) 原因

ベンチュリー式流量計用差圧式伝送器バルブに異物が噛み、ろ過流量が過少に計測され、流調弁が全開動作した。

(3) 対応

導圧管のクリーニング及び各バルブ開閉操作、差圧式伝送器のエア抜き実施した。

(4) 対策

定期点検後の定期的に計測値の確認を行う。

4.4 東北地方における急速ろ過池の維持管理の現状と今後

アンケート結果をもとに、実際の現場での維持管理の状況を分析し、今後の急速ろ過池の維持管理について考察していく。

4.4.1 原水濁度及び凝集沈でん方式

急速ろ過池に影響を与える、原水濁度、凝集沈でん方式などについて、図 4-37～4-40 にまとめた。

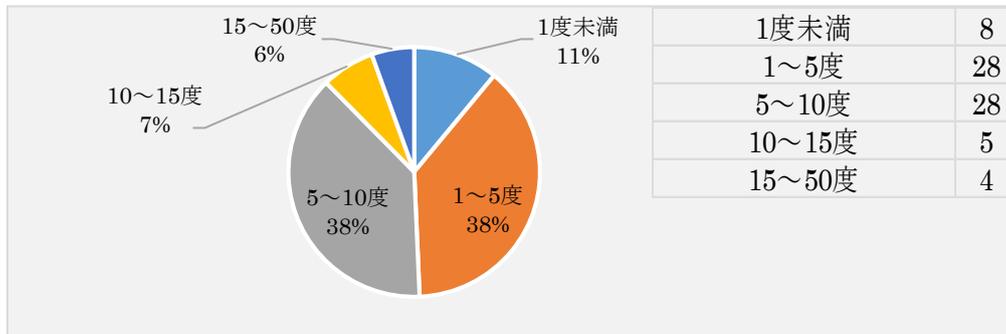


図 4-37 平均原水濁度（平成 28 年度）

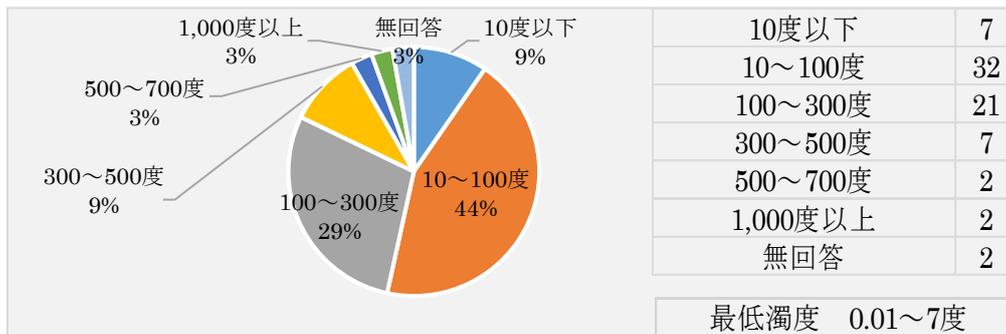


図 4-38 原水最高濁度（平成 28 年度）

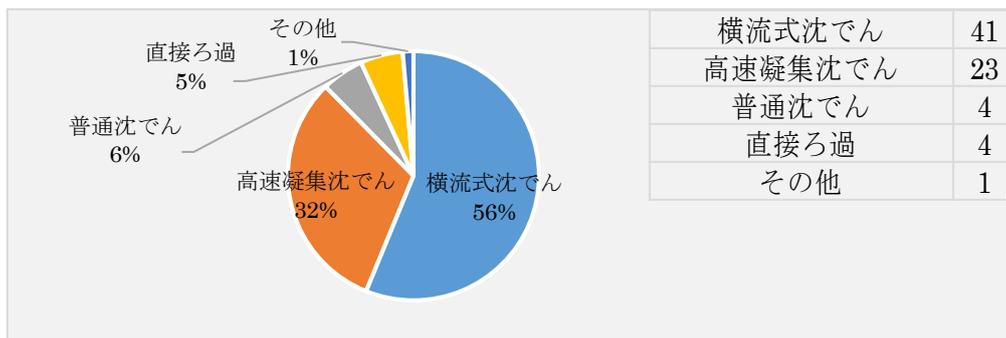


図 4-39 沈でん池方式

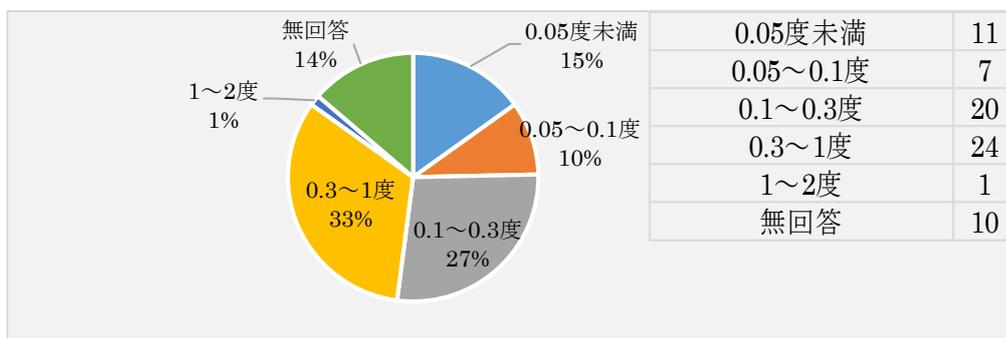


図 4-40 沈でん水濁度

4.4.2 ろ過速度と浄水量

1) 現状

図 4-41 は、ろ過速度をまとめたものである。

調査回答を得られた施設では、指針で標準とするろ過速度 100m/日以下の施設が 49%という結果が得られた。図 4-42 は最大浄水能力、図 4-43 は日平均浄水量をそれぞれまとめたものである。

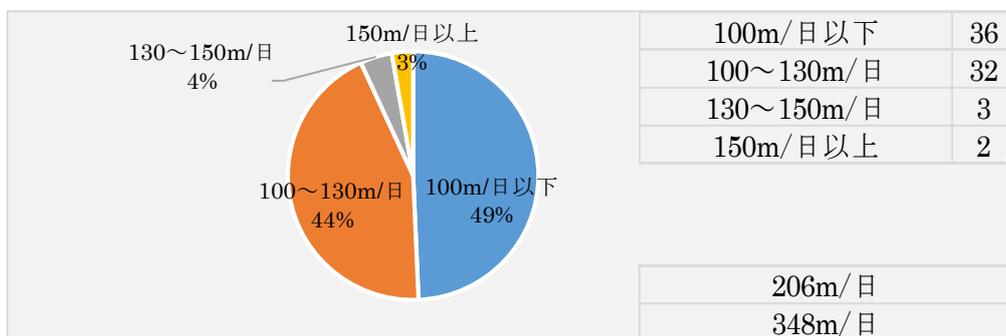


図 4-41 ろ過速度

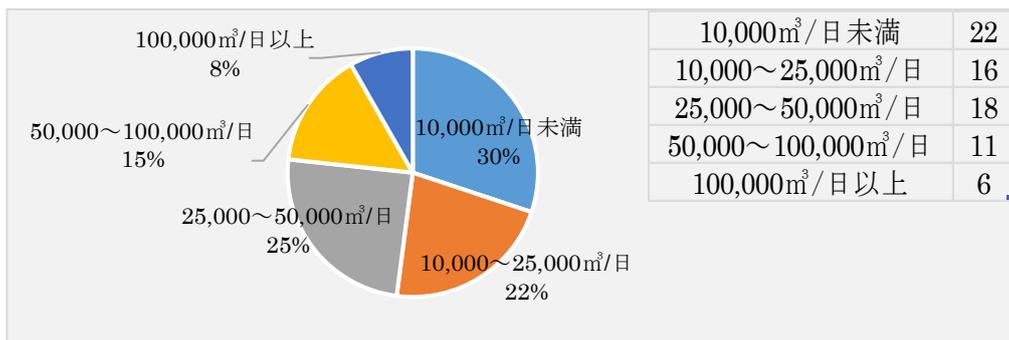


図 4-42 最大浄水能力

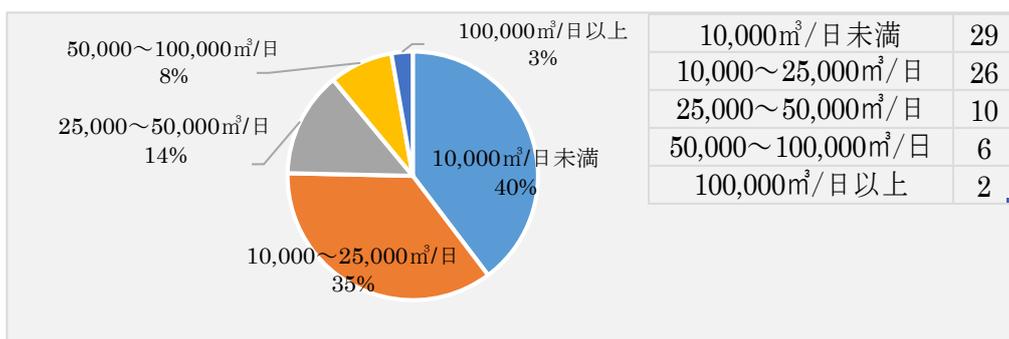


図 4-43 日平均浄水量（平成 28 年度）

2) 考察

- ここで注目したいのが、最大浄水能力として 10,000m³/日未満の施設が 30%であるのに対して、日平均浄水量で 10,000 m³/日未満と回答した施設は 40%と上回っていることである。

この要因については、配水量が減少傾向になっているだけでなく、アンケートで得られた不具合事例に散見する原水性状の変化により、凝集沈でん効率が落ち、ろ過池への負荷が増すことで、損失水頭が増大し、洗浄頻度の増加からろ過時間を減らしている点が挙げられる。また、ろ過池の負荷を減らし、沈でん池滞留時間を長くするため、取水量を制限する対応がとられている。

- 原水性状に起因するろ過速度及び浄水量の減少への対応については、ろ過池の維持管理に係る以下の事項が重要であると考えられる。
 - ① 濁度計、導電率計、pH 計により、原水水質の変化を早期に発見できる監視体制と相関に係る知見の蓄積。
 - ② ジャーテストの実施により、変化する原水に対する最適な薬品率の設定。
 - ③ フロックの形成状態、沈降状態の監視及び沈でん池の状態を良好に保つための水量調整及び排泥管理の実施。

- ・ 異常時に実施した対応記録を残し、引き継いでいくことで同様な事案が発生した時に、早期に適切な対策を行え、ろ過池の状態を良好に保ち、ろ過速度及び浄水量の低下を回避できるものとする。

4.4.3 ろ過継続時間

1) 現状

図 4-44 はろ過の継続時間、図 4-45 は洗浄を行う損失水頭の基準をまとめたものである。なお、継続時間と沈でん水濁度の関係性について、図 4-46 のように整理した。

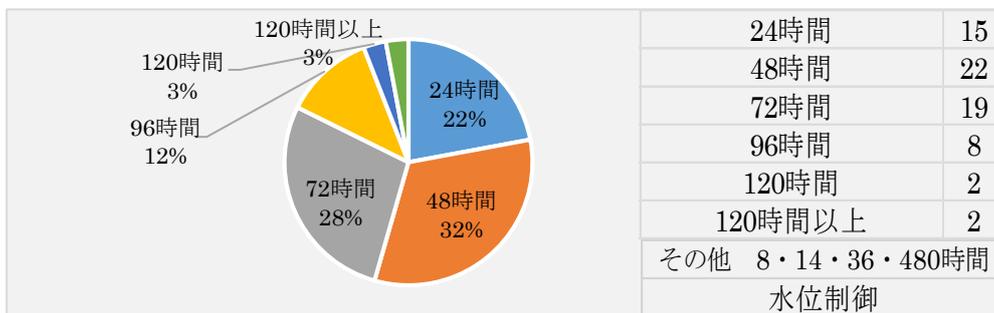


図 4-44 ろ過継続時間

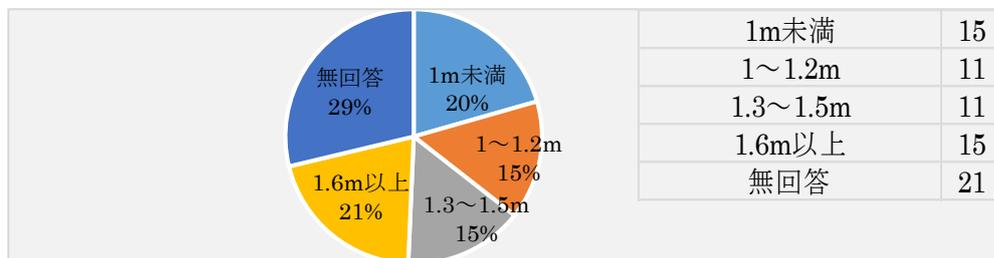


図 4-45 洗浄時の損失水頭

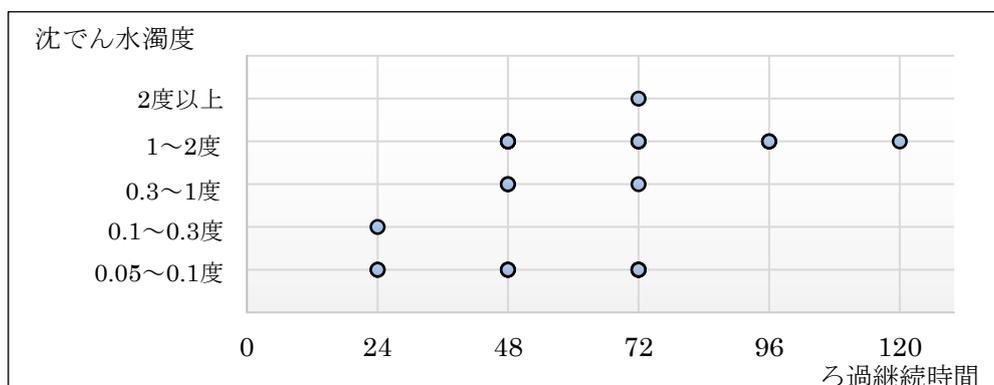


図 4-46 沈でん水濁度とろ過継続時間

2) 考察

- ろ過継続時間の管理は、ろ過池の状態を良好に保つために重要な要素の一つである。図 4-44 のアンケート結果では、指針で通常とする 24 時間から一週間程度の範囲内で、実施されていることが分かる。過多の洗浄は、ろ過砂やアンスラサイトの流出の機会を増やすだけでなく、経済的に見ても避けた方がよい。
- ろ過継続時間については、損失水頭やろ過水濁度を勘案し、各施設では最適な設定を行っていると思われる。時間で洗浄管理している施設については、損失水頭が規定値到達前に洗浄を行っており、安全な設備運用を実施しているといえる。しかし、ろ過洗浄に伴う捨水量を必要以上に増やさないという観点では、懸濁物質をどの段階で取り除くかを含め、損失水頭で管理できるかの検証を行うのが望ましい。
- 原水水質や凝集沈での運用方法などにもよるが、ろ過継続時間 24 時間の施設は沈でん水濁度が低く、ろ過継続時間が長い施設は沈でん水濁度が高い傾向にあり、フロックは非常に早く付着凝集し、ろ過継続時間 3 日程度で限界抑留量に近づく傾向が推察される。

4.4.4 ろ過砂の洗浄

1) 現状

- (1) 図 4-47 は洗浄方式をまとめたものである。「標準的な洗浄方式は、逆流洗浄に表面洗浄又は空気洗浄を組み合わせる。」と前述したが、図 4-47 のアンケート結果では、逆流洗浄のみで運用されている施設が 3 施設あった。

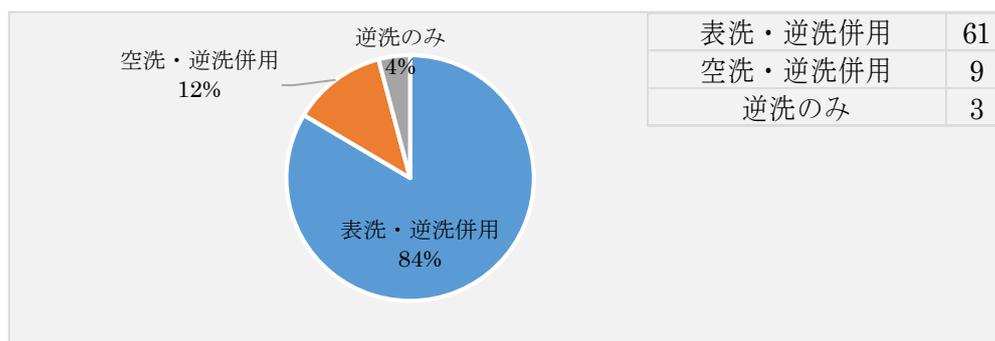


図 4-47 洗浄方式

(2) 図 4-48 は表洗方式をまとめたものである。調査回答を得られた施設の表洗方式は、固定式が 36 施設、回転式が 21 施設、併用が 4 施設である。

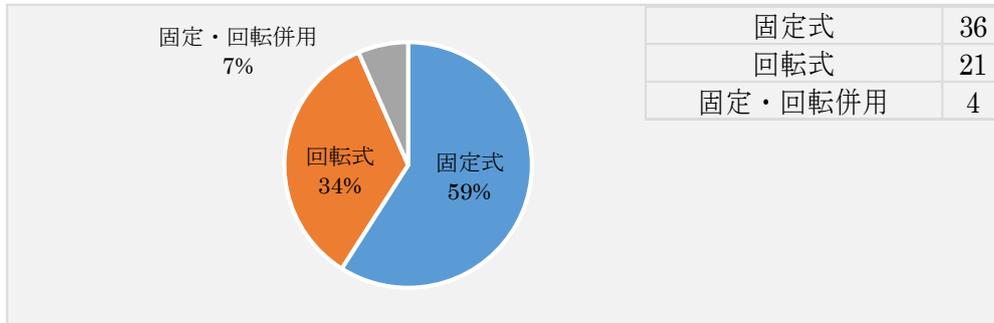


図 4-48 表洗方式

(3) 図 4-49 は、逆洗速度の変更の有無をまとめたものである。「年間の水温差の大きい浄水場では、同じ膨張率を得るために、少なくとも年間数回程度は逆洗洗浄速度を変化させることが重要である。」と前述した。しかし、アンケートの結果を見ると、逆洗速度の変更を実施している施設は、全体の 7% にあたる 5 施設しかない。

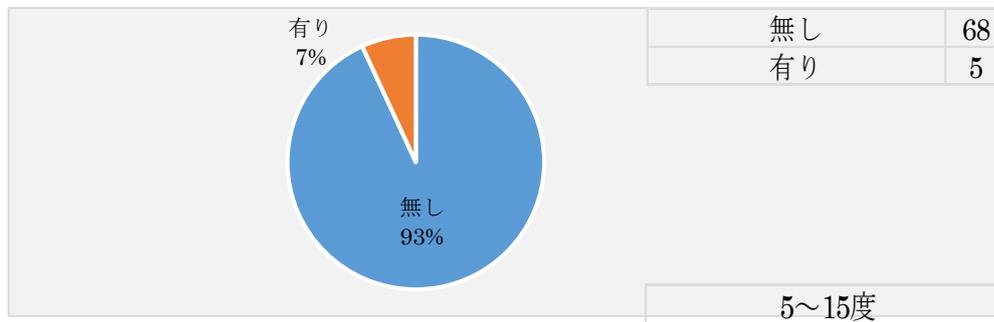


図 4-49 逆洗速度の変更の有無

(4) 図 4-50 は、洗浄時の砂の流出の有無をまとめたものである。28% の施設で砂の流出を確認している。

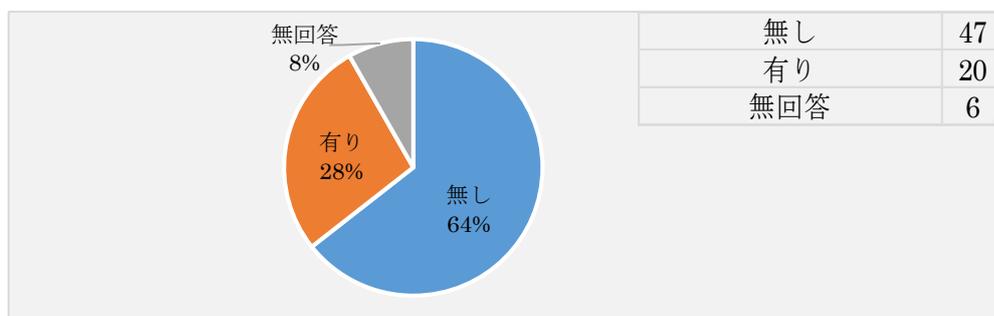


図 4-50 洗浄時の砂の流出の有無

- (5) 図 4-51 は表洗時間、図 4-52 は逆洗時間をまとめたものである。
ろ過砂の洗浄時間については、各施設にばらつきがあることが分かる。一部施設の不具合事例として、マッドボールの発生、ろ材の矮小化の報告があったが、概ね各施設において、洗浄排水濁度・巡視による洗浄状態の確認などにより、適切な洗浄時間の設定や最適な洗浄工程が組み立てられている結果といえる。

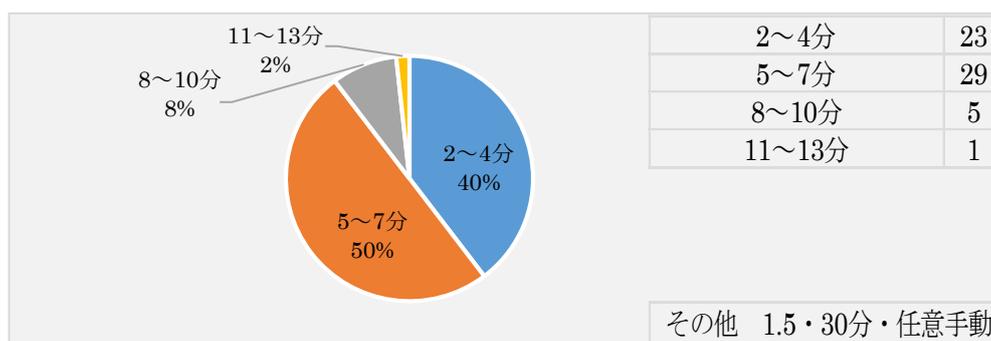


図 4-51 表洗時間

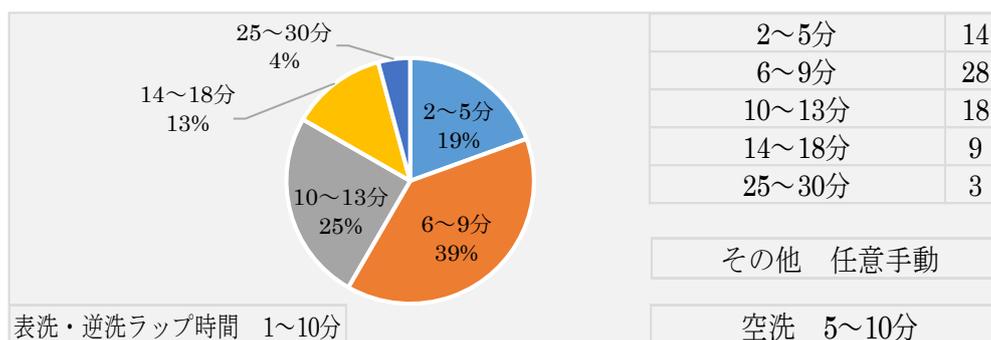


図 4-52 逆洗時間

2) 考察

- ・ 前述の逆流洗浄のみで運用されている施設では、洗浄に関連するろ過池の不具合の回答はない。ろ過継続時間を 14 時間、24 時間と比較的短時間に設定しているためと思われる。
- ・ 回転式のみで運用している施設の一部において、アンケートの不具合事例にマッドボールの発生を挙げているが、固定式を運用している施設では洗浄に係る不具合事例の回答はない。マッドボール発生の原因は、「表洗のかからない部分がある。」との回答であった。マッドボールは、表面洗浄がうまくいかないろ過池において、砂粒の表面に蓄積されてできるものである。方形のろ過池に対して、円形に洗浄する回転式では、設計通りの洗浄範囲が確保されているかの確認は必要である。

- ・ 逆洗速度の管理で懸念されるのは、砂及びアンスラサイトの流出及び適正なる層の膨張率を得られるかである。アンケートでは逆洗速度は調査しておらず、相関関係は不明である。図 4-51、図 4-52 との相関関係は見られない。アンケートの集計上、1 池面積は範囲選択制としているが、面積と洗浄水量の情報があれば、洗浄速度は算出できるので、今後の課題としたい。

4.4.5 ろ層調査

1) 現状

(1) 図 4-53、54、55、56 は、ろ層に係る調査の有無をまとめたものである。

ろ層調査については、指針では 1～3 年の期間で実施するよう推奨しているが、半数以上の 37 施設で実施されていない。

実施していると回答が得られた施設のうち、69%が 1～3 年以内の頻度で実施している。

砂の理化学層調査は 41%の施設で実施し、頻度も 5 年以内が 67%と、比較的短期間で実施している。

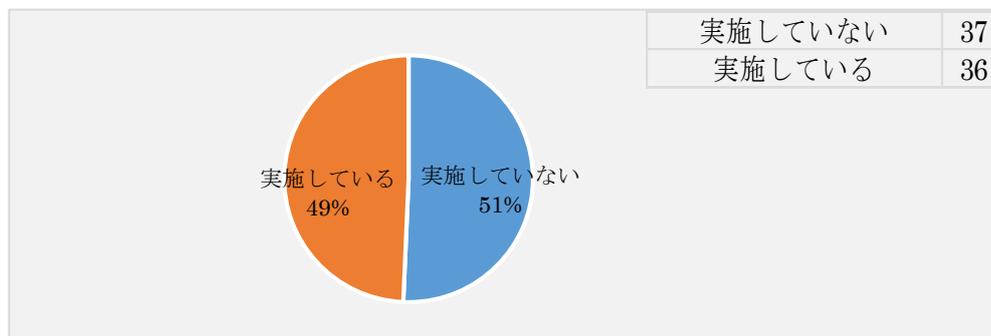


図 4-53 ろ層調査の有無

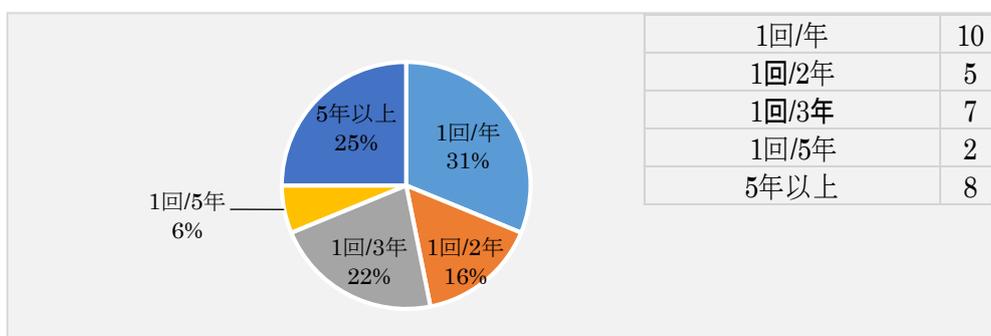


図 4-54 ろ層調査の頻度

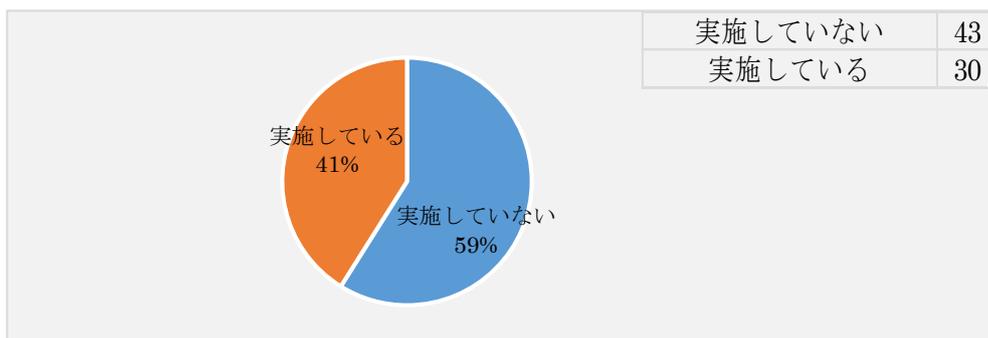


図 4-55 砂の理化学調査の有無

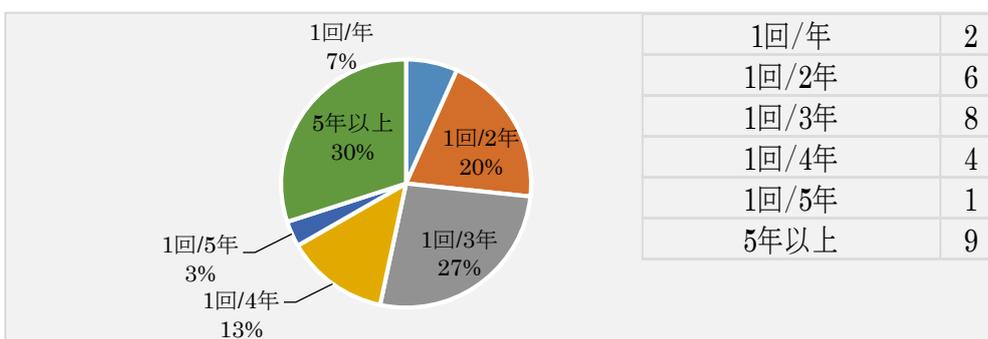


図 4-56 砂の理化学調査の頻度

(2) 図 4-57 は、ろ層調査に係る直営、委託をまとめたものである。大多数の 28 施設が、委託によりろ層調査を実施していることが分かる。

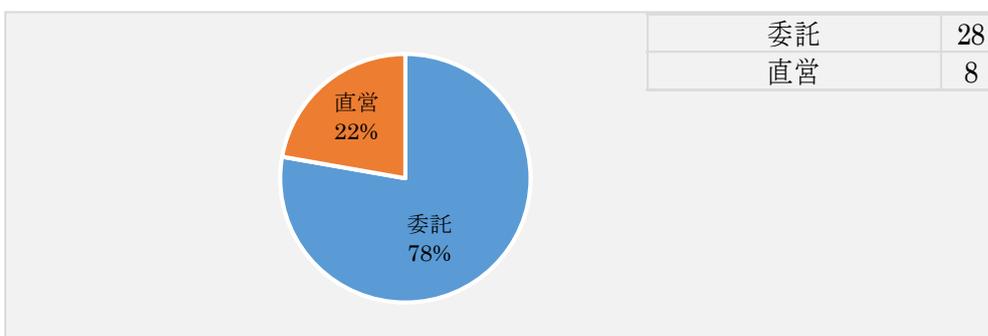


図 4-57 ろ層調査の直営・委託

2) 考察

ろ層調査については、砂層の厚さ及び砂利層の不陸の確認に重点が置かれており、理化学調査による砂の有効径の確認・付着物の確認・洗浄濁度による逆流洗浄の効果の確認はほとんどされていない。

4.4.6 ろ層整備

1) 現状

- (1) 図 4-58 は、不陸防止ネットの設置の有無をまとめたものである。不陸が見られるろ過池では、有効な対策として不陸防止ネットを張る方法が指針に示されているが、調査回答を得られた施設の中で設置されている施設は、4施設6%であった。

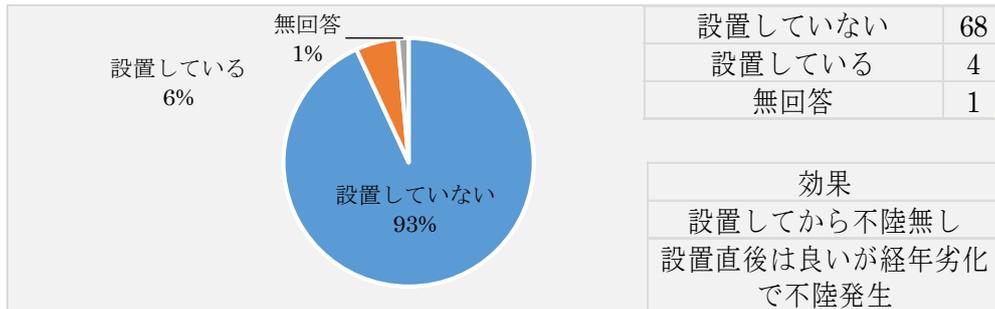


図 4-58 不陸防止ネットの設置の有無

- (2) 図 4-59、60、61 は、ろ過池の更生などについてまとめたものである。

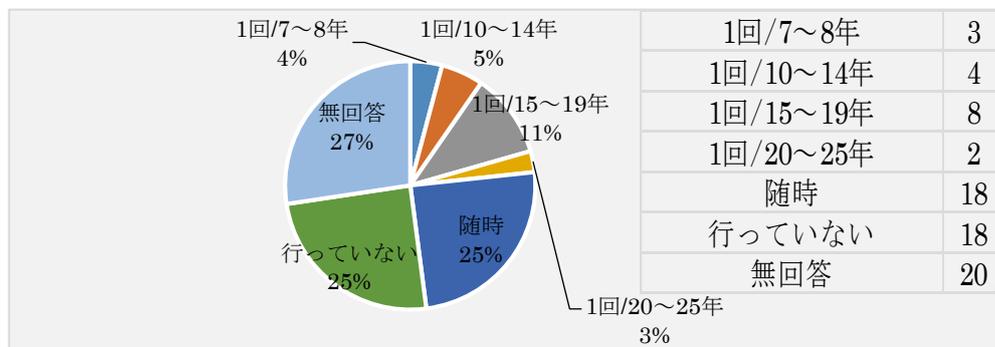


図 4-59 ろ材の更生の頻度

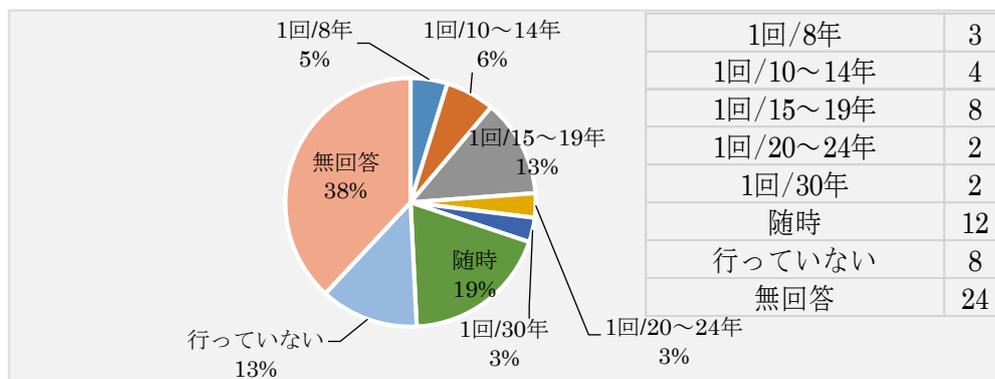


図 4-60 新砂入替の頻度

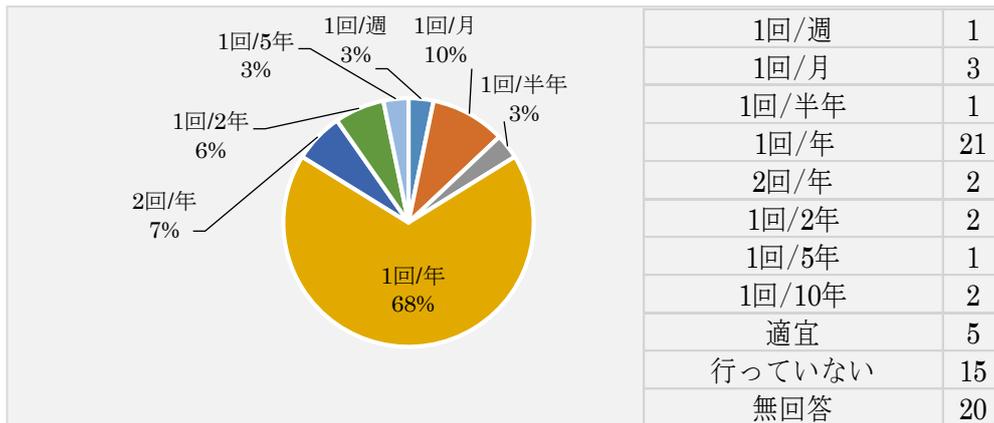


図 4-61 ろ過池清掃の有無

(3) 図 4-62 は、砂層数をまとめたものである。単層は 40 施設 55% になるが、そのうち 18 施設で単層から複層化への検討を行っている。

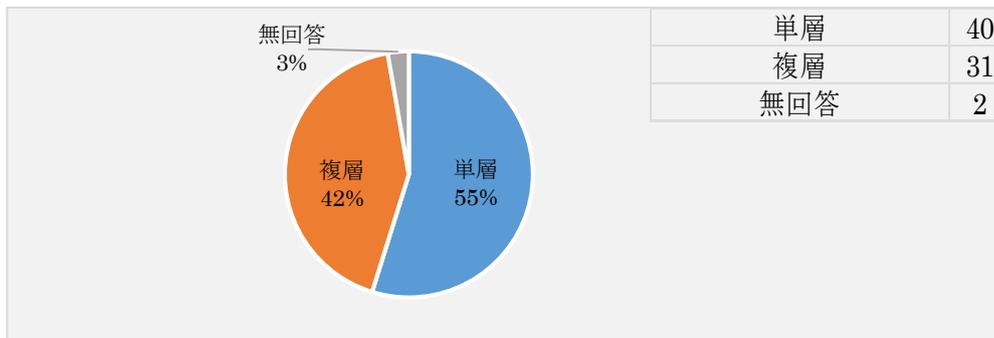


図 4-62 砂層数

2) 考察

- アンケート結果では、新砂への入替えやろ材洗浄の検討を適宜行っている施設もあり、中には補砂を行う整備基準を設けている施設も見られたが、実際にろ過池の更生を行っている施設は少ないのが現状であった。ろ層の状態が不適切なまま放置されると、ろ過水質に悪影響を与え、ろ層の汚れを一層加速させるため、ろ層の調査結果で異状が見つかった場合には、ろ層の更新、ろ材の洗浄、補砂等の適切な整備が求められる。
- 複層への候補ろ材としては、アンフラサイトやマンガン砂が挙げられ、複層化の検討理由としては次のようなものが挙げられている。
 - ① 浄水能力の増強
 - ② 藻類対策
 - ③ ろ過継続時間の延長
 - ④ 粉末活性炭漏出対策
 - ⑤ 鉄、マンガン等の除去

- ⑥ シネドラアクセス対策
- ⑦ コスト削減
- ⑧ 有機物の増殖

4.4.7 使用済ろ過砂

1) 現状

図 4-63 は、ろ過砂の利用又は処分方法をまとめたものである。70% 弱の施設で最終処分を行っているが、洗浄後再利用以外の再利用用途は記載のとおりである。

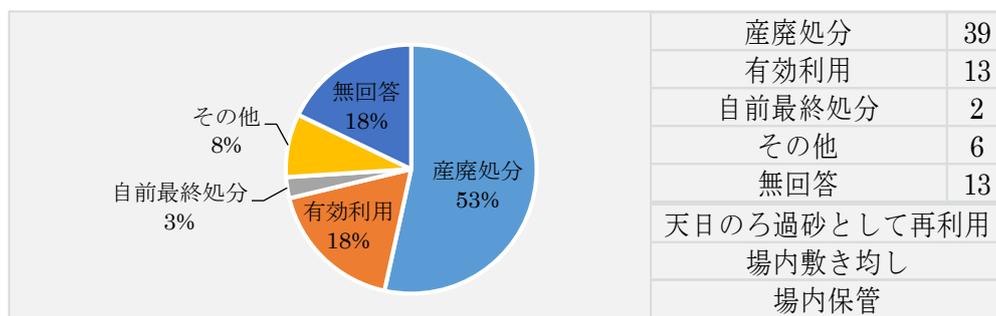


図 4-63 砂の利用又は処分方法

2) 考察

緩速ろ過池と同様。

4.4.8 付属機器類

1) 現状

今回のアンケートにおける回答では、定期整備を行っていないという回答もあったものの、ほとんどの施設で計画的に機器などの定期整備がなされているようであった。

2) 考察

付属機器の不具合は、アンケートによる不具合事例で示したように、ろ過池の維持管理に直接的に悪影響を及ぼすため、日常の巡視による不具合の早期発見、定期的な点検整備による未然の対応は必要不可欠である。

4.4.9 マニュアルの整備

1) 現状

図 4-64 は、マニュアルの整備状況をまとめたものである。アンケート結果では、運用・整備マニュアルともないという施設が無回答を含め 56%と半数以上であった。

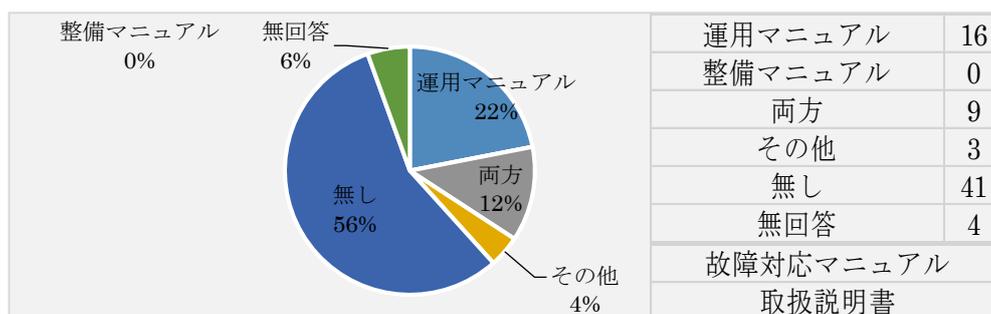


図 4-64 マニュアルの整備

2) 考察

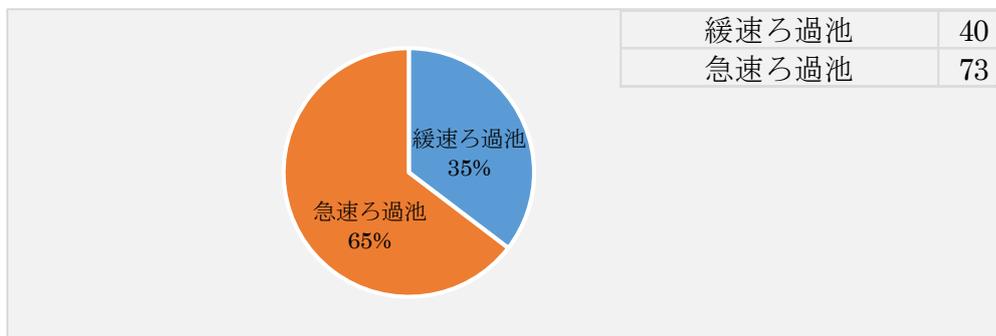
ろ層の状態を継続的に適切な状態で維持していくためには、指針で推奨されている3年以内程度の頻度で、ろ層調査を実施するとともに、調査結果の積み重ねによる経年的な変化を把握し、ろ層の整備につなげることが大事になる。そこで、基準となる運用・整備マニュアルが必要不可欠であるが、運用マニュアルと整備マニュアルの両方が整備されている施設はわずか12%に留まっており、今後も適切なる過池の維持管理を継続して行うには、マニュアル整備が急務である。

第5章 アンケート集計結果

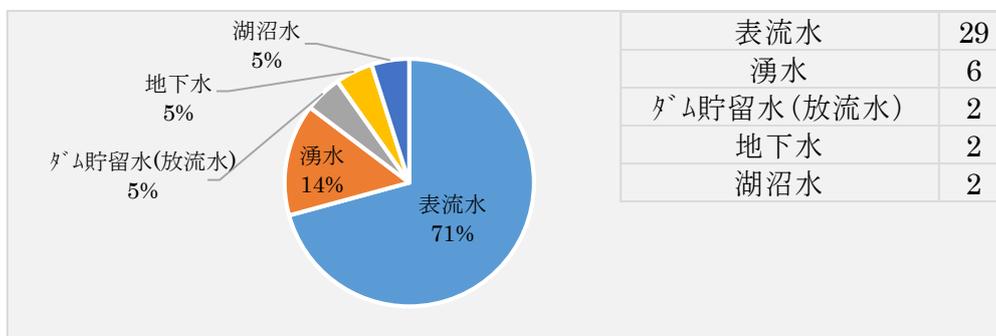
アンケート調査を、日水協東北地方支部正会員 163 事業体を対象に「緩速ろ過 500m³/日以上」、「急速ろ過 5,000 m³/日以上」の規模の施設について行った。

アンケート調査で得られた集計結果について掲載する。

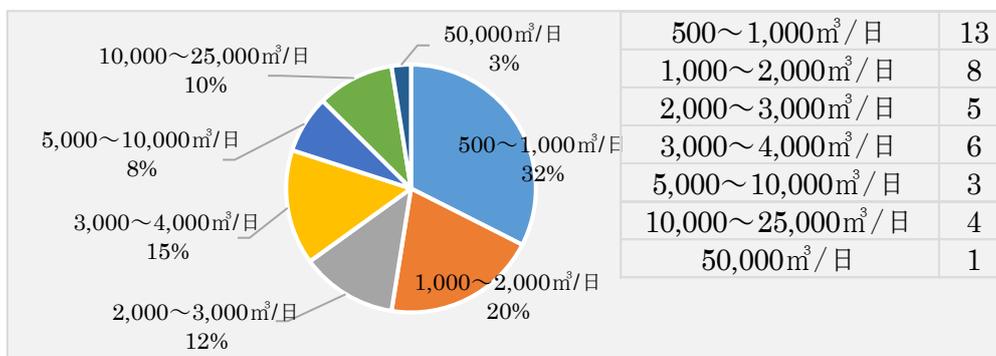
5.1 緩速ろ過池アンケート集計結果



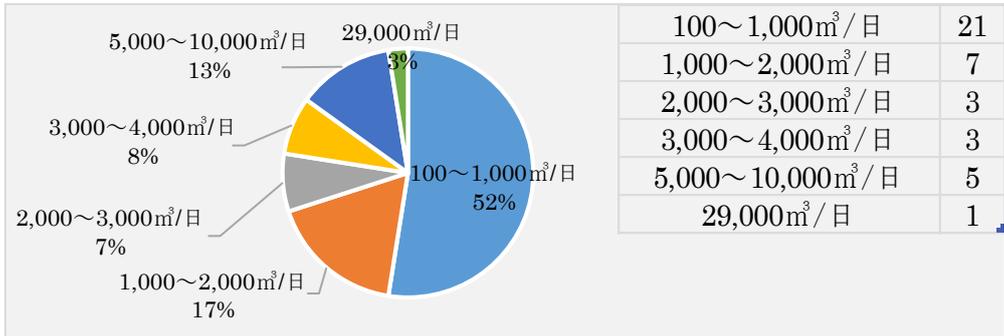
緩速ろ過池と急速ろ過池の割合



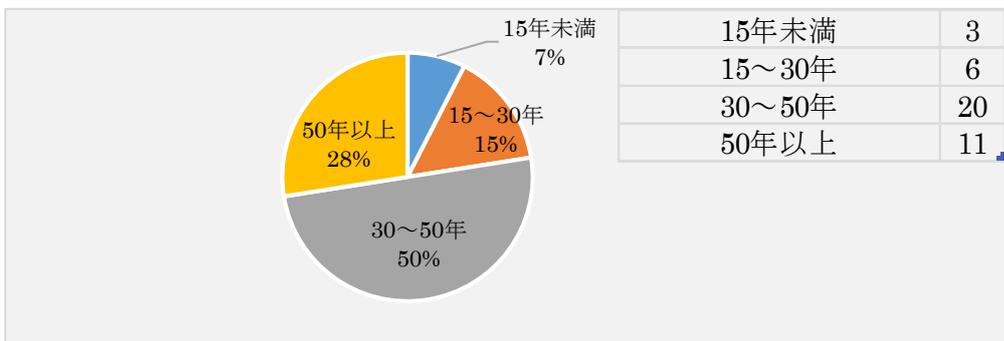
水源



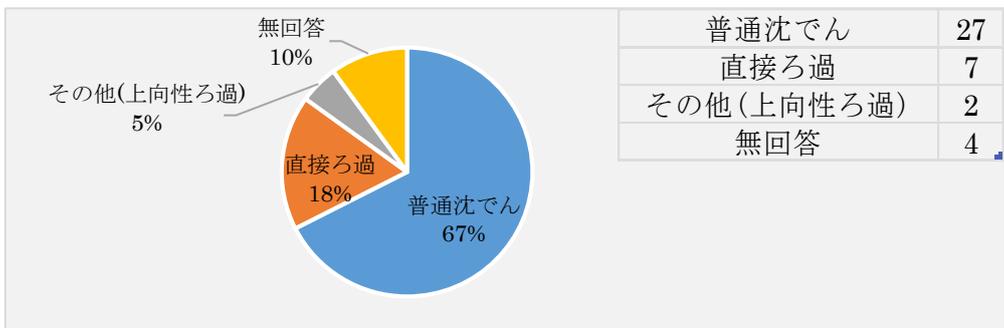
最大浄水能力



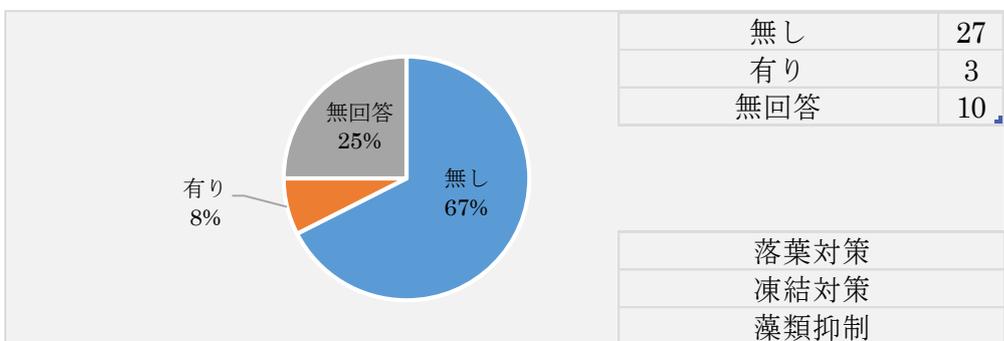
日平均浄水量



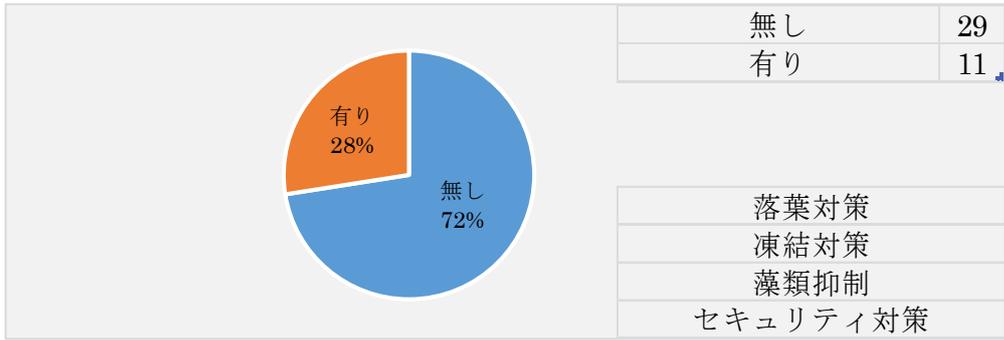
施設使用年数



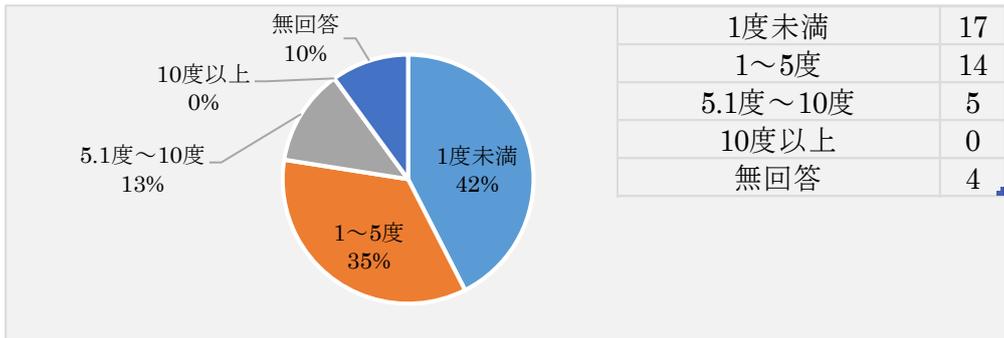
浄水処理方式



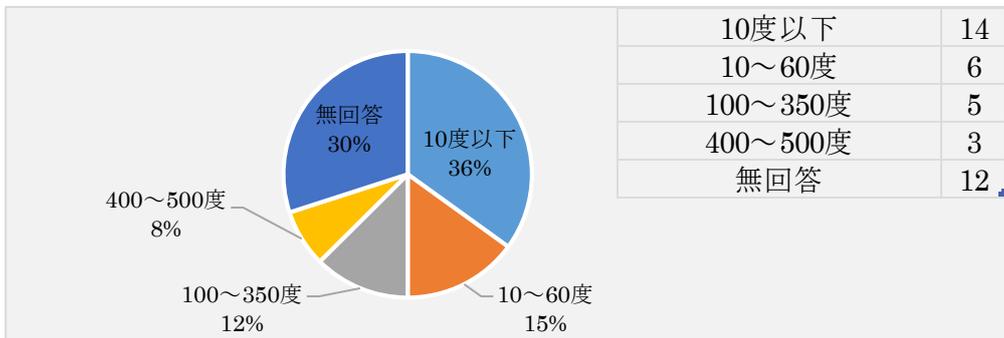
沈でん池の屋根の有無



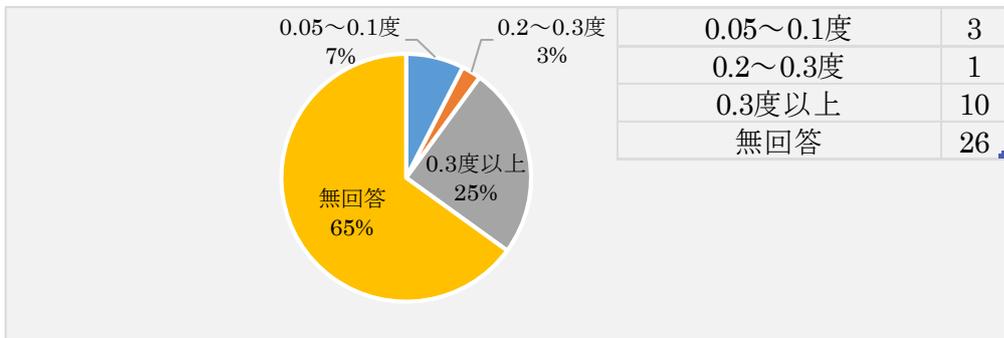
ろ過池の屋根の有無



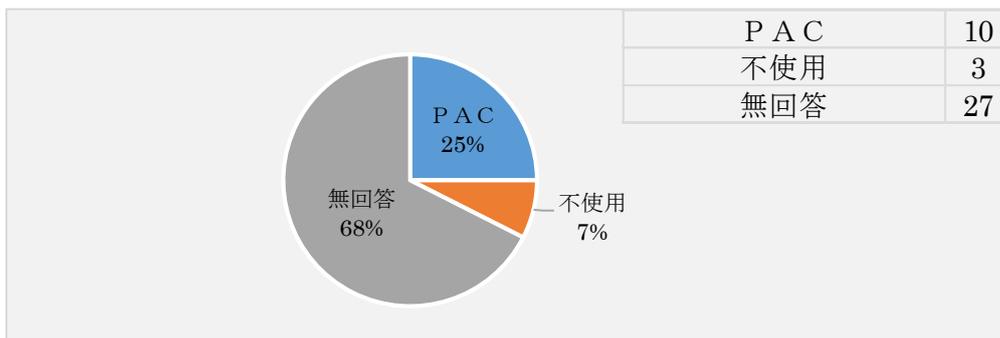
平均的な原水濁度



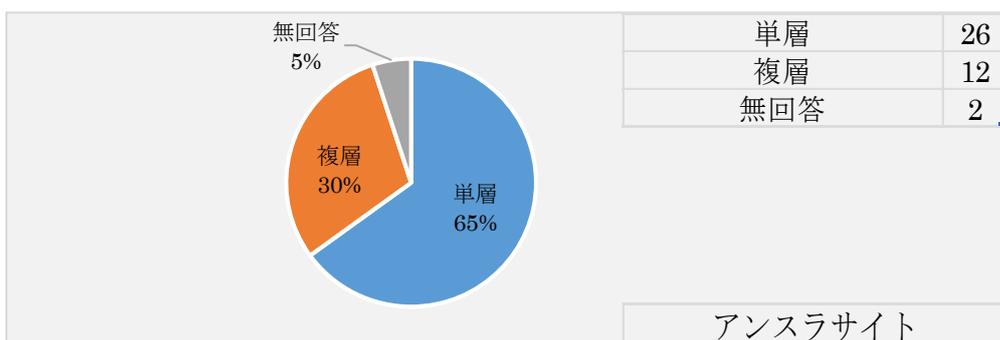
最高の原水濁度



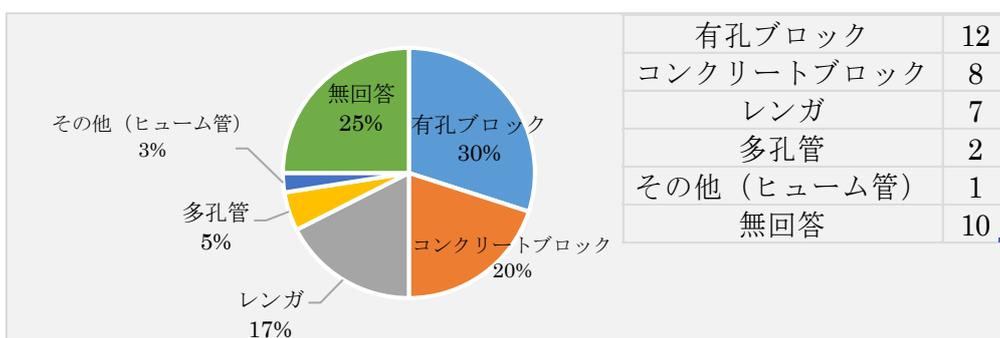
平均的な沈でん水濁度



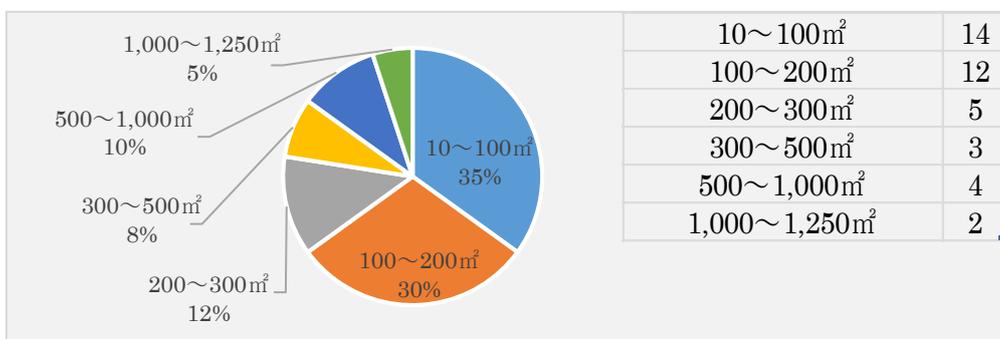
使用している凝集剤



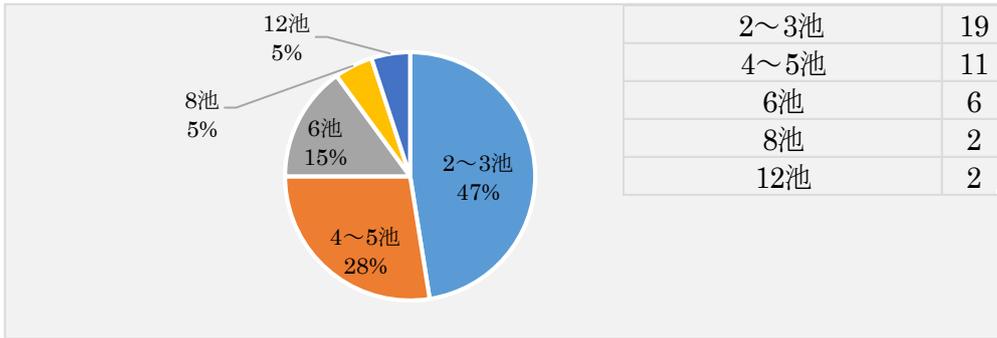
ろ層の構成（砂層）



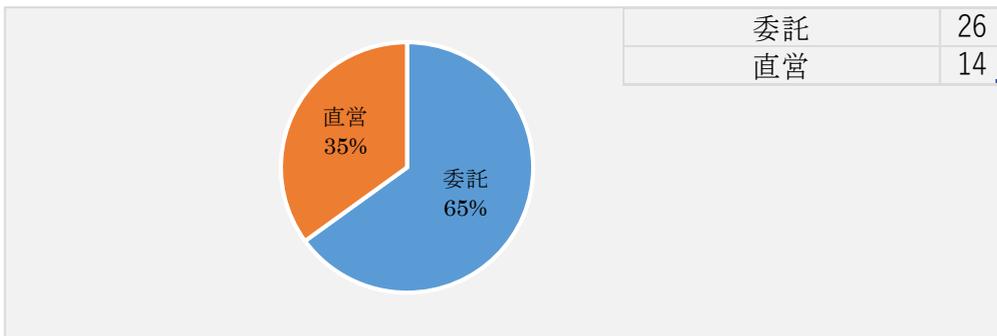
ろ層の構成（ろ床）



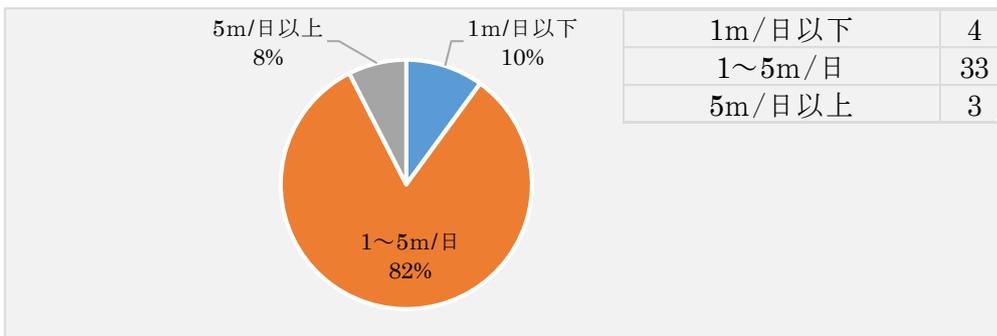
ろ過池の面積（1池あたり）



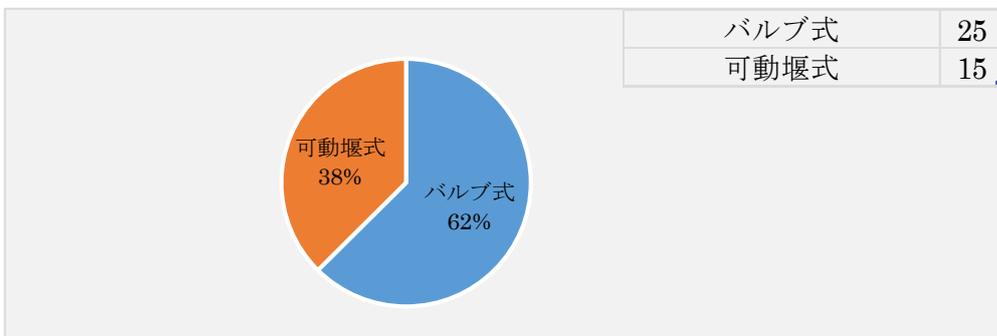
ろ過池の池数



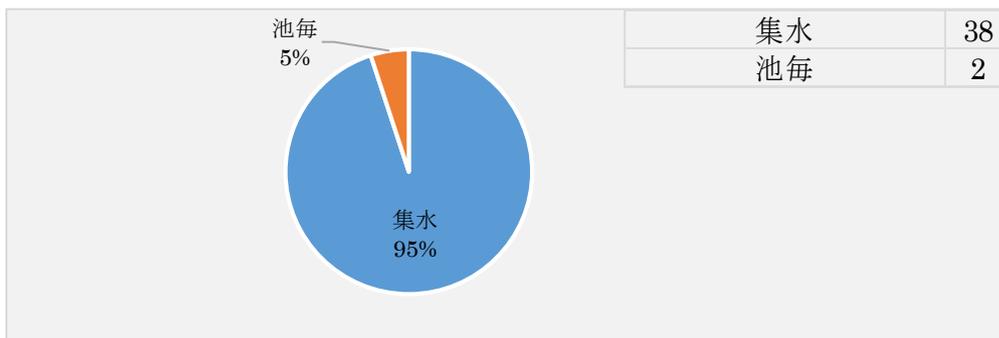
浄水場の運転管理



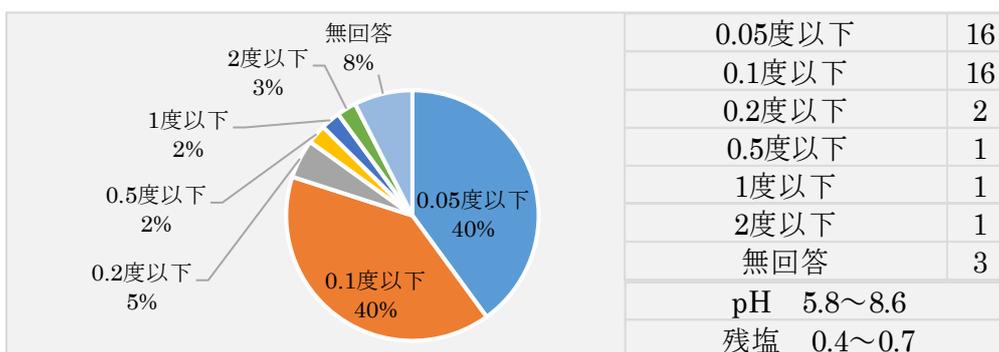
平均的なろ過速度



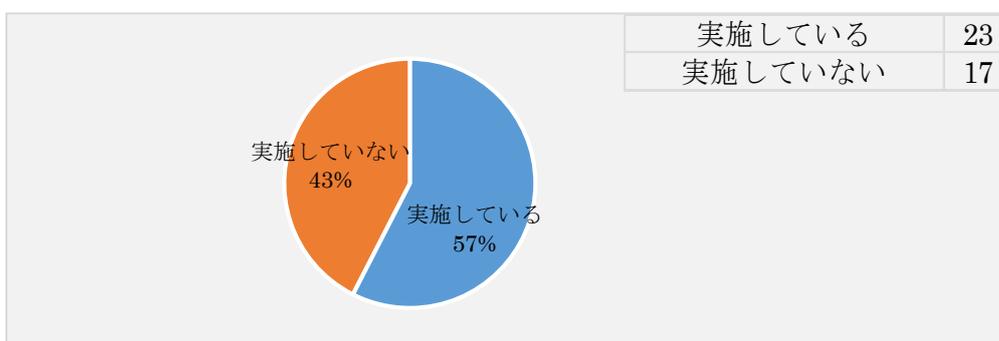
ろ過水量調節方式



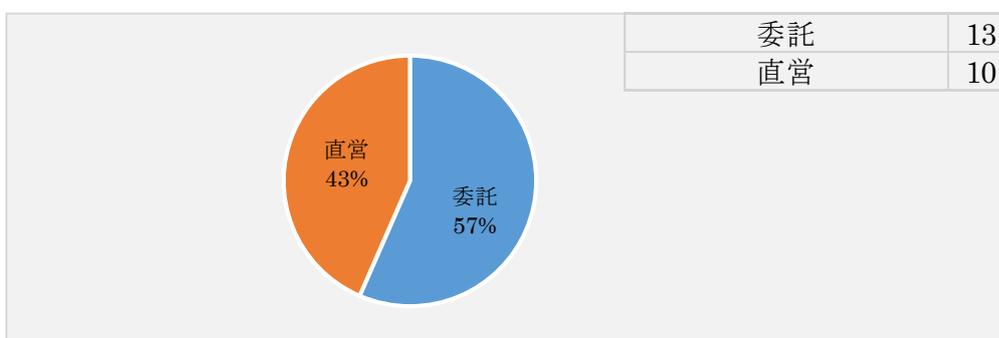
ろ過水の水質監視方法



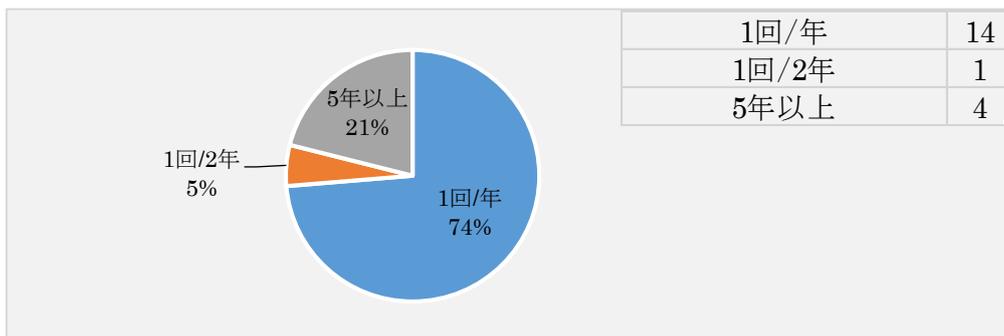
ろ過水濁度(その他)の水質管理目標値



ろ層調査の実施



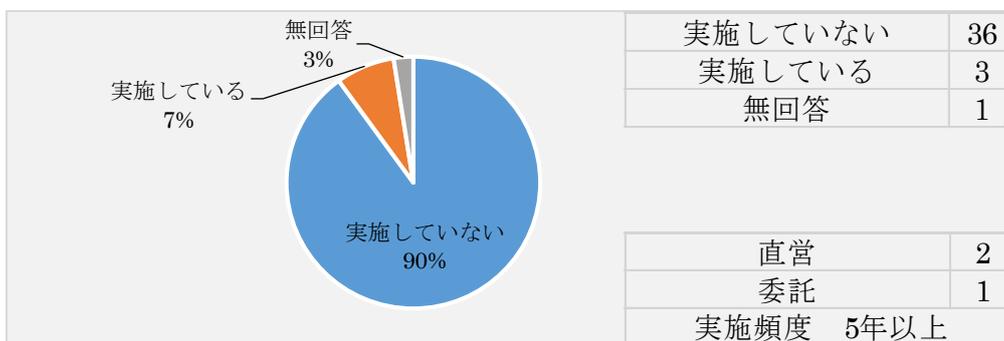
ろ層調査の実施



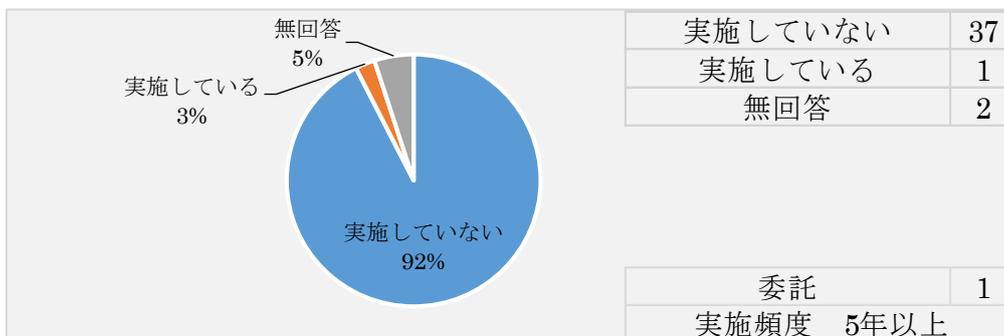
層厚調査の頻度（1池あたり）

- 砂を掘って「砂の硬さ」、「色」等を調査している。
- 砂層と中間排泥トラフとの高さを確認し、砂の不陸状況を確認する。
- 掘削し実測している。
- ろ過池天端から、砂面下がりを見計測する。
- 汚砂削りの前後のレベル測定により層厚管理をしている。
- ろ過池壁面に設置してあるメモリで確認。
- 砂面削り取りの度に、砂層厚の測定を行っている。砂利層の調査は行っていない。

調査の方法



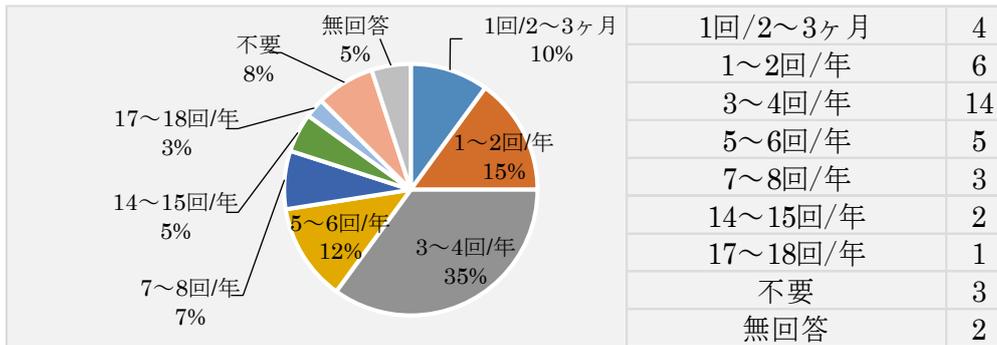
砂の理化学試験の実施



砂利の理化学試験の実施

洗淨濁度	味
ふるい試験	臭気
塩酸可溶率	色度
密度	鉄及びその化合物
強熱減量	マンガン及びその化合物
摩減率	

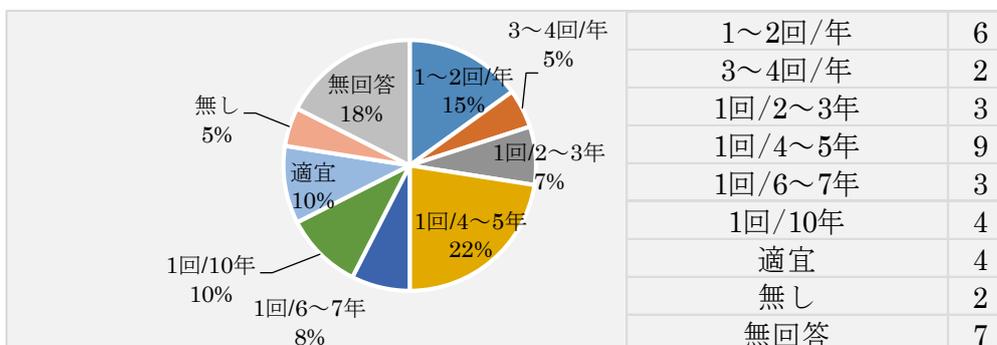
理化学試験項目



砂面の削り取り頻度（1池あたり）

- 損失水位が30cm以上になったら。
- ろ過損失水頭を基準に、約2ヶ月に1回削り取る。
- 3~4ヶ月使用または、降雨による汚れが著しく、ろ過能力が低下したら。
- 上向式ろ過のため、原則削り取りは行わない。
- 1回/2年、新砂に入替える。
- ろ過継続期間または、損失水頭が85cmに達した時。
- ろ過流量制御用可動堰の降下位置が70cm以上まで下がった時。
- 10cm/回、3~5cm/回。
- 計画に基づき年一回、同一時期に行っている。
- ろ過流量制御用可動堰の降下位置が、70cm以上まで下がった時。
- ろ過水量が規定値以下になった時。
- 損失水頭及び運転日数等により判断しているが、基本的には運転日数2ヶ月に1回実施している。
- ろ抗の増加状況により週末に実施する。

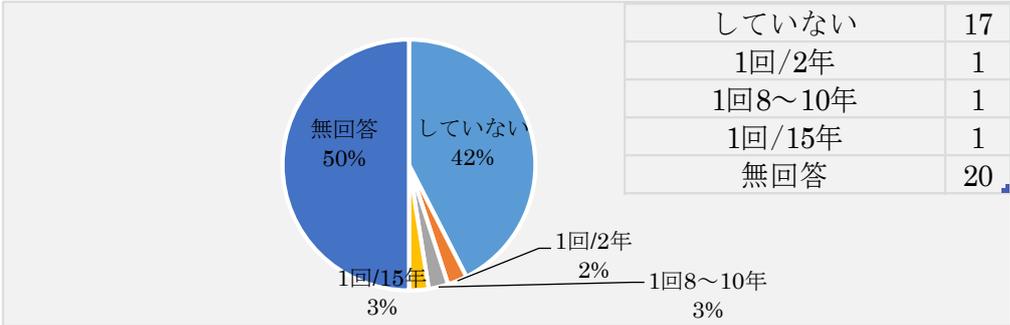
砂面の削り取り基準



補砂する頻度

- 砂層厚が、削り取りによって90cm～60cm程度になったら。
- 約20～25cm程、砂面が下がったら補充する。
- 削り取り作業の都度、同量を補砂する。
- ろ過砂5cm以上減少時。（メーカー基準）
- 70cm以下程度になった時。
- 上向きろ過のため、原則として補砂は行わない。
- 砂層厚が削り取りにより60cm未満になったら。
- 砂層厚が削り取りによって80cmから60cm程度になったら。
- 40cm程度になったら。
- 表面から30cm程度になったら。
- 汚砂削りにより砂層厚40cm付近で実施。
- 砂層厚が削り取りによって60cmから40cm程度になった時。
- 排水管から15cm下を基準としている。
- 砂深が40cmを下回らないように補砂を行う。
- 洗砂した砂置き場が満杯になる前に補砂する。

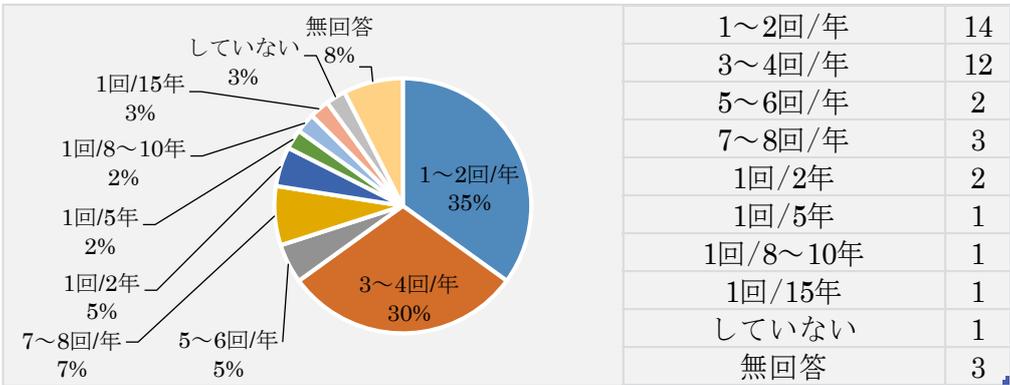
補砂を行う基準



砂利層の整備頻度

- 更生工事時のみ行う。
- 補砂の切り返し時に状況を確認している。
- 更生の際に洗浄する。

砂利層の整備



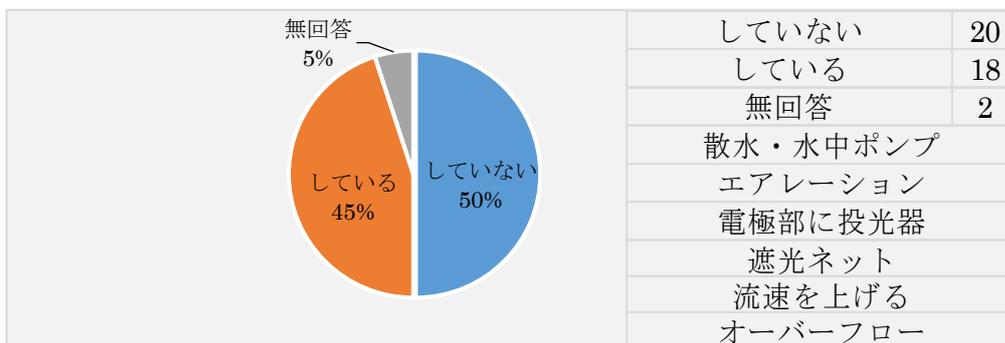
ろ過池の清掃頻度

- 削り取り時に、ブラシでこする。または、更生工事時にポンプ加圧による放水で洗い流す。
- 補砂時に、ろ過池内の壁面を清掃する。
- 砂面削り取り時に、ポンプによる放水と人力作業にて壁面を洗い流す。
- ろ材更生時に、高圧洗浄機にて壁面及びろ床を洗い流す。
- 上向式ろ過池のため、各ろ過池に洗浄弁（開けると取水ポンプからの水圧により噴射し、ろ層内の汚れを落とす）が付いているため、洗浄弁を使用して清掃している。
- 藻類が繁殖する夏季には、落水時に壁面をブラシ等により、藻類や汚れをそぎ落とす。
- ろ過池改修等の際に、清掃を含め業者に委託している。

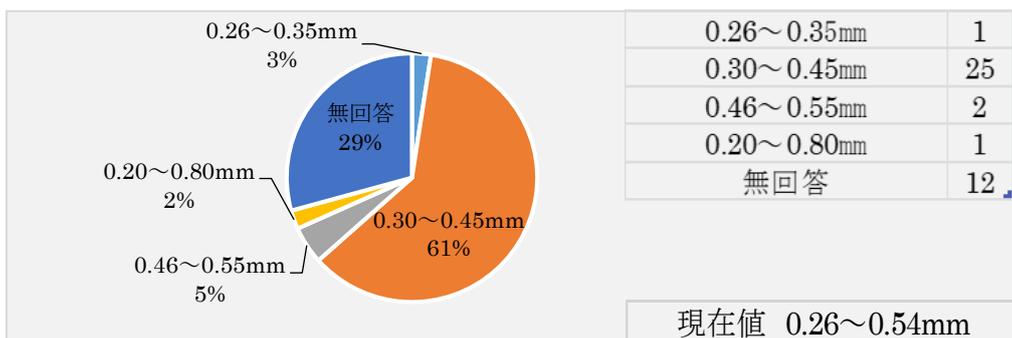
ろ過池の清掃方法

- 砂と砂利を洗浄及びふるい分け機にかける。砂のふるい目は0.6mm（0.5mm）、砂利は4層の基準目。砂のロスした分は、新砂と洗い砂を補充。下部集水装置の点検補修清掃も併せて行う。
- 砂・砂利・レンガ等を搬出し洗浄選別する。ろ過池内部の清掃後ろ材を敷設する。
- メーカーより必要なしの回答。
- 1回/2年の新砂入替え。
- 砂と砂利を洗浄及びふるい分け機にかける。砂の有効径0.4mm、均等係数1.7以下になるよう更生。砂のロスした分は、新砂を補充。下部集水装置の点検補修清掃も併せて行う。
- 残砂を回収し、新砂の充填と回収砂の敷き戻しにより天地替えを行う。
- 砂を取り出し、新砂を下部に補充しその上に元々使用していた砂を戻す。
- ろ過池が小さいことから、ろ材の更生よりは購入の方が費用的に有利なため更生はしない。

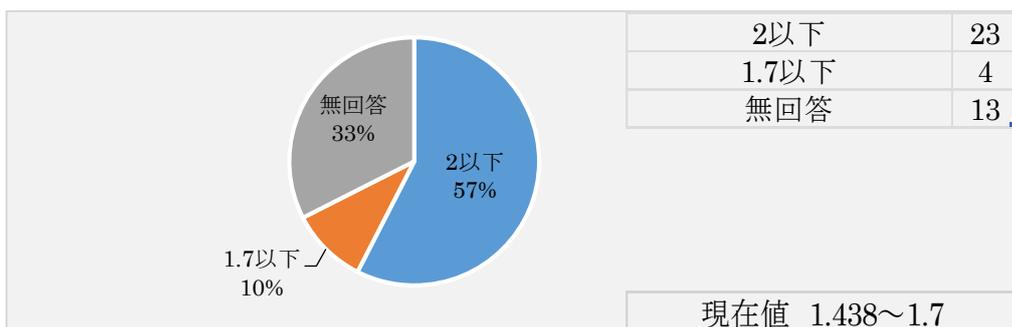
ろ過池の更生方法



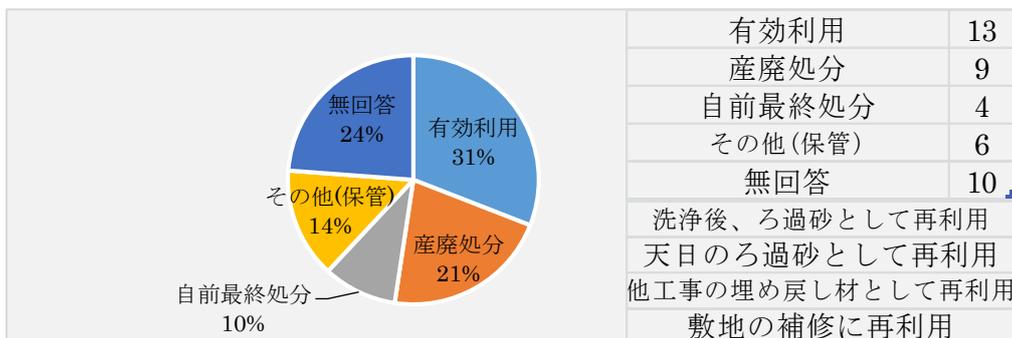
凍結防止の実施



砂の基準（有効径）



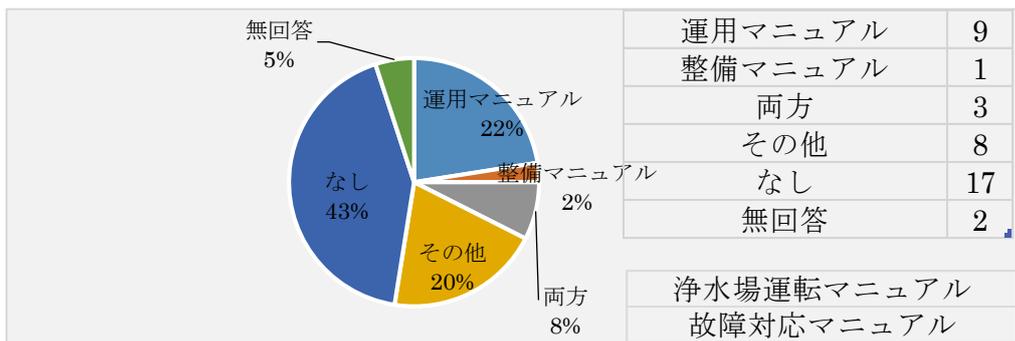
砂の基準（均等係数）



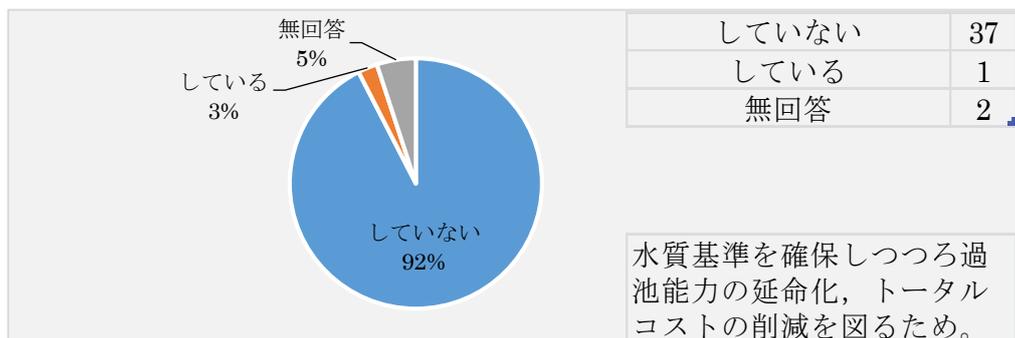
更生や入替えによって発生した汚砂の取り扱い方法

- 削り取り機・洗砂機 1回/年整備。
- 濁度計は 1回/月または数値異常時の都度整備。
- 水質計器については 1回/年点検している。
- ろ過流量計、1回/数年、整備。
- 電磁流量計・残塩計・濁度計、1回/年。
- 薬品注入ポンプに関しては動作不良になったら更新する。
- 運転管理委託業者が 1回/年点検を行い、その結果に応じて整備や修繕を行っている。
- 定期整備は行っておらず、異常・故障時にのみ対応。
- 1池あたり 4つの弁があり毎年点検している。
- 電動弁・可動堰があるので月・半月・年の項目に分けて毎年整備している。

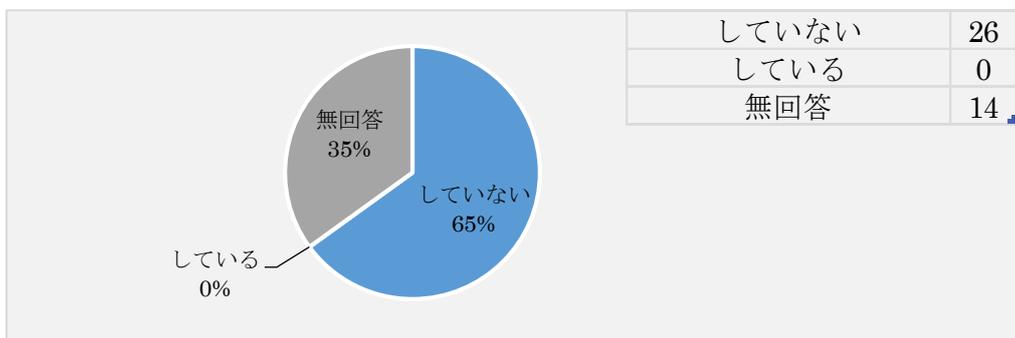
機器等の定期整備



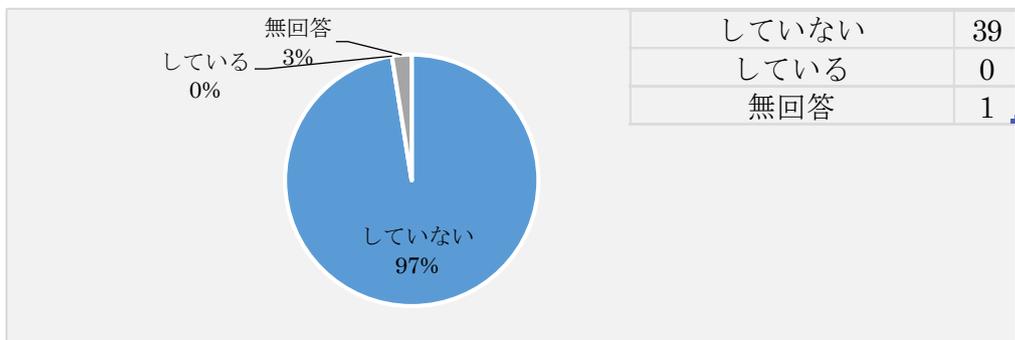
ろ過池マニュアルの整備状況



複層化の検討



複層から単層への検討



処理過程水（沈でん水・ろ過水）の生物調査

内容	ろ材更生工事完了後にろ過水濁度が安定しなかった。
原因	原因特定には至らなかったが次の事項が推測された。 ①ろ材更生工事で玉石を戻した際に大量の玉石が余ったため、下部層の施工不良が想定され、ろ層の乱れが生じていた可能性があった。 ②取り出したろ過砂を十分に洗浄しないまま戻してしまった。
対応	ろ過水濁度が低下するまで3年以上、捨て水を続けた。
対策	

事例 1

内容	原水濁度の上昇（100度超）により、ろ過継続が困難となった。
原因	洪水時の河川水の流入。
対応	ろ過停止。（配水池容量により給水給水は継続）
対策	

事例 2

内容	ろ過量の調整を機械等で制御していないため、使用量の多い時期には人力によるバルブ操作で調整を行っている。
原因	
対応	
対策	ろ過量の調整を怠れば断水等が起きてしまうため（過去ない）、使用量のデータを監視しその都度調整を行っている。また、事前に使用量が多くなることが予想される場合には、予めろ過量を多くするなどの対応している。

事例 3

内容	ダムから距離があり、空気を含んだ原水となるためストロークが上昇しやすい。
原因	原水に多量の空気が含まれている。
対応	ろ過を一時的に停止し、ろ層中の空気を抜く。
対策	

事例 4

内容	原水水質異常により、取水停止を余儀なくされた。
原因	水源上流域にある畜産農家の糞尿処理が不十分だったため、雪解けにより糞尿が川に流出した。
対応	浄水能力を超えたアンモニア態窒素が検出されたため、取水を停止し給水ブロックを変更し対応。原水水質回復後、沈でん池・ろ過池を洗浄し維持管理運転を一か月行い、県の立入検査合格後に浄水場の運用を再開した。
対策	アンモニア態窒素の測定と、上流域パトロールを毎日行い、降水時には回数を増やし水質異常の有無を監視している。

事例 5

内容	原水水質異常。
原因	台風や集中豪雨による高濁度で、沈でん池では沈でんしきれずに、ろ過池に流入する水の濁度が通常より高くなった。
対応	集水停止し原水濁度が下がるのを待つ。
対策	予備水源（井戸水）を整備し、原水濁度上昇時は予備水源に切り替える。

事例 6

内容	平均濁度は10度程度だがPACを使用する時間が長く、沈でん池の容量も小さいためか、ろ過池にフロックが流れ込み閉塞しやすい。
原因	取水河川の濁度上昇の仕方が急激なため、原水濁度11度程度からPACを使用しているが、低濁度時のフロックの出来が悪いようでもろ過池に流れ込みやすい。
対応	配水量・配水池水位の状況を見て、取水停止可能なら停止する。
対策	適切に取水量を管理し、ろ過池の閉塞にあわせ汚砂掻きを行う。

事例 7

内容	ろ過池更生後、ろ過水濁度が中々下がらない。そのため何度も逆洗を行うので、他のろ過池に負荷がかかりろ過池が閉塞しやすい。
原因	配水量の関係上、冬の寒い時期にろ過池の更生を行うため、ろ過膜が出来にくい。
対応	更生後のろ過池の逆洗を多く行い、ろ排も十分に行う。
対策	適正な汚砂掻きと、ろ過池の更生を行う。

事例 8

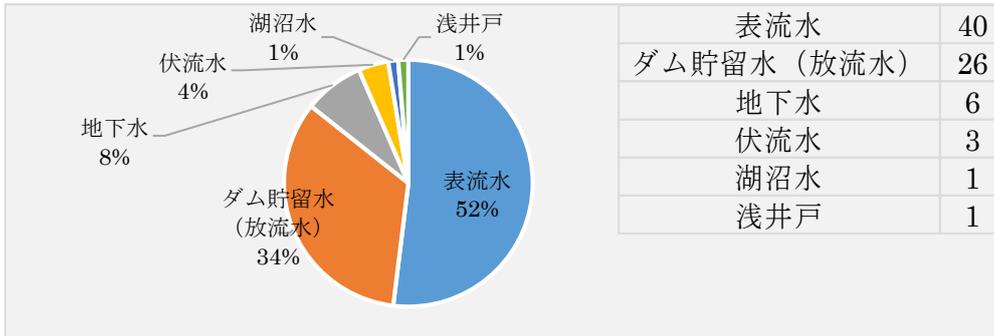
内容	高濁度時にPAC注入によるろ過池が目詰まりし、ろ過水量の確保が困難になる。（年間平均濁度10度以下）
原因	取水～配水まで全て自然流下方式であり、流量制御が手動弁であることから流量制御に苦慮し結果として、キャリーオーバーしてしまう。（夜間無人、PAC注入年間20日程度）
対応	ろ過速度の下げ調整を行い、他系統か給水する。
対策	普通沈でんの改造、整流壁築造。

事例 9

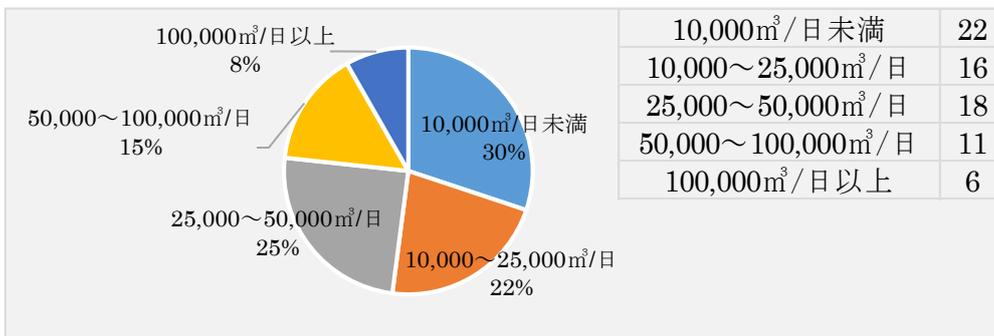
内容	低水温時のろ抗増大。砂面の削り取りを実施してもすぐに損失水頭が大きくなってしまう。ろ過水濁度が0.1度以上になってしまうので、ろ過設定量を上げられない。
原因	外気温・水温低下によりろ過速度及び微生物活動が低下したことで、浄水量の減少・濁度の上昇していると思われる。
対応	ろ過水濁度0.1度以下になるろ過設定で水処理を行い、不足分は急速系を増量させる。
対策	

事例 10

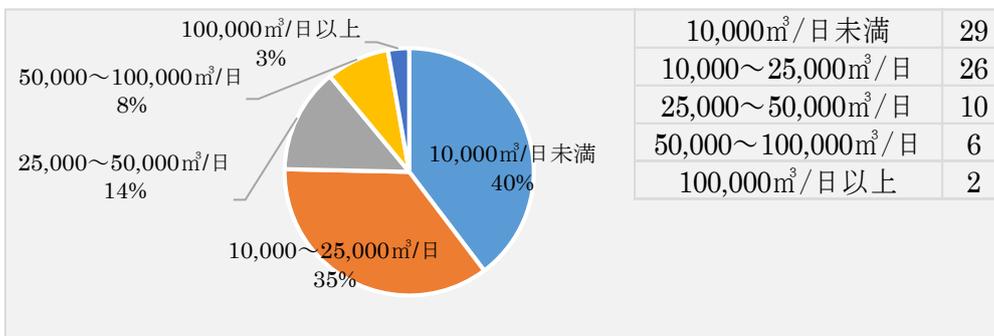
5.2 急速ろ過池アンケート集計結果



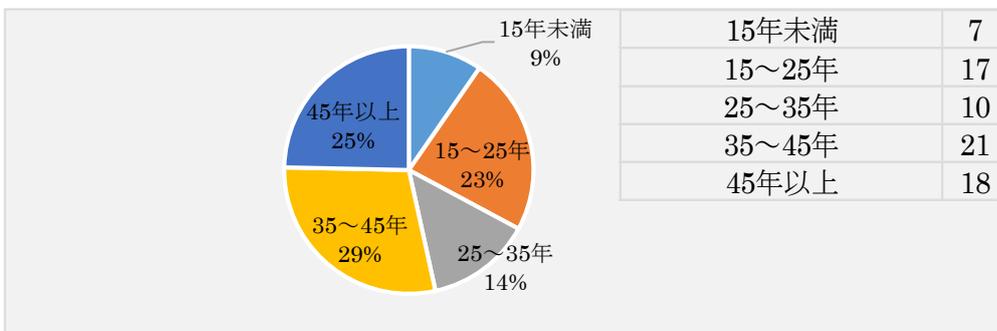
水源



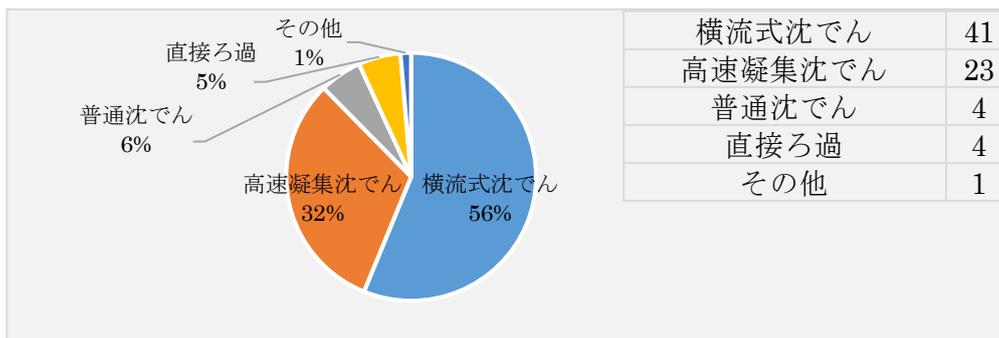
最大浄水能力



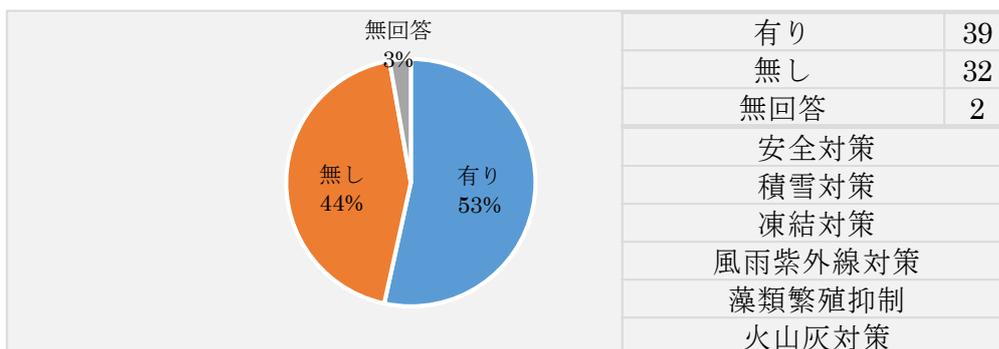
日平均浄水量



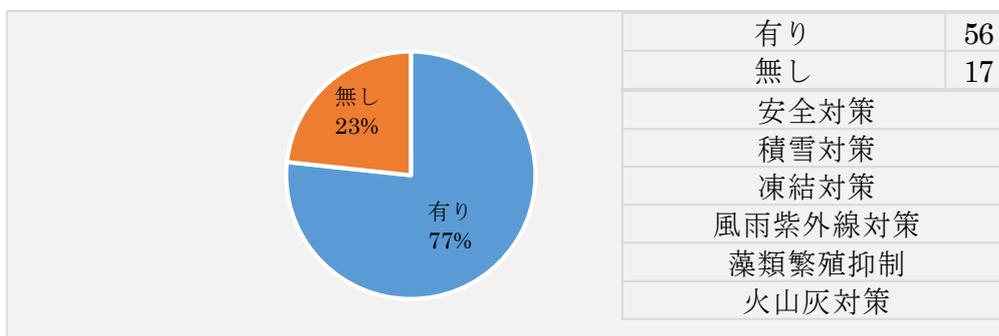
施設使用年数



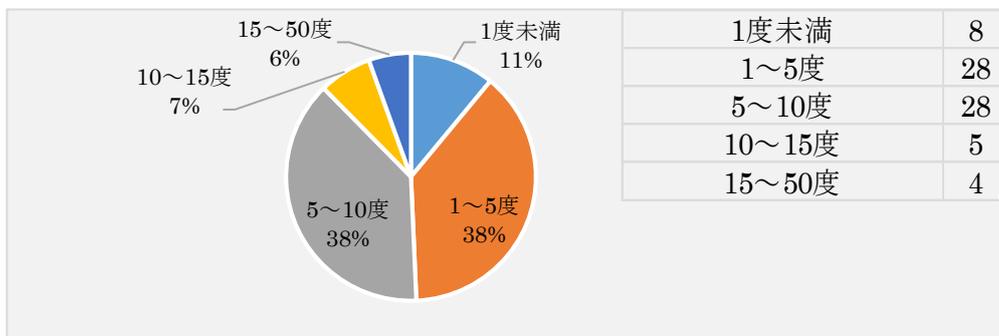
浄水処理方式



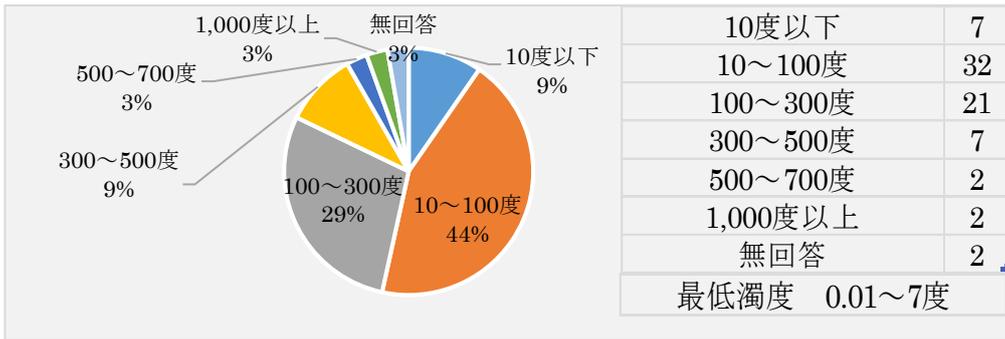
屋根の有無（沈でん池）



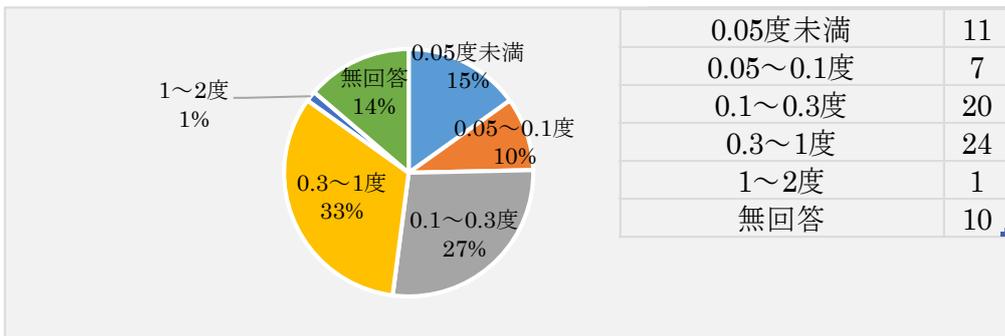
屋根の有無（ろ過池）



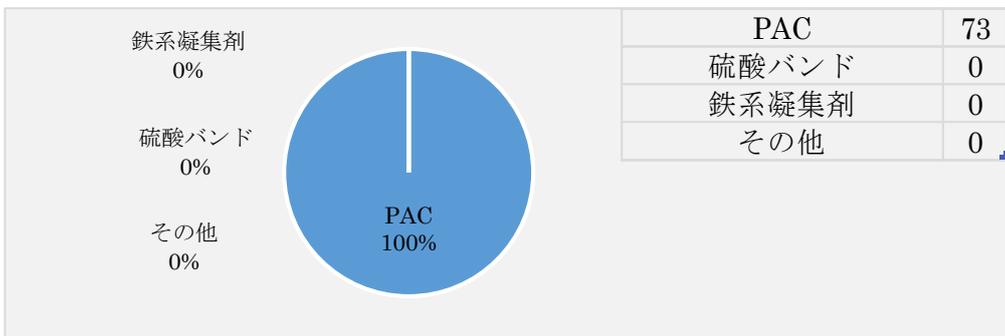
平均的な原水濁度



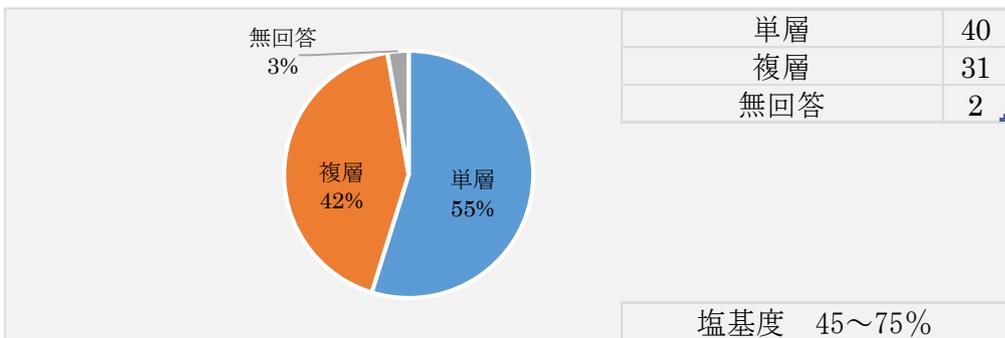
最高の原水濁度



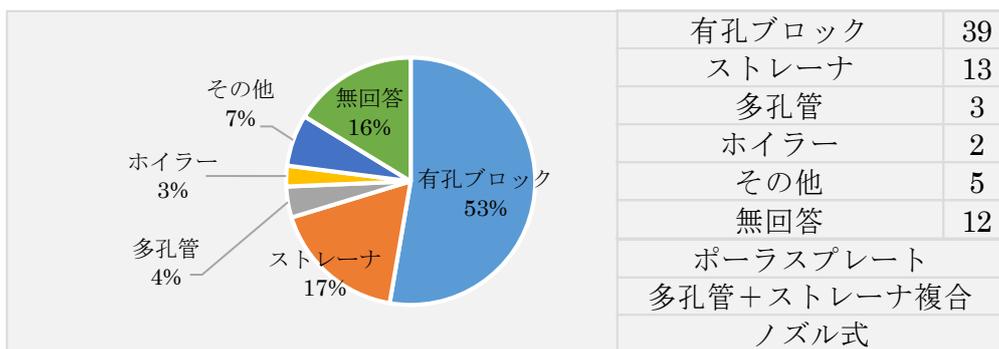
平均的な沈でん水濁度



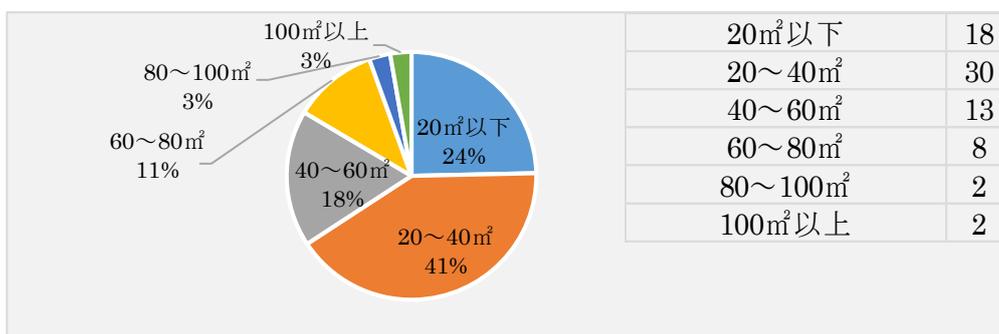
使用している凝集剤



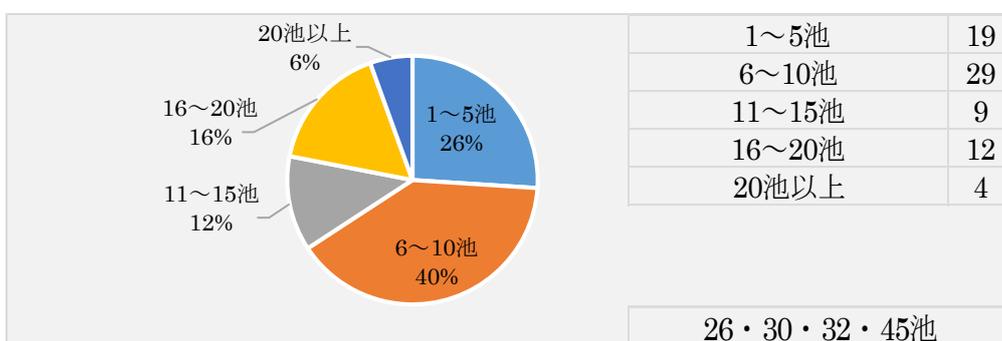
ろ層の構成（砂層）



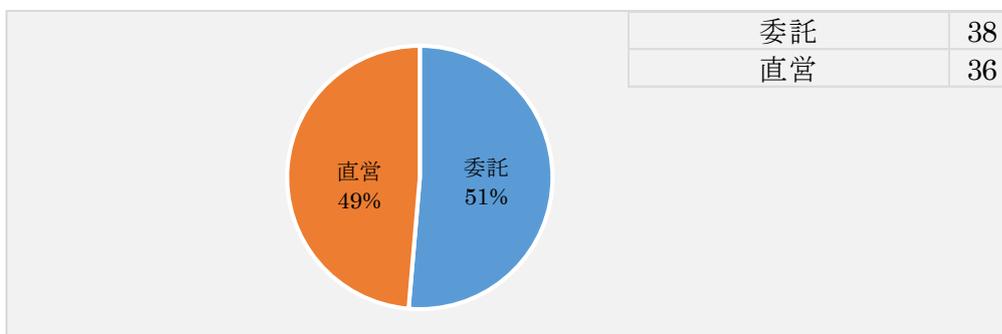
ろ層の構成（ろ床）



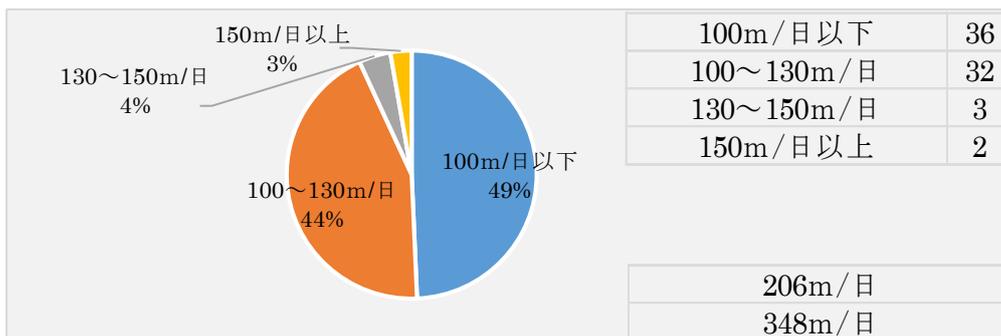
ろ過池の面積（1池あたり）



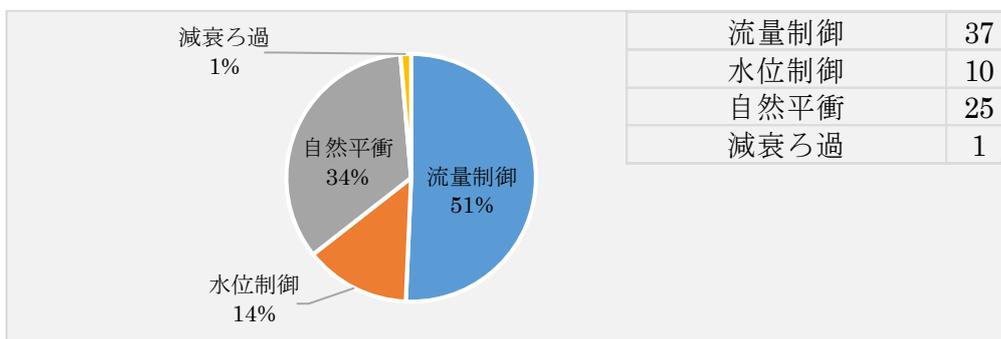
ろ過池の池数



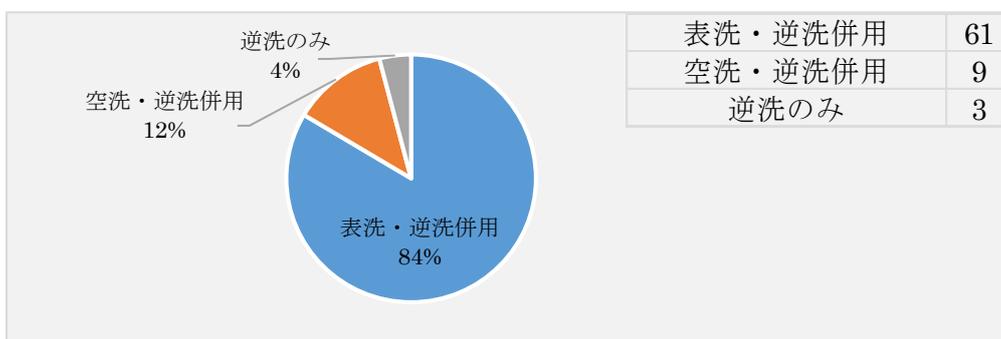
浄水場の運転管理



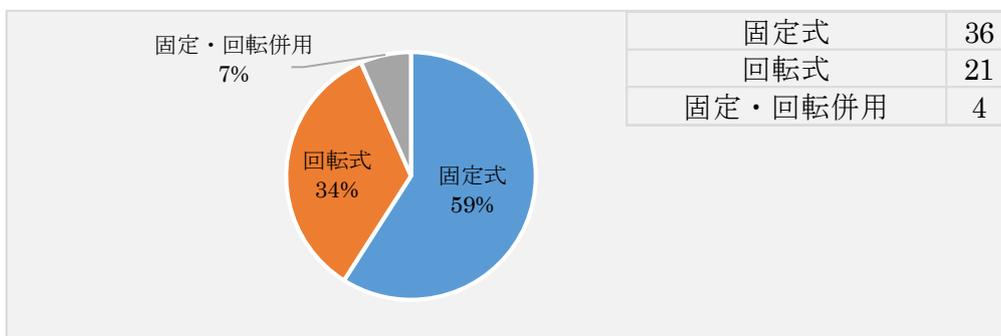
平均的なろ過速度



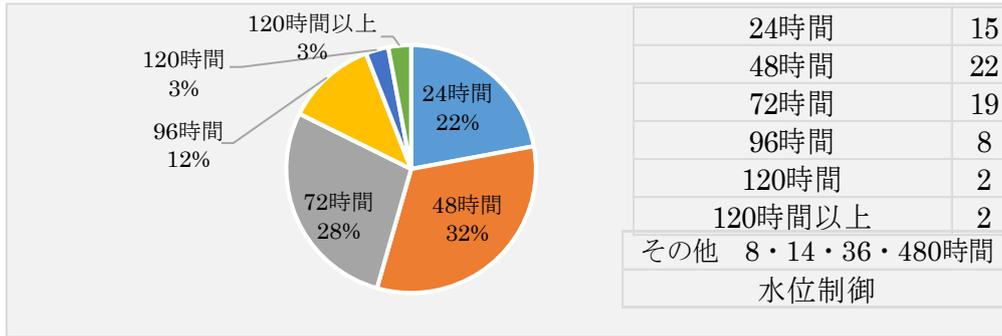
ろ過水量調節方式



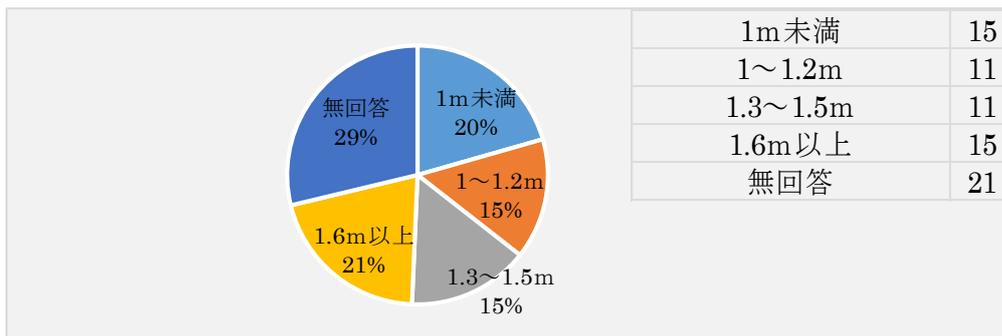
ろ過池の洗浄方式



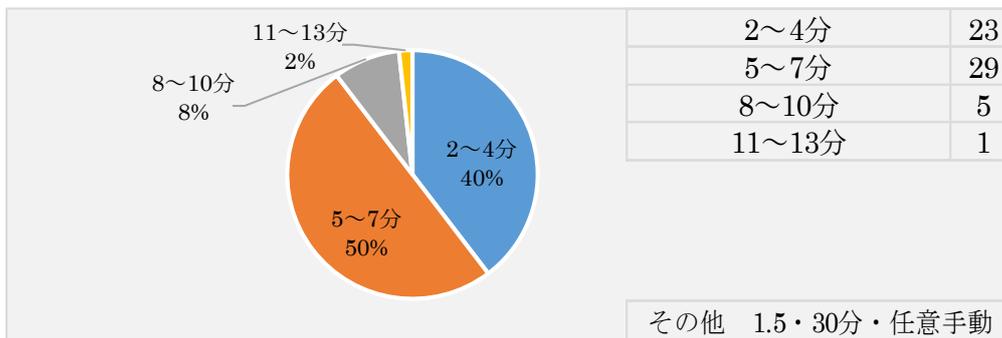
表洗方式



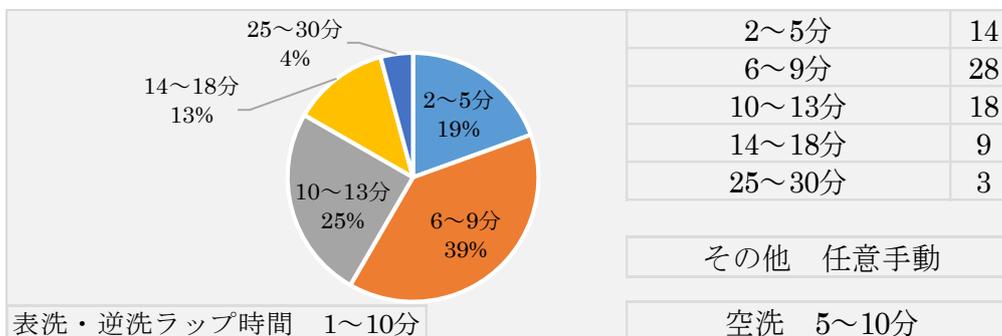
ろ過池を洗浄する基準（ろ過継続時間）



ろ過池を洗浄する基準（損失水頭）



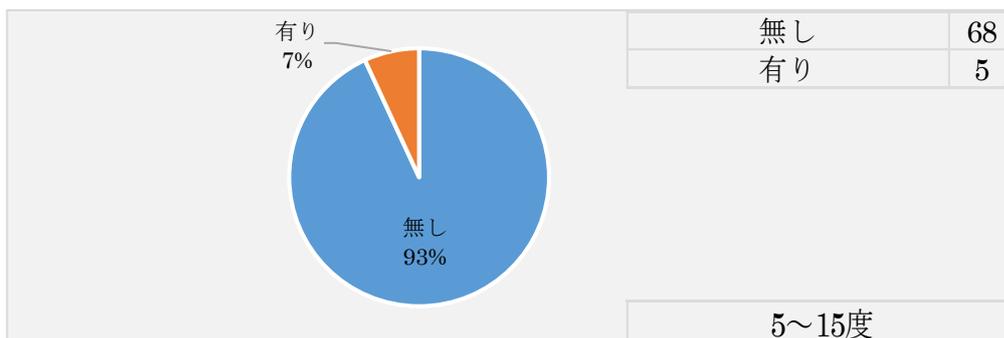
洗浄工程（表洗時間）



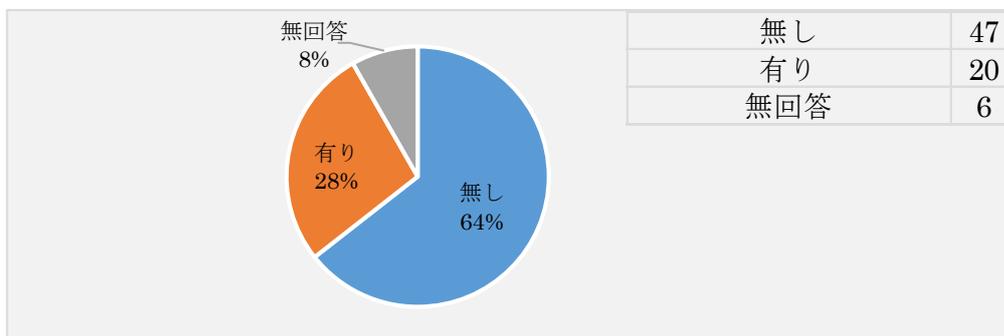
洗浄工程（逆洗時間）

- 洗浄後の排水濁度、洗浄と洗浄の間の損失の増加具合。
- 洗浄排水濁度が1度以下及びろ過水濁度が0.1度以下になるように逆洗時間を設定。過度な洗浄とならないように時間を最適化。
- ろ過池洗浄し、ろ過開始時の濁度上昇を0.03度の範囲に抑えるようにしている。当初の捨て水時間は15分であったが、現在は30分まで延長している。
- 月例点検において、洗浄排水を1分間隔で採水し、濁度を測定し規定濁度（2度以下）まで低下する時間を確認している。
- 洗浄排水濁度の測定及び、洗浄流速により決定。
- 表洗時間：表洗中の濁度が下げ止まりになるまで。逆洗時間：最終の洗浄排水濁度が2度以下になるまで。
- 逆洗終期の洗浄排水濁度1度を目安とする。
- 洗浄水量について、砂に約30%の膨張率を鑑みた時間設定としている。
- 洗浄排水濁度0.5度未満。
- 捨て水終了間際に採水し、濁度0.09度未満を確認する。濁度0.1度以上の場合は逆洗・捨て水時間を見直し、0.1度以下になるまで調整する。
- 導入時初期設定。
- メーカーの試運転により決定。

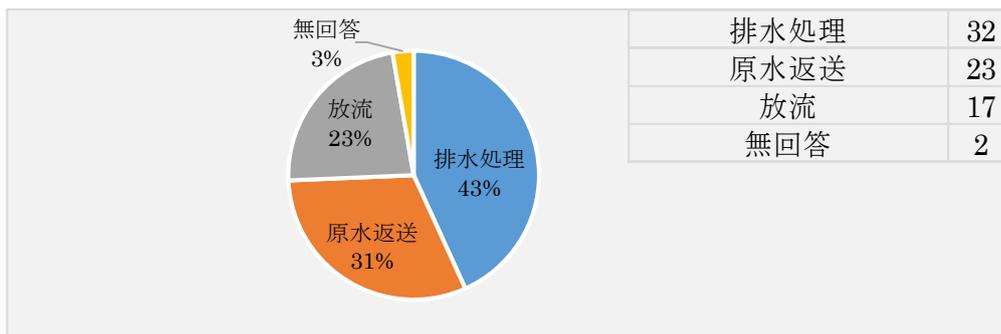
洗浄工程の設定時間の決定



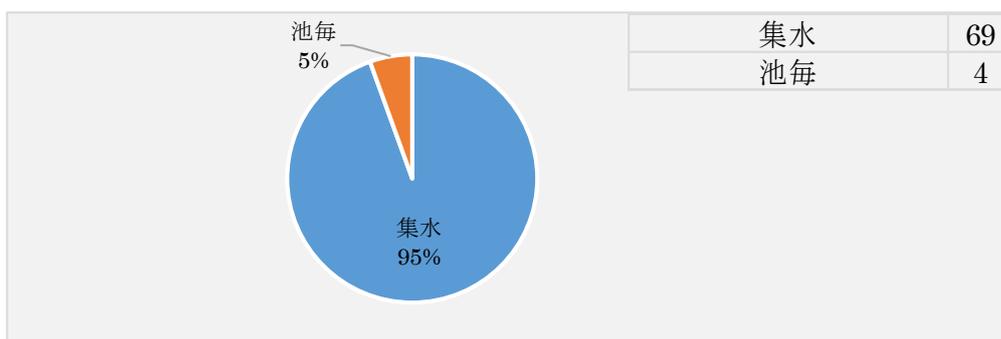
逆洗速度の水温による変更



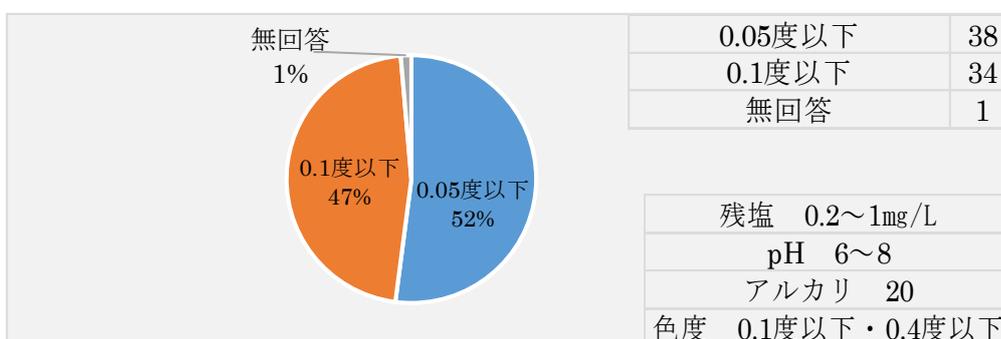
ろ過砂の流出



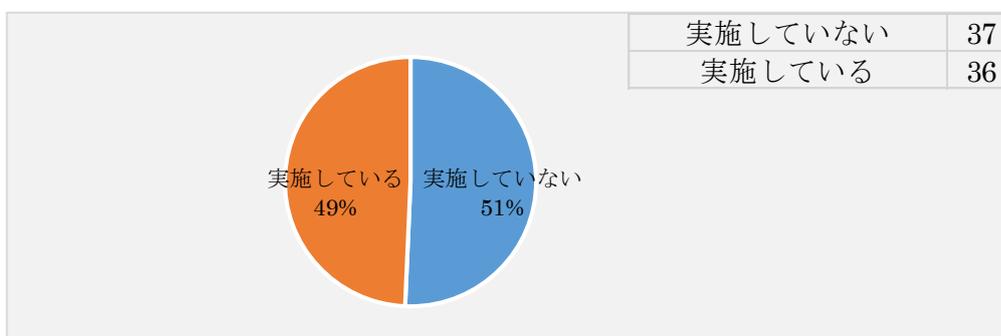
洗浄排水の処理



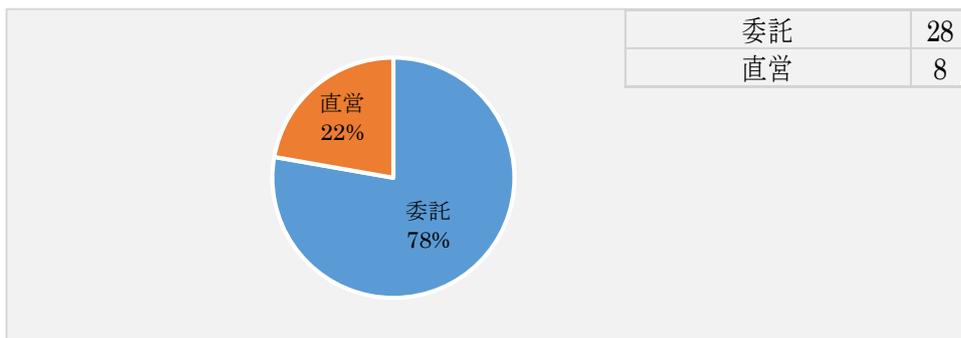
ろ過水の水質管理（監視方法）



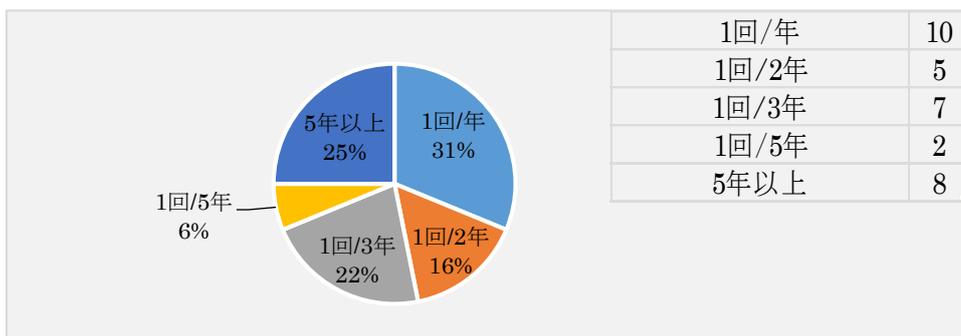
ろ過水の水質管理（濁度管理目標値、その他）



ろ層調査の実施



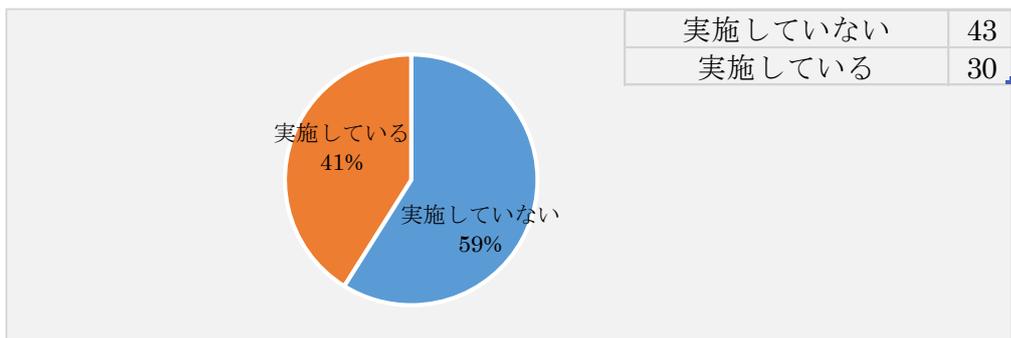
ろ層調査の実施



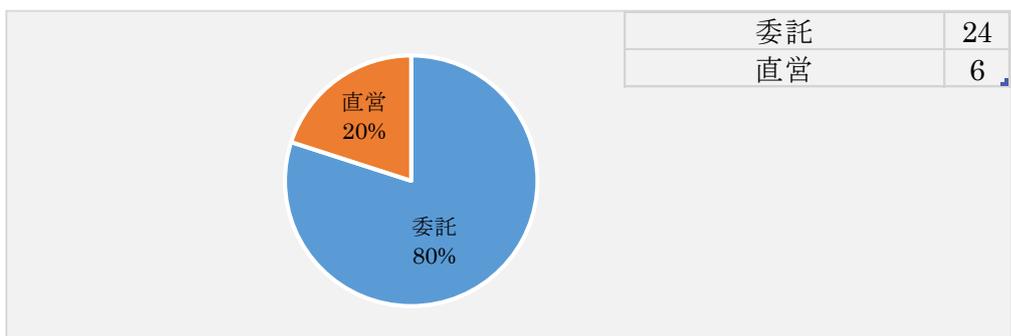
層厚や不陸調査の頻度（1池あたり）

- ろ過池は水を抜き、トラフ天板からアンスラサイト層上部までの距離を測定し（砂+アンスラサイト）層厚を確認する。また、測定棒を挿して砂利層の不陸を確認する。1.5㎡に1カ所測定。
- 点検歩廊からアンスラサイト上部までの距離を測定し、砂の減量調査をしている。1池あたり4カ所計測。多孔板付樹脂製集水装置にろ過砂が敷き詰められているため、不陸の調査は行っていない。
- ろ過池を逆洗後水抜きをする。ろ過池の表層・中層・下層・全層毎に砂または砂利をサンプリングする（一層あたり深さ20cm）。ろ過砂の粒径及び濁度、不陸状況、ろ過砂の減少量を調査する。
- トラフまで水がある状態で、トラフ天端からの砂面と砂利面を測定棒を挿して測定し、層厚と砂利厚を割り出す。0.6㎡に1カ所測定。
- トラフまで水がある状態で、トラフ天端からのろ層（アンスラサイト+砂）と砂利面を測定棒を挿して測定し、各層の層厚ならびに不陸発生状況を把握する（0.6㎡に1カ所測定）。アンスラサイト単独の層厚について4.8㎡に1カ所。
- 水を抜いた後、トラフ天端から砂面までの高さ層厚を測定棒を挿して測定。それらの結果及び砂利層底面から、トラフ天端までの設計値を基に砂利厚を算出する。原則として平面的に30cm間隔以内で測定。
- 完全排水した状態で、トラフの天端から砂面までの高さを測定し、砂層厚を割り出す。1池あたり3カ所測定。

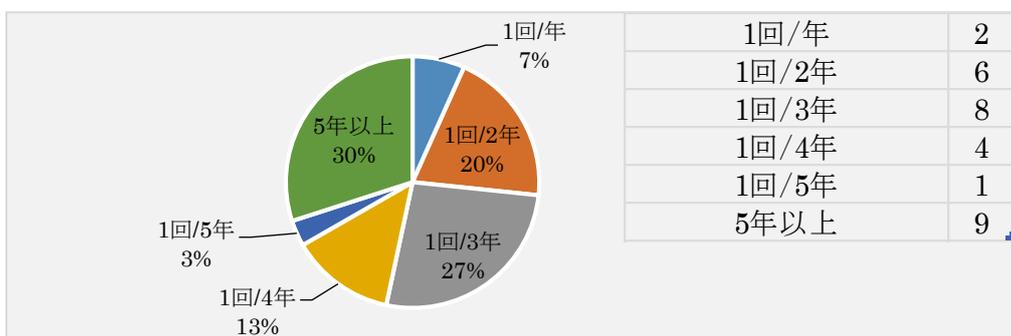
調査の方法



砂の理化学試験の実施



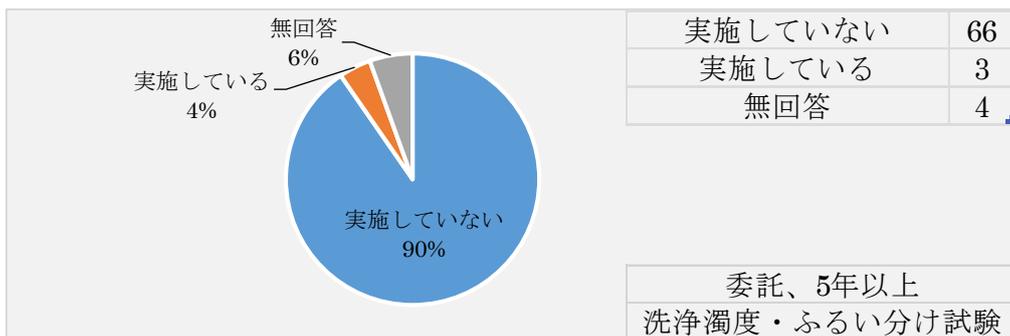
砂の理化学試験の実施



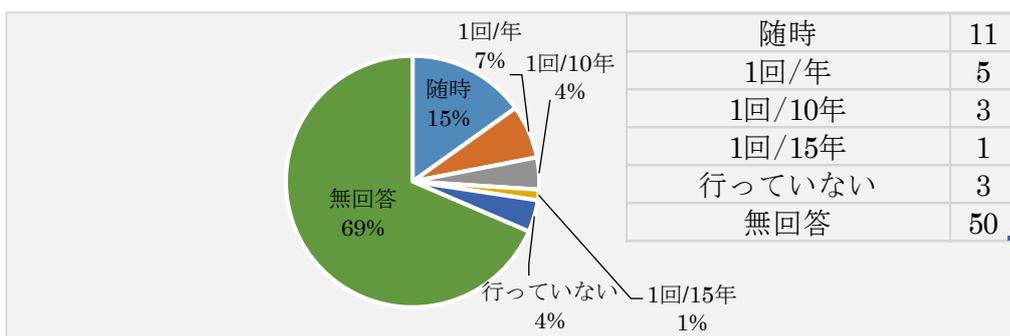
砂の理化学試験の実施頻度（1池あたり）

洗浄濁度	29	強熱減量	13
ふるい分け試験	28	密度	4
塩酸可溶率	23	摩減率	2
鉄・化合物	15	その他（付着物・アルミニウム・放射能）	
マンガン・化合物	15		

理化学試験項目



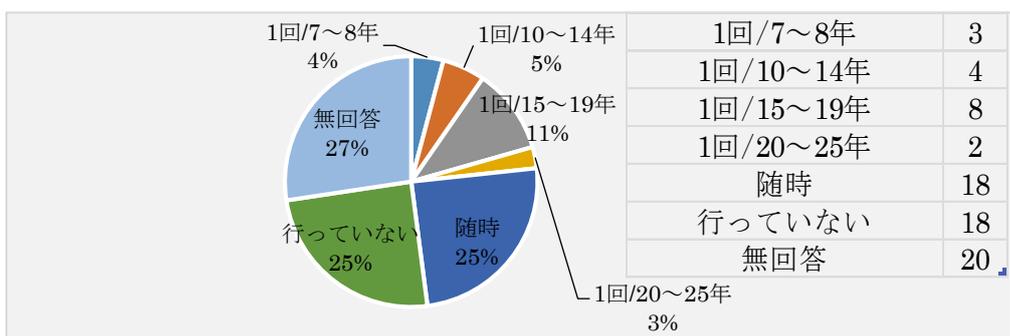
砂利の理化学試験の実施



補砂の頻度

- アンストラサイトが30%（30cm）減少した池に補充する。
- 砂層厚の基準（砂50cm・アンストライト10cm）を満たしていない場合補砂する。測定者による誤差（±2cm程度）もあるため、数年間の経過とろ過水濁度（粒子カウンター）を総合的に判断して決めている。
- 層厚の基準を満たしていない池（毎年1～2池）に補砂する。

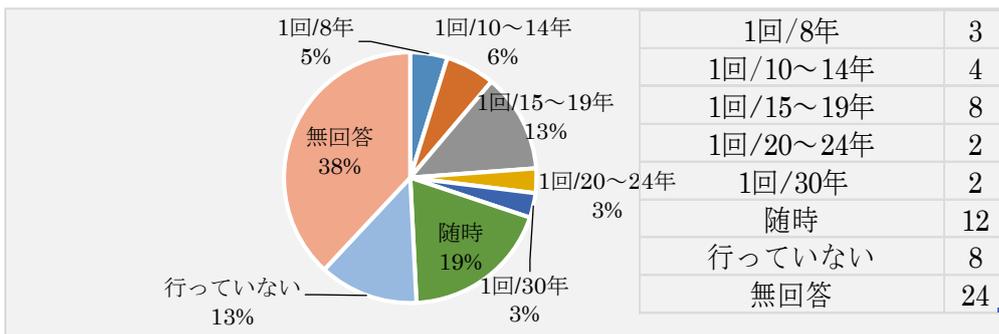
補砂する基準



ろ層の整備（洗浄更生の頻度）

- ろ過水濁度上昇・ろ抗上昇速度増加等により検討。
- 砂の有効径が0.7mm以上になった場合。表面収縮・亀裂を引き起こした場合。ろ層厚と砂の粒径の比が600を下回った場合。
- 更生せずに基本的に新砂入替。
- 水質の変化が認められた場合。
- 不陸等の不具合の発生が認められた場合。
- 砂の理化学試験の結果により、有効径等が基準を超えた場合。

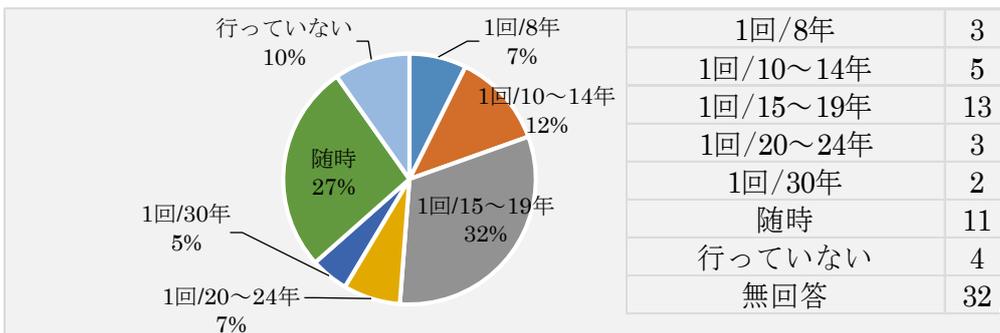
洗浄更生する基準



ろ層の整備（新砂入替の頻度）

- ろ過池洗浄不良等の不具合が生じた時に実施。
- ろ過水濁度・ろ抗上昇速度増加等により検討。
- 水質の変化が認められた場合。
- 洗浄更生と同じだが、資源の有効活用の観点とマンガン砂のコスト面から新砂入替はしていない。
- 洗浄更生と同じだが、定期的に層厚サンプリング調査を行い総合的判断で実施する。また震災後の影響から、ろ材価格上昇により入替はしていない。

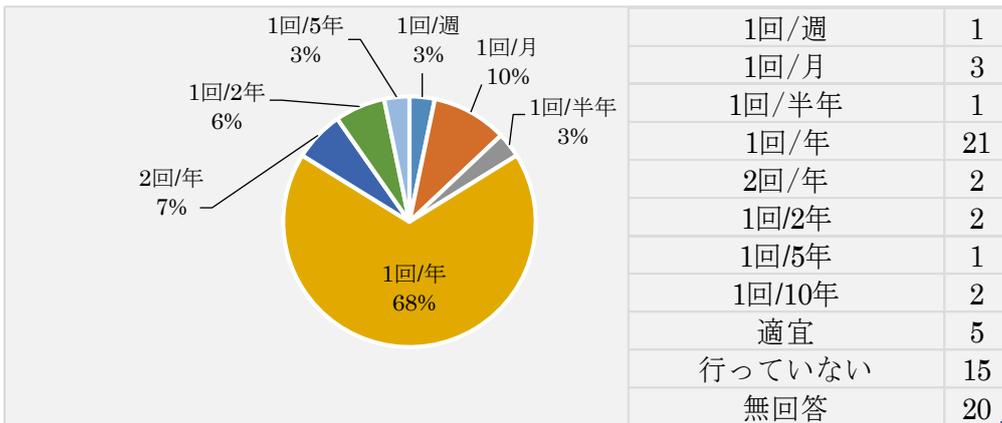
新砂入替する基準



ろ層の整備（砂利層整備の頻度）

- 砂層入替に併せて入替える。下部集水装置の点検も兼ねる。
- 砂層整備に併せて洗浄する。下部集水装置の点検も兼ねる。
- ろ過水濁度上昇・ろ抗上昇速度増加等により検討。
- 1回/3年の点検結果により、不陸等の不具合の発生が認められた場合。
- ろ過砂が下部集水室にへ流出しろ床が陥没した場合。砂利層厚の1/3以上の不陸が発生した場合。
- 洗浄更生時に、洗浄選択後の基準外粒径の砂利発生により、不足分を新砂利で置き換える。

砂利層整備の基準



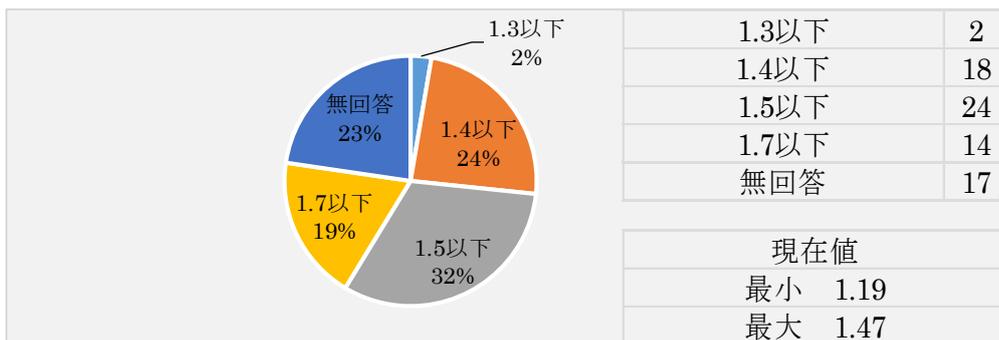
ろ過池の清掃頻度

- 砂・砂利は新規入替え。砂利層上部には不陸防止ネット設置。(SUS304-φ0.8mm×4メッシュ)集水ブロックは点検補修。
- 砂と砂利を洗浄及びふるい分け機にかける。砂のふるい目は0.6mm、砂利は4層の基準目。砂のロスした分は新砂を補充。下部集水装置の点検清掃併せて行う。
- 1m³フレコンパックに砂・砂利を入れ洗浄プラントへ運搬。ホッパー→ベルトコンベア→ジェットホッパー→流体搬送→洗浄ふるい分け→ベルトコンベア搬送→攪拌洗浄機→2m³フレコンパックの工程を経て、ろ過池に運搬する。
- 砂利を工場に持ち込み洗浄、砂利をふるい分け機にかけ層毎に搬入。ろ過砂は10cm程度分を洗浄持ち込みとし、残り全数購入。なお、集水装置についても点検を実施。
- 砂と砂利は洗浄選別する。砂0.6~0.7mm、砂利5層の基準目。基準外粒径のろ過砂発生により不足した分は新砂を補充。下部集水装置の点検補修・清掃も併せて行う。必要に応じ壁面の状態により防水塗装を施し、表洗管やトラフの劣化が見られる場合は、塗装や更新を行う。

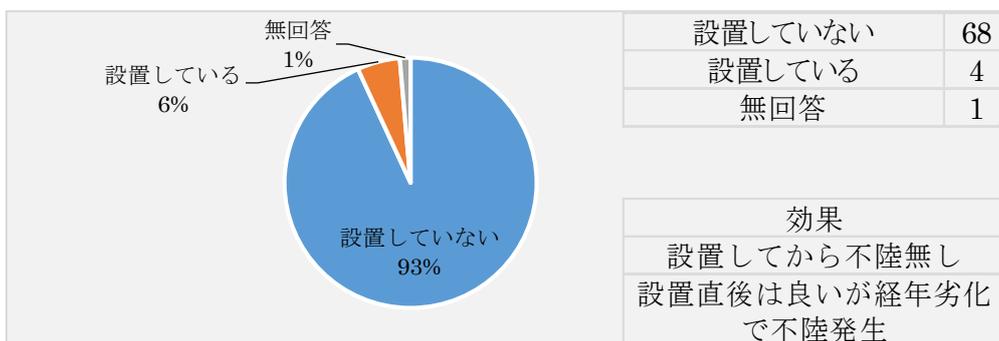
ろ過池更生方法

基準	現在
0.45~0.7mm (ほぼこの範囲で、大部分は0.6mmである)	最小 0.494mm 最大 0.783mm
アンスラサイト 0.5~1.5mm	1.098mm

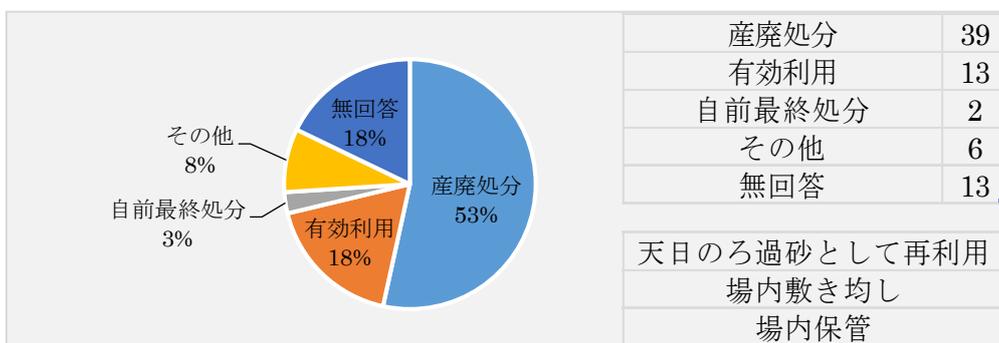
砂の有効径



砂の均等係数



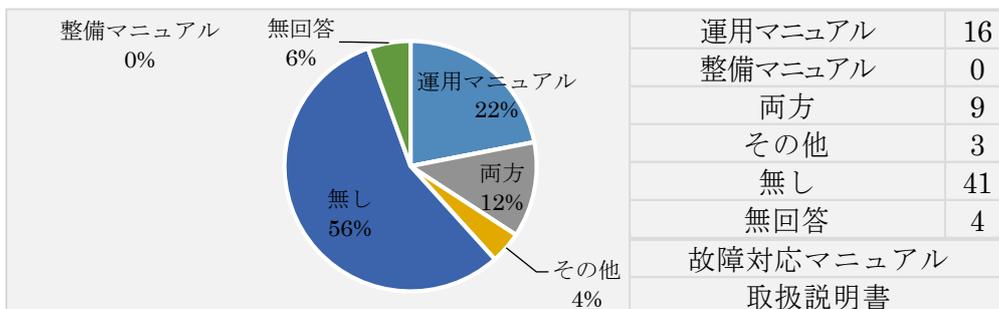
不陸防止ネットの設置



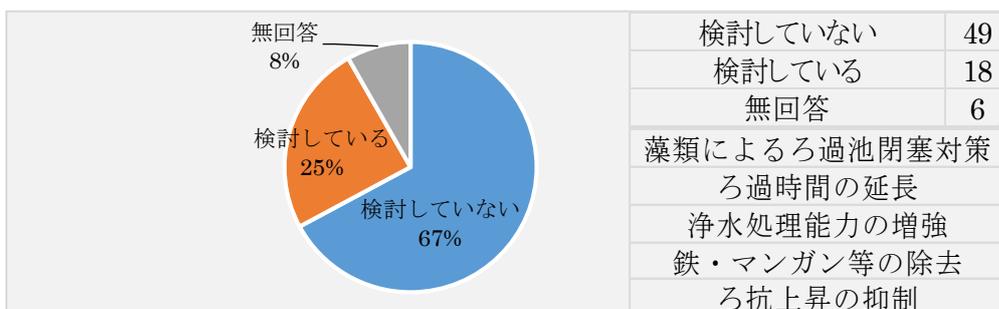
更生や入替えによって発生した汚砂の取り扱い

- 1池あたり5台の電動弁があり、主に可動している4台の駆動部の点検を1回/10年実施している。点検は機械設備業者に発注し全64台を2年で実施している。
- 水質計器については1回/2年の点検を行っている。
- 電動弁・空気弁は定期的に点検を行い、故障時は更新している。
- 1池あたり7つの弁があり、動作確認は1回/年、付属する計装機器1回/2年の点検を行っている。逆洗に使用する減圧弁は1回/年の点検時、動作不良が認められた場合、消耗部品交換等の整備をしている。
- 日常点検にて、故障あるいは故障の予兆が見られた場合に、点検または修繕を実施している。
- 各池に複数の弁があり、その電動駆動部の点検を定期的に行っている。
- 濁度計2回/年、残塩計・pH計4回/年、流量計・損失水頭計12池（各1台）の半数1回/年。
- 1回/3年の委託点検。外観点検（流入及び排水サイフォン、表洗管（空気弁含む）、回転表洗管ノズル摩耗状態、排水トラフ）。動作試験（表先弁、表洗管の回転数、水位検出装置）。
- 洗浄装置である駆動軸・従動軸・チェーン・スプロケット・リミットスイッチを1回/年点検している。
- 定期整備は行っておらず、異常・故障時のみ対応。
- 電動弁及び自動洗浄装置があるので、月・3ヶ月・半年・年の項目に分けて毎年整備している。
- 戸別に不具合の部品をその都度更新。（動作弁・真空ポンプ・コンプレッサー）
- 1回/年定期点検実施。（駆動装置・パワーシリンダー・摺動弁・逆洗ポンプ・排水ポンプ・表洗捨水ポンプ）
- 運転管理委託業者が1回/年点検を行い、その結果に応じて整備や修繕を行っている。

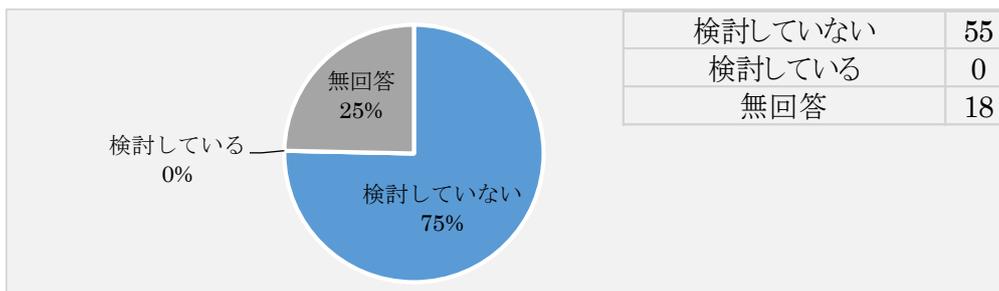
機器等の定期整備



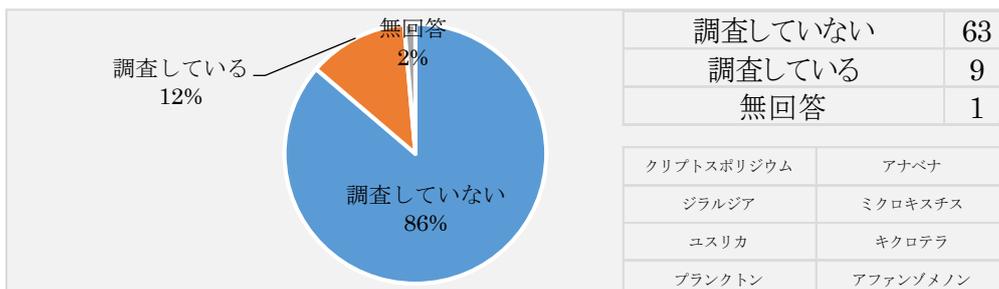
マニュアルの整備



複層化の検討



複層から単層への検討



処理過程水（沈でん水・ろ過水）の生物調査

内容	ろ過水濁度が0.01度以下から0.06度に上昇したため、取水を一時停止した。試験的に取水を再開したところ、ろ過水濁度が0.1度まで上昇し再度停止した。
原因	取水口より15km上流のダムで増殖したピコプランクトン（キクロテラφ2μm）によるろ過水漏出による。ろ過水濁度0.1度の時、原水には130,000細胞/mL・ろ過水には8,400細胞/mLが確認された。
対応	通常の薬品注入（PAC70mg/L・中次亜1.2mg/L）に加え前次亜1.5mg/L・後PAC5mg/Lを注入したところ、ピコプランクトンの除去率が93.5%から98.9%に向上した。
対策	後PAC注入設備の設置。ダム水系の生物数の監視強化。

事例 1

内容	ろ過継続時間が40時間から17時間になり、必要なる過水量の確保が困難になった。
原因	取水口より72km上流のダムで繁殖したシネドラアクスによる、ろ過池閉塞による。ダム表層で11,760細胞/mL・取水口で700細胞/mL。沈でん除去率50%。
対応	PAC注入率を50~120mg/Lに増やし、沈でん除去率89.6%に改善された。前塩素処理の実施でPAC増量と併せて沈でん除去率はほぼ100%となった。ダムの選択取水、上層から中層でダム放流水中のシネドラアクスは50%減少した。
対策	ダム管理事務所や流域水道事業体との情報共有と監視強化。アンスラサイトによる複層化。シネドラアクスの管理目標値の設定。取水場へ次亜注入設備設置。

事例 2

内容	例年、冬季（1～2月）にろ過水濁度が上昇する。
原因	ろ過水濁度上昇時の原水のピコプランクトンが通常よりも増加していることから、ピコプランクトンが原因と考えられる。
対応	通常は行っていない前塩素処理（注入率0.1mg/L程度）をしたところ、ろ過水濁度が0.01度以下に低下した。
対策	ろ過水濁度管理基準（0.04度）まで上昇する前に、前塩素処理を行っている。前塩素処理がろ過水濁度上昇の抑制に有効であるため他の対策はしていない。

事例 3

内容	表洗ノズルの閉塞。
原因	逆洗中は、表洗管からアンスラサイトに埋まってしまうため、表洗ノズル孔からアンスラサイトが侵入しノズルが詰まってしまう。
対応	洗浄前に表洗管に振動を与え、ノズル内のアンスラサイトを排出する必要がある。
対策	表洗管とアンスラサイトの距離は設計値のとおりであったため、管へ振動を与えてから洗浄することを継続している。

事例 4

内容	ろ過水濁度が最大0.098度まで上昇した。
原因	薬品注入機不調によって薬品が設定注入率どおりに注入されず、凝集不良が発生したことと、ろ過池洗浄間隔が長すぎたこと。
対応	薬品注入点で実注入量を測定し、ジャーテスト結果と同じ注入率になるように注入設定値を補正した。ろ過池のろ抗はあまり上昇していなかったが洗浄を行った。
対策	薬品注入量を実注入量で管理するようにした。ろ抗上昇に関わらず定期的にもろ過池洗浄するようにした。

事例 5

内容	低水温・低濁度時のろ抗上昇。
原因	直接の原因は不明であるが、ろ材表面にゲル状の異物の存在が確認された。
対応	ろ過継続維持間を48時間から40時間に短縮して対応した。
対策	次々年度にろ過池更生工事を行った。その後は同様の不具合は発生していない。

事例 6

内容	ろ過池の逆洗が行えなくなり、一定期間ろ過を行えなくなった。
原因	逆洗ポンプが故障したことによる。（予備機無し）
対応	3号で不具合があったため、1・2号でろ過流量を増やし対応を行った。ろ過池の機能低下させないよう適時、水張り・次亜の注入等を行った。
対策	逆洗ポンプ予備機の導入。

事例 7

内容	ろ材交換実施後に、ろ過水残塩濃度が急激に低下した。
原因	ろ材を全量交換したため、槽内にいた硝化菌が無くなってしまいアンモニアを除去することが出来なくなってしまったためと思われる。(推測)
対応	次亜注入量を増加させる。また、他系統のろ過水残塩濃度を上げ配水残塩が適正になるよう調整した。
対策	今後、ろ材交換を行う際には事前に詳細なる材分析を行い、環境の変化が少なくなるように配慮をして交換を行う。

事例 8

内容	厳寒期において、洗浄濁度が上昇する水質になる。
原因	水質の変化。
対応	PACの注入率を必要以上上げない。原水に合わせpH設定値を下げる。フロキュレーターの回転数を上げる。
対策	研修を行い、運用に係る周知を行う。

事例 9

内容	末端量水所でマンガン由来の色度が上昇し、その後送水到達した住民から苦情が寄せられた。
原因	原水中のマンガン濃度上昇に対応しきれず、次亜の注入が不足しろ過池でのマンガン捕集が不十分のまま送水された。
対応	マンガンを適切に除去するため、次亜の注入量を増加した。
対策	マンガン濃度が増加する時期は、原水中のマンガン濃度を監視し、それに応じて前次亜を増量することでろ過池における次亜が不足しないように管理している。(ろ過水残塩0.45mg/Lを下回らないように)

事例 10

内容	ろ過水濁度の0.1度超過。
原因	原水pHへの対応遅れ。
対応	薬注量の調整及び浄水池出口でのドレン。
対策	季節の変わり目における原水水質監視の強化。

事例 11

内容	ろ過池躯体から漏水。
原因	施設の老朽化。
対応	漏水補修。
対策	日常点検の強化。

事例 12

内容	表洗管の破損による洗浄停止。自動弁の制御不良。
原因	経年劣化による。
対応	ろ過停止及び修繕。
対策	日常点検の強化。

事例 13

内容	原水水質異常（高色度）によりろ過水が水質基準を超えたため、ろ過水の排水を行った。
原因	大雪、雪解け水による急激な色度上昇によるもの。高色度の原水を処理できる設備が未整備である。
対応	色度20度超での原水の場合、自動的に取水停止する設備に変更したことにより、高色度未処理水のろ過池への流入が無くなった。
対策	未処理水色度、ろ過後の色度測定機器設置による水質監視強化。

事例 14

内容	ろ過池洗浄していない時の洗浄排水井の水位上昇。
原因	ろ排弁か洗排扉からの漏水。
対応	洗排扉は修繕工事にて対応済み。ろ排弁は更新を検討中。
対策	リミット調整するも過トルクになってしまう。漏水量もさほどでもないもので、今のところ特に無し。

事例 15

内容	平常運転時、突然ろ過水濁度が上昇し管理目標値を超過した。
原因	上流のダム湖面でアナベナ（アオコ）が増殖し確認されていたが、当日の強風により放流口方向に集まり流下した。浄水場では前塩素を注入していたため沈でん池で分裂沈降せず、ろ過漏出した。
対応	ろ過水濁度上昇時は原因不明であったため取水量を減量しPAC注入量を増加させた。翌日アナベナを確認したので前次亜停止、PAC注入量強化継続。後日ダムの放流位置を水面から-3mから-6mに変更。
対策	巡回時にダム湖面の観察と、アオコ発生時の監視強化及び水質検査担当課との連携強化。

事例 16

内容	シネドラアクスによるろ過閉塞が発生しろ過継続時間が極端に短くなった。
原因	ダムで増殖したシネドラアクスによるろ過閉塞によるものであり、PACによる凝集沈でんで除去しきれなかったもの。
対応	前塩素の増量を行いPACによる凝集沈でんで対応。
対策	ダム（原水）の採水を行い、水質の監視・状況把握に努め適切な薬品注入を実施。

事例 17

内容	カビ臭が発生した。原因物質はジェオスミンが主だった。
原因	連日高温が続き、水源となっているダムにおいてカビ臭の原因となる植物性プランクトンが発生。また、台風の大雨にてダム湖の躍層が掻き乱され取水位置からもプランクトンが取り込まれるようになった。
対応	水処理にて活性炭注入を行ったが、活性炭に吸着しにくい性質(非溶解性物質)を有していたため、期待していた効果を得られなかった。
対策	原水に次亜塩素酸ナトリウムを注入する前々塩素処理設備を設置。このため藻体内部の異臭物質を放出させた後、粉末活性炭を注入し異臭物質を効率良く吸着・除去する設備としたもの。

事例 18

内容	重力式開放形ろ過池のアンスラサイト二層化の導入について。
原因	砂単層ろ過におけるろ過水濁度、目標水質（クリプトスポリジウム対策0.1度以下維持）を満足しているものの、ろ過継続時間が50時間と短く洗浄頻度が多いため、運転コストが大きいと考えられる。
対応	砂単層の厚さ600mmである表層100mmを取り除き、アンスラサイト層100mmとした。ろ過砂比重2.57～2.67、粒径0.45～0.7mm。アンスラサイト比重1.4～1.6、粒径0.7～1.5mm。
対策	砂単層ろ過とアンスラサイト二層ろ過との損失水頭上昇差を調査し、ろ過継続時間50時間から130時間の持続が確認された。しかしながら持続時間が伸び損失水頭の上昇水位に比例して、ろ過濁度の上昇傾向が見られた。そのためろ過濁度上昇を抑制するため、洗浄サイクルを調査し72時間程度とした。現在のろ過水濁度は最低地値で0.009度である。

事例 19

内容	洗浄効果不良。ろ過水濁度0.08度。
原因	3池空気渠から漏れがあり、洗浄エアータ出到達時間が他の池に比べ約3倍となった。
対応	空洗工程タイマーの延長。
対策	空気渠防水工事、空気渠点検蓋からのエアータ漏れ修復工事。

事例 20

内容	ろ過継続時間が48時間から24時間程度になり、洗浄頻度が増加しろ過池運用が困難になった。
原因	2池ある沈でん池のうち、汚泥排出のため1池を休止させたことにより、稼働中の沈でん池の流速が早まり滞留沈でん時間が減少したことが原因。
対応	着水流量を下げることで沈でん流速を下げたり、PACや前苛性の注入率を上げ凝集効果を増加させることで対応。最終的には休止沈でん池の運転再開で解消。
対策	沈でん池の汚泥排出による、沈でん池の休止期間を短くすることで滞留沈でん時間を確保する。

事例 21

内容	原水水質異常。
原因	台風や集中豪雨による高濁度で、沈でん池ではフロックが沈でんしきれずに、ろ過池に流入する水の濁度が通常よりも高くなった。または、濁水による低濁度・高pH等でフロックの出来が悪く、ろ過池にマイクロフロックが流入。
対応	逆洗周期を通常より短い時間で行う。
対策	原水高濁度時は取水量を調整し、出来るだけ沈でん時間を長くして、少しでもろ過池への流入する濁度を下げる。濁水時の低濁度・高pH時は、活性炭と炭酸ガスを投入しフロックの出来をよくして沈でん効率を上げている。

事例 22

内容	マッドボールの発生により、ろ過面積の減少が危惧される。
原因	表洗が回転式ノズルのため、表洗のかからない部分がありマッドボールが発生した。
対応	ろ過砂の入替えにより対応。
対策	人力によるマッドボールの破壊及び洗浄。

事例 23

内容	ダム湖放流水取水時に、損失水頭が上昇した。
原因	ダム湖で増殖したシネドラによるろ過池閉塞。
対応	PAC増量、逆洗サイクル短縮。
対策	ダム湖放流水の生物調査。

事例 24

内容	原水のpH値上昇。(最高値10)
原因	河川水位の低下により、川の藻類の活性化。
対応	pH8で炭酸ガス注入、さらに沈でん池処理水が悪い場合はPAC注入率を増量する。
対策	

事例 25

内容	ろ過池棟内の配管・機器類外観に発錆・腐食が発生。
原因	前・中次亜注入処理をしているので、棟内に塩素ガスが滞留していたと思われる。(換気扇はあるが空気循環がしていなかった)
対応	
対策	空気圧縮機は室外からの吸い込みに変更。吸気扇及び循環用送風ファンを設置し、外気を取り込み塩素ガスの滞留を防いでいる。

事例 26

内容	低水温・低濁度時のろ抗大。
原因	マイクロブロックによるろ過池の閉塞。
対応	閉塞気味のろ過池への流入を抑える。
対策	洗浄周期の短縮。

事例 27

内容	損失水頭が急激に上昇。制御プログラムの不具合もあり、ろ過池水位が過度に上昇したことで自動洗浄が出来なくなり、全てのろ過池に波及。結果ろ過水量の確保が困難になった。
原因	ダムに増殖したシネドラアクスが急激なる過閉塞を引き起こしたと思われる。また、かつてない急激な損失水頭の上昇であったことと、制御プログラムに不具合があったこともあり、繰上げ洗浄や薬品処理の判断が遅れた。
対応	ろ過池に必要人員を配置し手動で洗浄を実施。水量確保のため連続での手動洗浄が出来ず、ほぼ一日かけての手動対応となる。(洗浄完了した池も短時間で損失水頭が上昇したため時間を要した) 水需要が減少する深夜に供給を制限し水量を確保するとともに、損失水頭の上昇を抑制して対応。
対策	ろ過池の損失水頭の監視を強化するとともに、上昇時にはろ過継続時間にかかわらず繰上げ洗浄を行い、他のろ過池への波及を防止するものとした。また、プログラム修正。

事例 28

内容	損失水頭上限発生。
原因	ろ過池の水位下限電極にゴミが付着していたため、水位降下から洗浄工程が進まず、損失水頭上限及び洗浄待機渋滞が発生しろ過砂が曝露した。
対応	ろ過池CC盤自動から手動にして、全ての弁を全閉。ろ過池が空になっていたので逆洗寸開で水張り。手動で洗浄を行い復帰。
対策	原則、洗浄中にトラブルが起きたら休止にする。

事例 29

内容	ろ過池制御異常によるろ過水濁度上昇。(0.1度超過4分間、最大0.193度)
原因	ろ過流量調整弁異常(全開・過トルク)。ワンループコントローラーが原因と思われる。
対応	当該ろ過池制御を自動から手動にして、流出弁を全閉にしろ過停止。水質検査依頼(クリプト・濁度)。業者にてワンループコントローラー調査。
対策	水安全対応マニュアルに係る管理基準の理解。

事例 30

内容	ろ過流量調整弁開度上限リミット。
原因	ベンチュリ式流量計用差圧伝送器バルブに異物が噛み、ろ過流量計測に影響が出た。
対応	導圧管のクリーニング及び各バルブ開閉操作、差圧伝送器のエア抜き実施
対策	定期点検後の、長期的な計測値の確認を行う。

事例 31

第6章 総論

人員削減による担当職員の減少や高齢化が進んでいるなかで、近年の気候変動や突発事故等により原水変動リスクは増大している。中小事業体においては担当職員の減少が特に深刻であり、配置転換等で経験職員が減るなど、いかに技術を継承していくかが大きな課題である。

このような状況のなかで、安心して飲める水を安定して供給するためには、業務の引き継ぎがスムーズに行われるように、浄水場の運転管理や維持管理方法（点検マニュアル等）を明文化すること、日常点検等から軽微な変化を察知できるような体制作りをすること、今後想定される水源の水質悪化に対して事前に対応策を検討しておくこと等が重要である。

近年、浄水場運転においても業務の委託化が進行しており、職員が実際に現場に入って技術を習得する機会が減少していることも技術継承の妨げとなっている。業務の委託は、事業体の人員が減る中で一つの手法として確立されているが、受託する側の企業は営利企業であることから、採算が合わなくなれば業務を放棄する可能性がある。そのため、施設の維持管理は水道事業の根幹をなす重要な業務であるにも関わらず、委託が進むことで将来における業務継続の見通しが不安定となってしまいう懸念もある。こうしたことから、施設の維持管理を委託していたとしても、その施設がどういう状態であり、最低限必要な維持管理の手法を事業体の職員が知っておくことで、施設の維持管理業務の継続性を担保することが可能となると考える。

また、人口減少に伴い料金収入が減少していく中で、老朽化した水道施設の更新需要が増大していくことが想定されることから、アセットマネジメントの実施等により、計画的に更新事業を進めていく必要がある。ろ過池についても、ろ層厚調査やろ過砂の品質試験のデータの蓄積に加え、電動弁や計装設備等の点検を実施して現状を把握し、ろ過砂の更生や更新・修繕工事を計画的に進めていくことが重要である。

おわりに

今回の浄水研究委員会は「ろ過池の維持管理手法について」というテーマについて、平成 29・30 年度の 2 年間にわたり計 7 回の委員会を開催し、その中で東北の全水道事業体にアンケート調査を行い、集約結果から砂ろ過方式（緩速・急速）のろ過池における維持管理上の問題点や課題を抽出した。

アンケート調査の結果、小規模な浄水場や水道施設では季節的な水質変動に伴う濁度制御の困難性や生物によるろ過池閉塞等、様々な問題を抱えている実態が改めて明らかになった。

これらの調査結果を踏まえ、砂ろ過方式（緩速・急速）のろ過池に係る適切な維持管理手法について議論し、取りまとめを行った。

ろ過池の維持管理については、日常的なメンテナンスはもちろんのこと、定期的な整備が極めて重要であり、安全・安心な水道水を安定的に供給していく上での参考としてこの報告書をご活用頂ければ幸いである。

最後に、この研究に際してご協力頂いた水道事業体並びに関係部署の皆さまに感謝の意を表す。



後列左から、阿部委員 黒沼委員 工藤委員 根上委員 岡本委員 千葉委員
後列左から、佐々木委員 川村委員 佐藤委員長 若松副委員長 富樫委員 渡辺委員
(H31.02)

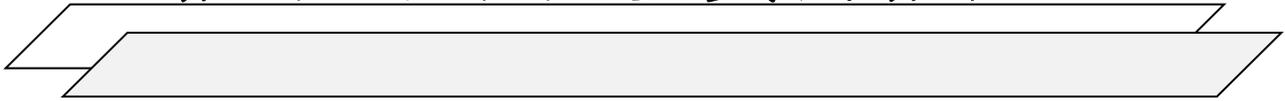


佐藤（伸）委員



【事務局】左から、 伊藤 金子 高橋

給・配水研究委員会報告



『漏水修理のあり方について』

日本水道協会 東北地方支部
技術研究部会

給・配水研究委員会報告書

「漏水修理のあり方について」

平成 31 年 3 月

日本水道協会 東北地方支部 技術研究部

目次

1. はじめに・・・・・・・・・・P. 1
2. 各事業体の現状・・・・・・・・P. 2
3. 漏水に対する取り組み・・・・・・・・P. 26
4. 修理業者の確保について・・・・・・・・P. 44
5. おわりに・・・・・・・・・・P. 45
6. 〔巻末〕 委員名簿

1. はじめに

地方公営企業法に基づく水道管の法定耐用年数は40年と規定されているが、多くの事業体では更新が追い付かず、法定耐用年数を超えて使用せざるを得ない時代を迎えている。

法定耐用年数とは、固定資産の原価償却を行うための経理上の措置として規定されたものであり使用限界を示すものではないが維持管理上、1つの目安となっており、布設して40年以上超えた管はいわゆる「老朽管」として取り扱われる。老朽管からの漏水は年々増加しており、今後更なる増加が懸念されているが、お客さまには安定した給水を確保していかなければならない。

漏水発生の増加が見込まれる中、より速く、より効率的な対応が必要となり、初動体制・漏水修理方法等について改めて検討し体制を整える必要がある。また、老朽管が増加していくことが避けられない中、布設されている管路をいかに漏水しないよう管理していくかも重要になる。

以上のことを踏まえ、本研究委員会では、「漏水修理のあり方」と題し、漏水修理に関わる各事業体の現状や取り組みを中心に議論を行い、それらを比較しながら取りまとめを行った。本報告書作成にあたり、漏水修理全般という大きいテーマであるため、どの項目をより重点的に調査していくか苦心したが、「漏水修理の迅速化」「漏水を未然に防ぐ予防対策」「初動体制の確立」の3つの項目を主軸として作成した。

本研究委員会の報告が、今後の漏水修理に対する解決策の一つとなることを期待する。

2. 各事業体の現状

水道管路の状況は、各事業体で一様ではなく、布設管種、管路更新率、担当職員数等の様々な要因により、漏水への対応方法が異なる。

ここでは、各事業体の水道管路を取り巻く現状を把握することに重点を置き、報告を行う。

2.1 各事業体水道管路の老朽化について

前述したように、老朽管の増加が漏水修理に関して大きな影響を及ぼしてくると考えられる。図 2.1.1 に示すとおり、各事業体において法定耐用年数超過管路率は 10～30%程度であるのに対し管路の更新率は 0～5%程度に留まっている。

法定耐用年数超過管路は年々増加していくと予想されており、それに伴う漏水が増加すると予想される。

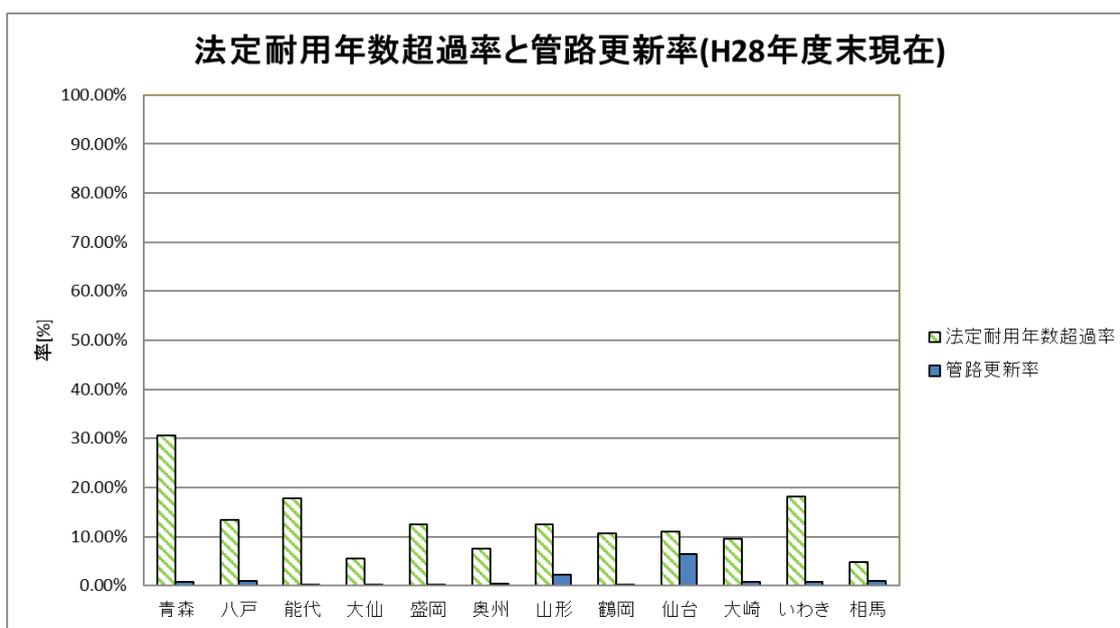


図 2.1.1 法定耐用年数超過率と管路更新率(平成 28 年度末現在)

2.2 各事業体保有水道管路について

水道管路の漏水は、給水エリアが広く管路布設延長が長いほど漏水件数が多くなると考えられる。

図 2.2.1 に水道管路の総延長と漏水件数を比較したものを示す。総延長と漏水発生件数は必ずしも比例していないことから、漏水の発生件数には総延長以外の要因も影響してくると考えられる。

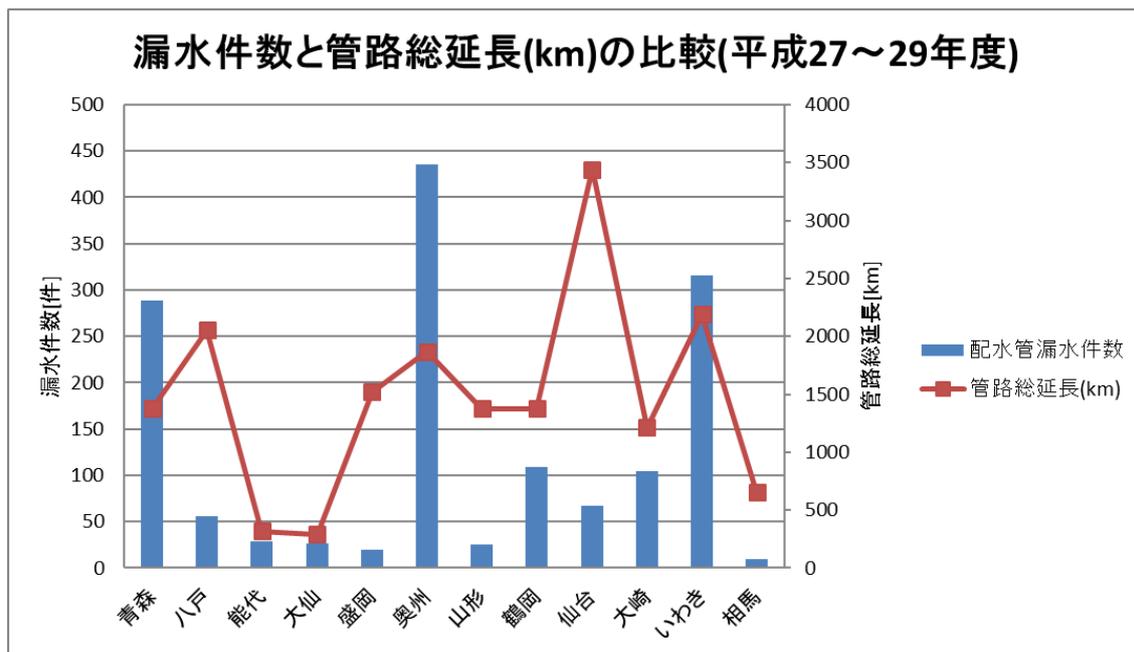


図 2.2.1 漏水件数と管路総延長の比較(平成 27～29 年度)

2.3 水道用硬質塩化ビニル管について

2.2 で考察したとおり、漏水の発生件数には管路延長の他に別の要因が関わっていると考えられる。本研究委員会における議論の中では、水道用硬質塩化ビニル管(以下「VP 管」と言う)に関する漏水発生事例が多く報告されたため、図 2.3.1 に鉄製・非鉄製別漏水割合と漏水件数の比較を示す。比較を行ったところ、非鉄製管路漏水割合が高い事業体ほど、漏水件数が多いという傾向が見られた。漏水の発生には、配水圧力や水圧変動、及び埋め戻し材の種類が起因しているものと考えられる。

図 2.3.2 に管種別布設割合を示す。VP 管の布設延長割合が少ない事業体は非鉄製管路漏水割合が低いという傾向が見られた。また、図 2.3.3 に VP 管布設延長と漏水件数の関係について示す。傾向として VP 管の布設延長と漏水件数はおおよそ比例するという結果が得られた。

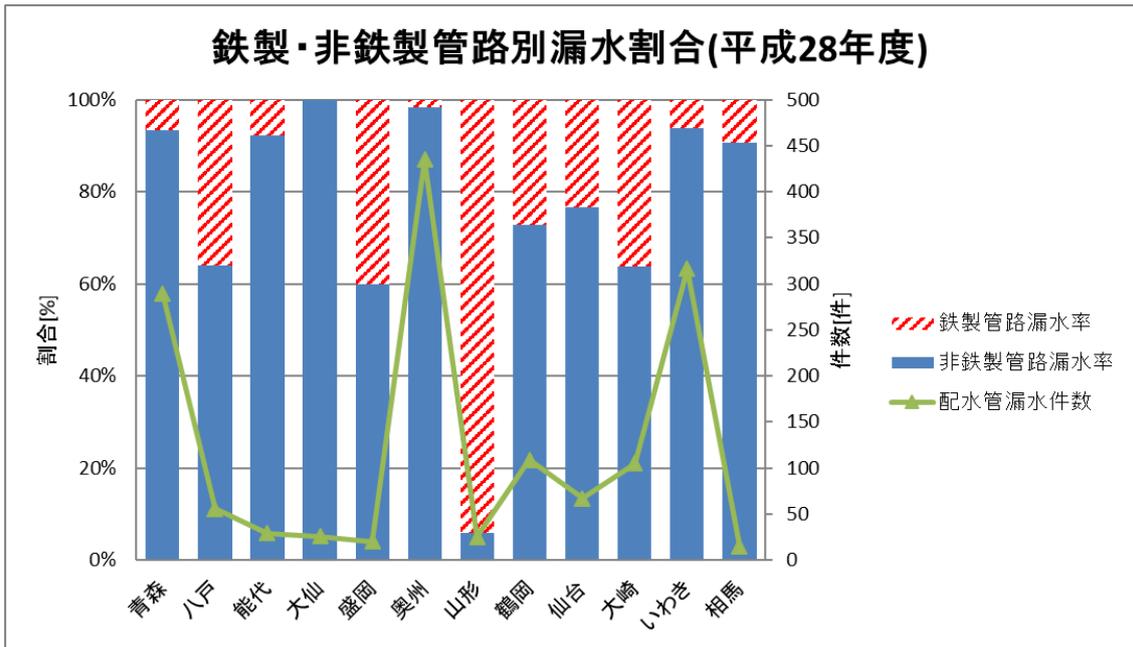


図 2.3.1 鉄製・非鉄製管路別漏水割合と漏水件数(平成 28 年度)

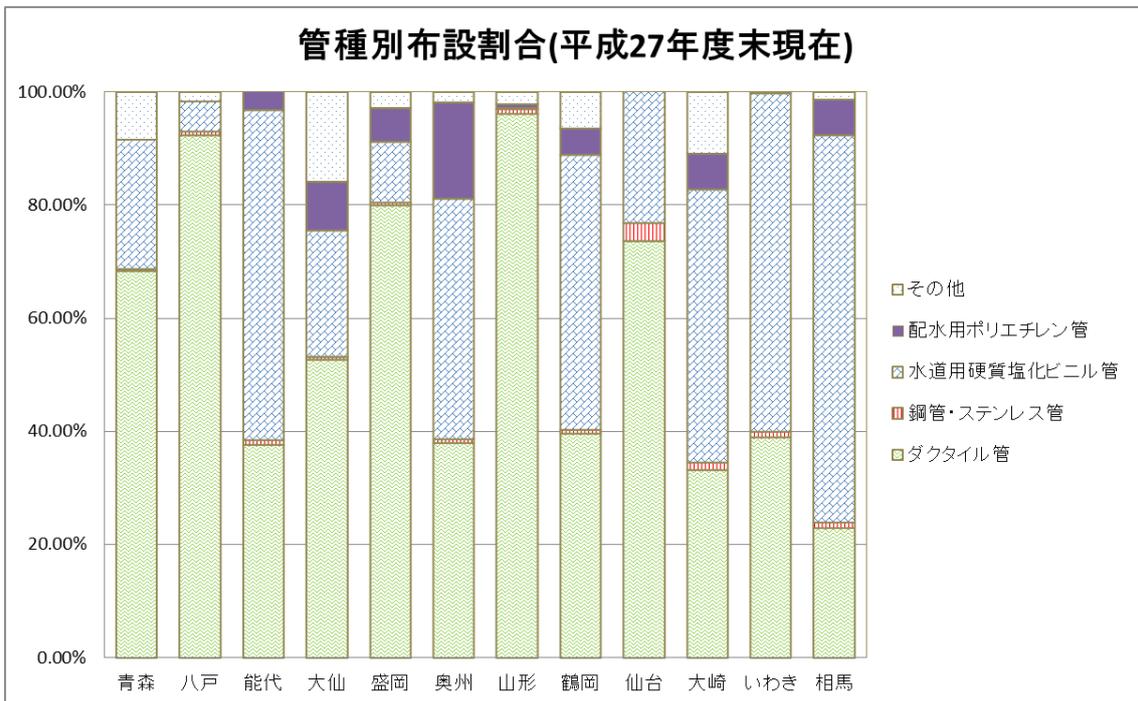


図 2.3.2 管種別布設割合(平成 27 年度末現在)

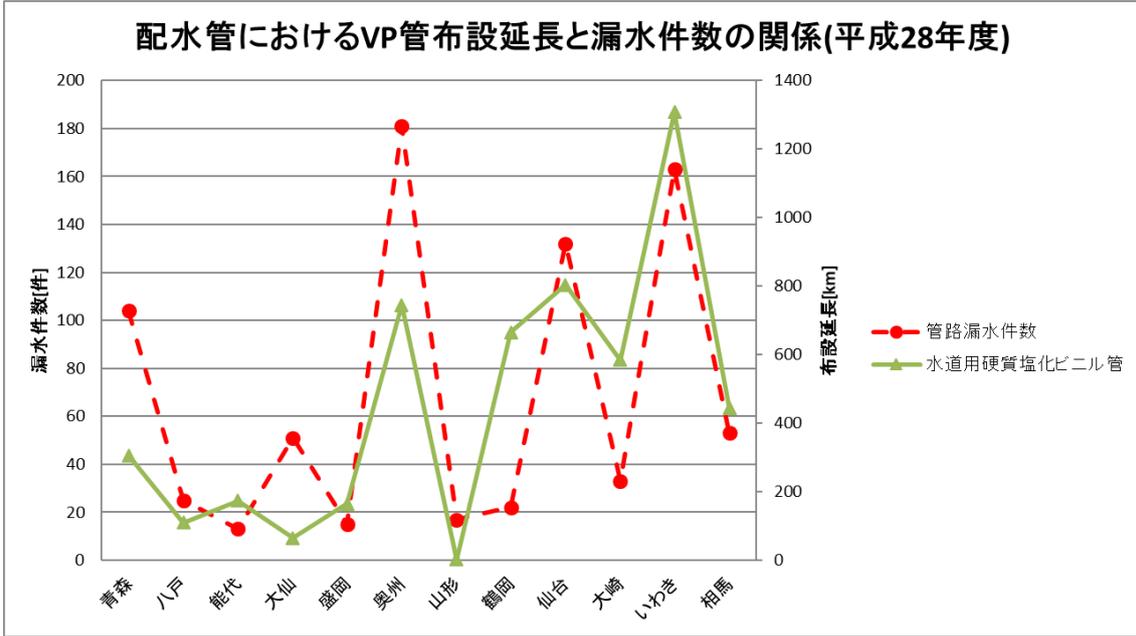


図 2.3.3 VP 管布設延長と漏水件数(平成 28 年度)

2.4 給水管の漏水について

事業体ごとに給水装置の維持管理範囲、つまり水道事業者による費用負担で行う修理範囲に違いはあるが、給水管漏水への対応も各事業体を悩ませている。

図 2.4.1 に給水管 100 件当たりの漏水件数を示す。漏水発生が特に多い給水管種は、鉛製給水管・ポリエチレン一層管・VP 管であるが、各事業体で鉛製給水管の布設替えを計画的に進めてきた結果、給水管の漏水は全体的に少なくなってきた。しかし他の管種については、どの事業体でも計画的な更新には至っておらず、年々これらの管種の漏水が増加してきている。

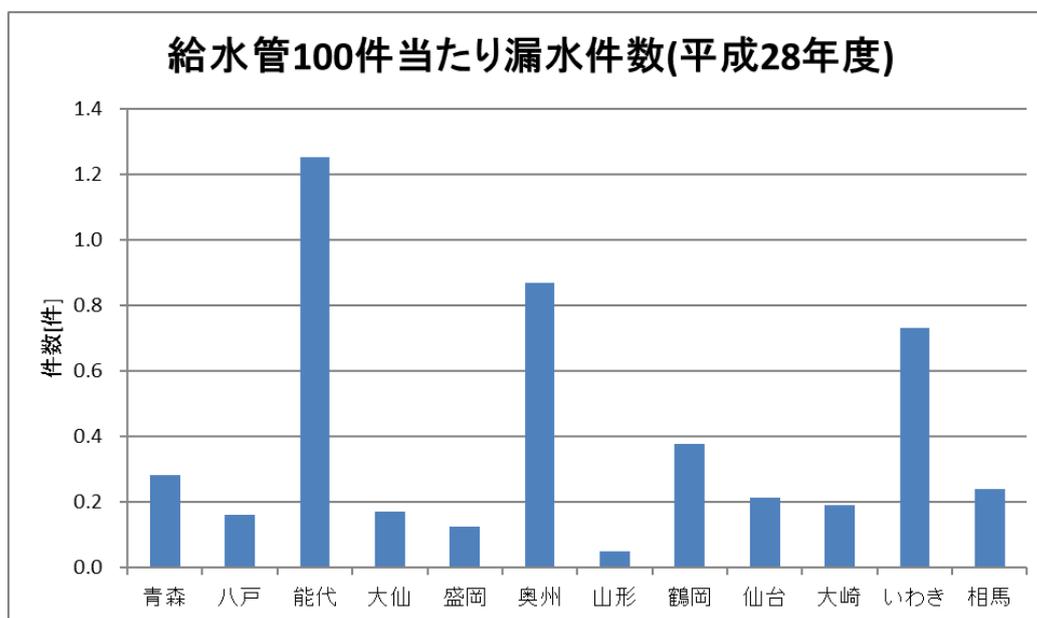


図 2.4.1 給水管 100 件あたり漏水件数(平成 28 年度)

2.5 漏水発生時の断水戸数について

漏水は、断水をしなければ修理できないケースが多い。断水はお客さまへ多大な影響を及ぼすものであるため、その影響を最小限に留めるよう努めなければならぬ。

図 2.5.1 に各事業体の平均断水戸数を示す。漏水発生場所により断水戸数は変化するため一概に比較はできないが、青森市の平均断水戸数が特筆して少ないという結果となった。

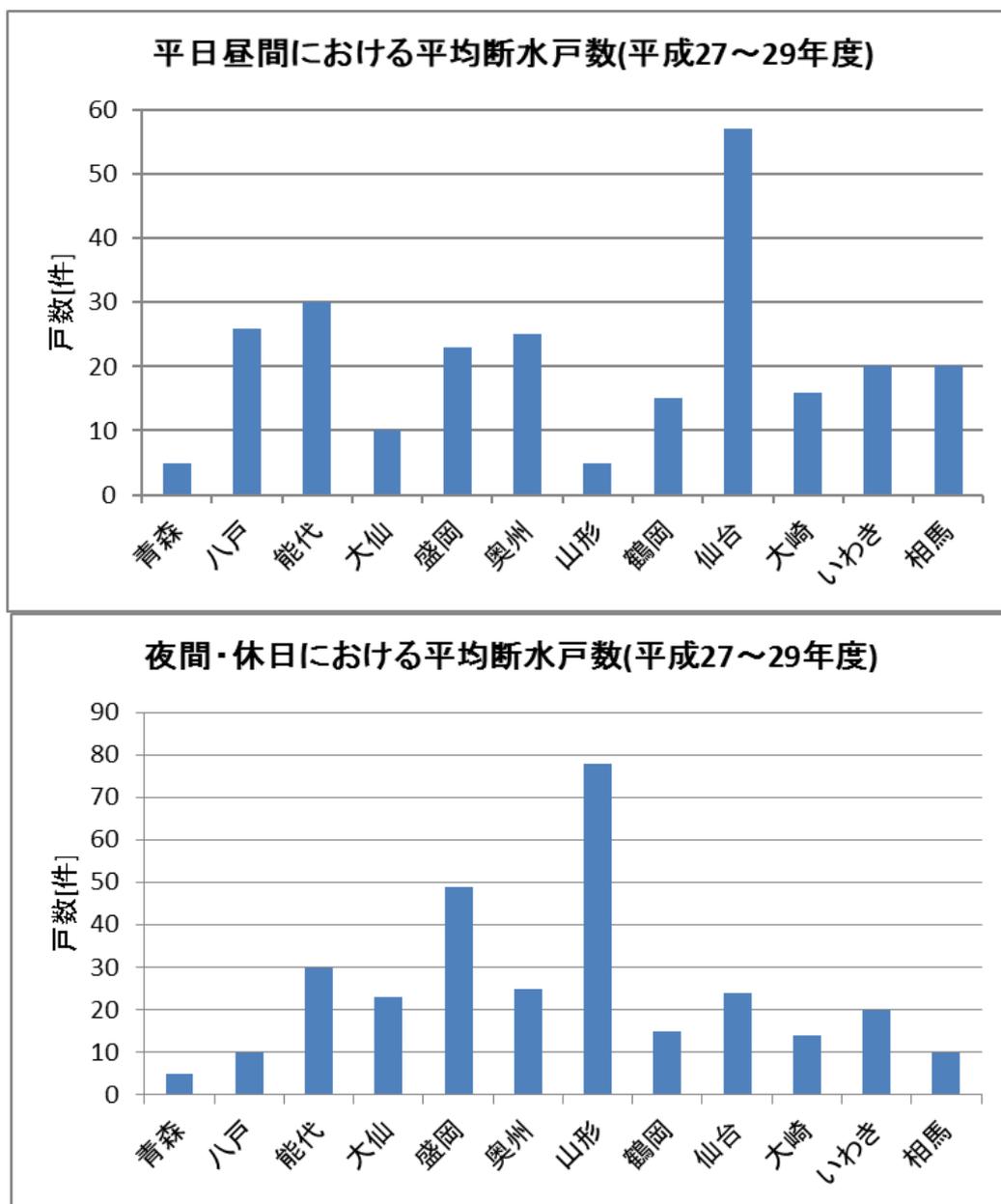


図 2.5.1 平均断水戸数(平成 27～29 年度)

2.6 漏水修理フローについて

漏水は水圧の低下や断水・濁り水などの給水への影響だけでなく、道路陥没等による交通障害など、多くの人々に迷惑をかける可能性があることから、漏水発生の際は迅速な対応が必要となる。

本研究委員会では、特に影響が大きい配水管破損を想定した漏水修理の手順について各事業体にアンケートを実施した。その結果を図 2.6.1～12 に漏水修理業務フローとして示す。

項目が少ないほど対応完了までの工程は簡素化される。基本的に各事業体、ほぼ同様の流れで業務は行われているが、特徴的な項目もいくつか見受けられた。中でも八戸圏域水道企業団では「当番業者による現場確認」という他の事業体では見られない業務が含まれていた。

また、修繕受付業務委託の有無等による漏水通報の受付体制の違いなども確認できた。夜間や休日の漏水対応は、管理職が行っている事業体や、当番制により職員が自宅待機にて対応している事業体も見られ、その拘束時間の手当が十分に整備されていないとの話題もあった。そのような状況の中、現在の職員は使命感で対応にあたっているものの、今後何かしらの改善策を講じなければ、世代交代が進む中で使命感が薄れ、対応が難しくなるのではないかと危惧する声もあがった。

現場調査の対応状況については図 2.6.13 に示す。平日昼間に関しては、ほぼ職員が現場対応するという結果となったが、夜間・休日に関しては、委託を受けた宿直者等が受け、漏水状況によっては職員が出動し対応する形態をとっている事業体が多い。

修理体制について図 2.6.14 に、待機料・緊急割増については図 2.6.15 に示す。基本的に当番業者か、修理契約を結んでいる業者から選定する形をとっているが、待機料や緊急割増を設定していない事業体も多い。管工事協同組合内で緊急対応の当番業者を決めてもらっているが、待機料を設けていないため、各業者の緊急出動に対する認識が緩く、漏水発生時の対応が遅れることがあるとの実態も報告された。

また断水・断水広報等については全ての事業体で職員が行っており、基本的に同様の方法で実施されている。

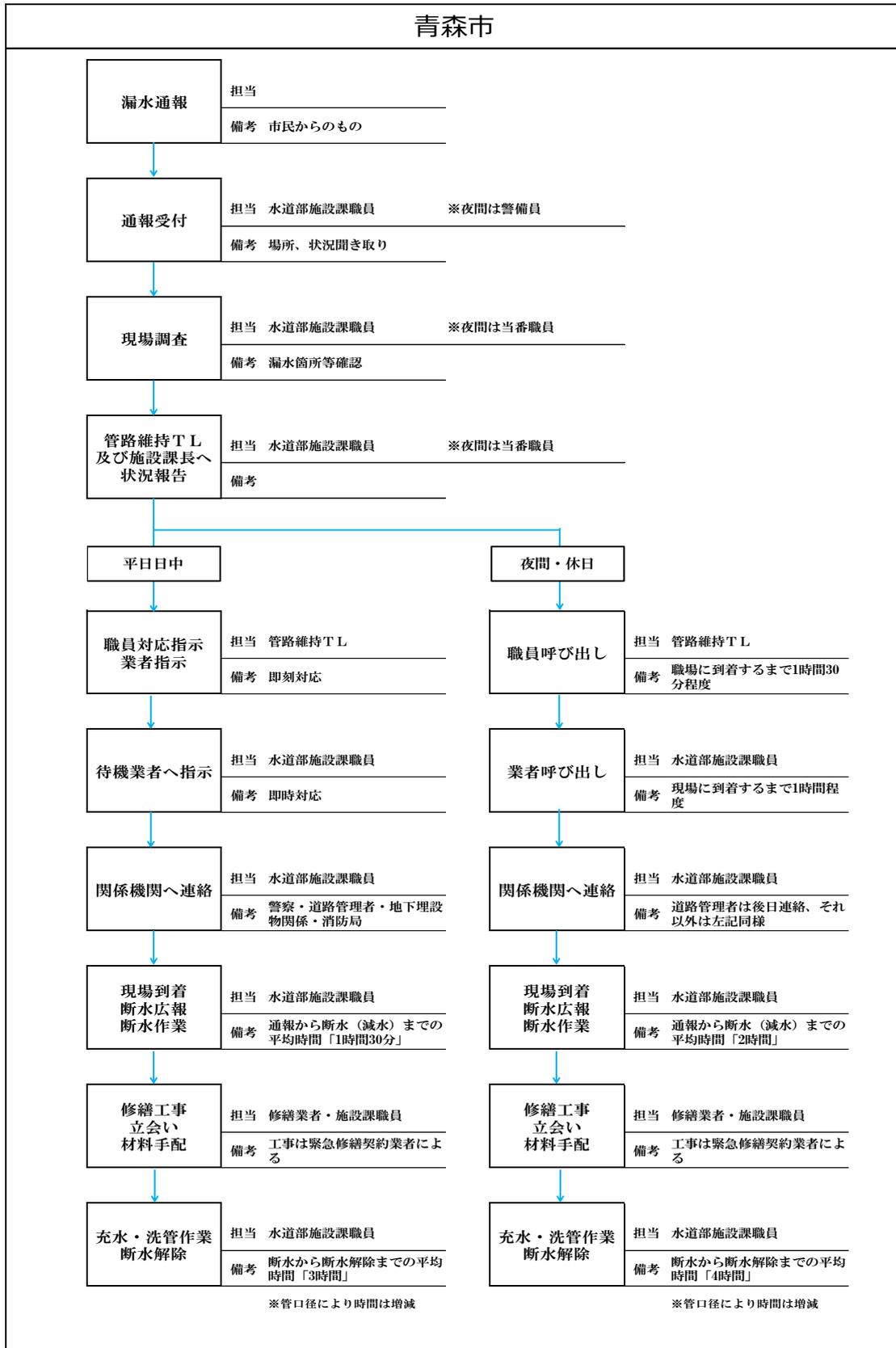


図 2.6.1 漏水修理業務フロー(青森市)

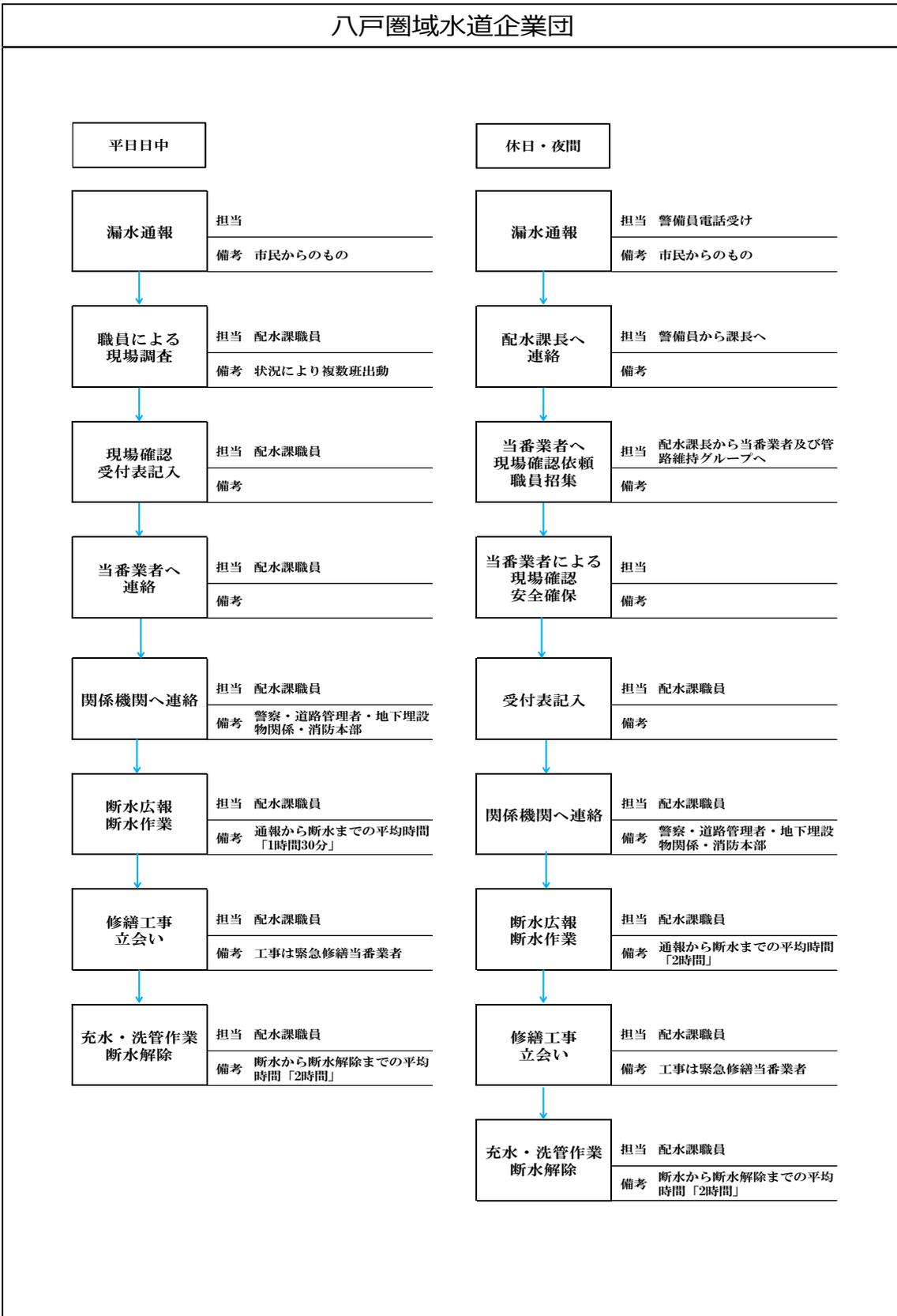


図 2.6.2 漏水修理業務フロー(八戸圏域水道企業団)

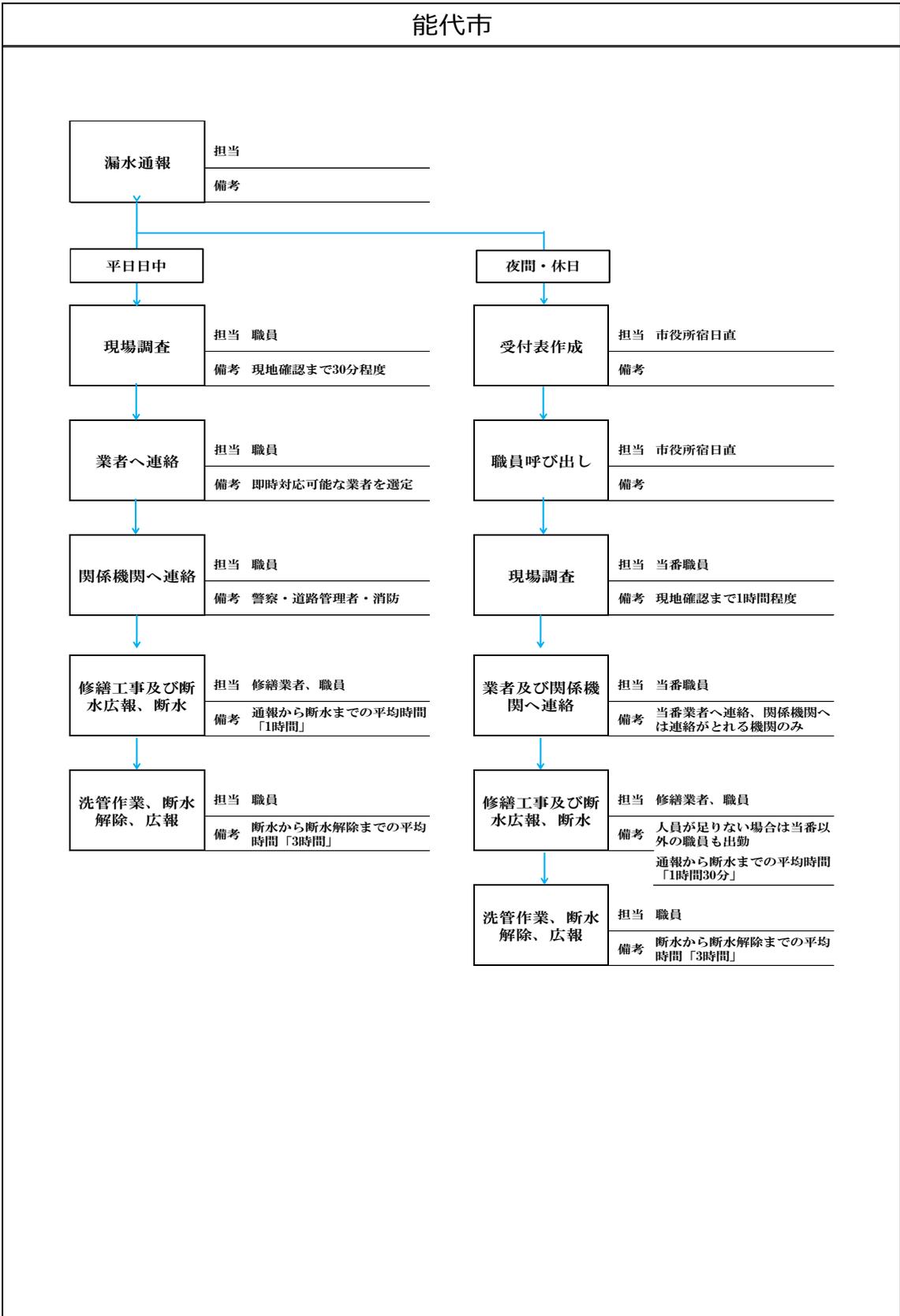


図 2.6.3 漏水修理業務フロー(能代市)

大仙市

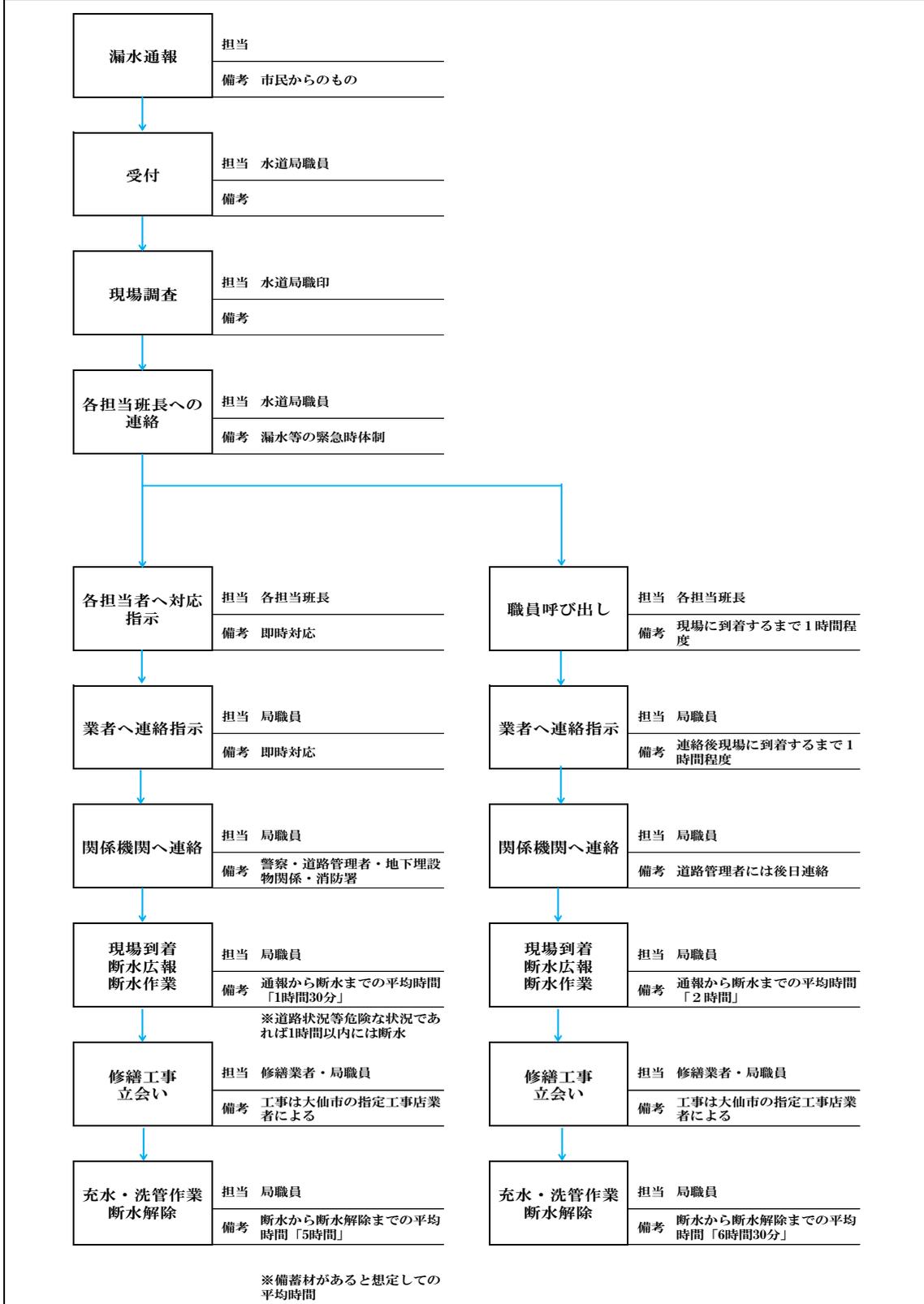


図 2.6.4 漏水修理業務フロー(大仙市)

盛岡市

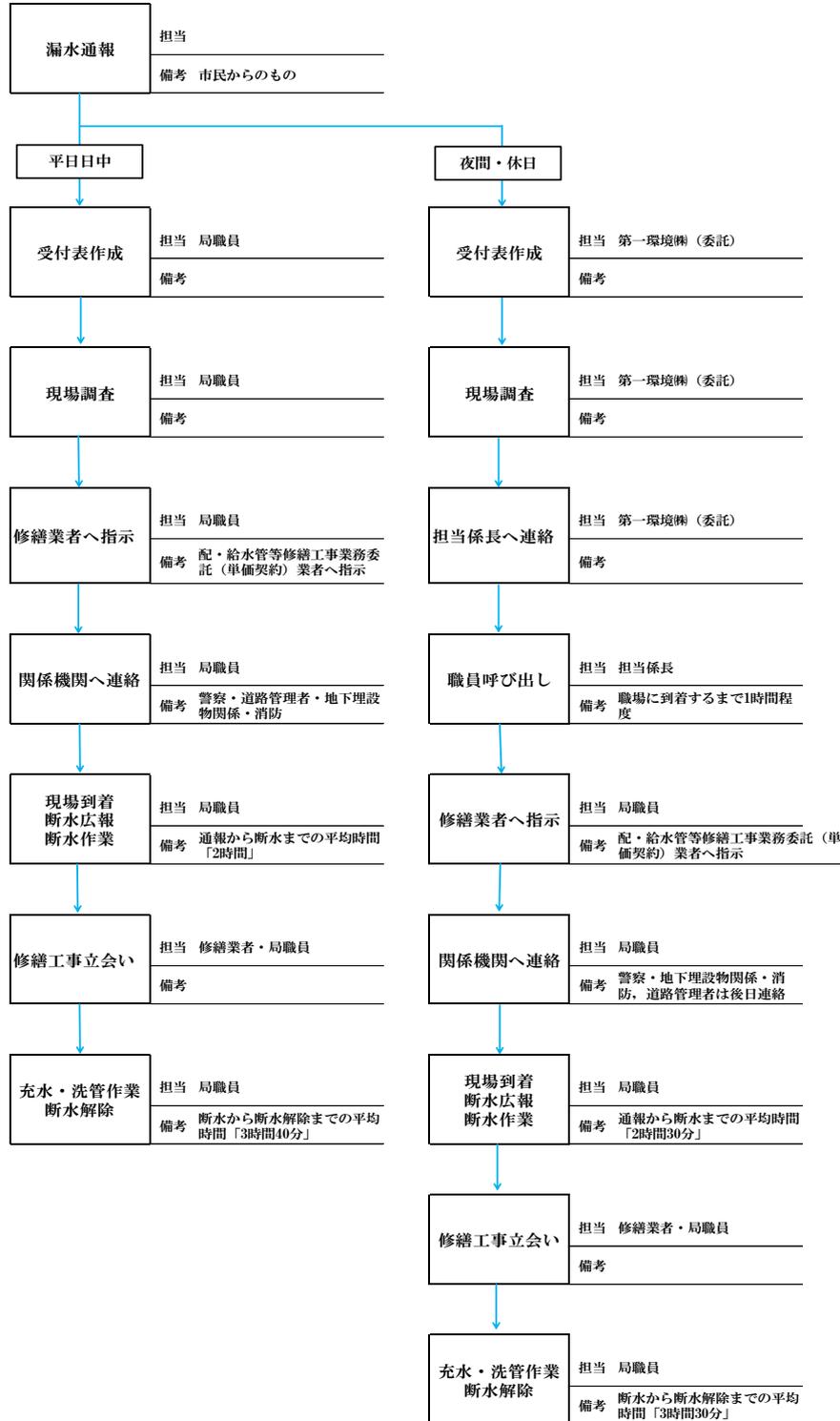


図 2.6.5 漏水修理業務フロー(盛岡市)

奥州市

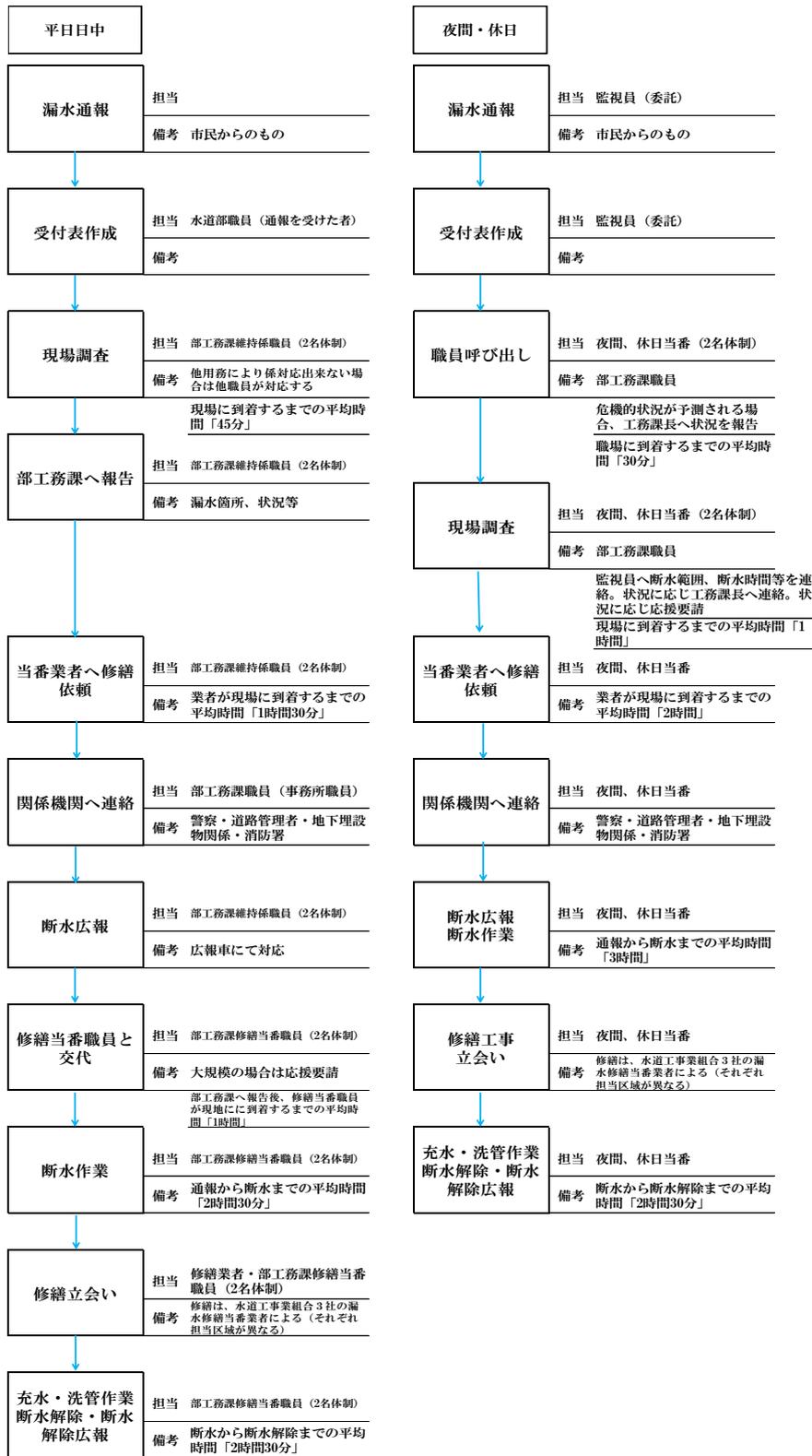


図 2.6.6 漏水修理業務フロー(奥州市)

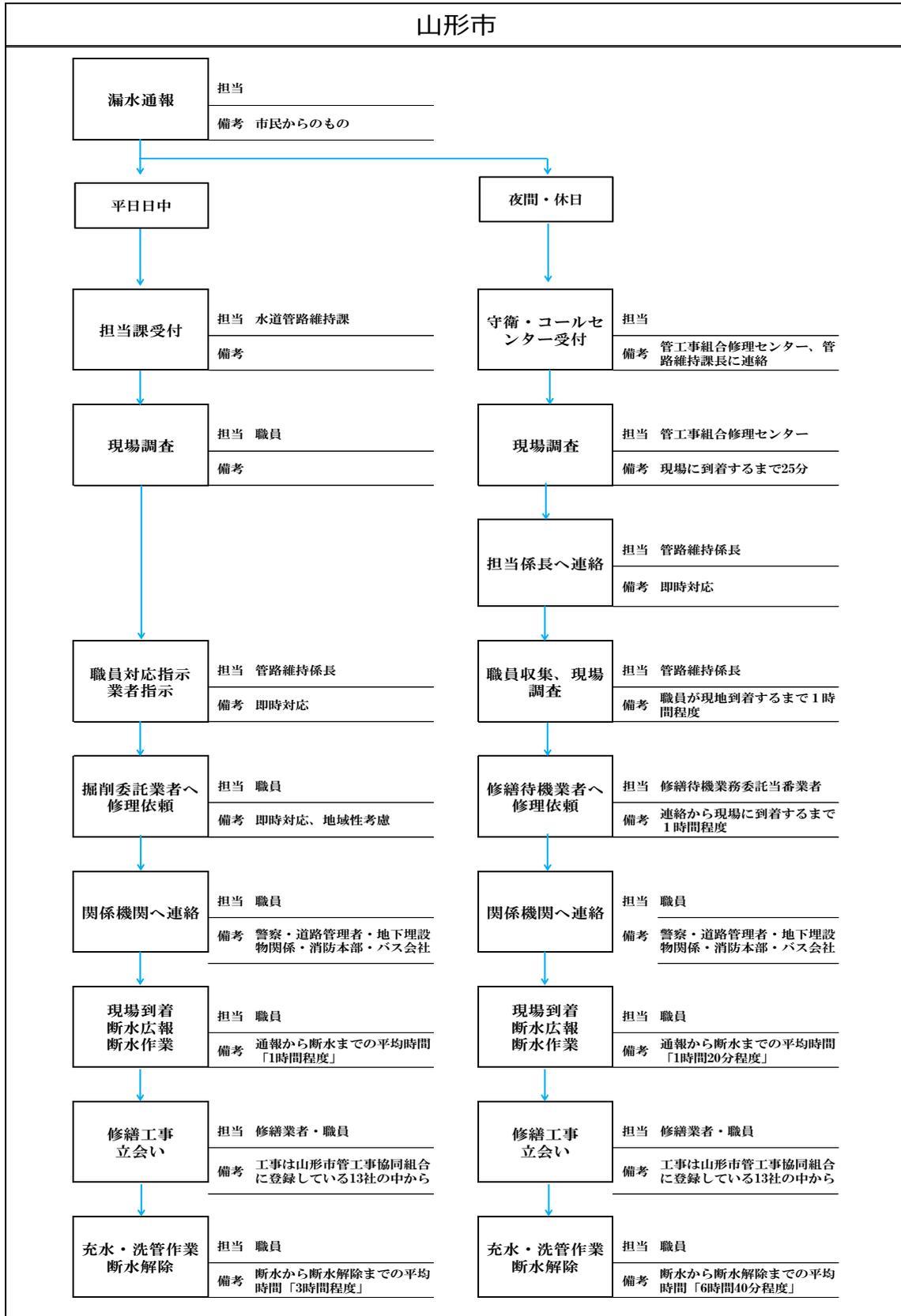


図 2.6.7 漏水修理業務フロー(山形市)

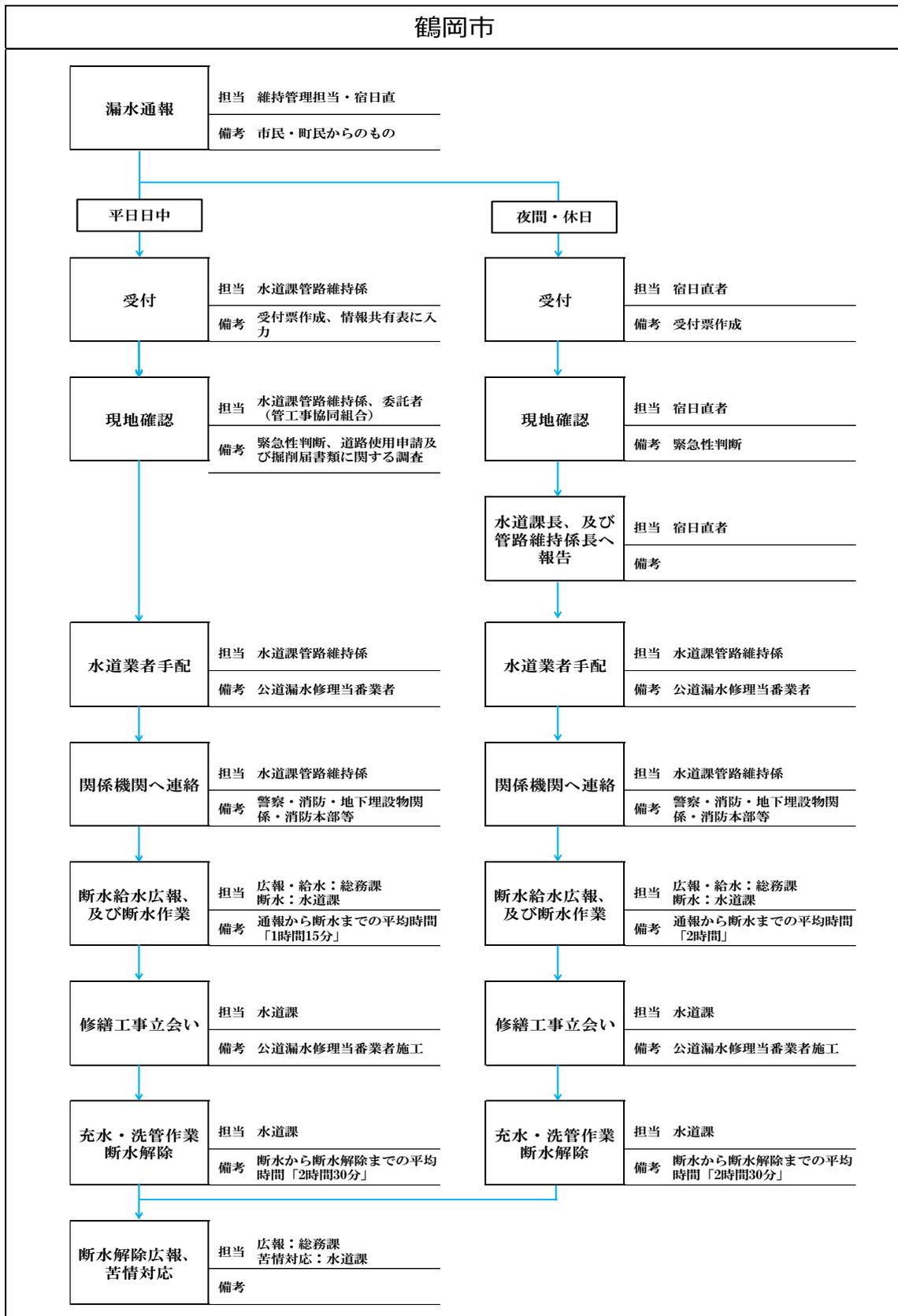


図 2.6.8 漏水修理業務フロー(鶴岡市)

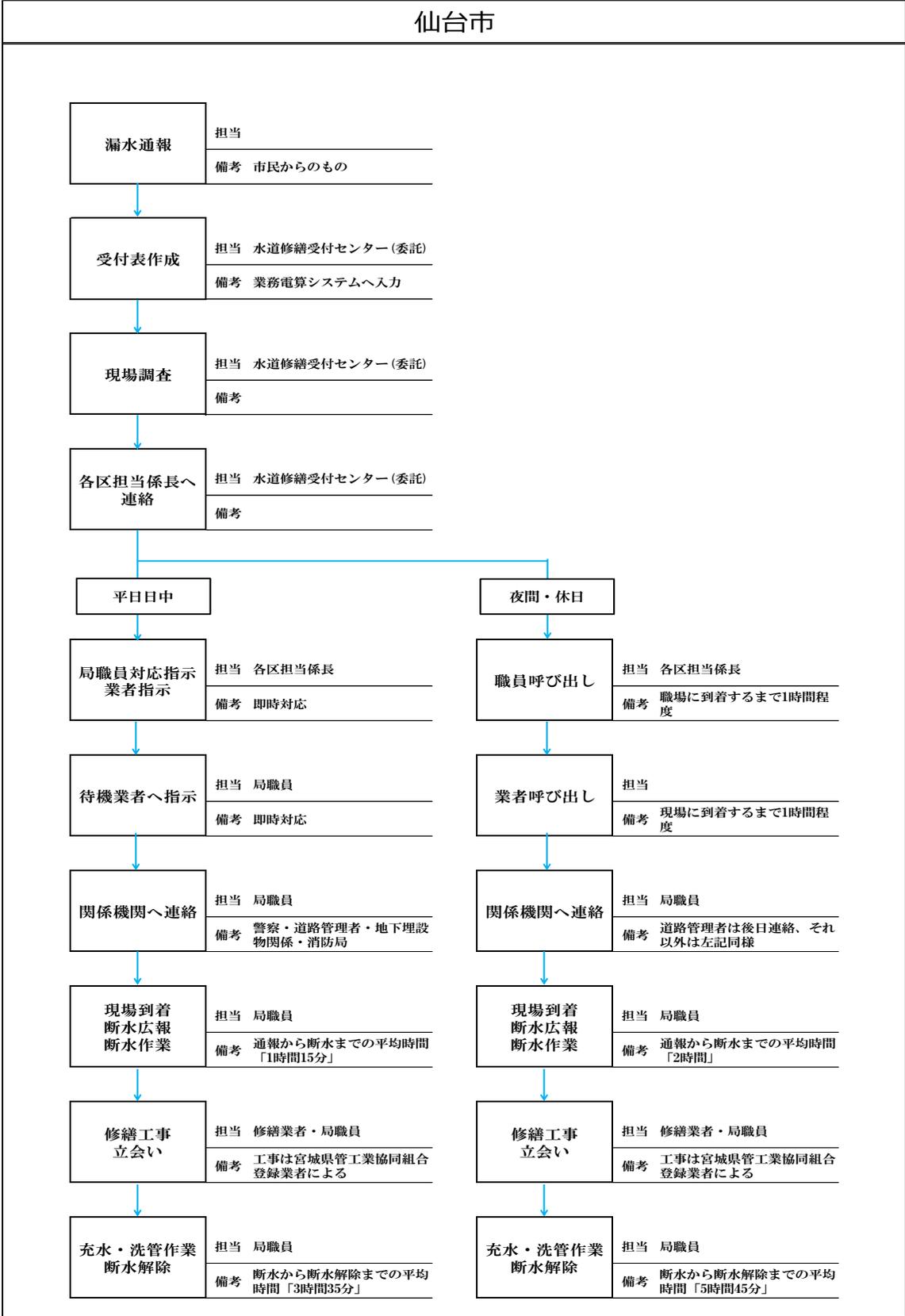


図 2.6.9 漏水修理業務フロー(仙台市)

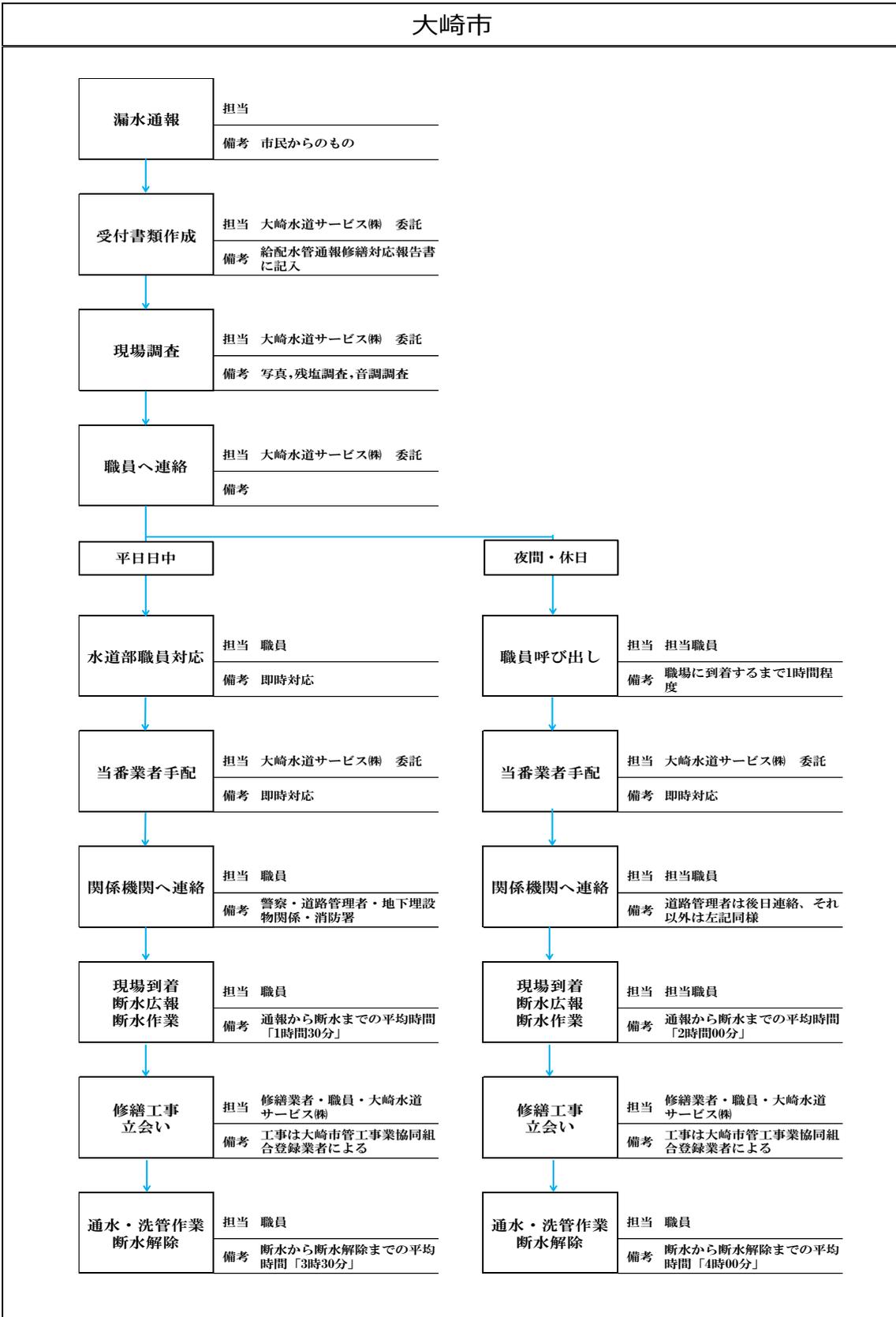


図 2.6.10 漏水修理業務フロー(大崎市)

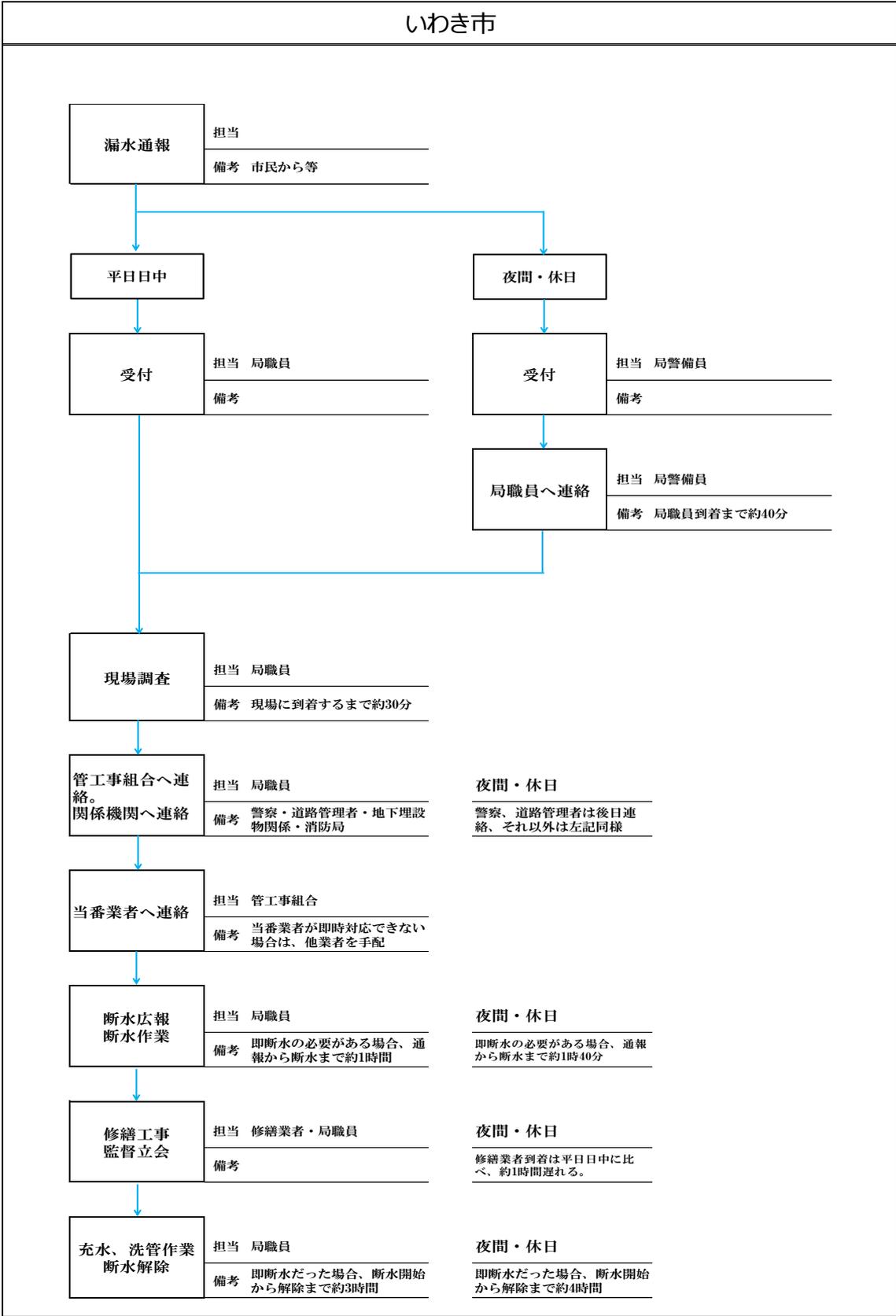


図 2.6.11 漏水修理業務フロー(いわき市)

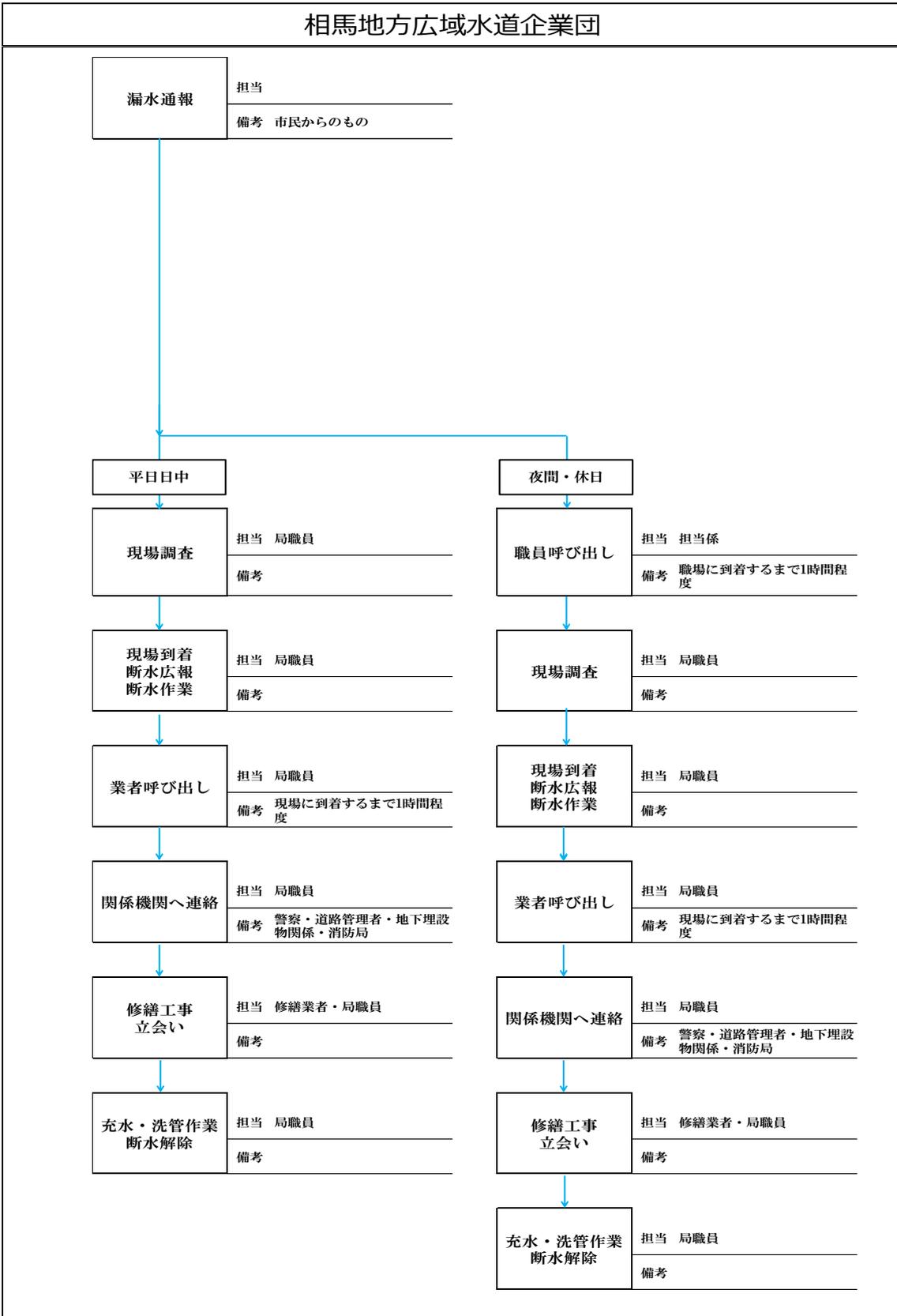
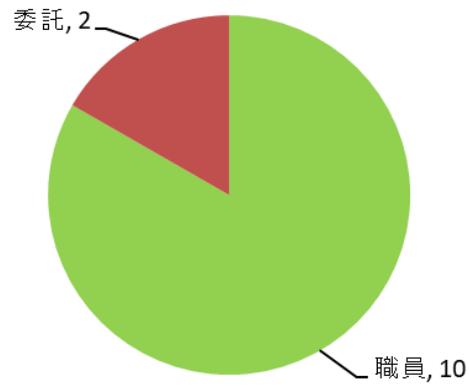


図 2.6.12 漏水修理業務フロー(相馬地方広域水道企業団)

現場調査(平日昼間)



現場調査(夜間・休日)

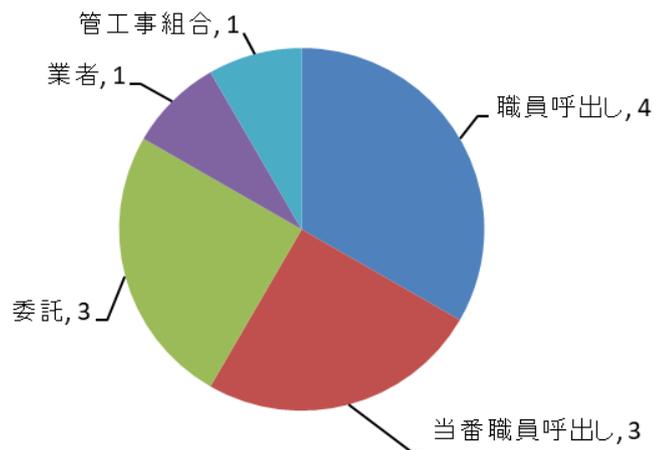


図 2.6.13 現場調査の対応状況

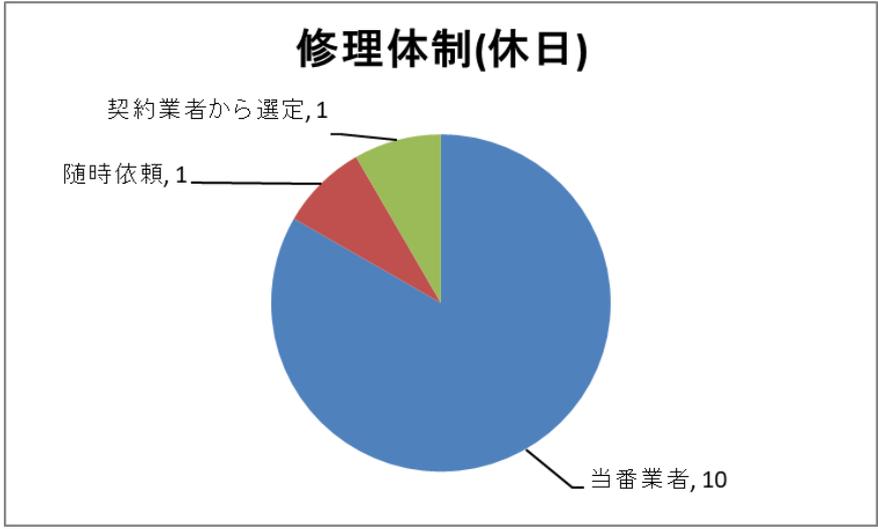
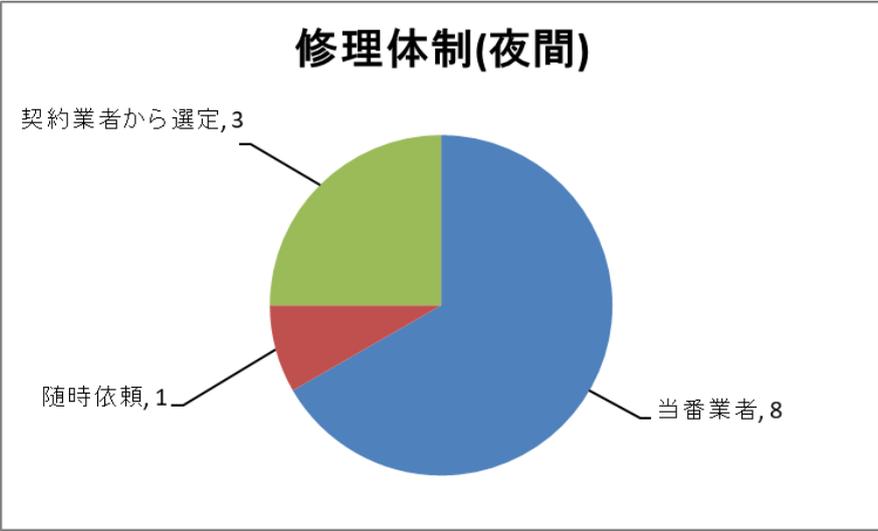
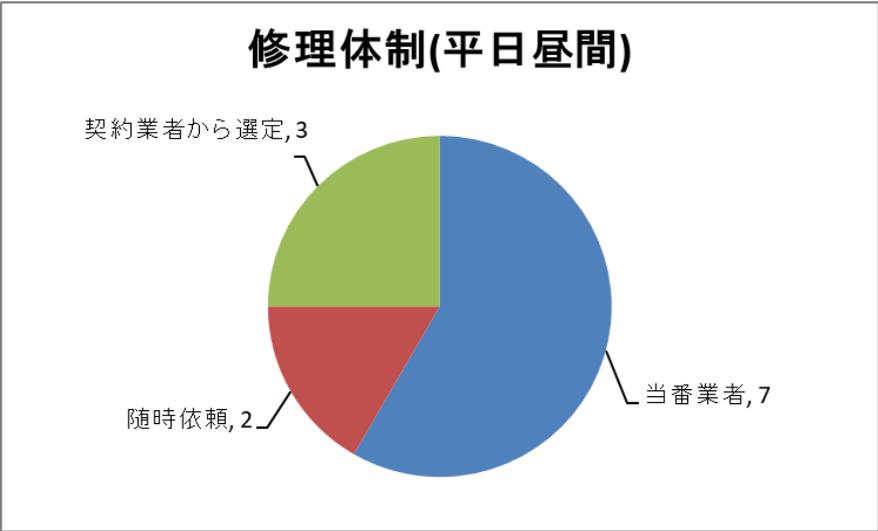


図 2.6.14 修理体制

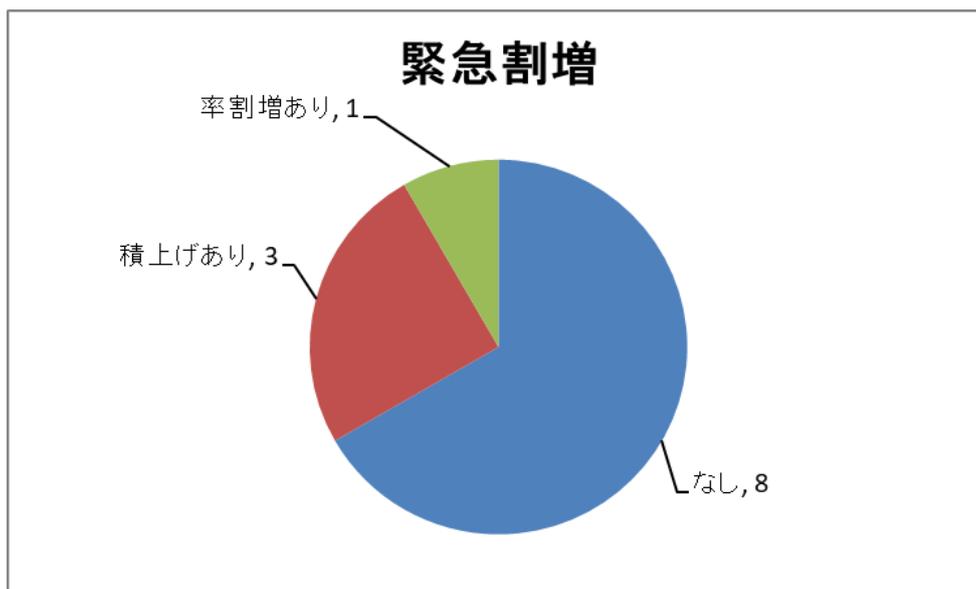
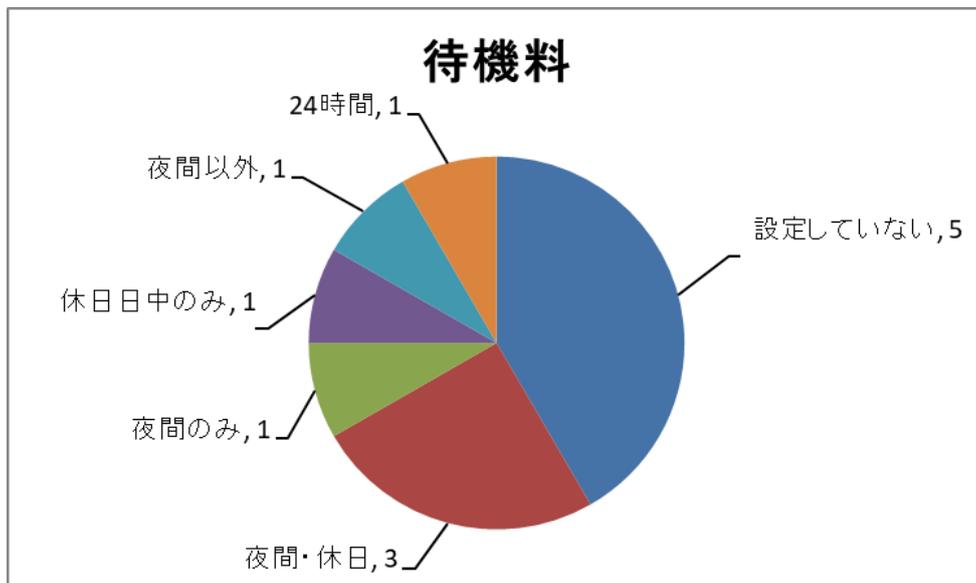


図 2.6.15 待機料・緊急割増

2.7 漏水修理履歴の管理について

布設年度や埋め戻し材の種類、付近で行った漏水修理の影響で修理箇所近辺に負荷が掛かってしまう等の理由で、漏水の復元現象が発生することが多い。そのため漏水修理履歴は、管路維持において大変重要な情報となるため、有効に活用できる形で管理しなければならない。例えば過去に漏水が発生した箇所近辺で漏水が発生した際、漏水原因等を予想することができるため迅速な初期対応に繋げることができる。

また漏水履歴は、漏水多発管路を優先的に更新する計画作成にも役立てることができ、漏水の発生原因を根本から取り除くことが可能となる。

図 2.7.1 に漏水修理記録の管理方法について示す。大半の事業体では電子データで図面や写真等を保存し、管理を行っている。未だ紙ベースでの保存のみとなっている事業体もあるが、今後電子データへ移行する方針を含め検討中であった。また、図 2.7.2 に漏水修理の履歴管理について示す。1 事業体を除き履歴管理は行われており、管理方法としては、Excel 等で台帳を作成するか、マッピングシステム上に印等を表示し管理しているかの 2 つに大別できる。

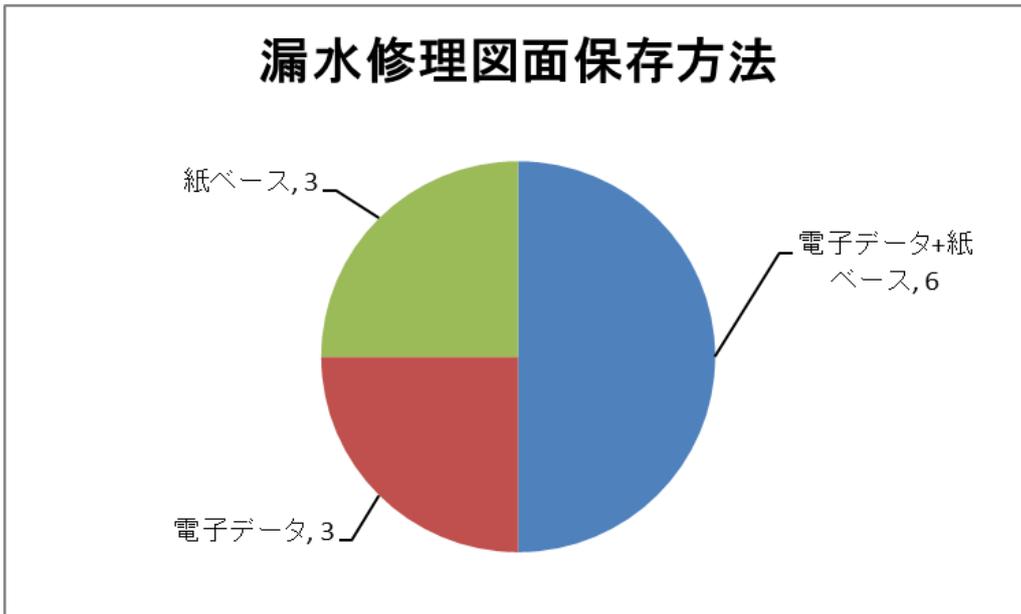


図 2.7.1 漏水修理図面保存方法

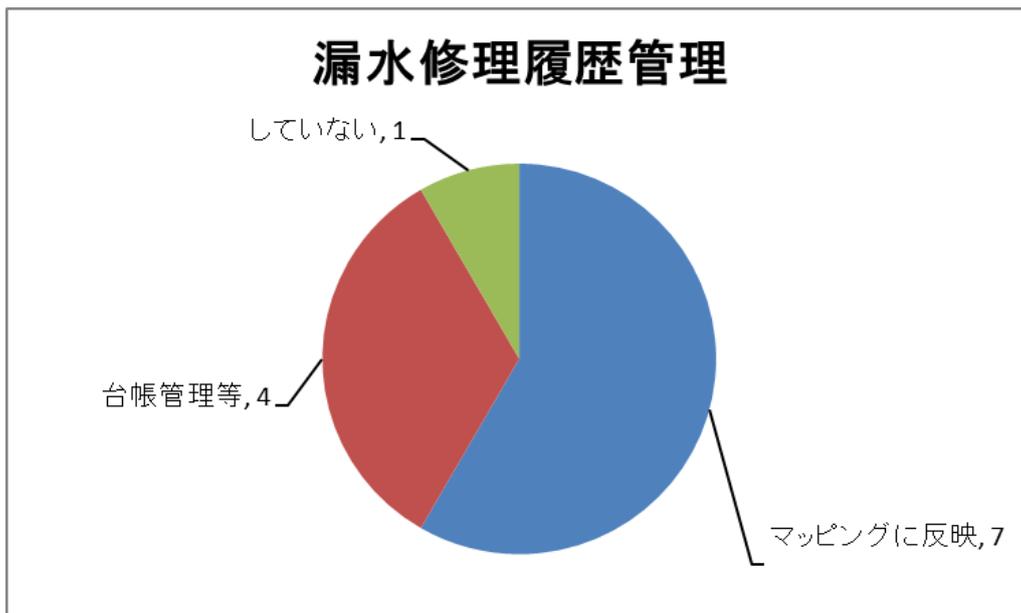


図 2.7.2 漏水修理履歴管理

3. 漏水に対する取り組み

前述のとおり各事業体で保有する水道管路は老朽化が進み、これに伴い今後更なる漏水の増加が見込まれるが、お客さまへの安定給水は確保して行かなければならない。そのためには漏水予防策を実施し、漏水が発生した際には最小限の影響で早急に復旧させる方法を模索し実践することが必要である。

そこで本研究委員会では、水道管路の現状に対する取り組みを紹介する。

3.1 VP 管の漏水について

2.2～2.3 において VP 管布設延長と漏水件数はおおよそ比例するとの統計を示したが、本研究委員会参加委員からも他の管種に比べ、VP 管の漏水に対応することが多いとの報告が寄せられた。

このことから VP 管の漏水予防、及び修理方法の検討は本研究委員会で重点的に取り扱う内容であると考え、各事業所の取り組みをまとめることとした。

3.1.1 VP 管漏水予防対策

VP 管の漏水予防対策について述べる。VP 管の主な漏水発生箇所は、直管部と TS 継手類の割れであり、この 2 つの要因による漏水を減らすことが重要である。

直管部の割れは、保護砂等の適切な埋め戻し材を用いずに埋戻しが行われた場合や他の埋設物と接触している場合で、管との接点に荷重等が加わったことによる破損が多い。図 3.1.1.1 では、埋め戻し材が原因で発生したと考えられる直管部の亀裂漏水の事例を示す。この事例では、VP 管に石の突起点が接触していたことが原因で亀裂が発生したと推測される。他にも直管部の亀裂は、VP 管の布設時、管に曲げ等の負荷が掛かることが原因で発生した事例もある。

TS 継手類に関してはメーカーの施工要領書によると、TS 接合用接着剤の過塗布による亀裂の発生(ソルベント・クラッキング)や水圧による応力・ウォーターハンマー等による負荷が原因として取り上げられており、図 3.1.1.2 はこの事例により発生したと考えられる。

経年劣化による管破損も原因として考えられるが、前述した 2 例へ対策することにより漏水の発生は大きく抑えられる。

直管部の割れに関しては、漏水発生時に掘削箇所の埋め戻し材を良質土にし、掘削範囲内での漏水の復元現象を防ぐことができる。また、TS 継手類の割れについては、前述したとおり接着剤の過塗布等が原因と考えられるため、既設 VP 管 TS 継手類については、図 3.1.1.3 のように発見次第フクロジョイントを被せ、補強を行うことで漏水の予防を行っている事業体もある。



図 3.1.1.1 VP 管縦割れと破損箇所近傍材料



図 3.1.1.2 VP 管 TS ソケット割れ



図 3.1.1.3 TS ソケット・チーズ部フクロジョイント施工

3.1.2 VP 管の漏水修理

次に、VP 管における漏水修理の方法について取り上げる。VP 管の漏水修理方法は大きく 2 つに分かれる。1 つ目は漏水している既設 VP 管を断水したうえで切り落とし更新する方法、2 つ目は断水せずに漏水箇所を塞ぎ既設 VP 管を切り落とさないうで修理する方法である。2.7 でも述べたとおり一度漏水があった箇所の周辺では漏水の復元現象が発生しやすい。このことから漏水の再発防止を重視した場合、断水を行ったうえで管更新を行ったほうが防止策を兼ねた修理方法として有効である。

しかし断水はお客さまに多大なる影響を与えるため、軽微な破損、または漏水補修用金具を用いることにより断水を回避できる場合は、既設管を切り落とさないうで工法を用いることが多い。そこでここでは上記 2 つの方法について各事業体の取り組みを紹介する。

まず断水し、既設 VP 管を切り落として修理する方法について述べる。切り落とした後に新管を既設管に接合する方法として、図 3.1.2.1 に示す様に片側は VP-RR 直管の受け側を使用し、切管側は VS ジョイントを使用し接合する方法がある。この方法で修理した場合、安価に修理できる反面、施工に時間がかかり、断水時間も延びてしまう可能性があるため、お客さまへの負担が大きくなる場合がある。また施工状況によっては既設管及び新設管に負荷がかかってしまい、漏水が発生する可能性を高めてしまう。

管を切り落とす場合、より短時間で施工し管に負荷を与えずに修理するため、多くの事業体では図 3.1.2.2 で示す様に両側に VS ジョイントを用いた修理を行っている。

次に断水せず、既設 VP 管を活かして修理する方法について述べる。漏水原因である管の破損箇所がフクロジョイントなど漏水補修金具で覆うことができ、破損が拡大する恐れがない場合には、この補修金具を用いた修理を多くの事業体で用いている。VP 管の縦割れにより漏水が起きた場合でも、図 3.1.2.3 の様に割れの進行方向に対し垂直に切れ目を入れ、その後にフクロジョイントを被せるという工法を取り入れている事業体があった。この工法を用いることにより、割れの進行方向が管に対し垂直に変わるため、縦方向への割れの進行を防ぐ効果がある。



図 3.1.2.1 VS ジョイントと RR 継手を使用した施工



図 3.1.2.2 両側 VS ジョイントによる施工

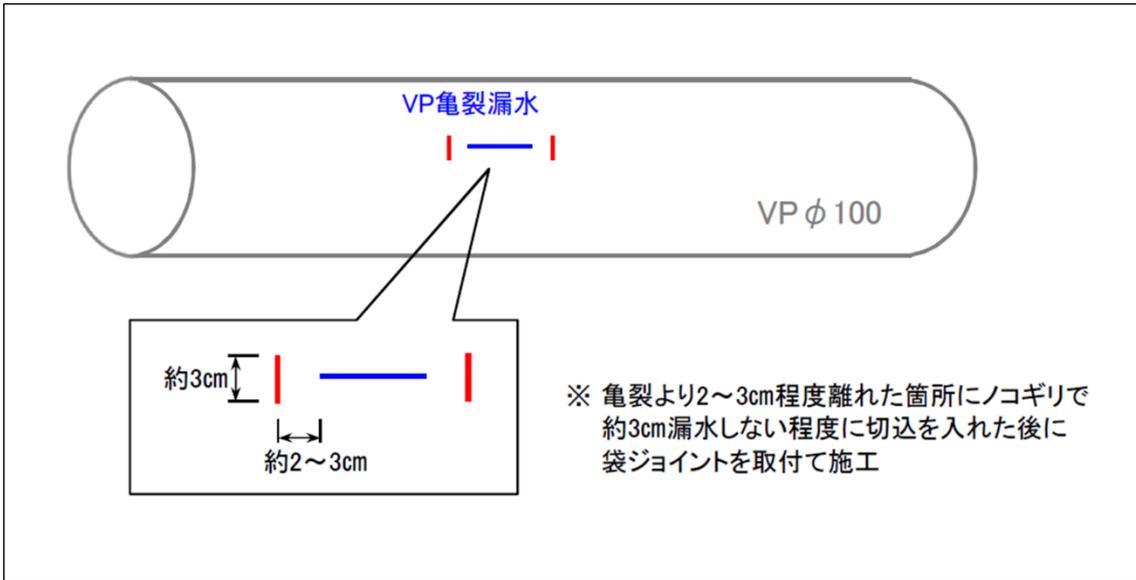


図 3.1.2.3 割れの進行方向に対し、切れ目を入れる

3.2 断水について

断水はお客さまにかかる負担が大きいため極力避ける、または、断水による影響を最小に抑えることが求められる。しかし漏水修理を行う際、やむを得ず緊急的に断水を行わなければならないケースは少なくない。緊急的な断水の場合、お客さまへの周知が十分にできないことが多く、通常の断水よりもご迷惑をおかけすることになる。

ここでは、各事業体の断水範囲縮小への取り組みとお客さまへの周知方法の取り組みについて紹介する。

3.2.1 断水件数に関して

ここでは断水せずに修理する方法と断水件数を少なくする方法の2つについて取り上げる。

最初に給水管の漏水で、止水栓やサドル付分水栓等で止水が可能な場合、断水は給水先のみ抑えることができる。しかしサドル付分水栓を交換しなければならない場合や、止水栓等で止水できない漏水の場合、近隣のお客さまも断水となってしまう。そこでいわき市ではサドル付分水栓を交換しなければならない場合、図 3.2.1.1 に示す「矢」と呼ばれるものを使用している。矢の扱い方としては、図 3.2.1.2 に示すとおり、既設のサドル付分水栓頂部から「矢」を挿入して止水し、「矢」を挿したまま既設分水栓を取り外し新しい分水栓に付け替える。このように実施することで、配水管を断水せず漏水を解消することができる。

また配水管については、3.1 でもとりあげた漏水補修金具を使用し、断水せずに修理を行う方法がある。

次に断水件数を少なくする方法について述べる。

まず青森市で行っている「バイパス管」を仮設する方法である。方法としては図 3.2.1.3 に示すが、後述の図 3.2.1.4 に示す「ABS 工法」と併用して施工する。「ABS 工法」により漏水箇所を止水し、その前後にバイパス配管を組むことにより、本来の通水量に比べ少量ではあるが通水を行うことができる。これにより本来断水になるべき区間において給水量は落ちるものの完全に断水にならないことで、お客さまの負担を減らすことができる。また断水件数は「ABS 工法」等により止水を行った区間内に給水取り出しがあるところのみとなり、状況によっては断水件数を 0 にすることもできる。

次に「不断水バルブ設置工法」について述べる。「不断水バルブ設置工法」とはその名のとおり、断水せずに仕切弁を設置する工法のことである。これを使用することで、仕切弁が無く断水エリアが広がってしまう場所でも断水エリアを狭くすることができ、お客さまへの負担を低減させることができる。この方

法は、本研究委員会に参加しているほとんどの事業者で使用している。

最後に「ABS 工法」について述べる。基本的に上記「不断水バルブ設置工法」と同様に断水エリアを狭くすることが目的となる。施工方法は、図 3.2.1.5 に示すようにサドル付分水栓等を用い、そこから挿入したエアバックに空気を充填して膨らますことで止水を行う。「不断水バルブ設置工法」と比べてのメリットは、安価で施工が簡便なこと、止水までの時間が短いことなどが挙げられる。反対にデメリットとしては、長期間の止水ができない、一定水圧以上には適用できない、設置可能な管口径が 150mm までと限定されるなどの点が挙げられる。しかし漏水修理を行う際に長期間の止水が必要になる機会は少なく、水圧も適正水圧内の箇所が大半であるため、上記に挙げたデメリットによって施工できないケースは少ない。また「ABS 工法」は講習を受けることで施工が可能となるため、専門業者との施工調整や到着を待たなくとも職員や修理業者で施工が可能であるため、迅速に漏水修理を行う上で非常に有効な手立てである。



図 3.2.1.1 矢



図 3.2.1.2 「矢」施工の様子

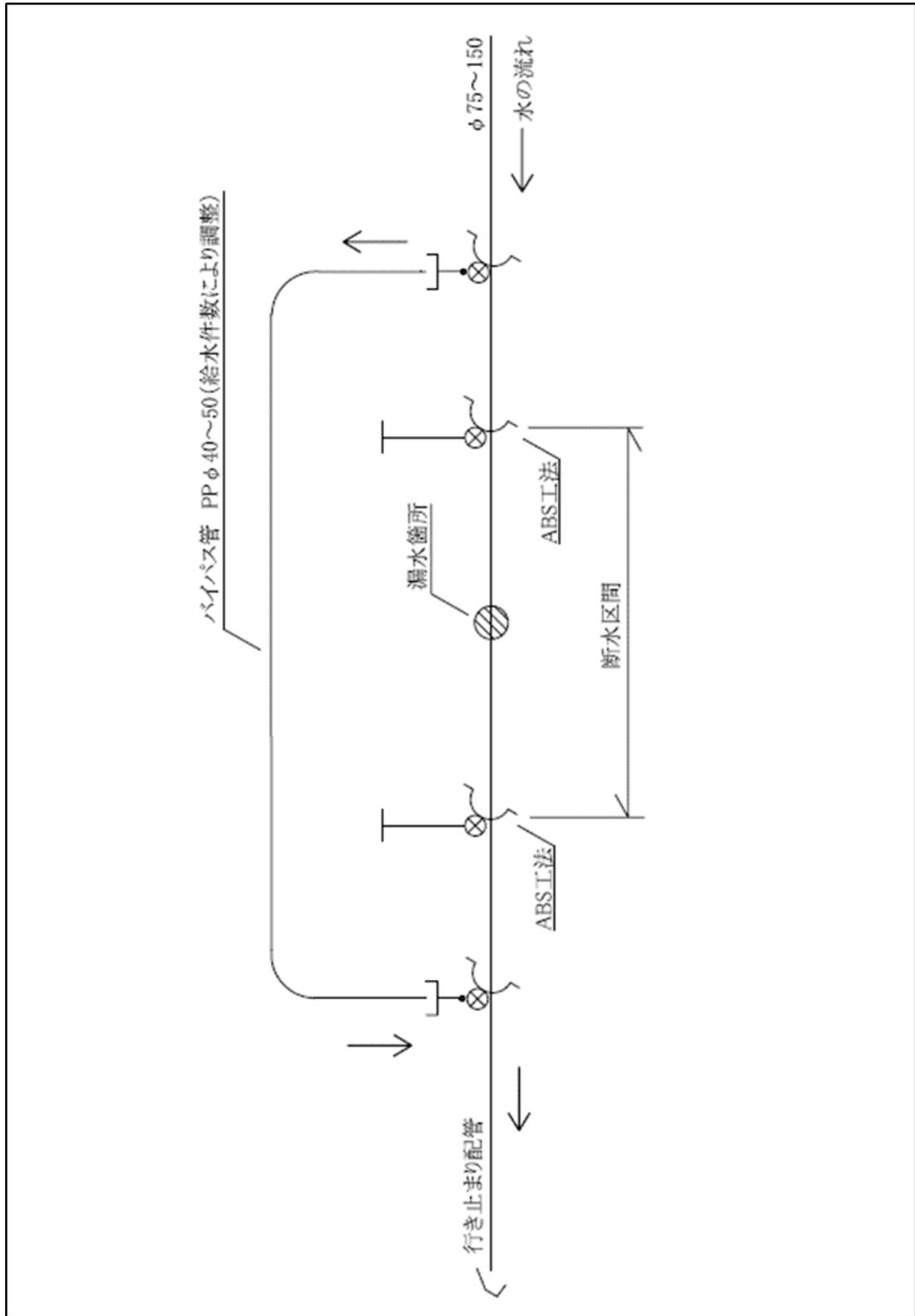
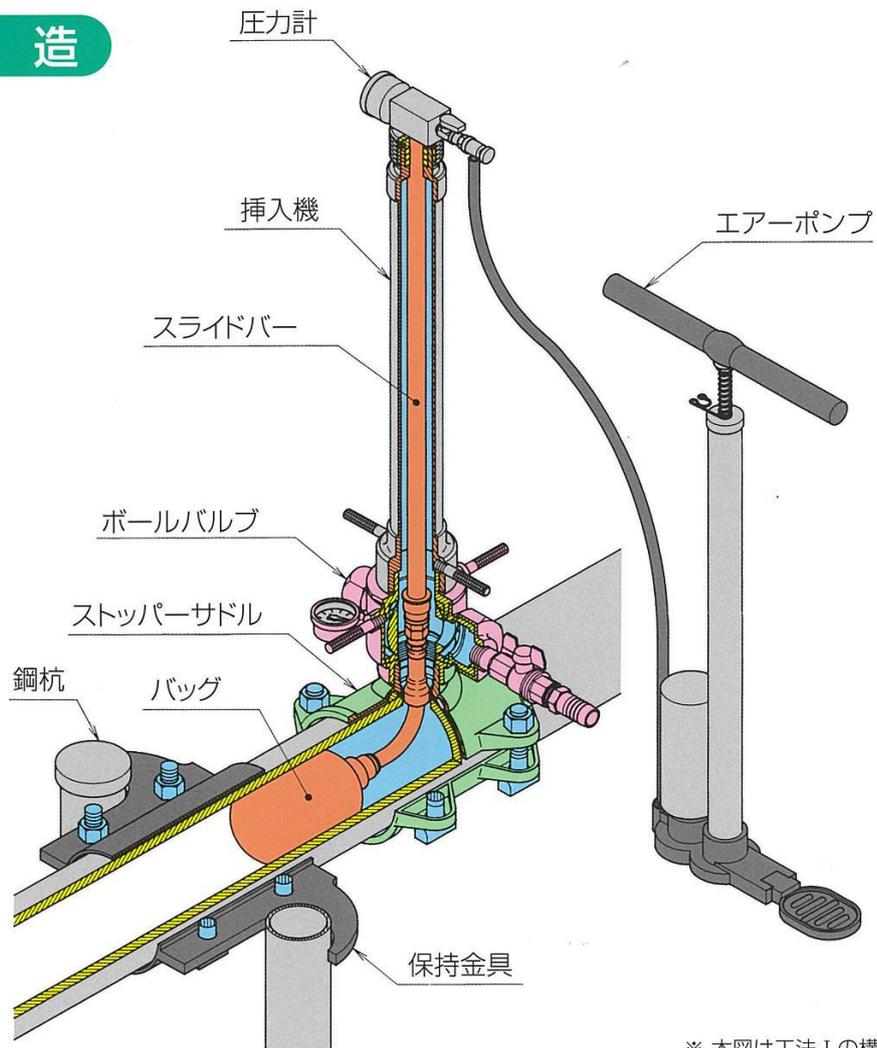


図 3.2.1.3 バイパス管施工図

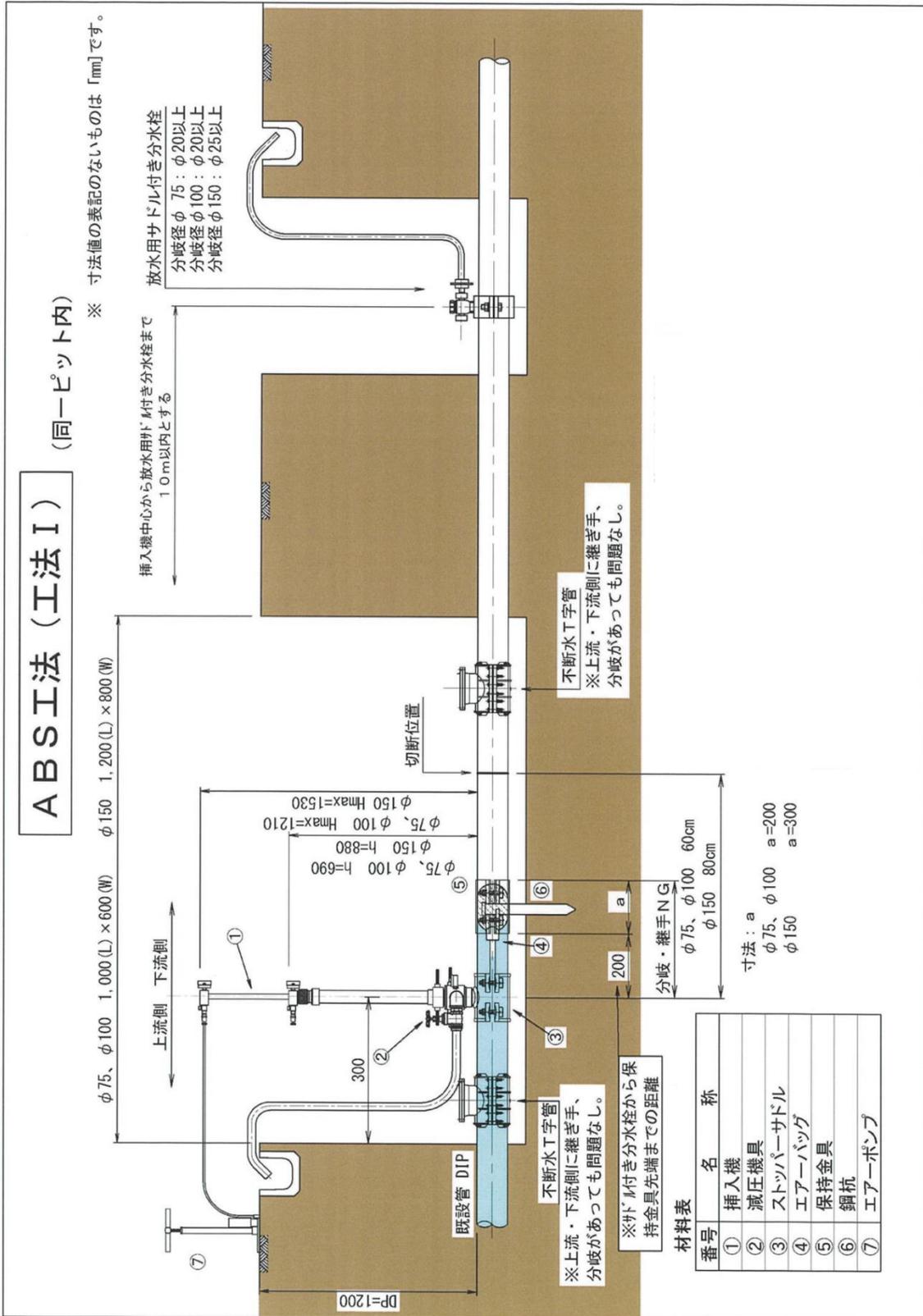
構造



※ 本図は工法Ⅰの構造図です。

(エアーパーンプ式止水工法(ABS工法), 株式会社クロダイト)

図 3.2.1.4 ABS工法



(エアバッグ式止水工法(ABS工法),株式会社クロダイト)

図 3.2.1.5 ABS工法 施工方法

3.2.2 断水広報について

ここでは、緊急断水の広報について述べる。前述したとおり断水はお客さまへの負担が大きいため、断水実施前にお客さまへ周知することは大切なことである。方法としては、個別訪問による説明を行い、不在宅にはチラシを配布する。緊急断水が発生する場合や濁り等が広範囲に広がる場合には広報車を使用する、という形態を基本にして各事業体は広報を行っている。

また、八戸圏域水道企業団では上記の対応に加え、市の防災メールを利用したメールの送信や、防災無線の活用など独自の取組みを行っている。ただし市の防災メールは登録しているお客さまにしか送信されず、周知対象が限定された方法となっている。

他にも、事業体のホームページにも掲載するなど、各事業体で様々な取組みを行っている。また広報だけでなく、これに伴う問い合わせ対応などの補助的な業務の体制確保もお客さまへの負担軽減のために大切なことである。

3.3 断水が困難な箇所の修理について

断水が難しいとされる箇所は、複数の種類がある。1つ目は、消火栓等の補修弁よりも下部のフランジからの漏水である。布設管路の口径が大きいものほど断水は難しくなってくる。2つ目は、主要管路の漏水修理についてである。主要管路は、断水の際に影響する範囲が大きくなるため、簡単に仕切弁等による断水ができず修理が困難となる。主要管路は、ダクタイル鋳鉄管や鋼管で布設されることが多く、ここでは鋼管の漏水修理について述べる。

3.3.1 フランジの漏水について

まず、フランジの漏水について述べる。空気弁や消火栓等で、漏水箇所が補修弁よりも上部であれば、補修弁で止水したうえで、修理をすればよいが、補修弁よりも下部で漏水した場合には配水管を断水する必要がある。お客さまへの影響を考え、出来る限り断水をしない形で修理を行うために用いているのが、止水機能を有するフランジ補強金具である。

図 3.3.1.1 に示すのは消火栓の補修弁下部のフランジでボルトが腐食し、フランジ接合部が開いてしまったことによる漏水の事例である。仙台市では止水機能を有するフランジ補強金具を使用することで漏水を止め、ボルトを交換し修理を行った。

また山形市ではフランジ部のボルトが緩み漏水が発生することが多いことから、その予防対策として図 3.3.1.2 の様にフランジ補強金具を施工するほか、ねじ緩み止め接着剤を使用し、ボルトが緩まないような対策に取り組んでいる。



図 3.3.1.1 補修弁下部フランジ漏水対応



図 3.3.1.2 フランジ補強金具

3.3.2 鋼管の漏水

次に、鋼管の漏水について述べる。鋼管漏水の最も多い原因は電蝕である。基本的に鋼管を布設している事業者は、電気防食装置を設置しているが、電気防食の効果が及んでいない部分については、腐食の進行が早い可能性がある。

仙台市ではこのような鋼管の漏水修理を行う場合、漏水修理用クランプの使用や管の形に合わせた当て板溶接等により止水を行っている。その後修理箇所
の防食・延命化のために図 3.3.2.1 の様に紫外線硬化型 FRP シートにて補強を行った。

盛岡市では、水圧がかからない様な滲み程度の漏水が発生し、図 3.3.2.2 の様に紫外線硬化型 FRP シートにて漏水を修理した。



図 3.3.2.1 紫外線硬化型 FRP シート(漏水補修金具併用)



図 3.3.2.2 紫外線硬化型 FRP シート(滲み程度の漏水)

4. 修理業者の確保について

ここまで漏水に対する取組みとして、修理の施工方法や予防対策等を紹介してきたが、これを実際に施工する水道業者、指示・監督を行う水道職員の両者が上手く連携しなければ有効に実施できない。ここでは漏水修理に対応する水道業者の確保手段について取り上げる。

4.1 修理業者との契約

ここでは、漏水が発生した際の修理業者選定について述べる。各事業体の選定方法については 2.6 項でも紹介したが、当番業者と契約、契約業者の中から選択、その都度修理業者に依頼の 3 つとなる。平日昼間・夜間・休日で多少の違いはあるものの、基本的には各事業体ですぐに出動できる業者を確保している。

漏水修理を迅速に完了するための方法例を挙げてきたが、実際にそれを行う業者がいなければ、修理を行うことはできない。そのためにも、修理業者を確保しておくことは大切なことであり、契約によって決めておかなければ、簡単に確保できるものではない。

4.2 待機料・緊急割増について

上記 4.1 項でも述べたように、漏水修理を行う上で修理業者の確保は重要である。修理業者を確保するための解決策の 1 つは、業者を待機させておくことである。各事業体で 24 時間 365 日待機させるまたは時間を決めて待機させておく方法等、事業体ごとに定めている。また業者確保のためには、待機料の支払いが重要となるが、年間を通じた待機料の支出は財政に大きな影響を及ぼす。例を挙げると、仙台市では待機業者の稼働率が低いことから待機料が高額になってしまった。また各事業体で待機料の代わりに緊急出動費を支払うなど、様々な方法で業者が損失を受けないようにしている。2.6 項でも述べたように、待機料等の仕組みがないために緊急時の対応に支障が出ている事業体もある。各事業体の財政状況に合わせて、適切な方法で対応すべきである。

5. おわりに

本委員会は、「漏水修理のあり方」という研究テーマの下に、平成 29・30 年度の 2 ヶ年で計 7 回の委員会を開催し、検討を行ってきた。

本研究委員会の中では、漏水修理の現状に対し様々な意見交換が行われ、各事業体の抱える問題について研究・検討してきたところではあるが、「漏水修理のあり方」という大きなテーマに対する問題は多岐にわたり、各事業体で問題に対し様々な取り組みを行っているものの、一概にこの方法がよいと決められるものではない。本報告書においても、多種多様な問題に全て対応できているとは言えず、代表的なものに対する解決策の提案という形に留まっている。

しかし、法定耐用年数超過水道管路が増えていく中、漏水に対する意識は、お客さまへの安定給水や財政面の影響を考えると今後の水道事業の運営においても非常に重要なものとなる。

本報告書には、現在起こっている漏水の事象における対応方法をまとめているが、これまで起こったことが無いケースが発生する可能性もある。その際に、各事業体で臨機応変に対応していくことが第一ではあるが、事業体同士が連携しあい新たな事象に対して協力して解決することが必要となる。その際に、本研究委員会が事業体連携のきっかけになることを期待するとともに、本報告書の内容が各事業体の漏水に対する解決策の手助けになれば幸いである。

最後に、アンケート調査にご協力いただいた各事業体の関係職員の方々に深く感謝する。

委員名簿

委員長	佐藤 勝浩	仙台市水道局給水部南配水課 (H30年度)
〃	我妻 清	仙台市水道局給水部南配水課 (H29年度)
副委員長	菅野 幸明	相馬地方広域水道企業団施設課 (H30年度)
〃	佐藤 佳太	相馬地方広域水道企業団施設課 (H29年度)
委員	白濱 慶太	青森市企業局水道部施設課
〃	小国 裕健	八戸圏域水道企業団配水課 (H30年度)
〃	佐藤 勇二	八戸圏域水道企業団配水課 (H29年度)
〃	河田 武人	能代市都市整備部上下水道整備課
〃	時田 浩太	大仙市上下水道局水道課 (H30年度)
〃	佐藤 敏秀	大仙市上下水道局水道課 (H29年度)
〃	浅沼 順一	盛岡市上下水道局上下水道部水道維持課
〃	菊池 広司	奥州市水道部工務課
〃	鏡 政彰	山形市上下水道部水道建設課
〃	齋藤 洋一	鶴岡市上下水道部水道課 (H30年度)
〃	宮崎 重晃	鶴岡市上下水道部水道課 (H29年度)
〃	高橋 政幸	大崎市水道部施設課
〃	佐藤 岳史	いわき市水道局南部工事事務所
事務局	八島 正志	仙台市水道局給水部南配水課
〃	鈴木 渡	仙台市水道局給水部南配水課
〃	大槻 純也	仙台市水道局給水部南配水課



平成 29 年度

(後列) 菊池 浅沼 佐藤(敏) 佐藤(勇) 白濱 宮崎

(前列) 佐藤(岳) 佐藤(佳) 我妻 高橋 鏡

※当日、河田委員は欠席



平成 30 年度

(前列) 菊池 浅沼 時田 河田 小国 白濱 齋藤 鏡

(後列) 佐藤(岳) 菅野 佐藤(勝) 高橋

給水装置研究委員会報告

『耐震性を考慮した
給水装置材料について』

日本水道協会 東北地方支部
技術研究部会

給水装置研究委員会報告書

「耐震性を考慮した給水装置材料について」

平成31年3月

日本水道協会東北地方支部 技術研究部会

目 次

I. はじめに	1
II. 研究のテーマの背景及び検討方法	2
III. 討議経過	3
IV. アンケート調査の実施	4
V. 東日本大震災給水装置被害状況調査報告書の考察 及び課題	18
VI. 熊本地震被害状況調査報告書について	25
VII. 各業界の耐震化に向けた動き	30
VIII. 給水装置材料の比較・検証について	46
IX. 委員会からの提言	52
X. おわりに	55

参考資料

- ・「耐震性を考慮した給水装置材料について」アンケート調査報告書

I. はじめに

給水装置は、配水管からの分岐部以降の全てが需要者の資産（水道メーターは除く）となるが、水道法（水道法施行規則第 36 条第 3 項。平成 9 年 8 月 11 日 衛水第 217 号 厚生省水道整備課長（当時）通知）によると各水道事業体の条例において分岐部から水道メーターまでの区間の構造及び材質を指定できるとされている。

この背景には、分岐部から水道メーターまでの区間での漏水は水道事業体の生命線ともいえる有収率に大きく影響すること、道路陥没など二次災害発生危険性があり、水道事業体による緊急対応が求められることがある。また、多くの水道事業体で漏水修繕を行っており、災害（震災）時の給水管の応急復旧においては国庫補助の対象となる場合があるため、構造及び材質を指定することにより、水道事業体が適切な維持管理をすることができる。

東北地方では、東日本大震災（平成 23 年 3 月 11 日）が発生し、水道施設・給・配水管に大きな被害を受けた。給水装置に関しては、（公財）給水工事技術振興財団より被災があった 11 水道事業体からの災害被災資料に基づいた「東日本大震災給水装置被害状況調査報告書」（平成 28 年 9 月）が発行され、被害の状況および詳細についてまとめられている。

現在のところ、配水管については耐震性評価が確立されているが、給水装置（引き込み部）に関しては、給水管の耐震設計法が確立されておらず、管種による耐震性評価も定まっていない状況であり、耐震性の定義付けができないため、今後の課題となっている。

本委員会では、「東日本大震災給水装置被害状況調査報告書」を基にして、各参加水道事業体における使用材料の状況確認や水道業界での耐震化についての取り組みを調査・検証等を実施し、耐震性を考慮した給水装置材料についての検討を行った。

Ⅱ. 研究のテーマの背景及び検討方法

～ 研究テーマ ～

「（公財）給水工事技術振興財団より、「東日本大震災給水装置被害状況調査報告書」（平成 28 年 9 月）が公表されたことを受け、各水道事業者での給水装置材料使用状況や資材メーカーにおける給水装置材料耐震化への取り組みを調査し、給水装置材料の耐震化について研究する。」

東日本大震災の給水管の被害状況を取りまとめた（公財）給水工事技術振興財団の「東日本大震災給水装置被害状況調査報告書」（平成 28 年 9 月）（以下「調査報告書」とする。）が公表された。

調査報告書は、給水装置の引き込み部の被害件数が多く調査に協力した宮城・福島・茨城県内の 11 水道事業者の被害 4,454 件（国庫補助対象件数）を分析したもので、被害の内訳・原因等が細かくまとめられており調査報告書を考察することにより、被害の状況を分析することができる。

本委員会では、調査報告書を基にして、各参加水道事業者の給水装置材料の指定状況^{*}や漏水修繕の範囲、給水装置の耐震化についての取り組みについてアンケート調査及び関連する団体（給水システム協会、日本ポリエチレンパイプシステム協会と配水用ポリエチレンパイプシステム協会及び建築設備用ポリエチレンパイプシステム研究会）から耐震化の取り組み状況について聞き取り調査を実施し、上記調査を踏まえ、本委員会独自の討議結果として、「耐震性を考慮した給水装置材料」についてまとめたものである。

※給水装置材料の指定状況・・・給水装置の構造及び材質の基準の改正について（平成 9 年 7 月 23 日 衛水第 203 号 厚生省水道整備課長（当時）通知）において、「水道事業者は法第 16 条の権限とは別に、災害防止並びに漏水時及び災害時等の緊急工事を円滑かつ効率的に行う観点から、配水管への給水管の取付工事及び当該取付口から水道メーターまでの給水装置工事についてその材料や工法等の指定を行うことは可能であるが、この場合であっても災害時の給水や災害復旧工事の円滑な実施を確保するために、必要最低限のものに限定して材料指定等を行うこと。」と明記されている。

Ⅲ. 討議経過

(仙台市水道局本庁舎101会議室ほか)

回	開催日	内 容
第1回	H29. 9. 7-8	研究テーマについて 提出理由の確認を行い、各委員の水道事業体での指定材料や震災時の被害、耐震化の取り組みについてアンケート調査を実施することとした。
第2回	H29. 11. 16-17	アンケートの実施及び調査報告書について 調査報告書について各委員から意見を出し合い内容を確認し、アンケート調査における設問など内容について決定した。
第3回	H30. 2. 22-23	アンケート調査結果及び中間報告について アンケート調査結果について事務局から報告を行い、問題点などを抽出した。また、中間報告書の素案について提示し確認した。
第4回	H30. 6. 14-15	関連協会からの聞き取り調査① 2日間にかけてPP※関係（給水システム協会及び日本ポリエチレンパイプシステム協会）とPE※関係（配水用ポリエチレンパイプシステム協会）よりそれぞれ説明を受け、両者の給水装置に関する耐震性能について比較を行った。
第5回	H30. 9. 6-7	関連機関からの聞き取り調査② （公財）給水工事技術振興財団より「熊本地震での給水装置の被害状況」の説明と建築設備用ポリエチレンパイプシステム研究会より給水装置用で用いる高密度PE※について説明を受けた。
第6回	H30. 11. 21-22	委員会報告書の作成について 委員会報告書（案）を基に、内容確認を行った。
第7回	H31. 2. 14-15	委員会報告書の確認について 委員会報告書（案）の修正を行い、最終確認を行った。

※ PP：水道用ポリエチレン管 PE：高密度ポリエチレン管

IV. アンケート調査の実施

1. アンケート調査の目的

本委員会では、各参加水道事業体における給水装置に関する実態を把握することを目的にアンケート調査を実施した。

その結果について下記に示す。

- ・調査期間 平成29年12月11日～平成30年1月19日
- ・対象 本研究委員会参加水道事業体（12水道事業体）

2. アンケート調査の内容

4つの分野に分け（1）基本事項（①漏水修繕の対応範囲、②配水管更新事業での切替範囲、③現在の埋設されている管種、④標準配管、⑤指定材料）、（2）耐震化に向けた動き（⑥材料の採用、⑦採用の根拠）、（3）地震被害（⑧東日本大震災の被害について、⑨被害状況）、（4）維持管理（⑩現在採用していない材料の使用状況、⑪漏水の原因となっている管種）について質問する内容とした。

3. 各水道事業体における現状

（1）基本事項

- ① 給水装置において事業者（水道事業体）で漏水修繕等の対応している範囲について

水道事業体名	漏水修繕の対応範囲
青森市企業局	一般住宅又は店舗兼住宅の場合は水道メーターまで。それ以外は道路上の漏水のみ修繕
八戸圏域水道企業団	水道メーターまで
秋田市上下水道局	水道メーターまで
横手市上下水道部	官民境界
盛岡市上下水道局	水道メーターまで
岩手中部水道企業団	水道メーターの一次側まで
山形市上下水道部	水道メーターまで
鶴岡市上下水道部	水道メーターまで
仙台市水道局	水道メーターまで
塩竈市水道部	水道メーターまで、第一止水栓まで、官民境界概ね1.5mまで。
郡山市上下水道局	法定耐用年数（40年）以下：水道メーターまで 法定耐用年数超え：第一止水栓
福島市水道局	第一止水栓まで

調査対象の12水道事業者のうち、約8割が水道メーターまでを修繕範囲とし、11水道事業者で道路～第一止水栓までを修繕範囲としていることが確認できた。なお、青森市では使用用途で、また郡山市では法定耐用年数(40年)でそれぞれ修繕範囲を区分しており、郡山市の例では法定耐用年数以下であれば水道メーターまで、法定耐用年数を超えると第一止水栓までを修繕範囲とする運用をしている。

② 給水装置において、事業者(水道事業者)で更新工事の対応をしている範囲について

水道事業者名	更新工事の対応範囲
青森市企業局	本管掘削範囲内
八戸圏域水道企業団	既設給水管の管種や埋設位置等の状況により指示している。通常は宅地内で接続か水道メーターまで
秋田市上下水道局	第一止水栓まで(宅地内)
横手市上下水道部	第一止水栓付近
盛岡市上下水道局	水道メーターまで
岩手中部水道企業団	第一止水栓まで
山形市上下水道部	第一止水栓まで
鶴岡市上下水道部	水道メーターまで ただし、既設がPP二層管については、宅内で接続の場合有
仙台市水道局	水道メーターまで
塩竈市水道部	水道メーターまで、第一止水栓まで、官民境界概ね1.5mまで。
郡山市上下水道局	第一止水栓まで
福島市水道局	第一止水栓まで

水道事業者で配水管路更新等の事業の際の給水装置の切り替えについての問いであるが、約4割が水道メーターまでが切替対象範囲になっており、青森市の本管掘削範囲内の回答以外、大半の水道事業者では道路～第一止水栓部分を対象としていた。

③ 平成 29 年 11 月末現在での、給水装置（分岐～水道メーター）に使用（埋設）されている管種について

水道事業体名	樹脂管		鉄管	鋼管				金属管		その他	
	PP	VP	DIP	CSST	SSP	SP	SGP	GP	LP		
青森市企業局	○	○	○	—	—	—	○	○	—	—	
八戸圏域水道企業団	○	○	○	—	○	○	○	○	○	ACP	CIP
秋田市上下水道局	○	○	○	○	○	○	○	○	○	PE	
横手市上下水道部	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	
盛岡市上下水道局	○	○	○	○	○	○	○	○	○	PE	
岩手中部水道企業団	○	○	○	○	○	○	○	○	○	PE	
山形市上下水道部	○	○	○	○	—	○	—	—	○	CEP	
鶴岡市上下水道部	○	○	○	—	—	—	○	—	○	PE	
仙台市水道局	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	
塩竈市水道部	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	
郡山市上下水道局	○	○	○	—	○	○	○	—	○	—	
福島市水道局	○	○	○	—	—	○	○	○	○	CP	
各管種の割合 (12事業体)	100%	100%	100%	58%	67%	83%	92%	75%	92%		

PP：水道用ポリエチレン管（単層管・2層管を含む）、CSST：波状ステンレス鋼管、SSP：ステンレス鋼管、SP：鋼管、VP：塩化ビニル管（硬質塩化ビニル管等を含む）、LP：鉛管、DIP：ダクタイル鋳鉄管、SGP：炭素鋼鋼管、GP：鉄管、ACP：石綿管、CIP：鋳鉄管、CEP：セルロイド管、PE：高密度ポリエチレン管（※一部の口径も含む）
CP：銅管

今回調査した全ての水道事業体について、低密度ポリエチレン管（PP）・塩化ビニル管（VP）・ダクタイル鋳鉄管（DIP）の使用（埋設）されている状況が確認できた。

また、高密度ポリエチレン管（PE）が使用（※一部の口径も含む）されているのが秋田市・盛岡市・岩手中部・鶴岡市の4水道事業体であることが分かった。

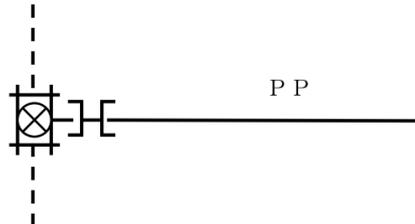
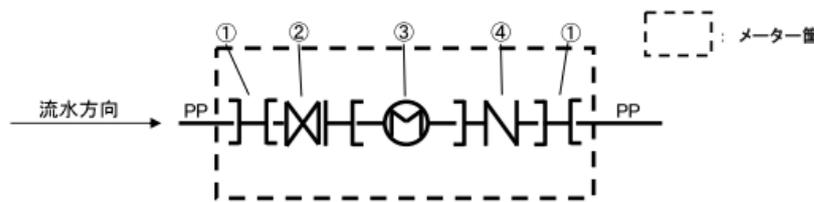
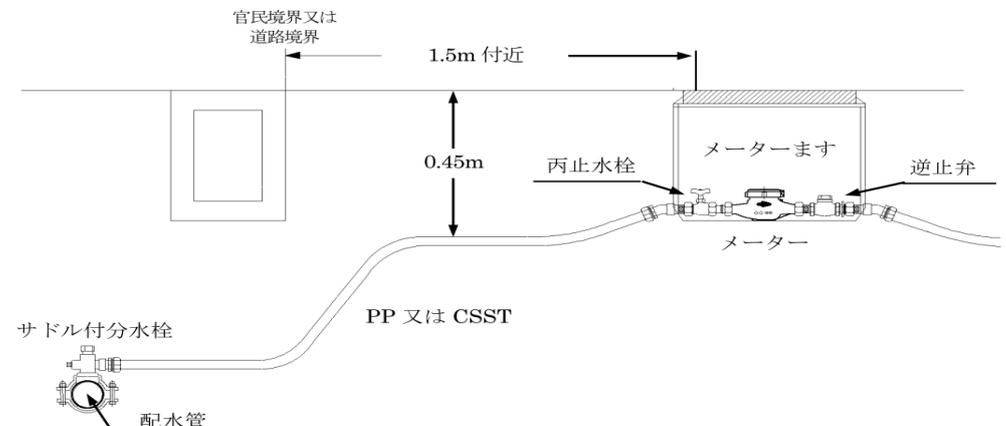
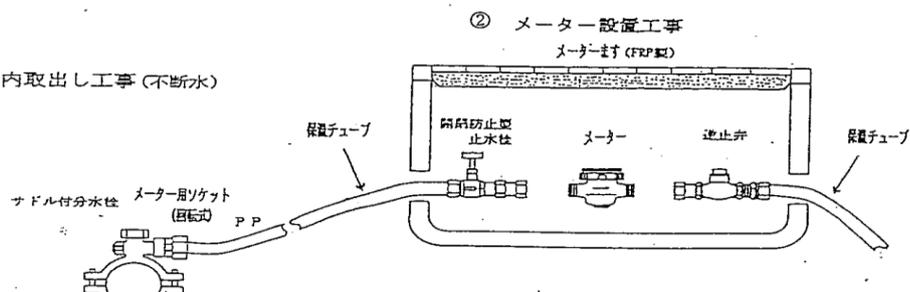
青森市以外では漏水の発生が多い鉛管（LP）の埋設があることが確認できた。

※PE：高密度ポリエチレン管については、秋田市・岩手中部・鶴岡市は口径50mm以上・盛岡市は口径20mm～50mm

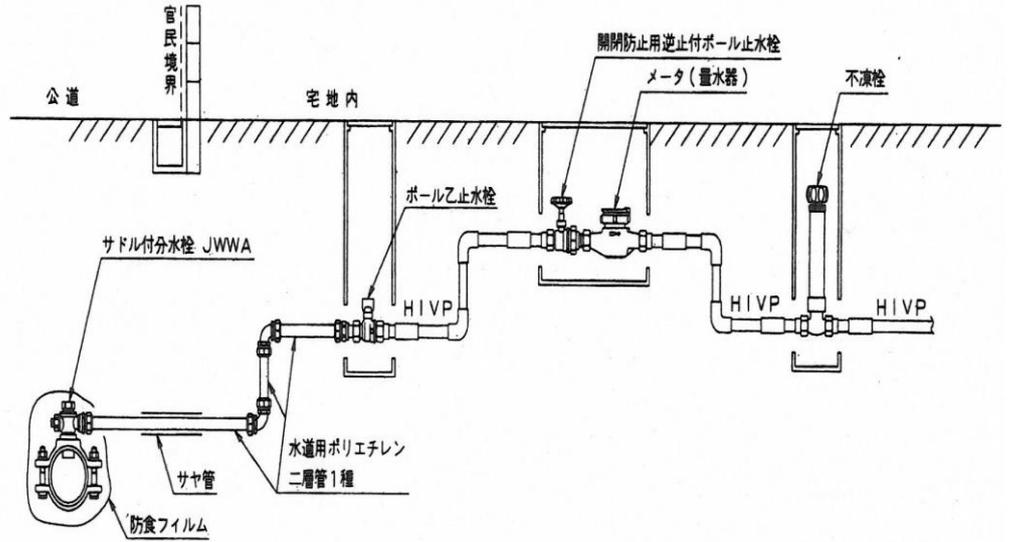
④ 給水装置（分岐～水道メーター）の標準配管の位置づけについて

水道事業体名	標準配管図(参考)										
青森市企業局	<p style="text-align: center;">給水装置標準配管図</p> <table border="1" data-bbox="491 772 1465 920"> <thead> <tr> <th>区間</th> <th>区間名称</th> <th>口径</th> <th>管種</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">A</td> <td rowspan="2">分岐～メーター</td> <td>φ 20 mm～φ 50 mm</td> <td>PP ※1、※2</td> </tr> <tr> <td>φ 75 mm 以上</td> <td>DIP (K形・NS形・GX形)</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 水道用ポリエチレン二層管 分岐からメーターまでの給水管に非金属管（PP）を使用する場合は、維持管理を容易にするため非金属管探知用ワイヤーを布設すること。</p> <p>※2 油類が浸透するおそれがある場所では、ポリエチレン管用浸透防止スリーブを使用すること。 または、ライニング鋼管（SGP-VB、-VD、-PB、-PD）やステンレス鋼管（SSP、SSP-B）等を使用することが望ましい。</p>	区間	区間名称	口径	管種	A	分岐～メーター	φ 20 mm～φ 50 mm	PP ※1、※2	φ 75 mm 以上	DIP (K形・NS形・GX形)
区間	区間名称	口径	管種								
A	分岐～メーター	φ 20 mm～φ 50 mm	PP ※1、※2								
		φ 75 mm 以上	DIP (K形・NS形・GX形)								
八戸圏域水道企業団	定めている（標準配管図無）										
秋田市上下水道局	<p style="text-align: center;">給水装置標準配管図 (メーター樹下流側は参考図)</p> <p>※メーター脱着装置は、口径25mm以下に設置すること。 ※固定式止水栓を設置したときは、メーター樹の止水栓を開閉防止形とする必要はない。</p>										

<p>横手市上下水道部</p>	<p style="text-align: center;">各戸給水管管理区分図</p>
<p>盛岡市上下水道局</p>	<p>(1) 標準配管</p>
<p>岩手中部水道企業団</p>	<p>○φ25mm 以下の場合 (平面図)</p>

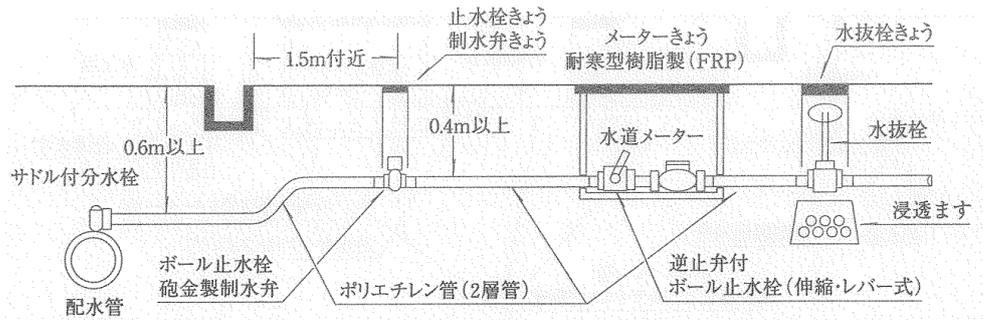
<p>山形市上下水道部</p>	<p>口径50mm以下の分岐 被分岐管が「DIP」「CIP」「HIVP」でPP取出しの不断水工事は、「サドル付分水栓」及び「分・止水栓用ソケット（PP用）」により施工する。</p>  <p>メーター廻り</p> <p>φ13・20mm</p>  <p>①回転式メーター用ソケット ②伸縮式止水栓 ③メーター ④逆止弁</p>
<p>鶴岡市上下水道部</p>	<p>標準配管図無</p>
<p>仙台市水道局</p>	
<p>塩竈市水道部</p>	<p>① 道路内取出し工事(不断水)</p> <p>② メーター設置工事 メーターます(FRP製)</p> 

郡山市上下水道局



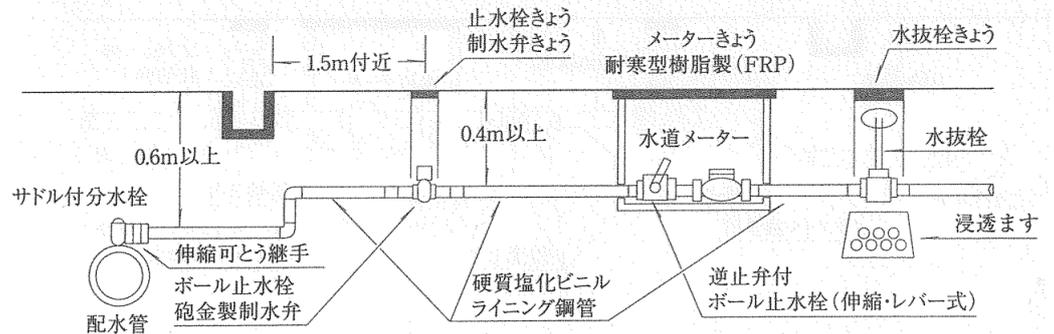
福島市水道局

1. ポリエチレン管 (PP) φ20~40mm



2. 鋼管 φ20~40mm

(SGP - VA・VB・VD・PA・PB・PD)



⑤ 給水装置材料の指定について

水道事業体名	指定の状況
青森市企業局	<p>分岐～水道メーター柵までの材料を指定</p> <p><u>根拠：青森市水道事業条例 第7条</u></p> <p>管理者は、災害等による給水装置の損傷を防止するとともに、給水装置の損傷の復旧を迅速かつ適切に行えるようにするため必要があると認めるときは、配水管への取付口からメーターまでの間の給水装置に用いようとする給水管及び給水用具について、その構造及び材質を指定することができる。</p>
八戸圏域水道企業団	<p>分岐～水道メーター柵までの材料を指定</p> <p><u>根拠：八戸水道企業団給水条例 第9条</u></p> <p>企業長は、災害等による給水装置の損傷を防止するとともに、給水装置の損傷の復旧を迅速かつ適切に行えるようにするため必要があると認めるときは、配水管等への取付口からメーターまでの間の給水装置に用いようとする給水管及び給水用具について、その構造及び材質を指定することができる。</p>
秋田市上下水道局	<p>分岐～水道メーター柵までの材料を指定</p> <p><u>根拠：秋田市水道事業給水条例 第9条の2</u></p> <p>管理者は、災害等による給水装置の損傷を防止するとともに、給水装置の損傷の復旧を迅速かつ適切に行えるようにするため必要があると認めるときは、配水管への取付口からメーターまでの間の給水装置に用いようとする給水管及び給水用具について、その構造及び材質を指定することができる。</p>
横手市上下水道部	<p>分岐～水道メーター柵までの材料を指定</p> <p><u>根拠：横手市水道事業給水条例 第9条</u></p> <p>管理者は、災害等による給水装置の損傷を防止するとともに、給水装置の損傷の復旧を迅速かつ適切に行えるようにするため必要があると認めるときは、配水管への取付口からメーターまでの間の給水装置に用いようとする給水管及び給水用具について、その構造及び材質を指定することができる。</p>

盛岡市上下水道局	<p>分岐～水道メーター柵までの材料を指定</p> <p>根拠：盛岡市水道事業給水条例 第8条の2</p> <p>管理者は、災害等による給水装置の損傷を防止するとともに、給水装置の損傷の復旧を迅速かつ適切に行えるようにするために、配水管等への取付口からメーターまでの間の給水装置に用いようとする給水管及び給水用具について、その構造及び材質を指定している。</p>
岩手中部水道企業団	<p>分岐～水道メーター柵までの材料を指定</p> <p>根拠：岩手中部水道企業団給水条例 第9条</p> <p>企業長は、災害等による給水装置の損傷を防止するとともに、給水装置の損傷の復旧を迅速かつ適切に行えるようにするため必要があると認めるときは、配水管への取付口からメーターまでの間の給水装置について、その構造及び材質を指定することができる。</p> <p>根拠：岩手中部水道企業団給水条例施行規程第10条</p> <p>配水管又は公道内及び私道内に布設された他の給水装置の分岐部分から最も近い止水栓(当該止水栓が道路にあるときは、道路以外の部分にある止水栓で分岐部分に最も近いもの)までの給水管の材料については、企業長が別に定める。</p>
山形市上下水道部	<p>分岐～水道メーター柵までの材料を指定</p> <p>根拠：山形市水道給水条例 第11条第1項</p> <p>管理者は、災害等による給水装置の損傷を防止するとともに、給水装置の損傷の復旧を迅速かつ適切に行えるようにするため必要があると認めるときは、配水管への取付口からメーターまでの間の給水装置に用いようとする給水管及び給水用具について、その構造及び材質を指定することができる。</p>
鶴岡市上下水道部	<p>分岐～水道メーター柵までの材料を指定</p> <p>根拠：鶴岡市給水条例 第9条第2項</p> <p>市長は、災害等による給水装置の損傷を防止するとともに、給水装置の損傷の復旧を迅速かつ適切に行えるようにするため必要があると認めるときは、配水管への取付口からメーターまでの間の給水装置に用いようとする給水管及び給水用具について、その構造及び材質を指定することができる。</p>

<p>仙 台 市 水 道 局</p>	<p>分岐～水道メーター柵までの材料を指定 <u>根拠：仙台市水道事業給水条例 第13条</u> 管理者は、災害が発生した場合における給水装置の損傷の防止及び迅速かつ適切な復旧のため必要があると認めるときは、給水装置のうち配水管から水道メーターまでの部分に係る材料を指定することができる。</p>
<p>塩 竈 市 水 道 部</p>	<p>分岐～水道メーター柵までの材料を指定 <u>根拠：塩竈市水道事業給水条例 第8条第1項</u> 管理者は、災害等による給水装置の損傷の防止するとともに、給水装置の損傷の復旧を迅速かつ適切に行えるようにするため必要があると認めるときは、配水管への取付口から水道メーターまでの間の給水装置に用いようとする給水管及び給水用具について、その構造及び材質を指定することができる。</p>
<p>郡 山 市 上 下 水 道 局</p>	<p>分岐～水道メーター柵までの材料を指定 <u>根拠：郡山市水道事業給水条例 第11条の2</u> 事業管理者は、災害等による給水装置の損傷を防止するとともに、給水装置の損傷の復旧を迅速かつ適切に行えるようにするため必要があると認めるときは、配水管への取付口から市の水道メーターまでの間の給水装置に用いようとする給水管及び給水用具について、その構造及び材質を指定することができる。</p>
<p>福 島 市 水 道 局</p>	<p>分岐～水道メーター柵までの材料を指定 <u>根拠：福島市水道条例 第10条第2項</u> 管理者は、災害等による給水装置の損傷を防止するとともに、給水装置の損傷の復旧を迅速かつ適切に行えるようにするため必要があると認めるときは、配水管への取付口から市の水道メーターまでの間の給水装置に用いようとする給水管及び給水用具について、その構造及び材質を指定することができる。</p>

上記のとおり、全ての調査水道事業者が平成9年の「給水装置の構造及び材質の基準の改正」により、当時の水道整備課長通知（P2）に基づき、各水道事業者として配水管から水道メーター部までの材料の指定について条例に盛り込んでいることが分かった。

これによって、各水道事業者の判断により分水部から水道メーター区間まで材料を指定することができる。水道メーター区間までは、災害時の漏水による二次災害防止や漏水が有収率に大きく影響を及ぼすことか

ら、耐震性を有した給水装置を指定することでそれらを未然に防ぐことが考えられる。

(2) 耐震化にむけた動きについて

⑥ 口径φ50mm以下の給水装置に関して、耐震基準を定義しているか
 全ての水道事業者とも耐震基準を定めていなかった。

これに関しては、国や協会（関連団体）などでも耐震についての定義付けがされておらず（アンケートの時期）、各水道事業者としてもその動きに注視している。

⑦ 耐震性能を有すると考えられる資材の承認・採用状況

調査 12 水道事業者中 4 水道事業者（秋田市、盛岡市、岩手中部、鶴岡市）が採用しているとの回答があった。

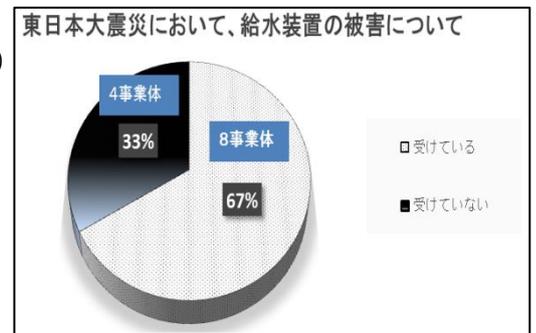
耐震性の根拠としては、資材メーカーから水道事業者へ使用承認願書などに添付される資料（引張荷重試験・繰返し曲げなど）の試験データを基に個別に判断し採用していた。

(3) 地震被害

⑧ 東日本大震災での、給水装置の被害について

給水装置への被害の状況（災害査定に申請）については、12 水道事業者中 8 水道事業者が被害を受けている報告があった。

被害を受けていない 4 水道事業者（青森市、横手市、山形市、鶴岡市）



⑨ 東日本大震災での給水装置の被害件数

8 水道事業者での被害件数については、総数 1,238 件の件数があり、以下については各水道事業者の件数を記載する。

水道事業者名	件数	水道事業者名	件数		
八戸圏域水道企業団	35 件	仙台市水道局	522 件		
秋田市上下水道局	13 件	塩竈市水道部	67 件		
盛岡市上下水道局	3 件	郡山市上下水道局	479 件		
岩手中部水道企業団	70 件	福島市水道局	49 件	合計	1,238 件

(4) 維持管理

⑩ 現在は承認・採用していない材料で、現地で使用されている材料があるか

全ての水道事業体で現在採用していない材料が埋設されていることが確認でき、その材料については以下のように示す。

水道事業体名	LP	VP	GP	PP (1層管)	その他
青森市企業局	—	○	○	○	—
八戸圏域水道企業団	○	○	○	○	ACP、CIP、玉形弁
秋田市上下水道局	○	○	—	○	—
横手市上下水道部	○	○	—	○	—
盛岡市上下水道局	○	○	—	○	—
岩手中部水道企業団	○	○	○	○	—
山形市上下水道部	○	○	—	○	CEP (セルロイド管)
鶴岡市上下水道部	○	○	—	○	—
仙台市水道局	○	○	—	○	—
塩竈市水道部	○	—	—	○	—
郡山市上下水道局	○	—	—	○	—
福島市水道局	○	○	○	○	CP (銅管)・SP (鋼管)

⑪ 平時の維持管理において、漏水等の不具合が特に多く発生して生じている材料と原因

水道事業体名	上段：管種・下段：原因
青森市企業局	VP
	TS 継手部からの漏水
八戸圏域水道企業団	LP、GP、VP、玉形弁
	LP、GP：腐食漏水、VP：TS 継手部からの漏水、玉形弁：グラウンド漏水
秋田市上下水道局	LP、PP
	LP：腐食・PP：亀裂
横手市上下水道部	LP、VP
	LP：劣化による漏水 VP：TS 継手部 (ソケット・エルボ・チーズ) からの漏水

水道事業体名	管種・原因
盛岡市上下水道局	LP
	経年劣化による漏水
岩手中部水道企業団	LP、GP、VP、PP（1層管）
	GP・LP：（エルボなど）腐食 PP：亀裂
山形市上下水道部	PP（1層管）、LP
	PP：縦割れ・亀裂による漏水 LP：腐食による漏水
鶴岡市上下水道部	LP、VP
	LP：腐食 VP：TS継手部からの漏水
仙台市水道局	VP
	TS継手部からの漏水
塩竈市水道部	LP
	腐食による漏水
郡山市上下水道局	LP、VP
	LP：防食による漏水 VP：TS継手部からの漏水
福島市水道局	CP（銅管）
	劣化腐食

漏水の発生が特に多い管種としては、「鉛管（LP）」と「塩化ビニル管（VP）」によるものが挙げられ、その原因としては、鉛管（LP）の「経年劣化による腐食」や塩化ビニル管（VP）TS継手の「経年劣化による亀裂」となっていた。

4. アンケート調査から見たもの（考察）

漏水等の不具合が発生している管種の大半は現在採用していない管種であり、設置からある程度の年数が経過していることから、漏水原因については「経年劣化による腐食や亀裂」が大半を占めていることが推測される。

漏水の修繕等については、多くの水道事業体で水道メーターまでを水道事業体負担の修繕範囲としているが、一部の水道事業体については耐用年数を設定し、年数を越えた場合は必要最低限（第一止水栓まで）の修繕としているケースもある。

今後は経年劣化による漏水に関して、修繕を求める費用負担についても考えると同時に、過去に採用された材料からの漏水対策が必要と考えられる。

給水装置については、需要者の財産であるが、条例等により分岐部

から水道メーター部までの材料や工法等を指定することができることされており、全ての水道事業体で指定している。

しかし、各水道事業体により指定材料・工法が異なるため、一定の要件を満たす共通の材料や配管などの仕組みづくりを行う事により、震災時など復旧には迅速に施工できるものと推測される。

また、経年劣化を未然に防ぐ取り組みについても検討していかなければならないと考えられる。

これ以降については、震災等の調査報告書を基とし給水装置材料に特化した形で、耐震性を有した給水装置材料について検討を図ることとした。

V. 東日本大震災給水装置被害状況調査報告書の考察及び課題

1. 東日本大震災給水装置被害状況調査報告書の概要

平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災（以下「大震災」と記載する）で被害を受けた 11 水道事業者（仙台市水道局、石巻地方広域水道企業団、登米市水道事業所、大崎市水道部、郡山市水道局（※当時）、いわき市水道局、福島市水道局、須賀川市上下水道部、白河市水道部、相馬地方広域水道企業団、神栖市水道課）の給水装置引き込み部（給水分岐部から水道メーター部まで）の災害被災資料に基づいた調査を（公財）給水工事技術振興財団が行い、調査報告書が発行（平成 28 年 9 月）されている。

調査報告書では、図 1-1 のように給水装置の部位別に 4 つに分類（1. 分岐部、2. 給水管部、3. 第一止水栓部、4. メーター部）し、また被害原因についても 3 分類（①材料劣化が起因、②施工の確実性が確認できないもの、③地震動が起因）され分析評価を行っている。

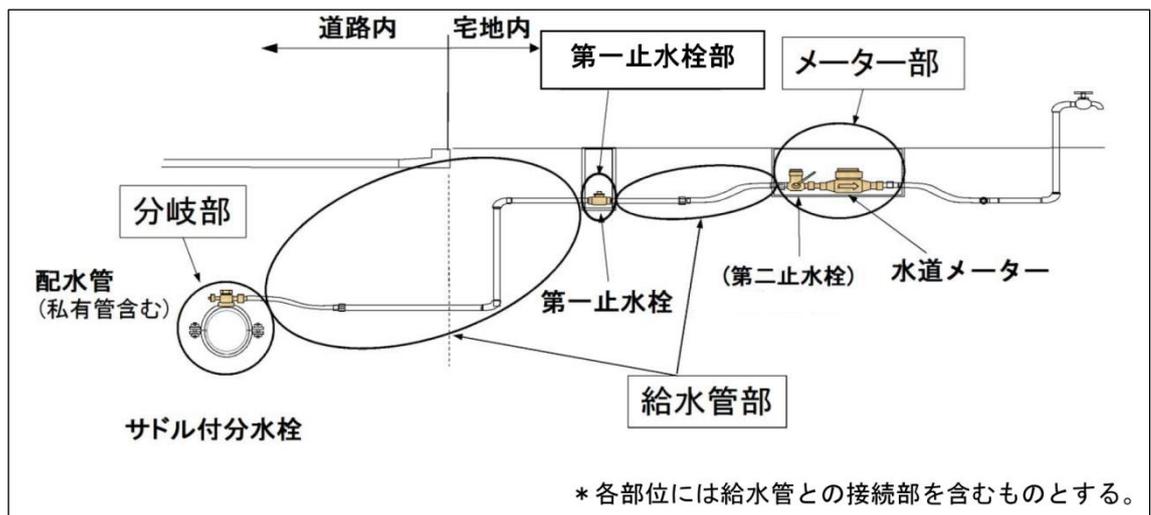


図 1-1 給水装置の部位別分類

（参照：東日本大震災給水装置被害状況調査報告書 P7 より）

2. 部位別被害の概要

調査報告書でまとめられた全体の被害件数は4,454件であり、部位別に分類すると以下のとおりとなる。

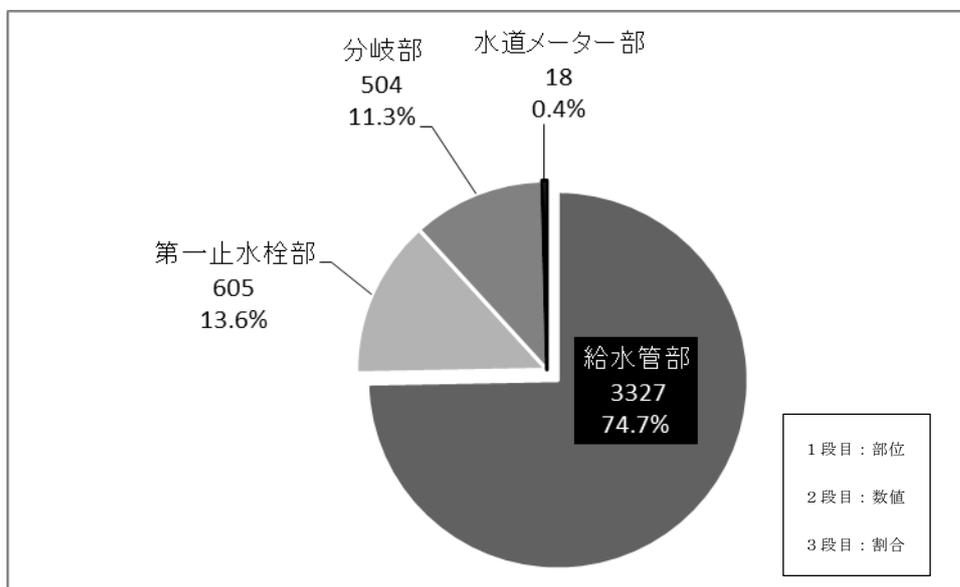


図 1-2 調査報告書による部位別の被害状況

調査報告書では、大震災での被害の約 7 割が「給水管部」からの被害であると報告されており、続いて「第一止水栓部」、「分岐部」の順となっている。(図 1-2 参照)

給水管部の管種別としては、塩化ビニル管 (V P) が 73% と最も被害が多く、続いて鉛管 (L P) 12%、低密度ポリエチレン管 (P P) 8% の順になっている。(図 1-3 参照)

なお、管種ごとの給水装置の引き込み件数が不明のため、被害率に基づく評価は実施されていない。

一番被害が多かった塩化ビニル管 (V P) の被害の原因については、管体 (継手) 破損は実際の使用期間では材料劣化が想定されないことから地震動によるものと判断され、地震動に対してエルボなどの曲管部が地震動に追従できないことが被害の要因として考えられている。

また鉛管 (L P) については材料劣化により部分的に残存していたものが被害を受けたものと判断されており、各水道事業者で部分的な残存を十分に把握できていないことが要因としてある。

なお低密度ポリエチレン管 (P P) については、外見が黒色であるため単層管と 2 層管の識別が困難であるため、報告書では明確に分類されていない。単層管には塩素による気泡剥離の問題などがあり、現在、各水道事業者では素材改良された 2 層管を採用している。

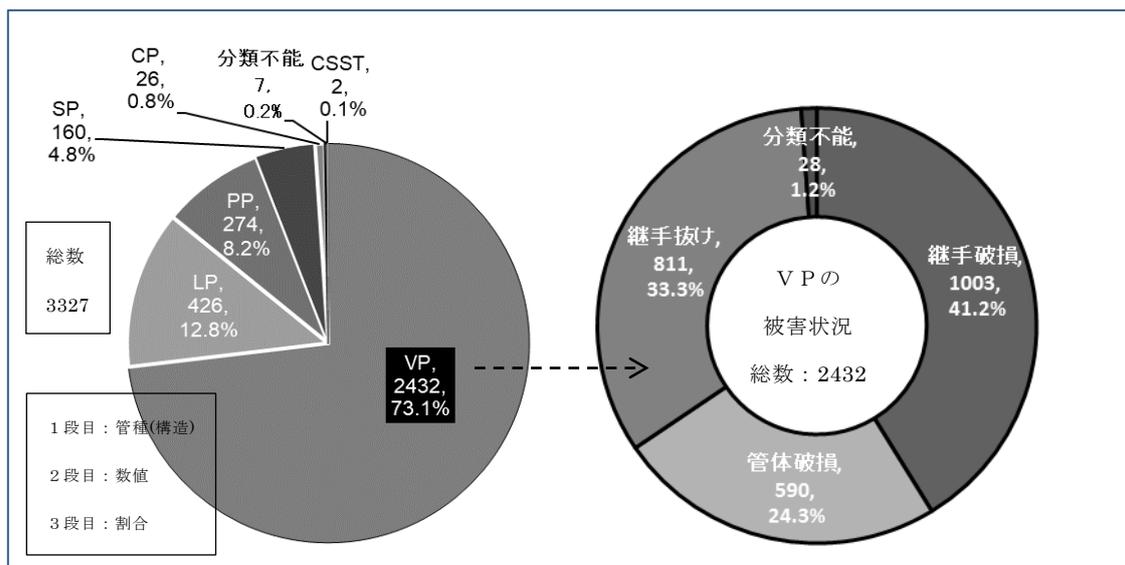


図 1-3 給水管部の管種別の被害状況及びVPの被害状況

給水管部を被害原因別・給水管種別に見ると、「地震動の影響」が全体の6割を占めており、その内塩化ビニル管（VP）が8割あった。

「施工の確実性が確認できないもの」に関しては、塩化ビニル管（VP）のTS継手の抜けに関して「管体に損傷を与えずに抜けている」場合が対象となっており、施工の精度向上、施工管理の強化などが課題となっている。

「材料の劣化」については、鉛管（LP）が大半を占めているが、部分的に残存していたものが被害の要因となっていることから、残存箇所を把握し早期の解消を進めていく必要がある。

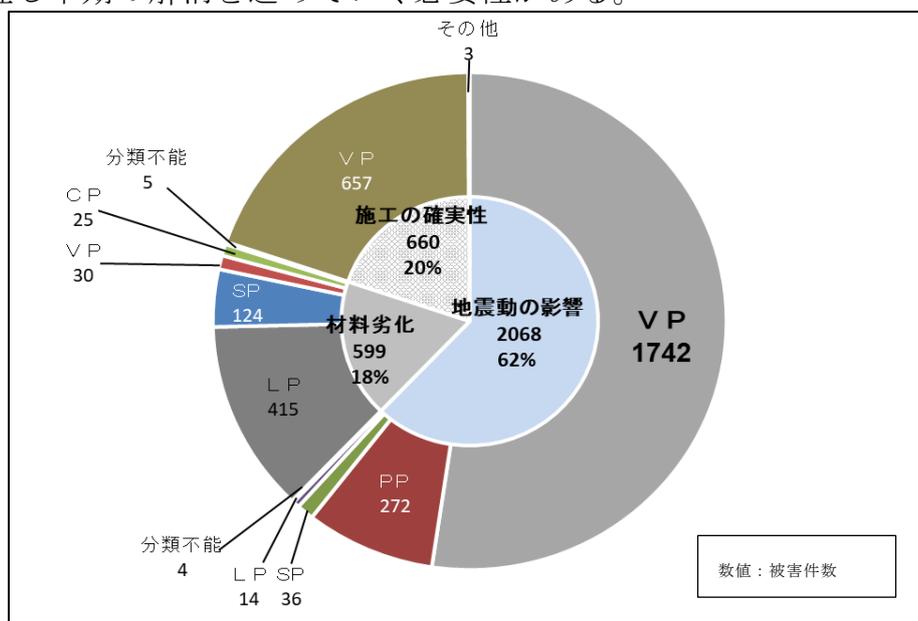


図 1-4 給水管部における被害原因別・部位別にみた被害構成

第一止水栓部の被害件数は、605 件であり、内訳としては「本体被害」が 472 件と 78%を占めており、続いて「継手部の破損」、「継手の抜け」となっている。(図 1-5 のとおり)

被害の要因としては、「材料劣化」が 466 件でこのうち 434 件 (93.1%) が止水栓ハンドルの作動不良が原因となっている。ハンドルの使用頻度がほぼないことから、老朽化と相まって作動不良につながったと考えられている。

残り 1 割についても、継手部の金属材料とパッキン類の材料劣化だった。「地震動による被害」が 136 件あり、内訳として止水栓と給水管との接続部の被害が 99 件(72.8%)を占め、本体ハンドルからの漏水が 37 件(27.2%)があった。(図 1-5 のとおり)

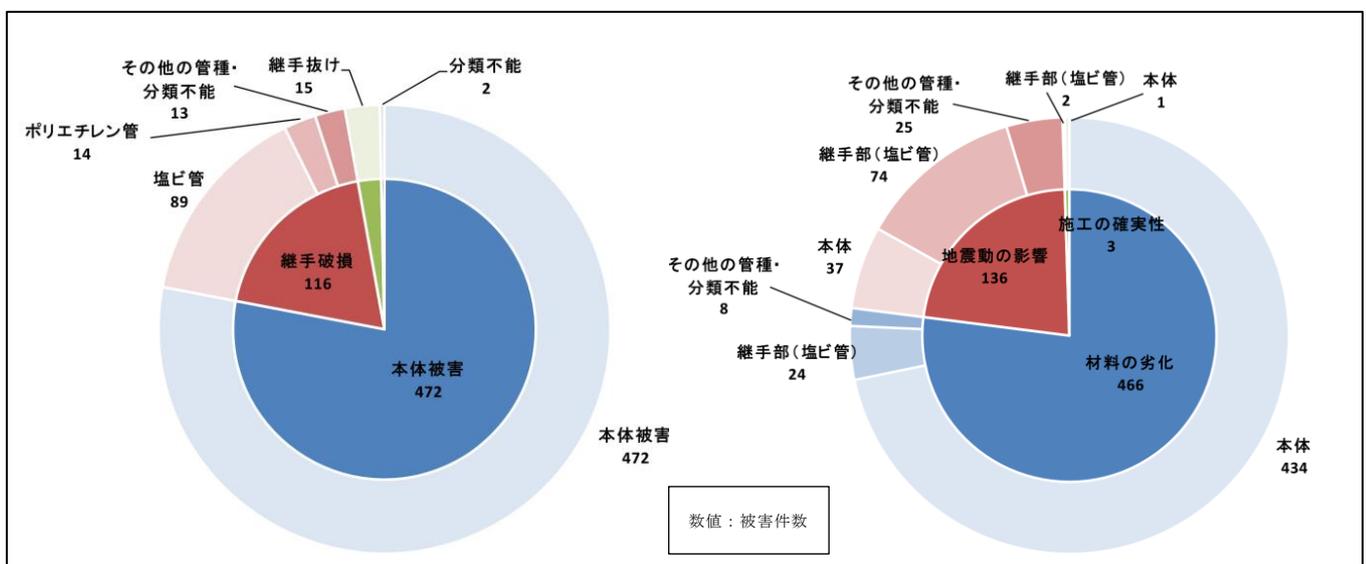


図 1-5 第一止水栓部の被害構成

(参照：東日本大震災給水装置被害状況調査報告書 P 65 より)

本体部に関しては、材料劣化によるハンドル作動不良が大半を占めており漏水時などの緊急時に操作ができない場合があることから更新などの必要性が感じられる。

地震動により本体と接続部に応力とひずみが集中し、パッキン類の材料劣化が進行していたために被害につながったと考えられている。

継手部に関しては、金属材料とパッキン類の材料劣化が主であったが、地震による被害の原因に関しては、管軸方向に発生する変位と管軸直角方向に発生する曲げにより、第一止水栓と給水管の接続部に応力とひずみが集中したものと考えられている。

なお、第一止水栓に関しては宅内への引き込み状況によっては、第一止水栓に代えて丙止水栓を水道メーターボックス内に設置することを認

めている水道事業者もあることから、第一止水栓のあり方を考えていく必要がある。

給水分岐部に関しては、不断水で分岐を行う分水栓（サドル付分水栓含む）と小口径の被分岐管からの分岐を行う場合チーズ継手を用いて分岐を行っている。

給水分岐部における被害については、504 件の報告がありチーズ継手が 306 件（60.7%）と最も多く、サドル付分水栓が 179 件（35.5%）と続いている。

内容としては給水管との接続部の被害が 8 割を超えており、被害原因別としては、地震動によるものが 323 件（64.1%）次に材料劣化によるものが 128 件（25.4%）、施工の確実性が確認できないものが 53 件（10.5%）であった。

材料劣化に関しては、古いタイプのサドル付分水栓の被害が多く、地震動による被害はチーズ継手が 7 割を超えていた。（図 1-6 のとおり）

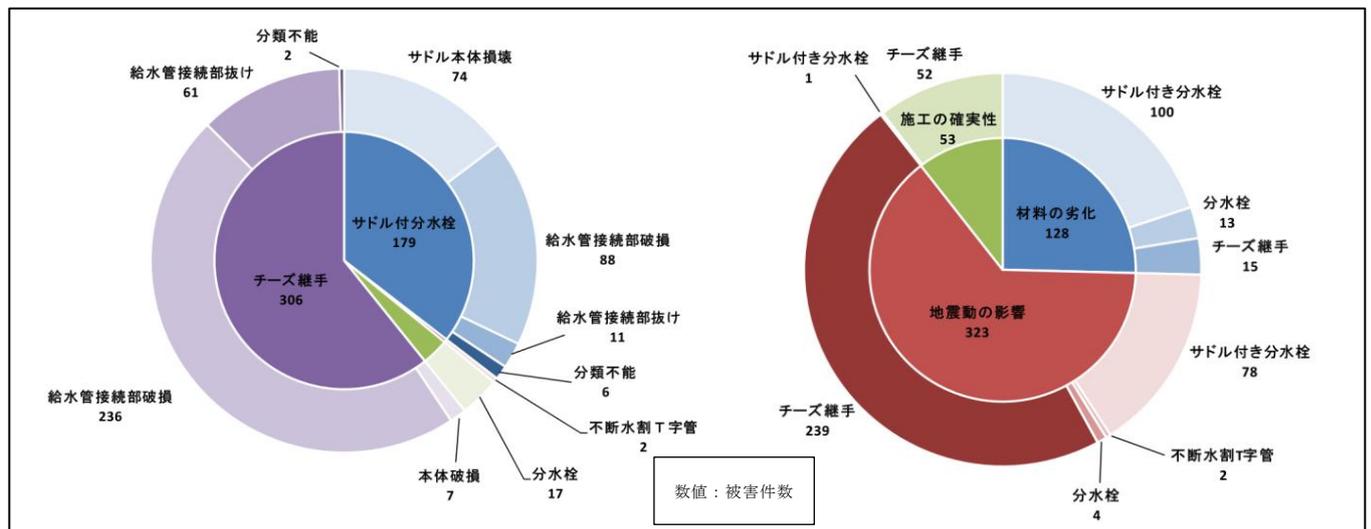


図 1-6 給水分岐部の被害構成

（参照：東日本大震災給水装置被害状況調査報告書 P27 より）

チーズ継手の被害については、地震動による接続部の被害が突出しているが、T 字の部分に応力とひずみが集中したことが原因と考えられている。

管種としては、塩化ビニル管（VP）の被害が突出しており可とう性の不足が原因と考えられている。継手部の抜けによる被害の原因については、施工の確実性が確認できないものが多い。

サドル付分水栓については、材料劣化は金属部分の腐食が多く占めており、古いタイプのものが多かった。地震動による被害に関しては、この部分に応力と歪みが集中し被害につながったと考えられ、接合部の被害は管路の可とう性不足が原因と考えられている。

本委員会では、「調査報告書」について以下の形で考察した。

(公財) 給水工事技術振興財団では、被害の原因分類について大きく3つに分類し分析・評価されている。

① 材料劣化による被害

素材が金属の材料では腐食の進行が見られ、止水栓部では材料劣化による作動不良が多く見られたことから、古いタイプのものや使用年数が長期に及んでいるものは材料劣化が進み、被害の要因につながっているものと考えられる。

② 施工の確実性が確認できない被害

塩化ビニル管(VP)のTS接合で「管体に損傷を与えずに抜けたもの」と「現場の黒板等に記載があるもの」に限定されている被害を集計している。施工の確実性確保のため、工事写真や現場立会により施工の確認を行う必要がある。

③ 地震動の影響からの考察

分岐部の被害については、チーズ継手の被害が突出し、サドル付分水栓の被害も見られる。拘束部に被害が集中する傾向があるため可とう性の確保が必要である。

また、給水管部の被害は塩化ビニル管(VP)が大半を占めている。この原因としては、塩化ビニル管(VP)のTS接合などの可とう性の不足と、エルボなど曲管部に応力とひずみが集中したことが原因と考えられることから、可とう性の確保が必要である。

それぞれの部位別に分類し、俯瞰すると全体の約7割が給水管部での被害が最も多く、次に第一止水栓部、分岐部と続いている。

給水管部の管種別の被害状況では、塩化ビニル管(VP)が多く、TS接合部を含めた管路全体、特にエルボなどの曲管部に応力とひずみが集中し被害となった。

一方、低密度ポリエチレン管(PP)の被害もあったものの、単層管及び2層管等の判別が難しく、被害原因の究明が必要である。

第一止水栓部では、材料劣化による被害が占めているものの、地震動による給水管との接続部の破損抜けの被害も発生している。

分岐部では、サドル付分水栓でも被害があり、原因としては材料の劣化が主としてあげられるが、地震動に対し、分岐部と給水管部が抵抗となって、この部分に応力とひずみが集中し被害が生じたものと推測される。

配水管と分岐部間のズレ防止などの地震動に追随できる構造の給水装置が必要と考える。

また、鉛管（LP）の被害が426件報告されている。水質のより高い安全性の確保、漏水事故の縮減、耐震性向上の観点から鉛管（LP）更新には積極的に取り組んできてはいるが、写真からは部分的に残存していたものが被害を受けたものと判断される。

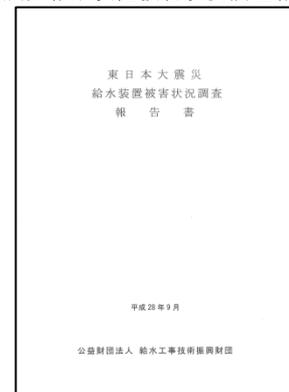
鉛管（LP）の部分的な残存の原因は漏水修繕の際に漏水箇所だけを部分的に修繕してきたことが原因の一つと考えられる。給水装置引込み管は基本的には同じ管材料が使われており、1か所で漏水すれば給水引込み管での再漏水が容易に推察されることから、漏水事故などにおいて部分修繕をやめ給水装置引込み部を一括修繕する必要があると考える。

「部分修繕から一括修繕」に転換することにより、漏水事故の縮減と有収率の向上、耐震性の向上が図られる。

今回本委員会でアンケートを実施した大半の水道事業体が止水栓部までの漏水を修繕の対象としていることから、止水栓部までの材料などを耐震性に考慮することで被害・水道事業体負担の修繕費軽減を図ることができると思う。

また、平常時の維持管理において、漏水等の不具合が特に多く発生している材料として回答が多かった「塩化ビニル管（VP）」について、更新などを促していくことや適切な施工管理を行っていく取り組みが重要である。

（公財）給水工事技術振興財団発行
東日本大震災給水装置被害状況調査報告書



VI. 熊本地震被害状況調査報告書について

平成28年4月に発生した熊本地震に関して給水装置の被害状況を取りまとめ、平成30年7月に（公財）給水工事技術振興財団（以下「給工財団」とする）より「熊本地震給水装置被害状況調査報告書」（以下「熊本地震報告書」とする）が公表された。

本委員会としても、第5回委員会において給工財団の相原技術開発部長より調査報告について説明を受けた。

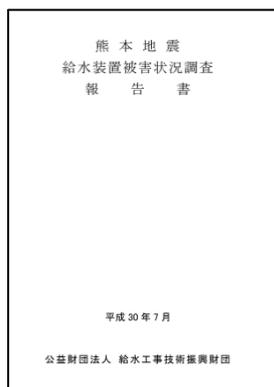
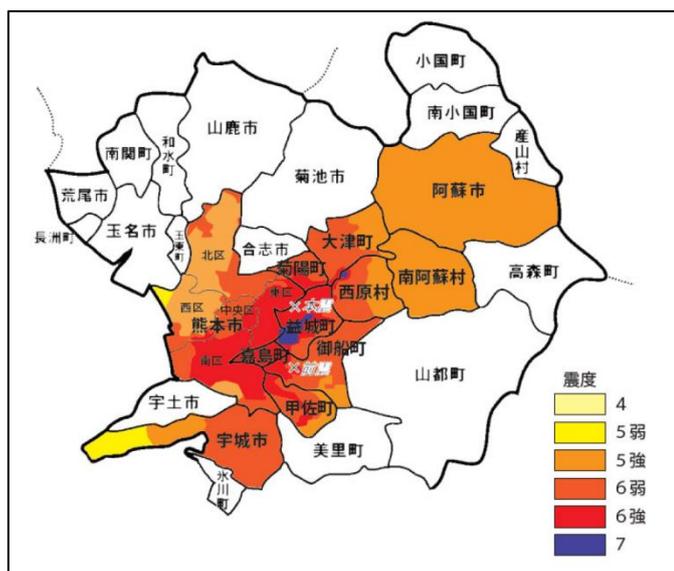


写真 給工財団報告の様子

熊本地震報告書については、給水装置引き込み部の被害件数が多く資料提供に協力をいただいた8水道事業体（熊本市上下水道局、大津菊陽水道企業団、阿蘇市水道局、宇城市土木部水道課、益城町水道課、御船町環境保全課、甲佐町環境衛生課、南阿蘇村環境対策課）の災害被災資料に基づき調査を進め、調査報告書と同様な形でまとめられている。



(参照：熊本地震給水装置被害状況調査報告書P3より)

熊本地震報告書でまとめられている被害件数が2,085件であり、部位別に分けると全体の8割となる1,715件が「給水管部」の被害であり、続いて「水道メーター部」、「給水分岐部」の順となっている。(図2-1のとおり)

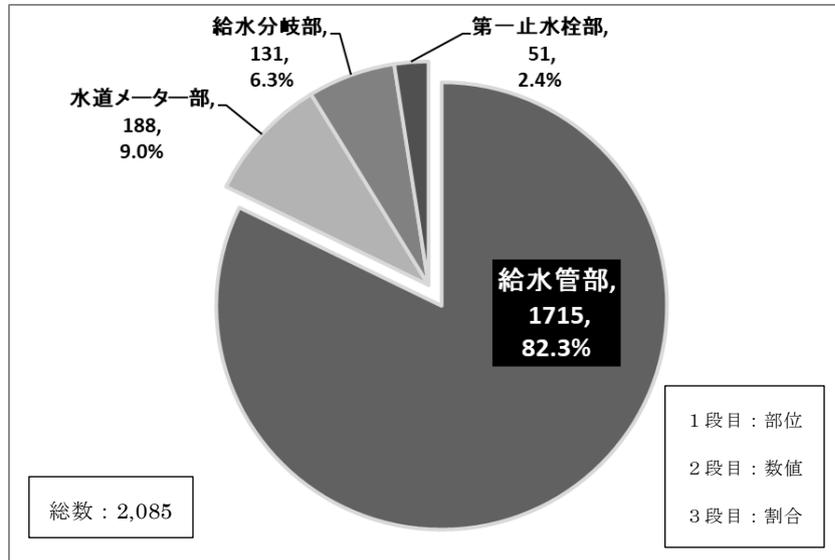


図2-1 熊本地震における部位別の被害件数

給水管部を管種別、被害原因別に分類すると以下のとおりとなる。

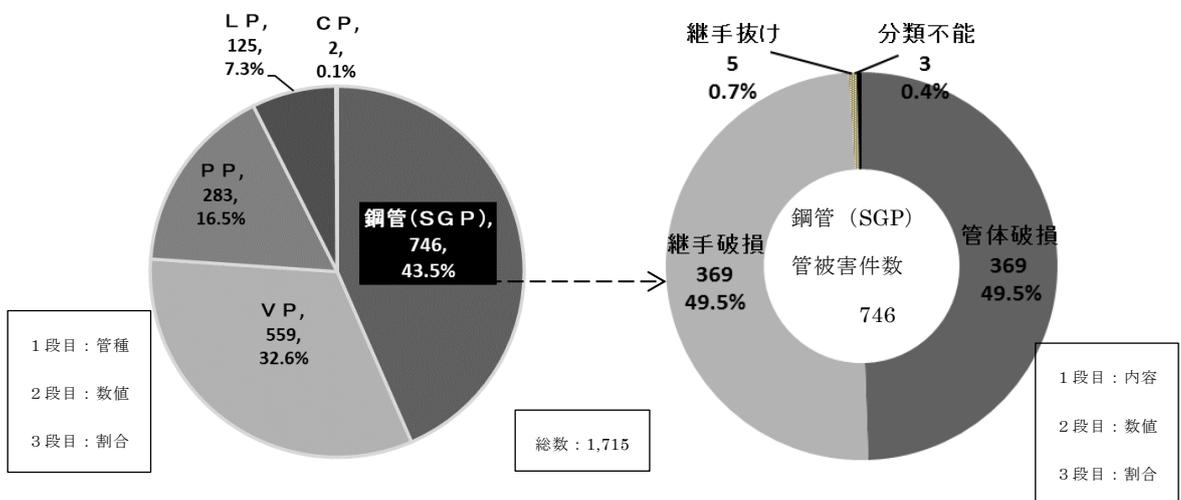


図2-2 給水管部の管種別及び鋼管 (SGP) の被害内容件数

管種別で分類すると鋼管 (SGP) (746件) が給水管部の4割を占めており、破損内容は「管体破損」(369件)・「継手破損」(369件)で半々の結果となっている。(図2-2のとおり)

次に塩化ビニル管 (VP) (559件)・低密度ポリエチレン管 (PP) (283件) の順と続いている結果となった。

鉛管（LP）については、こちらも調査報告書同様に部分的に残存していたところでの被害であった。

なお、熊本地震報告書についても管種ごとの給水装置の引き込み件数が不明なため、被害率に基づく評価はされていない。

また、給水管部の被害原因別に集計した結果では、「材料劣化」（853件）が半数をしめており、鋼管（SGP）（726件 85.1%）と鉛管（LP）（125件 14.8%）が主として被害を受けている。

鋼管（SGP）に関しては、管体とねじ接合部の腐食進行に伴う強度低下によるものがほとんどであると報告されており、水道メーターの前後に鋼管（SGP）が採用された事例が多いことが、宅地内で多くの被害を発生された原因と考えられる。

次に「地震動の影響」（752件）で多く、管種としては塩化ビニル管（VP）（449件）が多くを占めている。調査報告書と同様に使用期間からの材料劣化が想定されないことから地震動による被害と判断されている。

低密度ポリエチレン管（PP）に関しては、大震災と同様で単層管と2層管での識別が難しいため、分類されていないが低密度ポリエチレン管（PP）の被害の全てが地震動によるものであった。

最後に「施工の確実性」（110件）については、すべて塩化ビニル管（VP）によるもので、TS継手の抜けに関して「管体に影響を与えずに抜けている」場合が判断されている。（図2-3のとおり）

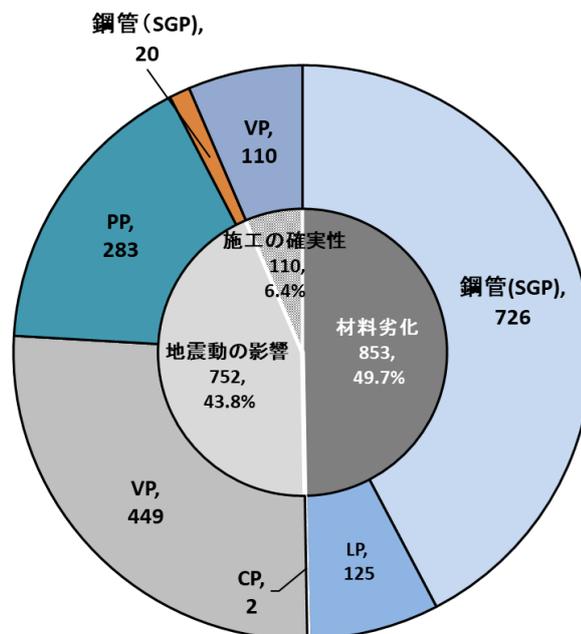


図 2-3 被害原因別の被害件数

「水道メーター部」(188件)に関しては、全て熊本市で発生しており、水道メーター部止水栓の作動不良が184件を占め、接続部の被害は4件であった。

被害原因別では、「材料劣化」による止水栓作動不良(181件)が多く、接続部の継手の「材料劣化」が4件であり、「材料劣化」による被害が185件となっている。地震動による止水栓の被害は3件と考えられている。

「給水分岐部」(131件)に関しては、チーズ継手が93件、サドル付分水栓の被害が38件であった。

被害原因別では「材料劣化」によるものが43件(うちチーズ継手が32件)、「地震動によるもの」が79件(うちチーズ継手が52件)、「施工の確実性を確認できないもの」が9件(すべてチーズ継手)ある。

材料劣化に関しては、チーズ継手はすべて鋼管(SGP)の被害で、鋼管(SGP)の管体とねじ継手接合部の腐食進行による強度の低下が考えられる。

サドル付分水栓は、古いタイプのもので防食が不十分で経年劣化により地震動に耐えられなかったと考えられている。

地震動の影響に関しては、塩化ビニル管(VP)の被害がほとんどでT字部に応力とひずみが集中したことで塩化ビニル管(VP)に可とう性が不足していることが被害につながったと考えられている。



図 2-4 チーズ配管・サドル付分水栓のイメージ

熊本地震報告書では調査報告書との調査結果を比較して、熊本地震の被害の特徴の3つが報告されている。

なお、調査件数、給水装置の引き込み件数の違いや地震動、地盤等の違いなどがあるため単純な比較は困難である。

① 熊本地震では、給水管部の塩化ビニル管（VP）と鉛管（LP）、給水分岐部、第一止水栓部の被害が大幅に減少されている。

この背景としては、塩化ビニル管（VP）の使用割合が少なく、鉛管（LP）については更新が進み残存鉛管が少なくなっているため、給水分岐部の被害も減ったと考えられている。

② 熊本地震では、給水管部の鉄管（GP）と水道メーター一部の止水栓に多くの被害が発生しており、耐震性向上の観点から留意すべき点である。

また、鋼管（SGP）の被害は道路部でなく宅地内に多く発生している。

この背景としては、全ての水道事業者で鉄管（GP）の被害が報告されており、一定の割合で鉄管（GP）が使用されていたと考えられる。

特に熊本市ではメーター前後に鉄管（GP）の使用がされており、止水栓の被害についても平成16年までコマ型の甲型止水栓を使用しており、古いものに被害が発生した。

③ 管種別の被害の割合では、低密度ポリエチレン管（PP）が東日本大震災の2倍となっているが、調査報告書からは単層管と2層管の識別が困難なことから、2層管の被害状況の全体像が把握できていない。

給水装置の耐震性向上と望ましい維持管理（漏水修繕工事）については、「調査報告書」と同様の内容が記載されている。

Ⅶ. 各業界の耐震化に向けた動き

本委員会では、関係諸団体から給水装置の耐震化について聞き取り調査（プレゼンテーション）を行った。

調査日：平成 30 年 6 月 14 日-15 日及び 9 月 6 日

（第 4 回及び第 5 回給水装置研究委員会時）

（1）給水システム協会及び日本ポリエチレンパイプシステム協会の動きについて

（平成 30 年 6 月 14 日）

給水システム協会については、水道用給水器具の調査・研究等を行っている機関であり今回は継手に関する報告、日本ポリエチレンパイプシステム協会は低密度ポリエチレン管（PP）の研究・普及を行っている機関で管材料に関する報告であった。

東日本大震災の被害調査報告では低密度ポリエチレン管（PP）は「被害率が少なかった管種として一定の評価」をされている。

低密度ポリエチレン管（PP）が管材として耐震性能を有しているのかを土槽の状況下において次の通り 2 つの実験を行っている。

A. 土槽埋設試験（クランク配管）

東日本大震災での被害は、継手部やエルボ等に応力やひずみが発生して、給水管などの抜け出しが発生していることから、給水管の耐震設計指針等が示されていないため、中低圧ガス導管耐震設計指針にあるクランク配管をモデルに実験を行った。

配管	管	継手
①	耐衝撃性硬質塩化ビニル管（HIVP）	H I 継手（HIVP）
②	低密度ポリエチレン管（PP）	金属継手
③	高密度ポリエチレン管（PE）	E F 継手（電気融着）

表-1：試験で比較した管種と接手



写真-1 クランク試験の様子

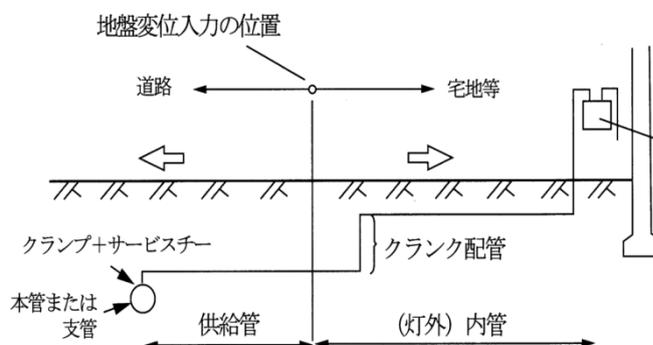


図-1 中低圧ガス導管耐震設計指針より

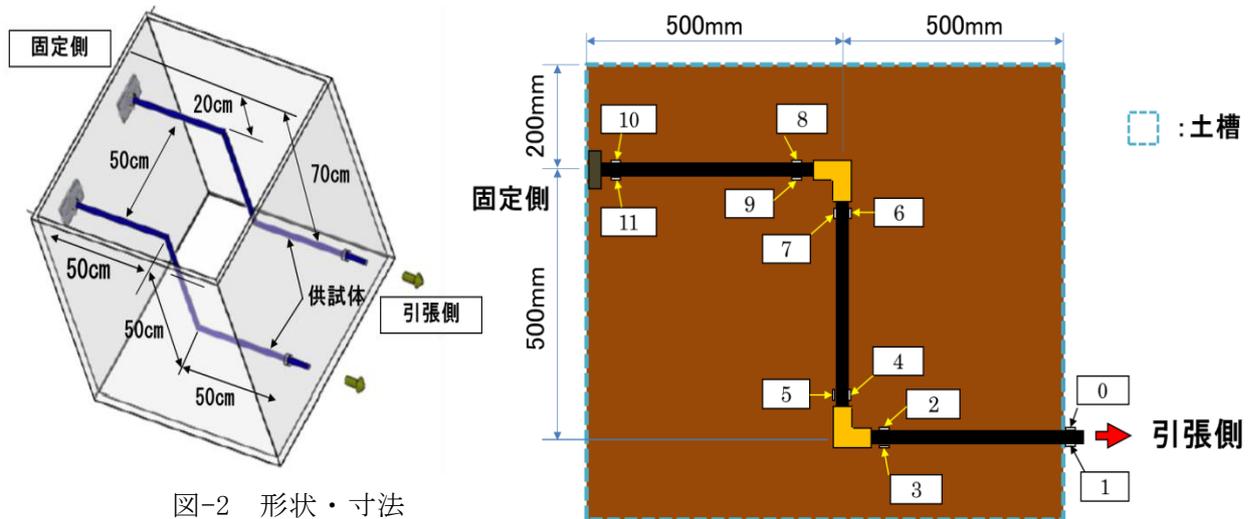


図-2 形状・寸法

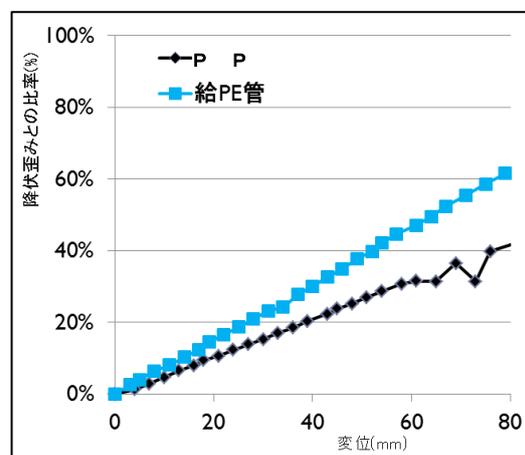
表-2 試験結果

配管	試験結果
① HIVP	クランク上部 (6.7) とクランク下部 (2.3) に大きな曲げ歪みが発生した。
② PP	クランク配管の下 (2.3) に軸、曲げ歪みが大きく出ている。
③ PE	クランク上部 (6.7) に大きな曲げ歪みが、クランク下部に大きな軸・曲げ歪みが発生している。

最大発生歪みの比較

最大歪みが発生するクランク下部の箇所では低密度ポリエチレン管 (PP) と高密度ポリエチレン管 (PE) の歪みを比較すると、歪みの大きさは、低密度ポリエチレン管 (PP) が大きくなるが、降伏歪みとの比較では、高密度ポリエチレン管 (PE) が大きくなることから、地盤変位吸収性能は低密度ポリエチレン管 (PP) の方が余裕が大きい試験結果となった。

図-3 2地点での比較



クランク試験で判明したこと

- ① 管種に関わらず最大の歪みはクランク下部（2.3）で生じている。
（地震で破損が多かった箇所と一致する。）
- ② 硬質塩化ビニル管（VP）は、クランク上部（6.7）でも歪みが大きく生じている。管が硬いため、クランク配管の縦管部全体が引張られているためと考えられる。
- ③ 低密度ポリエチレン管（PP）は管が柔らかいため、クランク下部（2.3）に変形が集中している。
- ④ 高密度ポリエチレン管（PE）もクランク上部（6.7）にも曲げ歪みが発生しており、硬質塩化ビニル管（VP）に近い変形をしている。
- ⑤ 硬質塩化ビニル管（VP）は、クランク下部で管が抜けた場合があったが、低密度ポリエチレン管（PP）と高密度ポリエチレン管（PE）は、管の破断、継手の離脱が無かった。
- ⑥ 最大歪みと降伏歪みの比率を比較した場合、低密度ポリエチレン管（PP）の比率が小さく、地盤変位吸収性能としては最も余裕がある。

B. 土槽埋設実験（給水分岐側）

配管	管	分岐
①	硬質塩化ビニル管（VP）	サドル付分水栓
②	低密度ポリエチレン管（PP）	サドル付分水栓
③	高密度ポリエチレン管（PE）	E Fサドル（電気融着）

表-3 試験で比較した管種と分水栓

図-4 試験のイメージ

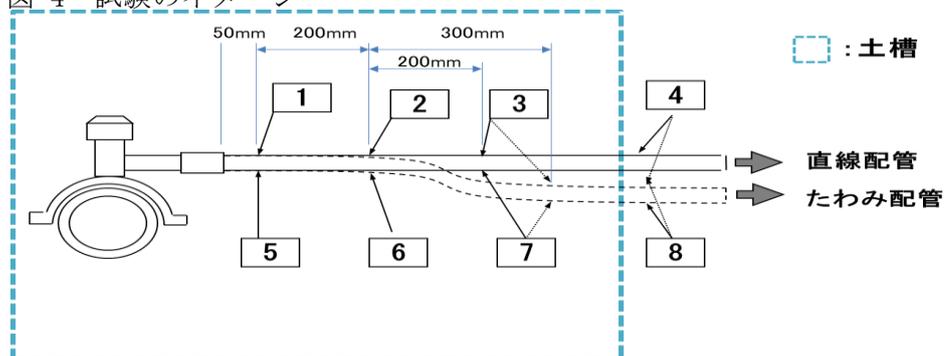


写真-2 PP 管の試験状況



写真-3 PE 管の試験状況

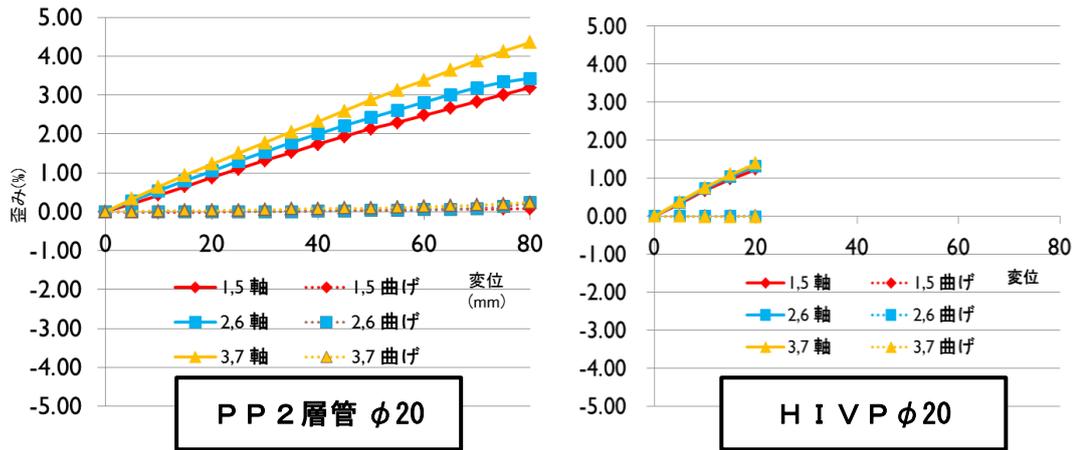


図-5 試験結果の比較

給水分岐側では、引張距離に比例して軸方向歪みが大きくなる。
 曲げ歪みはほとんど発生しない。

- ・ 軸方向歪みは引抜箇所に近い方が大きい。
 - ・ 耐衝撃性塩化ビニル管（H I V P）は、引張 20mm で接着部が抜けた。
- たわみ配管（低密度ポリエチレン管（P P）2層管）では、たわみ下部（3,7）の発生歪みが直線配管より大きい。
- ・ たわみ手前（2,6）で曲げ歪みが発生している。

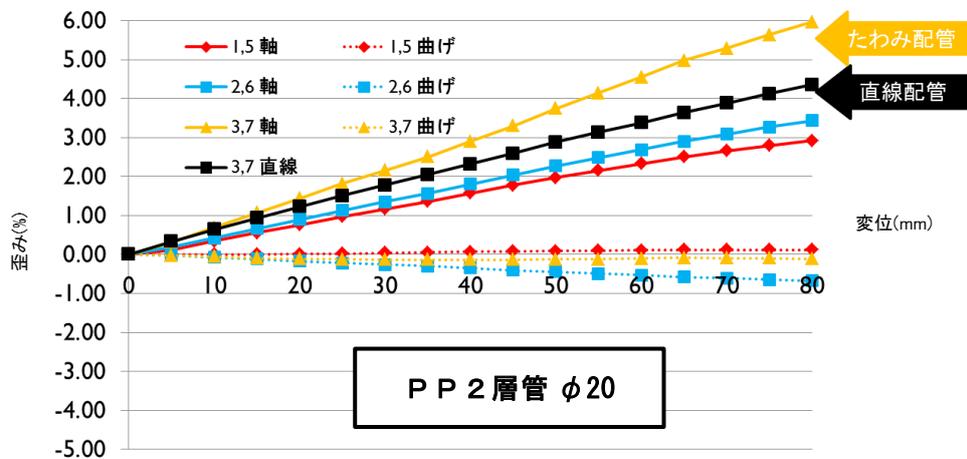


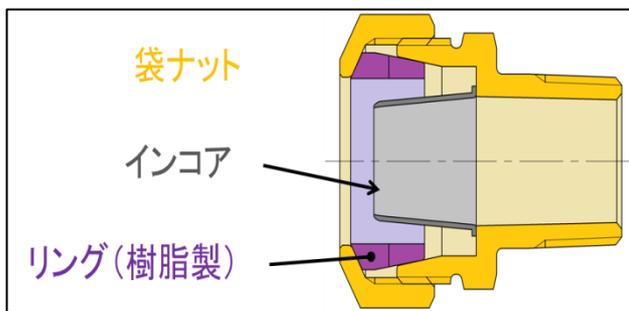
図-6 PP 管の試験結果比較（たわみ・直線）



写真-4 説明の様子

次に給水システム協会より、金属継手の耐震性能強化に関する研究の報告を受けた。

調査報告書及び熊本地震報告書では、継手部からの管の抜け出しが報告されていることからシステム協会では「耐震性能」の観点から J W W A 規格型金属継手の接合部性能評価を実施している。



インコアで管を拡張して、リングがストッパーとなり離脱を防止する構造となっている。

図-7 J W W A B 116 金属継手の構造

金属継手の性能に関しては、J W W A B 116 規格の中で以下の 6 項目が性能が規定されている。

性能項目		
1	胴の耐圧性	水圧2.5MPaを2分間加え、漏れ、変形、その他異常のないこと。
2	胴の気密性	空圧0.6MPaを5秒間加え、漏れ、その他異常のないこと。
3	引抜性	規定の軸荷重を加えて1時間保持し、抜け出し、その他異常がないこと。
4	水圧性	水圧1.75MPaを1時間加え、漏れ、その他異常のないこと。
5	耐負圧性	内部を-54kPaまで減圧して2分間保持し、空気の吸込み、その他異常のないこと。
6	浸出性	全項目基準値以下のこと。

引張性能に関しては、引張荷重が加わり続けた場合にも離脱しないことを規定しているものであり、地震動・地震による地盤変位を想定した性能ではない。

そのため、システム協会ではその点に着目し耐震性能評価項目を検討し評価を実施した。

給水管の耐震性能とは、地震動及び地盤変動などの負荷に対し、管体強度以上の接合強度を有すること。



必要とされる接合部性能として、**レベル2地震動および地盤変動を受けても、接合部において管が離脱せず、漏れがなく、水の供給が可能であること。**

耐震性能評価項目の検討

地震動、地盤変状、接合部に加わるひずみ等を想定し、給水システム協会で以下の性能項目を設定した。

管路に生じる <u>高速の引張力</u> が発生	①高速引張性能
移動距離の <u>大きな引張方向の</u> 地盤変状	②離脱防止性能
継手が <u>固定状態で</u> 圧縮力が発生	③圧縮性能
繰返し荷重のような <u>伸縮力</u> が発生	④伸縮性能

①高速引張性能

試験条件

試料	管露出長さ 450 (mm) 以上
速度	20 (%/sec)
引張量	(管露出長さに対し) 20 (%) 以上
試験後	1.75 (MPa) × 1 分間の水圧試験



図-8 試験 (イメージ)

写真-5 試験の様子

引張量 20%の考え方は、「水道施設耐震工法指針・解説 (2009 年版)」において設定されている。

【レベル2 地震動】

最大速度応答 ⇒100 (cm/s) [=100(kine)]

これを基にして、ひずみ速度の考え方を適用して、500 (mm) 管で 100 (mm/s) 引張=ひずみ速度 20 (%/s) と設定した。

試験結果は、管の抜け出しがないことと、耐圧に関しては継手接合部からの漏れ、管の抜け出しがないことを確認ができた。荷重値は呼び径毎に管断面積も大きくなる為、呼び径毎に高くなった。

②離脱防止性能

試験条件

試料	管長さ 300 (mm) 以上
速度	25 (mm/min)
引張量	管の降伏歪を超えて、管が縮径しネッキング（くびれ）発生まで引張を加える。
試験後	破壊水圧試験を行い、継手接合部からの漏れがないことを確認



写真-6：試験の様子

試験結果

引張により管にひずみが発生し、降伏点を超えると管が縮径し、ネッキング（くびれ）が発生するが、継手接合部からの抜け出しがなかった。

③圧縮性能

試験条件

試料	管露出長さ 150 (mm) 以上
速度	25 (mm/min)
引張量	20 (%) 以上の圧縮を加える
試験後	1.75 (MPa) × 1 分間の水圧試験

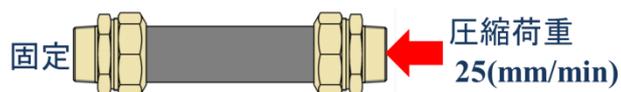
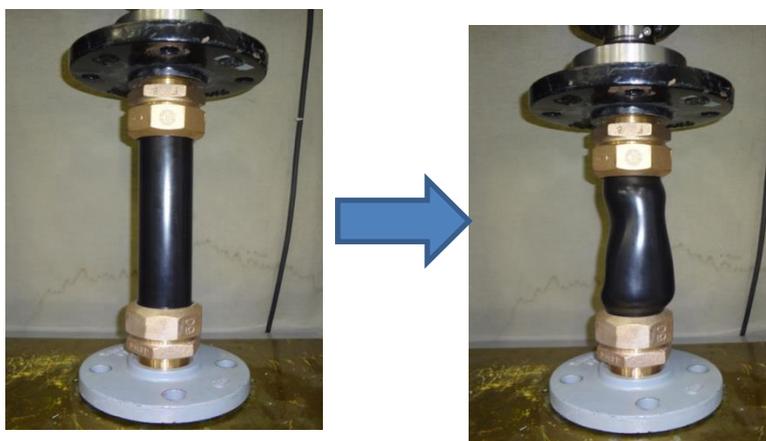


図-9 試験（イメージ）



圧縮荷重により管が膨らみ、座屈が発生
離脱防止荷重よりも圧縮荷重がピーク荷重を超えていることが確認された。

写真-7 試験の様子

④伸縮性能

試験条件

試料	管露出長さ 500 (mm)
周波数	1(Hz)
振幅	(管露出長さの) ±5 (%)
回数	50 回
試験後	1.75 (MPa) × 1 分間の水圧試験



写真-8：試験の様子



図-10 試験 (イメージ)

周波数の考え方

「水道施設耐震工法指針」より

レベル 2 地震動の速度応答スペクトル

100 (kine) は、固有周期 0.7s 以上となっていることから

1 Hz の設定とした。

繰り返し回数

「高圧ガス導管耐震設計指針」より

等価繰り返し回数 海溝型地震 最大 11.24 回

使用期間中の繰り返し回数に対して、より厳しい条件として 50 回を設定している。

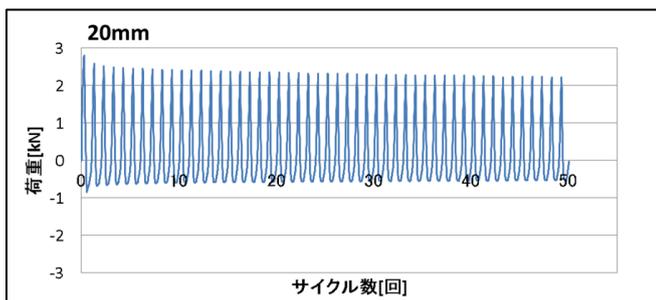


図-11 口径 20 mm 継手時の試験結果

呼び径	1 回目	50 回目
20	2.81	2.22

表-4 試験時の引張ピーク荷重 【kN】

引張時、圧縮時のピーク荷重がわずかに低下したが、管の離脱はなかった。

試験後の水圧試験でも漏れはなかった。

地震の動き		管体の評価内容		各社試験結果
地震動(ゆれ)		伸縮性能	<ul style="list-style-type: none"> ・周波数:1(Hz) ・振 幅:(管露出長さ)±5(%) ・回 数:50回 ・1.75MPa×1分間の水圧試験 	合格
地盤変状 (地震の結果 起きた地盤の 変形)	一方向 伸び	高速引張 性能	<ul style="list-style-type: none"> ・速度:20(%/sec) ・引張量:20(%)以上 ・1.75MPa×1分間の水圧試験 	合格
	地割れ	離脱防止 性能	<ul style="list-style-type: none"> ・速 度:25(mm/min) ・引張量:管の降伏歪みを超えて、 管が縮経しネッキング(くびれ)発 生まで 	合格
	段差	圧縮性能	<ul style="list-style-type: none"> ・速 度:25(mm/min) ・圧縮量:20(%)以上 	合格

表-5 各4項目の試験結果

各社の試験結果でも、評価について性能が満足されている結果となり低密度ポリエチレン管（PP）2層管及び金属継手でも耐震性能を有している材料であることが確認できた。

なお、システム協会では上記の項目で平成30年8月1日に協会規格（WSA B011）を制定し規格書が発行されている。

さらには、各継手製造メーカーにおいては抜け出しなどを防ぐために耐震性能強化型品を製造して、耐震化の動きを進めている。

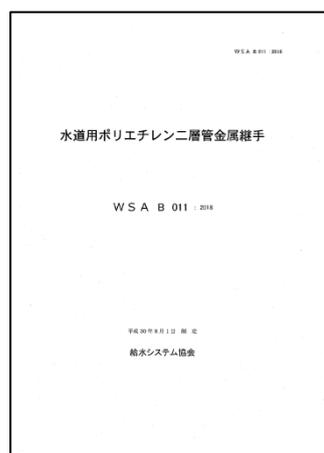


図-12 耐震性能強化型品（例）

インコア形状の工夫で管の変形を抑制し、離脱を防止する
(部品構成や施工方法は変更なし)

(2) 配水用ポリエチレンパイプシステム協会及び建築設備用ポリエチレンパイプシステム研究会の動きについて

(平成 30 年 6 月 15 日及び 9 月 6 日)

それぞれ高密度ポリエチレン管 (PE) を取り扱う団体であり、6 月 15 日に配水用ポリエチレンパイプシステム協会 (通称: POLITEC (ポリテック)) より管の特性についての報告を、また、9 月 6 日に建築設備用ポリエチレンパイプシステム研究会より設備用高密度ポリエチレン管 (PE) についての説明をそれぞれ受け、下記のとおりまとめた。

① 材質的特徴

ポリエチレン管の材料は、長期耐圧性能により分類され、密度によっても分類することができる。

種類	管の種類	製品の規格	密度
PE100	水道配水用ポリエチレン管 (建築設備用ポリエチレン管)	J W W A K 144 (設備用は未規格)	高密度
PE80	ガス用ポリエチレン管	J I S K 6774	中密度
PE50	低密度ポリエチレン管 (PP) (2層管)	J I S K 6761	直鎖状低密度

表-1 ポリエチレン管の種類

・長期耐久性能の求め方は、ISO9080、分類方法はISO12162で決められている。

PE100 とは、20°C で 50 年間使用した場合、管が破壊しない管応力が 10.0MPa 以上であるポリエチレン材料のことをいう
ポリテックでは、ISO9080 に基づき熱間内圧クリープ試験の結果から 50 年後の強度を推定している。

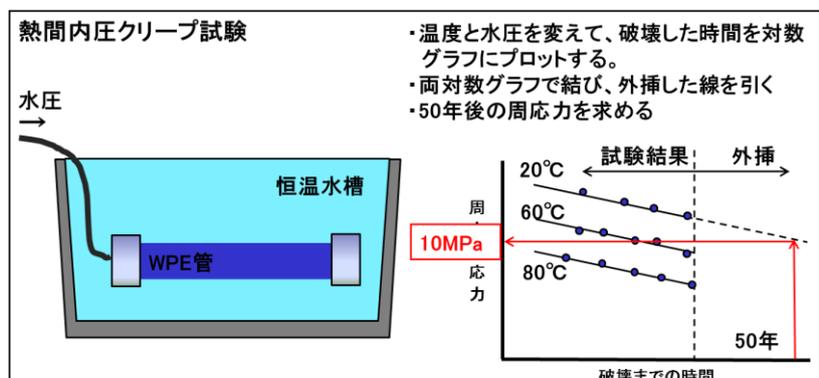


図-1 熱間内圧クリープ試験のイメージ

また、ポリテックでは高密度ポリエチレン管（PE）について100年寿命の検証を実施しており技術報告書が公表されている。

②耐食性

酸性土壌、腐食土壌、塩害土壌でも腐食しないまた、科学的に安定しているため酸・アルカリに強い。

溶剤の浸透試験を実施しており、その結果では低密度ポリエチレン管（PP）2層管と比べ有機溶剤（ガソリン）の浸透が1/5であった。

③接合方法

電気融着EF（エレクトロ フュージョン Electro Fusion）接合で継手を接合することで管路が一体化することができる（一体構造管路）。高密度ポリエチレン管（PE）については、金属継手で接合することも可能である。



一体構造管路
管体強度以上の
接合部強度を有す

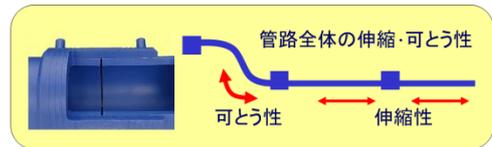


写真-1 EF接合用コントローラー

図-2 EF継手の仕組み（一体構造）

④耐震性能評価試験

耐震性評価は、図-配管モデルに対して2種類の地盤変位を想定して実施している。

1つ目は、配水管の管軸方向に地盤変位が生じ、特に配水管と地盤との滑りが給水管に与える影響について試験し、2つ目は給水管に管軸方向の地盤の変位が給水管に与える影響を以下のとおり試験した。

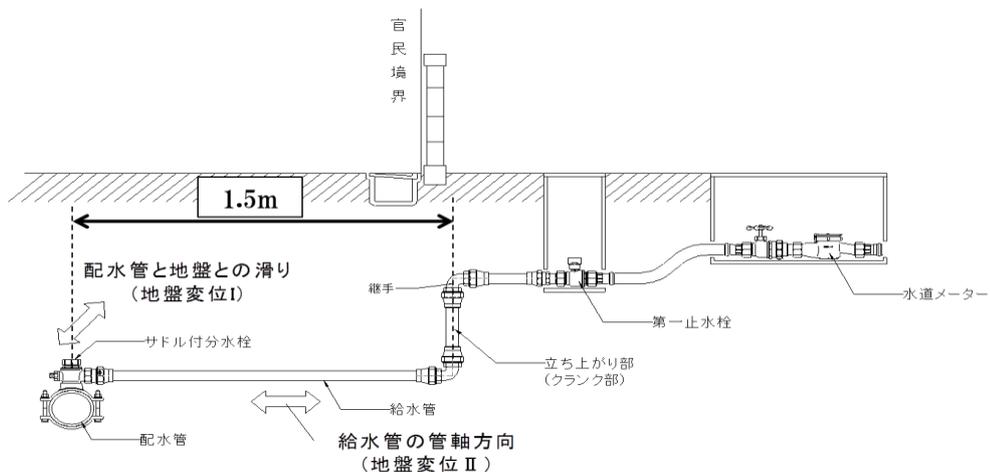


図-3 配管モデル

(1) 配水管と地盤との滑り (地盤変位 I) の状況

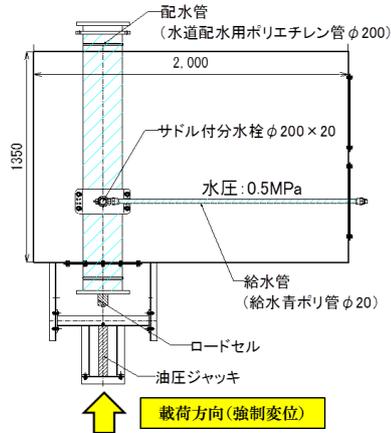


図 - 4 試験 (イメージ)

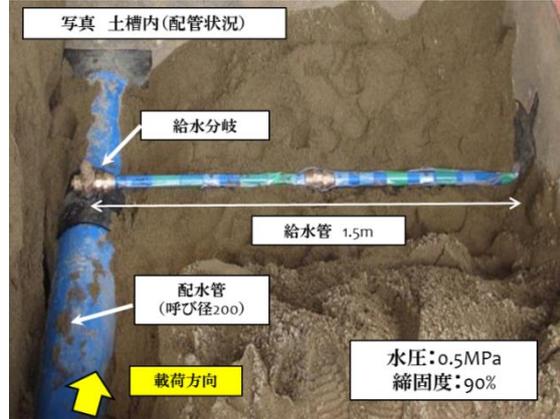


写真 - 2 試験の様子

写真-3① 100mm 変位時

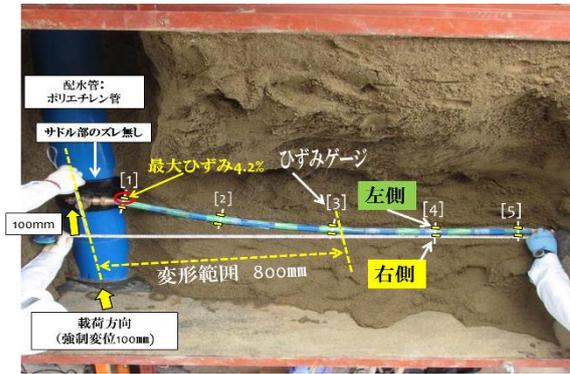


写真-3② 200mm 変位時

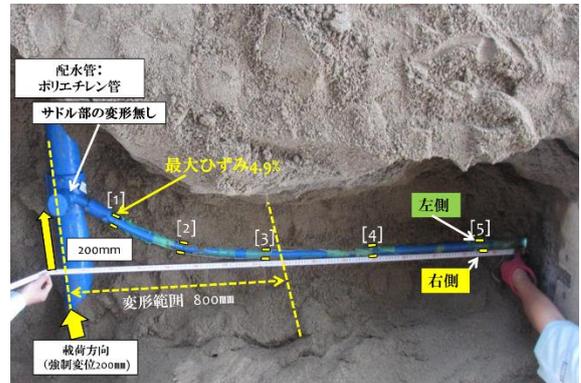
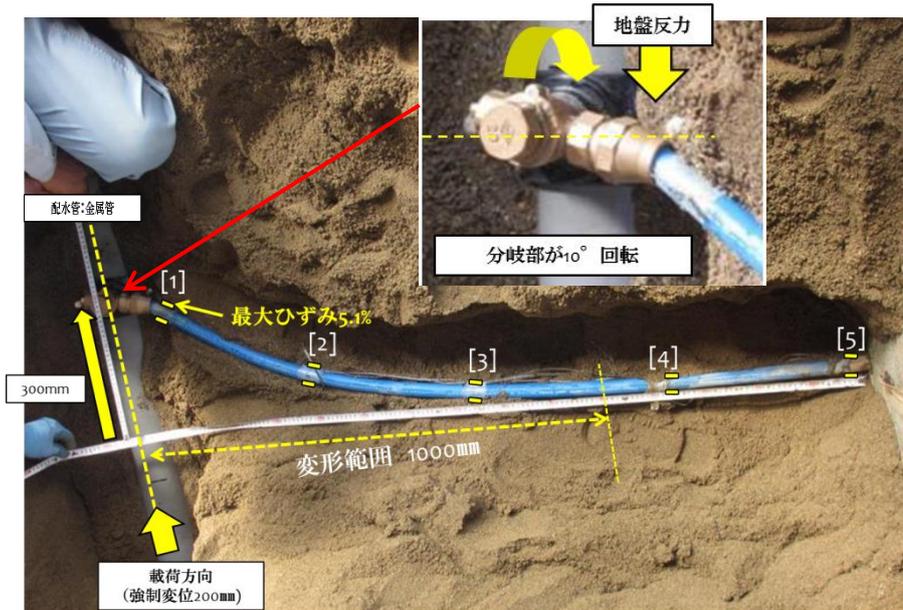


写真-3③ 300mm 変位時の状況



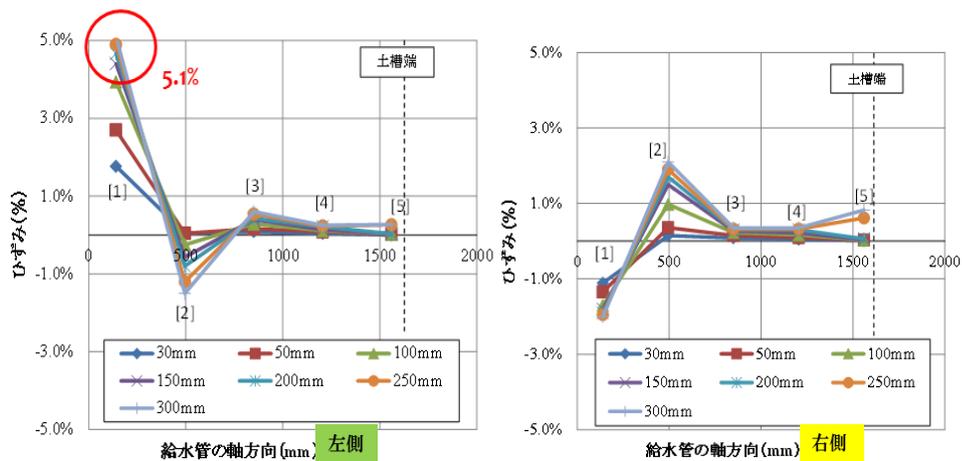


図-5 300mm 変位時の試験結果

100mm・200mm 変位時においては、給水管がなだらかに地盤変位に追従して、給水管及び継手部からの漏水はなかった。また変形の範囲は分岐部から 800mm 程度であった。

300mm の変位時には、変形の範囲が分岐部から 1,000mm 程度であり、配水管の変形に給水管の変形性能でよく追従していることが分かった、最大 5.1% の歪みが発生しているが管体及び金属継手部からの漏水はなかった。

しかし、分岐部の根元では写真-3③が示すように 10° 程度回転する事象が確認できた。

この実験結果では高密度ポリエチレン管 (PE) に作用したひずみは、最大で 5.1% (変位 300mm) となり、降伏点 (約 8%) 以下であることが分かり、配水管の管種に問わず、高密度ポリエチレン管 (PE) の耐震性能が確認できた。

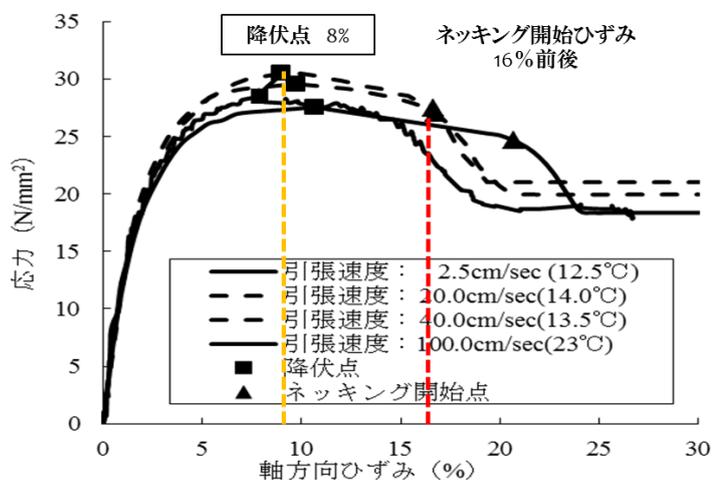


図 - 6 PE 管のひずみ曲線

(2) 配水管と地盤との滑り (地盤変位 II) の状況

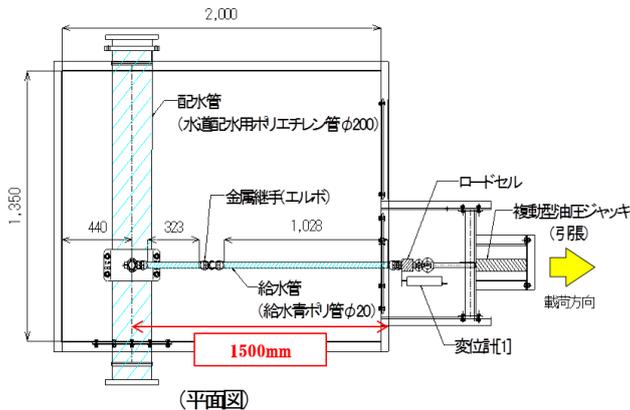


図 - 7 試験 (イメージ)

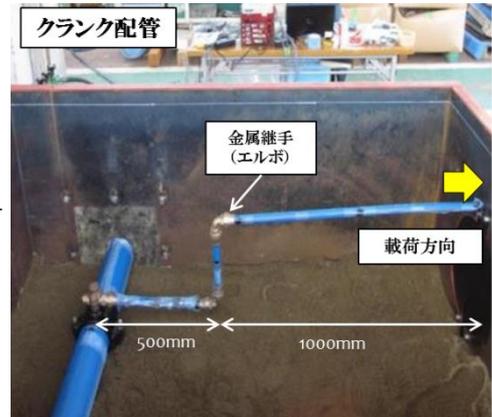


写真 - 4 試験の様子

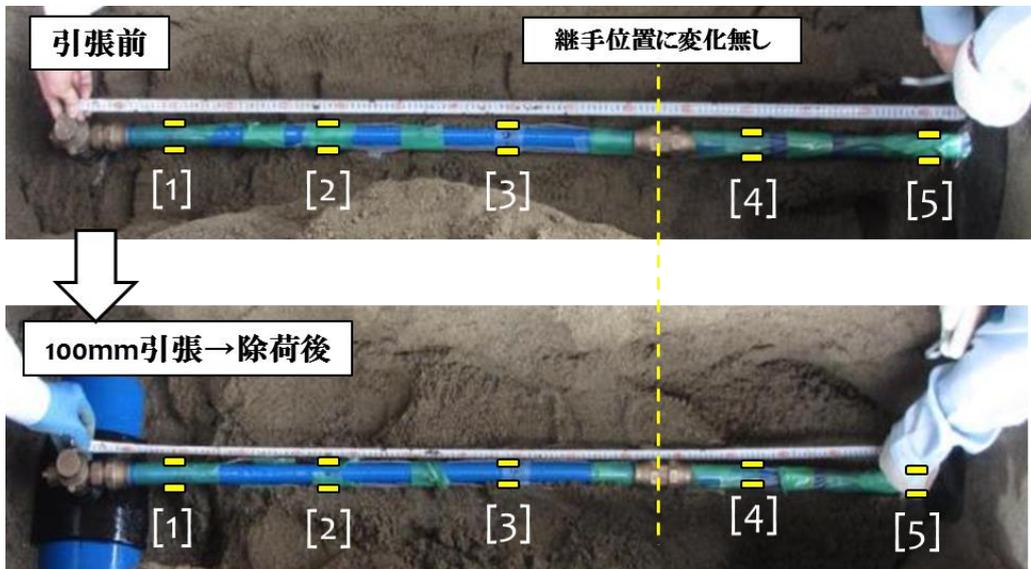


写真 - 5 試験の様子 (平面)

100mm変位時に管体が発生したひずみは軸方向に3~4%であった。(ひずみ [5] は、20mm 変位以降は土槽外に飛び出しており、単純な引張試験となるため評価対象からは除外)

レベル 2 地震動における最大地盤 1% に対して、少なくとも 3 倍以上のひずみが管体が発生したが、管体及び金属継手からは漏水はなかった。

除荷後に掘削した際には、初期の継手位置まで戻っていることを確認できた。

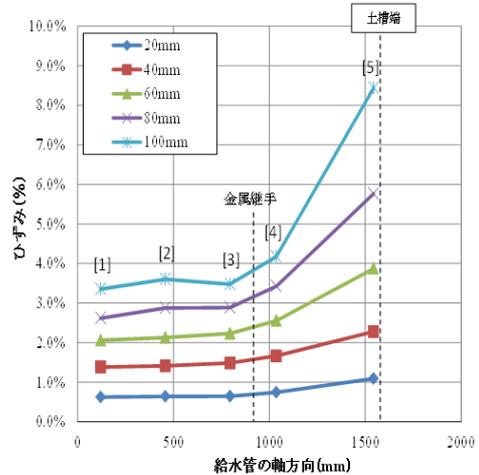


図-8 給水管の軸ひずみ (直線)

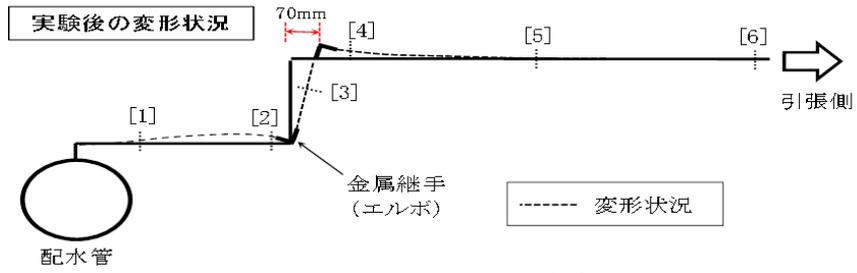


図-9 クランク配管時の状況

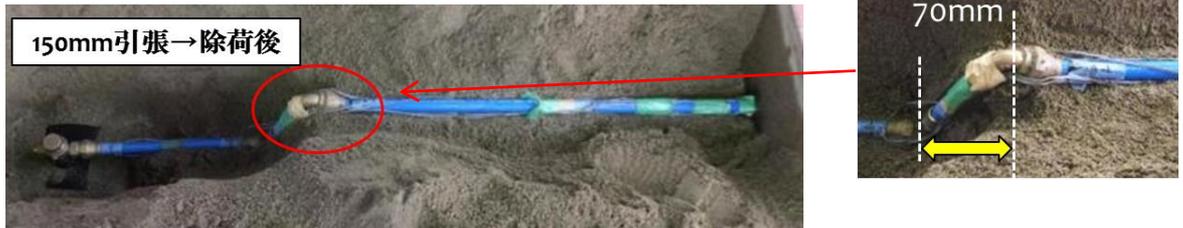


写真 - 6 クランク配管時の状況

150mm 変位時に管体に発生したひずみは、エルボ近傍で曲げが生じることで発生し、軸方向に最大6%であったが、管体及び金属継手からの漏水はなかった。

クランク配管の立ち上がり部で約70mmの変位を吸収し、給水分岐から立ち上がり部では、ほとんどひずみが発生していない。

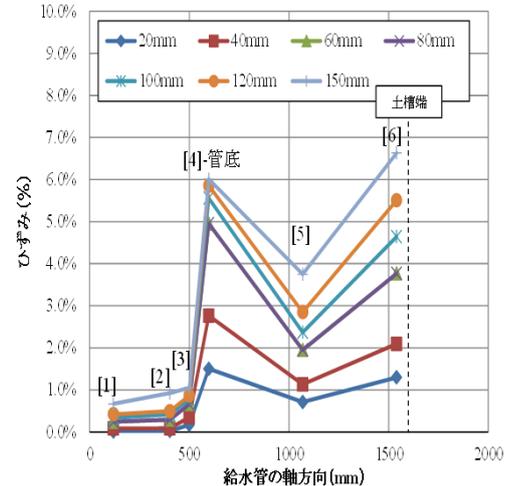


図-10 給水管の軸ひずみ

試験結果により、高密度ポリエチレン管 (PE) については、管・継手(金属を含む)は、地震動の方向・配水管の管種に問わず、レベル2地震動に対して通水機能が維持されているものと考えられる。



写真 - 7 POLITEC 説明時の様子



写真 - 8 研究会説明時の様子

給水管分岐部の影響について

配水管と地盤との滑りが生じると、給水装置に応力集中する。

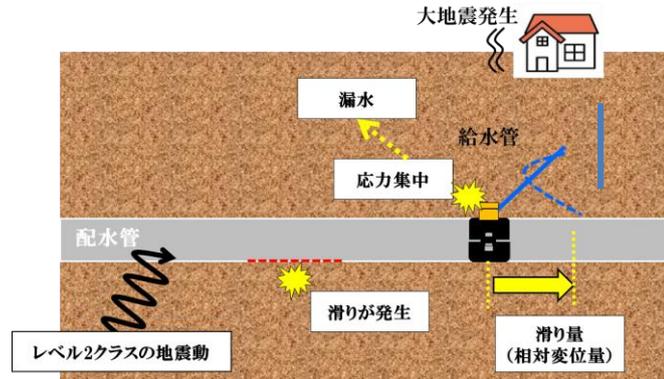


図-11 給水装置に被害が生じるメカニズム

配水管で剛性の小さな管（高密度ポリエチレン管（PE）など）では、滑りが減り（相対変位が小さい）、その分給水管直管部へのひずみが大きくなるが、分岐部への応力集中が少なくなる。

逆に剛性が大きい管（ダクタイル鋳鉄管など）では、滑りが発生し（相対変位が大きい）、その分分岐部への応力集中が大きくなるが、給水管へのひずみが小さくなる。

配水管の管軸方向から分岐した部位である給水装置は、地震時の管と地盤との滑りによって応力集中を受ける。応力集中の程度は、配水管の管種（材料剛性）によって異なる。

配水管の材料剛性が小さい管種（高密度ポリエチレン管（PE）など）の場合、管体の柔軟性で地震時の地盤伸縮に追従するため、分岐部の応力集中は相対的に低減できる。一方、材料剛性が大きい管種（金属管）では、その影響を考慮した評価が必要となる。

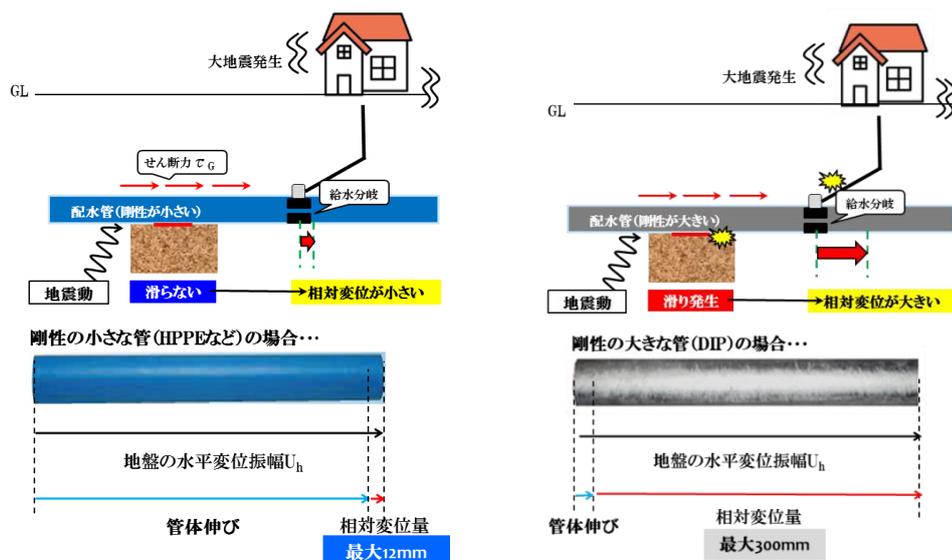


図-12 配水管の種類と地震時挙動

Ⅷ. 給水装置材料の比較・検証について

本委員会では、各参加水道事業体へのアンケート結果及び調査報告書、各団体への耐震化に向けた状況などについてまとめ、標準的に使用される給水装置材料について分析・比較を行った。

① 低密度ポリエチレン管（PP）（2層管）について

現在では、参加水道事業体の多くにおいて採用されており、他の管種と比べ、地震での被害も少なく調査報告書においても同様な傾向があることから、管及び継手については一定の耐震性を有していることが確認できた。

【メリット】

- ・施工・加工（接合）が容易（少ない接合用具で接合できる）。
- ・柔軟性に優れている。

【デメリット】

- ・施工の確実性を保つためにトルク管理などが必要。
- ・有機溶剤などが浸透する恐れがある場所では使用できない。
（その場合については、溶剤浸透防止被覆PP管などを使用する。）
- ・地震により、管体破損（横割れ等）が発生した。
（但し、外観などでは単層管及び2層管の識別が難しい。）

【施工上の留意点】

現地立会い時や写真にて以下のことについて確認が望ましい。

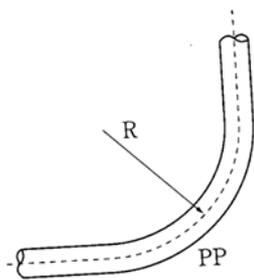
- ・継手インコア打ち込みの確実な実施。
- ・継手からの抜けなどを防止するために冷間継手時のトルク管理の実施。

（単位：N・m）

呼び径	13	20	25	30	40	50
標準締め付けトルク	40	60	80	110	130	150

表-1 PP継手の標準締め付けトルク

- ・口径に応じた屈曲半径に注意が必要である。
屈曲半径を超える場合については、適切に継手の設置などを行う必要がある。
（屈曲半径：低密度ポリエチレン管（PP）（2層管）の場合は管の外径の20倍以上となっている。）



口径(mm)	屈曲半径 R(cm)
13	45 以上
20	55 以上
25	70 以上
30	85 以上
40	100 以上
50	120 以上

図-1 ポリエチレン管（2層管）の屈曲半径（R）

② 高密度ポリエチレン管（PE）について

【メリット】

- ・長期耐久性に優れている。
- ・溶剤浸透の恐れが少ない。
（→管を被覆するポリスリーブを施すことが望ましい）
- ・E F 接合（電気融着）の場合、給配水管路が一体化することで耐震性が向上する。

【デメリット】

- ・施工、加工が複雑である。
E F 接合（電気融着）の場合、管切断の際にスクレープ処理・清掃作業を要し、接合時に特殊器具（接合用コントローラー）が必要である。
電気での接合のため、接合部に水分があると通電部の温度上昇の妨げや水蒸気の発生により融着不良となる恐れがあり、そのため雨天時や湧水時などの環境下での施工に課題がある。
- ・外形寸法が2種類存在する。
現時点では、口径 20mm 以上から製品が存在し、20mm を除き外径が I S O 規格に準拠した外径と J I S 規格に準拠した外径があり、これらの材料を使用することで、維持管理上や給水装置台帳の作成において問題が発生する。
- ・継手の規格は現時点では公的機関での認証品（規格品）ではなく、第三者認証品（民間団体規格）である。
長期に及ぶ耐久性がある高密度ポリエチレン管（PE）としての利点を活用していくためにも、管・継手類に関して統一された公的機関での認証品となることを切望する。

③ 塩化ビニル管（VP）について

【メリット】

- ・今回比較を行った材料の中で、安価である。
- ・質量が軽く、施工が容易である。

【デメリット】

- ・有機溶剤及び熱、紫外線に弱い。
- ・衝撃に弱く、特に凍結の際に破損が多い。
- ・調査報告書ではTS継手に関して、施工が容易である分施工の確実性が確認できないという報告が多かった。
- ・上記記載での事象を解消するうえで、接着剤の塗布や管の差し込み量及び挿入時の保持時間を遵守する必要がある。

■ TS接合の手順（呼び径13～40の場合）

1 管・継手の清掃

接着接合に使用する管は必ず糸面取りを行なってください。面が取れていないと接合時継手受口の接着剤を削り取ってしまい、抜けの原因となります。継手受口内面及び管差口外面を乾いたウエスなどできれいに清掃してください。特に土砂、水、油分は十分に拭き取ってください。



3 接着剤の塗布

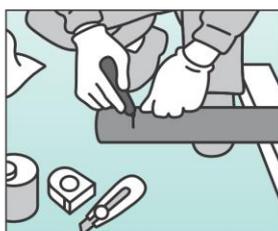
接着受口内面、管差口外面の順に薄く塗りムラや塗り洩らしのないよう、円周方向に均一に塗布します。管の標線以上にはみ出して塗らないよう注意してください。



接着剤の標準使用量		単位：g					
呼び径		13	16	20	25	30	40
使用量		0.8	1.0	1.3	2.0	2.0	2.4

2 標線の記入

サイズ13～40の管差し込み標線は管端より継手受口長さを測り、管体にマジックインキで標線を記入してください。

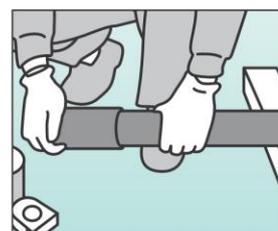


注) 標線位置は、管端から継手受口長さの位置としましたが、必ずしも継手のストッパーまで入らなくてもかまいません。

TS継手の受口標準長さ		単位：mm					
呼び径		13	16	20	25	30	40
継手受口長さ		26	30	35	40	44	55

4 挿入

接着剤を塗り終わったら、直ちに管を継手に一気にひねらず差し込み、下表の時間を目安にそのまま保持してください。



接合後、はみ出した接着剤を直ちに拭き取り、接合部に無理な力を加えないでください。

TS接合の標準保持時間		単位：sec
サイズ		40以下
保持時間		30以上

図-2 TS接合の施工方法

④ 波状ステンレス鋼管（CSST）について

【メリット】

- ・耐震性、可とう性に優れている。
- ・衝撃に強い。

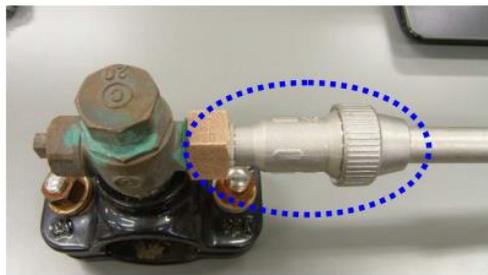
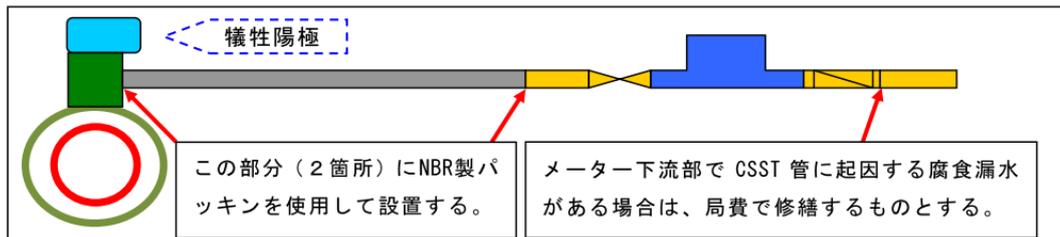
【デメリット】

- ・異種金属との絶縁処理が必要。
- ・絶縁処理を確実に実施しないと、電位差により腐食（電食）が発生し漏水の発生の可能性がある。
- ・他の管種と比較すると高価である。

《参考》 仙台市水道局（給水装置工事施行要領より抜粋）

【留意事項】

- 犠牲陽極はフィルム・ポリスリーブで被覆しないこと。
- 分水栓とCSST接続部及びCSSTと止水栓接続部には、NBR製パッキン付の絶縁機能付ソケットを使用すること。
- 標準的な施工方法は、下図参照のこと。



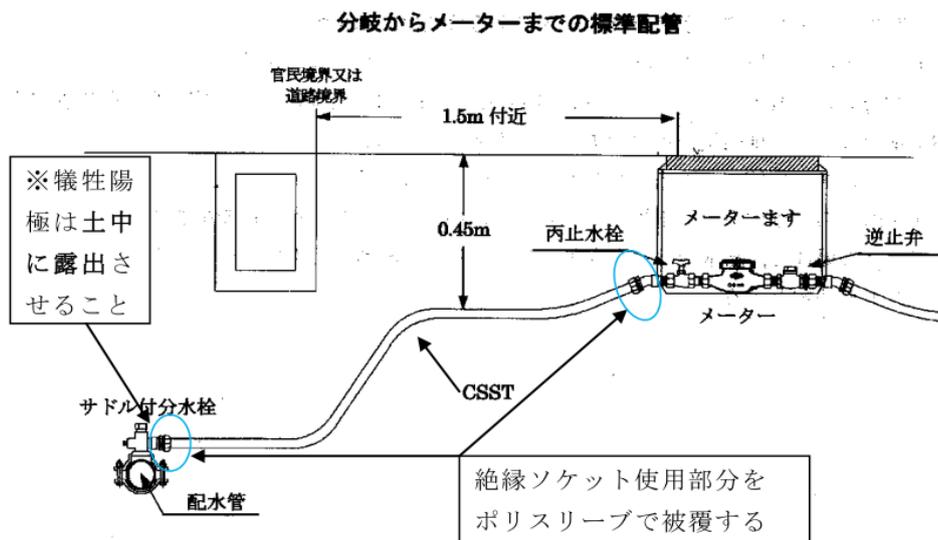
※挿入したソケット（分水栓及び止水栓とCSST接続部）
○絶縁用ソケット……絶縁リング付でソケット部分が砲金製であること。



○使用するパッキン……絶縁性を有する NBR 製を使用すること。

ステンレス管接続部ポリスリーブ装着施工標準図

(CSST φ20 の場合)



項目	管種	PP(1種2層管)	PE	VP	CSST
素	材	PE50 (低密度) 	PE100 (高密度) 	ポリ塩化ビニル 	 SUS304、316
外	法	JIS K 6762	メーカーで異なる	JIS K6741	JWWA G 119
(寸				
規	格				
)					
継	手	主に冷間継手	主に電気融着継手	接着剤を用いたTS接合	伸縮可とう式継手など
メ	リ	①施工・加工が容易 ②柔軟性に優れる ③可とう性、耐衝撃性、耐寒性に富む	①長期耐久性に優れる。 ②溶剤浸透が少ない ③管路が一体化できる(EF接合の場合)	①安価で購入できる(経済性) ②施工が容易	①耐震性・可とう性に優れている。 ②衝撃に強い
ッ	ト	④施工の確実性を保つためにトルク管理が必要 ⑤溶剤が浸透するようなどころでは使用できない、その場合は溶剤浸透防止被覆PP等を使用する。 ⑥極まれに管体破損(横割れ等)が発生する	④施工・加工が複雑 ⑤施工に特殊器具が必要 ⑥管・継手の規格は現段階では民間団体規格 ⑦EF接合の場合漏水時や湧水時の施工が難しい。 ⑧メーカーによって外径が異なるため、材料の使用について注意が必要(呼び径20以外)	③有機溶剤に弱い ④衝撃に弱い(一般用) ⑤施工が容易である分、調査報告書では施工の確実性が確認できない報告が多かった。	③高額である。 ④異種金属との絶縁処理が必要
テ	メ				
リ	リ				
ッ	ッ				
ト	ト				
性	性	○	○	◎	×
性	性	○	△	○	○
被	害	ある	ない	多くある	ない
施工者とわられるもの		<ul style="list-style-type: none"> トルク管理(管理不足により漏水の発生の可能性) 曲げ配管に対する管理(必要な継手を避けて、経費削減を図る場合が多い) 	<ul style="list-style-type: none"> 管の切断時などにスクレーパー処理、掃除が必要 基本的にはコントローラが施工するため、管理が必要はないが、施工について時間がかかる。 	<ul style="list-style-type: none"> TS接合時では、接着剤の塗布や差し込み量及び挿入時保持時間を遵守する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 絶縁処理を確実に実施しないと、電位差により電食が発生し漏水の発生の可能性がある。

Ⅸ. 委員会からの提言

耐震材料の定義は、国や日本水道協会として給水装置材料等の耐震設計法などが確立していないため、はっきりと明言はできないものであるが、各資材協会などの団体では、独自の耐震性向上の研究が進められている。

今回、調査を行った「低密度ポリエチレン管（PP）2層管」及び「高密度ポリエチレン管（PE）」に関しては、関係団体などからの聞き取りにより、一定の耐震性を有している管種として確認ができた。

また、東日本大震災及び熊本地震において、被害の報告がなかった「波状ステンレス鋼管（CSST）」についても一定の耐震性を有している管種であると評価ができると考える。

① 水道事業体としての取り組みについて

（１）給水装置材料の指定

水道事業体としては、各自治体（水道企業体）の条例で規定することにより配水管分岐部から水道メーターまでの区間に関し、給水装置材料を指定することができる。

震災時などで給水装置が被害を受けた時に、他水道事業体が応急復旧する際、迅速に修繕対応できるように各水道事業体で統一した規格の共通の材料を指定することが望ましい。

（２）修繕範囲の拡大

地震に起因する２つの給水装置被害状況報告書では、被害の多くが「経年劣化」とであると報告されている。

今回調査した水道事業体では、第一止水栓もしくは水道メーター付近までが漏水などの際に水道事業体が負担する修繕対応範囲としている。

漏水事故の縮減と有効率の向上のために、部分修繕ではなく一括修繕が望ましい姿ではあるが、各水道事業体としても財源に限りがあるために全ての水道事業体で一括修繕は困難である。

そのため、費用負担に関しても耐用年数などを設定し、年数を超えたものに関しては、第一止水栓までの修繕、それ以降に関して需要者負担とするなど費用区分を明確化するのも一つの手段と考えられる。

また、早期の老朽管解消を目的として、水道事業体が工事費を一部助成する制度の創設などにより、需要者にも給水装置の適切な管理について理解していただく仕組みづくりも重要である。

(3) 施工方法の確実性

給水装置被害状況調査報告書では、「施工の確実性が確認できない」ものが被害として多くあったことから、水道事業体として施工事業者に対し、技術研修会を開催して施工方法を周知すること、竣工検査時や立ち合い時などに継続して技術的な指導を実施していくことが必要であると考ええる。

給水管などの埋設部に関しては、竣工検査時に現地で確認できないため、写真による現場管理の徹底など検査体制の充実が求められる。

② 需要者及び指定給水装置工事事業者に対して

給水装置は、需要者の財産である。そのため、需要者には給水装置の適切な管理が課せられている。そのことを理解していただきながら、日々点検や更新などをしていかなければならないものと考ええる。

また、指定給水装置工事事業者に関しては、需要者と連携し適切な維持管理の協力を行うとともに、給水工事時には適切な工法(施工方法)で施工を実施することが求められる。

③ 製造者（メーカー）に対して

現在多くの製造団体では、耐震化への取り組みを強めている。低密度ポリエチレン管（PP）に関しては給水システム協会が制定、規格化した「WSA」について、JIS規格品との併用ではなく、「WSA」の基準に関してJIS規格に追加し、資材の規格を統一することを期待する。

また、高密度ポリエチレン管（PE）に関しては、給水管では外径がメーカーで異なっている状況である。外径が異なることで、給水装置台帳に材料規格などを明記する必要がある。また、互換性がある継手などの使用が発生し、維持管理などに支障をきたすことが予想される。

高密度ポリエチレン管（PE）の関連団体では、外径の規格統一を期待したい。

④ 国もしくは日本水道協会に対して

現在、国、日本水道協会では給水装置については耐震設計法が確立されていない。

製造団体で、耐震化の取り組みを強めても、現状下では国からの耐震についての根拠がない中での取り組みとなってしまうため、それを解消するためにも、早期の耐震設計法の確立の実現に期待する。

耐震設計法が確立することで、その設計基準に基づいた製品を開発することができ、水道事業体としてその製品を指定材料として承認をすることが可能である。

そのことにより、給水装置耐震化への取り組みが強められていくと考えられる。

⑤ 耐震性を有する給水装置材料に関して

多くの水道事業体で指定材料として使用していると思われる「低密度ポリエチレン管（P P）2層管」と「高密度ポリエチレン管（P E）」に関しては、管（装置）自体も耐震性を有していることが確認できた。

耐震性能向上のために材料の変更は必要ないと考えるが、継手に関しては、今回調査した水道事業体での使用が「冷間（金属）継手」であることから、耐震性能を向上した「W S A規格」の継手の使用を推奨する。

接合方法では「融着継手（E F接合）」とすることで管路が一体化でき、耐震性能が向上するものと考えられるが、初期投資で専用の工具などを準備する必要があるといったコスト面での課題や、水場での施工性について解決すべき課題があることから、今後「融着継手」への切り替えなどについては十分な検討が必要である。

また「波状ステンレス鋼管（C S S T）」に関しては、他の材料と比較すると高額であるというコスト面での課題が大きく、また異種金属と接続する際に絶縁処理が必要といった施工上のデメリットがあるが、一方で、可とう性や耐震性などに優れていることから、使用（採用）に関しては十分な検討が必要であると考えられる。

X. おわりに

本委員会は、「耐震性を考慮した給水装置材料について」を研究テーマに平成29・30年度の2カ年で計7回の委員会を開催し検討を行ってきた。

平成23年の東日本大震災を経験した東北地方の水道事業体として耐震性を考慮した給水装置材料を検討することは使命である。

地震に関しては、突然襲ってくる災害であり、地震災害に対する備えは、常に行わなければならないものである。

関係団体などでは、耐震性向上に向けた研究をし、性能や製品を改良したものが発売されているが、国や日本水道協会では給水装置に関する耐震設計法の確立がされていない為、各水道事業体としては製品の取扱いに苦慮している現状である。早期の給水装置に関する耐震設計法の制定を期待する。

全国的に配水管の耐震化が進む中で、今後は「給水装置の耐震化」に取り組んでいかなければならない。給水装置を含む水道施設が耐震化されることで、災害時にも「命の水」としてのライフラインを確保することができる。

震災を教訓に給水装置被害状況が取りまとめられている。被害が多い給水装置に関しては、需要者の財産であるが、震災時の漏水のリスク軽減のためにも各水道事業体が技術開発の進んだ給水管や給水用具を用いて、老朽管更新事業と併せて水道メーターまでの給水管についても更新していく、あるいは個人で給水引き込み部を更新される場合の費用に活用できる助成制度を創設するといったことも今後考えていく必要がある。

この報告書が「耐震性を考慮した給水装置材料」を検討していくにあたって参考の一助になれば幸いである。

最後に、研究テーマに資料や知見の提供に協力いただいた（公財）給水工事技術振興財団を主とする各関係団体の皆様に感謝の意を表します。

各関係団体（順不同、敬称略）

- ・ 給水システム協会
- ・ 日本ポリエチレンパイプシステム協会
- ・ 配水用ポリエチレンパイプシステム協会
- ・ 建築設備用ポリエチレンパイプシステム研究会

■給水装置研究委員会 委員名簿

(順不同、敬称略)

(平成29～30年度)

委員長	仙台市水道局 給水部給水装置課 給水装置係長	横 橋 勇太郎
副委員長	福島市水道局 給水課 給水装置係長	齋 藤 勝 士
委員	青森市企業局 水道部施設課給水装置チーム 主査	山 田 文 彦
〃	八戸圏域水道企業団 給水装置課 主幹	山 日 勉
〃	秋田市上下水道局 給排水課 副参事兼審査係長	鈴 木 正 人
〃	横手市水道部 水道課 主査	黒 政 宜 大
〃	盛岡市上下水道局 上下水道部給排水課 審査係長	工 藤 英 明
〃	岩手中部水道企業団 給配水課 給水係長	平 賀 聡 樹
〃	山形市上下水道部 給排水課 主幹	鈴 木 純 一
〃	鶴岡市上下水道部 水道課給排水係 専門員	吉 野 浩
〃	塩竈市水道部 工務課 お客様相談係長	木 皿 光 浩
〃	郡山市上下水道局 お客様サービス課 主任技査兼給水装置係長	齋 藤 彰
(前委員)	鶴岡市上下水道部 水道課 給排水係長	本 間 悟
〃	福島市水道局 給水課 課長補佐兼給水装置係長	田 村 正
事務局	仙台市水道局 給水部給水装置課 給水装置係	齋 藤 誠
〃	仙台市水道局 給水部給水装置課 給水装置係	大 堀 徹
〃	仙台市水道局 給水部給水装置課 設備指導係	鈴 木 広 昭

(前委員の職名は委嘱当時の職名による)

平成 30 年度 給水装置研究委員会（撮影日 H30. 11. 21）



（後列左から）

工藤委員 鈴木（正）委員 黒政委員 山日委員 山田委員 吉野委員 鈴木（純）委員

（前列左から）

齋藤委員 齋藤副委員長 横橋委員長 木皿委員 平賀委員

平成 29 年度 給水装置研究委員会（撮影日 H30. 2. 22）



（後列左から）

工藤委員 鈴木（正）委員 黒政委員 山日委員 山田委員 本間委員 鈴木（純）委員

（前列左から）

齋藤委員 田村副委員長 横橋委員長 木皿委員 平賀委員

