

第 26 回 水道事例発表会

とき 令和 6 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26回水道事例発表会 日程

期 日 令和6年8月22日(木) 13:00～18:00
令和6年8月23日(金) 9:00～11:50
場 所 福島県福島市「ホテル福島グリーンパレス」
〔瑞光の間〕

【1日目】8月22日(木)

12:00～13:00 受付
13:00～13:15 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
13:15～14:15 事例発表(4題)
14:15～14:20 休憩
14:20～15:20 事例発表(4題)
15:20～15:30 休憩
15:30～16:30 事例発表(4題)
16:30～16:35 休憩
16:35～17:50 事例発表(5題)
17:50～18:00 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 事例発表(4題)
10:05～10:15 休憩
10:15～10:45 事例発表(2題)
10:45～11:30 東北地方支部三研究委員会 報告
11:30～11:45 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
11:45～11:50 事務連絡／解散

事 例 発 表



第26回水道事例発表会 発表順序

《1日目》 令和6年8月22日(木)

(発表時間)	NO.	(題名・所属・発表者)		
13:15 ~ 13:30	①	緊急遮断弁運用における検討事例 ~作動条件、及び地震時の挙動~ 福島市水道局	藤田 充	P 1
13:30 ~ 13:45	②	適切なバルブ操作力を体感し習得するための教材開発 仙台市水道局	川村 澄志	P 4
13:45 ~ 14:00	③	新庄最上地区水道協議会の取組み 新庄市上下水道課	小沼 睦	P 7
14:00 ~ 14:15	④	鉄道横断箇所の配水管整備事例報告 盛岡市上下水道局	佐々木 駿	P 10
14:20 ~ 14:35	⑤	衛星画像解析を活用した漏水調査手法 秋田市上下水道局	菅原 凜	P 13
14:35 ~ 14:50	⑥	仮設配水池を使用した管路更新工事の施工事例-浅虫配水池場内配管更新工事- 青森市企業局	石岡 壮一 寺嶋 智礼	P 16
14:50 ~ 15:05	⑦	環境部局と共同で構築するAI技術を応用した温暖化予測モデル 郡山市上下水道局	木村 和貴	P 19
15:05 ~ 15:20	⑧	仙台市における近隣事業者との連携事例 仙台市水道局	鹿野 健太	P 22
15:30 ~ 15:45	⑨	オートジャーテスタを活用した凝集剤注入量低減化 盛岡市上下水道局	大崎 瑞希	P 25
15:45 ~ 16:00	⑩	メンテナンスフリー化を目指した配水池改良工事の事例 仙台市水道局	早坂 浩	P 29
16:00 ~ 16:15	⑪	広域連携による衛星の画像解析技術を活用した管路診断 会津美里町建設水道課	谷澤 貞倫	P 32
16:15 ~ 16:30	⑫	膜ろ過設備の差圧異常上昇への対応 横手市上下水道部	木村 悠航 高橋 慎一郎	P 35
16:35 ~ 16:50	⑬	高度浄水施設活性炭吸着池下部集水装置破損から修繕まで 山形市上下水道部	鎌水 善昭	P 38
16:50 ~ 17:05	⑭	鉛製給水管の使用有無の判定 仙台市水道局	山田 紗也	P 41
17:05 ~ 17:20	⑮	オンライン化による効果の二酸化炭素排出削減量の数値化 福島市水道局	遠藤 大介	P 43
17:20 ~ 17:35	⑯	馬淵川系導水管更新工事の事例紹介 八戸圏域水道企業団	立花 大地	P 46
17:35 ~ 17:50	⑰	「かび臭原因物質」増加への対応 石巻地方広域水道企業団	及川 敬義	P 49

《2日目》 令和6年8月23日(金)

(発表時間)	NO.	(題名・所属・発表者)		
9:05 ~ 9:20	⑱	シールド工法による大口径水管橋の更新 秋田市上下水道局	佐藤 良人 丹後谷 啓	P 53
9:20 ~ 9:35	⑲	水質安全モニター異常感知時対応訓練について 青森市企業局	坂田 渉 大高 貴文	P 56
9:35 ~ 9:50	⑳	水安全計画を活用した夏季における残留塩素濃度低下への対策事例 盛岡市上下水道局	佐々木 優樹	P 59
9:50 ~ 10:05	㉑	寒河江市水道施設浸水対策計画 寒河江市上下水道課	小畑 智一	P 62
10:15 ~ 10:30	㉒	福岡浄水場炭酸ガス注入設備の改良工事 仙台市水道局	高橋 太一	P 65
10:30 ~ 10:45	㉓	茂庭焼松山浄水場における維持管理に関する報告 福島市水道局	齋藤 良平	P 69

◆ 参考資料 《これまでのMIP -Most Impressive Presentation- 賞 受賞論文一覧》 P 72

緊急遮断弁運用における検討事例 ～作動条件、及び地震時の挙動～

福島市水道局 ○藤 田 充

1. 緊急遮断弁の概要

1-1 福島市における緊急遮断弁の運用

当市では地震発生時等、大規模漏水時における水の確保を目的として、拠点となる受・配水池の出口に緊急遮断弁（以降、緊急弁）を設置し運用している。導入は平成17年度からで段階的に整備を進め、現在は14箇所を設置されているものである。運用基準としては市内を5つのブロックに分け、1人1日当り3ℓで3日間分の水（9ℓ）を確保できるものとしており、平成23年の東日本大震災の際には、市民の生活用水確保に大きく寄与した。

1-2 緊急弁の動作原理と作動形式

緊急弁は設定された条件（過流量※1の一定時間継続※2）を満たすと“ウェイト”（おもり）によって機械的にバルブが閉められるというものであり、バッテリーを備えることで、停電時でも動作させる事ができる。

作動形式は大きく2種類に分類され、2槽式タンクに設置される全閉型、そして1槽式タンクに設置される中間閉型である。全閉型は文字通りバルブを閉め切ってしまうもので、2つあるタンクの片方の水をそのまま飲料水として確保し、もう片方の水は消火等用水として継続供給する。そして中間閉型はバルブを閉め切らず、調整された開度まで絞ることで、過剰な流出を制限するというものである。

※1 過流量の設定値は前年度における瞬時最大流量に係数1.3を乗じて求められ、原則的に年1回更新する。

※2 現時点での過流量継続タイマーの設定値は、全施設共通で1分間となっている。

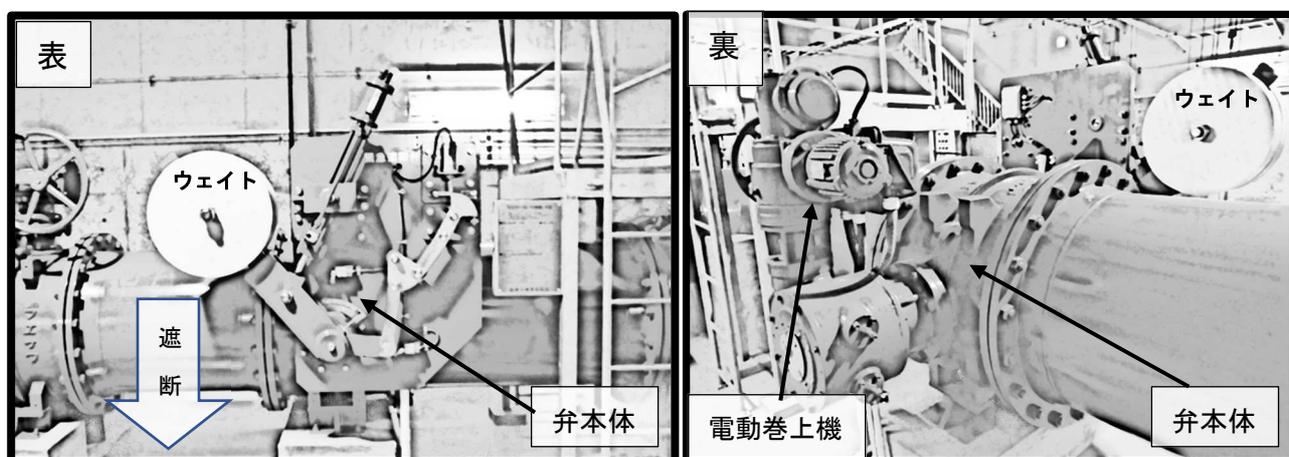


図1 緊急遮断弁外観

2. 地震発生時における誤作動

2-1 配水流量の瞬時急増

これまでの各受・配水池運用の中で、震度3を上回る地震が発生した直後に配水流量が瞬時に急増する現象（以下、瞬時急増）が確認されている。地震の規模によっては、過流量設定値を1分間超過し、大規模漏水等が発生していないにもかかわらず緊急弁が動作してしまう事態が度々発生した。この瞬時急増について検証を進めたところ以下の考察が得られた。

2-2 瞬時急増の傾向について

過去の震度3以上の地震発生時における瞬時急増の傾向を分析したところ、次のような特徴が確認された。

- (1) 基本的には揺れが大きいほうが増量幅は大きい。
- (2) 深夜早朝等の水が動いていない時間帯の方が増量幅は大きくなる。
- (3) 中心市街地を供給エリアに持つ**弁天山配水池**が最も挙動が大きく、逆に直接需要家に接続されていない送水系管路は影響を受けにくい。

これらの条件から、瞬時急増の主な原因として、**受水槽スロッシング**が疑われた。

2-3 瞬時急増時の弁天山配水池水系における圧力変動について

受水槽スロッシングは端的に説明すると、地震の揺れにより受水槽の水位が波うち、流入弁が一斉に開いてしまうことでエリア給水量が急増するという現象であるが、それが起こっているとすれば、供給圧力にも何らかの変動が生じているはずである。それを確認するため、常設されている水圧自記録計のデータを確認した。

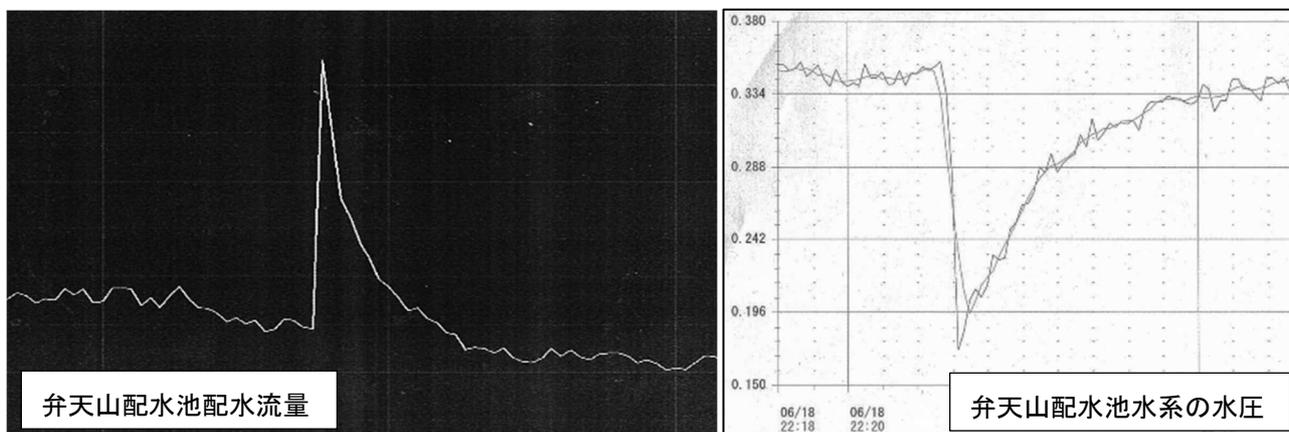


図2 2019年6月18日22:22頃発生
山形県沖地震（福島市の震度4）時のトレンドグラフ

図2から分かるように、地震直後より急増する配水流量とリンクするようにエリアの水圧が急下降していることが見て取れる。このことから、特に受水槽の数が多い中心市街地を含んだ弁天山配水池水系においては、受水槽スロッシングが顕著に発生している事が推測され、過剰な瞬時急増の原因になっていると思われる。

2-4 瞬時急増の過渡傾向の分析

瞬時急増の過渡傾向を分析したところ、その多くは一瞬の跳ね上がりであることが分かった。

代表的な例として、図3を示す。

図3から分かる通り、地震発生後1分ほどでピークに達し、その後一瞬で急下降して地震発生後3分ほどで跳ね上がった量の約50%程度まで収束していることが分かる。なお、このような動きは他の同波形が現れるほとんどの受・配水池で類似していることが確認されている。

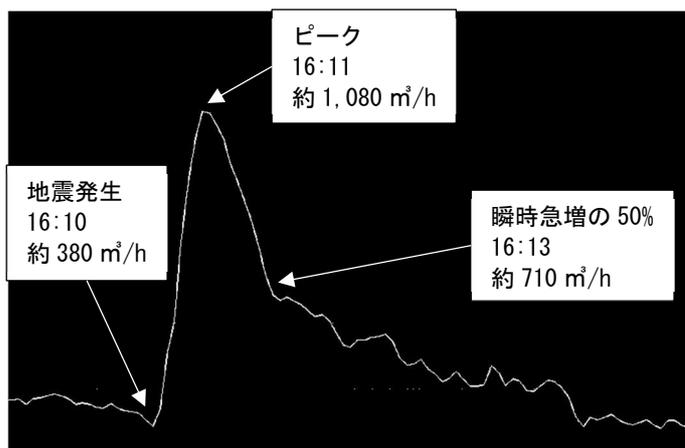


図3 瞬時急増の過渡傾向（弁天山配水池）

2024年1月1日16:10頃発生

能登半島地震（福島市の震度3）時のトレンドグラフ

2-5 誤作動抑制に向けた対応

瞬時急増による緊急遮断誤作動は、現状全ての受・配水池で共通としている1分間の過流量継続タイマー設定を3分程度に延長することで概ね回避できる可能性がある。しかし、2分間の延長は実際に大規模漏水事故が発生した際のリスクにもつながるものであり、弁天山配水池のような挙動の出やすい拠点に絞って設定変更を検討するなど、拠点の特徴に合わせた対応が必要である。ここで弁天山配水池を例にとり、過流量継続タイマーを1分→3分に延長した場合の影響について考察してみる。

令和6年度における弁天山配水池（確保容量1,750 m³）の過流量設定は1,180 m³/hであることから、仮説漏水量を1,200 m³/hに設定する。

①1分の場合 $1,200 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow 20 \text{ m}^3/\text{min} \times 1 \text{ 分} = 20 \text{ m}^3$ （確保容量の約1.14%）

②3分の場合 $20 \text{ m}^3/\text{min} \times 3 \text{ 分} = 60 \text{ m}^3$ （確保容量の約3.43%）

①と②の差 40 m^3 （確保容量の約2.29%）

上記の通り、延長した場合の漏水事故時のロスは確保容量の2%強に留まることから、十分に検討の範囲内にあることが確認された。

一方、別方向の検討要素として受・配水池の水位が充足している際は遮断をロックするという対策も考慮の余地がある。タンクの水位低信号と過流量の遮断信号でAND回路を構築するというものである。そうすることで、平常時の瞬間的な遮断トリガーは概ね無効化することが可能と思われる。

3. まとめ

今回の検証は最も挙動が大きい弁天山配水池にスポットを当て行ったものであったが、その他の受・配水池においてもそれぞれの特徴があり、個別に検証を進める必要がある。

なお、将来的な水需要の変動にリニアに追従していくことが要求されることから、現況に甘んじることなく、より理想に近い作動条件を追求し、改善に向けた取り組みを強めていきたい。

以上

適切なバルブ操作力を体感し習得するための教材開発

○仙台市水道局 川村 澄志
森 勇太
佐々木 裕弥

1. はじめに

水道管に付属する手動仕切弁（以下、バルブ）は、特定区間を断水するために使用するものであり、水道施設の維持管理において、バルブの開閉操作は重要な作業のひとつとなっている（図 1.1）。バルブ操作は、キャップに開栓キーを差し込み、人の力で回転力（以下、トルク）を加えるものであるが、負荷されるトルクは従事者により大きく異なる。

本報では、バルブを適切なトルクで操作するための教材開発を試みた過程と、その教材での研修状況について報告する。

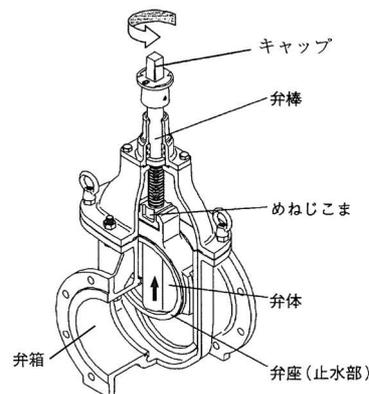


図 1.1 仕切弁動作の仕組み¹⁾

2. これまでの取り組み

(1) バルブ操作の問題点

現場でのバルブの全閉操作では、完全止水を意識するあまり過剰なトルクを加えることが少なくない。一方、バルブに必要以上のトルクを加えると、弁体をはじめ弁棒や弁箱などに不具合が発生し、次の開閉操作に支障をきたすことがあるだけでなく、外部漏水を招く恐れもある。不具合の程度によっては、その上流または下流のバルブを操作しなければならず、断水等の範囲が拡大し、より多くのお客さまに影響を及ぼすことになる。

管路と一体的に整備されるバルブの不具合は、事業者にとって資産管理や施設保全、非常時対応の観点から重要な課題と考えられる。

(2) バルブの基礎知識と操作研修

本市では毎年、給配水系の技術職員を対象としてバルブの構造についての座学と、実際の作業を想定した操作研修を行っている。座学では、バルブを操作する際の適切な力加減を判断するための指標として、日本水道協会規格が口径ごとに定めているトルク [N・m] についても学習している（表 2.1）。しかし現在のところ、実際に発生するトルクを開栓キーで体感するための設備はなく、職員が自ら生み出す具体のトルク値を知る手段はない。

表 2.1 バルブ開閉トルク

呼び径	規格値（単位：N・m）	
	最大開閉トルク	破壊危険トルク
50	60	180
75	75	225
100	100	300
125	125	375
150	150	450
200	200	600
250	250	750
300	300	900
350	325	975
400	350	1,050
450	425	1,275
500	525	1,575

3. トルクを体感するための教材開発

(1) 開発の経緯

日本水道協会の水道用バルブ類維持管理マニュアル¹⁾には、開栓キーを握る手の位置別に作業従事者が発生させられるトルク値の目安が例示されている（表 3.1）。しかしながら、従事者が実際に



表 3.1 開栓キー出力トルク¹⁾
一人で操作の場合

L ₁ cm	T ₁ N・m
60	390
40	300
20	170

発生させられるトルクは、開栓キーを持つ姿勢、筋力や体格など様々な要因により一定ではない。

そこで、職員の力加減と発生トルクの関係を実タイムに可視化することで、適正なトルクを体得するための研修用教材を安価に開発できないか検討することにした。

(2) 市場の情報収集

一般にトルク管理にはトルクレンチを使用するが、普段使用する開栓キーと一般的なトルクレンチをそのまま組み合わせることはできない。市場調査の結果、アナログのトルク計付き開栓キーを製造販売している角田鉄工(株)にたどり着いた(図3.1)。しかし同社の製品は、バルブの最終閉め込み手前までを開栓キーで操作してからトルク計部分のハンドルに持ち替えて増し締めするものであった。ゆえに、自身のトルクを確認するための研修には不向きだと考えられた。

さらに調査を進めたところ、手持ち工具をトルクレンチ化するための製品で、トルク計内蔵アダプター(以下、アダプター)の存在を確認した。この製品は、負荷されたトルク値を実タイムでデジタル表示できるうえ、あらかじめ設定したトルク値でアラーム音を発生する機能も備えている。

本市は、角田鉄工(株)(以下、同社)に対しトルク計付き開栓キーを改良することができないかを問い合わせたところ、同社と試作品を共同開発することになった。

(3) 試作品の概要とレビュー

試作品は、普段使用しているハンドル長60cmの開栓キーに取り付けるために、340 N・mまで計測可能なアダプターをキャップと開栓キーの間に設置する構造(以下、初期型)とした。また、トルクを体感するために使用するバルブは、木製パレットに固定したダミーキャップとしている。このキャップをパレットの上で疑似的に閉操作することで、自身が発生するトルク値を体感できる仕組みとした(図3.2)。

初期型を評価するために、本市職員約30名を対象に、呼び径300mm(最大開閉トルク300 N・m)のバルブを全閉する想定で模擬操作体験を実施した。ところが、参加者の多くが最大150N・m程度のトルクに留まり、300N・mを発生させることのできる職員はいなかった。

参加者からは、自身が発生させているトルク値を確認することができ有益だったとの好意的な意見が出た一方、開栓キーのハンドル位置が高く力を掛け難いという構造的欠陥を指摘する意見も多く寄せられた。これは、実際の現場と異なりキャップが作業床と同レベルの位置にあることに加え、アダプターが追加されることでハンドル位置が胸付近の高さになったことが原因と考えられる(図3.3破線部分)。

初期型は、既存の開栓キーとアダプターを組み合わせ、なるべく安価に研修用教材の開発を狙ったものであるが、満足のいく物とはならなかった。



図 3.1 アナログのトルク計付き開栓キー



図 3.2 試作品の全体像

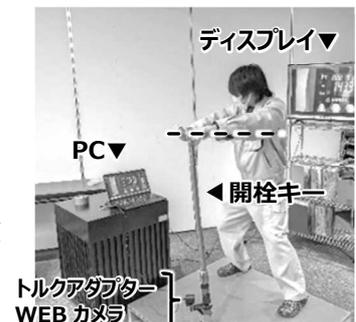


図 3.3 研修の状況

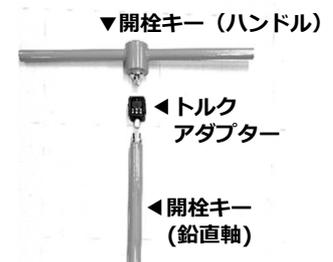


図 3.4 改良型の開栓キー

(4) 改良型の製作とレビュー

初期型に寄せられた意見を踏まえながら同社と議論を重ね、研修用途に特化したトルク計付き開栓キー（以下、改良型）の開発を進めることとした。改良型は、研修参加者がハンドル操作しやすいよう鉛直軸の長さを調整し、トルク値の直接視認ができるようハンドル直下にアダプターを配置している。

改良型も初期型と同様、評価のために本市職員による操作体験を兼ねた研修を実施したところ、多くの職員が $250\text{N}\cdot\text{m}$ 以上のトルクを発生させることができ、中にはアダプターの測定限界である $340\text{N}\cdot\text{m}$ を超えるトルクを発生させた参加者もいた。改良型は初期型と比較し、開栓キーとしての操作性が大きく改善したほか、自身の力加減によるトルク値の増減も随時視認することができるようになった。

参加者からは、より大きいトルク値の計測を望む声やアダプター前後の接続部のぐらつきなどの指摘が寄せられている。そこで、アダプターの軸が太い $1,000\text{N}\cdot\text{m}$ までのトルク計測ができる開栓キーを追加で配備し、それぞれの開栓キーを使用したバルブの操作研修メニューを考案のうえ、この4月に水道局に赴任した新任技術職員を対象として研修を行った（図3.4）。参加者からは、実技研修のおかげでバルブに対する理解が深まった、バルブ操作時のトルクが体験できてよかった、バルブ操作時は気を付けて操作するようにしたい、などの感想があった。



研修風景

最大発生トルクの体験

100 mmバルブでの 100N・m 体験

図 3.4 改良型での研修状況

4. むすびに

本市では、職員ごとの感覚による力加減では、バルブの呼び径と適正トルクの知識があっても、中には過大なトルクで操作し、バルブを破損させる事例も散見されている。従って、本教材を通じて多くの職員に、自身が発生させられるトルク値や口径ごとの適正な力加減を実際に体感してもらうことにしている。引き続き、より使いやすく耐久性の高い研修用教材の開発に取り組むことで、配水管網の適切な維持管理と、効果的な人材育成に繋げていきたい。

【参考文献】

- 1) 日本水道協会、水道用バルブ類維持管理マニュアル 2004 から引用
- 2) 水道バルブ工業会、水道用バルブ便覧（改訂五版）

新庄最上地区水道協議会の取組み

○新庄市 小沼 陸

1. 水道事業の概要

当市の上水道は昭和31年11月に給水開始し、給水戸数1,700戸、給水人口7,300人、計画給水量7,000 m^3 であった。

平成6年10月から最上広域水道より受水し、令和5年度末時点では、給水人口31,375人、給水世帯数13,172世帯、年間総配水量3,696,148 m^3 、1日最大配水量11,598 m^3 、1日平均配水量は10,099 m^3 、有収水量比率84.3%である。

経営・管理については、昭和43年から公営企業法の独立採算制の運営を実施している。

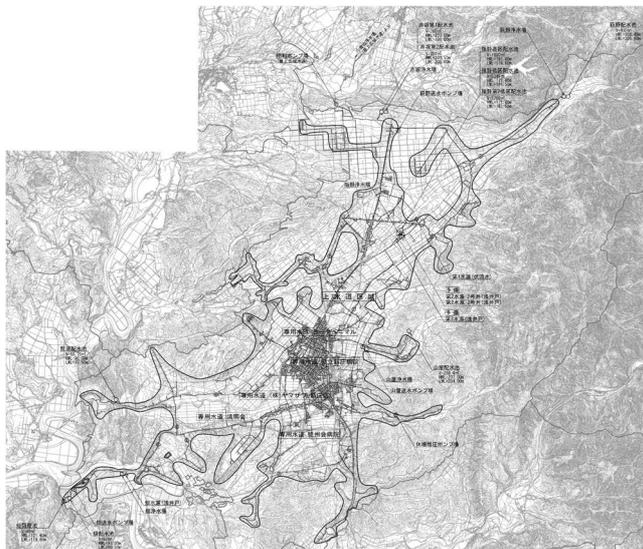


2. 水道施設の概要

当市の上水道については、神室ダムを水源とした広域水道を受水し赤坂水系、指野水系の2水系において給水している。

管種別延長については、導水管2,491m、送水管21,037m、配水管369,604mである。

基幹管路の内、耐震適合性のある管の割合が66.2%、耐震管の割合が20.4%となっている。



3. 最上地区の概要

1市4町3村の8市町村で形成され、面積は1,803 km^2 で県全体の約20%となる。給水人口は約73,000人、有収水量は1日当たり1.8万 m^3 、管路の耐震適合率は27.2%である。

最上郡内から通勤・通学で新庄市に通う方が多く、昼間人口率は1.1と大都市並みで、東北内で1位となっている。

4. 新庄最上地区水道協議会について

本協議会は最上8市町村に企業局最上電気水道事務所と最上保健所を加えた団体である。水道施設の整備改善向上と維持管理の強化を図り、



密接な連携を保つことを目的とし、平成2年に発足している。

平成28年度に広域連携の検討について承認され、定住自立圏形成協定に水道事業が加わった。
平成28年度以降毎年4回、担当者間で意見交換会を実施している。

5. 広域連携取組事例

本協議会の広域連携として、6つの取組みがある。

①視察研修

平成29年度に岩手中部水道事業団と宮城県塩釜市へ先進地視察し、事業団の経営を学んだ。
平成30年度の豪雨災害により新庄市と戸沢村の水道施設が被災した為、被害状況を視察した。
令和元年度に企業局施設視察を実施し、新型耐震管及び不断水工法の勉強会も実施した。
令和2年度に舟形町沖の原浄水場及び大蔵村肘折浄水場の膜ろ過設備を視察した。
令和4年度に管路の設計・施工一括発注方式の勉強会と、水道スマートメーター実証実験の勉強会を実施した。



②メーター共同購入

平成29年度に13mmから40mmのメーターを共同購入できないか検討した。規格が13mmショート・ロングの違い、平型式・回転式や下取り購入・新品購入と事業体によって採用しているのが異なる為、統一せずにそれぞれの単価見積を徴収した。

翌年平成30年度から4市町村により共同購入を実施している。

スケールメリットとし、大半の数量を占める13mmで1個あたり150円の削減、参加事業体全体では購入費17%削減することができた。

令和3年度以降については、全8市町村により共同購入を実施している。

③薬品共同購入

メーターと同じく、平成29年度に12%と6%の次亜塩素酸ナトリウムを共同購入できないか検討し、翌年平成30年度から3市町村により共同購入を実施している。

スケールメリットとし、特級12%で1缶あたり400円の削減、特級12%ローリー納入において、1kgあたり9円の削減、特級6%で1缶あたり400円の削減となっており、参加事業体全体では購入費13%削減することができた。



令和元年度以降については、5市町村で共同購入を実施している。

④水質検査共同発注の検討

令和元年度に8市町村一括での水質検査業務の見積徴収を実施したが、検査機関から業務量が大幅に増加することにより、検査機関側の受入れ態勢への設備投資、実際に契約する事業体数の不透明さ、単年契約へのリスク等の意見をいただいた。結果的に前年度の業務単価より大幅に上回りスケールメリットへ繋がらなかった。

次年度令和2年度に広域水道受水団体のみで同様の見積徴収を実施したが、事業体毎に検査項目が異なることを理由に、結果的に業務単価の削減には繋がらなかった。

今後、広域水道受水団体と企業局で検査項目を統一して発注できないか検討していく。

⑤給水工事事業者制度について

給水工事事業者制度の更新制導入に伴い、令和2年度に6市町村において、更新手数料の統一を図った。最上地区の工事事業者においては、複数の事業体に申請していることが多い為、事業体毎に手数料が異なる事への不満を防ぐことを目的とした。

今後、更新申請の受付や講習会実施場所の統一、工事事業者が工事申込等で提出する様式を統一できないか検討していく。

⑥普及率向上に向けた取組みについて

令和2年度に普及率向上に向けた取組みについて、金山町よりプレゼンいただき、勉強会を実施した。

令和3年度に最上8市町村において、水道普及率の調査を実施し未開栓世帯数を共有した。

今後、他市町村の取組み事例を調査し、助成制度の創設に向けて検討していく。

6. 広域連携取組みのまとめ

山形県水道広域化推進プランに係る協議の受け皿を本協議会として、広域的な施設の再編整備、ソフト連携を検討し、実現可能な基盤強化を推進していく。

最上地区では水道技術者が少ないことから、各事業者の施設維持管理や施設運転マニュアルを情報共有し連携していく。

民間と連携した技術講習会を継続して開催し、人材育成、技術の継承と向上を図っていく。

鉄道横断箇所の配水管整備事例報告

盛岡市上下水道局 ○佐々木 駿

1. はじめに

盛岡市では平成 30 年度に「盛岡市配水管整備基本計画」を策定（従前計画を見直し更新）し、「配水幹線整備事業」、「重要給水施設配水管整備事業」等 7 事業を柱に管路整備を進めている。（図 1）

より具体的な事業計画として、「水道施設耐震化計画（管路編）」を策定し、医療機関と要援護者収容施設を「重要給水施設」として抽出、災害時においても止まることの許されない配水管の「耐震化」と配水管ネットワーク構築の基礎となる「配水幹線整備」とを連動させながら整備している。併せて、減少する水需要に合わせた効率的な水運用を目的として、稼働中の浄水場 1 施設（中屋敷浄水場）を休止させる計画も進めている¹。（図 2）

今回報告する整備箇所は、DIP φ 500 の新設により「幹線の整備」と「水運用の効率化」を実現し、DIP φ 200 の整備により既設管（CIP φ 250（S9 布設、S57 内面被覆施工））を廃止し「配水管の耐震化」を実現するといった、複数の役割をもつ重要な箇所であり、また、配水幹線²と配水管³を上下 1 条 2 段で鉄道横断するという、盛岡市の水道工事としてはあまり経験のないものであったことから、その内容を報告するものである。

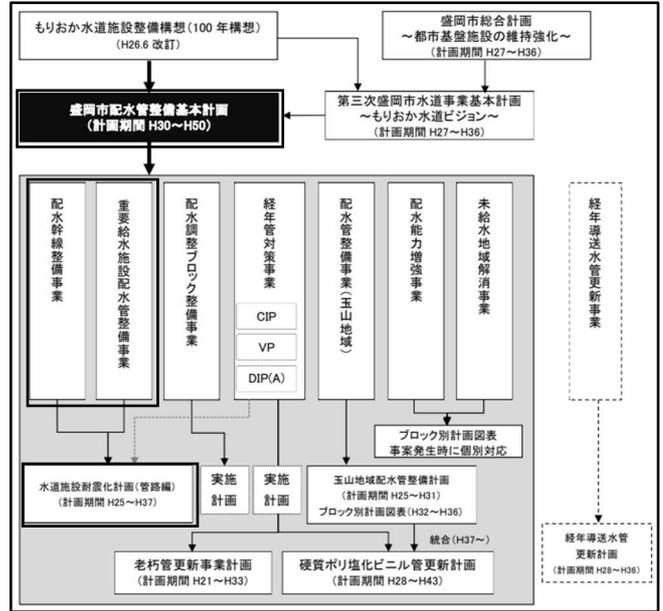


図 1. 盛岡市の水道管路整備事業体系図

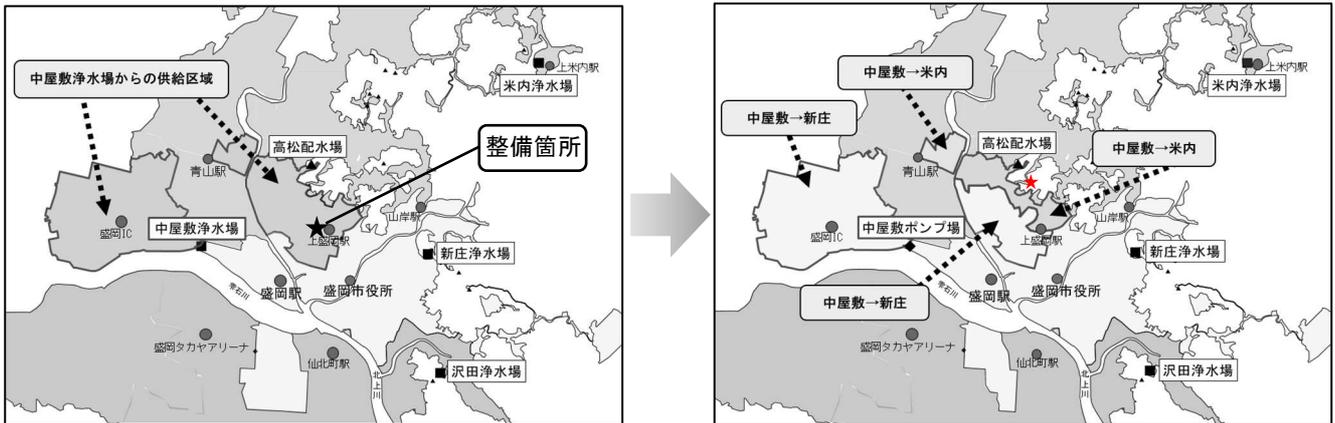


図 2. 盛岡地域水道水供給範囲図（中屋敷浄水場浄水処理停止比較）

※ 幹線を整備することで中屋敷浄水場供給エリアに新庄浄水場の水を供給することが可能になる。

¹ 中屋敷浄水場浄水処理停止：令和 5 年 2 月 28 日に浄水処理停止済。（浄水処理稼働期間：63 年）

現在は既存のポンプ施設を利用して「ポンプ場」として市内に水道水を供給し続けている。

² 配水幹線：盛岡市では口径 350mm 以上の給水管分岐のない配水管を幹線としている（＝配水本管）

³ 配水管：口径 350mm 未満の配水管（＝配水支管）

2. 鉄道横断箇所の整備事例(盛岡市上田一丁目～本町通三丁目)

(1) 現場条件

報告する整備箇所は盛岡市街地の中心部に位置し、周囲には医療施設、商業施設、飲食店、住宅が密集している。管路を埋設する市道は、道路幅が狭いうえ日中の交通量が多く、中央線のない朝時間帯一方通行道路である。道路内には既存の埋設物(各種情報通信線、ガス管、水道管、下水道管)が多く、JR山田線(単線)と交差しているため伏せ越し構造による近接施工を要する、盛岡市内でも比較的難易度の高い現場条件である。(図3)



図3. 整備箇所位置図

(2) 工事概要

交通影響等から日中の施工は不可能と判断し、21時～翌5時までの全面通行止め夜間作業で工事を実施、鉄道影響範囲は線路閉鎖手続きを行った。推進工は、土質条件、JR協議等から「泥土圧式」を選択。配水幹線と配水管の同時整備であること、現場スペースの制約が大きいことから、発進・到達立坑ともに鋼製ケーシング1セットによる上下2段の管路配置(1条2段)で整備を行った。(図4、表1)

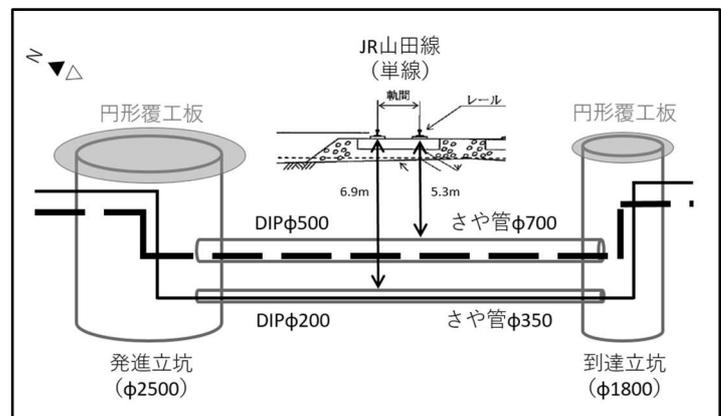


図4. 鉄道横断箇所整備イメージ

・配水幹線

さや管：小口径推進管 φ700

挿入管：DIP PN φ500 L=69.8m (キャストバンド使用)

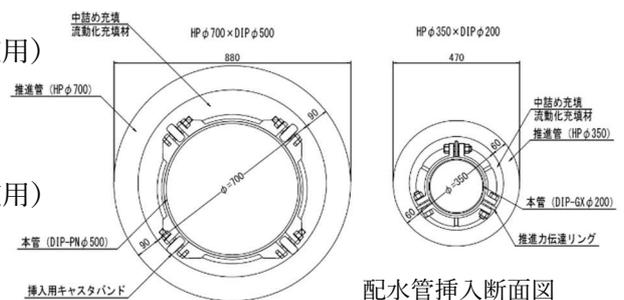
・配水管

さや管：小口径推進管 φ350

挿入管：DIP GX φ200 L=69.8m (推力伝達リング使用)

・発進立坑1箇所(鋼製ケーシング φ2500 H=7.8m)

到達立坑1箇所(鋼製ケーシング φ1800 H=7.2m)



配水管挿入断面図

表1. さや管構築検討

採用	構造	さや管必要内径	メリット	デメリット
○	1条 2段	φ700 φ350	横方向の施工制約を受けづらい コンパクトな立坑で済むため相対的に安価	立坑内配管作業のスペースが確保しづらい 埋設深が深くなる
×	2条 1段	φ700 φ350	立坑内配管作業スペース確保において優位	横方向の施工制約を受けやすい
×	1条 1段	φ1200	推進1工程でさや管を構築可能	外径1m以上の整備はJR委託施工 →時間的制約影響大

(3) トラブル事例

整備構想から設計、各所調整、現場施工と都度様々な困難があったが、事例として施工時に発生したトラブルをひとつ紹介する。

(事例) $\phi 700$ の推進が掘進 7m 位置で停止

(対応) 推進機を引き抜き、状況を確認。(資料 1)

(原因) 排泥取り込み口における粘土の固着。

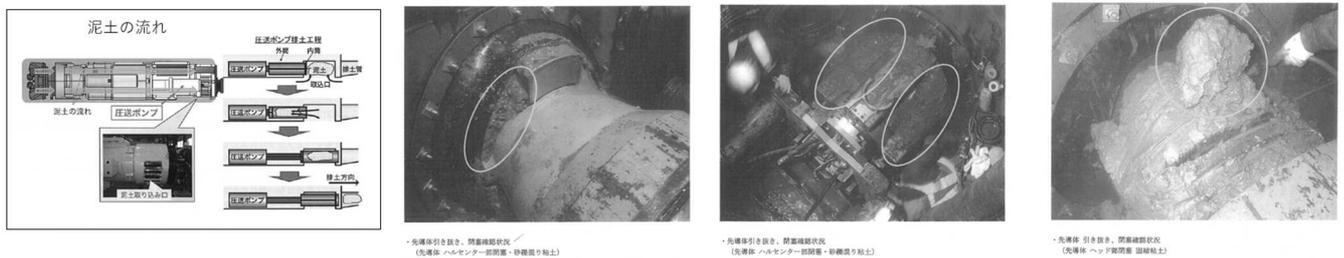
ボーリングデータから砂礫層を想定したカッターヘッド選定としていたが、上部の粘土層が推進機停止位置で沈み込み、粘土と砂礫の互層となっていた。

(解消) 推進機を清掃後、添加材注入率を上げて再掘進。

停止位置を押しきり、その後は計画日進量 (2.6m/日) で施工完了。

(経験) ボーリングデータは参考値。想定外の事態も覚悟しておく。

(線路直下での推進機停止は鉄道運行安全上許されないため、その前の停止で助かった。)



資料 1. トラブル対応時の報告書添付資料 (説明図・写真)

(4) 反省点

各種他機関等と事前に詳細な協議を済ませていたこともあり、準備の面では現場の負担を軽減できたと考えているが、鉄道特異工事と水道工事の複数工種という点で、次のような反省点があげられる。

- ・鉄道近接施工のため、鉄道特異工事業者による現場管理となったが、配置された技術者は鉄道工事のプロではあるが水道工事は全くの未経験であり、盛岡市水道工事の特色を理解いただくにあたり、細かな調整、時間を要した。(発注担当者の知識・能力の不足)
- ・下請業者もほとんどが県外業者であり、盛岡市の冬場夜間作業に慣れておらず、作業用水の凍結等、現場における寒さ対策が不足していた。現場環境のフォローにも注力すべきであった。

(工事期間: 令和 4 年 7 月～令和 5 年 8 月、酷暑期 (概ね 5 月～9 月) は掘削を伴う近接施工禁止)

3. おわりに

鉄道横断、輻輳する移設不可能な埋設物、交通影響の大きい市街地条件等、ひとつひとつは珍しい現場条件ではないが、いくつもの条件が重なった現場管理の難易度、整備計画における管路の重要度等、色々と言詰め込まれた、歴代担当も悩みが尽きない現場であった。しかし、当該箇所の整備により、将来を見据えた効率的な水運用、災害に強いまち盛岡として、また一歩前に進むことができた。水道クライシスが叫ばれる昨今、我々が構築した配水管網は 100 年後も機能を損なうことなく、たとえ災害があったとしても決して止まることなく、盛岡市民に水を届け続けてほしい。

最後に、鉄道横断箇所は時間を要する整備箇所であることが多く、悩まれる事業者は多いものと推察する。少しでもこの報告が業務の参考になれば幸いである。

衛星画像解析を活用した漏水調査手法

秋田市上下水道局 菅原 凜

1 はじめに

本市の給水人口は、令和5年度末現在 295,906 人、計画給水区域面積は 293.12k m²である。管路の総延長は 1,982km におよび、その内訳は導水管 3km、送水管 80km、配水本管 169km、配水支管 1,730km である。本市では、計画的な配水管整備や漏水調査により、有効率の向上を図っており、令和5年度末時点の有効率は 93.7%となっている。本市上下水道事業基本計画では有効率目標を令和8年度 95.5%と掲げ、水道施設の維持管理業務に取り組んでいる。

2 現状の漏水調査方法と問題点

本市では、給水区域全域を2年間で一巡するよう業務委託により漏水調査を実施しており、調査対象水道管は主に漏水の多い給水管とし、配水管は主要な道路直下部分のみ調査を実施していたが、この調査方法では、「作業量に対する漏水発見の割合が低い」、「配水管全体の調査が行えていない」等が課題となっていた。さらに、人口減少に伴う料金収入や職員数の減少、水道施設の老朽化などの課題も顕在化しており、今後も持続可能な水道サービスを届けるため、より効果的な漏水調査の実施による業務効率化が求められている。

本稿では、漏水発見効率の向上と業務効率化を目指し、衛星画像解析を活用した漏水調査（以下、本調査という）と、従来の調査方法を併用した本市の取り組みを報告する。

3 衛星画像解析を活用した漏水調査の仕組み

- ・衛星から地上に電磁波を照射した際、塩素を含む水道水固有の比誘電率を検知し、漏水箇所を把握（図1）
- ・電磁波は、地下 2.5m 程度まで透過し、反応があった水道水の塩基分を中心に半径 100m の漏水可能性がある区域を特定（図2）
- ・降雪地域では融雪剤（塩化カルシウム）による影響が懸念されるため、雪解け後の撮影を推奨

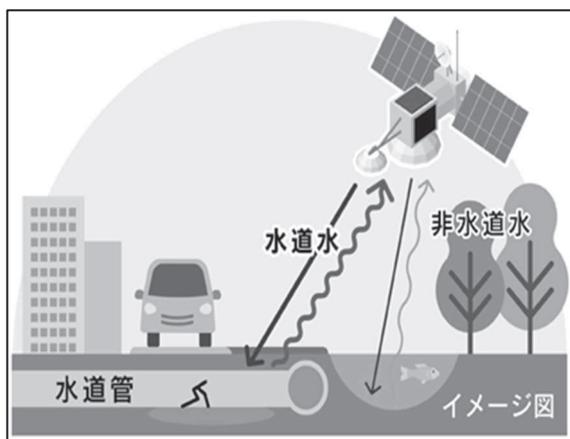


図1 衛星画像撮影イメージ

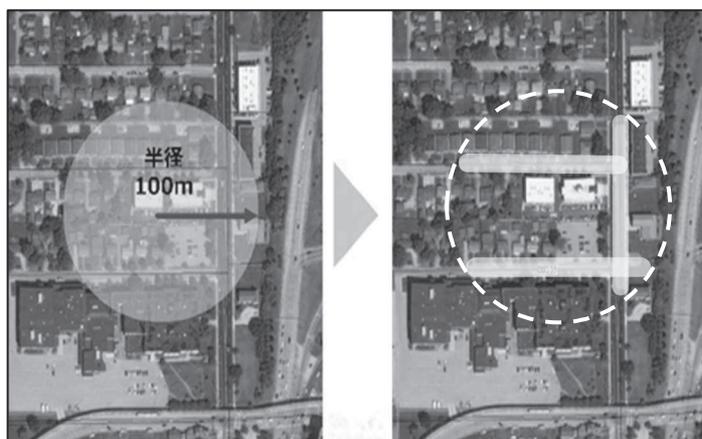


図2 検出された漏水可能性区域と対象管路

4 衛星画像解析結果と漏水調査計画

本市における本調査の対象となる管路延長は、給水管を含む全水道管延長 4,995km であり、管路延長における漏水可能性があると検出された延長は全体の約 12% に当たる 576.4km で半径 100m の円数は 890 箇所であった。

検出された漏水可能性区域は、本市で管理するマッピングデータ上に反映させ、住民からの漏水通報や、過去の漏水データと照らし合わせるようにした（図 3）。

衛星による画像撮影は令和 5 年 4 月 23 日に行い、検出された 890 箇所の漏水可能性区域は、同年から 2 年計画で漏水調査委託および直営により調査を実施することとした。

本市の給水区域は、配水ブロック化が進められており、漏水調査区域については、過去 10 年間の漏水件数が多いブロックを優先的に選定した。調査方法は戸別音聴調査、路面音聴調査および弁栓音聴調査とした。



図 3 本市マッピングデータ反映後

5 調査経過

令和 5 年度末までに、463 箇所の漏水可能性区域を調査した結果、137 箇所において漏水が確認された。漏水が確認された 137 箇所において 184 件の漏水を発見し、調査延長は 394.5km となっている（図 4）。

発見された 184 件のうち、配水管漏水が 1 件、給水管漏水が 183 件である。給水管 183 件の漏水内訳は道路漏水が 7 件、宅地内漏水が 176 件でありその内、メーターBOX 内漏水が 109 件であった（図 5）。

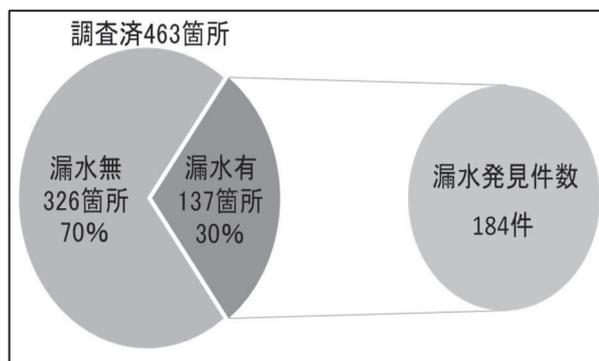


図 4 漏水発見件数

6 従来の漏水調査方法との比較

本調査は、1次調査で管内全域を衛星画像によりスクリーニングを行い、2次調査で検出された漏水可能性区域のみを音聴調査する。検出された漏水可能性区域内の配水管延長は全体の約 3 割となり、「調査範囲の縮小による漏水調査の効率化」や、「調査範囲の特定による調査精度の向上」が図れる。

調査延長に対する漏水の発見効率を比較するため、1 km 当たりの漏水箇所を算出すると、過去 4 年間の委託調査実績より、従来方式で 1 km 当たり 0.27 箇所であり、本調査導入後は、1 km 当たり 0.46 箇所と約 1.7 倍の成果が得られる結果となった。漏水の可能性のある区域を重点的に調査できるため、漏水発見効率が良いものと考えている（表 1）。

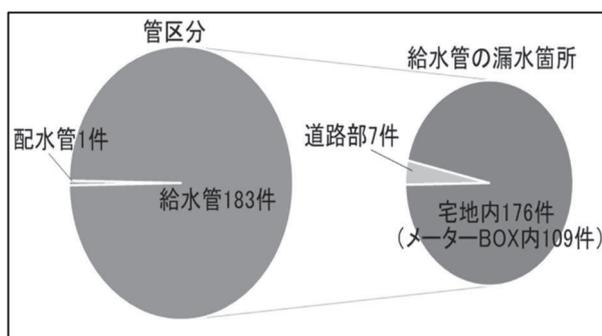


図 5 漏水管区分および給水管漏水箇所

表 1 従来方式と衛星併用方式の効果比較

	従来方式	衛星調査併用方式	衛星調査併用による効果
調査方法	管内全域を音聴調査 (60ブロックを 2年で一巡)	1次調査 管内全域を衛星画像により スクリーニング 2次調査 漏水可能性区域について 音聴調査	<ul style="list-style-type: none"> 調査範囲を絞ることによる効率化 調査範囲特定による調査精度の向上
年間調査延長	約990km/年 (配水管延長1,982km を2年間で調査)	1次調査：管内全域 2次調査：約576.4km (漏水可能性区域890箇所内 の配水管延長の合計)	<ul style="list-style-type: none"> 漏水の可能性のある区域を重点調査 (従来調査延長の約3割)
漏水発見効率	約0.27箇所/km (令和2～5年度委託実績)	約0.46箇所/km (令和5年度分)	<ul style="list-style-type: none"> 漏水発見効率の向上 (従来方式の約1.7倍) 早期の漏水発見

7 まとめ

本調査を令和5年度に試行し、2年間で検証を行っている。現在約半分程度の2次調査が終了したところであるが、調査延長や漏水発見効率について、一定の効果が得られたと評価している。

従来の作業員が漏水音を聴音して探知するアナログ手法では、一度の調査範囲が限られ費用も高額となり、管路全体に調査が及ばないため漏水管が放置されている状態となることも想定される。漏水管の放置は、浄水コストの浪費だけでなく、水道管の劣化による断水等の2次災害にもつながる恐れがある。本調査では、本市全体の水道管を一括で調査することができ、漏水可能性のある水道管を絞り込むことができる。これは、従来本市全域を行っていた聴音による調査労力を大幅に削減することに加え、調査期間の短縮による漏水の早期発見に貢献できると期待している。

その一方で、検出された漏水可能性区域において、漏水を発見できなかった箇所については、原因を分析し今後の課題として検証していく必要がある。また、ブロック単位の夜間最小流量による状態監視も行っていることから、本調査で得られたデータを活用し効率的かつ経済的な漏水調査方法を今後も探求していきたい。さらには、本市水道事業にもたらす投資収益も算定し、より良い水道サービスにつなげられるよう今後のデータ分析を踏まえ総合的に思索していきたい。

仮設配水池を使用した管路更新工事の施工事例 －浅虫配水池場内配管更新工事－

○石 岡 壮 一（青森市企業局水道部）
寺 嶋 智 礼（青森市企業局水道部）

1 はじめに

本市は、青森県のほぼ中央に位置し面積 824,61 km^2 の広さを持ち、北に陸奥湾、南に八甲田連峰、西に梵珠山に囲まれた自然豊かな都市である。平成 17 年 4 月 1 日に、旧青森市と旧浪岡町の合併により両水道事業を統合し、現在、本市水道事業は、計画給水人口 264,917 人、計画 1 日最大給水量 97,646 m^3 により事業展開している。

浅虫配水池は、本市の観光拠点である浅虫温泉街への配水を担っている重要な配水池である（写真 1）。当該配水池への送水を担っている浅虫系送水管は、昭和 46 年度に A 形ダクタイル鋳鉄管（ $\phi 300$ ）で総延長約 6.8 km 布設されており、基幹管路として耐震適合性が無い管路であったことから、早期に耐震化を図る必要があった。本市では、平成 24 年度から「浅虫送水管耐震化計画」に基づき、総延長約 6.5 km にわたり更新工事を進めてきたところであり、残るは配水池場内の管路を更新するのみとなっていた。

本稿では、配水池に接続している配管を更新するために仮設配水池を設置し、既設配水池を空にして場内配管を更新した事例（令和 4 年度施工）を報告する。

2 工法の検討

(1) 工法検討の条件

浅虫配水池の概要を表 1 に示す。本工事は、配水池場内の流入管、流出管及び道路に布設されているバイパス管が更新対象である（図 1）。既設配水池躯体との取合部は既設配管を撤去してからの配管となるため、既設配水池への水の出入りを止める必要があった。水道施設設計指針によると配水池の有効容量は計画一日最大給水量の 12 時間分を標準とする。当該配水池の配水量は 1,200 m^3 /日前後を推移していることから、工法を選定するにあたり仮設配水池の有効容量を最低 600 m^3 程度確保することを前提条件とした。

(2) 配水池の構造を活用した工法

はじめに検討した工法は、当該配水池は内槽と外槽の二重構造となっているため、一方を空にして片方で配水運用をしながら更新作業を実施する工法である。



写真 1 浅虫配水池全景（既設）

表 1 浅虫配水池概要（既設）

構造	PC円形二重構造 自然流下方式
寸法	内槽： $\phi 14.0\text{m} \times \text{H}4.7\text{m}$ 外槽： $\phi 20.0\text{m} \times \text{H}4.7\text{m}$
有効水深	4.0m
有効容量	1,150 m^3
用地面積	1,200 m^2

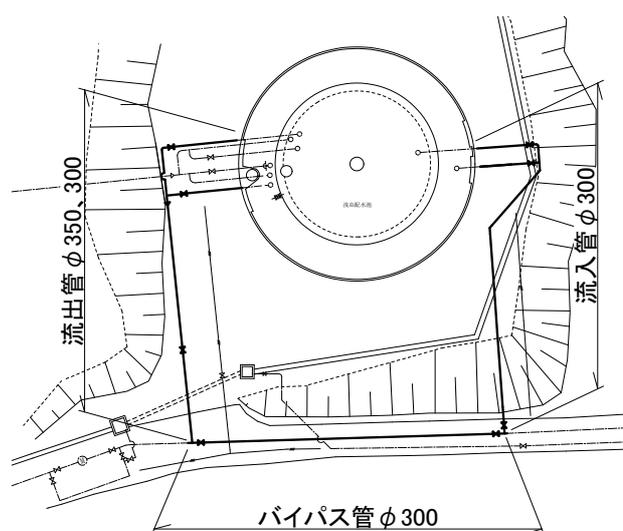


図 1 計画平面図

当該配水池の内槽と外槽の有効容量は、それぞれ 575m³ であり前提条件に近い容量を確保できる。ただし、この工法は配水運用や施工上の工程が複雑になることで工期が長くなり、現場作業が降雪期に入ってしまう恐れがあった。本市は全国的にも有数の多雪地帯であり、さらに当該配水池は、急勾配の除雪対象外道路の沿線に位置していることから、積雪により工事車両の出入りが困難になることが考えられた。また、内槽と外槽の連絡バルブの芯棒には多量の錆こぶが付着していることが目視で確認でき、バルブ操作によって錆こぶが剥離し配水池内に濁りを発生させることが容易に想像できた。さらには、内槽と外槽の切り替えのため既設バルブの操作が必須となるが、場内全てのバルブが長期間操作されていないことにより操作不能であり、止水も排水もできない状態であることが確認されたことから、この工法は施工困難と判断し、別の工法を検討することとした。

(3) 仮設工法

新たに検討した工法は、仮設配水池及び仮設管を設置し、既設配水池の内槽と外槽を同時に空にして更新作業を実施する工法である(図2)。

有効容量 600m³ 確保するため、表2に示した仮設配水池を2基設置する必要があり、仮設設置用地として 300m² 必要であったが、場内の法面を削り取ることで確保可能であった。この工法であれば既設配水池を一度に空にできるため、作業工程を3ヶ月程度短縮でき、降雪期前に既設配水池への復旧が見込まれた。当初検討した工法に比べ、仮設設置費用として約 3,300 万円の増額(直接工事費)となったが、施工可能であると判断し仮設工法を採用することとした。

施工手順としては、仮設配水池設置(写真2、3)及び仮設管設置→仮設配水池への切替→既設配水池排水→既設管撤去→新設管布設→既設配水池清掃→洗管・水圧検査→既設配水池水張・消毒作業→水質検査→既設配水池への切替→仮設撤去となる。

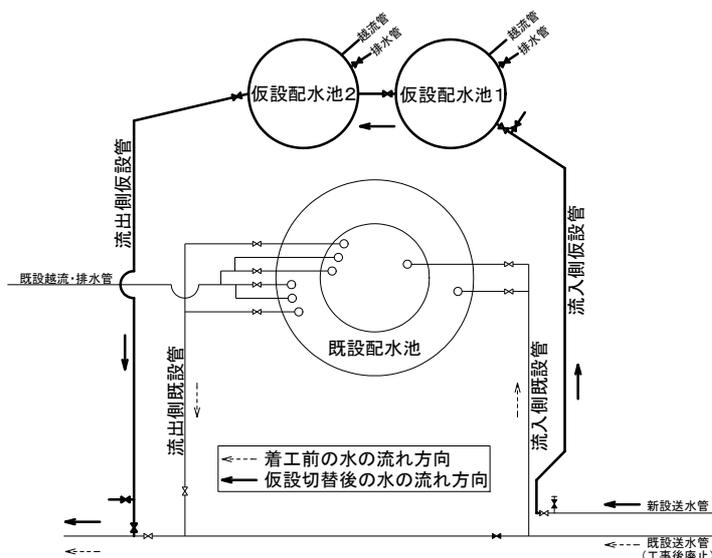


図2 仮設概要図

表2 仮設配水池概要

構造	ステンレス製 ボルト組構造型
寸法	φ9.23m × H4.892m
有効水深	4.5m
有効容量	300m ³ × 2基



写真2 仮設設置後全景



写真3 仮設配水池近景

3 施工における工夫と課題

(1) 施工における工夫

工夫した点としては、消毒作業時の次亜塩素酸ナトリウムの注入方法である。本工事における消毒作業は、1mg/L 程度の遊離残留塩素を含む浄水で配水池内を満たし、24 時間静置後の残留塩素濃度が 0.5mg/L 以上を保持することで消毒完了とした。仮設配水池の消毒作業は、浄水を満たす過程で 2 箇所の点検口(図 3)から有効塩素 12%の原液を数度に分けて、直接投入する方法で行った。満水になる前に配水池の表層及び底層の 2 箇所です採水、残留塩素濃度を測定したところ、採水箇所によって測定値に差が生じており、均一に混合されていない状態であった。このため、その後の送水量を増やし、攪拌作用を高めたところ均一に混合することが出来た。

既設配水池の消毒作業においても、仮設配水池と同様に、次亜塩素酸ナトリウムを均一に攪拌させることが課題となった。既設配水池は、図 4 に示すとおり点検口が流入口と正反対に位置していたため、特に外槽においては投入した次亜塩素酸ナトリウムが点検口付近に留まり、より混ざりにくいものと想定した。そこで、既設配水池の消毒作業では、原液を 10 倍程度希釈した溶液をポンプとホースを使用し流入口付近へ注入する方法としたところ(図 5)、採水箇所毎の残留塩素濃度のばらつきもなく 1mg/L 程度に残留塩素濃度を調整することができた。

(2) 今後の課題

当該配水池は平成 15 年に配水池内の清掃及び点検を実施しており、配水池周辺のバルブについて、概ね操作は可能な状態であったと記録が残されていた。そのため、バルブが動くことを期待していた

が、残念ながら全て操作不能の状態であったため、既設配水池の流入、流出及び排水バルブを更新した。今後の課題として、水道維持管理指針にもあるとおり、特に重要施設に付属するバルブについては、定期的に関閉確認をする必要があると考える。

4 おわりに

仮設配水池を用いた工法は、設置用地と費用の増加が課題となるが、比較的小規模な配水池に対して有効な手段であることから、同様の工事を検討する際に本稿が参考となれば幸いである。

【参考文献】

- 1) 日本水道協会『水道施設設計指針(2012 年度版)』
- 2) 日本水道協会『水道維持管理指針(2016 年度版)』

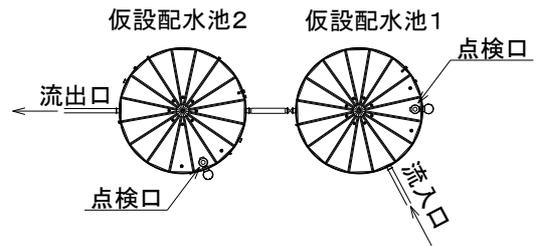


図 3 仮設配水池平面図

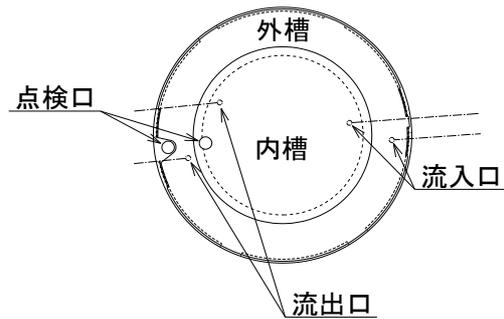


図 4 既設配水池平面図

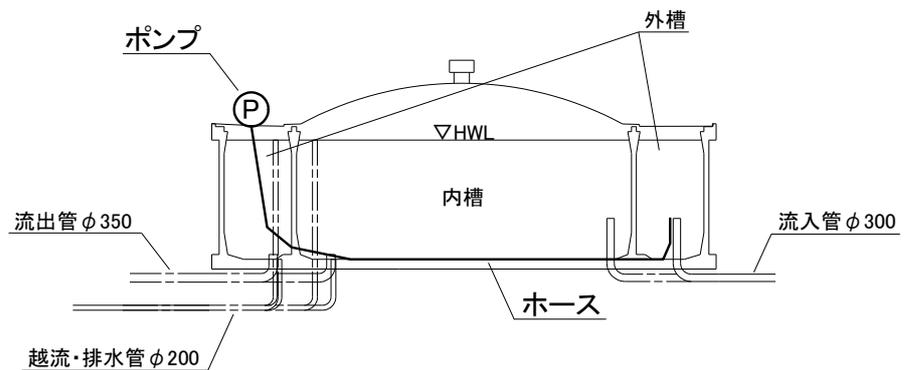


図 5 次亜注入概要図

環境部局と共同で構築する AI 技術を応用した温暖化予測モデル

郡山市上下水道局 ○木村 和貴
郡山市 落合 孝浩

1. はじめに

令和6年4月1日より、水道水質に関する事務について、環境の保全としての公衆衛生の向上及び増進に関する専門的な知見等を活用する観点から、厚生労働省から環境省に移管されたことを受け、郡山市上下水道局浄水課水質管理室と郡山市環境部環境保全センターでも、部局の垣根を超え共同研究を推進した。今回は当市の基幹水源である「猪苗代湖」について、水質管理室の冬季を含めた定期検査結果と環境保全センターで有している長期かつ多地点の検査結果、そして両者の知見を融合し、水源の形態と特性によって異なるため予測が難しいとされている温暖化予測モデルを、AI 技術を応用して構築したので報告する。

なお、水質予測モデルの作成にあたっては、環境省の「気候変動による湖沼の水環境への影響評価・適応策検討に係る手引き」¹⁾を参考に図1のプロセスにより行った

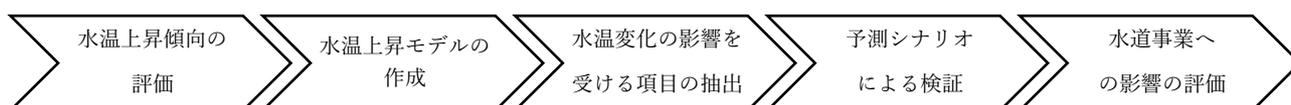


図1 評価プロセス

2. 水温上昇傾向の評価

地球温暖化の影響は大きく、日本でも100年あたり1.24℃の気温上昇があったとされており、水源となる公共用水域の7割を超える地点で水温の上昇傾向がみられている²⁾。図2は猪苗代湖における1990年からの水温の変遷をまとめたものである。中心付近の×印が年間平均値を表しており、上部のひげは夏季、下部のひげは冬季の水温を示す。年間平均値の回帰直線から、1990年から1年あたり0.0240℃、34年間で0.82℃の上昇が確認できた。

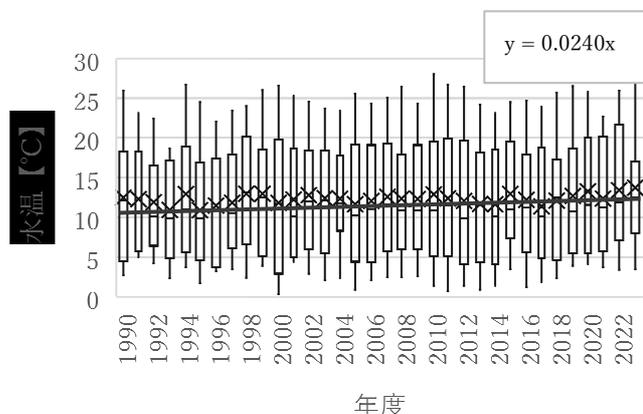


図2 猪苗代湖の水温の変遷

3. 水温上昇モデルの作成

公共用水域の水温上昇モデルが存在しないため、実際の採水時の気温と水温を基に作成した図3の回帰直線から、水温は気温の約77%上昇することを確認した。これを文部科学省・気象庁の公表する³⁾20世紀末（1980-1999年）から21世紀末（2076-2095年）までの約100年間に起きると予測される変化（上昇シナリオ）にあてはめ、気温が1.4℃上昇した場合の水温は1.1℃上昇する（2℃上昇シナリオ）、気温が4.5℃上昇した場合の水温は3.5℃上昇する（4℃上昇シナリオ）ことを確認し、これらを水温上昇モデルとした。

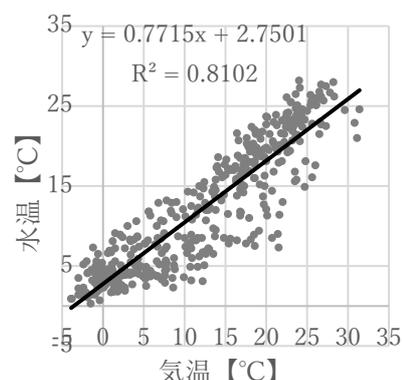


図3 気温と水温の関係

4. 水質予測モデルの構築及び水温上昇の影響を受ける項目の抽出

水温上昇に伴い、影響を受ける項目については AI の機械学習により求めた。しかし、猪苗代湖は図 4 に示すように酸性湖が中性化した経緯があり、その影響を除外するため予測には pH 値が安定している 2012 年度以降のデータのうち、月間変動のある水質基準項目 13 項目と独自に調査している環境関係項目 9 項目を使用した(表 1)。解析には重回帰法を基本とする機械学習を行った。まず、水温を目的変数とし確率の実現値が信頼区間 95%以上を担保し、かつ影響度が絶対値 2 以上の項目を水温による変動が起こる可能性がある項目と定義し判別を行ったところ、「一般細菌」「硝酸態窒素」「塩化物イオン」「蒸発残留物」「有機物 (TOC)」「濁度」「総アルカリ度」「DO」「COD」の 9 項目が抽出された。

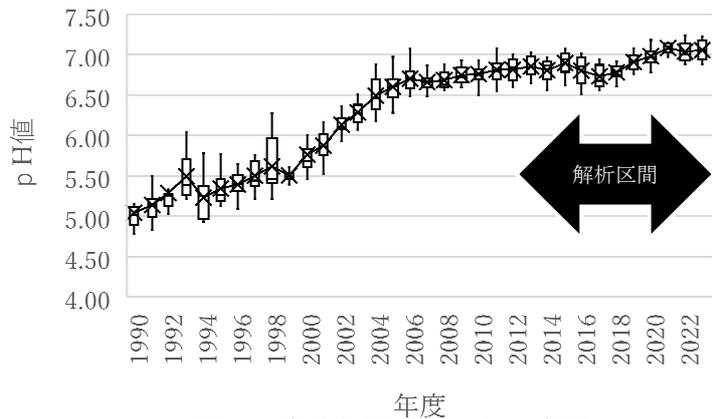


図 4 猪苗代湖の pH 値の変遷

まず、水温を目的変数とし確率の実現値が信頼区間 95%以上を担保し、かつ影響度が絶対値 2 以上の項目を水温による変動が起こる可能性がある項目と定義し判別を行ったところ、「一般細菌」「硝酸態窒素」「塩化物イオン」「蒸発残留物」「有機物 (TOC)」「濁度」「総アルカリ度」「DO」「COD」の 9 項目が抽出された。

表 1 解析項目一覧

解析に使用した項目			変動が起こる可能性がある項目※	最終解析結果 (後述) ※
一般細菌	蒸発残留物	総窒素	一般細菌(+)	塩化物イオン(-)
大腸菌	有機物 (TOC)	総リン	硝酸態窒素(-)	蒸発残留物(+)
硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	pH 値	紫外線吸光度	塩化物イオン(-)	濁度(-)
フッ素及びその化合物	濁度	大腸菌群	蒸発残留物(+)	総アルカリ度(-)
アルミニウム及びその化合物	総アルカリ度		有機物 (TOC) (+)	DO(-)
ナトリウム及びその化合物	電気伝導率		濁度(-)	
マンガン及びその化合物	硫酸イオン		総アルカリ度(-)	
塩化物イオン	DO		DO(-)	
カルシウム・マグネシウム等	COD		COD(-)	

※水温の上昇に対し正の相関がみられる場合(+), 負の相関がみられた場合(-)

5. 予測シナリオによる検証

水温 1℃上昇あたりの影響を算出するために深層学習を応用し水温と抽出された 9 項目について、相互干渉を含めた学習をモデルの精度が 0.90 を超えるまで演算を行ったところ、5 項目について水温上昇に伴う具体的な変数が得られた。これらを予測モデルとし、「3. 水温上昇モデルの作成」で求めた水温上昇モデルに適用したものが表 2 である。

表 2 演算した予測モデルと予測シナリオへの適用結果

項目	水温 1℃上昇あたりの影響	2℃上昇シナリオ	4℃上昇シナリオ
塩化物イオン	-0.0017 mg/L	-0.0018 mg/L	-0.00589 mg/L
蒸発残留物	+0.0052 mg/L	+0.0056 mg/L	+0.01802 mg/L
濁度	-0.0121 度	-0.0130 度	-0.0419 度
総アルカリ度	-0.0265 mg/L	-0.0286 mg/L	-0.0918 mg/L
DO	-0.1877 mg/L	-0.2023 mg/L	-0.6504 mg/L

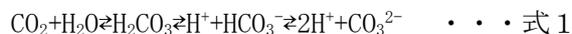
6. 予測モデルによる水道事業への影響の評価⁴⁾

予測モデルから猪苗代湖において、温暖化により特に「総アルカリ度」と「DO」の低下が水道事業への影響を及ぼすと想定される結果となった。それぞれの項目について水道事業への影響と結果の妥当性について評価を行った。

総アルカリ度は PAC をはじめとする金属塩による凝集沈殿に特に重要であり、PAC 1mg/L の注入で約 0.15mg/L 消費される。総アルカリ度の低下はフロックの形成不全につながる恐れがあり、その場合水酸化カルシウムや炭酸ナトリウム等のアルカリ剤の添加が必要となる。また、総アルカリ度の低下により pH 値に対する干渉性が下がり、わずかなアルカリ剤の添加で pH 値が高くなるため、ランゲリア指数の

改善が難しくなる側面もある。そのため、温暖化が進行する場合、対策としてアルカリ剤の添加設備の整備が必要となる可能性がある。

環境水の総アルカリ度は炭酸物質が主体を成している。猪苗代湖の総アルカリ度は他湖沼と比較しても小さい。これは、石灰岩のような堆積岩が流入経路に少なくその影響が限定的であること、そして湖沼内有機物の分解等による生産も活発でないことが理由と推察される。湖水中の炭酸物質は pH に強く依存した平衡状態であり、その関係は式 1 により示される。



湖沼の表層水中二酸化炭素濃度は過飽和状態であるとの報告から⁵⁾、猪苗代湖においても水温が上昇することにより溶解度が低下し、総アルカリ度が減少することは想定される現象であるため、予測モデルは成立していると考察する。

DO は有機性汚濁の重要な指標で、汚濁が著しいほど含有量が低下する。環境分野でも頻繁に話題に上がるように、水中生物の生存や公共用水域の自浄作用、緩速ろ過や生物活性炭による好気性処理に不可欠な要素である。水源において DO の低下は有機物の嫌気性分解（腐敗）を招き、カビ臭などの異臭の原因となることがある。また、極端な DO の変化によりプランクトンの優占種の変遷が起こり、微生物由来の異臭や閉塞障害の恐れもある。浄水工程においては DO の低下は前述した生物浄化機能の低下のほか、鉄・マンガン溶出の恐れがある。DO の不足はエアレーションにより補うことができるが、水源全体の改善は極めて難しく水道事業外への影響も危惧される。

DO と DO 飽和度の変遷は図 5 で示すとおりである。DO と比較して、DO 飽和量は季節性周期も穏やかで 100% 付近で推移している。そのため、DO を変化させる主要因は水温のみであるため、地球温暖化によって水温が上昇に伴い DO が低下するという結果は

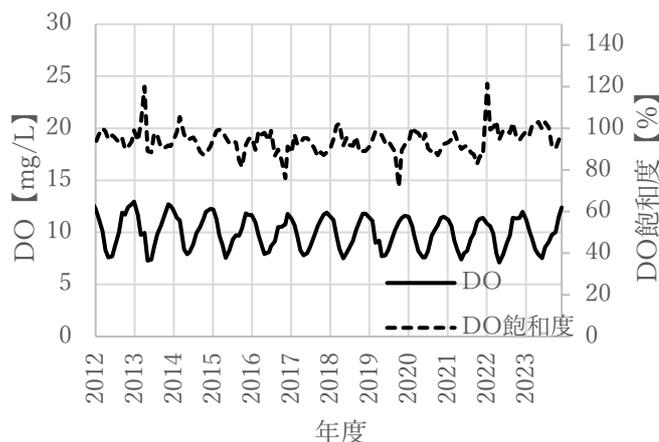


図 5 DO と DO 飽和量の変遷

成立すると推察する。しかし、予測モデルにより得られた結果は、採水時の実測値をもとにしているため、大気中からの酸素の溶解や植物プランクトンの光合成により増加する正の要因と、生物の呼吸や有機物等の分解で消費され減少する負の要因を、全て内包している結果であるといえる。そのため、温暖化の進行に加え水質汚濁が進行した場合、予測モデルの示した範囲以上に DO が低下する可能性も否定できない。

5. おわりに

予測モデルを作成し、事前に対策を検討することは水道事業の冗長性を確保するうえでは重要になると推察するが、気候変動全般については誰もがまだ経験していない未来であり、容易に「答え合わせ」ができないため検証には困難を極めた。今後は、猪苗代湖だけでなく他の水源についても解析を進め、比較により多角的に検証を進めていきたい。

6. 参考文献

- 1) 環境省 水・大気環境局 水環境課 (2021) . 気候変動による湖沼の水環境への影響評価・適応策検討に係る手引き, p2-1~3-46
- 2) 文部科学省 気象庁(2020). 日本の気候変動 2020, p5~9
- 3) 文部科学省 気象庁(2020). 福島県の気候変動, リーフレット
- 4) 日本水道新聞社 (2002) . 水道水質辞典, p212~217, p403~404
- 5) 葛西 真理子 (2015) . 富栄養湖沼手賀沼の表面水二酸化炭素分布とその変動要因

仙台市における近隣事業者との連携事例

仙台市水道局 ○鹿野 健太
今野 祥頭
淀川 晋一

1. はじめに

本市は宮城県内では規模の大きい水道事業者であり、平成 30 年度の改正水道法においても地域の中核水道事業者としての役割が求められている。本市の保有する技術やノウハウを生かした支援は、近隣事業者の課題解決だけでなく本市の技術力の維持向上にもつながる等、双方にとってメリットがある取り組みであると考えます。

本市では、水源から蛇口に至るまでの水道水に関する水質検査に関して、近隣 3 市 4 町（以下、受託事業者）分も受託している。受託事業者とは、毎月の定期検査の他にも、お客さま対応のための検査や水質異常が懸念された場合の原因調査、浄水処理の助言を行うなど、連携して対応している。特に近年は、水安全計画の策定を支援するなど、お互いの技術力の向上を目指しさらなる連携の強化を図っており、本発表では、その主な事例について紹介する。

2. 事例内容

2.1 事例①～水安全計画策定支援～

水安全計画とは、水源から蛇口に至る過程に潜んでいる様々な危害（リスク）を事前に洗い出し、その対応方法をあらかじめ定めたものである。これにより、危害が発生した場合に、迅速な対応が可能となり、水質への影響を未然に防止して、水道水の安全性をより高めることができ、厚生労働省（現、環境省）でも策定を推奨している。

本市では、令和 4 年度当初に計画を未策定であった 2 市に対し策定の支援を、策定済みの 1 町に対し運用の支援を行った。策定支援としては、本市の計画を参考として、危害の抽出方法や、各危害の対応マニュアルへの反映方法など、エクセル表を活用して助言した。運用支援としては、PDCA サイクル、特に現場における対応マニュアルの活用方法（対応早見表の作成など）を助言した。支援する際には、両事業者の弱点にもなりうる重要管理点などを共有することになるので、情報管理には細心の注意を払って行った。また、国立保健医療科学院が主催する水安全計画に関連するセミナーを本市を会場として共同で Web にて受講し、計画の重要性や運用上の留意点等について研修した。水安全計画が未策定だった 2 市については、令和 5 年度内に策定を完了しており、今後は勉強会の形式で運用面での支援を継続していく。策定支援の他にも、従来から水質検査連絡会として、年に 2 回水質検査に係る意見交換、研修、連絡調整を行っており、こちらも継続して開催していく。

2.2 事例②～栓水中のハロ酢酸類調査～

ハロ酢酸類は、浄水場で添加する消毒用の塩素と反応して生成される消毒副生成物の一種である。A 事業者の定期検査において、水質基準は満たしていたが、通常よりも高濃度で検出されたため、後日再検査を行ったところ、同程度検出された。その原因を調査したところ、当該浄水場は緩速ろ過方式であり、原水色度が上昇した際に、浄水にその影響が出ていることが分かった。栓水での残留塩素を

確保した上で浄水場での塩素注入量を低減するように助言したところ、栓水のジクロロ酢酸濃度を50%、トリクロロ酢酸濃度を25%低減することができた。

2.3 事例③～県広域水道（受水）の水質監視～

本市は、受託事業体とともに用水供給事業体である宮城県仙南・仙塩広域水道（以下、広域水道）の水道水を受水している。令和5年10月に当市の定期検査で広域水道の消毒副生成物が上昇傾向にあった。宮城県に聞き取りをしたところ、ダムでの水温上昇が原因であることが分かった。そこで、同じ水を受水している受託事業体の広域水道の消毒副生成物の動向も臨時で継続して測定し、問題ない濃度であること、ダム水温の低下とともに減少傾向にあることを情報提供した。

2.4 事例④～農薬の臨時調査～

B事業体の浄水場は、一級河川から取水しており、かつ取水位置が下流域に位置しており、農薬汚染のリスクが考えられた。そこで、検査料金体系の見直しを契機として、令和4年度に、それまで測定項目を41項目に絞っていた原水の農薬測定を、水質管理目標設定項目の全115項目を対象として、監視頻度も年1回から農薬汚染リスクが高い5～8月の年4回に増やして実施した。その結果、原水からこれまで分からなかった4種類の農薬が検出されたが、いずれも塩素や活性炭処理で除去可能であり、浄水でもΣ値が問題になる結果ではなく、安全性を確認することができた。今後も、農薬の監視調査を、令和7年度まで3年間、継続する予定である。

2.5 事例⑤～水源の水質悪化に伴う浄水処理に係る支援（その1）～

C事業体にて水源であるダムの水位が過去最低水位まで低下し、浄水場での塩素消費量が増加し、浄水処理に苦慮しているとの連絡を受けた。ダムや浄水場の現地調査を共同で実施した結果、ダム水質の悪化により、原水でアンモニア態窒素が0.18mg/L検出された。C事業体では、アンモニア態窒素を測定することができず、これまで処理実績もなかったため、本市の対応事例を紹介し、前塩素注入の必要性とともに、不連続点塩素処理の留意点等を助言した。

その後、C事業体では、前中後塩素処理に変更し、ろ過水の残塩濃度を安定させることができた。

2.6 事例⑥～水源の水質悪化に伴う浄水処理に係る支援（その2）～

本市の浄水場にて前塩素の注入量が急激に増加する事象が発生し（図1）、調査した結果、水源のダムの水位が低下し、ダム湖内が濁り、原水中のアンモニア態窒素とマンガン濃度が増加していた。同じダムを水源とするD事業体にも、直ちにその旨を情報提供し、D事業体の浄水場（薬品沈澱－急速ろ過方式）の処理過程水を調査したところ、ろ過水からマンガンが検出された。主に中後塩素処理であったため、アンモニア態窒素で塩素が消費され、原水中のマンガンをろ過池で酸化除去できず、ろ過池からのマンガンの流出を招いたものと考えられた。アンモニア態窒素を処理するための十分な前塩素の注入と、ろ過池における残留塩素濃度の目標値を0.5～0.6に上げることを助言したところ、マンガン濃度を低減させることができた。

その後、本市が有する過去のダム水質データを分析したところ、ダム水位が255mを下回るとアンモニア態窒素濃度上昇のリスクが増えることが分かった。本分析結果をもとに、D事業体と共に県ダム事務所と打合せを行い、渇水期である秋～冬期におけるダム水位管理について要望するなど、ダム水質悪化の未然防止に共同で取り組んでいる。

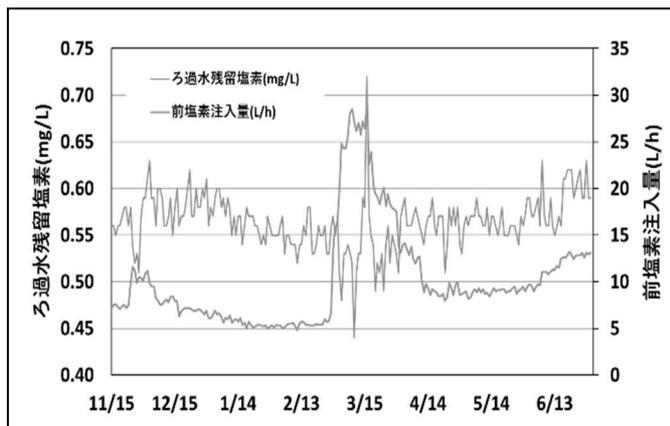


図1 残留塩素の推移と前塩素の対応状況

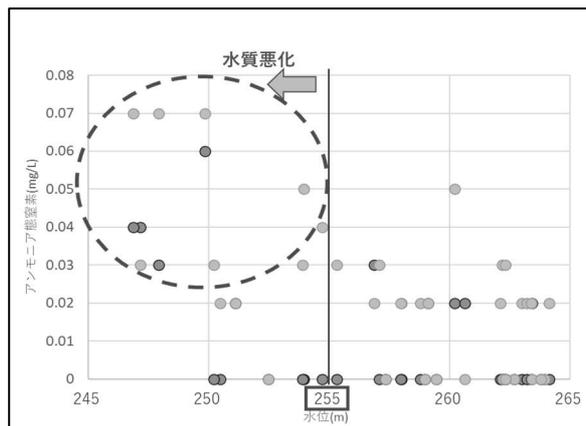


図2 水位とアンモニア態窒素の関連

3 さいごに

原水から蛇口に至るまで様々なケースで近隣事業者との共同調査および連携対応を行っているが、日ごろからの情報共有とデータ管理が大変重要になっている。特に、その事業者で対応実績のない事例については当市の持つデータを参考としてもらうことがメリットとなると考える。

また、本市にとっても、他事業者の水源、浄水場、栓水の調査を行うことは、職員の視野を広げる貴重な機会であり、技術力の向上を図るために、今後も積極的に連携を進めていく方針である。柔軟かつ幅広い検討のために、他都市における広域連携の先進事例調査等も実施しながら、より効果的な連携の在り方を継続的に検討していく。

【参考文献】

飲料水水質ガイドライン第3版

オートジャーテスタを活用した凝集剤注入量低減化

盛岡市上下水道局 ○大崎 瑞希
平 憲弥
盛岡市保健所 千葉 善幹

1 はじめに

急速ろ過において凝集剤としてポリ塩化アルミニウム（以下、PAC という。）がわが国では広く用いられており、このときの PAC の適正注入率は濁度を始めとした原水水質に大きく左右されることから、注入率の決定には原水を用いたジャーテストを行うほか、ジャーテスト結果の蓄積から予測式を作成し、これを活用する例も多い。

一方で、ジャーテストは1回の測定に30分程度の時間を要することから、求められた適正注入率はリアルタイム性に乏しく、また、試験者がジャーテストに拘束されることから連続測定が難しい。また、ジャーテストでは沈でん処理水（以下、処理水という。）を目視又は濁度計を用いた機器分析を行うことで結果の良否判定を行うが、目視の場合は経験を要し、且つ試験者間のバリデーション確保が必要であること、機器分析の場合は測定機器の整備が必要となり、且つ試験者に理化学分析の技術を要求することも併せて課題となる。また、浄水場の薬品注入設備は、多くの場合、職員自らの手で注入率を入力・設定を行う半自動制御であることから、例えば降雨等により高濁度原水が発生した時など、原水濁度に追従したリアルタイムでの薬品注入管理が難しいうえ、入力間違い等のヒューマンエラーのリスクが生じることも課題となる。

本報では、以上に挙げる PAC 注入管理の課題に対し、設備の導入とその適切な運転管理により対応を行い、また、一定の成果が得られたことから報告を行う。

2 概要

(1) 施設の概要

盛岡市沢田浄水場は、北上川水系一級河川^{やながわ}築川の表流水を水源として急速ろ過により浄水処理を行う計画浄水量 36,180 m³/日の浄水場である。取水口上流には、2021 年に竣工した築川ダムが位置するほか、その集水域は北上高地に属する広大な自然林が広がっており平均原水濁度は低く、特に低水温期には安定した低濁度が数か月間続く。

PAC 注入率決定に係る手法は、都度行うジャーテスト結果によるもののほか、ジャーテスト結果を非線形単回帰分析により作成した予測式を用いて行っていたが、薬品注入設備への数値入力は、職員の手で行う半自動制御であることから、決定された薬品注入率に対し濁度等の日内変動を考慮して安全係数を見込んだものとなっていた。

また、低水温・低濁度期における PAC 注入率低減化の可能性については周知されていたものの、注入率を下げた場合、濁度その他の原水水質の大幅な監視強化と、微細な水質変動に即時対応した薬品注入管理も必須になることから業務量増大となり、実施できずにいた。

(2) 導入装置概要

沢田浄水場では、2021 年度～2022 年度に施工された沢田浄水場中央監視装置更新工事に伴い、水 ing エンジニアリング（株）製のオートジャーテスタ（以下、AJT という。）を導入した。

AJT は、①ジャーテストによる確認や補修を自動で行う、②蓄積されたデータを基に、現在の変動する水質に対して

最適な値をリアルタイムで出力する、③PAC 注入ポンプ等との連動により自動薬品注入制御を行う、という機能を持つ。AJT は内部に備えた 4 個のジャーと試薬 (PAC 及び苛性ソーダ) によりジャーテストを行い、処理水濁度を測定して、得られた濁度と予め設定した目標処理水濁度が一致する点における PAC 注入率を、その濁度における適正 PAC 注入率とする。原水濁度と適正 PAC 注入率の関係は装置に記録され、予測式を作成し、リアルタイムで薬品注入設備へ出力する。沢田浄水場における AJT は、原水の濁度、pH、水温及びアルカリ度を入力パラメータとして演算を行い、PAC 注入率及び苛性ソーダ注入率を出力パラメータとしている。

上記のとおり、AJT は、これまで浄水場職員等が行っていたジャーテストから薬品注入率決定までのプロセスを装置が再現したものであり、制御がブラックボックス化せず、運用が容易であることも導入の要因ともなった。

AJT の導入と運用によって、これまでの課題解決と、PAC 注入管理の適正化及び効率化が期待されることから以下に挙げる試行を行い、検証を行うこととした。

3 試行概要

(1) 試行期間

AJT が設置され本格稼働を開始した後の、2023 年 4 月 1 日から 2024 年 3 月 31 日までを試行期間とした。

(2) 試行方法

試行期間中 AJT が行うジャーテストの目標処理水濁度は、装置と実施設の誤差を考慮し、0.4~0.5 度と設定した。ジャーテスト頻度は 3 時間に 1 回の定期測定を行うほか、濁度及び水温が急変した時には臨時測定を行うよう設定した。最低 PAC 注入率は低水温期 10 mg/L、高水温期 15 mg/L として、中間水温期はその中間の注入率 (10~15 mg/L の間) を適宜設定した。粉末活性炭注入時には、粉末活性炭を含有するブロックの性状を考慮して、目標処理水濁度を一時的に 0.5~0.7 度に引き上げることとした。

試行期間中の PAC 注入管理は原則として AJT の制御にて行うこととし、浄水場職員及び運転管理業務委託者は 2 回/日以上ジャーテストを行い、AJT のクロスチェックを行うとともに、AJT や浄水場の運転監視と異常の早期発見に注力した。

表 2 AJT の設定条件

設定項目	設定値	
目標処理水濁度	通常	0.4~0.5 度
	粉末活性炭注入時	0.5~0.7 度
最低 PAC 注入率	低水温期	10 mg/L
	中間水温期	10~15 mg/L
	高水温期	15mg/L

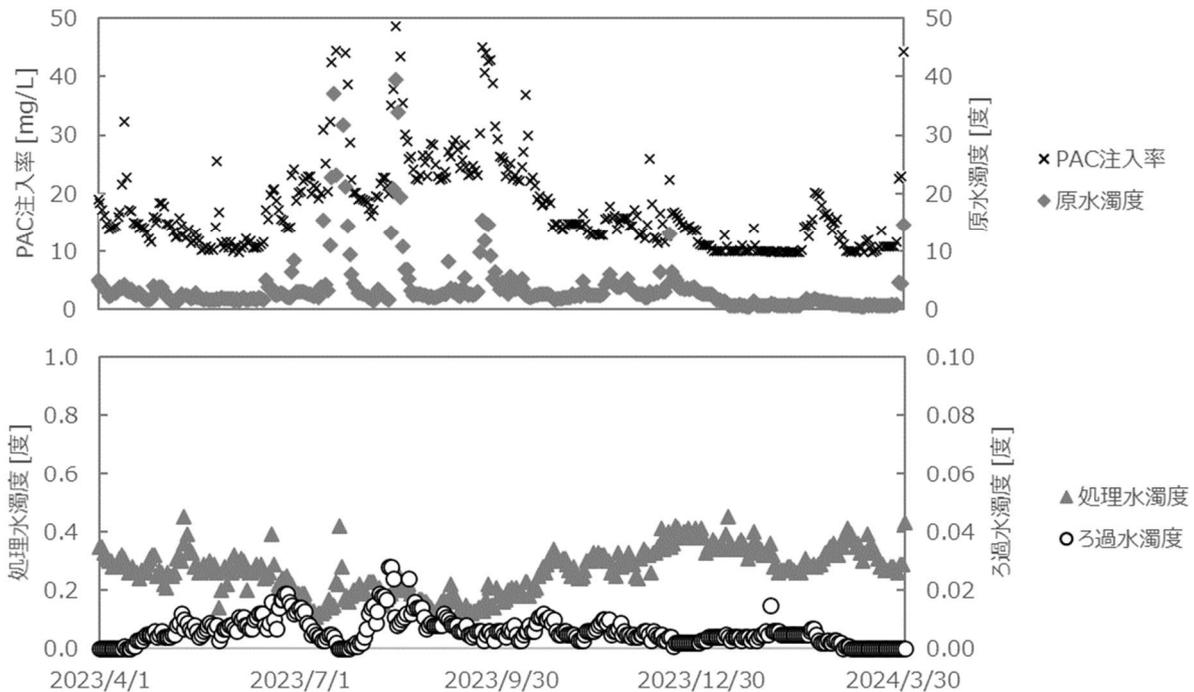


図 1 試行期間における濁度状況と PAC 注入率の推移

4 結果

(1) 試行期間における水処理の状況

試行期間における原水濁度、処理水濁度、ろ過水濁度及び PAC 注入率の推移を図 1 及び表 3 に示す。

降雨等による高濁度の発生が夏季を中心として数度あったものの、AJT による薬品注入管理を継続し、その処理水濁度は最大値 0.45 度、平均 0.27 度、ろ過水濁

度は最大 0.028 度、平均 0.006 度と、試行期間を通じて安定した水処理を行うことができた。

高水温期は、降雨が多く原水濁度が上昇することが多かったこと、及び粉末活性炭注入を連続で行うこともあったことも要因となり最低注入率まで注入率が低下することは殆どなく、原水濁度に応じた比例注入を適切に行っていた。一方、水質の安定する低水温期を中心として、PAC 注入率は設定した最低注入率 10 mg/L 付近での注入を行うことが多く、その期間においては処理水濁度のわずかな上昇は見られたが、ろ過水濁度は安定していたことから、低水温期における PAC の低注入は、水処理への悪影響はないものと考えられた。

一方、試行期間における年間処理水濁度は直近 10 年と比較しても最も高い数値となり、凝集不良に伴う浄水中の消毒副生成物濃度の上昇が疑われたことから、末端給水栓における消毒副生成物生成量の定期水質検査結果から適時検証を行った。その結果、データが比較できる 2016 年度～2023 年度における総トリハロメタン及びトリクロロ酢酸の濃度を比較して、2023 年度の最大値及び平均値はやや高い程度に推移しており、最大値を水質基準値と比較して総トリハロメタンは基準値比 17%、トリクロロ酢酸は基準値比 43%であったことから、安全性は十分に確保されていると判断された。

表 3 試行期間における濁度状況と PAC 注入率の推移

		最大	平均	中央値	最小
PAC 注入率	(mg/L)	80.5	18.1	15.0	9.9
原水濁度	(度)	172.4	3.9	2.5	0.5
処理水濁度	(度)	0.45	0.27	0.28	0.11
ろ過水濁度	(度)	0.028	0.006	0.005	0.005

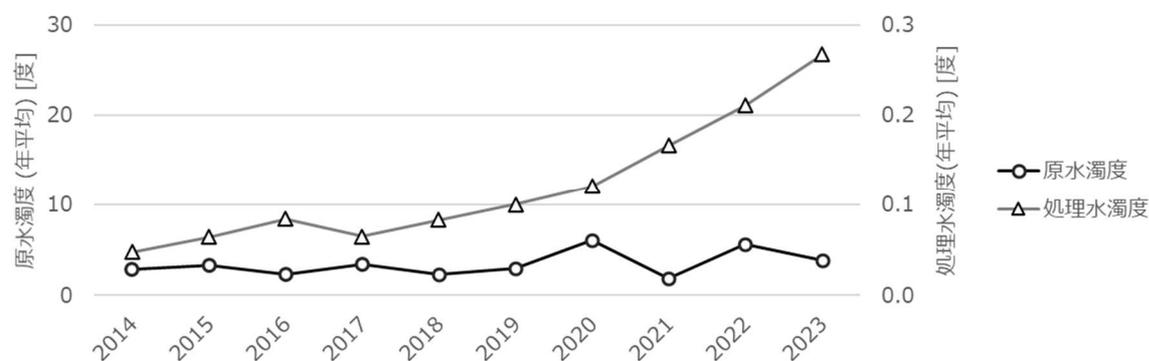


図 2 直近 10 年間ににおける原水・処理水濁度の推移

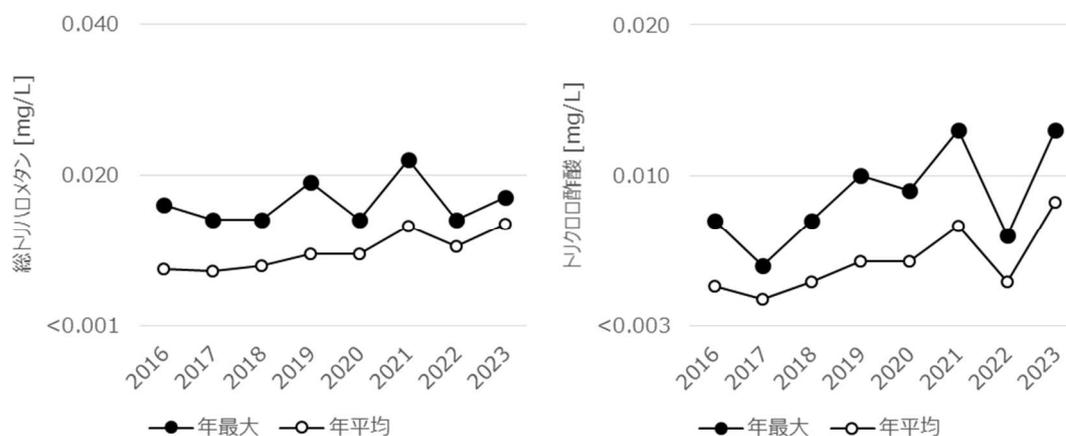


図 3 直近 8 年間ににおける消毒副生成物生成量の推移

(2)PACの低減効果

直近10年間における平均PAC注入率と、PAC使用量及び薬品費の推移を図4及び図5に示す。

PAC注入率は原水濁度の状況に大きく左右されるが、図2に示すとおり試行期間の平均濁度は例年と大きな差はないことから比較可能と判断した。

PAC注入率は、2014年度～2022年度の平均28.5 mg/Lに対し2023年度は平均18.1 mg/Lであり、約36%低減した(図4・図5)。使用量で比較すると、直近10年では沢田浄水場における総配水量が配水エリア再編等により増加しているにも関わらず、2014年度～2022年度の年間PAC使用量平均274 tに対し2023年度は年187 tであり、87 tの低減となった。低減率は約32%だった(図4)。

これは、従来、特に降雨等による高濁度発生時において、薬品注入率は濁度の上昇・下降に応じて諸々の水質を考慮しながら人の判断で数時間毎の段階的な注入率の上げ下げを行っていたものが、AJTによる薬品注入管理では、その場合においても濁度に応じてリアルタイムで比例注入を行ったこと、また、低水温期に最低注入率を下げていることができたことが、その要因であると考えられた。

また、PACに係る薬品費については、年毎に契約単価が異なるため2023年度契約単価を適用し比較をすると、2014年度～2022年度のPACに係る年間薬品費平均10,106千円から2023年度は6,883千円へと低減され、その額は3,223千円だった(図5)。

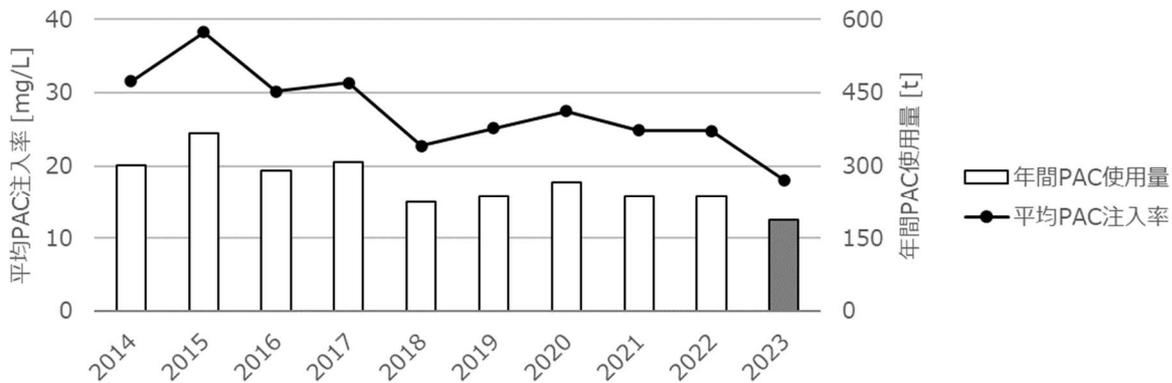


図4 直近10年間におけるPAC注入率とPAC使用量の推移

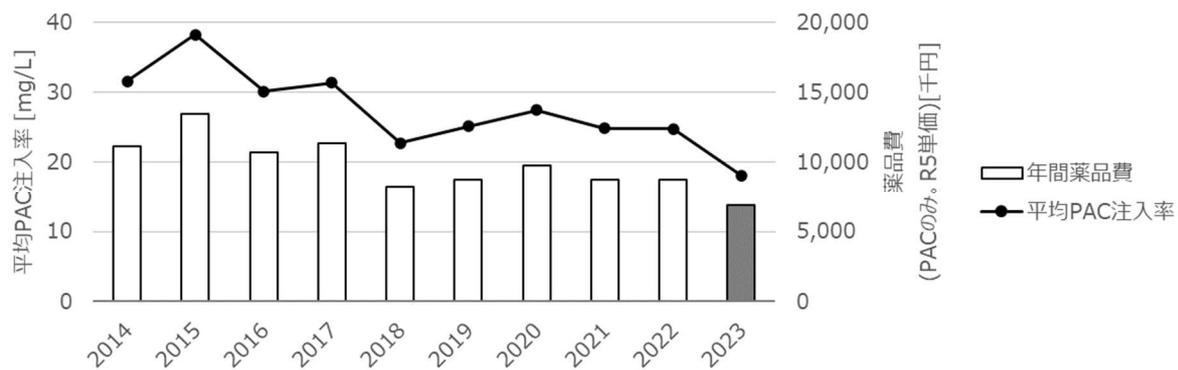


図5 直近10年間におけるPAC注入率と年間薬品費の推移

5 おわりに

水道事業に従事する職員数が今後減少し続けることは各所で指摘され、確定的なものが見られている。AI等の導入によるDXはそれを補うものとされているが、水道事業においては現状、導入コストや導入事例に乏しいことなどからこれらの導入には高いハードルがあるのが実情である。

本報ではAJT導入による業務の一部自動化とそれを活用した薬品費低減の成果を挙げたが、AJTのシステムは約30年前に確立した既存技術であることも特筆すべき点と考える。既存技術の活用例として、本報が他事業におけるDXの一助になれば幸いである。

メンテナンスフリー化を目指した配水池改良工事の事例

仙台市水道局 ○早坂 浩
渡邊 涼

1. はじめに

本市では、将来的な水需要の減少傾向を踏まえ、水道施設の統廃合やダウンサイジング等の方向性を定め、令和元年度に水道施設再構築構想を策定し、水道施設の耐震補強工事や更新・改良工事等を計画的に進めている。

この中で、本市泉区内の隣接する3配水所（大沢配水所、向陽台配水所、松陵配水所）については、配水区域の統廃合が計画されており、改良工事（大沢配水所、松陵配水所）と耐震補強工事（松陵配水所）を実施した後に向陽台配水所を廃止することとしている。（図-1）

本稿では、大沢配水所における改良工事の事例を報告する。

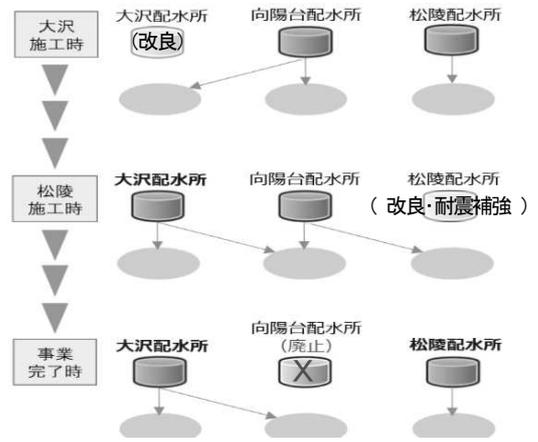


図-1 3配水所の統廃合計画

2. 概要

大沢配水所（平成9年完成）の配水池は、耐震補強を過年度に実施済みであるが、PC造の1池（単槽）構造であるため、向陽台配水所を廃止すると、大沢配水所をバックアップする配水所がなくなり、空水化を要する維持作業や補修等の対応が困難になる課題を抱えていた。このため、今回の工事（令和4～5年度施工）では、コンクリート建造物の耐用年数を概ね100年と設定したうえで、大沢配水所のこれまでの稼働年数を考慮し、完成後70年間の（ライフサイクルコスト）が最も安価で、維持管理の負担軽減化を実現できるステンレス内張工法とアルミドーム工法を採用した改良を実施した。（表-1）

【施設概要】

施設名称：大沢配水所
 構造：PC造円形タンク（1池構造）
 規模：有効容量3,000 m³
 水位HWL106.70m/LWL100.70m
 完成：平成9年（1997年）8月

表-1 大沢配水所の改良方法の比較検討表

案	ステンレス内張+アルミドーム	内面防食塗装	1池増設
概要	池内はステンレス内張 屋根はアルミドーム	池内の防食塗装を更新	既存池の約半分の容量の 配水池を1池増設
評価項目	○:LCC(70年間)が安価 (209,899千円) ○:長期のメンテフリーが可能 ○:用地内で施工可能 ○:周辺環境へ影響なし	○:LCC(70年間)が安価 (241,812千円) ×:一定頻度で塗替え必要 ○:用地内で施工可能 ○:周辺環境へ影響なし	×:LCC(70年間)が高価 (420,953千円) ○:2池構造になる ×:用地買収が必要 ×:周辺環境への影響大
総合評価	◎	△	×

【工事概要】

工事件名：水施建施第2022-25号 大沢配水所改良工事
 工期：令和4年12月26日～令和6年3月29日

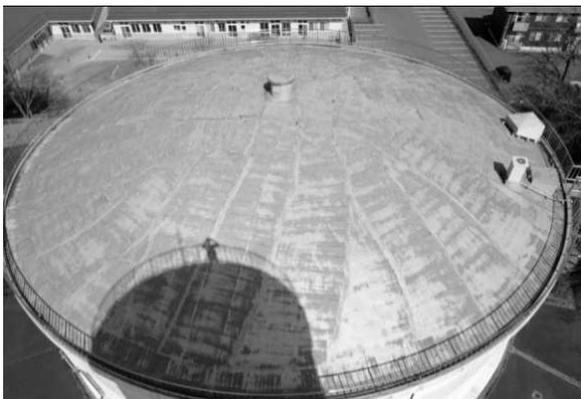


写真-1 改良前の大沢配水所（コンクリートドーム）



写真-2 改良前の大沢配水所（池内）

(1) アルミドーム工法

本工事では、ドーム部の軽量化と防水塗装が不要となることによる維持管理負担軽減（ほぼメンテナンスフリー）化が両立・実現できる利点を重視し、アルミドーム工法を採用したドームの架け替えを行っている。

既設コンクリートドームの取り壊しにあたっては、大沢配水所が住宅街に立地していることに加え、保育園や病院等も隣接していることから、騒音振動対策として既設ドームをクレーンで吊りながらウォールソーを用いてブロック状に分解解体して場外搬出を行った。

アルミドームについては、部材を池内部で組み立てて、歩廊上に設置した18基のチルホールにより架設しており、既設歩廊部分の側壁天端部にコンクリートを打ち増してアルミドームの基礎を構築していることから、今回、新たにステンレス製の歩廊を設置した。



写真-3 コンクリートドーム解体状況



写真-4 ウォールソーによる分割解体状況



写真-5 ステンレス製歩廊設置状況



写真-6 アルミドーム組立中



写真-7 アルミドーム架設状況

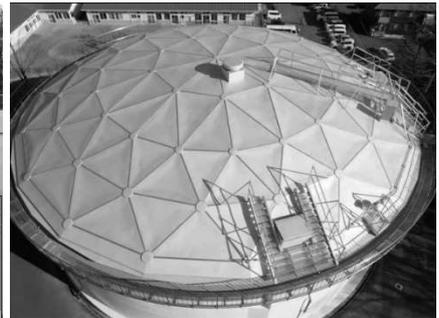


写真-8 アルミドーム設置完了

(2) ステンレス内張工法

池内部についても、ステンレス鋼板で内壁と底版を覆うことでコンクリート面を水と接触させないステンレス内張工法を採用することで、維持管理負担の軽減化を図っている。ステンレス鋼板（1.0m×2.4m、t=2mm）を隣の鋼板と重ねて被せて隅肉溶接することで完全止水しており、溶接不良を確認するために溶接箇所全線を目視検査と浸透探傷試験を行った。また、塩素ガスによる腐食を考慮してステンレス鋼板の材質を使い分けており、気相部（ $4\text{m} \leq H \leq 6.2\text{m}$ ）にはSUS329J4Lを、液相部（ $0 \leq H < 4\text{m}$ ）にはSUS316を採用している。

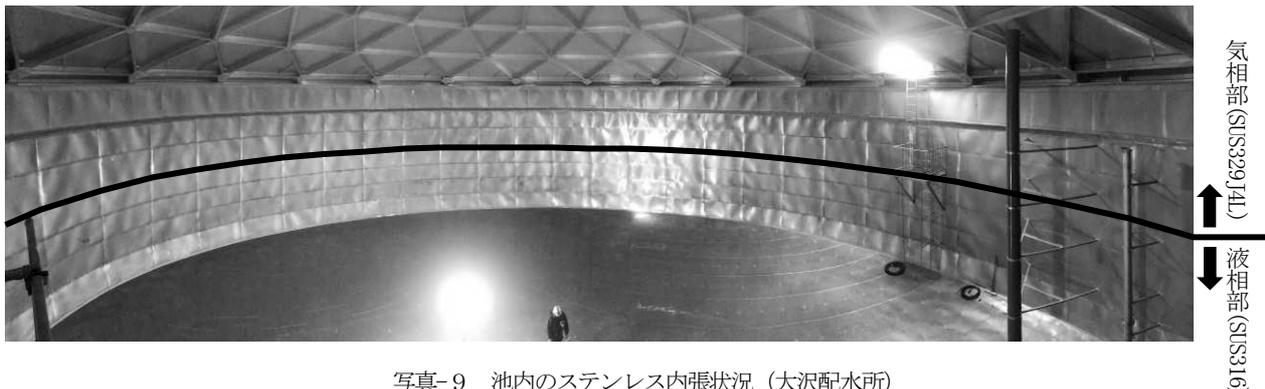


写真-9 池内のステンレス内張状況（大沢配水所）

3. 施工段階で発生した課題への対応

(1) ガルバニック腐食防止対策の追加措置

本工事ではステンレス鋼板を内壁天端まで覆うように巻き立て、その上にアルミドームを架設しており、ステンレス製の内張材とアルミ製のドームの接触によるガルバニック腐食を防止する対策として、発泡材（塩化ビニル製）を挟んで、異種金属同士が接触しない設計としていた。

発泡材はアルミドームに発生する隙間から虫の侵入を塞ぐ役割もあるため、柔軟性に富んだ柔らかい材質としていたが、経年劣化により柔軟性が失われた場合における耐食性能の劣化を懸念し、耐食性能を長期的に維持するための対応策を比較検討した結果、ステンレス内張材の上部に耐久性のあるゴムシート（EPDM）を設置する追加の対策を実施した。（図-2）

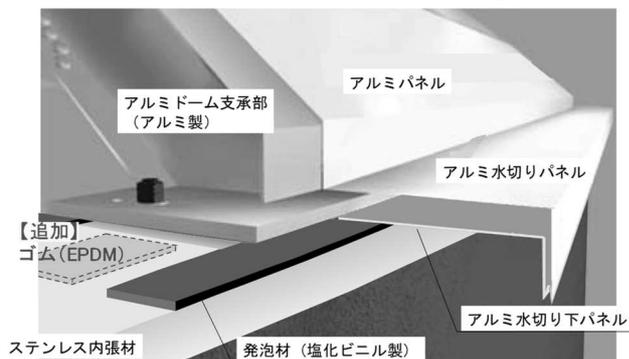


図-2 アルミドーム・ステンレス内張重ね図



写真-10 ゴム (EPDM) 設置状況

(2) アルミドーム人孔の安全対策

本工事において架設したアルミドームは、配水池直径と同サイズのものであることから、点検用の人孔をアルミドームの湾曲部に設置せざるを得ず、人孔立上部分が高く盛り上がり、内部梯子へ足をかける際に手をかける取手も無く、足元が見にくい状況となってしまった。安全対策として、人孔から安全に池内部へ移動できるように、人孔枠に沿って厚み (t=20mm) のあるアルミプレートを設置した。取手の代わりにアルミプレートを掴むことで安定した体勢で内部梯子に足をかけることができるようになり、安全な入孔が可能になった。



写真-11 アルミドーム人孔 (対策前)

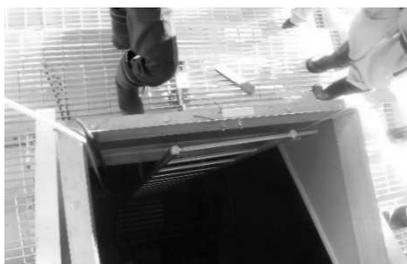


写真-12 アルミドーム人孔 (対策前) 内側



写真-13 アルミドーム人孔 (対策後)

4. おわりに

本工事は、本市で初めてステンレス内張工法とアルミドーム工法を採用した配水池の改良工事であり、担当者は工法に対する見識が不足していたため、設計段階を含めて工事着手前にすべての課題を特定することが困難であった。工事期間中は、本稿で紹介した課題以外にも様々な課題が発生したが、施工段階では対応策が限られてしまうなかで、多くの関係者にご協力やご助言をいただいた。この場を借りて心より感謝を申し上げる。

今後、予定している松陵配水所の改良・耐震補強工事等においても、本稿で紹介した改良工事の経験を活かして、設計段階から電蝕防止や安全確保のための対応を十分に考慮し、安全で運用しやすく、LCC性能に優れた施設の整備に取り組んでいきたい。

広域連携による衛星の画像解析技術を活用した管路診断

- 会津美里町 谷澤 貞倫
- 会津若松市 遠藤 利哉
- 会津坂下町 大堀 利文
- 会津若松地方広域市町村圏
整備組合 芳賀 洋

1 用水供給事業者と受水3団体間による水道技術連携交流事業の取組の背景

会津若松地方の水道用水供給事業を担う会津若松地方広域市町村圏整備組合(以下、「整備組合」という。)と受水団体である1市2町(会津若松市、会津坂下町、会津美里町)は平成30年度より改正水道法の施行を機に「水道用水供給事業者会議」(以下、「担当者会議」という。)を構成し各事業者の技術担当者が中心となって技術的な交流を実施してきた。そこで生まれた情報交流の枠組みを生かし、令和3年度に「水道技術連携交流事業」を立ち上げ、ソフト面から広域連携に向け取り組んでいる。(図1、図2)

令和4年度には、さらに広域連携を推進していくため、令和5年2月20日に『水道事業の技術的な連携に関する基本協定書』(以下「基本協定」という。)を4事業者で締結した。

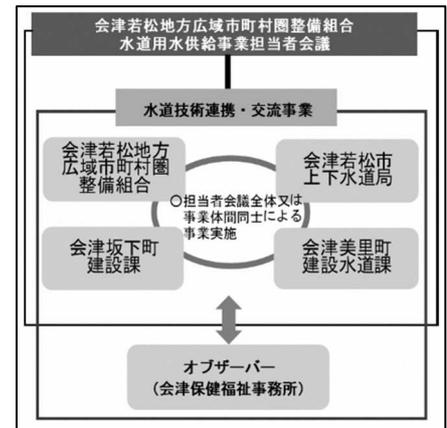


■図1 事業者の位置関係

2 広域連携による衛星を活用した管路診断の共同発注へ

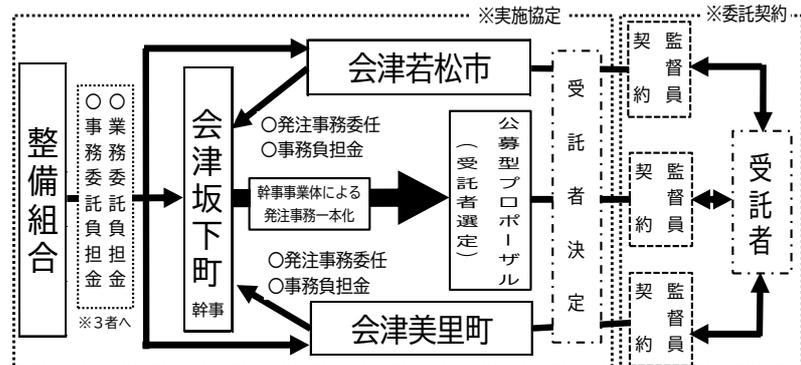
一般的に広域連携といえば、経営統合や事業・施設統合を思い浮かべるが、担当者会議のあり方は「ソフト事業の連携」である。ソフト連携を主として取り組んできた担当者会議は、広域連携手法の一つの姿であり、「会津圏域モデル」として注目されている。

基本協定の策定中においても、締結後の担当者会議のあり方を見据え、水道DX(デジタル・トランスフォーメーション)の展開としての検討も同時に開始していた。まず着目したのが各事業者で喫緊の課題である「有収率の向上」である。有収率の向上は水道事業経営の根幹であり、広域連携としての視点に立ち、水道DXを進め、かつ、如何に予算と労力をかけずに漏水調査ができないか考えたときに、人工衛星の活用にとどり着いた。



■図2 担当者会議の構成

その後、担当者会議で実施可能性の検討を重ね、会津坂下町下水道事業において共同発注の経験があり、令和5年度に会津坂下町を幹事とした図3のとおりの実施体制で公募型プロポーザル方式により、共同で受託者を選定した。



■図3 共同発注の実施体制

3 広域連携による衛星の画像解析技術を活用した管路診断業務委託の概要

【事業概要】

- (1) 内 容 人工衛星の画像解析技術を活用した管路状況の診断
- (2) 実施方法 基本協定・実施協定に基づく4事業者連携による実施
- (3) 送・配水管延長 約1,214km (4事業者合計)

【人口衛星による調査方法】

- (1) JAXA だいち2号を使用
 - 人工衛星で特定エリアの画像を撮影(50km×70km)
 - 人工衛星から電磁波(Lバンド電波帯)を照射
- (2) Lバンド電波帯の特性
 - 地中2.5m~3mまで電波が浸透
 - 広範囲、昼夜、天候を問わず短時間で調査可能
 - 水道水特有の反射特性(水の比誘電率)を活かし解析・診断【特許技術】



■図4 人工衛星による調査区域

4 人工衛星の画像解析技術を活用した管路診断の結果

■表1 各事業者の管路診断結果

	会津若松市	会津美里町	会津坂下町	整備組合
衛星画像取得日	令和5年8月19日			
総調査対象距離	1,593km (送配水管+給水管)	375km (配水管+給水管)	327km (配水管+給水管)	40km (送水管)
POI数 (漏水可能性エリア数)	302	94	82	15
音聴調査結果	実施中	POI:31箇所 漏水:62件	R6年度実施	漏水なし

(1) 会津美里町での音聴調査結果

会津美里町が実施した音聴調査エリアには、整備組合の送水管も含まれ、同時に音聴調査を実施した。結果、対象エリアにおける漏水なかった。

調査成果として、人工衛星を活用することで漏水箇所の絞り込みが可能となり、人による音聴調査範囲を縮小でき、かつ、調査期間を大幅に短縮できたことが最大の効果であった。

※音聴調査期間 例年:約5ヶ月 ⇒ 実質2.5ヶ月に短縮

※音聴調査延長 例年:約150km ⇒ 64.7kmに短縮(△85.3km)

また、リアルタイムで専用アプリの更新ができ、漏水箇所を発見後すぐに音聴調査員がスマートフォンで専用アプリに入力することで、町担当者による現場把握(GPSによる位置情報、現場写真の添付等による)が容易となり、管路修繕を素早く集中的に実施できた。

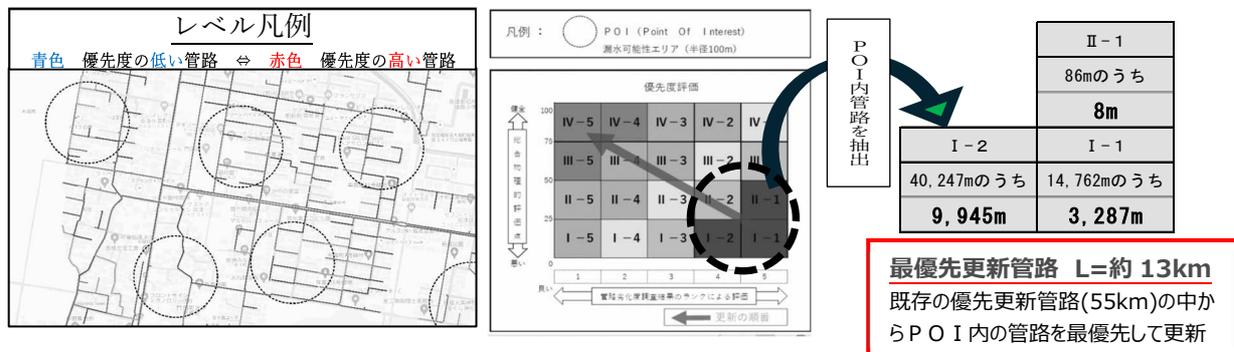
■表2 旧町村別漏水発見状況 (R5.9.1~11.8 POI94箇所の音聴調査(総延長64.7km))

地域名	POI数	漏水有POI数	漏水件数	内大規模漏水	漏水発見率
高田	55件	21件	44件	2件	38.18%
本郷	22件	10件	18件	1件	45.45%
新鶴	17件	0件	0件	0件	0.00%
合計	94件	31件	62件	3件	32.97%

※1POIあたり平均漏水発見件数 2件、1POIあたり最大漏水発見件数 6件

(2) 会津若松市による音聴調査以外での人工衛星データの活用例

会津若松市では、令和2年度にAIを活用した管路劣化度診断を実施しており、今回の調査結果を重ねることで、より早期に更新すべき管路を見える化することができ、管路更新優先順位の絞り込みまでの成果提案につながった。



■図5 AI診断結果とPOIの重ね合わせ及び優先度評価のマトリクス

(3) 会津坂下町による漏水リスク管路の状況考察

会津坂下町における平成30年度から令和5年度までの配水管漏水件数は10件あり、昭和63年から平成5年度まで実施した第5次拡張事業において布設した水道管(VPφ100、φ150)において発生する傾向にあった。また、本調査結果により各地区のPOIと第5次拡張事業により布設した管路を照合した結果、高い割合で第5次拡張事業による管路の漏水可能性を示す結果となった。

■表3 第5次拡張事業実施地区別の漏水発生状況とPOI個所数の比較

	坂下	若宮	金上	広瀬	川西	八幡	高寺
H30年度～R5年度漏水件数	—	2	1	—	5	2	—
うち第5次拡張管路	—	2	1	—	5	0	—
漏水可能性エリア(POI)	13	18	15	10	7	11	8
うち第5次拡張管路	2	11	14	7	4	5	6
POIに含まれる第5次拡張管路の割合	15%	61%	93%	70%	57%	45%	75%

本調査の結果と現在までの漏水実績を踏まえ、今後、漏水可能性を示すPOIにおいて、音聴調査を実施した場合、漏水発見率は高くなるものと推察した。また、第5次拡張事業により布設された管路は「漏水リスク管路」と認識し、更新等の対応を検討することとした。

5 まとめ

令和4年度に策定された福島県水道広域化推進プランのシミュレーションにおいても、会津地方は地理的要因等により施設統合や経営統合が難しいとされる中で、担当者会議の取組は地理的要因のデメリットが少ない手法の一つとされ、基本協定の締結が4事業者の背中を後押しすることとなった。

また、4事業者で連携をすることで単独事業と比べコスト面に係る圧縮効果、デジタル技術による連携事業を柱とした合同打合せや研修の実施につながり、4事業者間における漏水管理の共通意識の向上・切磋琢磨力などが芽生え、新しい取組や違った角度からの維持管理方法を創出させるきっかけとなった。

出典：R6.3.19 水道事業及び用水供給事業の衛星画像解析による管路診断業務委託報告会資料

膜ろ過設備の差圧異常上昇への対応

○木村 悠航 (横手市) 高橋 慎一郎 (横手市)

1.はじめに

当市の大沢第二浄水場は、横手川の表流水を水源とし、セラミック膜ろ過方式を採用している。膜ろ過設備のファウリング対策として、1年に1回の頻度で薬品洗浄業務をメーカーに委託し、実施をしているが、昨年の秋頃から膜差圧が急速に上昇する現象が発生した。

本稿では、膜ろ過設備の差圧異常上昇への対応として、原因の分析や直営による薬品洗浄を実施し、効果検証した結果を報告する。

2.差圧上昇の概要

大沢第二浄水場は、老朽化が進んでいた上内町浄水場の代替施設として整備され、平成26年より稼働を開始している。水源である横手川において、原水からのクリプトスポリジウム等の指標菌の検出や人手不足によるメンテナンスの低下が問題視されていたため、浄水処理の安定性の観点から、セラミック膜ろ過システムを採用した。計画浄水量は11,800 m³/日であり、当市における基幹浄水場として、給水人口約20,000人に給水をしている。



◎大沢第二浄水場 運転環境

- 原水水源 : ダム水+河川水
- 原水水質 : 平均濁度 14 度、
マンガン 0.003~0.041 mg/L (R4 年度実績)
- 処理方式 : 粉末活性炭処理+除マンガン処理+膜ろ過処理
- 膜ろ過装置 : 10本×8列×3ユニット (膜合計240本)
- 物理洗浄 : 空気洗浄 (1回/6h)
- ろ過流量 : 約110 m³/h (1ユニットあたり)

図1 大沢第二浄水場膜ろ過設備の概要

膜ろ過の特徴として、ろ過を継続していくと、物理洗浄では取り除けない物質が膜面や膜内に徐々に蓄積し、閉塞等により膜ろ過性能が低下する。当該現象は、不可逆的ファウリングと呼ばれ、このような状況にある膜は、薬品洗浄により性能を回復させる必要がある。当市では、浄水施設内で薬品洗浄を行うオンサイト洗浄をメーカーに委託し、1年に1回の間隔で実施している。令和5年度においても、例年どおりの7月に薬品洗浄を実施したものの、洗浄から二か月が経過した10月頃から、膜差圧が急速に上昇する現象が発生した(図2)。

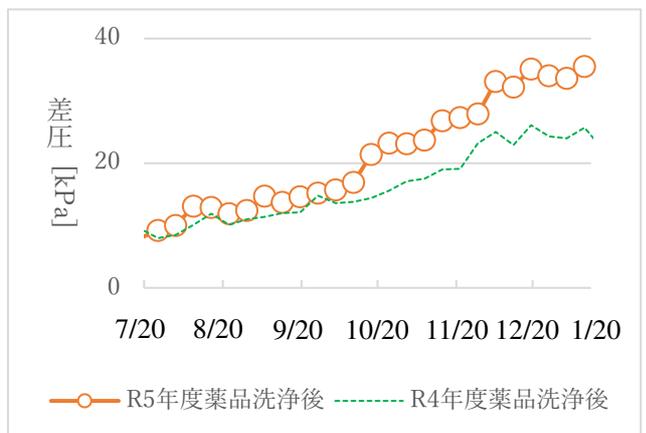


図2 薬品洗浄後の差圧の経時変化

ファウリングの発生機構は複雑であるが、原水中の不可逆的ファウリングを引き起こす物質の関与が提唱されている¹⁾。対象物質について、過去の原水の水質検査結果を確認したところ、差圧の上昇が確認され始めた秋期において、鉄・マンガ・TOC・色度の濃度上昇が確認された。一例として、マンガンの水質検査結果を図3に示す。膜差圧は、上昇し始めるとその後は急激に上昇する可能性があるため、早急な対策の推進が課題であった。

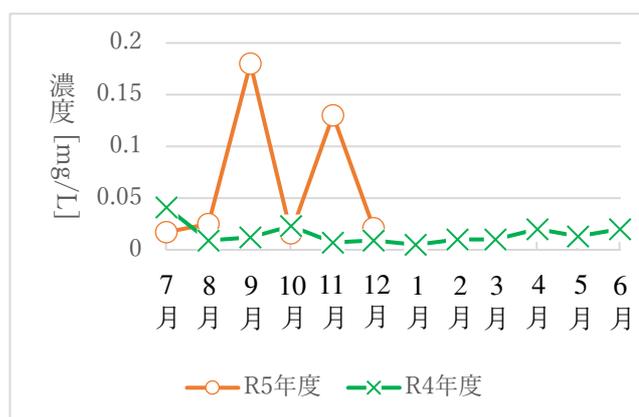


図3 原水におけるマンガンの水質検査結果

3.薬品洗浄の実施

薬品洗浄の実施にあたり、従来どおりのメーカーに委託する方式では、発注手続きや洗浄準備に時間を要するため、本市職員によるオンサイト・オンライン洗浄を検討し、実施した。

膜の洗浄に用いる薬品としては、酸剤、アルカリ剤、酸化剤、界面活性剤等がある。本事例では、無機物の付着による影響が大きいと考えられたため、金属・硬度成分の除去に優れる硫酸を採用した¹⁾。

洗浄の第一段階として、薬液タンクに水 9,000 L を張り、25°C~30°Cを目安に昇温を行った。昇温後、硫酸を投入・攪拌し、洗浄薬液を作成した。次に、作成した薬液を薬液タンク～膜間で 4h 循環させたのち、膜モジュール内に薬液を張った状態で 12 h 浸漬を行った。最後に、浄水で膜をリンス洗浄し、完了とした。この要領で3ユニットの薬品洗浄を行い、洗浄前後の膜差圧を比較した。結果を表1に示す。最も効果の大きかったユニットでは、約 40 kPa の差圧低下が確認され、一定の効果が得られた。

表1 薬品洗浄前後の差圧比較

膜ろ過設備ユニット	洗浄前差圧	洗浄後差圧
	[kPa]	[kPa]
No.1	58.0	17.3
No.2	49.7	19.5
No.3	29.4	15.3

4.ファウリング物質の特定と除マンガ設備の点検

ファウリング物質の構成成分を把握するため、洗浄廃液の水質検査を実施した。測定結果を表2に示す。なお、使用した硫酸の濃度が高く、測定機器への影響が懸念されたため、廃液を 50 倍に希釈して検査を実施した。いずれの物質も、廃液中での相当量の含有が確認され、複合的な要因による不可逆的ファウリングの発生が示唆された。

表2 洗浄廃液の水質検査結果

検査項目	測定結果	換算値
鉄及びその化合物	9.3 mg/L	465 mg/L
マンガ及びその化合物	0.44 mg/L	22 mg/L
TOC	67 mg/L	3.35 g/L
色度	64 度	3,200 度

※換算値 = 測定結果 × 50

また、膜ろ過の前処理設備である除マンガ設備の調査を行った。溶解性マンガンは、膜ろ過設備単独では除去が困難であり、マンガが徐々に膜面付着してファウリングの原因となるため、除マンガ設備により除去する必要がある¹⁾。当浄水場では、マンガ砂を充填した接触酸化処理設備においてマ

ンガンを不溶化し、後段の膜ろ過で除去する方式を採用している（図4）。処理設備からマンガン砂を採取し、分析した結果を表3に示す。



図4 除マンガン処理塔

表3 マンガン砂の分析結果

検査項目	試料	新品
有効径 [mm]	0.39	-
均等係数 [-]	1.31	-
最大径 [mm]	0.74	-
最小径 [mm]	0.27	-
粒度幅 [%]	87	90以上
かさ密度 [g/mL]	1.30	1.7~2.0
密度 [g/cm ³]	2.86	4.0
マンガン付着量 [mg/g]	74	530

新品のマンガン砂のマンガン付着量 530 mg/g に対して、試料のマンガン付着量は 74 mg/g であり、付着したマンガンの大幅な減少が確認された。また、試料の有効径が JWWA 規格 0.45-0.70 mm を下回っており、かさ密度および密度の数値も新品の値と比較して著しく低いことから、摩耗等によって付着したマンガンを剥離したと考えられる。対策として、マンガン砂の新品への交換を検討中である。

5.考察

原水でのマンガンの高濃度化の原因は、横手川上流のダムにおける水温躍層の形成と考えられる。一般に、ダムや湖沼において、春から夏にかけて水温が上昇すると、表層の水と底層の水の間に水温が急激に変化する水温躍層が形成される。水温躍層が形成されると、表層と底層の水が混合しにくくなり、底層の溶存酸素量が低下し、底泥からのマンガンの溶出反応が促進される。その後、秋期の気温低下や季節風等の影響により、層全体での循環が生じ、底層のマンガンの上下移行が生じる²⁾。

当市では、差圧が上昇した同時期に、ダム湖水を原水とする他の浄水場においても、マンガンの基準値超過が確認されている。昨年度は、夏期の気温が観測史上最高を更新した点も勘案すると、ダムにおいて水温躍層が形成された可能性が高いと考察される。今後は、ダム管理者と協議を行い、放流する際に事前連絡を受けて取水を制限する等、体制の構築を検討中である。

6.まとめ

セラミック膜ろ過設備を導入している浄水場において、膜差圧が急速に上昇する現象が発生した。原水水質から洗浄薬品を選定し、直営によるオンサイト・オンライン洗浄を実施した結果、膜差圧の回復を実現できた。

また、調査・分析の結果、除マンガン設備の更新や関係機関協議の必要性が示唆された。将来にわたる安全・安心な水の安定供給に向けて、引き続き対策を推進していく。

【参考文献】

- 1) 公益財団法人 水道技術研究センター：膜ろ過施設維持管理マニュアル 2018
- 2) 青山 勲：水圏環境中における鉄・マンガンの挙動, 土壌の物理性 第 67 号 P.11~18 (1993)

高度浄水施設活性炭吸着池下部集水装置破損から修繕まで

山形市上下水道部 鎌水善昭

1 山形市の水道概要

当市は山形盆地の南東部に位置し、人口約 24 万人の中核市である。管理する上水道は 7 つの浄水場区域と 1 つの県営広域水道区域があり、1 日あたりの平均配水量は約 71,000 m³/日となっている。そのうち見崎浄水場系（以下、見崎水系）が配水量全体の約 30%を占めており、水処理において活性炭を用いた高度浄水処理を行っているのは見崎水系のみである。

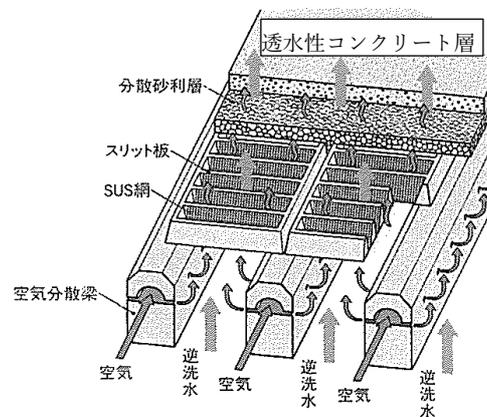
2 高度浄水施設の概要

見崎水系は最上川中流域の表流水を原水としており、夏季は表流水の水温が上昇することで発生するカビ臭等により市民からの苦情が寄せられていた。水質検査結果でも水質系汚濁指標である過マンガン酸カリウム消費量が徐々に増加してきており、併せてカビ臭原因物質とされているジェオスミン及び2-メチルイソボルネオール（2-MIB）が検出されたことから、これらを除去するため平成9年度に高度浄水施設を整備した。これにより、見崎水系の水道水への臭気の苦情はなくなった。

施設規模	鉄筋コンクリート造り、地下1階・地上3階、床面積合計 1,282 m ²	
生物活性炭吸着池（6池） ※R6.6.25時点 4池運用。	処理能力	1池あたり 10,000 m ³ /日
	面積	10.5m×4.0m=42 m ²
	方式	重力式固定層
	洗浄方式	空気・水同時併用洗浄＋水洗浄
	下部集水装置	多孔板型方式（透水性コンクリート、分散砂利、スリット版）
	活性炭層厚	2m
活性炭	炭種 石炭系粒状破損炭（ウェット）、有効径 1.2 mm	
他の付随設備	中間ポンプ設備、洗浄設備、薬品注入設備、水質モニター設備、他	
総事業費	約 26 億円	
運用	活性炭吸着池性能維持のため、5年に1回、活性炭再生又は入れ替えを行っている。	



吸着池断面モデル



下部集水装置略図

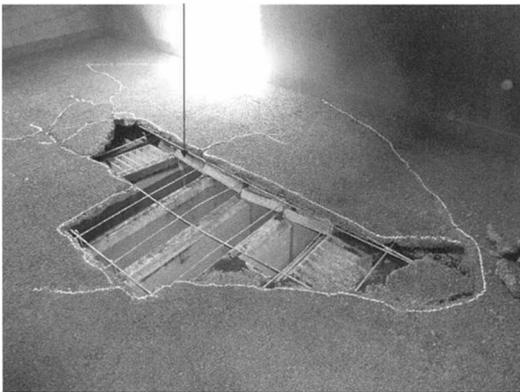
3 活性炭吸着池の破損

(1) 異常の発生と対応

活性炭再生作業から約5か月経過後の平成25年5月に異常が発生した。吸着池の逆洗工程以降に活性炭処理水質が悪化し、同時期にろ過抵抗（以下、ろ抗）が低下した。吸着池の状況を確認すると、活性炭の充填量が大幅に減少していたため、池の使用を中止した。

(2) 想定する破損原因

活性炭除去後の調査では、吸着池の中央部で下部集水装置が破損し、スリット板が浮き上がった部分から活性炭が流出した状況であった（写真参照）。後に破損した箇所を分析した結果、下部集水装置の透水性コンクリート上面が、微粉炭で閉塞傾向にあり、合わせて透水性コンクリート部の曲げ強度も低下していたことが判明した。また、直近で実施した活性炭充填作業における、空気単独洗浄も透水性コンクリート上面を詰まらせる原因の一つであった（透水性コンクリート納入業者報告より）。これらを総合すると、「経年劣化により透水性コンクリートの強度が低下していたこと」、「竣工からの使用により微粉炭等で目詰まりしていたこと」、「活性炭充填作業時の手動洗浄における空気単独洗浄により新炭の微粉が透水性コンクリート内に堆積したこと」など、複数要因が重なったところに逆洗時の圧力がかかり破損に至ったと想定する。



透水性コンクリート破損状況



活性炭流出状況

4 復旧方法

(1) 下部集水装置方式の選定

既設下部集水装置を含めた当設備に適用可能な3方式について検討を行った。

ア 透水性コンクリート方式・・・

既設方式。付随設備の改造不要。工事費安価。耐用年数15年

イ 有孔ブロック方式・・・

洗浄工程プログラムの修正が必要。他池との運用が複雑化する。耐用年数20年

ウ ノズル方式・・・

既設同様のろ過・洗浄工程プログラムをそのまま運用可能。ノズルの交換が容易。

工事費高額。耐用年数20年

既設設備に組み込むことが条件であり、その場合イ、ウは運用面・費用面での優位性が低い。よって既設方式のア透水性コンクリートでの復旧を選定した。

(主な下部集水装置方式の種類)

項目	透水性コンクリート方式	有孔ブロック方式	ノズル方式
集水装置の概要 概要図			

(2) 透水性コンクリートの修繕と工夫

修繕は、活性炭を抜取り、保管・維持等の費用を抑えるため入替と時期を合わせることで、破損・停止している池の復旧を最優先した。破損しているNo.2 吸着池の復旧に加え、同様に劣化が進行している他吸着池も修繕対象としたが、昨今の給水量の減少を鑑み、修繕対象池を最小限に抑え、係る経費の圧縮に努めた。現在、6池ある吸着池のうち4池運用、2池休止のダウンサイジングを行っている。

5 今後の運用と維持管理

透水性コンクリートを詰まらせる原因の排除は困難なため、定期的に空洗状態の確認を行うこととした。また、5年毎の活性炭入替作業時に透水性コンクリートを表わし、手動にて空洗状態を確認する。一部吹き上がっていない場合、透水性コンクリートの逆洗や表面清掃を行うと同時に、処理量を下げるなどして対象池の負荷を下げ、透水性コンクリートへ負荷をかけない方策を取る。また、透水性コンクリートは通常のコンクリート構造物とは異なるという認識を持ち、取り扱いや耐用年数も機械設備と同列で考えることも重要である。

鉛製給水管の使用有無の判定

仙台市水道局 ○山田紗也 遠藤勝俊 山田秀樹 千田剛 松浦正之 今野祥顕 小関栄一郎

1. 背景

本市における鉛製給水管(以下、鉛管)の解消は、平成 17 年度に事業化し計画的に進めてきたが、仙台市水道事業基本計画(平成 22~31 年度)での長期経営目標の一つとして掲げることにより事業の加速化を図ってきた。公道部の鉛管については平成 30 年度末をもって概ね解消し、現在、私道部について、解消工事を進めている。鉛管を使用あるいは所有しているお客様から、鉛管の有無について確認を依頼された場合、布設替え工事を行う前に、採水・分析をすることで鉛管使用の有無を判定することが可能かについて、冬期間使用が休止される公園内蛇口を利用して事前調査を実施した。

2. 調査方法

2-1. 鉛管の残使用推定

図面から鉛管の使用が推測される公園を3箇所(公園 A,B,C)選定し、蛇口から鉛管到達部までの管内容量を計算し、数回に分けて連続採水し、鉛濃度を測定することで鉛管使用の判定を試みた。調査時期は公園の蛇口が使用されていない冬期間とし、概ね 1 日以上配管内に滞留している状態で採水した。採水瓶は、酸処理を施した容量 250mL 若しくは 1L のポリエチレン瓶を使用した。採水後、ICP-MS 法で鉛濃度を測定した。

2-2. 給水器具の溶出試験

調査対象の給水器具を、水道水を 24 時間通水して洗浄した。水温 20.1℃の水道水約 20~45ml を器具内に 15 分間滞留した後、ICP-MS 法で鉛濃度を測定した。試験に使用した水道水中の鉛濃度は、定量下限値(0.001mg/L)未満であることを確認した。

3. 結果および考察

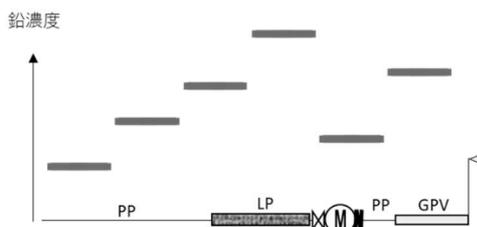
図面の模式図と、鉛測定濃度のピークとの関係を図で示した(図 1,2,3、表 1)。

3-1. 鉛管使用の推定位置と鉛濃度のピークが一致した事例(公園 A, B)

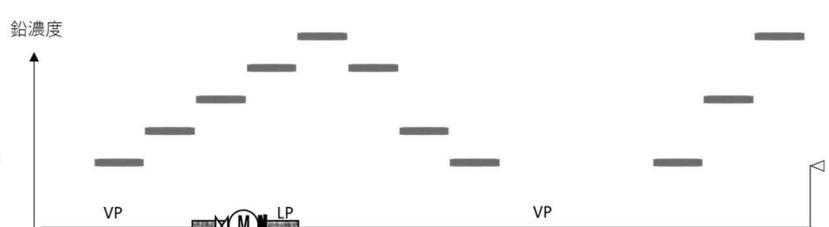
公園 A, B では、図面から推定される鉛管の使用位置に鉛濃度のピークが見られた。その後、鉛管の布設替え工事で掘削した際、

(表 1)配管略称の名称

略称	材料名称
LP	水道用鉛管
PP	水道用ポリエチレン二層管
VP	水道用硬質塩化ビニル管
GPV	水道用硬質塩化ビニルライニング鋼管
CP	水道用銅管



(図 1)公園 A の模式図



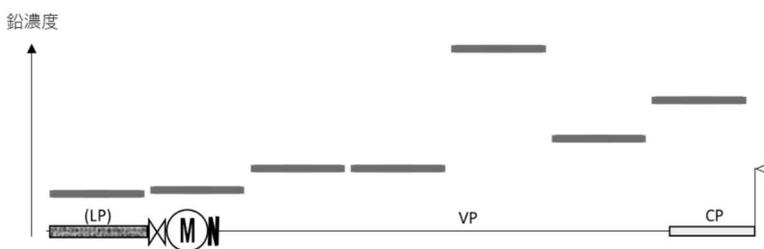
(図 2)公園 B の模式図

図面上の位置に鉛管の使用を確認した。公園 B で開栓直後の滞留水でも鉛濃度のピークが見られたのは、蛇口付近に鉛含有の給水器具が使用されていた可能性が考えられた。

3-2. 鉛管使用の推定位置と鉛濃度のピークが一致しなかった事例（公園 C）

公園 C では、図面から推定される鉛管の使用位置に鉛濃度のピークは見られなかった（図 3）。測定後、現地にて掘削したところ、鉛管は見つからなかった。メーターまわりの給水器具は、平成15年4月に水質基準と浸出性能基準が厳しくなったことに伴い、本市で鉛レス品を使用するようになった平成15年度以前のものであったため、メーターまわりの止水栓等を新しい鉛レス品と交換し、再度鉛濃度を測定した。その結果、鉛濃度が大幅に減少した。

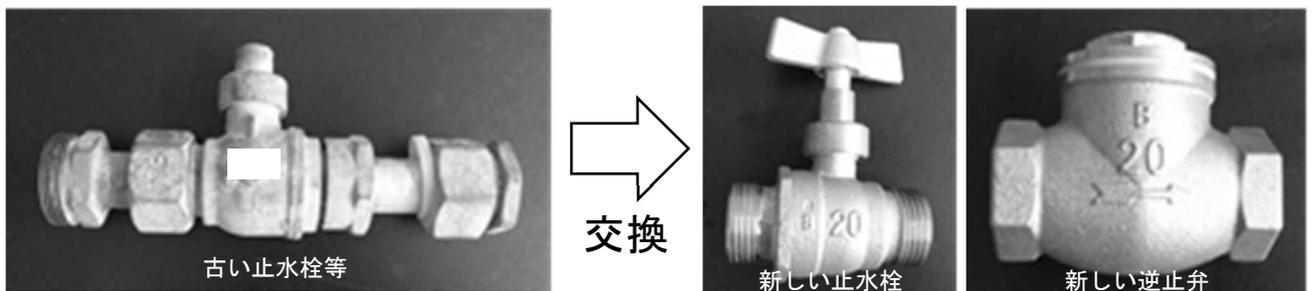
交換した止水栓は昭和54年代、逆止弁は平成5年以前のものであり、溶出試験を行った結果、新しい鉛レスの止水栓、逆止弁と比較して、約30倍の鉛濃度が検出された（表2）。



（表2）給水器具の溶出試験結果

	鉛 (mg/L)
使われていた古い止水栓等	0.030
交換した新しい止水栓	0.001
“ 逆止弁	0.002

（図3）公園 C の模式図



（図4）公園 C で使われていた古い止水栓等と、交換した新しい給水器具類

4. まとめ

図面から算出した管内容量をもとに分けて採水し、鉛管の使用が推定される位置と、鉛濃度のピークが概ね一致する場合、図面どおりに鉛管を使用している可能性が示唆された。また、検出された鉛濃度のピーク箇所が、使用推定箇所と一致しなかった場合、本調査の事例（公園 C）のような、鉛管以外からの溶出を考慮する必要があることが分かった。

今回は公園を対象に調査を実施したが、今後家屋での調査も行う予定である。

オンライン化による効果の二酸化炭素排出削減量の数値化

福島市水道局 遠藤 大介

1 はじめに

温室効果ガス排出量増加に伴う地球温暖化は、全世界共通の課題であり、解決に向けて世界各地で様々な対策が講じられている。福島市では、「チャレンジ 2050 ゼロカーボンふくしま市」を掲げ、温室効果ガスの削減等により脱炭素社会の実現を目指している。水道事業においても、水道水の安定供給を確保した中で、自然環境への負荷低減に向けて積極的に様々な取組みを展開している。

温室効果ガスの代表例として、二酸化炭素（以下「CO₂」という。）が挙げられる。福島市水道局（以下「当局」という。）では、環境負荷低減に係る取組みの一環として、窓口申請や内部会議等のオンライン化を推進しているが、オンライン化による効果の具体的な CO₂ 排出削減量を把握するため、CO₂ 排出削減量の数値化を試みた。

本稿では、オンライン化による CO₂ 排出削減量の令和 5 年度分算出結果について報告する。

2 前提条件

自動車は、ガソリンを燃焼させることで CO₂ を排出する。当局でも現場や出先機関等への移動に公用車を活用しているが、お客様や業者が当局へ来訪する際にも自動車等の移動手段が活用されていることは明白である。言い換えれば、既存の窓口申請等がオンラインで済めば、その分自動車等で移動する機会は減少し、CO₂ 排出量が削減されると言える。

当局では、一部の申請や内部会議等にオンライン形式を取り入れている。今回、オンライン形式を取り入れた申請や内部会議等について、仮に対面形式で実施した場合は自動車で移動するものと仮定した。その際の、自動車移動に伴う CO₂ 排出量を算出し、オンライン化による CO₂ 排出削減量とした。

オンライン化による効果の CO₂ 排出削減量の算出対象とした申請等について、表 1 に示す。

表 1 オンライン化による CO₂ 排出削減量算出対象一覧

対 象	種 別
他企業工事の立会い依頼	当局 ⇄ 業者（会社）
給水装置工事に係る協議	当局 ⇄ 業者（会社）
給水装置工事施行承認申込	当局 ⇄ 業者（会社）
給水装置工事に係る竣工図提出	当局 ⇄ 業者（会社）
水道局内会議	当局 ⇄ 出先機関

3 算出方法

CO₂ 排出削減量の算出にあたり、ガソリンの CO₂ 排出係数及び自動車の燃費（実燃費）を活用することとした。

ガソリンの CO₂ 排出係数については、経済産業省¹⁾ や環境省²⁾ の作成資料に掲載されている 2.32 kg-CO₂/L を採用した。

自動車の燃費については、平成 30 年度販売乗用車の平均燃費（カタログ燃費「JC08 モード」）が 22.0 km/L とされている³⁾。実燃費の場合、JC08 モード燃費より 2 割程度低くなることを考慮し、22.0 km/L の 8 割に相当する 17.6 km/L を自動車の燃費（実燃費）として採用することとした。

【算出に使用した数値】

- ・ガソリンのCO₂排出係数：2.32 kg-CO₂/L
- ・自動車の燃費（実燃費）：17.6 km/L

ガソリンのCO₂排出係数及び自動車の燃費（実燃費）を用いて、式（1）のとおり自動車1 km走行によるCO₂排出量を算出した。

$$[\text{自動車 1 km 走行による CO}_2 \text{ 排出量}] = 2.32 \text{ (kg-CO}_2\text{/L)} \div 17.6 \text{ (km/L)} \\ \div 0.132 \text{ (kg-CO}_2\text{/km)} \quad (1)$$

式（1）の結果を踏まえ、自動車移動に伴うCO₂排出量は式（2）のとおり求められる。

$$[\text{CO}_2 \text{ 排出量 (kg-CO}_2\text{)}] = 0.132 \text{ (kg-CO}_2\text{/km)} \times [\text{走行距離 (km)}] \quad (2)$$

4 算出結果

令和5年度分の算出結果を表2に示す。

表2 オンライン化による効果のCO₂排出削減量（令和5年度）

対 象	オンライン件数 (件)	累計走行距離 (km)	CO ₂ 排出削減量 (kg-CO ₂)
他企業工事の立会い依頼	88	1467.0	193.6
給水装置工事に係る協議	5	-	-
給水装置工事施工承認申込	218	3128.8	413.0
給水装置工事に係る竣工図提出	3	197.6	26.1
水道局内会議	40	224.0	29.6
合 計	354	5017.4	662.3

相手方によって、当局との距離は異なる。表2における累計走行距離については、当局と業者（会社）または出先機関との距離を1件1件積み上げたものであり、詳細を表3に示す。

表3 算出結果内訳（一部省略）

対 象	相手方	オンライン件数 (件)	累計走行距離 (km)	CO ₂ 排出削減量 (kg-CO ₂)
他企業工事の立会い依頼	A社	24	134.4	17.7
	B社	22	83.6	11.0
	C社	10	144.0	19.0
	⋮			
	(小計)	88	1467.0	193.6
	⋮			
水道局内会議	出先機関	40	224.0	29.6
合 計		354	5017.4	662.3

表3に示したとおり、相手方ごとにオンライン件数及び累計走行距離を集約した。これをもとに、式(2)により自動車移動に伴うCO₂排出量を算出し、オンライン化による効果のCO₂排出削減量とした。

令和5年度において、把握できたオンライン申請等の件数は354件であった。給水装置工事に係る協議については、協議相手の記録がなかったため算出に至らなかったが、全体でオンライン化での自動車利用減に伴うCO₂排出削減量は約662kg(25mプール約0.66杯に相当)と算出された。

5 まとめ

式(1)を作成したことで、オンライン化による効果のCO₂排出削減量を数値化することができた。今後も基礎データとして積み上げていくことで、オンライン化の導入効果検証の指標の一つとして活用することができると考えている。

また、現在オンライン形式が取り入れられている申請等はごく一部であるため、新たなオンライン化導入にあたっての費用対効果検証にも活用していきたい。

6 出典

- 1) 経済産業省「CO₂排出(削減)量の算出について」
<https://www.meti.go.jp/press/2021/07/20210701006/20210701006-5.pdf>
(令和6年5月23日参照)
- 2) 環境省「燃料別の二酸化炭素排出量の例」
<https://www.env.go.jp/council/l6pol-ear/y164-04/mat04.pdf>
(令和6年5月23日参照)
- 3) 国土交通省 報道発表資料「自動車の燃費ランキングを公表します！」
https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha10_hh_000230.html
(令和6年5月23日参照)

馬淵川系導水管更新工事の事例紹介

八戸圏域水道企業団 ○立花 大地
 柏村 卓
 谷内 佳祐

1. はじめに

八戸圏域水道企業団は昭和 61 年に当時の八戸市を中心とした 11 市町村（現在は市町村合併により 7 市町）により末端給水型広域水道として事業を開始し、現在の浄水場は、白山浄水場、蟹沢浄水場、三島浄水場の 3 施設である。その中で白山浄水場は（図 1）、八戸市水道部時代の昭和 50 年から馬淵川を水源とする浄水施設として運用を開始し、その後に新井田川を水源とする新たな浄水施設を並列に整備して、平成 22 年からは新井田川からも取水を開始している。白山浄水場は、水源の二重化と供給能力の強化により、今では圏域全体の 82% に水道を供給する重要な基幹施設となっている。

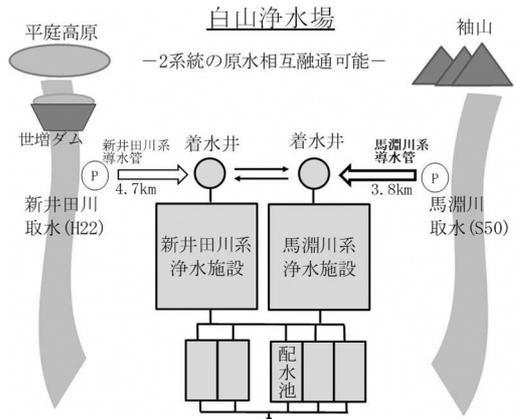


図 1. 白山浄水場の概要

この白山浄水場の馬淵川系導水管（鋼管）φ 1200 mm では、新井田川の取水開始前となる平成 21 年 1 月 1 日に漏水事故が発生し圏域で大規模断水が起こった。この漏水事故をきっかけに既設管路の管内調査を行い管体に腐食の進行が確認されたこと、また耐用年数 40 年が経過することから、馬淵川から白山浄水場までの導水管（鋼管）φ 1200 mm × 約 3,800m について、平成 29 年度から令和 5 年度の 7 箇年で耐震型ダクタイル鋳鉄管 φ 1000 mm へ更新する工事を行ったので紹介する。

2. 導水管更新工事の概略

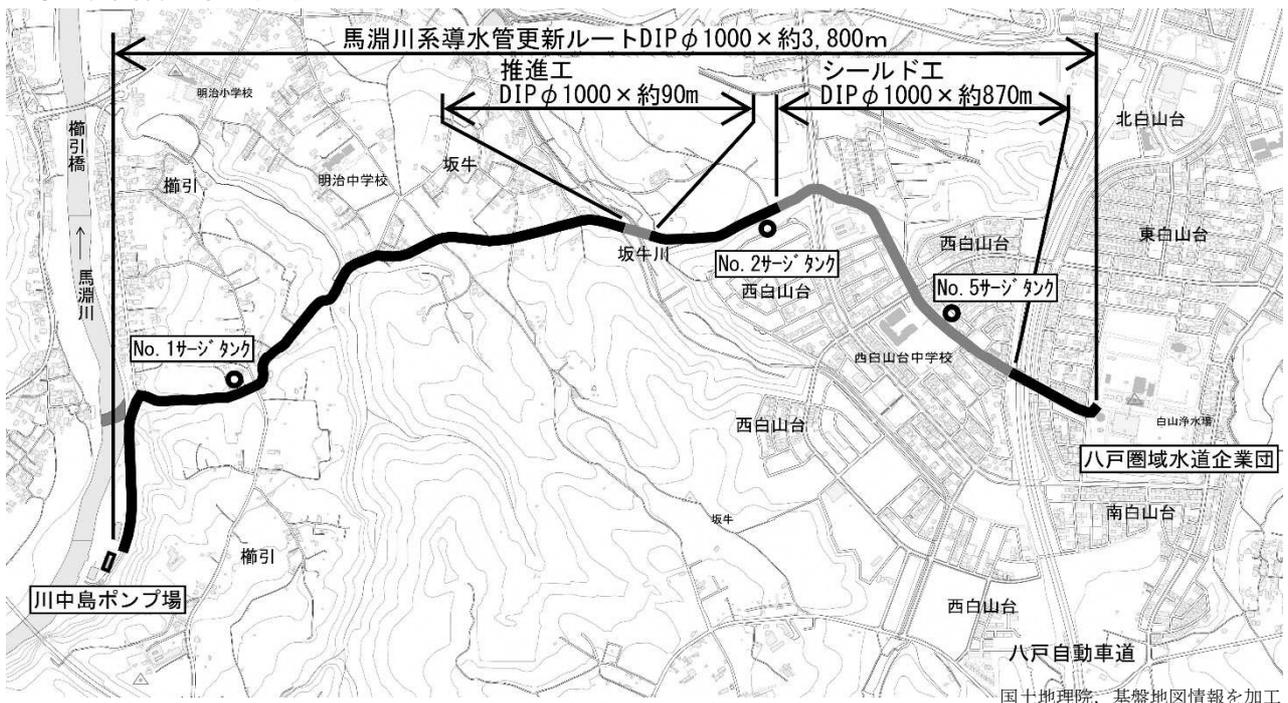


図 2. 導水管更新工事の全体図

国土地理院，基盤地図情報を加工

導水管更新工事の全体図を図2、管路の縦断図を図3に示す。新しい導水管ルートは、管路延長が最短であり更新後も既設ワンウェイサージタンク(RC造)を継続して利用できる既設導水管と同じルートとした。管種は、降雨等の悪天候や冬の寒冷時期にお

いても着実に工事を進められ、また管路の充水前にテストバンドによる継手の水圧試験が行えるダクタイル鋳鉄管を採用した。口径は水利権水量に必要な最小口径φ1000mmにダウンサイジングを行った。

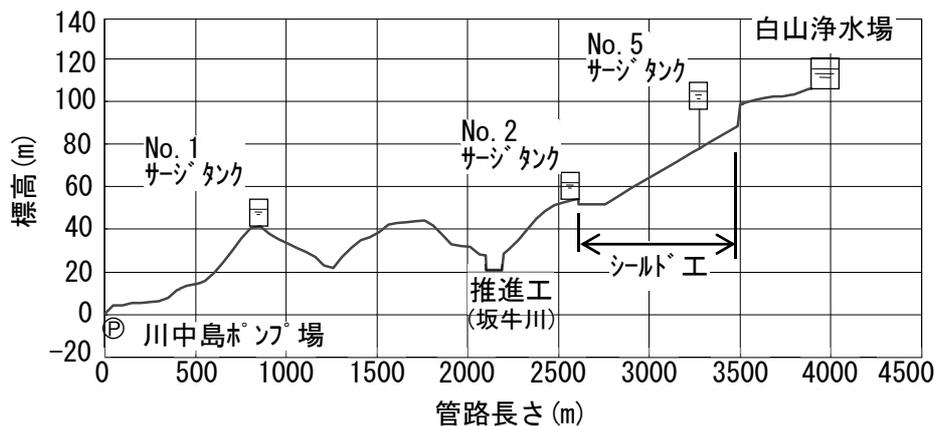


図3. 新設導水管路縦断図

3. 工法別工事概要

開削工法	
導水管布設工	DIP(NS形) φ1000×約2,840m
サージタンク接続工	φ600×2箇所 φ400×1箇所
非開削工法	
推進工	DIPφ1000×約90m
さや管推進工	HPφ1350
導水管挿入工	DIP(PN形) φ1000
発進立坑築造工	鋼矢板Ⅲ型8.0m×4.0m×H11.45m
到達立坑築造工	鋼矢板Ⅲ型6.8m×4.0m×H12.35m
シールド工	DIPφ1000×約870m
シールド工	鋼製セグメント φ1350
導水管挿入工	DIP(PN形) φ1000
発進立坑築造工	鋼矢板Ⅲ型12.4m×6.8m×H6.35m
中間立坑築造工	鋼製ケーシング φ2500×H23.7m
到達立坑築造工	鋼製ケーシング φ4000×H18.2m

表1. 工法別工事概要

工事は基本的に開削工法で施工したが、一部開削が困難な場所は、非開削工法である推進工法とミニシールド工法を採用した。表1に工法別の工事概要を示す。

開削工法による工事は、土被り1.5mに埋設するため軽量鋼矢板建て込みによる土留めを施しながら工事を行った。また、φ1000mmの掘削幅は2m以上となるため、2車線道路を片側通行規制して実施したほか、道路状況によっては作業帯が道路2車線必要な場所もあり、迂回路を設けて通行止めを



写真1. 布設替工(管吊り降ろし)



写真2. 推進工(管挿入)

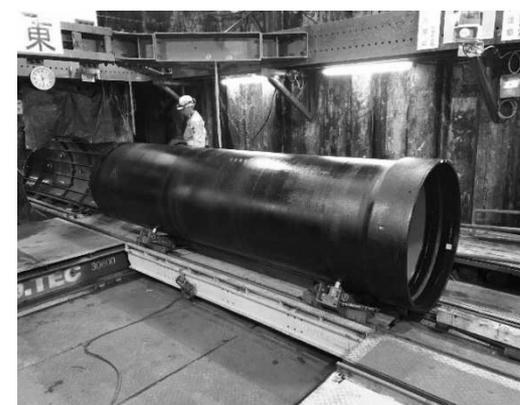


写真3. シールド工(管運搬)

実施した区間もあった。更に、既設導水管φ1200mmと配水管φ450mmが同じ道路に埋設されており、φ1000mmを新たに埋設する位置が確保できない区間では、配水管φ450mmを移設して埋設スペースを確保してから導水管の布設工事を行った。

推進工による工事は、坂牛川ボックスカルバートを横断する区間で実施した。推進は土圧式工法を採用し、推進さや管はHPφ1350mm、挿入管はPN形ダクタイル鋳鉄管とした。土圧式の推進工法の特徴は、泥土を加圧して泥土圧を発生させ地山の土圧と地下水圧に対抗させる工法である。掘削土量の把握が他の工法より容易で確実な利点がある一方、排土方式がバッチ方式のため作業性は他の工法より劣り工事費が割高な傾向があるが、この区間は導水管漏水事故が発生した場所でもあるため、施工の安全性を最優先とし、周囲地盤への影響が少ないこの工法を採用し工事を行った。

シールド工による工事は、既設導水管、配水管、下水管（汚水・雨水）、ガス管の地下埋設物が輻輳し、開削工法での施工及びφ1000mmの埋設スペース確保が難しいニュータウン地域の区間で実施した。地中をシールド機で掘進しながら鋼製セグメントでシールドトンネルを構築し、このシールドをさや管としてPN形ダクタイル鋳鉄管を布設する工法であり、道路線形や勾配に沿った急曲線施工が可能である。これまで既設導水管路では、ウォーターハンマー対策としてサージタンクが5箇所必要であったが、このシールド工法を採用して導水管の深さが既存より深い位置になったことで、サージタンクを2箇所（No3及びNo4）不要とすることができた。

4. 導水管の新旧切替

新しい導水管路を運用開始するには、古い導水管路の運用を停止して既存施設（馬淵川取水施設、白山浄水場、サージタンク）と新設の導水管路を接続切替する必要がある。しかし、馬淵川の導水管を停止した場合、基幹浄水場である白山浄水場の水源は1系統（新井田川）となり災害発生時のリスクが増すため短期間で接続を完了させる必要がある。そのため、工事最終年度（令和5年度）に、既存施設に接続が必要な5箇所と、新旧の導水管が埋設ルート上で交差するため部分的に新設導水管を繋げない3箇所の合計8箇所を導水管停止させたタイミングで同時一斉に切替工事を実施することとした。

短期間で迅速な切替を完了させるために、工事を8区分に分け8業者に発注を行い、同時施工する配管人員を確保したほか、切替場所は全て試掘調査して施工手順を綿密に打ち合わせし、8社で配管完了の目標日を設定して工事に取り組んだ。導水管停止期間は、水需要が比較的少ない10月中旬から12月中旬の2ヶ月間を予定し、約3.8kmの管内水抜き作業、8箇所の切替工事、新設導水管φ1000mmの水張及び水密・水質確認作業までの工程をこの期間で行う計画としたが、毎日の進捗管理と可能な限り作業を繰上げて工程短縮を図った結果、当初計画より15日早く導水管の運用再開を果たし、導水管更新を完了した。

5. 最後に

平成21年に漏水事故が発生した馬淵川系導水管（鋼管）φ1200mm×約3,800mについて、7箇年計画で開削工、推進工、シールド工による工事を実施し、耐震ダクタイル鋳鉄管φ1000mmへの更新を行った。この工事に携わった1人として得た貴重な経験を活かし、圏域内のさらなる管路の強靱化に向けて、安全で安定した給水確保に努めていきたい。

「かび臭原因物質」増加への対応

石巻地方広域水道企業団

○及川 敬義・白川 貴俊

小野 利晃・齋藤・匡俊

1 はじめに

当企業団の主力浄水場である須江山浄水場（急速ろ過方式、処理能力 80,000 m³/日）は、北上川水系旧北上川の表流水が水源である。その水源において、かび臭原因物質濃度が大きく上昇する事例が発生したため、その状況と対応について報告する。

2 発生状況及び対応

2.1 カビ臭の感知

浄水係員によって定期的に行われる官能法による臭気確認によって感知され、かび臭原因物質である 2-メチルイソボネール（以下、「2MIB」とする。）及びジェオスミンについて、ページ&トラップ-ガスクロマトグラフ質量分析計（以下、GC/MS）で測定した結果、沈澱池入口水にて両物質の濃度が高くなっていることが確認された。特にジェオスミンの濃度は通常とは比較にならない大きな値を示した。（表-1）

表-1 かび臭原因物質濃度測定結果

検体名	ジェオスミン ng/L	2 MIB ng/L
沈澱池入口水（通常時平均）	<1	<1
沈澱池入口水（検出時）	11.25	4.46

2.2 浄水処理への対応

かび臭原因物質対策として取水施設にて注入されている粉末活性炭スラリーの注入量を増加させる対応を行い濃度の低下を確認した。

3 かび臭原因物質濃度の動向

3.1 カビ臭原因物質濃度の再上昇

先の対応により濃度の低下が確認されたが、その後についても濃度測定を継続して行った結果、沈澱池入口水にて再び濃度が上昇傾向にあることが確認された。前回と比較すると 2MIB

（図-1 実線）の濃度が高くなっており、河川水の水質に変化が生じたものと推測された。過去の経験上かび臭原因物質の濃度上昇は一過性のものであったため、前回同様に粉末活性炭スラリーの注入量を増加させ、かび臭原因物質濃度の低下対策を行ったが、期待どおりの結果が得られない状況であった。

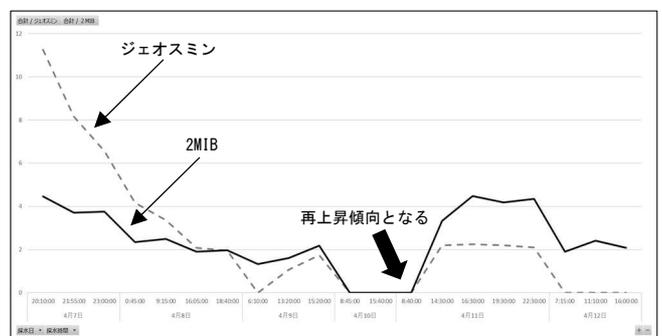


図-1

3.2 浄水処理過程での濃度上昇

須江山浄水場の浄水処理工程で行われる薬品注入は、図-2 に示す通りであり、取水施設から導水される過程で粉末活性炭の注入を行い、その後浄水場混和池において凝集剤及び前次亜の注入、沈澱処理水に中次亜、ろ過水に後次亜が注入されている。

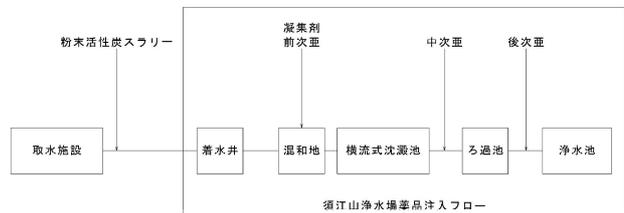


図-2

粉末活性炭を浄水場から離れた位置で注入することは、粉末活性炭との接触時間を長くし粉末活性炭の吸着効果を高めるうえで効果的である。しかし、今回継続測定を行ってきたかび臭原因物質の測定結果では、浄水場へ着水する原

水と比較し沈澱池入口水におけるかび臭原因物質濃度が高くなる現象が発生していた。このことから、河川水（粉末活性炭注入前）と河川水に混和池で注入される同量の次亜塩素酸ナトリウムを添加したものについて濃度の調査を行った。

3.3 調査方法及び結果

ジャーテストの試験方法を用い採水した河川水に次亜塩素酸ナトリウムを添加し急速攪拌を行ったものをGC/MSにて、測定した値と河川水のみを測定した値とを比較した。その結果、河川水のみでは、両物質とも取水施設から導水される過程で注入される粉末活性炭で十分吸着可能な濃度であったが、次亜塩素酸ナトリウムを添加した検体では、両物質とも濃度が大きく上昇した。

表-2 河川水と次亜添加水との濃度比較

検体No.	ジェオスミン (ng/L)		2 MIB (ng/L)	
	河川水のみ	次亜塩素酸ナトリウム添加	河川水のみ	次亜塩素酸ナトリウム添加
1	3	11	2	7
2	4	10	2	7
3	3	8	2	10
4	3	7	3	11
5	2	6	3	24
6	2	7	4	21

この結果から、原水が浄水場着水後に前次亜と接触することで、かび臭原因物質濃度が上昇することが判明した。(表-2)

4 かび臭原因物質の除去

4.1 課題と検討

河川水質が改善する見通しについては不明であるため、粉末活性炭注入量を高いまま維持しなければならないことが予想された。そのために粉末活性炭の溶解作業が頻繁になること、薬品費が嵩むなどの問題が懸念されたため、その対策について検討を行った。

4.2 薬品注入方法の検討と試験

次亜塩素酸ナトリウムとの接触により、かび臭原因物質濃度が上昇することが、判明していたことから、粉末活性炭の注入前に河川水を次亜塩素酸ナトリウムと接触させ、かび臭原因物

質の放出を促した後、粉末活性炭で吸着する処理方法を選択し、その効果について試験を行った。

4.3 試験方法と結果

取水施設内にある沈砂池流入側にコック付きポリタンク容器を使用し人力にて次亜塩素酸ナトリウムを約0.5 mg/Lの注入率で注入した結果、浄水場の処理工程で注入される前次亜注入後においても、かび臭原因物質濃度の上昇は確認されず、次亜塩素酸ナトリウムとの接触によって放出されたかび臭原因物質について、粉末活性炭の吸着効果が十分発揮されていることが確認されている良好な試験結果が得られた。(表-3)

表-3 試験結果

検体名	ジェオスミン ng/L	2 MIB ng/L
河川水	2	3
次亜塩素酸ナトリウム添加	6	24
粉末活性炭スラリーとの接触		
前次亜注入後	0	0

4.4 仮設次亜注入装置の設置

須江山浄水場処理水量（1日平均）から換算すると、取水施設で次亜塩素酸ナトリウムを0.5 mg/Lの注入率で注入した場合、日量約150Lから200L程度の使用量となる。また、安定した注入の確保が必要となることから、仮設注入装置については、保管されていた貯槽タンクとピストンポンプを使用し、その機器類については、塩素酸対策のための空調機を設置した仮設建屋（物置）に収納した。

4.5 粉末活性炭注入量の減少

仮設次亜注入装置による注入開始後、浄水場沈澱池入口水のかび臭原因物質濃度を注視しながら粉末活性炭スラリーの注入量の減少を図った結果、最大60 mg/Lだった注入率を20 mg/Lまで減少させることが可能となった。(図-3)

なお、取水施設で注入される次亜塩素酸ナトリウムの注入率については、0.5 mg/Lを継続している。

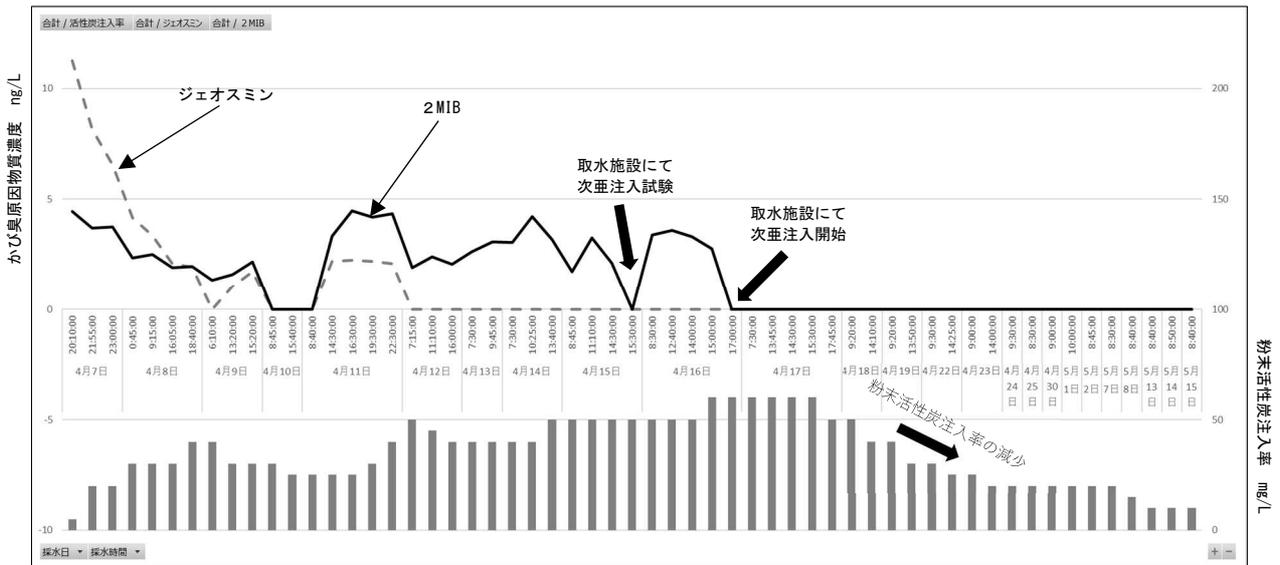


図-3 かび臭原因物質濃度と粉末活性炭注入率の推移

5 かび臭原因物質増加原因

5.1 流域河川の調査（原因河川の特定）

取水地点に影響を及ぼすと考えられる旧北上川へ合流する支流の江合川、旧迫川、迫川について採水を行い、河川水のみ及び次亜塩素酸ナトリウムを添加したのについてかび臭原因物質の測定を行った結果、図-4 ②地点で採水した検体において濃度の上昇を確認した。この結果により、原因となる河川は迫川であることが判明したが、更に上流の③及び④地点で採水した検体では濃度上昇が確認されなかったため、この3地点間で迫川に合流する支流が原因となる河川であると考えられた。追跡調査を行った結果、伊豆沼から迫川に合流する荒川（図-5）から採水した検体で、かび臭原因物質濃度が上昇していることが確認された。さらにその検体に次亜塩素酸ナトリウムを添加し測定した結果、かび臭原因物質濃度が大きく上昇した。（表-5）以上の結果により、今回発生したかび臭原因物質の増加は、荒川の河川水が原因であると判明した。

表-5 試験結果

検体No.	ジェオスミン (ng/L)		2-MIB (ng/L)	
	荒川河川水のみ	次亜塩素酸ナトリウム添加	荒川河川水のみ	次亜塩素酸ナトリウム添加
1	21	131	108	548
2	21	139	294	1766



図-4 採水地点



図-5 荒川採水地点

6 生物からのアプローチ

6.1 生物試験結果

温暖化や湖沼の富栄養化等による水源水質の悪化により藍藻類が異常発生し、水道水でかび臭が発生している事例が報告されている。今回、発生したかび臭原因物質の増加も原因河川である荒川の上流側に位置する伊豆沼の水質が悪化したものと考えられたため、荒川表層水及び伊豆沼表層水を採水し、生物試験を仙台市水道局浄水部水質管理課に依頼した。その結果、かび臭原因物質を産生する原因生物とされている藍藻類の *Pseudanabaena* と *Anabaena* が多量に確認されているとの報告があった。

6.2 かび臭原因物質に対する今後の対応

かび臭原因物質濃度の定期的な検査に加え、かび臭原因物質を産生する藍藻類（生物）についても、データの収集を行うと同時にその特徴について整理し、流域河川を含めた刻々と変化する水源水質について、生物側からのアプローチの必要性を実感した。

7 おわりに

今回、浄水係員により、かび臭を感知した後、粉末活性炭注入量の増加、取水施設への次亜塩素酸ナトリウム仮設注入設備の設置により、大きな影響はなかったが、取水地点上流、直線距離にして約30km離れた小さな支流の水質悪化が浄水処理に多大な影響をもたらした。

このことから、上流側に設置されている各組織との情報共有が必要と考え関係機関との連絡体制及び公開されている流域水位・ダム放流量等のデータを活用し早期に対応できる体制づくりを現在調整中である。また、水源の水質及びその特徴を把握し仮設次亜注入設備を利用したかび臭原因物質に対する適切な対応、夏季のトリハロメタン生成に対する水質改善措置を含め、使用される粉末活性炭の低減化を図っていかねばならない。

シールド工法による大口径水管橋の更新

○秋田市上下水道局 佐藤 良人
秋田市上下水道局 丹後谷 啓

1 はじめに

本市では、市内に1,982kmの管路を有しており、管路全体の耐震化率は31.8%、基幹管路が63.5%となっている。また、配水ブロック化の整備を進め、今年度でブロック化率は81%となる見込みである。一方、水管橋については、約400橋を管理しているが、災害等で損壊した場合、早期復旧が困難で長時間の断水が想定される17橋を主要水管橋として優先的に更新や修繕を行っている。

今回、そのうち最も重要で老朽化した大口径水管橋を耐震化するため、シールド工法による更新を実施したことから、その事例を紹介する。

2 手形山送水管整備工事の概要

(1) 経緯

手形山送水管は、仁井田浄水場から市内総配水量の51%を担う手形山配水場に送水している管路であり、総延長は9.4kmである。当該管路は、昭和41年から42年に布設された鋼管（耐震管）であるが、概ね中間地点にある手形山送水管2号橋の躯体が耐震性能を有しておらず、この水管橋が脆弱な箇所となっていた。

仮に震度6強以上で水管橋が損壊した場合、他の配水場から水融通を図ったとしても市北部の約4万5千人が長期間にわたり断水すると想定され、耐震化対策が急務とされていたが、近接家屋が支障となり補強工事が困難なことや伸縮可とう管の設置ができないことから、シールド工法を用いた地中埋設（図1）による布設替工事を実施した。

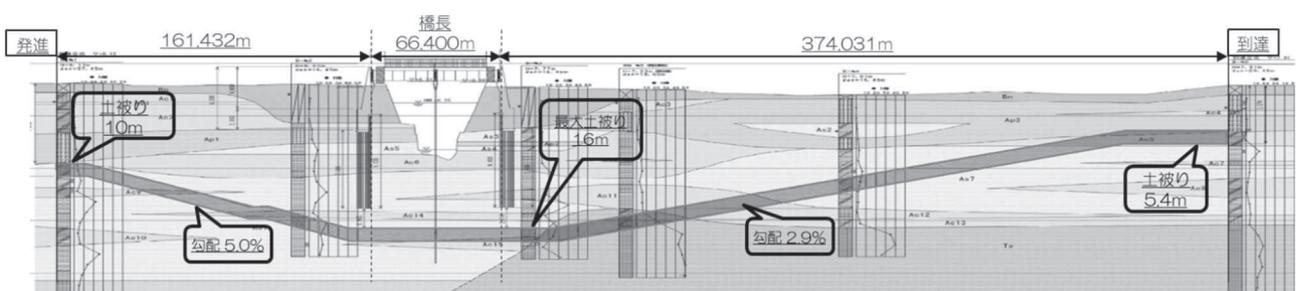


図1

(2) 工事概要

工事名：手形山送水管整備工事

工事場所：秋田市広面鬼頭地内ほか

工期：令和3年9月21日～令和6年3月28日（3年継続）

請負額：1,616,912,000円

工事内容：さや管工 鋼製セグメントφ1,100 593.6m

配管工 DIPφ800 594.6m、切替弁設置連絡工 φ1000×φ800 2箇所

3 工法および口径

今回のルートは、施工延長が約600mと長く、到達立坑の手前側でR=20の急曲線となることや、用地の制限から既設水管橋と同様のルートに布設するため、橋台の杭先端からクリアランス1.5Dを確保して伏せ越す必要があった。これらの特性に対応できる工法について施工性、経済性等を比較した結果、施工性が安定しており、障害物への対応が可能で工事中止のリスクが少ない泥土圧式シールド工法を採用した。

また、既設の送水管口径は1,000mmであったが、工事費と電力費との経済性を踏まえて検討した結果、工事区間の送水管口径を800mmにダウンサイジングした。

4 シールド工法とは

シールド工法は、シールドマシンと呼ばれる筒状の機械を用いてトンネルを掘り進めていく工法である。前方の土砂を削り取りながら、掘った部分が崩れてこないようにマシン内部でセグメント（さや管の外壁となるブロック）を組立てて進める。

さや管の壁をつくりながら安全に掘り進めていくため、都市部などの地上が開発されている箇所や河川などの地下水が多い箇所でも安全に施工することが可能である。

シールドマシンは、①土を削る（図2）、②土を運ぶ（図3）、③前へ進む（図4）、④セグメントを組立てる（図5）、この作業を繰り返して一次覆工（さや管）を行う。

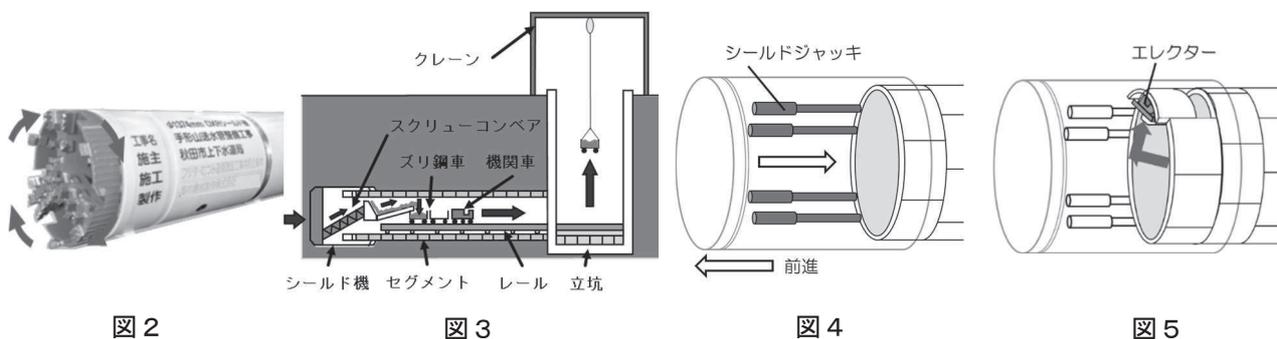


図2

図3

図4

図5

5 施工状況

発進立坑内におけるシールドマシンの吊り降ろしと挿入状況（写真1、2）

セグメント組立後のさや管内の状況（写真3）



写真1 シールドマシン吊り降ろし

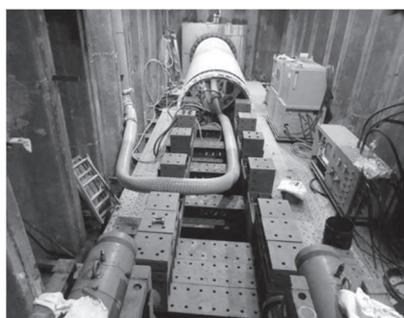


写真2 シールドマシン挿入



写真3 さや管内の状況

シールドマシンが発進立坑から4ヶ月かけ約600m地点の到達立坑に到達（写真4）
 発進立坑内に管を吊り降ろし、発進側から到達側にバッテリー機関車でさや管内に搬入し、到達側から接続しながら布設（写真5、6）

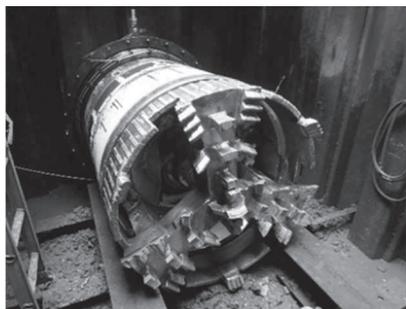


写真4 シールドマシン到達



写真5 吊り降ろし

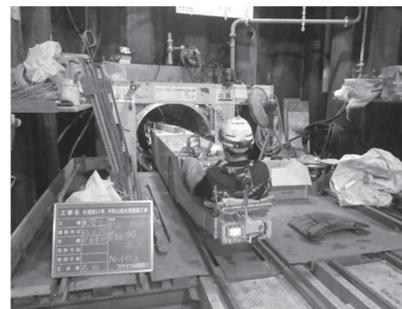


写真6 管挿入

さや管内に新管を配置後、発進・到達側の既設管に不断水切替弁を設置（写真7、8）
 さや管内管路と不断水切替部を連絡（写真9）



写真7 不断水切替弁穿孔

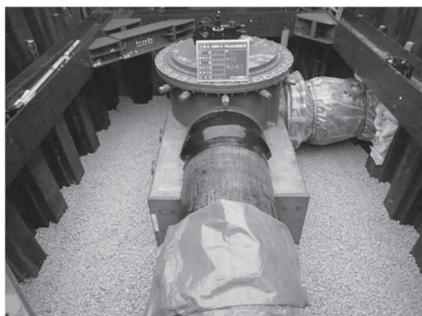


写真8 不断水切替弁設置



写真9 管連絡

6 現場での対応および苦労した点

- ・既設水管橋の橋台下を通過するため、橋台杭長の調査（ボアレダー）を実施
- ・立坑部の土質が悪いため、地盤改良を実施し、地盤沈下対策として立坑の埋戻材に軽量骨材を採用
- ・発進立坑部は、住宅が近接しているため、騒音対策として防音ハウスを設置
- ・地盤改良を実施した際、改良材が掘削箇所まで浸透し、硬化してしまったため、立坑の掘削に支障（掘削時の振動、工程の延伸）
- ・発進立坑部において、近隣住民からの騒音の苦情や振動による家屋への影響が発生
- ・老朽化したガス管の下部をシールドが通過中、ガス漏れが発生したことから、ガス管入替えのため、2週間程度、シールド工事を中止
- ・シールド工事に伴う汚泥の含水率が高く、予定していた処分場で受け入れできなくなり、受入先を変更したため、工事費が大幅に増額

7 最後に

水道施設は、市民生活や地域経済を支える重要な社会資本である。特に基幹管路においては、災害時でも機能を維持できるよう耐震管路の整備などを優先的に進める必要がある。今後、上水道の利便性や災害時の信頼性、将来に渡る事業の持続を念頭に「いつでも いつまでも 秋田市の上下水道」の基本理念のもと、耐震管路の整備を図るなど、より良質な上水道サービスを提供できるように取り組んでいきたい。

水質安全モニター異常感知時対応訓練について

○坂田 渉（青森市企業局水道部）

大高貴文（青森市企業局水道部）

1 はじめに

横内浄水場は明治 42 年に県内初の近代水道施設として供用開始して以来、今年で 115 年目を迎える歴史ある浄水場で当時と変わらず緩速ろ過方式で浄水処理を行っている。同浄水場は八甲田連峰前岳の中腹に源を発する横内川を水源とし、浄水場の約 3.5km 上流から取水している。導水管で導かれた原水は浄水場入口で北系、南系沈殿池に分かれ、それぞれに流入弁が設置されている。通常、河川濁度上昇等のために取水停止する場合は、これらの流入弁を閉止し、浄水場への流入を防止している。

また、河川水の水質を常時監視するため、濁度・UV 計等の各種水質測定計器を設置しているが、平成 11 年度からは水源地に微生物膜による水質安全モニターを設置し、毒物監視も行っている。現在設置している水質安全モニター（平成 30 年 12 月供用開始）の仕様（図 1）と外観（写真）を示す。水質安全モニターが毒物を検知した場合、サンプリング開始から 30 分以内に警報発報する機器を選定している。警報発報後の手順については、危機管理マニュアルに基づき対応することとしているものの、前回実施した訓練から相当期間が経過していることに加え、新たに毒物検知後の場内汚染範囲を推定する手順を確認することとし、訓練を実施した。

仕 様

■ 測定方式

有害物質による微生物の呼吸量の減少を、固定化微生物膜と溶存酸素電極で構成されたバイオセンサによりモニタリングする方式。

■ 測定対象

水道原水（塩素処理されていないこと）やゴルフ場排水、生活排水および河川水

■ 測定間隔

連続自動測定。ただし、電極チェックや洗浄時約 80 分、微生物膜交換後、初期立ち上げ約 1 日（作業時間+装置立ち上げ時間）未測定あり。

■ 前処理装置

中空糸フィルタ

■ 測定可能濁度

濁度標準液 200 度以内



（図 1）仕様

（写真）安全モニターの外観

2 本訓練の概要

訓練のシナリオを示す。

なお、水源地から着水までの到達時間はおよそ 75 分と計算される。

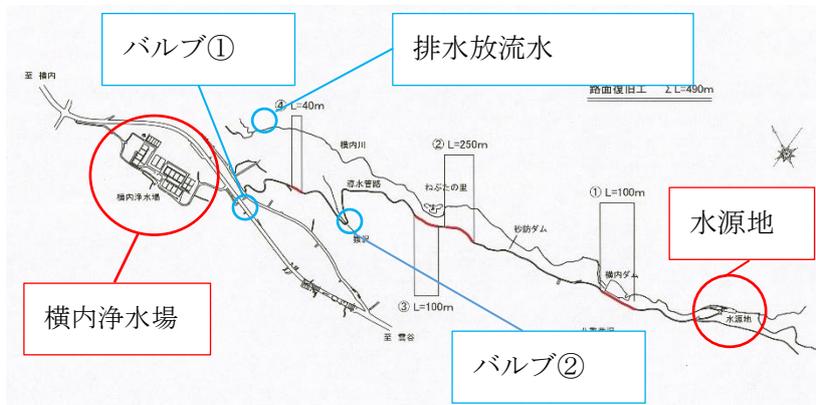
- ・ 水源地に 2 台設置してある水質安全モニターが全台【水質異常】警報を発報。
※取水停止、ろ過停止は模擬。
- ・ 自動サンプリングされた検体の定性試験の結果、原因物質を「シアン」と推定。
※本訓練による定性試験を行う項目はシアン、水銀、金属とした。
- ・ 詳細試験の結果、原因物質はシアンと特定し、発報時に自動サンプリングされた検体の濃度は基準値内。また、各浄水設備における毒性試験及び水質試験の結果、汚染の範囲は導水管までと断定し

た。

※詳細試験の内容はシアンの定量試験、一般項目試験、メダカによる毒物応答試験とした。

- ・ 排泥管（バルブ①、②）より排水作業及び洗管作業を行い、取水口及び吐き口（バルブ①付近）から採水した水から原因物質が検出されなくなったのを確認し復旧。（図2）

以上の想定で令和6年4月26日に実施した。



(図2) 位置図

3 実施結果

警報発報から、定性試験の結果が出るまでの時間はおよそ60分。測定に要する時間（装置起動・測定準備を除く）は想定していたものより10分弱（2検体測定）の超過があった。シアンの定量試験については、汚染状況把握までの時間短縮のため水質基準を超過するかどうかを観点に2点検量で実施した。警報発報から安全モニターサンプル水と取水口の定量試験結果がでるまでにおよそ100分、浄水場内の定量試験結果が出るまでに142分要した。そして、メダカによる毒物応答試験を含む全ての水質検査が終了するまでに要した時間は155分であった。

浄水担当の配水運用チームは、導水管路内の汚染物質濃度が判明後、洗管作業場所へ急行し、排泥管（①、②）の確認を行った。その後、洗管作業終了後の確認を行う採水場所（①）の確認を行った。導水管洗浄の際は、排水弁①②ともに落ち口の容量の問題で全開にできないことが判明し、作業時間が想定できないことが判明した。

時刻	実施結果
9:00	・ 警報発報→取水停止
9:42	・ 検体到着→定性試験開始
10:06	・ 定性試験結果判明→シアンと推定 ・ 詳細試験開始
10:41	・ 導水管路内のシアンの濃度判明 →洗管作業の指示
10:56	・ 洗管作業場所到着
11:35	・ 全地点の水質検査終了 →場内汚染なし
	・ 洗管作業終了後、原因物質が検出されなくなったことを確認して取水再開（今回は省略）
11:36	・ 取水再開（訓練終了）

(表) 訓練当日の記録

4 課題

訓練実施後に行われた意見交換の場で、今後改良すべき点について参加職員より積極的な意見が述べられた。主要なものをあげる。

(配水運用チーム)

- ・ 導水管洗浄の際は、排水弁は落ち口の溢水防止のため全開にできないので、落ち口に人員を配置し、電話等の手段を用い排水量に気を遣いながら開けなければならない。
- ・ 着水井以降の池において排水が必要となった場合、どこから排水するのか場内のバルブ位置を確認しながらマニュアル化しなければならない。
- ・ 導水管内の毒物汚染水が排水できない場合の復旧作業の検討。

(水質管理チーム)

- ・ 今回は、危機管理マニュアルに記載されている内容の一部を省略して実施していたことから、マニュアルに記載した内容で対応できるかどうかについて、更なる訓練が必要。
- ・ 夜間に異常発報があった場合には、自動サンプリングされた検体がすでに回収されている状態にあることが考えられるので、今回の結果を踏まえて装置起動から測定終了(1検体)までの工程を再検討し、結果が出るまでの時間を再確認しなければならない。
- ・ 緊急時の検査方法について一定の分析の精度を担保しつつ簡略化した検査方法を設定できるかを検討する必要がある。(今回実施しなかった GCMS や LCMS での試験を含む)
- ・ パックテストの使用についても検討・整理する(濃度の適用範囲等)。

5 おわりに

今回の訓練を通じて、危機管理マニュアル等に基づき、毒物検知に係る全ての事象を想定した訓練を毎年実施することは体制的にも困難であることが分かった。また、想定より時間を要する手順も判明し、手順の細部に亘って更新していかなければいけないことが課題として見えたことはおおきな収穫であった。更には今回の訓練が、他の浄水場における同様の訓練や机上訓練検討のきっかけとなったことは、危機管理意識の向上につながったと考える。今後は、訓練の検証を進め、作業手順の迅速化及び精度の向上を図るとともに夜間の人員不足を想定した訓練などについても検討を重ねていきたい。

水安全計画を活用した夏季における残留塩素濃度低下への対策事例

○佐々木 優樹（盛岡市上下水道局） 佐々木 智（盛岡市上下水道局）
阿部 春太（盛岡市上下水道局） 大崎 瑞希（盛岡市上下水道局）
下上 翔流（盛岡市上下水道局） 千葉 善幹（盛岡市保健所）

1 はじめに

盛岡市上下水道局は、平成 29 年度より水安全計画の運用を開始し、市内 7 箇所の浄水場ごとに定めた水安全計画に従ってリスク管理を行っている。近年、市内で最も広範囲の給水エリアを持つ沢田浄水場において、夏季に末端給水栓にて残留塩素濃度が低下する事例が増加している。本事例では、水安全計画に基づいて実施した危害分析及び実証実験、さらにその結果を踏まえた残留塩素濃度低下に対する暫定管理措置について報告する。

2 水安全計画に基づく対応

(1) 残留塩素濃度の監視方法

当市では、給水栓における残留塩素の管理基準を 0.20～1.00 mg/L と設定し、この範囲を逸脱した場合には対応措置を実施することとしている。各浄水場及び配水場水系における末端給水栓の残留塩素濃度は、市内 34 箇所まで監視している。うち、沢田浄水場は浄水場構内の給水栓を含む 12 箇所である。

(2) 危害分析

表 1 に、過去 3 箇年度に管理基準逸脱があった監視箇所、日数及び逸脱した時期を示す。監視箇所 12 箇所のうち、4 箇所において逸脱がみられ、給水栓 A 及び C では複数年度に渡って発生した。なお、A と B はどちらも同じ配水場系にある。また、発生時期が 6～8 月の夏季に集中していた。これらの箇所はいずれも浄水場からの流達時間が長く、また滞留時間も長くなりやすい特徴がある。本事例では、これら 4 箇所のうち、複数年度に渡って残留塩素濃度低下が見られる A 及び B を重要管理地点とし、有効な管理措置の設定を目的に、①残留塩素濃度減少速度の予測、②滞留時間の削減の 2 つの観点から実証実験を行うこととした。

表 1 管理基準逸脱箇所とその日数及び時期

監視箇所	日数及び逸脱時期		
	令和 3 年度	令和 4 年度	令和 5 年度
給水栓 A	22(7～8 月)	32(6～7、12 月)	8(6～8 月)
給水栓 B	0	0	47(6～10 月)
給水栓 C	17(7～8 月)	0	30(5～8 月)
給水栓 D	0	28(6～7 月)	0

表 1 に、過去 3 箇年度に管理基準逸脱があった監視箇所、日数及び逸脱した時期を示す。監視箇所 12 箇所のうち、4 箇所において逸脱がみられ、給水栓 A 及び C では複数年度に渡って発生した。なお、A と B はどちらも同じ配水場系にある。また、発生時期が 6～8 月の夏季に集中していた。これらの箇所はいずれも浄水場からの流達時間が長く、また滞留時間も長くなりやすい特徴がある。本事例では、これら 4 箇所のうち、複数年度に渡って残留塩素濃度低下が見られる A 及び B を重要管理地点とし、有効な管理措置の設定を目的に、①残留塩素濃度減少速度の予測、②滞留時間の削減の 2 つの観点から実証実験を行うこととした。

3 実証実験

(1) 実験方法

① 残留塩素減少予測式の作成

残留塩素減少予測式としては $C=C_0 \times \exp(-k \times t)$ の式が知られているが、必要なパラメータが多く本事例への適用に不向きであることから、水道管内及び配水池内の残留塩素の挙動を実験で再現し、それに対して上式を参考に線形近似式を求め、残留塩素減少予測式を作成することを目的とした。

まず、密栓状態と開栓状態の 2 種類の 50 mL パイアルに水道水を取り、21℃に設定した恒温培養器内に保存する。1 日 1 回、それぞれ 1 本ずつ残留塩素濃度を測定しその挙動を記録した。このとき、空気と接触しない密栓状態を水で満たされた水道管内、空気と接触する開栓状態を配水池内とそれぞれ仮定している。そして、それぞれの挙動に対して線形近似式を求めた。この式に対し、給水栓 A 及び B を有する配水場系で実測を行い、線形近似式で得られた結果と減少速度を比較して整合性を確認した。減少速度は、流達時間と残

留塩素濃度の関係を解析しやすくするため、配水場からの流達時間を計算で求めた上で、流達時間ごとに配水池からどの程度残留塩素濃度が低下しているかを調査することによって求めた。

② 常時排水及びバルブ制限による効果の検証

実験①と並行し、滞留時間の削減を目指して常時排水及びバルブ制限を実施した。残留塩素濃度低下が発生しやすい7月に、給水栓 A の上流でバルブ制限、下流で常時排水を行い、改善が見られるかどうかを検証した。

(2) 結果と考察

① 残留塩素減少予測式の作成

図 1 に、実験開始からの日ごとの残留塩素濃度の挙動を示す。バイアル内の残留塩素は開始から 2 日目以降で減少速度が緩やかになり、2 日目から 8 日目において線形に近い減少速度を示した。線形近似式を求めるため、実験開始時点からの濃度の減少量を残留塩素の差として算出したところ、図 2 に示すグラフが得られた。このグラフを基に線形近似式を作成した。この実験を 7 回繰り返し、それぞれの結果から得られた線形近似式を表 2 に示す。この傾きが 1 日当たりの消費量を表し、平均すると密栓（水道管内）では約 0.025 mg/L・day、開栓（配水池内）では約 0.058 mg/L・day と算出された。

続いて、実測との整合性を確認するため、給水栓 A 及び B を有する配水場系で実測を行った結果との比較を行う。表 3 に、実測値を配水場からの推定流達時間ごとと並べた結果と、配水池からの減少量を示す。また、表 3 をグラフ化すると図 3 のようになり、配水池からの減少量から線形近似式を求め、1 日当たりの減少量を算出した。その結果、実測値では約 0.0312 mg/L・day となり、密栓バイアルにおける予測式と近似できる結果が得られた。

なお、バイアルは最初から内面が不活化されている状態であり、これは水道管内壁に錆や汚れ等が非常に少ない場合に近しい条件と考えられる。したがって、この予測式の整合性がより高くなるのは、錆や汚れ等が非常に少ない状態の水道管において、管内が水道水で満たされ空気との接触が非常に少ない場合と考えられる。

以上の結果から、残留塩素減少速度の予測式を作成することができた。

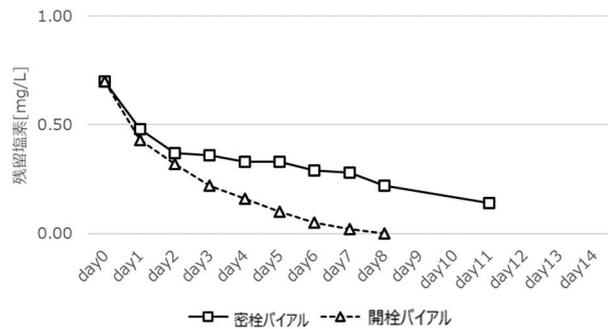


図 1 実験開始時からの濃度変化

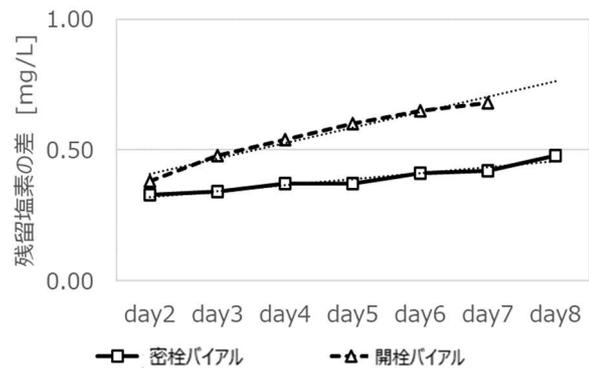


図 2 実験開始時からの濃度変化

表 2 得られた近似式及び傾き

	密栓バイアル (水道管モデル)	開栓バイアル (配水場モデル)
実験①	$y=0.0263x+0.2029$	$y=0.0591x+0.3480$
実験②	$y=0.0274x+0.1973$	$y=0.0651x+0.2653$
実験③	$y=0.0243x+0.1596$	$y=0.0500x+0.3325$
実験④	$y=0.0232x+0.2957$	$y=0.0232x+0.2957$
実験⑤	$y=0.0359x+0.2472$	$y=0.1168x+0.2488$
実験⑥	$y=0.0220x+0.2110$	$y=0.0750x+0.3967$
実験⑦	$y=0.0218x+0.2744$	$y=0.0175x+0.5225$
傾き平均	0.0258	0.0581
実測値	0.0312	

表3 到達時間と残留塩素濃度

	到達時間 (h)	残留塩素 (mg/L)	配水池との差 (mg/L)
配水池	0.0	0.43	—
地点1	0.5	0.41	0.02
地点2	1.9	0.38	0.05
地点3	3.2	0.37	0.06
地点4	4.9	0.36	0.07
地点5	17.8	0.34	0.09
地点6	42.5	0.22	0.21
地点7	64.4	0.29	0.14

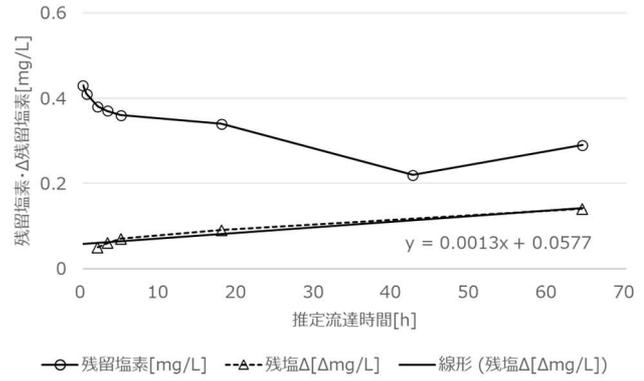


図3 実験開始時からの濃度変化

$\Delta = (\text{配水池} - \text{各地点})$

② 常時排水及びバルブ制限による効果

図4に、常時排水及びバルブ制限を実施した時期と給水栓Aにおける残留塩素濃度の月平均値のグラフを示す。7月以降、給水栓Aの残留塩素濃度は平均値、最小値ともに上昇が見られ、管理基準の逸脱を防ぐことができた。

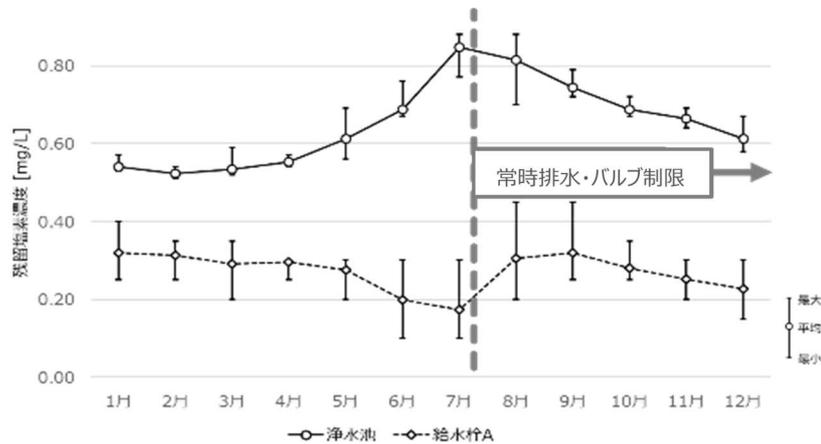


図4 常時排水及びバルブ制限前後の残留塩素濃度の推移

4 暫定管理措置の設定

危害分析及び実証実験の結果から、残留塩素濃度低下に対する暫定管理措置の設定を行った。

実証実験①より得られた残留塩素減少予測式から、到達時間当たりの残留塩素消費量を算出することで、末端給水栓から配水池、浄水場までの残留塩素濃度の目標値を設定することができるようになった。また、実証実験②より、常時排水及びバルブ制限による効果を確認することができた。

以上を踏まえ、沢田浄水場では残留塩素減少予測式を活用した浄水場及び配水池における残留塩素管理を行うこと、水安全計画においては「常時排水」及び「バルブ制限による滞留時間の削減」を暫定管理措置として設定することとした。

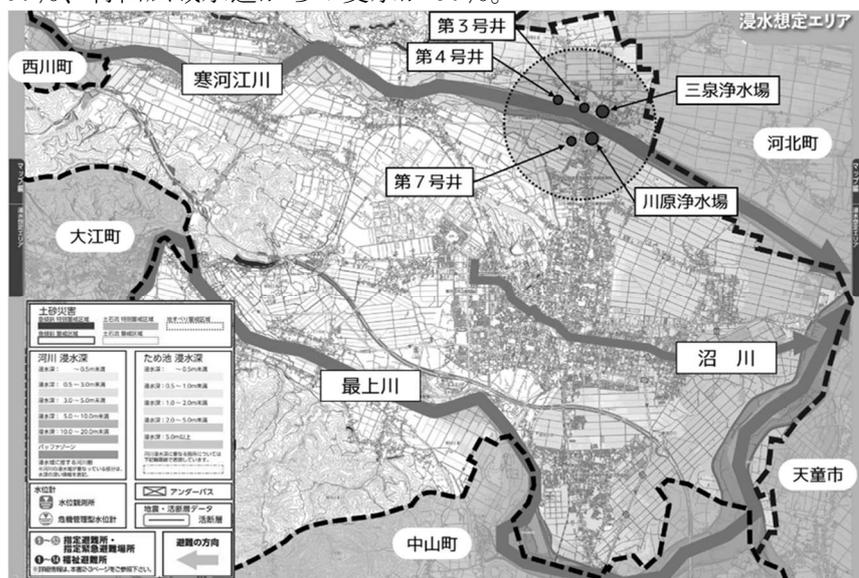
今後は、本事例から得られた成果を基に残留塩素管理を行うことで、管理措置としての有効性について追検証し、他浄水場においても応用性のある管理措置の確立を目指していく予定である。

1 はじめに

本市の計画給水人口は41,500人、計画1日最大給水量は20,200 m³である。水源は川原浄水場（浄水能力5,379 m³/日）、三泉浄水場（浄水能力3,795 m³/日）の自己水源、村山広域水道からの受水であり、市内への供給割合は、自己水源が50%、村山広域水道からの受水が50%。

配水施設は11箇所、大別すると3水系で、村山広域水道を水源とする平野山配水系、自己水源の長岡山配水系と慈恩寺配水系となっている。

地理的状況としては、南に最上川、北に寒河江川が流れ、それらが形成する扇状地に市街地が位置しており、市街地を南北に分けるように1級河川沼川が流れている。



2 浸水対策の必要性

近年、全国的に局地的な集中豪雨の増加に伴い、河川氾濫や水害水などによる浸水被害が頻発している。本市でも令和元年度に、各災害の危険区域などを示した寒河江市防災マップを作成し、市民に対し注意喚起を行っている。

防災マップ内の洪水ハザードマップに示されている寒河江川・沼川の浸水想定区域には、重要度の高い水道施設（川原浄水場、三泉浄水場、第3号井、第4号井、第7号井）が集中しており、洪水時には0.5mから3.0mの浸水被害が予測されている。



令和2年7月豪雨の際は、河川氾濫の危険性が高まり、大規模な避難指示が発令されている事もあり、浸水被害を未然に防止するため、浸水想定区域内の水道施設について浸水対策を講じる必要があると判断した。

3 想定されるリスク

各水道施設が浸水した場合、様々なリスクが生じることとなるが、ここでは2種類のリスクを想定している。また浸水後、復旧までには排水作業、設備の修繕や、点検・清掃、乾燥などの作業が必要となり、予測される断水期間は14日程度としている。

質的リスク

- 井戸が浸水した場合、濁水流入の危険性があるため取水停止
- 浄水場が浸水した場合、衛生環境の悪化や、停電による浄水施設、消毒機能の停止

量的リスク

- 取水施設、浄水施設、配水施設、非常用自家発電施設が被災することによる、送水停止、給水量の減少、供給水圧の低下

4 想定される被害

水道施設の想定被害の結果等から、断水範囲、断水人口、防災拠点等の重要給水施設への給水状況を想定する。

本市の水道利用世帯数は約 14,000 戸であるが、川原浄水場が浸水し、長岡山水系に被害が出た場合、全体の 34%である約 4,200 戸、三泉浄水場、慈恩寺水系に被害が出た場合、全体の約 8%、約 1,700 戸、長岡山水系と慈恩寺水系の両方に被害が出た場合、全体の約 42%にもおよび、約 5,900 戸に影響が出ると試算される。

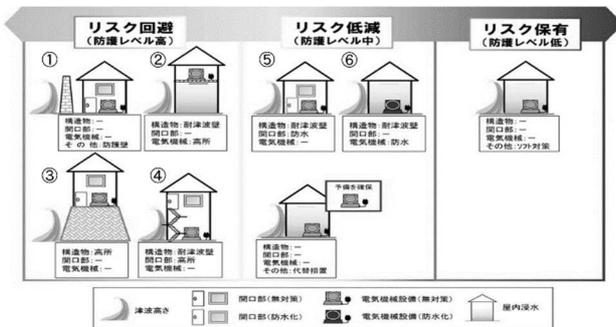


5 対策案の比較、抽出

想定される被害を基に、施設ごとの浸水対策案の抽出及び比較を行っている。

5-1 一次選定

各施設に適用できる対策を検討する。



リスク回避（防護レベル高）

- ①場内を防護壁で囲う
- ②浸水深より高所に機械電気設備を設置する
建屋新設
- ③浸水深より高所に建屋新設
- ④浸水深より高所に開口部を設けた建屋新設

リスク低減（防護レベル中）

- ⑤既存建屋開口部を防水構造に改築
- ⑥機械電気設備を防水構造にする

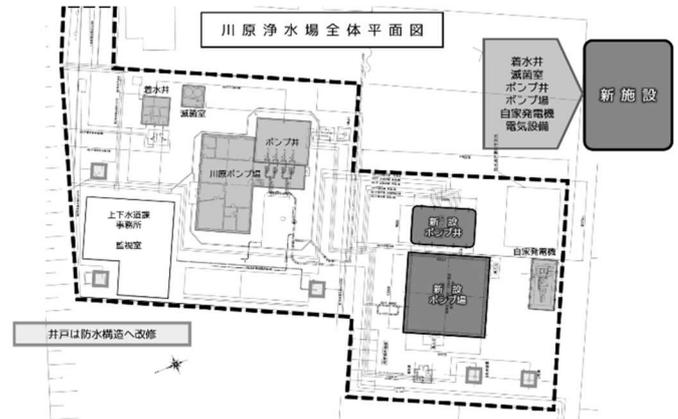
5-2 二次選定

施設に適用できる対策の施工性、安全性、経済性などを考慮し整備案を決定する。

川原浄水場対策案

浸水深より高所に開口部を設けた建屋を新設し、既存施設を集約する計画。

建屋新設となり、工事総額は高価となるが、既存のポンプ井、建物、機械・電気設備が老朽化しており、更新時期にきていることを考慮すると、浸水対策と同時に更新ができるため、効率的であると判断している。



三泉浄水場対策案



三泉浄水場対策案

防水壁により浸水対策を講じる計画。

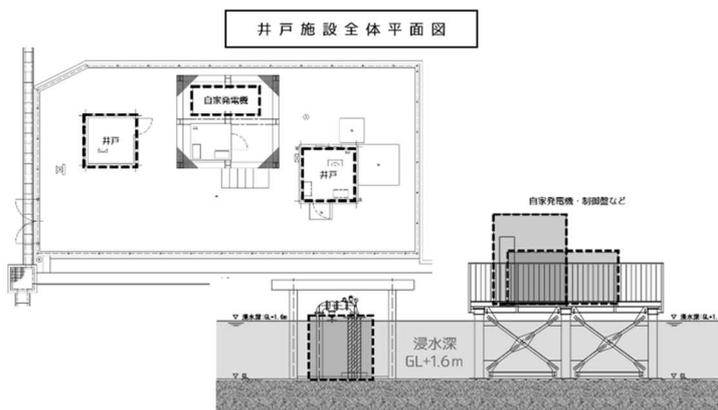
大部分については重力式擁壁を使用し、一部滅菌室などは既存施設を防水化、出入口 3 箇所は防水扉での対策とする。

浸水時、施設内にあるトイレは、排水設備逆流の恐れが考えられることから廃止。施設敷地全体を囲う構造であるため、通常時の雨水排水施設として排水ポンプを計画している。

井戸対策案

3号井、3号試掘井、4号井、7号井とも同様な対策を計画。

取水管、ケーシング管を想定浸水水位より上まで延長することで濁水の流入を防ぎ、発電機や制御盤などは、架台などを設置する事により水没防止を図っている。



6 浸水対策基本計画のスケジュール

種別・施設	工種	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14
用地測量			■										
地形測量				■									
地質調査				■									
施設設計	川原ポンプ場			■									
	三泉ポンプ場											■	
	各取水井戸		■										
川原ポンプ場	早期復旧対策				■								
	建築・造成					■	■						
	ポンプ井・場内配管							■	■				
	機械								■	■	■	■	■
	電気								■	■	■	■	■
第1号井	防水化	■											
第2号井	防水化												
第6号井	防水化												
第8号井	防水化												
第8号試掘井	防水化												
三泉ポンプ場	土木												■
	建築												■
第7号井	井戸かさ上げ							■	■				
	電気架台							■	■				
第3号井	井戸かさ上げ					■							
	電気架台					■							
第4号井	井戸かさ上げ			■									
	電気架台			■									

浸水対策基本計画は、施設の配置状況、老朽度、対策の優先順位などを十分に考慮し策定に至っている。一次計画完了予定は令和14年度としているが、長期にわたり多額の費用が必要となる計画である。

施設ごとの事業費の総額は約19億円と試算されているが、昨今の人件費や資材費の高騰など、整備事業を取り巻く状況はめまぐるしく変化しており、事業費の増大が懸念される。そのことを踏まえ、各年度の浸水対策整備費を基に財政収支計算を行い、実施の可能性などを検討しながら慎重に浸水対策を進める必要がある。

さらに、国や県の水道や防災関係の補助金、交付金について制度を有効に活用するなど財源確保につなげ、安全・安心な水道水供給のため、浸水対策の実施に取り組んでいきたい。

福岡浄水場炭酸ガス注入設備の改良工事

仙台市水道局 ○高橋 太一
及川 喜太
大槻 純也

1. はじめに

福岡浄水場（施設能力：60,600m³/日、横流式沈殿池・急速ろ過方式）は、七北田川（七北田ダム放流水）と宮床ダム（ダム直接取水）を水源とする仙台市の主要浄水場のひとつである。福岡浄水場では、七北田系水源における藻類の光合成に起因した原水 pH の上昇が頻繁に発生しており、これによる凝集不良等の障害が度々発生していた。令和 2 年度より、原水 pH 上昇の対策として炭酸ガスによる簡易な pH 調整設備を設置して試験的に運用していたが、その効果が確認されたため令和 5 年度に本設備として中央管理室からの遠隔制御機構の追加等を目的とした改良工事を実施した。本稿では、その検討プロセスや工事内容等について報告する。

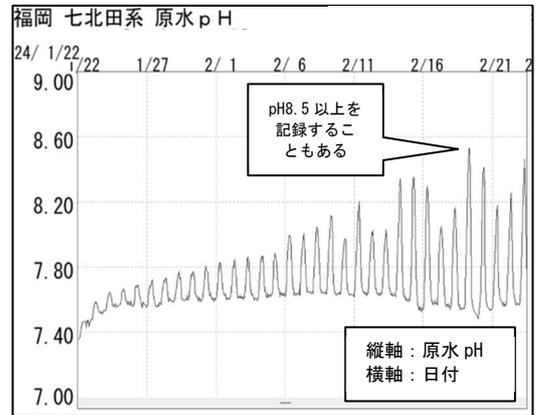


図 1：七北田系原水の pH 変動

2. 改良工事の方向性

既存の簡易な pH 調整設備は炭酸ガスボンベ、ガス加温器、注入量調節用バルブ（手動）等により構成され、①現場に行かないと注入量の調節が出来ない、②注入量の着水流量比例制御が出来ない（バルブが手動であるため、取水量を変えると注入率が変わってしまう）等の課題を抱えていた。これらについては、電動弁や流量計及び指示調節計等を追加設置することで解決できるものと考え、既存設備の機構を可能な限り活用した改良工事を行うこととした。

改良工事の設計を業務委託により進めたところ、設計業務受託者から想定を超えた高額な設計価格が提示された。この設計書では、改良工事において追加を予定していた流量計や電動弁等の制御機構を、まとめて一つの機器として費用計上（メーカーからの見積価格を採用）しており、これが高額な設計価格の一因となっていることが推察された。この点の解消について独自に検討を進め、より安価で維持管理しやすい設備の構築を目指すこととした。

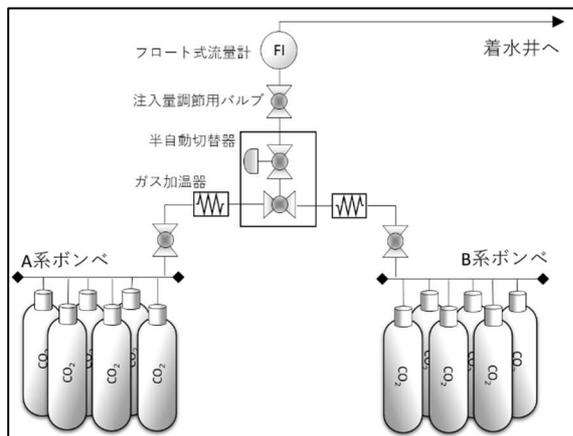


図 2：既存 pH 調整設備のフロー図（概略）

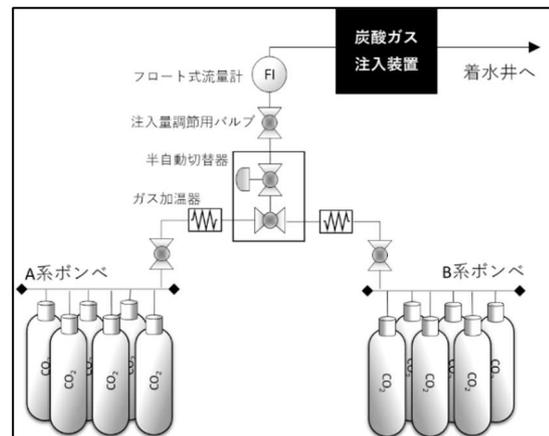


図 3：設計委託成果品での構成

3. 基本条件の設計

当初、計画していた幅広い注入レンジにて機器構成を検討すると、特定メーカーの製品しか採用できず、これが設計価格の高額化に繋がっていることが確認された。このため、浄水場の職員等を交えて実質的な注入レンジについて再検討し、当初の計画から最大注入量を約 35%低減した注入レンジを設定した。

表 1：再検討した注入レンジ

	ガス注入量[Nm ³ /h]
最大注入量	6.16
最小注入量	0.42

炭酸ガス注入量(q) = $Q \times \alpha \times 1 / \gamma \times 10^{-3} \times 1 / 24$
 q : 注入量(Nm³/h)、Q : 処理水量(m³/day)、
 α : 炭酸ガス注入率(mg/L)、γ : 比重(44/22.4)
 ※ N (ノルマル) : 0℃ 1気圧における 1 m³のガス量

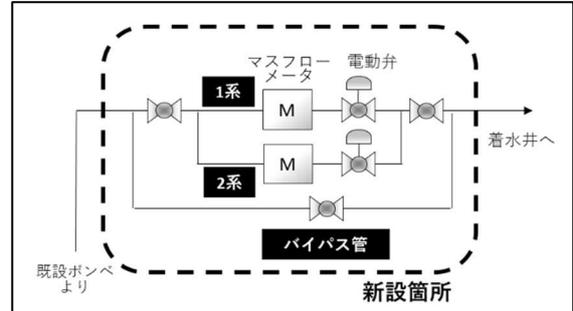


図 4：炭酸ガス注入設備の構成

そのうえで、炭酸ガス注入設備全体を一つの機器とすることなく、注入制御に必要な電動弁などの機器類とそれらの構成を独自に検討し、注入設備を構築することとした。具体的には、注入制御配管を2系統化して、通常は1系統（優先系統）による注入、注入量が一定以上となった場合に2系統目からの注入を行うこととし、また、両注入系統に故障や異常が発生し注入不可となった場合にも、現地での手動弁操作による緊急注入が可能となるようバイパス管を組み込むなどの工夫をした。

4. 構成機器の検討

今回検討した炭酸ガス注入設備を構成する（1）電動弁、（2）流量計、（3）指示調節計について、前述の設計条件をもとに仕様等の検討を行った。

（1）電動弁の検討

① 電動弁の調節機構

薬品注入の調節弁については、一般的に電動弁よりも電磁弁の方が制御性が良いとされるが、電磁弁は電源喪失時に全閉又は全開になってしまうことから、今回は電動弁に限定して検討した。

② Cv 値の検討

Cv 値とは、流体の流れ易さを表す係数である（Cv 値が大きいほど圧力損失が少なく流れやすい）。各製品の公称 Cv 値から適用可能な注入量を算出し、基本条件を満たす製品を選定した。

③ 信号の出力

本改良工事では指示調節計による電動弁制御等を行うことから、開度のアナログ信号出力及び制御信号入力に対応している機種である必要があった。

④ 選定結果

上記について検討した結果、下表に示すとおり 2 製品について採用可能であることが確認された。

表 2：電動弁の製品選定

製品	Cv 値	信号入出力	その他	可否
A 社 1	○	○		採用可能
A 社 2	○	○	形状の検討要	採用可能
B 社	○	出力が不明	形状の検討要	判断不可
C 社	○	出力が不明		判断不可
D 社	○	出力が不明		判断不可

(2) 流量計

本改良工事では、加熱したセンサから奪われる熱量が質量と相関がある原理を利用して流体の量を計測する熱式質量流量計（マスフローメータ）を用いることとした。

(3) 指示調節計（制御モード）の検討

本市の主要浄水場では、中央管理室に設置したプログラマブル指示調節計（FIC）を用いて薬品の注入制御を行う方式を標準としている。本改良工事においても同様の注入制御を実現するため、3つのモードを設定した。

① M (MANUAL) モード

電動弁の開度を直接操作するモード。調節計から電動弁への制御出力値（開閉信号）を送信する機構とした。

② A (AUTO) モード

処理水量に対して設定した注入率で炭酸ガスが注入されるように注入量を演算して制御するモード。マスフローメータからの流量信号をフィードバックし、演算値との偏差をもとに電動弁への制御出力値を自動調節する機構とした。

③ C (CASCADE) モード（将来用）

炭酸ガス注入後の pH 値が設定した目標 pH 値に近づくように注入量を演算して制御するモード。炭酸ガス注入後の pH 値との偏差をもとに電動弁への制御出力値を自動調節する機構とした。ただし、現状では炭酸ガス注入後の原水 pH 値を計測する設備がないため、将来用として整備した。

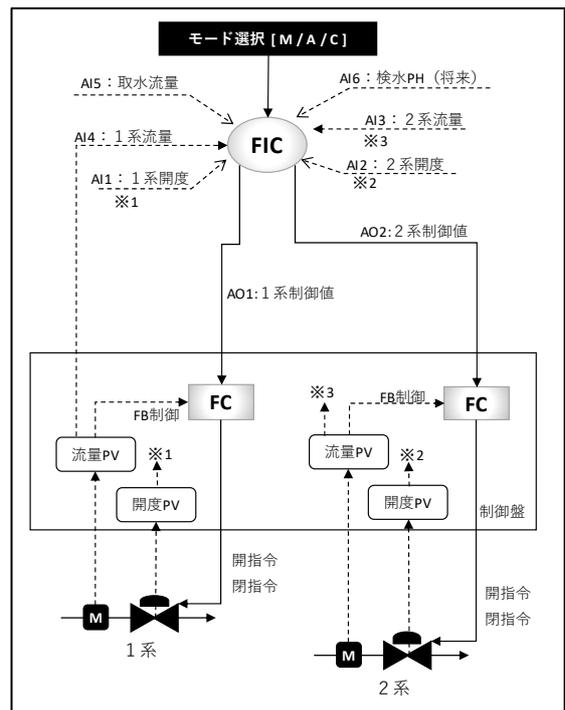


図5：調節計の入出力信号の検討
（アナログのみ）

5. 設備設置状況

上述の検討結果を踏まえた設計内容にて改良工事を発注し（令和5年3月契約）、令和6年1月に完成した。想定どおりの設備構築ができたものと考えている（図6～9参照）。



図6：炭酸ガス設備（既設継続使用）

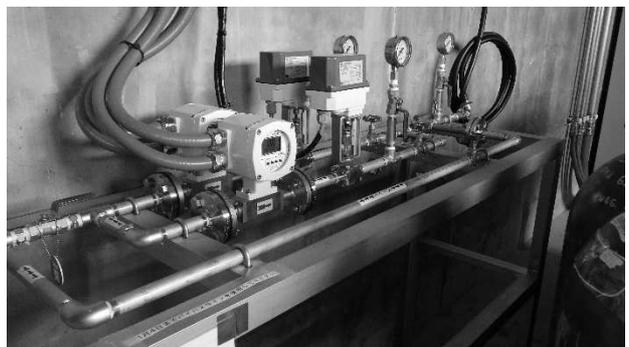


図7：電動弁・マスフローメータ



図8： 制御盤



図9： 中央管理室の指示調節計

6. まとめ

本改良工事においては、当初の計画から発注仕様を見直すことで事業費を大きく圧縮することができた一方で、注入制御に必要な主要な機器類とそれらの構成を独自に検討して注入設備を構築したことで、設備全体としての性能保証が得られない等の課題もあり、ひときわ苦労した事業であった。

竣工から数カ月が経過して、浄水場で今回導入した設備が不具合なく運用されている状況を見るに、マンパワーを割いて仕様を見直した結果、多くの知見と成果を得られたと感じている。今後、炭酸ガス注入後の pH 値が計測できるようになった段階でCモードの運用検証を行うことで、薬品注入制御に関する新たな知見も得られるものと考えている。

最後に、今回、本事業の主旨を理解して協力をいただいた工事受注者と、先行事例の視察を快く受け入れていただいた石巻地方広域水道企業団浄水課 齋藤匡俊 課長補佐（当時）にこの場をお借りして厚く御礼申し上げます。

茂庭焼松山浄水場における維持管理に関する報告

福島市水道局 ○齋藤 良平

1 はじめに

本市は、大正14年の通水以降、阿武隈川の水源を筆頭に複数の水源を用いて市内に供給していたが、平成15年4月より、福島水道用水供給企業団が運営するすりかみ浄水場から暫定的に受水を開始し、平成17年には市内の大部分の場所で、すりかみ浄水場から受水した水が供給されることとなった。

しかし、運用コストが見合わないなど様々な理由で、土湯、高湯、茂庭の3地域については、既存の自己水源を利用し続けており、それに伴い水源や水質の維持管理が不可欠である。特に茂庭地域については、水源が天候の影響を受けやすい表流水であり浄水場も山奥にあることから維持管理が難しく、様々な取り組みを行ってきたため、その取り組みについて報告する。

2 茂庭焼松山浄水場について

2-1 水源

茂庭地区の草蒔沢水源は摺上川の支流である布入川の上流に位置し、川から取水している。表流水であるため、降雨の影響を大きく受け、雨が降った際は原水濁度及び、色度が上昇し易い。さらに、取水口周辺は草木に囲まれており、秋になると落葉が蓄積し、消毒副生成物の前駆物質が上昇しやすくなる特徴がある。



図1 草蒔沢水源地

2-2 浄水場

茂庭焼松山浄水場は、草蒔沢水源より約800m下った場所に位置し、水道局直営の職員3名で運転されている。浄水方法は緩速ろ過であり、3池のろ過池を運用して、処理水量は323m³。緩速ろ過の前段には原水の濁度等を低下させる目的で前処理装置を設け、PACによる凝集沈澱を行っている。また、大雨などで原水が大きく濁る際には、緩速ろ過池が効率よく処理できる濁度を勘案し、ピークカットして浄水処理に影響がないようにしている。

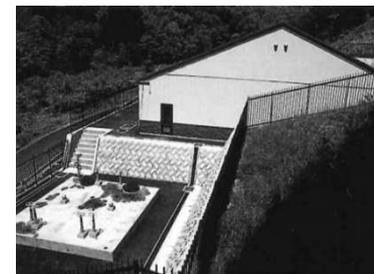


図2 茂庭焼松山浄水場

3 茂庭浄水場の問題点

水源が表流水であるため、大雨や長雨などで原水が濁りやすい。そのため、緩速ろ過の前にPACを注入し前処理装置による凝集沈澱を行っているが、過去には効率よく凝集できないことがあり、PACがキャリーオーバーしてしまい、緩速ろ過地の閉塞を頻繁に起こしてしまっていた。休日に閉塞などを起こしてしまった際は、職員に出勤してもらい、ろ過砂の砂かきなどを実施せざるを得ないことがあった。

また、原水濁度が上昇することでピークカットを行っているが、年々雨の量も増え原水濁度がピークカットラインまで上昇することが多くなり、ピークカットが増え、茂庭地区への水道水の安定的な供給についても不安が出るがあった。

4 対策

4-1 草蔴沢水源地の浚渫

バックホウを用いて水源地の落ち葉を除去する浚渫を行った。草蔴沢水源地上において落葉の腐敗による水質の悪化を防ぐため、水源地上までバックホウを運び直接水源地上の落ち葉の除去による浚渫と汚泥が堆積していた沈砂池の清掃をすることで、消毒副生成物前駆物質の低下を目的とした。



図3 浚渫中

4-2 中間水濁度計

前処理装置の直後に濁度計を設置し、緩速ろ過池に流入する中間水の濁度をリアルタイムで測定を行うこととした。茂庭焼松山浄水場では、緩速ろ過を行っているため、ろ過池に流入させる原水濁度を10度以下としており、安定的な濁度の原水を流入させるため前処理装置を利用しながら、原水が高濁度になった際はピークカットを行い、高濁度の原水が流入しないように対策していた。

以前までは、原水濁度40度でピークカットしていたが、年にピークカットが複数回発生し、水道水の安定供給に支障をきたす可能性があったため、中間水濁度計でデータを収集し、ピークカット濁度の見直しを行った。また、中間水濁度においても10度以上になった時に排水を行うことで、原水もしくは中間水どちらかで濁度がオーバーした際にピークカットを行う体制とした。



図4 中間水濁度計

4-3 超高塩基度ポリ塩化アルミニウム

前処理時に注入しているポリ塩化アルミニウムを超高塩基度のポリ塩化アルミニウムに変更した。従来は一般的な塩基度(50%~65%)のPACを使用していたが、超高塩基度(65%~75%)のPACにすることで、凝集効率を高めろ過池へのキャリーオーバーを少なくすることを目的とした。

4-4 紫外可視分光光度計による消毒副生成物の確認

紫外可視分光光度計を用いて消毒副生成物と関係性のある紫外線吸光度(E260)を代替指標として定期的に測定することとした。消毒副生成物が水安全計画で定める管理目標値を超えた際は、末端排水などを実施し対応しているが、月1回の定期的な水質検査の結果をもとに対応すると、後手の対応になってしまうため、迅速に消毒副生成物の上昇を検知する手段として紫外線吸光度の測定を実施することとした。

5 結果

5-1 浚渫による効果

浚渫を行うことで、水質悪化の原因の一つとなっていた落葉を除去し、フミン質等の消毒副生成物前駆物質の上昇を抑えることが出来た。



図5 浚渫前



図6 浚渫後

5-2 中間水濁度計

中間水濁度計を設置し、前処理装置後の中間水の濁度を測定することで、前処理装置によって濁度が200度近い数値でも中間水において濁度が10度を超えることがないことが判明した。

その結果を踏まえ、原水ピークカットの濁度を40度から180度へ見直しを行った。その結果、ピークカットの回数を大幅に減少させることが出来た。

さらに、万が一前処理装置の能力を超え、10度を超える中間水が緩速ろ過池に流入しそうな場合でも、中間水濁度計で10度を超える濁度を検知した際は自動的に排水を行うため、ろ過池へ流入する中間水の濁度を安定的に10度以下に抑えることが出来るようになった。

5-3 超高塩基度ポリ塩化アルミニウム

超高塩基度のPACを導入した結果、凝集の効率が高まり、少ない量で効率よく凝集することが出来るようになった。それに伴い、PACのキャリーオーバーが少なくなり、PACによるろ過砂表面の閉塞が減少したため、浄水場常勤職員によるろ過砂表面の砂かきの回数が、超高塩基度のパック導入前である平成29年度の218回から、令和5年度は34回まで減少させることが出来た。

5-4 紫外可視分光光度計による消毒副生成物の確認

紫外線吸光度(E260)の測定を行うようになり、消毒副生成物の上昇トレンドを把握することが可能になったため、定期水質検査の結果を待たずにPACなどの薬品の注入量の調整や、末端排水の調整が出来るようになった。

6 まとめ

表流水を用いた水源であることや、携帯電話が不通なほどに浄水場が山奥にあるなどの特徴から、水源や水質、施設の維持管理が難しい茂庭焼松山浄水場だが、電気・通信共に脆弱である中、前述のとおり様々な問題点に対して、どうすればその問題点を解決し、どう対応することが出来るかを考え、工夫、実施することで茂庭焼松山浄水場は現在安定して運営することが出来ている。

今後も小規模な浄水場であることを考慮しながら、これからまた発生するであろう問題点に対して様々な知見を集めつつ、より良い方法を模索しながら対応していきたい。

これまでの

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

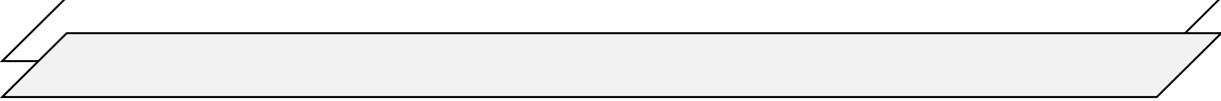


～これまでのMIP -Most Impressive Presentation- 賞 受賞論文一覧～

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)	福島市上下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
	優良表彰制度をとと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
	将来を担う人材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
令和元年度 第22回 (福島市)	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	齊藤 雅樹
	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
	「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
	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
令和2年度開催なし			

開催年度 (開催都市)	受賞論文タイトル	受賞者所属	発表者
令和3年度 第23回 (WEB配信)	水道技術の継承の取組み 会津若松Suidou-aizUP作戦+	会津若松市上下水道局	長谷川 恵一
	木材パネルを活用した施設建屋の更新 -SDGsへの貢献-	南会津町環境水道課	星 善介
	配水ブロック分析の高度化による有収率向上対策	八戸圏域水道企業団	工藤 頌平
	職員用クラウドシステム構築によるモバイル機器の利用	福島市水道局	松本 芳幸
令和4年度 第24回 (青森市)	塩竈市との共同浄水場整備に向けた取組	仙台市水道局	佐々木 宣晴
	水理解析研修による管網のスペシャリストの育成計画	八戸圏域水道企業団	上野 光弘
	高圧気中負荷開閉器の事故事例	青森市企業局	山ノ内 一誠 齋藤 克志
令和5年度 第25回 (山形市)	潜水土による不断水工法を用いた急速ろ過池改良工事	会津若松市上下水道局	渡辺 史人
	舘山浄水場の廃止と広域水道受水の拡大	米沢市上下水道部	川村 忠
	水道水の水質に関するお客さまからの問い合わせ対応事例	仙台市水道局	小関 友紀子
	AI技術を応用したイオンクロマトグラフ分析装置による漏水判定	郡山市上下水道局	木村 和貴

浄水研究委員会報告



『水道水の臭気対策について』

日本水道協会 東北地方支部
技術研究部会

R 1－R 5 浄水研究委員会 報告書

「水道水の臭気対策について」

令和6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 現状報告	p 3
2.1 水道法上の異常な臭味について	p 3
2.2 全国の異臭味による水道の被害状況	p 4
2.3 東北地方の水道事業におけるカビ臭関係の現状報告	p 6
2.4 ジェオスミンと2-MIB	p 16
2.5 カビ臭の原因	p 16
2.6 臭気発生要因について	p 19
2.7 重回帰分析を使用した発生予測に対する考察	p 20
第3章 対応策と事例	p 26
3.1 活性炭による臭気対策	p 26
3.2 各活性炭設備の特徴	p 30
3.3 活性炭以外の対策	p 31
3.4 実際の臭気対策事例	p 33
事例1 仙台市水道局	p 34
事例2 石巻地方広域水道企業団	p 40
事例3 八戸圏域水道企業団	p 44
事例4 会津若松市上下水道局	p 50
事例5 山形市上下水道部	p 53
事例6 郡山市上下水道局	p 61
3.5 まとめ	p 71
第4章 今後の課題	p 72
4.1 各事業体のカビ臭対策や予防策	p 72
4.2 各事業体のカビ臭対策の問題点	p 72
4.3 まとめ	p 73
第5章 アンケート調査	p 74
5.1 アンケート調査概要	p 74
5.2 アンケート調査結果	p 74
おわりに	p 95

はじめに

近年、水道水に対する社会的な関心が高まるとともに、「安全・安心でおいしい水の供給」が求められている。このような状況を反映して、水道水に対する需要者の要望・苦情相談は複雑多岐にわたってきており、とりわけ、水道水の味と臭いの問題については需要者側、供給者側双方にとって大きな懸念事項の一つである。

水道水の味を損なう要因の一つとして異常な臭気がある。異臭味の被害は全国的に発生しており、ここ東北地方でも異臭味のうち主にカビ臭について発生が見られ、その対策に苦慮している事業者も少なくない。

水道水源であるダム湖、河川に由来する藻類の発生がカビ臭の原因であると言われていたが、水源として利用している現状で、昨今の気候等の環境変化によっては、どこの事業者でも起こりうる可能性がある。

今回の研究では、このような状況を踏まえ、東北地方での異臭味の発生状況や水処理上の対策などの実態を調査して、維持管理及び水質管理への対応について取りまとめている。安全・安心でおいしい水を安定して供給するための方策の一つとして、各水道事業者のカビ臭対策の参考となれば幸いである。

第1章 研究テーマについて

水道は、我々が日常生活や社会活動を営む上での最も重要なインフラの一つであり、各種自然災害や老朽化した水道管破損事故などによる断減水の影響を最小限に抑えるために、水道事業体においては水道施設の整備や更新、水源監視、水質管理などの維持管理を通して「安全・安心でおいしい水の供給」に日々取り組んでいる。

一方で、近年では気候変動に伴う気温の大幅な上昇や局地的なゲリラ豪雨の頻発といった環境変化の影響からか、水道水源であるダム・湖沼での生物増殖による異臭味障害やろ過閉塞といった障害が発生している。こうした水源水質に係わる様々な障害に対応し、良質で安定的な水道水の供給のため、一層の水道水源の監視強化と浄水処理の高度化を図る必要があると考える。

このような状況の中で、今回は異臭味のうち東北地方でも発生が認められるカビ臭に焦点を当てて、先行する各種研究機関の文献も参考にしつつ、カビ臭についての現状、原因、発生プロセス、そして対応策を探る。対策としては、活性炭処理が有効とされており、カビ臭に悩まされている多くの事業体で採用されているが、それぞれの表流水、ダム水といった水道水源の違いや、その水質状況、気候条件や地形的要因、更には施設規模、浄水能力に合わせた最適な臭気対策は異なる。そこで現にカビ臭対策を実施している事業体の事例を掘り下げ、実際に管理運用している様々なカビ臭除去方法（設備）の特徴やその管理手法を取りまとめ、カビ臭対策の実施、調査及び検討する際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『水道の臭気対策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臭気発生状況やその対応策を取りまとめ、各事業体の今後の臭気対策の参考となるよう集約・検討・考察し報告する。
- 3) 臭気に関する対応策を実施した事業体の事例を紹介し、臭気発生の経緯や設備導入などの対処方法に関する情報をまとめ、臭気対策の実態・課題などの知見を深める。

第2章 現状報告

2.1 水道法上の異常な臭味について

水道水は水道法第4条により、水道により供給される水が備えるべき要件について、以下のように定めている。

- 一 病原生物に汚染され、又は病原生物に汚染されたことを疑わせるような生物若しくは物質を含むものでないこと
- 二 シアン、水銀その他の有毒物質を含まないこと
- 三 銅、鉄、弗素、フェノールその他の物質をその許容量を超えて含まないこと
- 四 異常な酸性又はアルカリ性を呈しないこと
- 五 異常な臭味がないこと、ただし、消毒による臭味を除く
- 六 外観はほとんど無色透明であること

水道水の供給を受ける水道の需要者は、五感によってその性状を判断することが多いことから、臭味と外観による異常は認知しやすく、発生した問題が水道水に対する不信感へと直結する。特にさびや給水設備の剥離物等といった、容易に直接的な原因を想像できる外観の異常と比較し、臭味による異常は原因が想像しにくく、そのことが健康に影響を及ぼさないとしても、水道に対する印象への影響は非常に大きいものである。

先述した「水道により供給される水が備えるべき要件」については、水道水質基準として、具体的に「水質基準に関する省令」により定められている。この水道水質基準は51項目あり、人の健康に関連する項目（健康関連項目）31項目、水道水が有すべき性状に関連する項目（生活上支障関連項目）20項目から成る。このうち、臭味の観点から設定された項目は5項目あり、そのいずれも生活上支障関連項目に分類される項目となっている。

このうち、(4S・4aS・8aR)一オクタヒドロ一4・8a一ジメチルナフタレン一4a(2H)一オール（通称：ジェオスミン）と1・2・7・7一テトラメチルピシクロ[2・2・1]ヘプタン一2一オール（通称：2-MIB）とフェノール類については機器分析による検査で具体的な基準があるのに対し、味と臭気については官能法による検査である。一般的には機器分析のほうが高感度に、官能法のほうが広範囲な結果を出すことができるといわれている。

表 2-1 臭味に関する水道水質基準の抜粋（令和 5 年 4 月現在）

番号	項目名	基準
四十二	(4S・4aS・8aR)－オクタヒドロ－4・8a－ジメチルナフタレン－4a(2H)－オール（別名ジェオスミン）	0.00001mg/L(10ng/L)以下であること。
四十三	1・2・7・7－テトラメチルビシクロ[2・2・1]ヘプタン－2－オール（別名2－メチルイソボルネオール）	0.00001mg/L(10ng/L)以下であること。
四十五	フェノール類	フェノールの量に換算して、0.005mg/Lであること。
四十八	味	異常でないこと。
四十九	臭気	異常でないこと。

2.2 全国の異臭味による水道の被害状況¹⁾

厚生労働省は異臭味の水道の被害状況について専用水道を除く水道事業者等に都道府県を通じて調査を行い、その統計を公表している。本項での情報は令和3年度の公表分を説明する。はじめに、水道における異臭味の障害の発生状況を表2-2に抜粋した。

表 2-2 水道における異臭味の障害の発生状況

地域	平成29年度		平成30年度		令和元年度		令和2年度		令和3年度	
	被害事業者数 ^{※1}	被害人口(千人) ^{※2}								
北海道	4	0	5	0	8 (1)	300	0	0	5	21
東北	5	7	10 (2)	45	8 (2)	12	10 (2)	0	1 (1)	0
関東	39 (11)	792	53 (20)	185	49 (17)	266	40 (13)	108	40 (15)	344
中部	6 (3)	118	10 (6)	245	8 (3)	140	10 (6)	312	12 (6)	62
近畿	30 (4)	381	19 (4)	514	21 (4)	997	24 (7)	803	33 (9)	2,496
中国	18 (2)	413	17 (3)	316	15 (1)	456	11 (1)	478	18 (2)	308
四国	3	204	8 (1)	370	4	4	9 (4)	363	3	219
九州	13	66	7	0	11	69	14	0	10	76
計	118 (20)	1,981	129 (35)	1,675	124 (28)	2,244	118 (33)	2,064	122 (33)	3,526

注) ※1 被害事業者数には原水のみ異臭味が発生し、浄水では被害が発生していない事業者を含む。また、被害事業者数の () 内の数字は、水道用水供給事業者の数を内数で表したものである。

※2 被害人口とは、浄水で1日以上、異臭味による被害が発生した浄水場の給水人口である。また、被害人口は、百の位を四捨五入し、千人単位で表示しているため、各ブロックの総計と計の数は必ずしも一致しない。

令和3年度の異臭味被害人口は約353万人であり、異臭味被害事業者数は122であった。地域別に見ると、異臭味被害事業者数は関東が40と最も多いが、異臭味被害人口でみると近畿地方が多く、全体の半数以上を占めている。しかし、発生頻度の差はあるが、異臭味被害が一切発生していない地域はなく全国のどの事業者でも異臭味被害が生じる可能性があることがわかる。

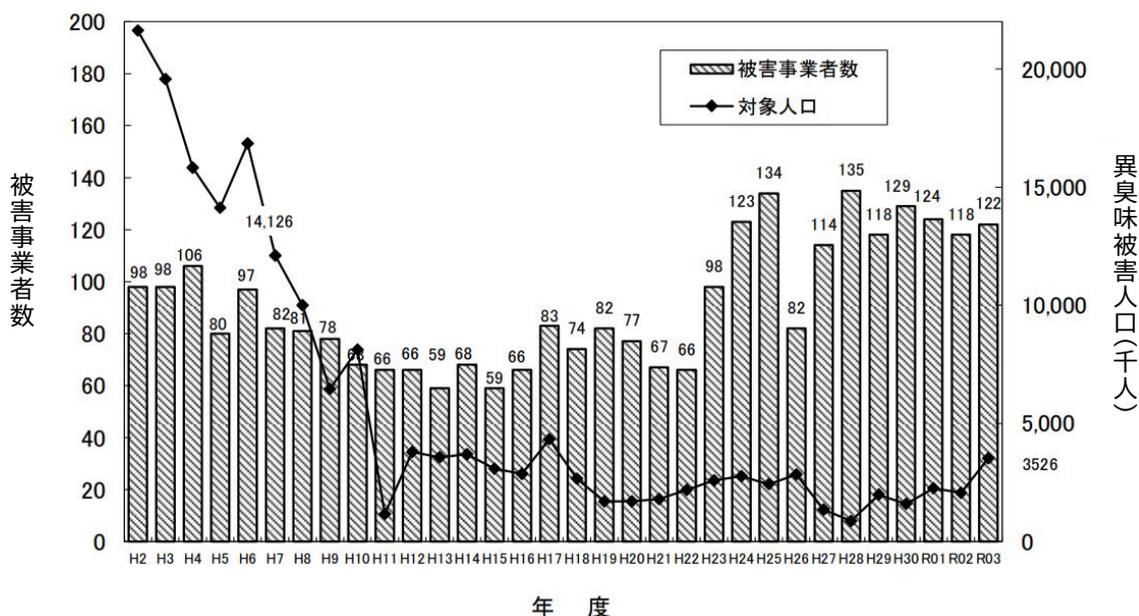


図2-1 水道における異臭味被害の発生状況経年変化

異臭味被害人口は、平成2年度のピーク時に2,000万人台まで増加した。しかし、高度処理の導入等により改善し平成19年度以降は300万人以下で推移しているが、それでも異臭味被害事業者数は増加傾向にあった。そのため、1件あたりの被害人口は少なくなったが、被害件数自体は増加傾向にあり、どの事業者も異臭味被害が生じる可能性が高くなっているともいえる。

近年では異臭味被害人口及び被害事業者数ともにほぼ横ばいで推移している。

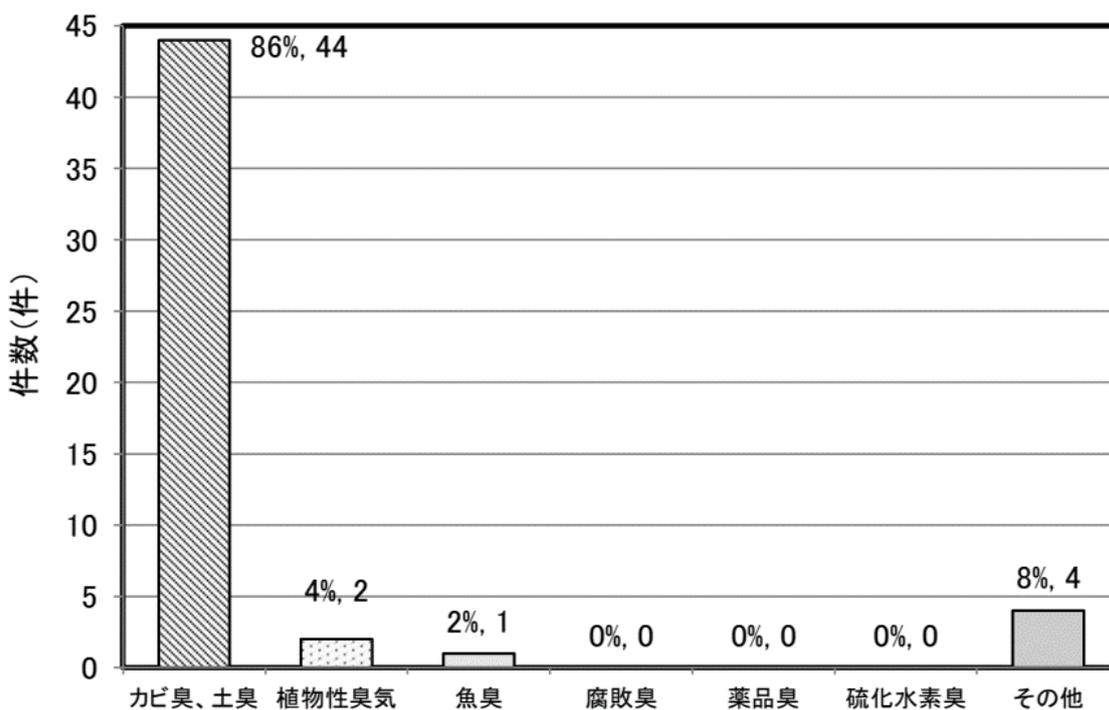


図 2-2 浄水における異臭味被害の種類別内訳（令和 3 年度、51 件）

発生した異臭味の種別としては、「カビ臭、土臭」が最も多く 8 割以上を占めていた。このことから、全国の水道事業体で異臭味の中でもとりわけ、カビ臭に苦慮していることがわかる。

2.3 東北地方の水道事業におけるカビ臭関係の現状報告

本研究を進めるにあたり、日本水道協会東北地方支部正会員 166 事業体を対象にカビ臭の発生状況と対応策などに関してアンケート調査を実施した。なお、発生状況については平成 27 年 4 月～令和 4 年 9 月にカビ臭が発生した場合を対象としている。

図 2-3 は、事業体のカビ臭の発生状況をまとめたものである。回答のあった 150 事業体のうち、発生事例があったのは 23 件であった。これは 15% にあたり決して少ない数ではないが、表 2-2 水道における異臭味の障害の発生状況から考察するに、東北地区の異臭味被害人口は最も少なく、良質な水源を有していると考えられる。

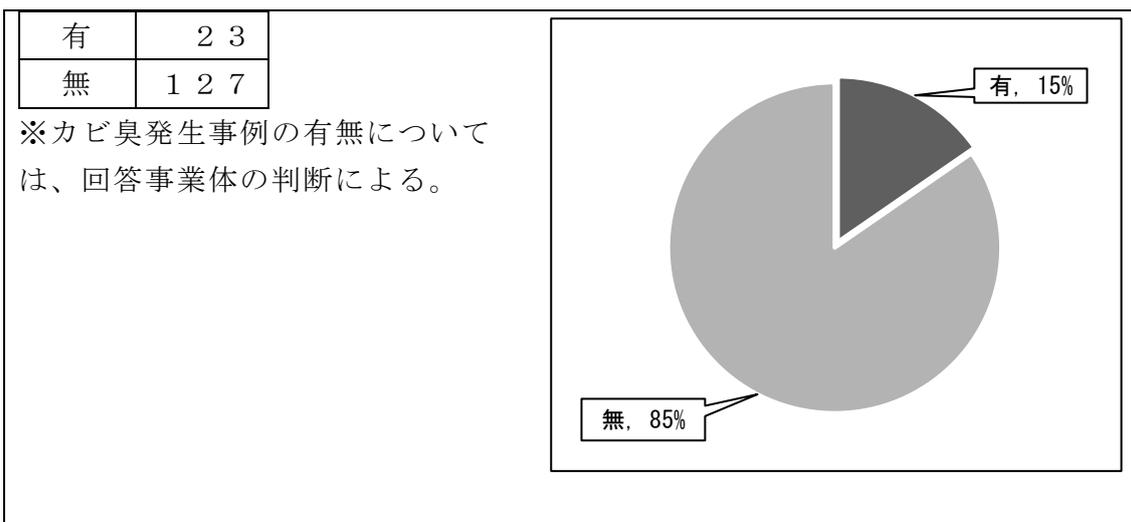


図 2-3 平成 27 年度以降のカビ臭発生事例の有無

図 2-4 は、各事業体の 1 箇所以上に何らかのカビ臭対策設備を有しているか伺った結果である。ここでいうカビ臭対策設備とは「活性炭の注入設備」から、「ダム取水水深の変更」「カビ臭の発生している水源の取水量を減らす」「湖水循環装置」「前々次亜の注入」「前次亜の停止」「水源池に硫酸銅を散布」「水源涵養林を整備」「オゾン処理」「マイクロストレーナによるアオコ除去」「遮光ネットの設置」など、幅広く対象としているが、浄水工程における「ろ過」は含まないこととした。なお、より詳細な対応策については次章で解説する。回答のあった 150 事業体のうち 45 事業体（30%）で対策を行っており、105 事業体（70%）で無対策であることが分かった。水道施設設計指針では取水施設は原水として水質が良好であって、将来にわたって懸濁される恐れのない地点に設置する必要があるとされている。上記の結果から、東北地方では選択取水ができる事業体の多くは適切に取水位置を選択していることが伺える。

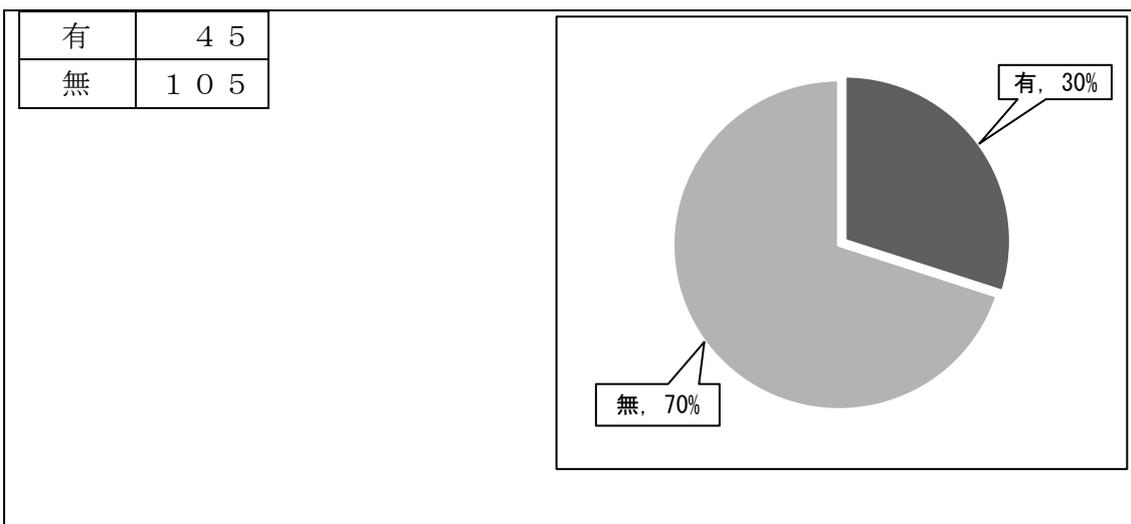


図 2-4 カビ臭への対策

これ以降の調査結果は上記アンケート結果のうち「カビ臭発生事例がある」または「カビ臭対策事例がある」のいずれかに回答した事業体の条件を満たす浄水場について回答をもらった。したがって、事業体ごとの結果ではなく浄水場ごとの結果であり、一つの事業体から複数の浄水場についての回答をもらっている場合もある。

図 2-5 は、条件に一致する 75 浄水場のうち、カビ臭の発生状況を調査したものである。その結果、30 浄水場（40%）でカビ臭が継続して確認されていることから、一度カビ臭が検出された地点では対策を行う必要があると判断できる。

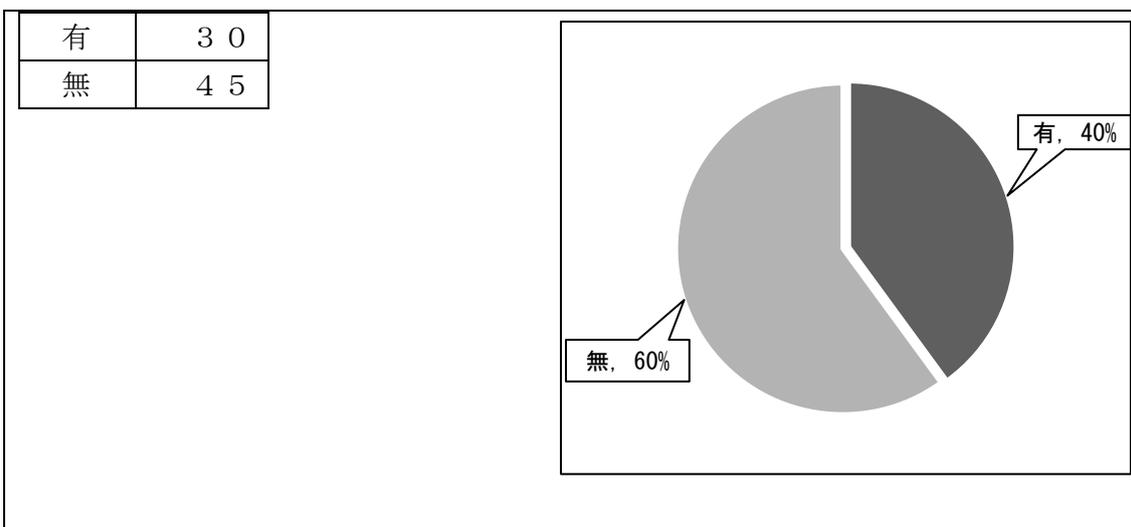


図 2-5 カビ臭が発生又は対策済施設における平成 27 年度以降のカビ臭発生状況

図 2-6 は、条件に一致する 75 浄水場のうち、カビ臭の対策状況を調査したも

のである。実際にカビ臭が発生した 70 浄水場 (93%) が対策を行っていることから、カビ臭発生後多くの浄水場で対策を実施していることが分かる。

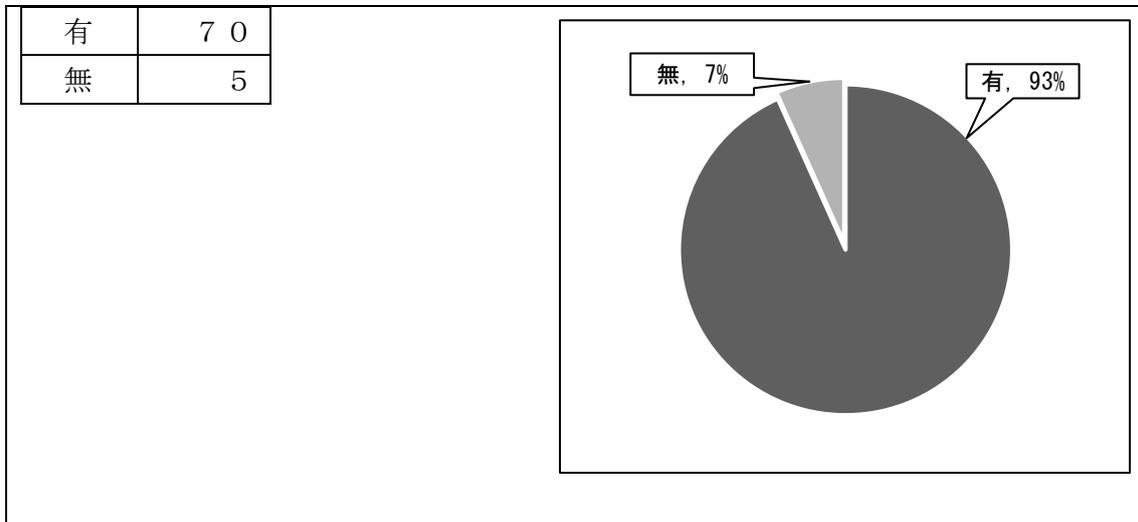


図 2-6 カビ臭が発生した又は対策済施設における対策状況

図 2-7 及び図 2-8 はそれぞれカビ臭対策をしている浄水場の水源の種別と浄水処理方式の調査結果である。一つの浄水場で複数の方式を採用している場合もあるため、必ずしもカビ臭対策をしている水源とは限らないことに留意いただきたい。水源の種別としては河川水が最も多く 42 地点で、次いでダムが 39 地点となり、ほぼ 2 種類で大別されることとなった。厚生労働省の平成 19 年の公表²⁾によれば、全国の水源地はダムが 45%、河川水が 26.5%であることから、河川水のほうがカビ臭のリスクが高い可能性が否定できない。

浄水処理種別については 70 浄水場と大部分が急速ろ過であった。厚生労働省の平成 19 年の公表²⁾によれば、全体の約 80%が急速ろ過であることから、おおむね統計通りの結果であるといえる。特筆すべきは、最先端の浄水方法である膜ろ過といった、高精製のろ過法とカビ臭対策を併用して実施している浄水場も散見されたことである。

※一施設で複数の水源を有する場合、全てを計上している。

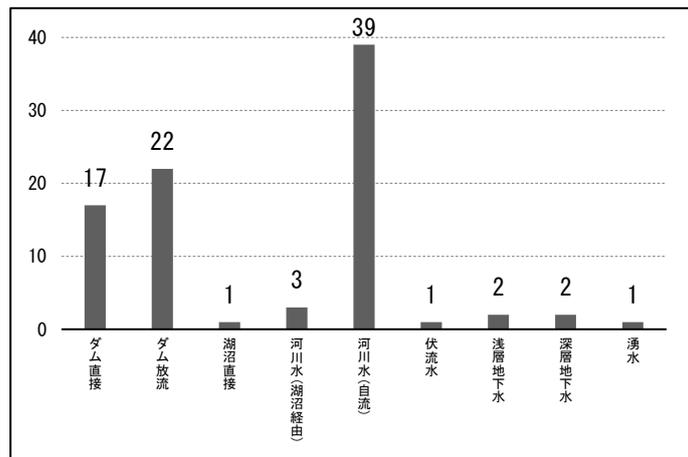


図 2-7 水源種別

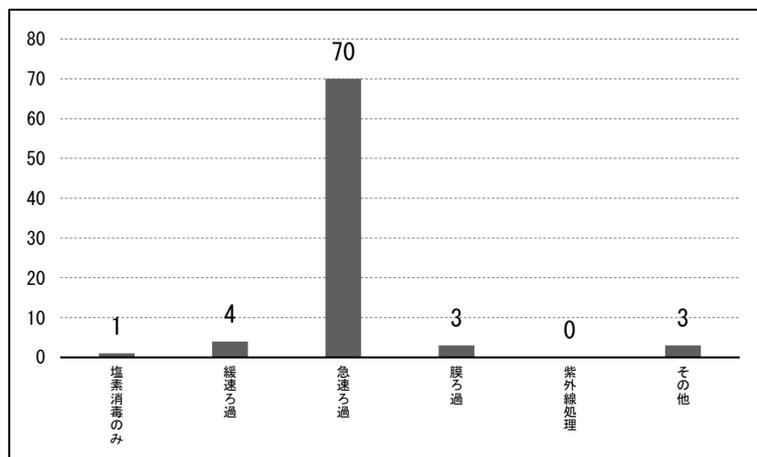


図 2-8 浄水処理方式

図 2-9 は、カビ臭の発生頻度をまとめたものである。平成 27 年度以前から発生している浄水場が 72%と、カビ臭による被害は長期化する傾向が改めて分かったうえ、平成 27 年度以降に発生するようになった施設も少なくないことが分かった。また、全体の 33%は毎年カビ臭が発生していることから、一度カビ臭が発生した水源では、対策が必要となることが伺える。

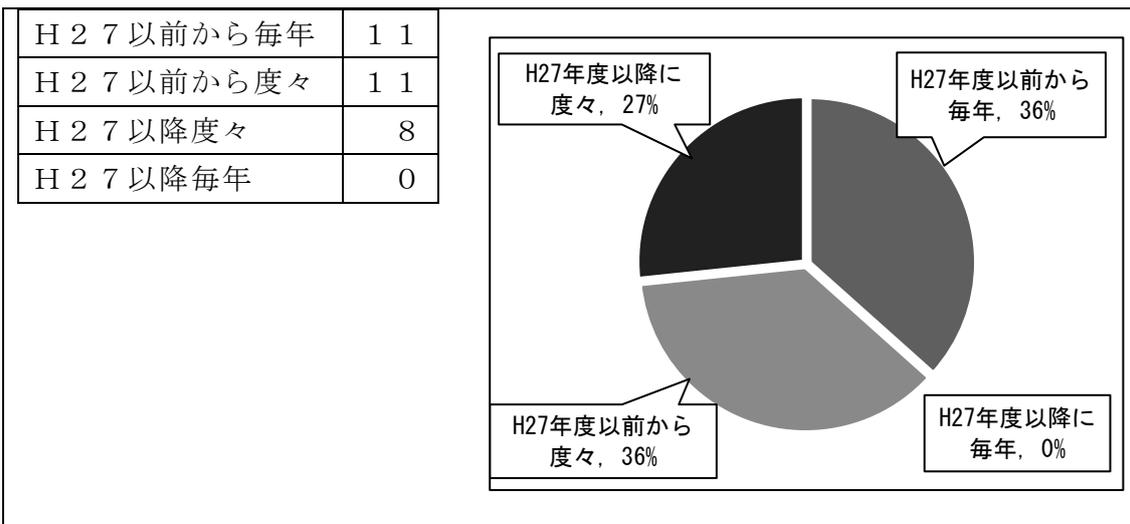


図 2-9 発生頻度

図 2-10 は、発生時期についてまとめたものである。発生している時期としては、やはり夏季に多く発生しており、最も多いのは9月であった。しかし、3浄水場では通年を通して発生しており、原水水質によっては、夏季以外の時期についても警戒が必要である。

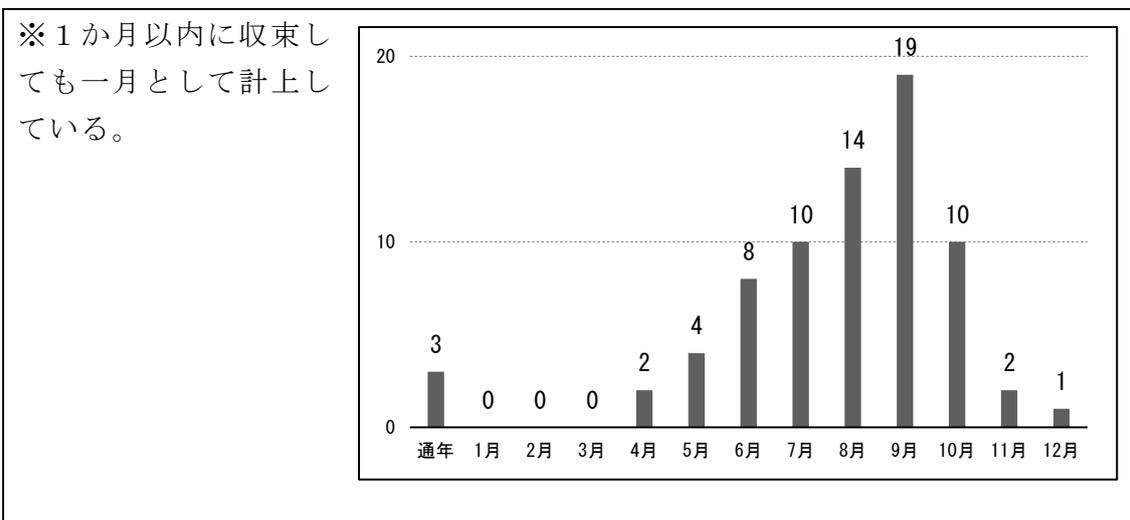


図 2-10 発生している時期

図 2-11 は発生し始める時期である。8月、9月が最も多いが4～6月といった春の時期にも発生し始めることが分かった。図 2-12 は収束する時期である。9月と10月が大多数となった。

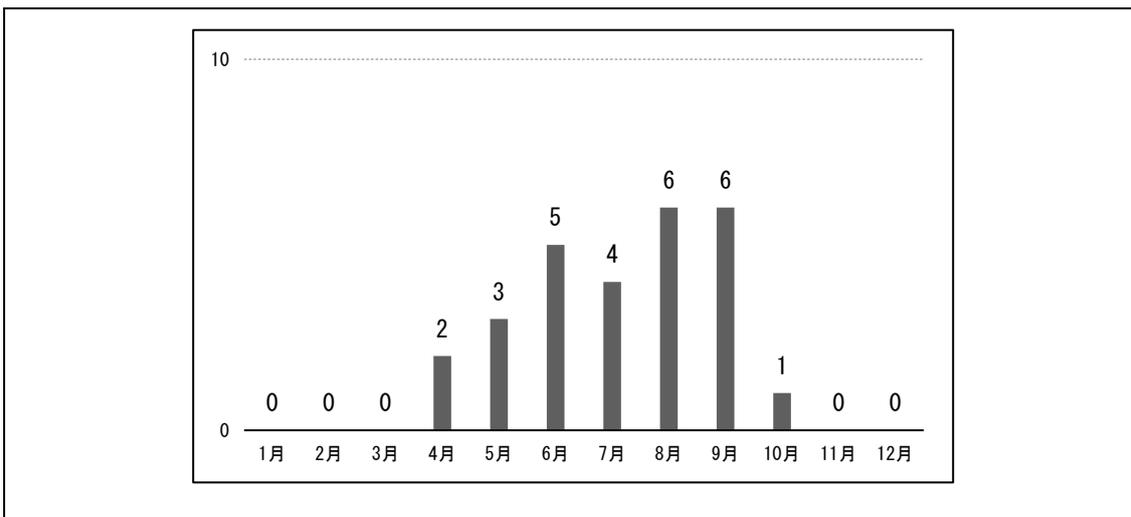


図 2-11 発生の始期

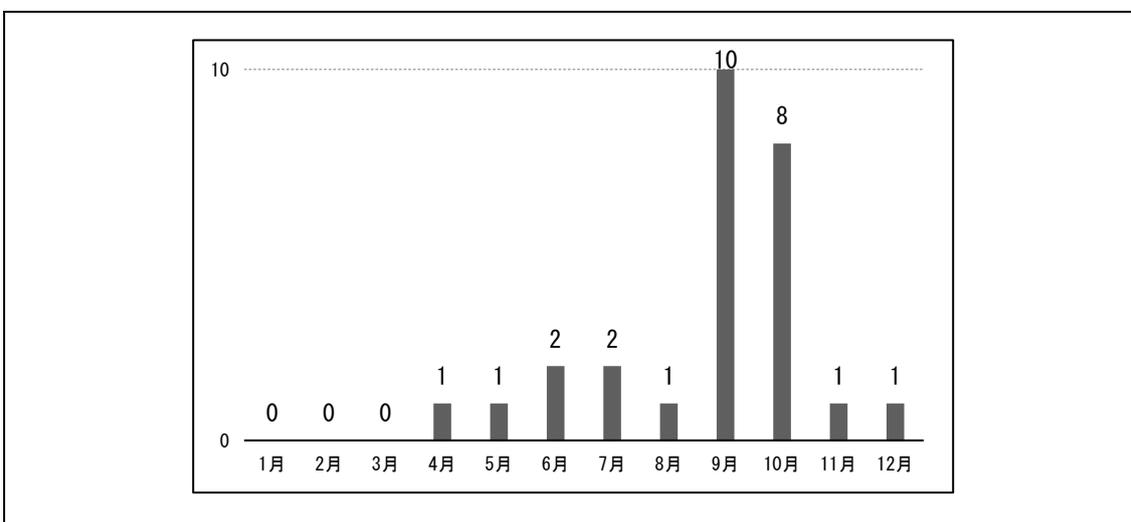


図 2-12 発生の収束期

続いて、実際の対策についての調査結果を報告する。対策開始の基準について調査した結果が図 2-13 である。開始基準については画一的な答えはなく、浄水場ごとに特色が出た。特に、「時期」「臭気検査結果」「臭気原因物質検査結果」を開始基準とするところが多く見られた。また、12 浄水場では常時粒状活性炭による処理を行っているとのことだった。

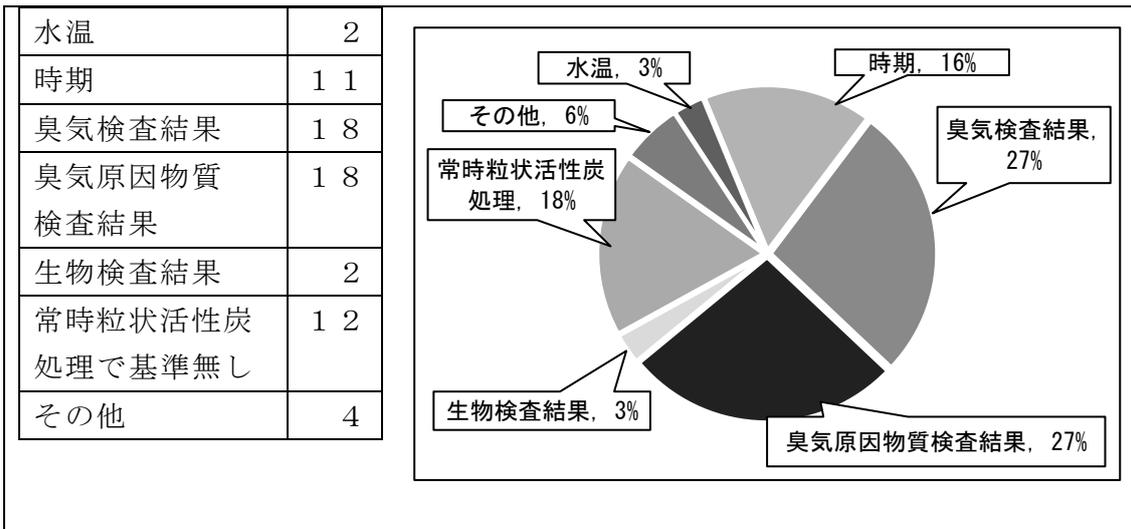


図 2-13 対策開始の基準

初めに、時期を開始基準としている浄水場に調査を行った結果が図 2-14 である。この結果はあくまで開始基準として時期を設定している浄水場の数であり、対策期間として大多数は前述した、常時粒状活性炭処理の実施の 12 浄水場を含む、27 浄水場が通年で対策を行っている。期間を定めている浄水場では、カビ臭の発生時期である夏季よりも前倒しで対策を実施する傾向がみられた。

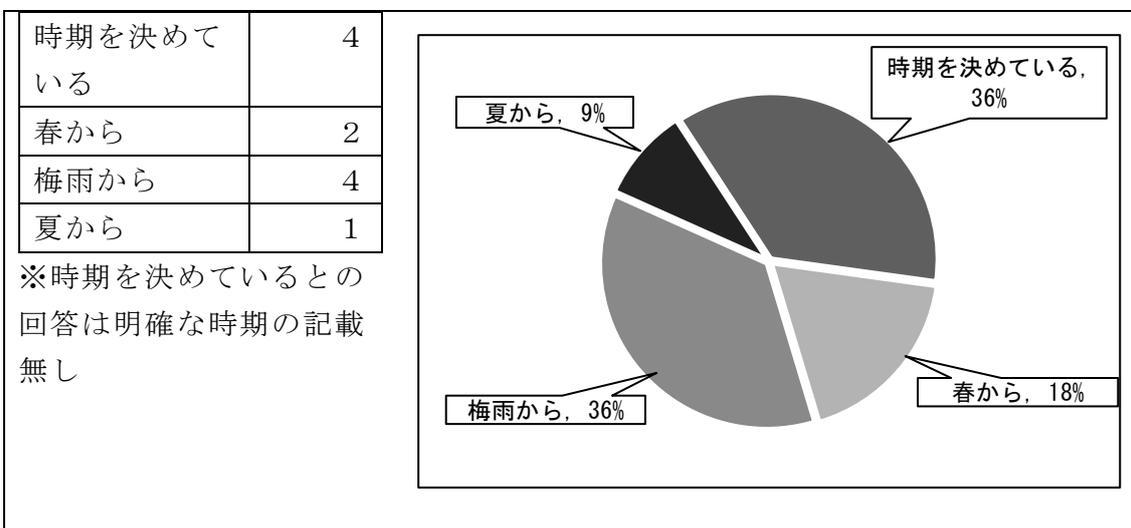


図 2-14 対策開始基準のうち、時期の内訳

図 2-15 は、臭気検査結果により対策を行っている浄水場に、その基準を調査した結果である。半分以上の多くの浄水場では、結果から総合的に判断していた。少数ではあるが、水源の切り替えなどのタイミングに合わせて予防保全的に対策を開始する浄水場もみられた。

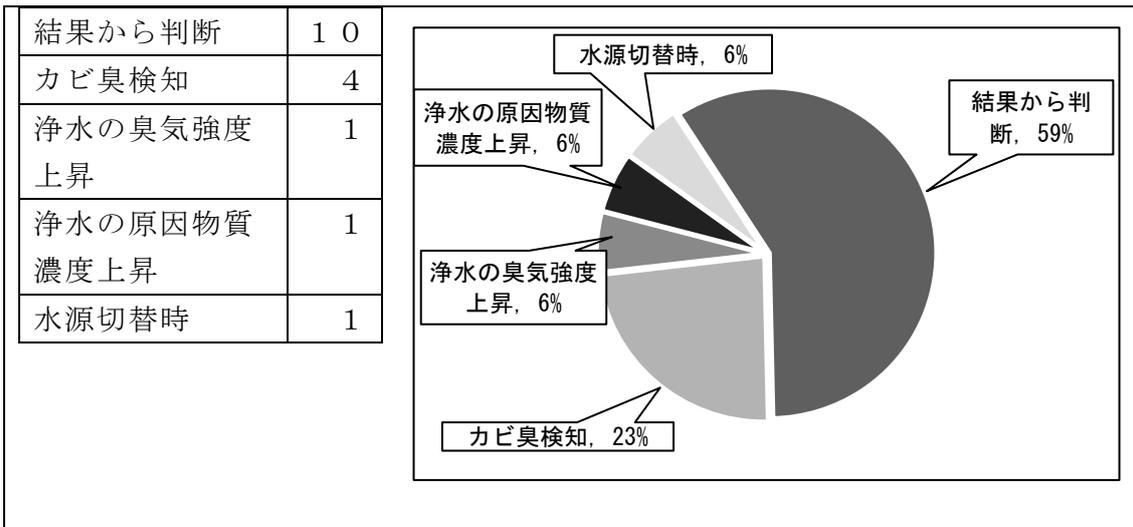


図 2-15 対策開始基準のうち、臭気検査結果の内訳

図 2-16 は、原因物質の検査結果により対策を開始している浄水場に調査を行った結果である。原因物質を検査している浄水場では、原水または浄水の原因物質の上昇により対策開始することが全体の半数以上となることが分かった。

また、複合して判断を実施している浄水場もあった。

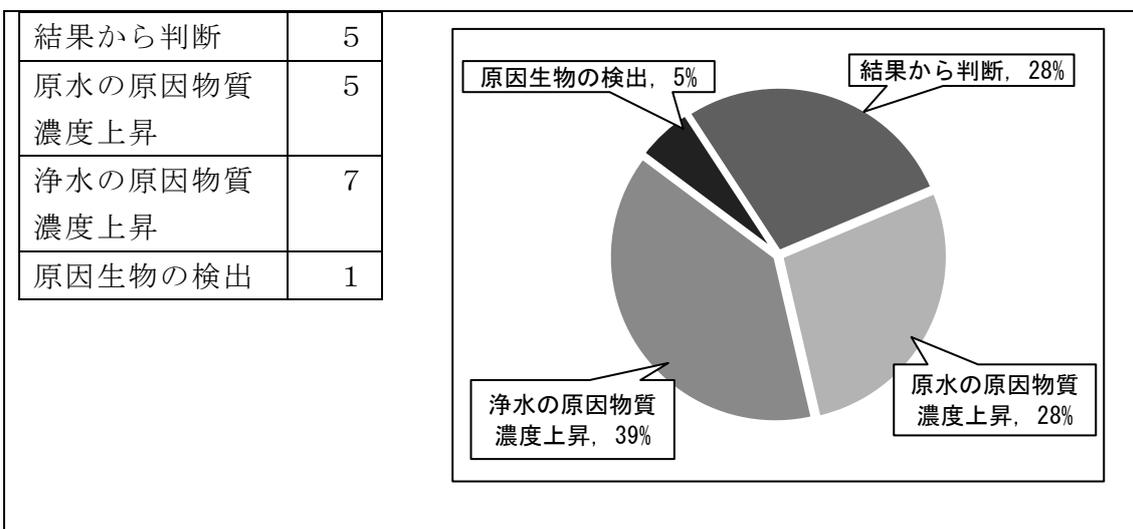


図 2-16 対策開始基準のうち、原因物質検査結果の内訳

図 2-17 はカビ臭の原因物質についてまとめたものである。カビ臭の原因物質は水質基準にもあることから、ジェオスミンと 2-MIB の 2 物質について調査を行っている事業者が大部分である。その結果、2-MIB を原因とすることが 76% とジェオスミンを原因とする場合が 53% と若干 2-MIB を原因とすることが多い傾向にあった。しかし、両方が原因となる場合が 36% となっていることから、カビ臭発生時には複数のカビ臭物質が少なくないことも分かった。

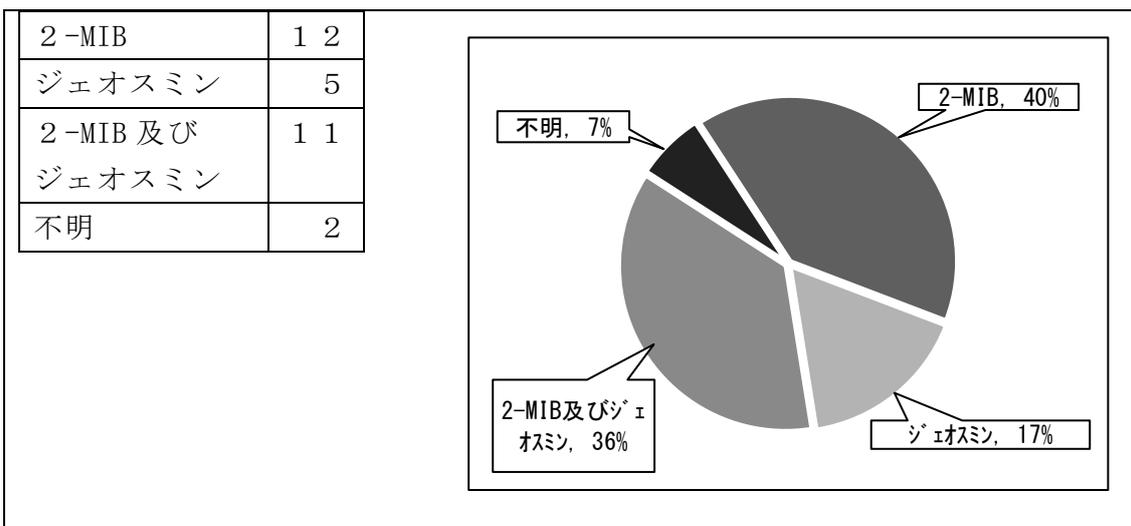


図 2-17 カビ臭の原因物質

原因生物については、はじめに本書で取り扱う名称について補足がある。生物学上の藍藻類の再編成が進んでいて、各事業体がこれまで呼称してきた生物名が変わっている可能性があるが、アンケートや事例で各事業体からの回答をみると、従来の「アナベナ」や「フォルミジウム」との呼称が主流であったため、本書では従来の生物名称を用いることとする。

原因生物について取りまとめると図 2-18 のとおりである。多くの浄水場で原因生物の特定までは行っていなかったが、フォルミジウムとアナベナが原因となることが多いことが分かった。次項でこの原因物質と原因生物について考察した。

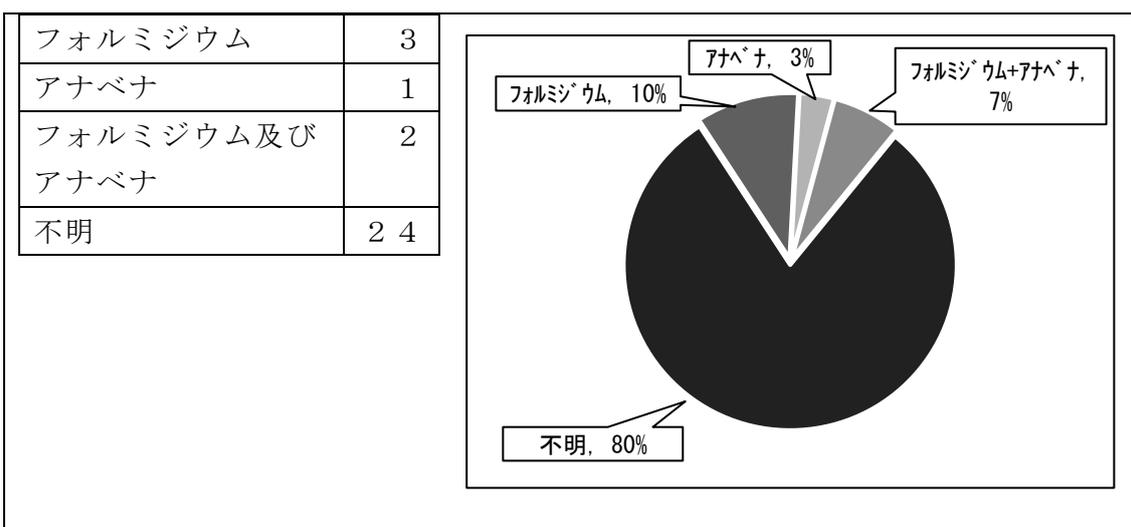


図 2-18 原因生物

2.4 ジェオスミンと2-MIB³⁾

水道水質基準のうち、臭気の観点から設定されている項目は4項目あるが、そのうち臭気は官能法による包括的な項目となる。ジェオスミン及び2-MIBはカビ臭の主たる原因として個別で設定されている。

表2-3 臭気の観点から個別の物質として設定されている項目とその臭気

番号	項目名	臭気
四十二	ジェオスミン	カビ臭又は土臭
四十三	2-MIB	墨汁臭

人間のカビ臭の臭気閾値は5～10 ng/L と極めて低濃度である。そして、嗅覚閾値が低濃度である化学物質においては、そのにおいの知覚が生物の危険回避にとって重要となる場合がある。カビ臭というにおいは、その名のとおり「カビ」の存在を想起させるものである。「カビ」とは、複数の分類項目にまたがる菌類の俗称であり、食物の発酵や抗生物質の産生等の面で、人間に恩恵をもたらす種がいるが、食中毒や神経障害、発がんを引き起こす毒素の産生を行い、人間に脅威を与える種も多い。そのため、人間にみられるカビ臭に対する低濃度の嗅覚閾値は、生命の安全のためにカビの脅威を早期に察知することを目的として獲得された、先天的能力と推察される。一方、2-MIB 及びジェオスミンはいずれもテルペノイドと総称される有機物であり、カビそのものではなく、また生体への毒性も認められていない。臭気物質自体に毒性はないが、その物質のにおいに本能的に脅威を感じてしまう点が、水道水のカビ臭障害を深刻化させる一因となっていると考えられる。

2.5 カビ臭の原因⁴⁾

現在カビ臭の主な原因は藍藻類である。全国で確認されている原因藍藻類の属名と発生物質をまとめると以下のようなになる。

表2-4 カビ臭の原因藍藻類の属名と発生物質

ジェオスミン	2-MIB
アナベナ属	リングビア属
アフアニゾメノン属	オシラトリア属
リングビア属	シネココックス属
オシラトリア属	シネコキスチス属
フォルミジウム属	フォルミジウム属

これらのほとんどがネンジュモ目とユレモ目に属し、アナベナ、オシラトリア及びフォルミジウム属に多くみられる傾向がある。注意すべきは、上記に属するすべての種が発生原因となるわけではなく一部の種が原因となることである。

まず、それぞれの藍藻類の特徴を解説する。アナベナ属は糸状体で直鎖状、螺旋状など複数の形状が確認されている。アナベナは富栄養化した湖沼の夏季に1～2か月の期間で発生することが多い。カビ臭の原因となるのは代表的な種として直鎖状の「アナベナ マクロスポラ」と螺旋状の「アナベナ スピロイデス」がある。いずれも、ジェオスミンを



図 2-19 アナベナ スピロイデス

生成する種である。これらの種は水面に浮く性質があるため、取水口の位置を上げるとカビ臭の少ない水を取水することができる。

オシラトリア属は、糸状体で単独または塊状で存在する。後述するフォルミジウム属と異なり糸状体に鞘がないのが特徴である。オシラトリアは全国の湖沼にプランクトンとして出現し、緩速ろ過のろ過膜を形成する生物群でもあり有用性もあるが、導水路や沈澱池の壁面に膜状に付着し障害となることもある。付着性と浮遊性の性質をもつ種があるが、比較的浮遊性生物による障害例のほうが多い。カビ臭を生じる代表的な種の一例を出すと、付着性の種では「オシラトリア スプレンジダ」がある。この種は沈澱池等の壁面に付着する代表種で、ジェオスミンを生産する。沈澱池の水を排水したときに池内で強いカビ臭を感じる原因は本種であることが多い。浮遊性の種では「オシラトリア テヌイス」が挙げられる。この種は偽空胞を有するものが2-MIBを生産する。この種は比較的大型で単位糸状体あたりの生産量が多く問題となることが多い。

フォルミジウム属は糸状体が多数集まり群体を作り、基質に着生するが、単独で浮遊することもある。鞘を有するが、種によっては粘質化しており確認が難しいこともある。国内ではフォルミジウム属によるカビ臭被害が最も多く、中でも、「フォルミジウム テヌエ」は2-MIBを生産し全国の湖沼、貯水池から障害の報告がある。この種は初夏に発生することが多いが、秋にも発生することがあり、中には通年で発生している湖沼もある。

カビ臭を発生する代表的な藍藻類をまとめると表 2-5 のようになる。

表 2-5 カビ臭の原因藍藻類の属名と発生物質

属名	種名	生産臭物質	生育環境	糸状体の形状	細胞の特徴
アナバネ <i>Anabaena</i>	マクロスポラ <i>macrospora</i>	ジェオスミン	浮遊性	真直でわずかに湾曲	栄養細胞：5~14 μm 黄質細胞：10~16 μm 休眠細胞：直径17~20 μm 長さ20~34 μm 偽空胞がある
	スピロイデスバリエテスクラッサ <i>spiroidesvar. crassa</i>	ジェオスミン	浮遊性	螺旋状にねじれる 螺旋の径は50~60 μm 開きは45~55 μm	栄養細胞：11~15 μm 黄質細胞：10~17 μm 休眠細胞：直径20~25 μm 長さ27~42 μm
オシラトリア <i>Oscillatoria</i>	スプレンジダ <i>splendida</i>	ジェオスミン	附着性	真直かねじれている	幅：2~3 μm 長さ：4~9 μm
	コルチアナーナ <i>cortiana</i>	2-MIB	附着性	真直で細胞間の連結部は少しねじれ、ちぎれやすい	幅：3~8 μm 長さ：5~9 μm
	テヌイス <i>tenuis</i>	2-MIB	浮遊性 附着性	真直で先端部でやや湾曲する。浮遊性のもは偽空胞があり暗青緑色	幅：4~10 μm 長さ：1~4 μm
	アモエナ <i>amoena</i>	ジェオスミン	附着性	真直で先端は次第に曲がる	幅：2~5 μm 長さ：2~5 μm
	アガルデイー <i>agar-dhii</i>	ジェオスミン	附着性	真直で鮮やかな青緑色。先端は次第に細くなり曲がる	幅：4~6 μm 長さ：2~4 μm
	テスエ <i>tenue</i>	2-MIB	浮遊性 附着性	真直でわずかに湾曲。細胞間の連結でわずかにくびれる	幅：1~2 μm 長さ：1~6 μm
フォルミジウム <i>Phormidium</i>	アウツムナーレ <i>autumale</i>	ジェオスミン	附着性	ほぼ真直で連結部はくびれない	幅：4~7 μm 長さ：2~4 μm
	ファローズム <i>farosum</i>	2-MIB	附着性	多少ねじれて屈曲し、連結部のくびれない	幅：4~9 μm 長さ：3~7 μm

2. 6 臭気発生要因について

今回のアンケートでカビ臭が発生している事業体に「カビ臭発生の要因として可能性があると考えているもの」を自由記載により回答を得た。明確な根拠データの有無に拘らず、日ごろ感じている事を自由に記載してもらう事で、経験から得られるカビ臭発生要因のヒントを探すことを目的に回答を募集した。以下にアンケート結果の要約を示す。

- 豪雨に伴う増水時の原水濁度上昇
- 河川増水時に臭気発生物質が河床から舞い上がった
- ダム底部の水が河川に放流された
- ダム流入量の減少
- ダム水位・貯水量の低下
- ダム滞留時間が延びた
- 対象期間中に降雨が少なかった
- 河川の水位低下、水温上昇
- 発生時期
- 夏期の藻類増加
- 高水温
- 晴れて気温が高い日が続いた後、大雨でダムから放流された
- ダムで藻類が発生しやすい水質状況
- ダムの溶存酸素量の変化

今回のアンケート結果を大きく分類すると、降水量、ダム水位、時期、気温、水温、日照、水質の要因が考えられる。気温と水温が上昇し、晴れの日が続く天候条件や、藻類が増加しやすい水質やダム水位低下等の環境条件が複合的に重なり、カビ臭原因プランクトンが増殖したのではないかと想定する。降雨については、線状降水帯由来の豪雨による高濁度原水に含まれていた回答があったが、降雨以前に発生していたカビ臭原因プランクトンや放線菌由来のカビ臭物質の流出による、間接的な要因と考えられる。ただし、近年、異常気象に伴う豪雨が増えており、カビ臭原因プランクトン増殖等の直接的な要因になる可能性を否定するものではない。

「全国カビ臭発生事例調査に基づいた発生要因に関する検討」⁵⁾によると、カビ臭発生要因は人為的要因（ダム放流、その他（工場の排水等））と自然的要因（気温、水温、降水量、日照時間）として整理しており、各要因が複合的に重なるときには、カビ臭発生に注意が必要としている。今回、回答いただいた事業体からも、同様の要因が挙げられている。

2. 7 重回帰分析を使用した発生予測に対する考察

長年、調査した水源の水質検査結果をグラフ化し、比較しても、臭気発生要因の検討は難しい。様々な要因が相互に関連しながら、臭気が発生することが想定される。そこで、以前から臭気発生要因分析に使用されてきた、重回帰分析を使用し、発生要因と発生予測を検討した⁶⁾。一例として、仙台市水道局で調査している、釜房ダム定期水質試験データ、気象庁の気象データ等を用いて、重回帰分析により、釜房ダムにおける、カビ臭発生に寄与する要因を分析する。今後、他の事業者で重回帰分析を試す場合に参考となるよう、広く活用できるソフトとして、Microsoft Excel の重回帰分析を使用し、手順と考え方を説明する。

1) 重回帰分析の手順

重回帰分析の手順を以下に示す。最初に、対象とする水源の水質検査結果と、気象データ、ダム諸量データ等を入手する。必要に応じてデータを編集する。目的変数（予測したい変数）及び説明変数（予測に使う変数）を決める。変数のすべての組み合わせで、単相関分析を行う。解釈できない結果が得られる場合がある多重共線性を回避するため、説明変数間で相関が強い変数は除外する。変数減少法を使用して重回帰分析を行い、重回帰式を求める。分析結果から得られる、t 値、自由度調整済決定係数などで重回帰式を判定し、要因を考察する。また、重回帰式から算出する推定値と実測値を比較し検証する。

重回帰分析の手順

- (1) データの準備
- (2) 目的変数を含むすべての説明変数で単相関分析を行う
- (3) 説明変数間で相関が強い変数を探す（今回は $r = 0.65$ 以上とした）
- (4) (3) で目的変数との相関が強い方の変数を残し、他方を除外する。
- (5) Microsoft Excel は説明変数が最大 16 個までのため、目的変数との相関の弱い変数を除外する
- (6) 変数減少法を使用した重回帰分析（F 値がすべての変数で 2.0 を超えるまで、F 値の最小の変数を削除しながら、分析を繰り返す）
- (7) 重回帰式の判定

(1) データの準備

データの準備は結果を左右する重要な作業となる。データをそのまま使用する他に、使用する変数を工夫することで、変数減少法で最後まで残る変数が見つければ良いと考え、データ間の差や平均値を算出する等、新たに作成した変数も試した。以下に今回、準備したデータのポイントを挙げる。

- 今回は毎月1回、上旬に仙台市水道局で調査している釜房ダム表層水平成19年4月～令和元年10月の水質データを使用した。
- 月毎に調査項目が異なるため、毎月データを調査している項目を採用した。
- 大部分が定量下限値未満の項目は採用しなかった。
- 一部、定量下限値未満を含む場合は、定量下限値未満を0に置き換えた。
- 目的変数としたカビ臭 TON は、臭気種類がカビ臭の場合は数値をそのまま使用し、カビ臭以外の場合は0とした。
- 目的変数としたカビ臭の有無は、臭気種類がカビ臭の場合を1、カビ臭以外の場合を0とするダミー変数を作成した。
- 説明変数として、実測のダム表層水温と下層水温の差を算出し、「水温差(°C)」とする新たな説明変数を作成した。
- 気象庁で公表しているデータから、釜房ダムに近い場所の蔵王観測所の日毎の気象データ(平成19年4月～令和元年10月)を使用した。
- 日毎の気温(°C)、降水量(mm)、日照時間(h)、風速(m/s)を元データとした。
- 設定期間(10、30、60日前から採水日まで)の平均気温や気温○○°C以上の日数など設定値を変えて計算し、変数を作成した。設定値は値に変動がでるように数値を変えたが、最終的には、目的変数との相関の強い変数を選択した。
- 気象データを基に作成した説明変数
 - 設定期間の平均気温(°C)
 - 設定期間の平均気温15、20、25(°C)以上の日数(日)
 - 設定期間の日最高気温の平均値(°C)
 - 設定期間の日最高気温15、20、25(°C)以上の日数(日)
 - 設定期間の日最低気温の平均値(°C)
 - 設定期間の日最低気温10、15、20(°C)以上の日数(日)
 - 設定期間の1時間降水量の平均値(mm)
 - 設定期間の1時間降水量最大5、10(mm)以上の日数(日)
 - 設定期間の日降水量の平均値(mm)
 - 設定期間の日降水量5、10、20(mm)以上の日数(日)
 - 設定期間の平均日照時間(h)
 - 設定期間の日照時間5、10、12(h)以上の日数(日)

設定期間の平均風速 (m/s)

設定期間の日平均風速 1.5 (m/s) 以上の日数 (日)

設定期間の日最大風速の平均値 (m/s)

設定期間の日最大風速 5 (m/s) 以上の日数 (日)

○釜房ダム諸データは、国土交通省で公表しているダム諸量データベースから流入量 (m³/s)、放流量 (m³/s) (平成 19 年 1 月～令和元年 10 月) を使用した。設定期間 (10、30、60 日前から採水日まで) の流入量や流入量 ○ (m³/s) 以上の日数など設定値を変えて計算し、変数を作成した。設定値は値に変動がでるように数値を変えたが、最終的には、目的変数との相関の強い変数を選択した。

○例えば、目的変数としたフォルミジウム数は、採水日以前の水質に影響したと想定し、目的変数の調査月と他の水質項目の説明変数の調査月を 0～3 か月ずらして、重回帰分析を実施した。

(2)～(5) 説明変数の選定

解釈できない結果が得られる場合がある多重共線性を回避するため、Microsoft Excel を使用して、変数のすべての組み合わせで、単相関分析を行った。例えば、気温と水温など、説明変数間で相関が強い変数 (今回は $r = 0.65$ 以上とした) を探し、目的変数との相関が強い方の変数を採用した。Microsoft Excel の重回帰分析は説明変数が最大 16 個までのため、目的変数との相関の弱い変数を除外した 16 個の説明変数を選定した。

(6) 変数減少法を使用した重回帰分析

設定した目的変数に対して、16 個の説明変数で一回目の重回帰分析を行う。各説明変数の t 値 (目的変数に対する影響度の大きさを表す数値) を調べ、F 値 (F 値 = t 値の二乗) が最小の説明変数を探す。この最小説明変数が 2.0 未満の場合は、この最小説明変数を削除し、残り 15 個の説明変数で二回目の重回帰分析を行う。すべての説明変数が 2.0 以上になるまで、F 値の最小説明変数を削除しながら、重回帰分析を繰り返す方法を試みた。

(7) 重回帰式の判定

自由度調整済決定係数 (Microsoft Excel の表示では「補正 R²」) が 1 に近い値であるか確認する。また、重回帰式から算出する推定値と実測値を比較し検証する。

2) 定期試験結果を使用した重回帰分析の事例

仙台市水道局で調査している、釜房ダム定期水質試験データ、気象庁の気象データ等を用いて、重回帰分析を行った。目的変数はカビ臭 TON、カビ臭の有無、2-MIB 濃度、ジェオスミン濃度、フォルミジウム数とした。また、説明変数は様々な気象データ等を用いて重回帰分析を行ったが、一例として、フォルミジウム数を目的変数とした場合の結果について報告する。

(1) 使用データ

目的変数：フォルミジウム数〔糸状体/mL〕（糸状体 100 μ m 長を一単位）

説明変数（水質データ）：2-MIB 濃度〔 μ g/L〕、ジェオスミン濃度〔 μ g/L〕、生物総数〔N/mL〕、色度〔度〕、濁度〔度〕、総リン濃度〔mg/L〕、pH 値、亜硝酸態窒素濃度〔mg/L〕、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素濃度〔mg/L〕、有機物(全有機炭素(TOC)の量)〔mg/L〕、電気伝導率〔 μ S/cm〕

（水質データは目的変数の 1 か月前のデータを使用した）

説明変数（気象データ等）：水深、水温差（湖面水温-湖底水温）、採水日前 10 日間の最低気温 15°C 以上の日数、採水日前 10 日間の日照時間 10 時間以上の日数、採水日前 10 日間の流入量 10 m^3/s 以上の日数

(2) 重回帰分析結果

回帰統計	
重相関 R	0.701582
重決定 R ²	0.492217
補正 R ²	0.463407
標準誤差	333.1243
観測数	150

分散分析表

	自由度	変動	分散	分散比	有意 F
回帰	8	15167390	1895924	17.08474	1.41E-17
残差	141	15647021	110971.8		
合計	149	30814411			

	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%	上限 95.0%
切片	786.467	253.5546	3.101766	0.002324	285.2069	1287.727	285.2069	1287.727
ジェオスミン	-23387	15598.17	-1.49934	0.136021	-54223.5	7449.527	-54223.5	7449.527
2-MIB	11702.33	1844.664	6.343879	2.85E-09	8055.552	15349.1	8055.552	15349.1
色度	-24.0135	7.737606	-3.10348	0.002312	-39.3102	-8.71681	-39.3102	-8.71681
濁度	48.68125	7.006711	6.947803	1.26E-10	34.82946	62.53304	34.82946	62.53304
生物総数	-0.0157	0.007038	-2.23037	0.027303	-0.02961	-0.00178	-0.02961	-0.00178
電気伝導率	-5.29864	2.128558	-2.48931	0.013962	-9.50665	-1.09062	-9.50665	-1.09062
最低気温	-16.0191	7.591559	-2.11012	0.036615	-31.0271	-1.01108	-31.0271	-1.01108
日照時間	54.43303	18.55092	2.934249	0.003904	17.75912	91.10693	17.75912	91.10693

重回帰式：

$$\begin{aligned} [\text{フォルミジウム数}] = & 48.68125 \times [\text{濁度}] + 11702.33 \times [2\text{-MIB}] - 24.0135 \times [\text{色度}] \\ & + 54.43303 \times [\text{日照時間}] - 5.29864 \times [\text{電気伝導率}] - 0.0157 \times [\text{生物総数}] \\ & - 16.0191 \times [\text{最低気温}] - 23387 \times [\text{ジェオスミン}] + 786.467 \end{aligned}$$

自由度調整済決定係数（補正 R2）：0.4634

（3）要因及び実測値と推定値の比較

t 値の絶対値を比較すると、濁度、2-MIB 濃度、色度、日照時間の順に、影響度が大きくなっている。重回帰式の係数の正負も考察には重要だが、日照時間の要因が正であることは、アンケート結果と一致する結果であった。重回帰式から計算したフォルミジウム数の推定値と実測値の比較を図 2-20 に示す。高い実測値の場合に推定値も高めとなっている日もあるが、全ての測定点で一致しているわけではない。

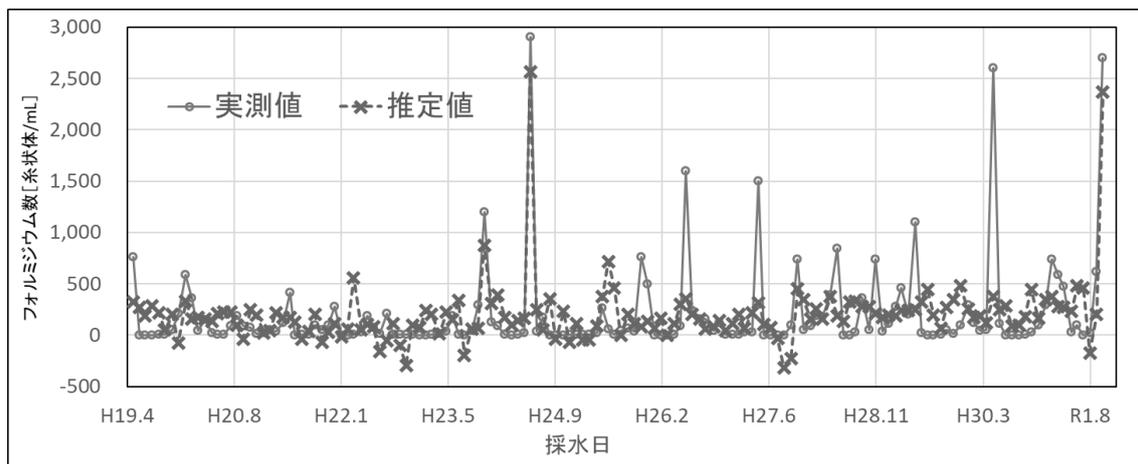


図 2-20 フォルミジウム数の推定値と実測値の比較

自由度調整済決定係数は 1 に近いほど良いが、本重回帰分析結果は 0.46 と重回帰分析としては良い結果ではなかった。例で示した、フォルミジウム数の他に、目的変数を変えて重回帰分析を行ったが、更に小さい値となっていた。気象データの観測地点は釜房ダムと同じ地点ではない事や、最適な説明変数が他にある可能性もあり、正確な予測は難しいと思われる。今後他の水源での重回帰分析で、予測までは難しいが、発生要因の抽出として重回帰分析を試してみるのも良いと考える。

参考文献

- 1) 厚生労働省. 水質汚染事故による水道の被害及び水道の異臭味被害状況について. 厚生労働省ホームページ.
<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/kikikanri/03.html> (参照 2024-1-10).
- 2) 厚生労働省(2007), 日本水道 (パンフレット) .
- 3) 高橋 威一郎ら(2018). 水道水のかび臭問題と対応事例. におい・かおり環境学会誌, 49 巻 1 号, p. 2-9.
- 4) (社)日本水道協会(1999). 生物起因の異臭味対策の指針, p. 13-30.
- 5) 吹元雅崇ら(2019). (3-7)全国カビ臭発生事例調査に基づいた発生要因に関する検討. 令和元年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集, p. 236-237.
- 6) (社)日本水道協会(1996). 臭気発生に寄与する要因の分析. 生物起因の異臭味水対策に関する研究 平成 8 年報告書, p. 146-190.

第3章 対応策と事例

3.1 活性炭による臭気対策

1) 使用されている活性炭

浄水処理における活性炭は図3-1のように大きく分類されるが、今回のアンケート結果より最も多く使用されていたのが、粉末活性炭（■黒棒グラフ）であり、続いて粒状活性炭、生物活性炭であった。

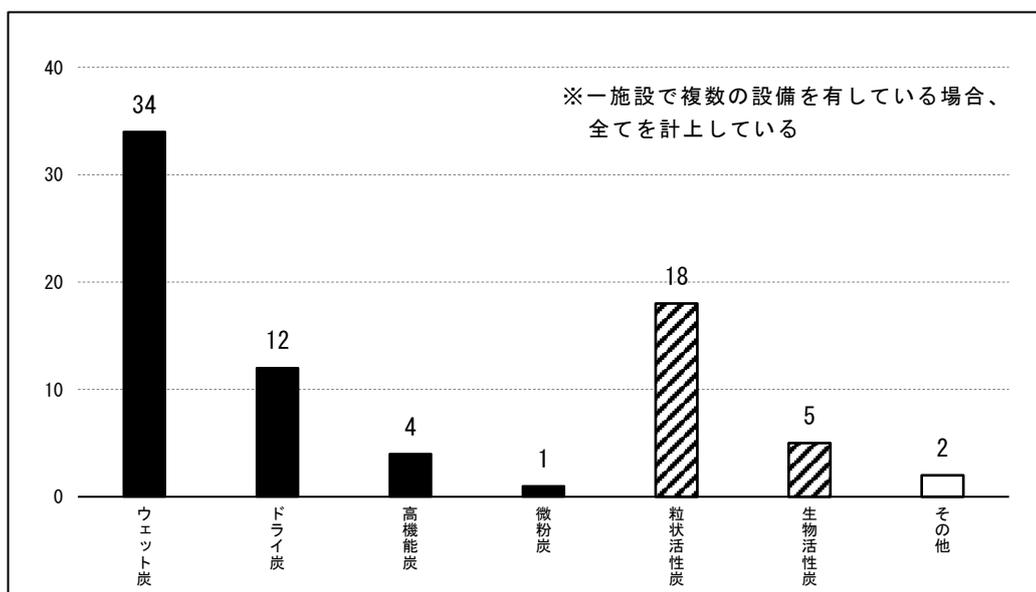
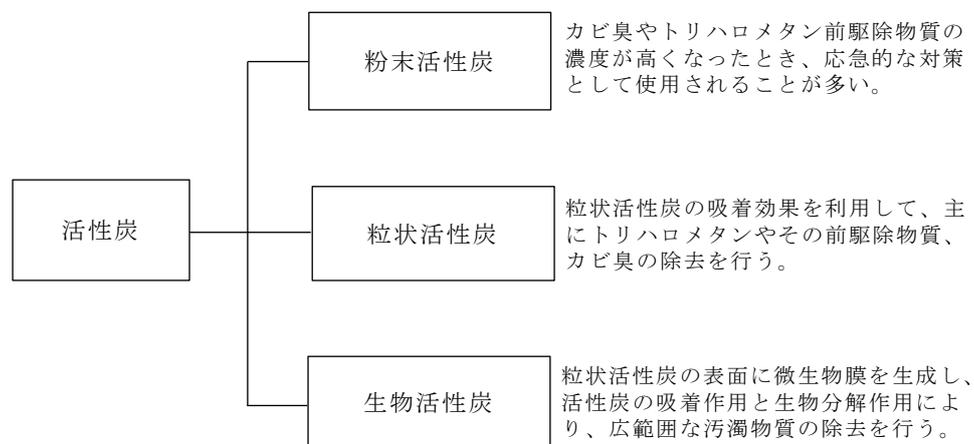


図3-1 東北地方で設置されている活性炭の種類と設備

2) 粉末活性炭を使用した設備例

粉末活性炭の注入設備については、湿式（ウェット）活性炭と乾式（ドライ）活性炭の2種類に分類される。

(1) 湿式（ウェット）活性炭注入設備

湿式（ウェット）活性炭注入設備は、一般的に活性炭搬入機（ホイストやチェーンブロック等）、溶解槽、注入設備などで構成される。注入は、活性炭と水を溶解槽にて混合して一定濃度のスラリーを作成し、インジェクタまたは、圧入ポンプ等により注入する方式である。

コンテナパックで運搬された湿式活性炭を搬入機により溶解槽へ投入及び給水により、スラリーを作成、その後圧入ポンプにより導水管へ直接圧入を行っている。注入管に接続されている希釈水ポンプは、注入配管の閉塞を防止する目的で設置されている。更に注入配管の自動洗管を定期的に行っている。

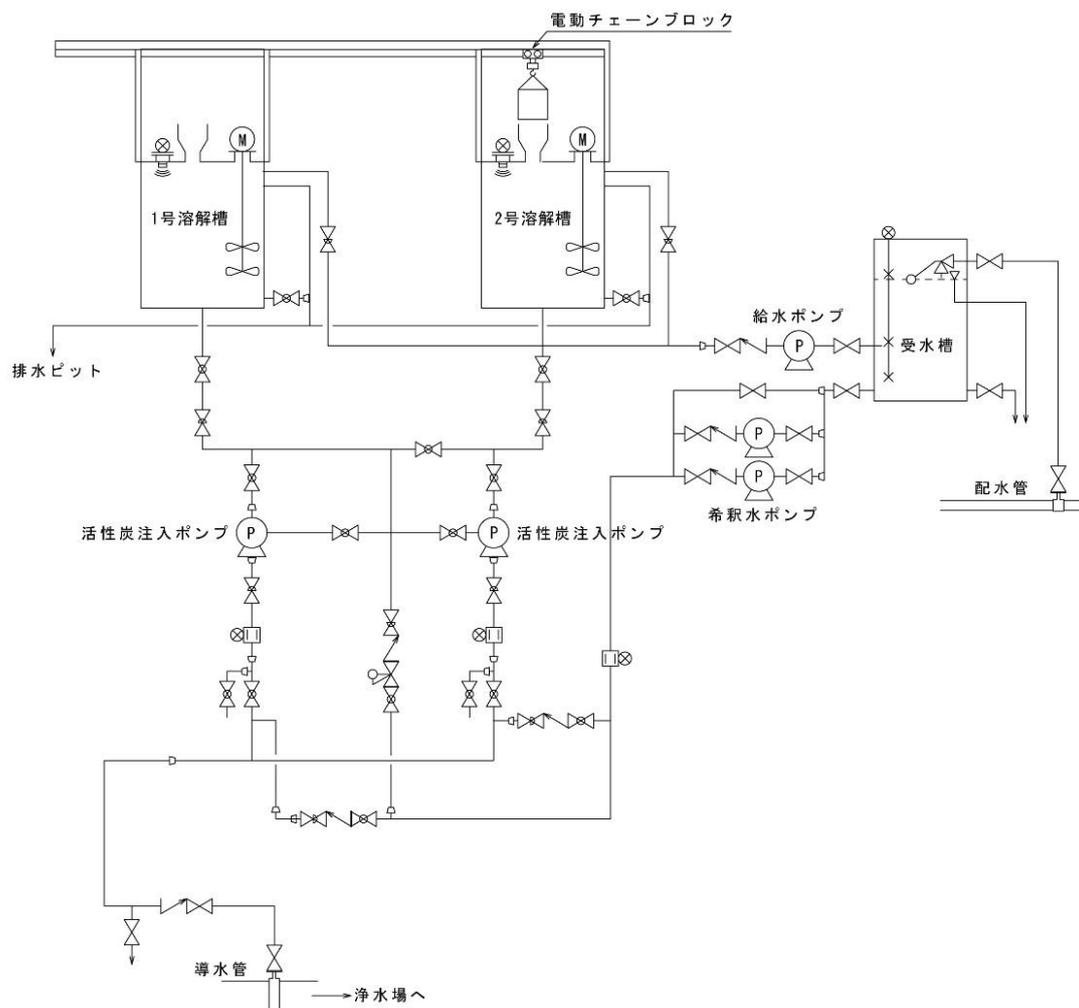


図3-2 湿式（ウェット）活性炭注入設備

(2) 乾式（ドライ）活性炭注入設備

乾式活性炭注入設備は、貯蔵槽を使用し、振動排出機、定量フィーダー（計量機）、溶解槽（混合槽）、注入設備等で構成される。定量フィーダーまたは、計量機により粉末のままの活性炭を計量し、溶解槽で水と混合したものを直接導水管や着水井に投入するものである。

湿式活性炭の設備と比べ多数の機器により構成されている。

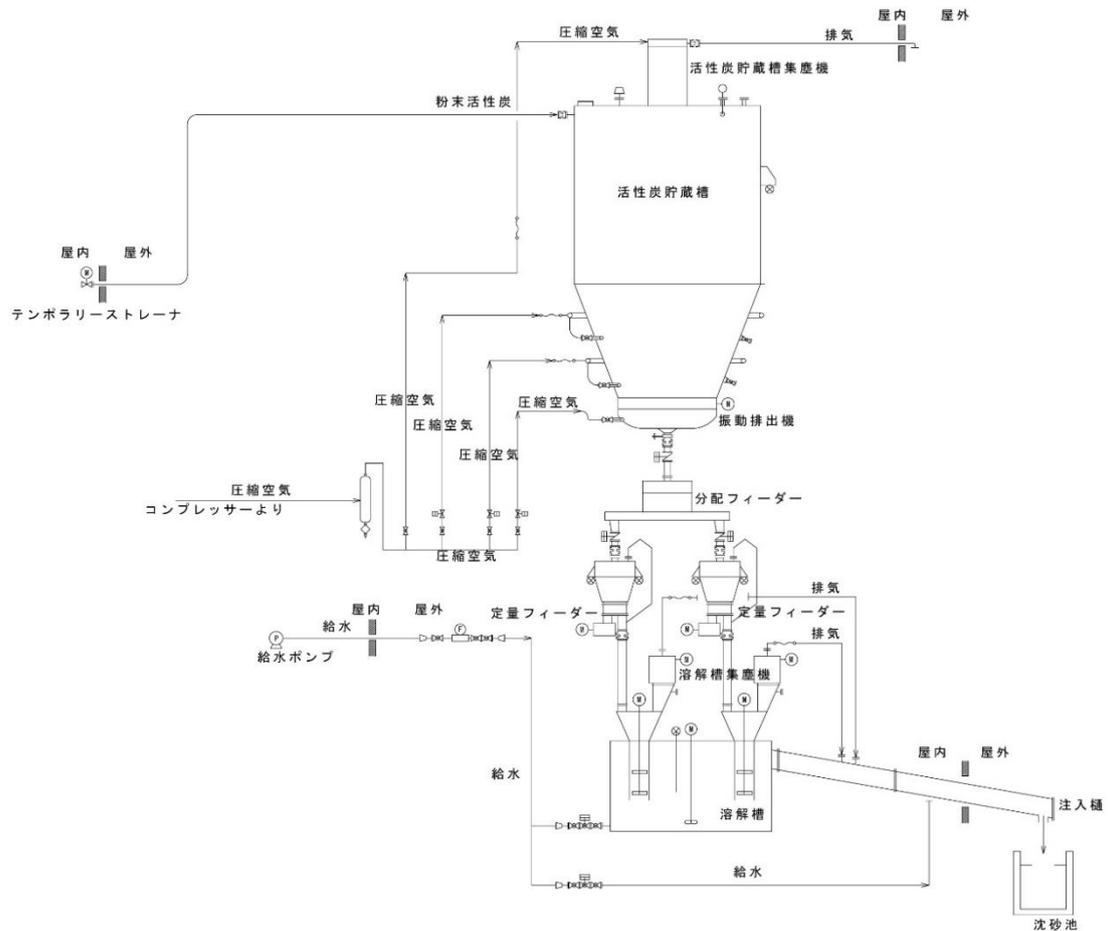


図 3-3 乾式（ドライ）活性炭注入設備

3) 粒状活性炭を使用した設備例

塩素処理後に粒状活性炭吸着設備を設けることで、粒状活性炭の吸着効果を主体として処理を行うものである。

処理効果の確保及び運転管理が容易な一方で、吸着能力が低下した場合、再生または交換が必要になる。

一般的には、薬品沈澱池（凝集沈澱池）や、ろ過池の後ろに設置される。

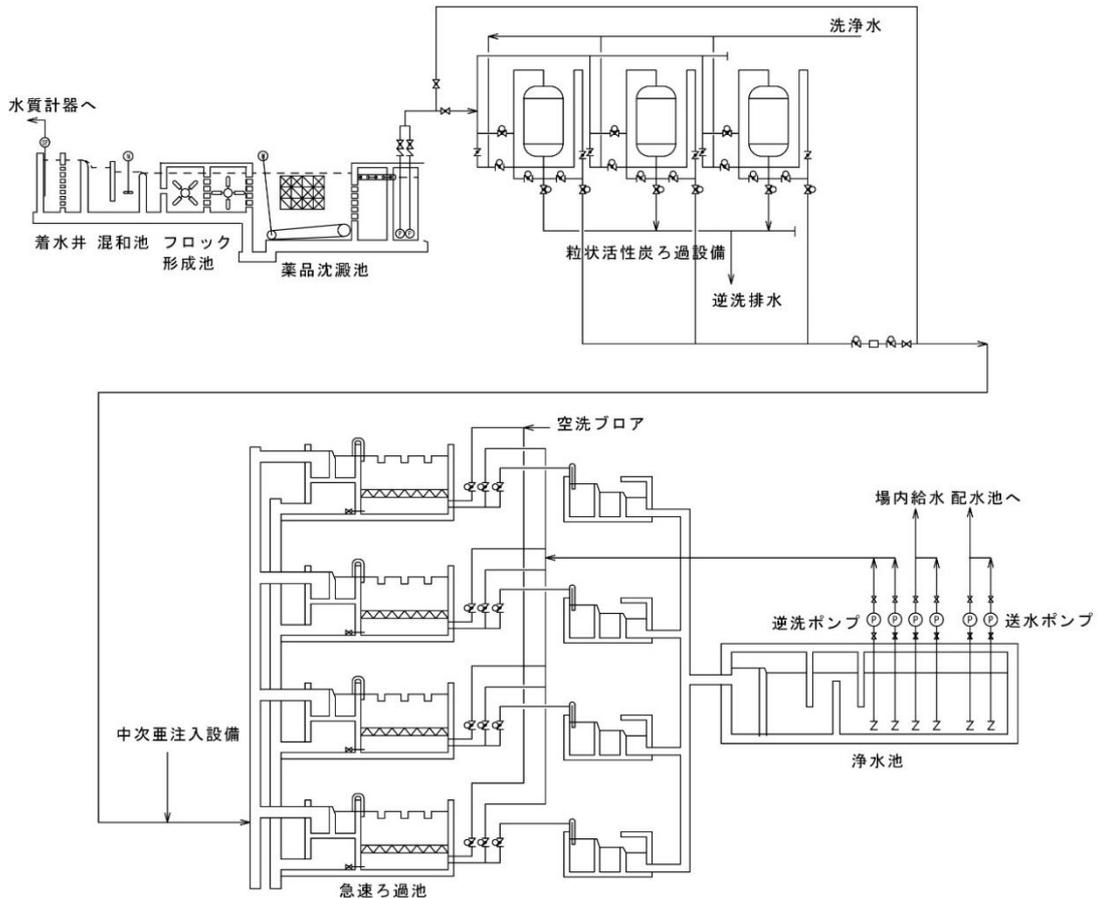


図 3-4 粒状活性炭を使用した設備

4) 生物活性炭を使用した設備例

粒状活性炭設備の前段で塩素処理を行わないことにより、粒状活性炭表面に生物膜を生成し、有機物の分解作用と粒状活性炭による吸着作用が期待できる。

また、吸着した有機物を生物が分解することにより、粒状活性炭の再生までの期間を延長できる設備であるが、生物の流出や原水の低温時に生物による処理効果が低下することに注意が必要である。なお、オゾン処理を設備の前段に設けることで、有機物がより分解しやすくなること、十分な溶存酸素が供給さ

れることによって生物の活性を高める効果がある。

一般的には、前塩素処理を行わない凝集沈澱池とろ過池の間に設置される。

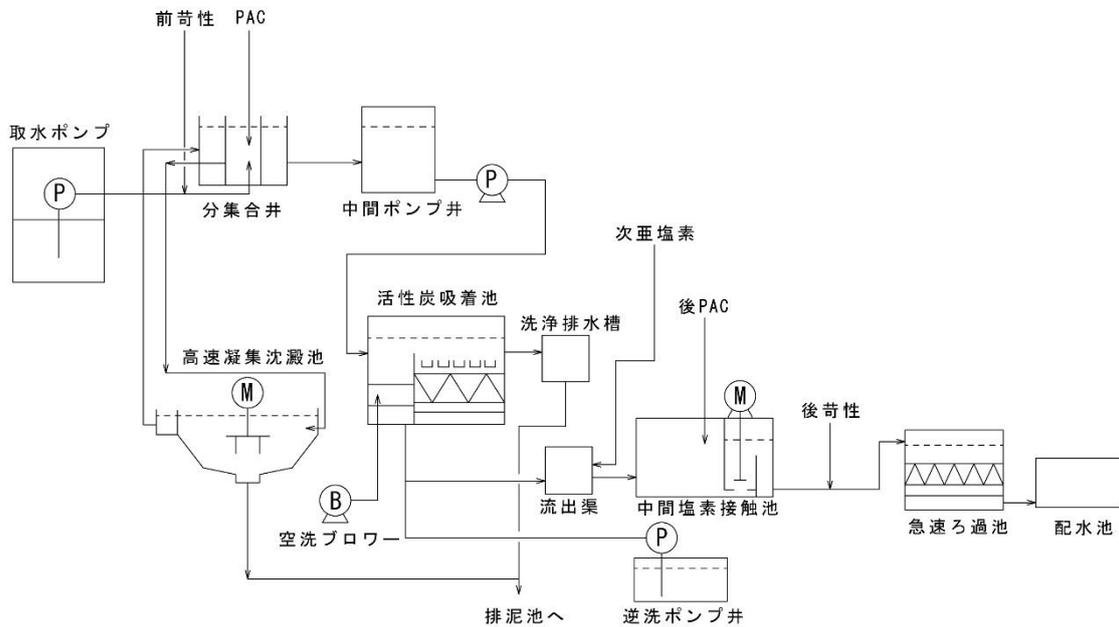


図 3-5 生物活性炭を使用した設備

3. 2 各活性炭設備の特徴

活性炭処理は一般的な急速ろ過や膜処理で除去できないカビ臭物質のみならず、陰イオン界面活性剤、フェノール類、トリハロメタン、農薬及びトリクロロエチレンなど多くの有機物の除去に有用であるため多くの浄水場で使用されている。

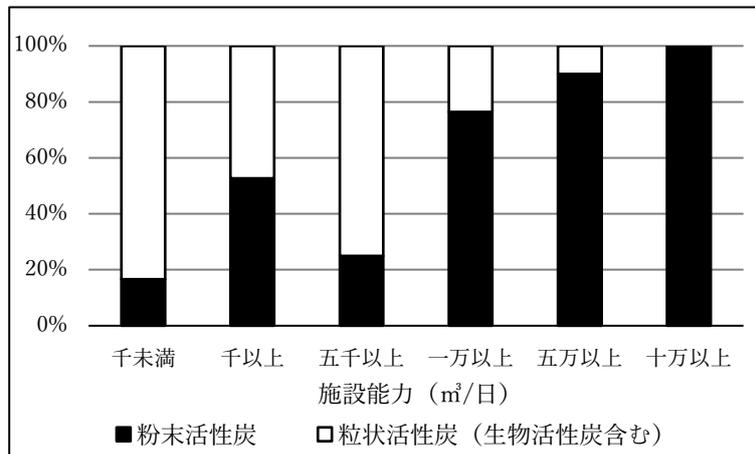


図 3-6 施設能力ごとの活性炭種別 (施設割合)

活性炭処理について掘り下げたアンケートの集

計結果を見ると、大まかに粉末活性炭 (ウェット・ドライ等全て含む) と粒状活性炭 (生物活性炭も含む) に分けた場合、施設能力が小さいほど粒状活性炭設備の割合が大きかった。これは、粒状活性炭設備の方が粉末活性炭設備よりも設置後の運転管理が容易であることなどの理由が考えられる (図 3-6)。

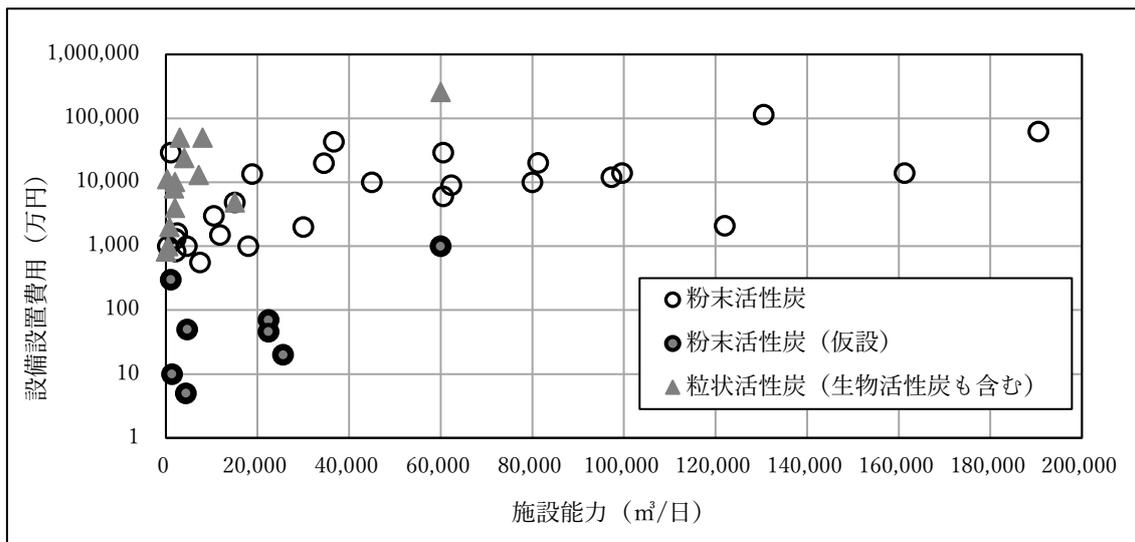


図 3-7 施設能力と設備設置費用

また、施設能力が小さい場合は仮設の（または簡易的な）粉末活性炭注入装置でカビ臭対策を行っているケースも多かった。仮設の粉末活性炭注入装置は市販のタンクやポンプ等を組み合わせて構成されているが、活性炭フィーダーなどは備えていないため、活性炭を水に溶かす作業など人力で行う作業も多く、年間のわずかな期間一時的にカビ臭が発生する施設で用いられる（図 3-7、表 3-1）。

表 3-1 活性炭設備の比較

	粉末活性炭	粒状活性炭	生物活性炭
設 備	現在の施設に比較的容易に増設可能な設備である。	専用の吸着（接触）施設が必要である。	専用の吸着（接触）施設が必要である。
ランニングコスト	使い捨てのため使用量の増加が経費の増加につながる。	定期的に活性炭の再生処理が必要となる。再生処理において再生ロスが少量であれば安価となる。	定期的に活性炭の再生処理が必要となる。粒状活性炭と比較し再生の頻度が少ない。
注入場所 設置場所	取水施設、導水管、着水井等の原水に注入される。	ろ過池の後段または、薬品沈澱池とろ過池の間が一般的。	薬品沈澱池とろ過池の間が一般的。

3. 3 活性炭以外の対策

アンケートの集計結果によると、カビ臭対策として最も多く使用されているのは前述のような活性炭によるものであった。他に挙げられていた対応策は、「ダ

ム取水水深の変更」「カビ臭の発生している水源の取水量を減らす」「湖水循環装置の設置」「前々次亜の注入」「前次亜の停止」「水源池に硫酸銅を散布」「水源涵養林の整備」「オゾン処理の導入」「マイクロストレーナによるアオコの除去」「遮光ネットの設置」などがあった。

これら対応策は、大きく以下のように分類することができる。

(1) 水源池での対応

原因生物の回避	ダム取水水深の変更 水源の取水量を減らす又は停止
原因生物の繁殖防止	水源池に硫酸銅を散布 湖水循環装置の設置 水源涵養林の整備

カビ臭の発生している原水を避ける方法は、複数の水源を持つ施設や取水施設の取水位置（水深）を変えられる施設である場合に限られる方法である。

水源での原因生物繁殖防止については、硫酸銅を散布して直接的に原因生物を死滅させる方法のほか、湖水循環装置、遮光ネット、水源涵養林といった湖沼のような水源池の環境を変化させて繁殖しにくい環境に導く方法である。

(2) 浄水施設での対応

原因生物の除去	前次亜の注入停止 マイクロストレーナによるアオコの除去
カビ臭物質の除去	前々次亜の注入 オゾン処理の導入

原因生物を除去するとは、カビ臭物質が原因生物の細胞内にある状態で、原因生物ごと除去する方法である。次亜を入れると生物の細胞が壊れ、細胞中のカビ臭物質が水中に溶出する場合があります。前次亜と中次亜を切り替えられる施設の場合は前次亜を停止して中次亜による処理に切り替えることで、原因生物を破壊しない状態のまま凝集沈澱での除去を狙うことができる。

カビ臭物質を除去する方法は、水中に溶出したカビ臭物質を活性炭やオゾン処理といった方法で除去するものである。活性炭接触池では原因生物の細胞内のカビ臭物質までは除去できないので、前々次亜処理を行うことで原因生物の細胞を壊しカビ臭物質を水中に溶出させてから活性炭で吸着するという方法が取られることもある。

3. 4 実際の臭気対策事例

次ページより、東北各地の水道事業体における実際の臭気対策事例について紹介する。

紹介する事例は、

- ・事例1 仙台市水道局 粉末活性炭処理
- ・事例2 石巻地方広域水道企業団 粉末活性炭処理
- ・事例3 八戸圏域水道企業団 粉末活性炭処理
- ・事例4 会津若松市上下水道局 粉末活性炭処理
- ・事例5 山形市上下水道部 粒状活性炭処理（生物活性炭）
- ・事例6 郡山市上下水道局 オゾン処理、粒状活性炭処理

の6事例である。それぞれに苦慮している点やそれに対する対処事例などが記載されているので、参考にしてほしい。

事例 1 茂庭浄水場におけるカビ臭対策について

仙台市水道局

1) はじめに

茂庭浄水場は釜房ダム貯留水を原水としており、毎年のように発生しているカビ臭対策として、粉末活性炭を注入している。令和元年8月から10月にかけて、釜房ダムで例年より高濃度の2-MIBが検出された際のカビ臭対策事例について報告する。

2) 釜房ダムについて

釜房ダム（貯水量約4,500万m³）では、ダム完成時よりカビ臭が発生していたが、昭和59年度から間欠式空気揚水筒による曝気循環を実施し、その後しばらくはカビ臭の発生は見られなかった。しかし、平成8年12月より再びカビ臭の発生が確認され、平成12年度、14年度、16年度を除き、毎年カビ臭が発生している。釜房ダム管理所では、間欠式空気揚水筒に替わり、平成16年度より常用散気式曝気循環装置・夏季強循環散気式曝気循環装置・深層曝気循環装置を稼働させている。

3) 茂庭浄水場の概要

茂庭浄水場は仙台市内の約40%の配水量を担う主要浄水場であり、概要は表3-2のとおりである。水源の釜房ダムで発生した植物プランクトン由来の2-MIBの対策として、沈砂池に次亜塩素酸ナトリウムを注入し、沈砂池出口に粉末活性炭を注入することにより、未溶解性も含めた2-MIB濃度の低減を図っている（図3-8）。茂庭浄水場では前塩素処理のさらに前段で塩素を注入するという意味で「前々塩素処理」と呼んでいる（以下、前々塩素処理）。

表3-2 茂庭浄水場の概要

竣工	昭和53年3月
水源	釜房ダム貯留水
施設能力	190,500 m ³ /日
浄水方式	薬品沈澱・急速ろ過方式

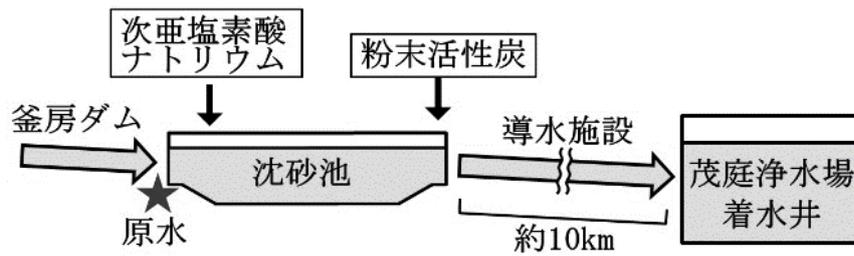


図 3-8 2-MIB 低減対策フロー図

4) 茂庭浄水場上追沢沈砂池ドライ活性炭注入設備の概要

茂庭浄水場では釜房ダムのカビ臭対策として、当初は粉末活性炭の注入を浄水場内で行っていたが、接触時間が十分とれないため、昭和 49 年に現在の上追沢沈砂池に仮設注入設備を設置し注入を行っていた。昭和 53 年には本設の注入設備が完成し、稼動を開始した。

本設備は、コンテナバッグ納入の 50% ウェット活性炭を一定濃度に溶解して、注入量を変化させるスラリー注入方式であったが、溶解時の飛散等作業環境の悪化、濃度管理が難しいなどの問題があった。

老朽化による設備更新の際に、湿式（ウェット活性炭注入設備）から乾式（ドライ活性炭注入設備）に変更し、平成 23 年 12 月から稼動を開始した。特徴は密閉構造で、自動注入ができることである。

本設備は貯蔵と注入に分けられ、先ずタンクローリー車（圧送機付）で搬入された粉末活性炭が、空気輸送によりサイロへ圧送される。貯蔵量はロードセル（重量計）で、連続計測される。粉末活性炭のサイロ貯蔵量は約 42.5t（約 170m³）で、最大取水量 196,100m³/日における最大注入率の場合、10 日分に相当する。

サイロに貯蔵された粉末活性炭は、分配フィーダーによって、下部にある計量ホッパーに移送される。その後、供給用定量フィーダー（インバーター制御方式）から溶解槽に供給され、希釈水で溶解、攪拌されてスラリー溶液となる。供給用定量フィーダー（2 系）の切り出し装置は 3～100kg/h（1 系）を供給できる。

希釈水の流量は一定で、粉末活性炭の量を制御することにより、最大運転時で約 5% 濃度のスラリー溶液を作ることができる。このスラリー溶液は、注入樋により沈砂池流出側で原水に注入される。粉末活性炭注入の制御は、茂庭浄水場から遠方操作を行っている。



図 3-9 ドライ活性炭注入設備

5) カビ臭 (2-MIB) 発生状況

釜房ダムでは2-MIBの発生源の一因であるフォルミジウムがほぼ一年中発生している。令和元年8月から10月にかけて、フォルミジウムが増殖した際には、例年より高濃度の2-MIBが検出された(図3-10)。通常は上追沢沈砂池での前々塩素処理及び粉末活性炭注入で2-MIB対策を行っているが、粉末活性炭注入率の増加以外の対策も行っている。

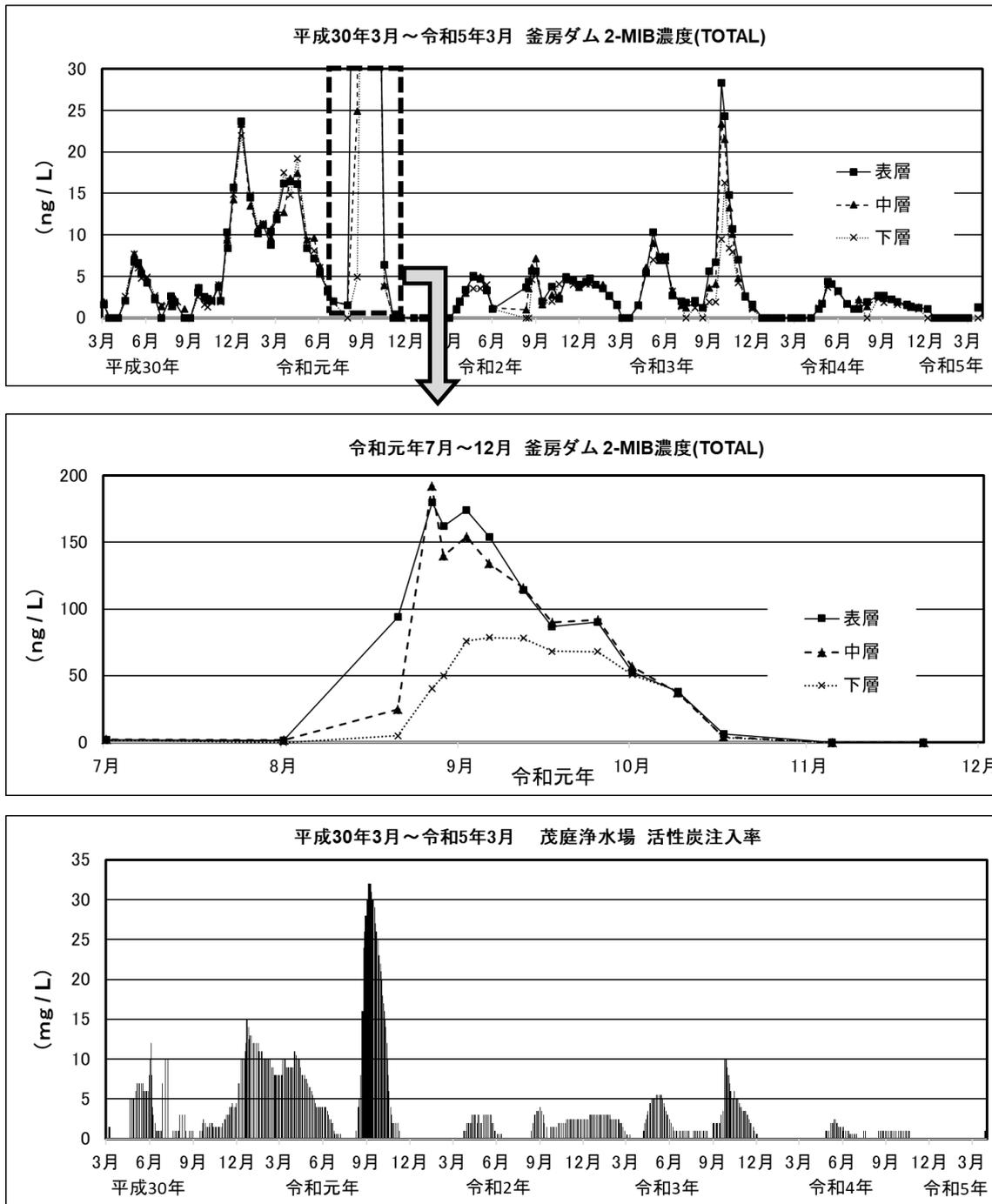


図3-10 釜房ダム 2-MIB 濃度と活性炭注入率の推移

6) カビ臭 (2-MIB) 対策

令和元年8月から10月にかけて、例年より高濃度の2-MIBが検出された際の対策を以下に挙げる。

(1) 前々塩素注入率の増加

前々塩素処理はフォルミジウム等生物と塩素を接触させ、生物体内の臭気物質を体外に放出させ、後段の粉末活性炭注入で吸着させる目的で実施している。沈砂池から浄水場まで約10km、滞留時間は2～2.5時間あり、十分な接触時間が確保できる。

令和元年度9月6日頃から継続的に浄水の2-MIB濃度が着水原水の2-MIB濃度を上回るようになった。この原因として、前々塩素処理で細胞を破壊できず残留したフォルミジウムが着水し、浄水場内で塩素と接触し、2-MIBを放出した可能性が考えられた。このため、沈砂池で確実にフォルミジウムの細胞を破壊できるように前々塩素注入率を2mg/Lから3mg/Lに増加させている。

(2) 高機能粉末活性炭の採用⁷⁾

高機能粉末活性炭は従来の粉末活性炭と比較して、2-MIB除去率が1.4～2.2倍であること、また、沈澱池での凝集不良や、ろ過池での漏洩に影響がないことが確認されたため、高濃度2-MIB発生の前年の平成30年から高機能粉末活性炭に変更している。

(3) 粉末活性炭注入率の増加

2-MIB濃度を仙台市独自の浄水管理目標値2ng/L以下にするため、原水、浄水など水質検査結果を確認しながら粉末活性炭注入率を制御している。令和元年度8月9日には最大注入率32mg/Lで対応している。(図3-11)

注入装置の仕様は最大20mg/Lだが、予備系統を同時使用して32mg/Lまで対応した。両系統運転中は点検・清掃の頻度を通常週1回から週3回程度に高めている。

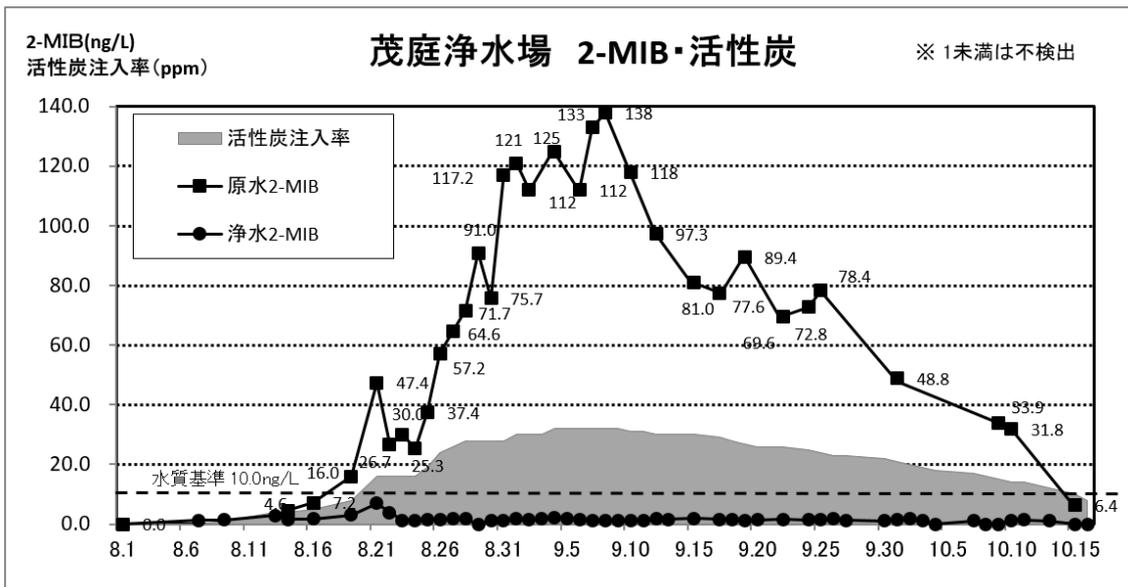


図 3-11 原水(上追沢沈砂池、活性炭注入前)と浄水 2-MIB 濃度と活性炭注入率の推移 (2-MIB 高濃度発生時)

(4) 釜房ダム取水位置の変更

釜房ダム貯水位は8月の標高 144m から10月の標高 140m 程度であった。フォルミジウムが比較的少ないダム下層から取水するため、令和元年8月22日から10月10日まで、通常取水口位置(標高 137m)からダム底部の非常管による取水口位置(標高 131m)に切替えている。

(5) 釜房ダム取水量の減量と広域水道の受水量の増量

茂庭浄水場は浄水と広域受水をブレンドし配水している。令和元年8月28日から10月7日までの平均配水量はおよそ 119,000 m³/日である。その間、活性炭使用量の抑制を目的に釜房ダム取水量の減量と、カビ臭の発生していない広域受水とのブレンドによる 2-MIB 濃度の低減化を目的として受水量を、およそ 4,500 m³/日から 10,500 m³/日に 6,000 m³/日 増量し対応した。

(6) 沈澱池の排泥間隔の変更

前々塩素処理で細胞が破壊されず残留したフォルミジウムが沈澱池内に滞留している可能性があったため、沈澱池からの排泥の頻度を上げて排出を促している。令和元年9月4日から10月5日は排泥間隔タイマーの調整及び手動操作による排泥を実施している。

7) 今後のカビ臭対策

平成 30 年から採用した高機能粉末活性炭について、令和4年度に全国的な供給量不足と価格の高騰を理由に、従来の粉末活性炭へ一旦は戻したが、令和5年度に供給

量と価格が落ち着いたことから、再度高機能粉末活性炭を採用している。

令和2年度以降は高濃度の2-MIBは検出されていないが、今後もダムの水質検査を適宜実施し、状況に合わせたカビ臭対策を実施する。

参考文献

- 7) 千葉未由紀ら(2019). (4-67) 茂庭浄水場における高機能活性炭注入実地試験－2-MIB 除去率および浄水処理過程における漏洩調査－. 令和元年度全国会議(水道研究発表会)講演集, p. 404-405.

事例2 須江山浄水場におけるカビ臭対策について

石巻地方広域水道企業団

1) はじめに

当企業団の主要浄水場である須江山浄水場（表3-3）は、北上川水系旧北上川の表流水を取水しており、近年懸念されているカビ臭に対して取水場に活性炭注入設備を設置し、注入ポンプ制御によって導水管に直接活性炭スラリーを圧入し対応している（図3-12）。

表3-3 須江山浄水場の概要

竣工	昭和63年6月
増設	平成27年6月
水源	旧北上川表流水
施設能力	80,000 m ³ /日
浄水方式	横流傾斜板式 沈澱池4池
ろ過方式	急速ろ過池16池

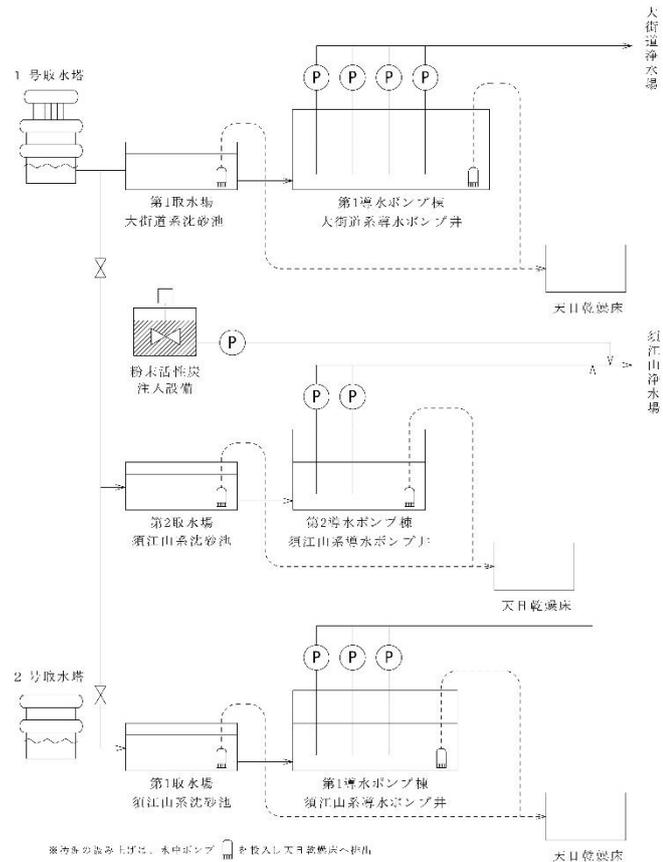


図3-12 鹿又取水場系統図

2) カビ臭対策について

旧北上川河川水では以前より、降雨及び水温の上昇などの気象条件や上流に位置するダム放流等の要因によるカビ臭物質の発生が多く確認されていること及びトリハロメタン等の消毒副生成物の除去を目的とし、取水施設内において粉末活性炭注入設備を設置している。

当初、カビ臭物質の対策として、活性炭の注入開始基準は、原水水温 17℃以上かつクロロホルム濃度 0.019 mg/L 以上としていた。

しかし、近年では水温 17℃以下においてもカビ臭の原因物質とされている藍藻類または放線菌など植物性プランクトンの発生によって、カビ臭を発生させる

事例（令和2年12月に原水で2-MIBが10ng/L検出された）があり、現在は一年を通して活性炭の注入を行っている状況である。

3) 活性炭注入設備の概要

本設備は粉末活性炭を水に溶解し貯留する溶解槽（有効容量16.5m³）2槽・注入ポンプ2台・希釈水ポンプ2台・給水ポンプ2台・受水槽（有効容量13m³）1槽で構成され（図3-13）、コンテナバック納入の粉末活性炭（50%ウェット）を溶解槽で溶解し活性炭スラリーを作成後、注入ポンプにて導水管へ圧注入している。

その際、管の閉塞を防止するため、希釈水ポンプを用い管内の流速を速めている。

なお、注入量の制御は浄水場から遠方操作にて行うことが可能であり、原水の流量に自動で追従するようなシステムになっているが、活性炭の溶解に関しては業務委託を締結し人力による作業となっている。

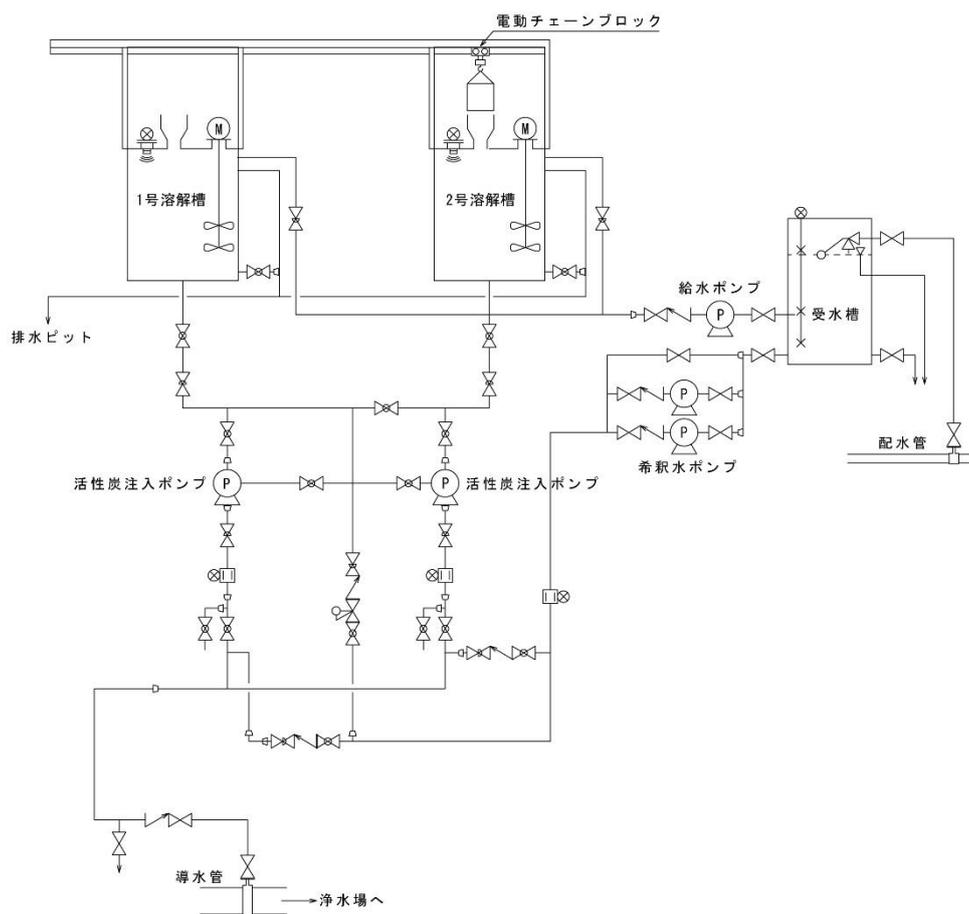


図3-13 須江山浄水場活性炭注入設備フロー図

4) 過去に発生した事例

平成30年5月、令和2年12月及び令和5年5月に通常より高い値の2-MIBが検出されている。

原因については、いずれも数日前から続いた降雨によって農業用ダムの放水量増加により上流域湖沼から臭気物質を含んだ藍藻類が漏出したためでないかと考えられた。

平成30年5月の事例では、原水における2-MIBは活性炭注入開始の基準としている数値に達していなかったにもかかわらず、浄水において2-MIBが水質基準値の10ng/Lに迫る値が検出された。

それにより、急遽活性炭注入を開始したが、浄水処理過程の2-MIBを比較したところ、原水では、活性炭の吸着効果もあり低い値に抑えられていたが、前塩素注入後の薬品混和池水以降において原水よりも高い値が検出された。そのため、活性炭の注入量を大きく増加させ対応せざるを得なかった。

これまで、検出される2-MIB等の物質は、殆ど溶存態であったことから取水施設で注入される活性炭により高い除去効果を得られていたが、この事例では藍藻類の細胞内に存在する物質であったため、浄水場内で注入される前塩素により細胞が壊され臭気物質を放出するプランクトン内包型と考えられた。

また、令和5年5月の事例では平成30年5月と同様に前塩素注入後に高い値の2-MIBが検出されたことから、プランクトン内包型が原因と考えられたため、取水場において少量の塩素を注入し、あらかじめ細胞を破壊し臭気物質の活性炭吸着効果を上げる検証を行った。

しかし、塩素注入設備のない取水場に仮設注入設備を設置している間に2-MIBの値が低下し、参考になる検証結果を得ることが出来なかった。

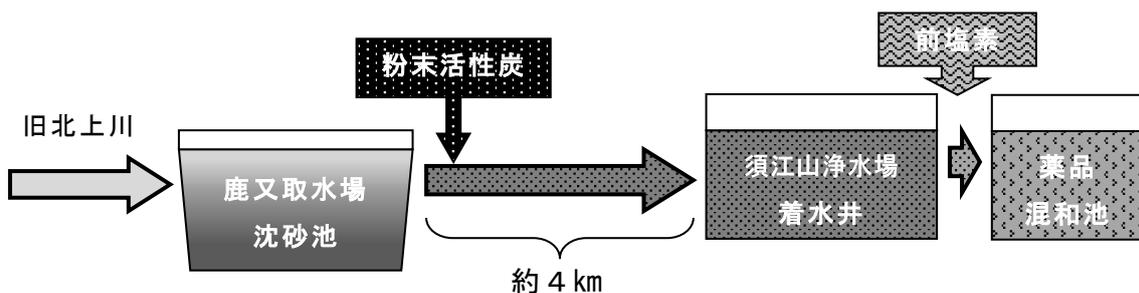


図3-14 須江山浄水場薬品注入フロー図

5) 現在の状況と対策

令和2年12月に原水で2-MIBが10ng/L検出されたことにより、現在は冬期も含め通年で活性炭の注入を行っている。

また、令和5年5月以降、臭気物質に対する迅速な対応を目的に北上川を水源とする浄水場の河川水、原水、浄水についての検査をこれまでの週1回から週2回に増加させることによって監視を強化している。

6) 今後の対応等

- ・晴天が続いた後の降雨時など、カビ臭発生が予測される場合には検査頻度（GC/MS）を増加させ対応する。
- ・浄水処理過程水を測定し、カビ臭物質が溶存態かプランクトン内包型かを把握・検証し、今後の活性炭注入濃度、前々次亜注入設備の設置に生かせないか検討中。
- ・北上川上流域と、旧北上川に合流する3本の支流調査を検討。3本の支流には湖沼等と接続する部分もあり、カビ臭発生の要因となっているか調査することを検討中。
- ・カビ臭検出の連続監視機器導入の検討。
- ・カビ臭原因物質（特に藍藻類内包型）の特定について調査を検討。
- ・フローイメージング顕微鏡について情報収集を行う。

事例3 白山浄水場のカビ臭対応について

八戸圏域水道企業団

1) はじめに

平成 29 年 8 月、大志田ダムにおいて藍藻類のフォルミジウムが増殖し、高濃度のカビ臭（2-MIB）が発生した。白山浄水場では一時取水停止する事態となったほか、上流側に位置する水道事業者へも大きな影響を及ぼした。大志田ダムでは、平成 21 年 6 月にシネドラアクスによるろ過閉塞障害が発生していることから、今後の生物障害の発生に備え、今回の対応についてまとめた。

2) 白山浄水場及び大志田ダム概要

白山浄水場は圏域内の約 80%の配水量を担う基幹浄水場である。水源は馬淵川と新井田川の 2 河川で、それぞれ処理系統を有している。

表 3-4 白山浄水場概要

水源	馬淵川表流水・新井田川表流水
通水開始	昭和 50 年 5 月
処理能力	130,520 m ³ /日 (馬淵系 80,520 m ³ /日、新井田系 50,000 m ³ /日)
配水量実績(令和 4 年度)	68,286 m ³ /日
浄水処理方法	粉末活性炭・薬品沈澱・急速ろ過・次亜塩素処理

大志田ダムは岩手県一戸町にある農業用ダムで、白山浄水場より約 72 km 上流（馬淵川）に位置し、平成 16 年度より供用開始した。有効貯水量は 860 万 m³で、既存の空気揚水筒方式の曝気装置に加えて、平成 22 年に散気式曝気装置を増設した。

3) カビ臭発生の概要

8 月 21 日、一戸町より大志田ダムで高濃度カビ臭が発生し、馬淵川上流域に影響が及んでいると報告を受け、翌 22 日からダム及び関連河川を調査した。調査の結果、大志田ダムで藍藻類のフォルミジウムの大增殖が確認された。

図 3-15 に調査地点、表 3-5 に各地点のフォルミジウム数と 2-MIB 濃度、表 3-6 にダム表層のフォルミジウム数と 2-MIB 濃度の年度最高値を示す。

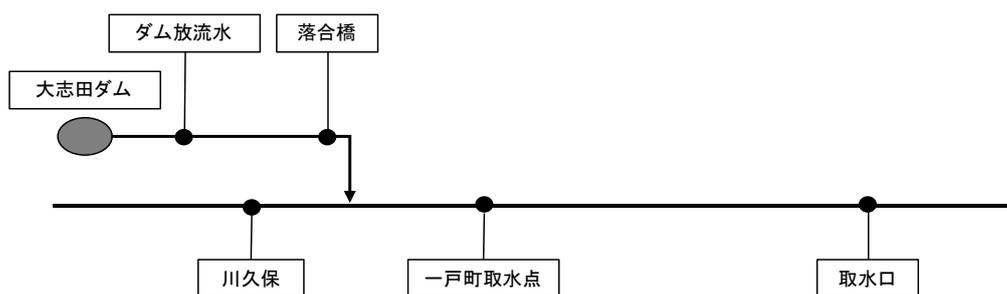


図 3-15 調査地点

表 3-5 各地点のフォルミジウム数と 2-MIB 濃度 (8 月 22 日調査)

	川久保	ダム表層 赤松道白橋	放流水	落合橋	一戸町 取水点	取水口
フォルミジウム数 [糸状体/mL]	0	6,000	1,500	200	40	0
2-MIB 濃度 [ng/L]	1 未満	811	450	123	30	2

表 3-6 年度最高値 (ダム表層)

	H22~H28	H29
フォルミジウム数 [糸状体/mL]	250 (H22)	8,000
2-MIB 濃度 [ng/L]	37 (H23)	995

22 日のダム表層 (赤松道白橋 : 表 3-5) のフォルミジウムは 6,000 糸状体/mL、2-MIB 総量濃度は 811 ng/L 検出され、どちらも平成 22 年に観測を開始して以来の最高値を大幅に上回った。取水口では 22 日の時点で大きな影響は見られず、2-MIB 濃度は例年と同程度であった。ダム放流水が流入する前の川久保では 2-MIB 濃度が不検出であったことから、フォルミジウムはダム湖内で増殖し馬淵川へ流出したと推測した。

4) 2-MIB 濃度の推移

図 3-16 にダム表層、放流水及び取水口の 2-MIB 濃度の推移を示す。8 月 24 日に降った大雨によりダム水が越流し、取水口で急な濃度上昇が見られた。

8 月 22 日から 9 月 20 日までの調査期間において、ダム表層で最高 995 ng/L、取水口は 18 ng/L まで上昇し、過去最高値を記録した。

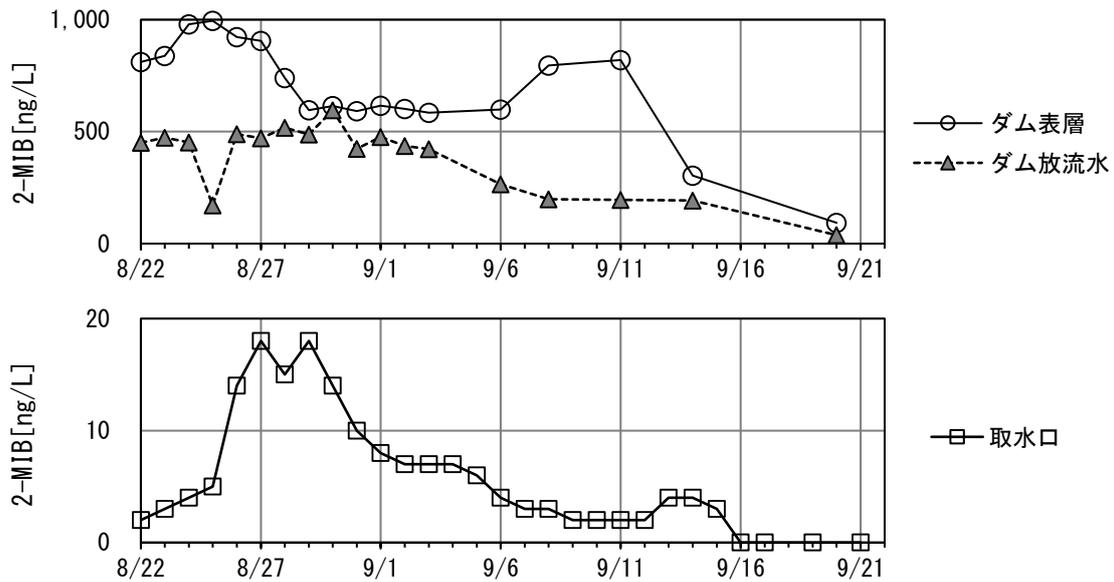


図 3-16 2-MIB 濃度の推移 (ダム表層・放流水・取水口)

5) カビ臭発生時の対応

(1) 白山浄水場

図 3-17 に馬淵川取水時の馬淵系ろ過水 2-MIB 濃度の推移を示す。白山浄水場では越流による取水口の 2-MIB 濃度上昇を懸念して、8 月 25 日より馬淵川の取水を停止し、処理原水を新井田川原水のみで切り替えて運用した。越流の影響が収まった 9 月 4 日から取水を再開し、活性炭と PAC を増量して対応した。結果、期間中の馬淵系ろ過水の 2-MIB 濃度は不検出 (1 ng/L 未満) から 2 ng/L に抑えることができた。

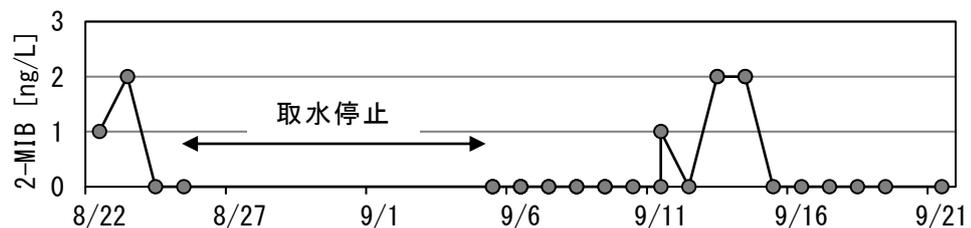


図 3-17 2-MIB 濃度の推移 (ろ過水)

図 3-18 に 8 月 1 日から 9 月 30 日までの活性炭の注入率を示す。馬淵系の活性炭接触時間は 5 分間で、取水再開後の活性炭注入率は平時の約 3 倍増となった。増量の効果により、取水口で最高 7 ng/L あった 2-MIB をろ過水で 1 ng/L 未満まで低減できた。一方で、ろ過水 2-MIB 濃度が取水口の 50% 程度に留まっ

た処理結果もあり、越流直後のような高濃度 2-MIB の原水を取水した場合には水質基準(10 ng/L)超過となる可能性も考えられる。

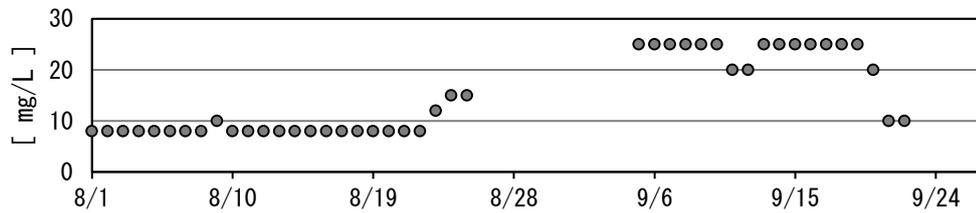


図 3-18 粉末活性炭注入率

(2) 湖内調査

8月31日に湖内のフォルミジウム及び2-MIBの発生状況を調査した。大志田ダムは平糠川、宇別川の2河川が流入しており、ダムサイト手前に2基の曝気装置が設置されている。図3-19に表層(水深0.5m)におけるフォルミジウムの平面分布、図3-20に地点別2-MIB濃度を示す。

表層に浮遊するフォルミジウムは宇別川流入地点で最も多く、4,100糸状体/mLが検出された。曝気装置上流地点からダムサイトにかけて見られるフォルミジウム数の減少は曝気装置による循環効果と推察される。2-MIB濃度についても溶存態及び総量共に宇別川流入地点が最も高かった。同地点では他地点に比べ、溶存態濃度と総量濃度の差(藻体内濃度)も大きくあることから、2-MIBを保持しているフォルミジウムが多く存在していることが推察された。流入側での増殖要因には水深が浅く有光層が大きい、滞留時間が長期化し易いことが挙げられる。

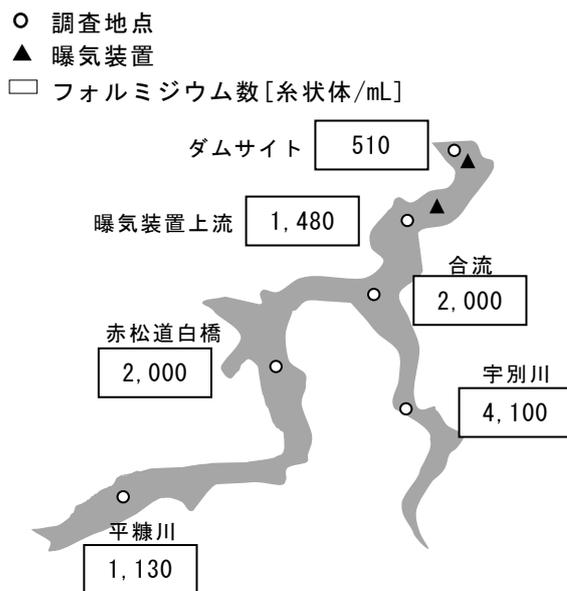


図 3-19 フォルミジウム平面分布

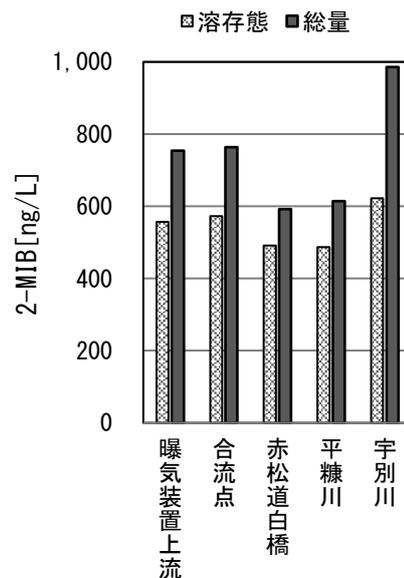


図 3-20 地点別 2-MIB 濃度

図 3-21 にダムサイトにおける水温と DO の鉛直分布を、図 3-22 にフォルミジウム数と 2-MIB 濃度の鉛直分布を示す。水温と DO から水深 20~25m 付近に水温躍層が見られる。フォルミジウム数は水深 20m 以降では 8 割減少していたが、2-MIB 濃度は 3 割程度の減少に止まった。

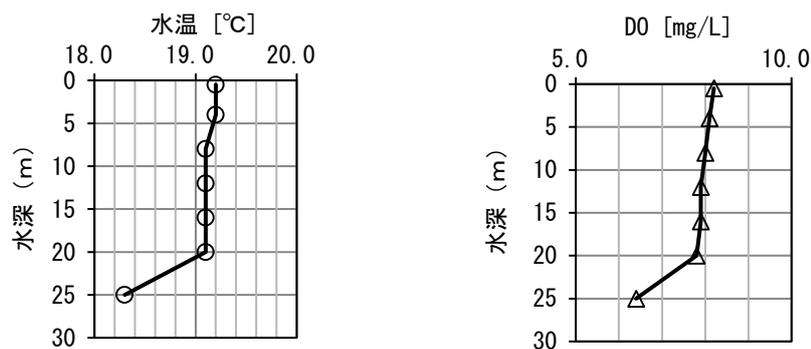


図 3-21 DO 及び水温の鉛直分布 (ダムサイト)

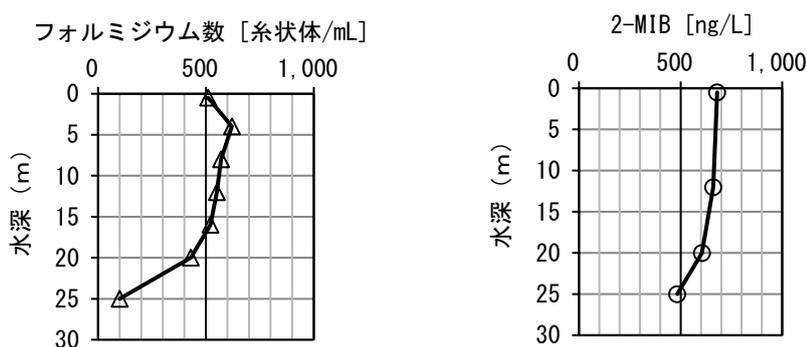


図 3-22 フォルミジウム・2-MIB 鉛直分布 (ダムサイト)

(3) 選択取水の実施

ダムサイトは多孔式選択取水設備が設けられており、5ヶ所の取水口がある。

表 3-7 に取水口位置と満水時の各水深を示す。カビ臭発生の報告を受けた後、ダム放流水中の生物数及び 2-MIB 濃度の減少を目的として、取水位置をそれまでの No. 2 から、より深部の No. 4 及び No. 5 へ変更した。ダム貯水位が満水の場合、No. 4 は水深 13 m、No. 5 は水深 19 m に位置する。湖内調査の結果、2-MIB 濃度及びフォルミジウム数は躍層位置である水深 20m 付近まで同程度であり (図 3-22)、取水位置の変更による効果は限定的であった。

表 3-7 取水口位置

取水口 (満水位)	標高 [m] (388.1)	水深[m] (満水時)
No.1	384.1	4
No.2	381.1	7
No.3	378.1	10
No.4	375.1	13
No.5	368.8	19

6) 今後の対策

設備面では平成 30 年に可動式活性炭注入設備を取水口に設置した(図 3-23)。供給能力 6～60 kg/h(50%ウエット炭)で、導水ポンプ 1 台運転で約 4 時間接触可能である。

水質監視については、平成 21 年度のシネドラアックスによるろ過閉塞障害の発生もあったことから、ダム水質の監視強化が必須である。関係機関である大志田ダム管理事務所、一戸町及び二戸市の各機関で検査時期の分散化を行うことで監視頻度を上げ、情報及び測定データの共有により再発の防止及び発生時の被害軽減を図っている。



図 3-23 可動式活性炭注入設備

事例 4 東山浄水場におけるカビ臭発生事例

会津若松市上下水道局

1) はじめに

東山浄水場は東山ダムを水源とし、粉末活性炭設備を有する、急速ろ過方式の浄水場である。平成 30 年度までは原水において 3 ng/L を超えるカビ臭物質は確認されなかったが、令和元年度に高濃度のジェオスミン、令和 4 年度に 2-MIB が検出され、対応を迫られた。このことについて経緯と対応について報告する。

表 3-8 東山浄水場の概要

水源	東山ダム
給水開始	昭和 57 年
処理能力	30,000 m ³ /日
配水量実績（令和 4 年度平均）	10,733 m ³ /日
処理方法	粉末活性炭、凝集沈澱、急速ろ過

2) 令和元年度 ジェオスミンの検出

東山浄水場の給水区域では給水栓の定期水質検査において年 8 回のカビ臭物質検査を実施していたが、平成 30 年度まで 3 ng/L を超えるカビ臭物質は検出されていなかった。その中において、令和元年 9 月の定期水質検査において給水栓でジェオスミン 7 ng/L が検出された。対応として臨時のカビ臭物質検査と粉末活性炭濃度の増加を行った。臨時のカビ臭物質検査ではダム表層水においてジェオスミン 81ng/L が検出された。以降は原水及び浄水において継続的に臨時水質検査を行った。粉末活性炭注入率はカビ臭発覚以降は 10mg/L とし、結果浄水においてカビ臭物質の増加は見られなかった。また、臨時の原水生物試験においてはアナベナが確認された。

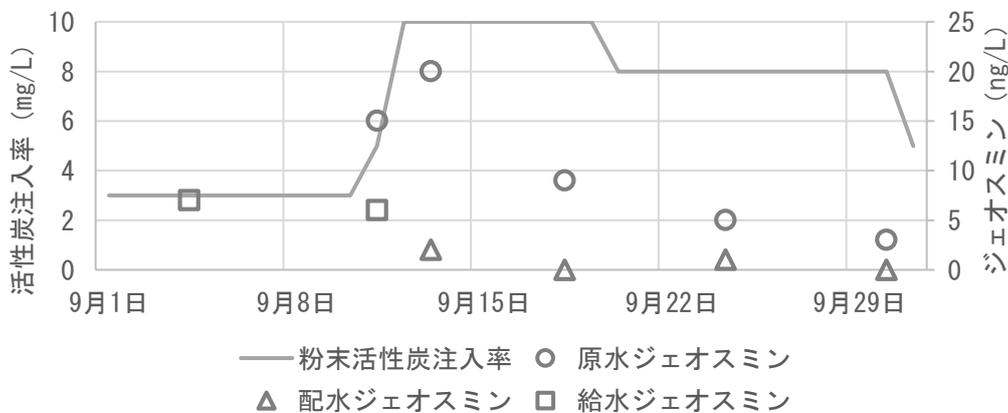


図 3-24 活性炭注入率とジェオスミン値

3) 令和2年度以降の対応

令和元年度のジェオスミンの発生に対しては日常の官能試験では臭気の発生に気づくことができず、定期水質検査結果により初めて気づいたことで対応が遅れた。これを受けて令和2年度以降は原水の水質監視の強化として、生物試験及びカビ臭物質の検査頻度増加を行い、原水状況の把握を進めた。

表3-9 原水検査の変更点

	令和元年度まで	令和2年度以降
原水カビ臭物質検査	年1回	発生月(4-11月)に1回
原水生物試験	なし	発生月(4-11月)に1回

4) 令和4年度 2-MIBの検出

令和4年9月12日から水道水がカビ臭いとの苦情が相次ぎ、給水栓の臨時水質検査においては2-MIBが最高4 ng/L 検出された。対応としてカビ臭物質検査頻度の増加と粉末活性炭注入率の増加を行ったが、臭気に関する苦情は10日ほど続いた。また、粉末活性炭は例年11~12月で注入を停止しているが、この年度はカビ臭が収束する令和5年2月1日まで注入を継続した。

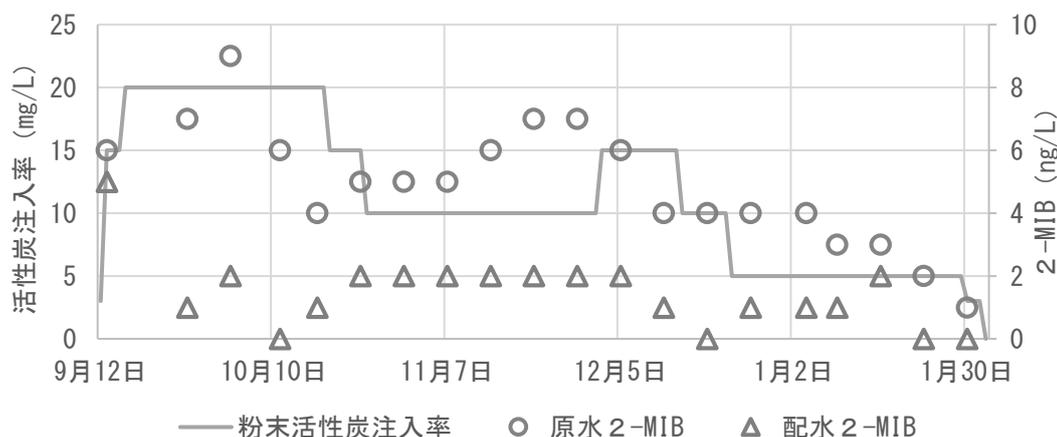
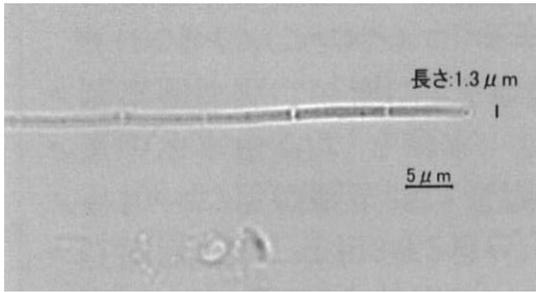


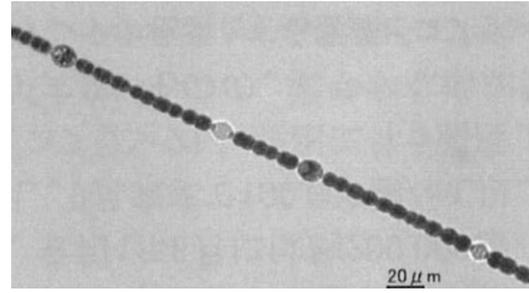
図3-25 活性炭注入率と2-MIB値

5) ダム表層の調査

東山ダムを管理している福島県は、ダム水の水質保全調査業務として、コケムシによるダム水の取水不良や異臭味等の水質悪化への調査業務を実施している。令和4年9月のカビ臭発生時の生物試験ではフォルミジウム及びアナベナ プランクトニカが確認された。原因となる生物や環境要因は継続して調査中である。



フォルミジウム



アナベナ プランクトニカ

図 3-26 東山ダムで確認された藻類

事例5 見崎浄水場における生物活性炭処理

山形市上下水道部

1) はじめに

山形市の北西部を中心に水道水を配水している見崎浄水場は最上川中流域の表流水を水源とする浄水場で、原水では年間を通してカビ臭が発生している。山形市上下水道部では、その対策として生物活性炭処理を行っているので、導入時の状況等も含めてカビ臭対策事例として報告する。

2) 導入の背景、理由

山形市の主な上水道区域は、蔵王ダムを水源とする松原浄水場系、寒河江ダムを水源とする県営村山広域水道系、最上川中流部の表流水を水源とする見崎浄水場系の3区域に大別される。

松原浄水場系、県営村山広域水道系の水は山間部のダムを水源としているため、年間を通して水温が低く良質の水である。一方で見崎浄水場は最上川中流域の表流水を水源としており、取水口より上流部に約20万人（令和5年11月推計値）の人口を抱え、さらに取水口の上流部約20kmに最上川本流を塞ぎ止めた発電専用ダムがあり、植物プランクトンの増殖に好条件となっている。水温が高くなる夏期には臭気強度が高い状態になり、山形市の水源が異なる他の2水系と比較され「同じ料金なのにぬるくて、変な臭いがしてまずい。」という潜在的な不満があり、このことが市議会でも幾度となく取り上げられていた。

山形市上下水道部では、平成5年に策定した「山形市ふれっしゅ水道整備事業基本計画」に基づいて「より安全でより良質な水道水の供給」を目的に、平成7、8年度の国庫補助事業として総事業費約26億円を投じ生物活性炭による高度浄水処理施設を建設し、平成9年5月に運用を開始した。その結果、浄水からカビ臭物質が検出されることは無くなり、市民からも臭いについての苦情が寄せられることは無くなった。

3) 見崎浄水場の概要

見崎浄水場は山形市の28.6%（令和4年度実績）の浄水量を担う浄水場で、概要は表3-10のとおりである。

表 3-10 見崎浄水場の概要

施設能力	60,000m ³ /日
原水流量実績（令和4年度）	21,669m ³ /日（年平均値）
水源	最上川表流水
浄水方法（カビ臭対策前）	高速凝集沈澱—中間塩素処理—急速ろ過
浄水方法（カビ臭対策後）	高速凝集沈澱—生物活性炭ろ過— 中間塩素処理—急速ろ過

カビ臭対策前の浄水方法が中間塩素方式であったこともあり、塩素注入前に粒状活性炭によるろ過を行う生物活性炭処理を導入しやすい状況であった。

カビ臭対策後の浄水フローは図 3-27のとおりである。

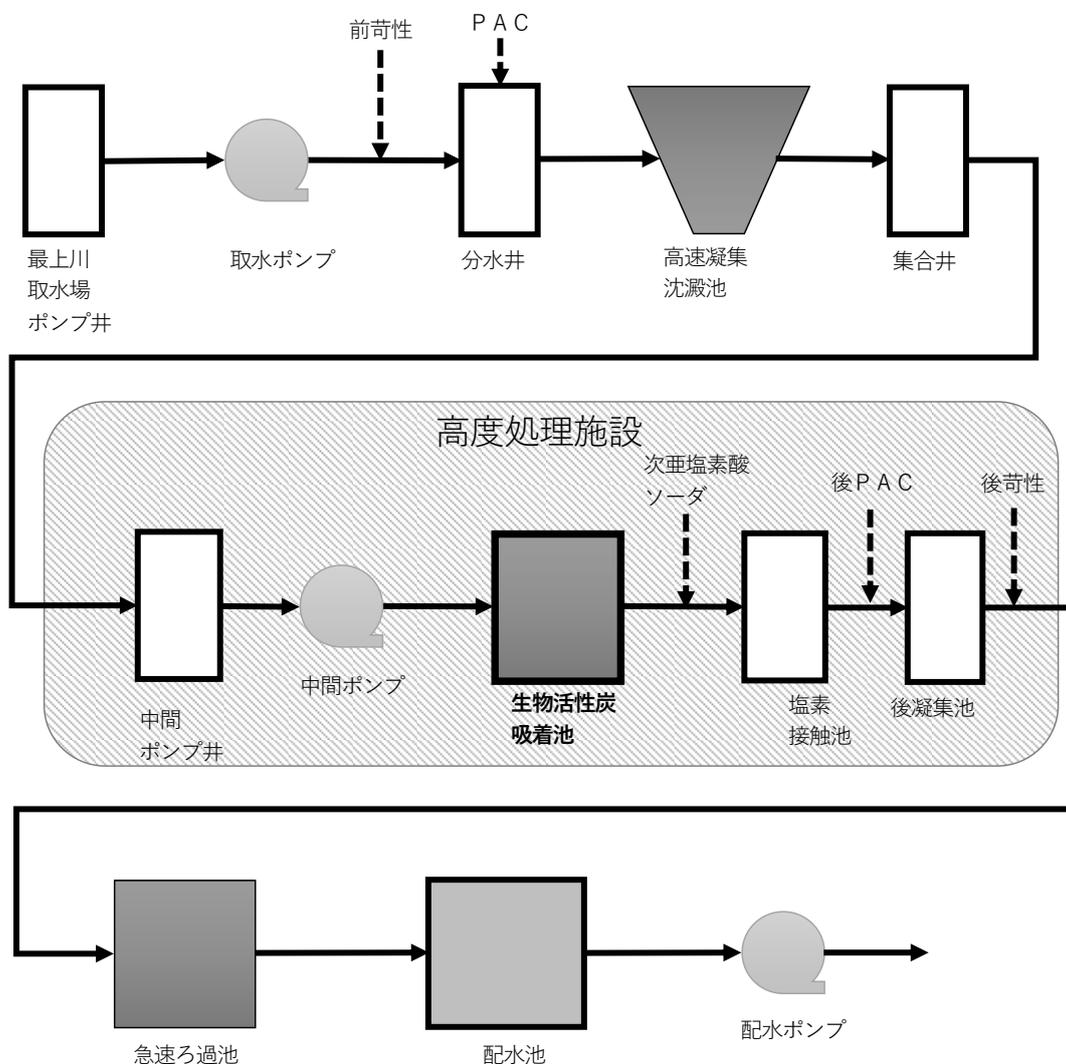


図 3-27 見崎浄水場の浄水フロー図

元から中間塩素処理であったため、凝集沈澱処理後の処理水には次亜塩素酸ソーダは入っていない。この水を粒状活性炭ろ過設備に通すことで、粒状活性炭の表面に生物膜を生じさせ、活性炭による吸着作用のほかに生物による有機物の分解作用も併せ持たせることができる。また、吸着した有機物を生物が分解することにより、活性炭の破過までの期間が長くなるというメリットもある。

4) 原水水質の状況

見崎浄水場の原水である最上川は、年間を通してジェオスミンが検出されており、臭気強度で概ね2以上の臭気が常に発生している。夏季には2-MIBも検出される。

それぞれのカビ臭物質の濃度は季節変動はあるものの10ng/Lを上回ることはない。しかし、臭気強度の試験では季節を問わず臭気が感じられる状態となっている。

河川表流水であるため夏期には水温が30℃近くまで上昇し、より臭気を感じやすい状態になる。

図3-28から図3-30にカビ臭物質及び臭気強度の月別平均値を載せる。

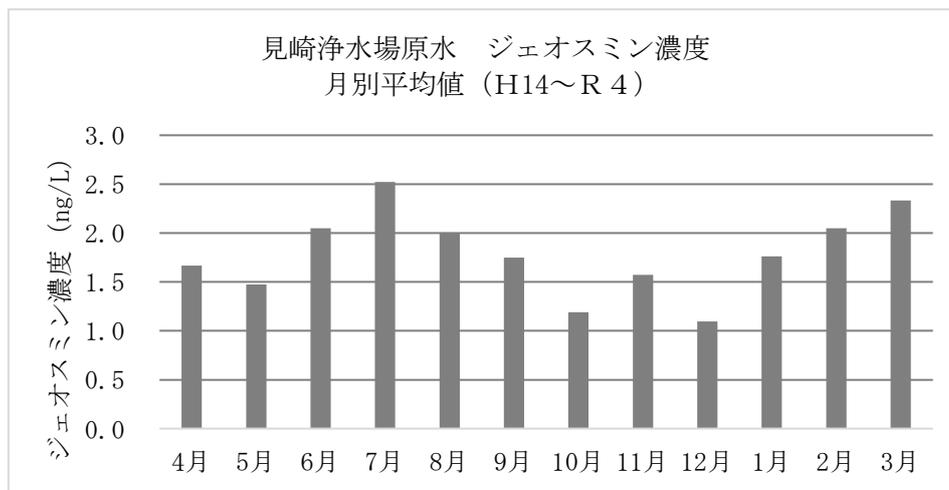


図3-28 見崎浄水場原水のジェオスミン濃度 (月別平均値、H14年～R4年)

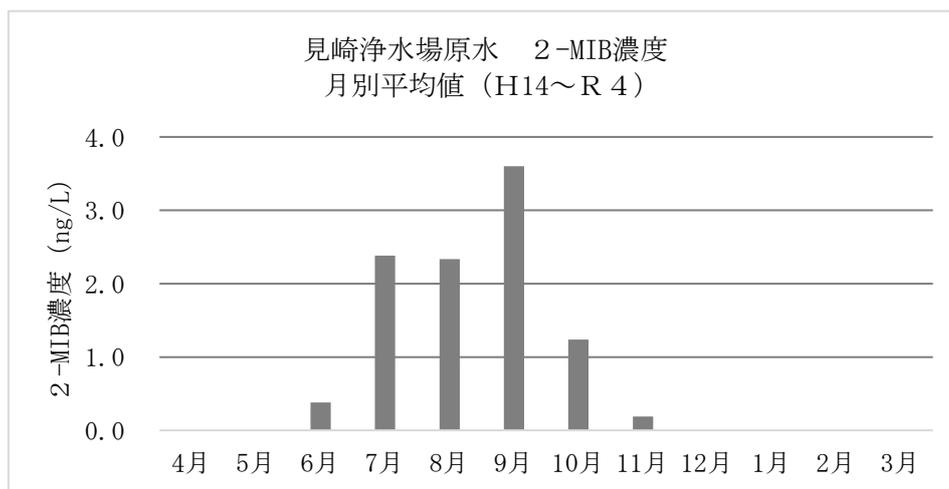


図 3-29 見崎浄水場原水の 2-MIB濃度 (月別平均値、H14年~R 4年)

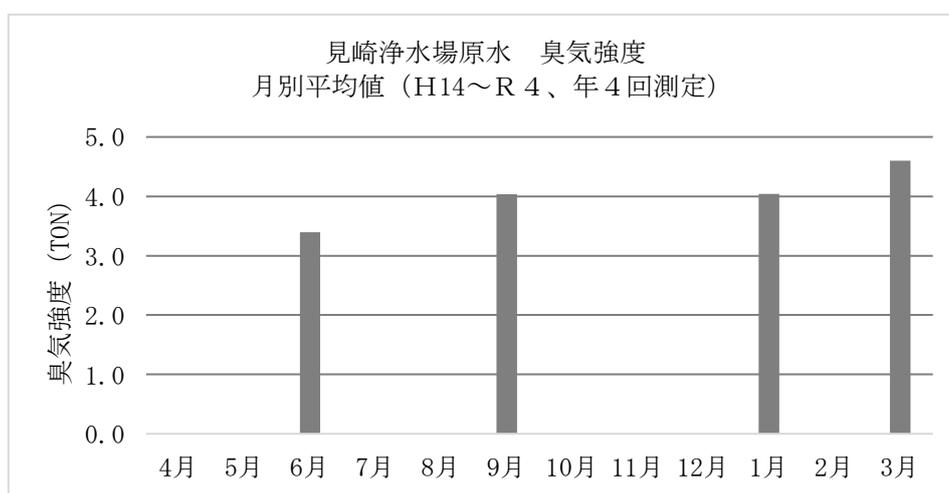


図 3-30 見崎浄水場原水の臭気強度 (月別平均値、H14年~R 4年 年4回)

5) 設備設置までの経緯

(1) 粉末活性炭処理と粒状活性炭処理の比較検討

平成6年度から、臭気対策として活性炭処理の検討を開始した。

その結果、

- ・臭気は、夏季だけでなく年間を通して感知されていること。
- ・既存の施設では、粉末活性炭処理を効率的に行えないこと。
- ・既存の排水処理方式では、粉末活性炭が排水に混入し、法令等の遵守が困難であること。

等の点が確認され、粉末活性炭処理を採用すると、メリットよりもデメリットのほうが大きくなってしまいますので、粉末活性炭ではなく粒状活性炭を採用することに決定した。

(2) 通常の粒状活性炭処理と生物活性炭処理の比較検討

見崎浄水場のカビ臭対策前の浄水処理フローは、高速凝集沈澱、中間塩素処理、急速ろ過という方法であった。

これに粒状活性炭設備を、中間塩素処理の前段に挿入すると生物活性炭処理になり、塩素処理がなされた急速ろ過後に挿入すると粒状活性炭処理になる。

両者を比較表(表3-11)により検討した結果、生物活性炭処理には次のような利点があるため、見崎浄水場では生物活性炭処理を導入することに決定した。

- ・水質の改善項目が多く、水質悪化の危険性が低い。
- ・塩素剤の使用量を削減できる。
- ・破過までの期間が長く、活性炭の再生に係る費用(年度単位)を削減できる。

表3-11 生物活性炭処理と粒状活性炭処理の比較表(平成7年度当時の資料)

	生物活性炭処理	粒状活性炭処理
処理対象項目	臭気 色度 有機物等 (過マンガン酸カリウム消費量) アンモニア性窒素 トリハロメタン前駆物質	臭気 有機物等 (過マンガン酸カリウム消費量) トリハロメタン
効果	臭気の除去 色度の除去 過マンガン酸カリウム消費量の減少 アンモニア性窒素の減少 トリハロメタン生成量の減少 塩素剤使用量の減少 急速ろ過における除濁負荷の減少	臭気の除去 過マンガン酸カリウム消費量の減少 トリハロメタンの減少 (1~2か月間程度)
欠点	活性炭の頻繁な洗浄が必要 低水温時に生物作用が著しく低下 (粒状活性炭としての効果はある)	後塩素処理が不可欠 (塩素剤使用量の増加) トリハロメタンの増加の危険性 微粉炭等の流出の危険性
破過までの期間	長期(約4年程度以上)	短期(概ね1年程度以内)

(3) 導入した設備について

導入した生物活性炭処理設備の仕様は表3-12のとおりで、それを含む高度処理棟の外観及び生物活性炭吸着池の写真は図3-30のとおりである。

表 3-12 設備の概要

処理水量	最大60,000m ³ /日 (現在は6池中2池休止中のため実質40,000m ³ /日)
吸着池面積	10.5m×4m=42m ² /池、6池(現在は、うち4池使用)、 合計面積=252m ² /6池 (現在は、4池使用のため168m ²)
吸着池方式	重力式固定層(下向流)
炭層厚	2m
ろ過速度	10m/時(最大処理時)
空間速度	5/時(最大処理時)
接触時間	12分(最大処理時)
洗浄方式	空気・水同時併用洗浄+水単独洗浄
下部集水装置	多孔板方式
活性炭	石炭系粒状炭、有効径=1.2、均等係数=1.3

導入当初は施設能力60,000m³/日として導入したが、平成9年当時31,762m³/日であった見崎浄水場の平均浄水量も節水機器の普及等の影響もあり平成28年度では21,461m³/日と減少してきたため、経費削減のため6池ある活性炭吸着池のうち2池を休止して、平成29年度から4池で運用している。

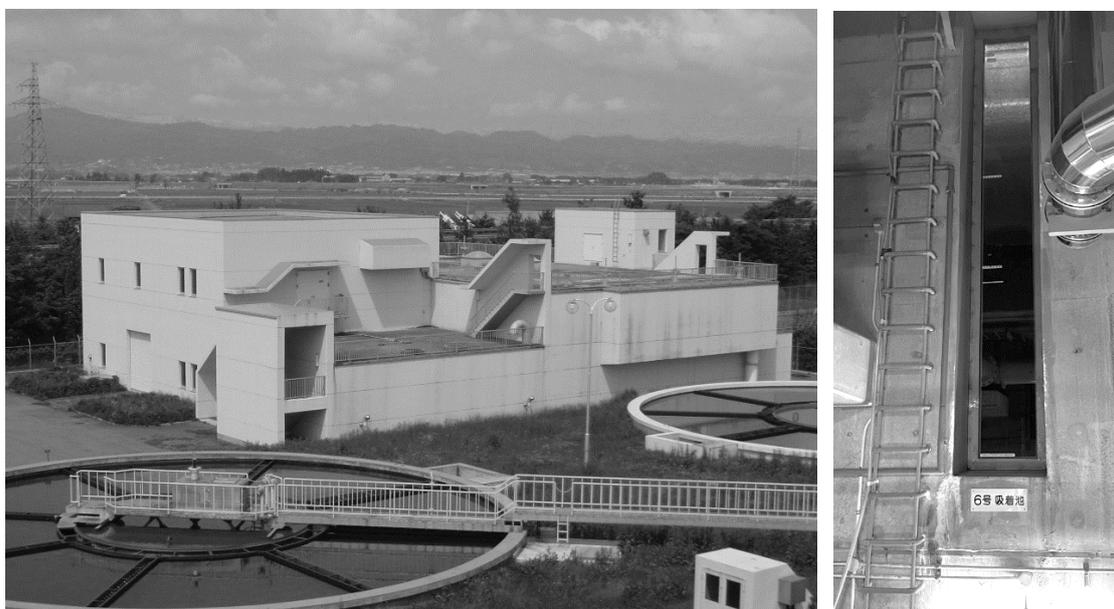


図 3-31 高度処理棟の外観(左)及び生物活性炭吸着池(右)

6) 設置後の評価

表 3-13のとおり、生物活性炭処理設備運用前には浄水からもジェオスミン、2

-MIB共に検出されており、特にジェオスミンは平均値でも3 ng/Lが検出されており、臭気強度の試験でもカビ臭が判別できることが多かった。

設備の運用を開始した平成9年5月以降は浄水からはジェオスミン、2-MIB共に検出されていない。また、臭気強度も1未満であり臭気に関する苦情も発生していない。

表 3-13 見崎浄水場浄水のカビ臭物質濃度 (ng/L)

年度	ジェオスミン			2-MIB		
	最高	最低	平均	最高	最低	平均
H 7	8	< 1	3	1	< 1	< 1
H 8	6	< 1	3	2	< 1	< 1
H 9	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
H10	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

7) 設置後の能力確認及び活性炭の再生・入替サイクル

活性炭の再生・入替時期を探るため生物活性炭処理設備導入時から高度浄水処理流入水及び生物活性炭吸着地流出水を対象に水質調査を行っている。

水質調査項目のうち一部の結果を以下（図 3-32、図 3-33）に示す。

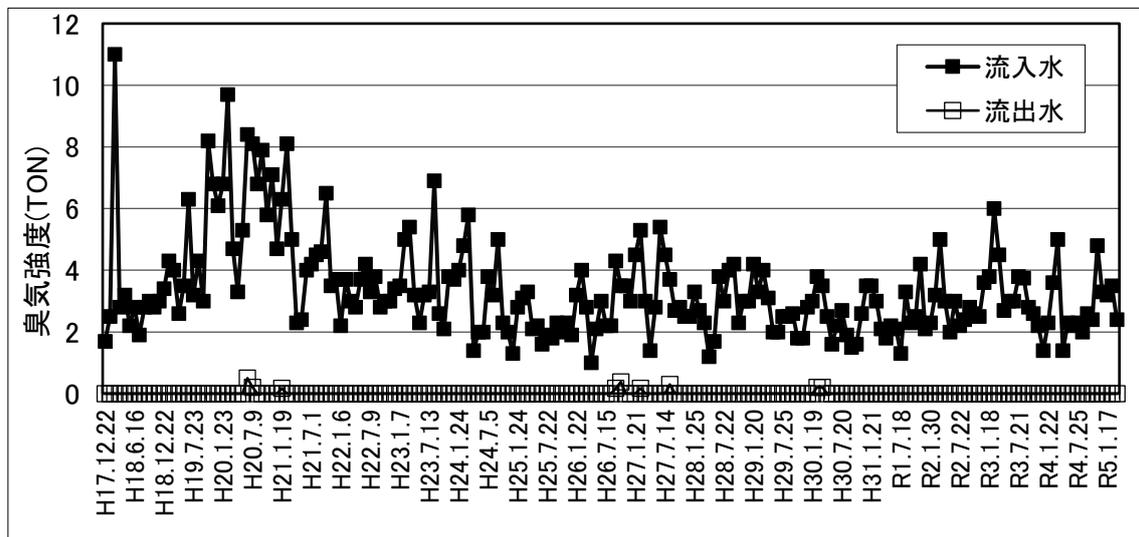


図 3-32 高度浄水処理水の臭気強度の経年変化

臭気強度は高度浄水処理流入水では最大11あったが、生物活性炭吸着池流出水では1未満であり、臭気はほぼ完全に除去できている。

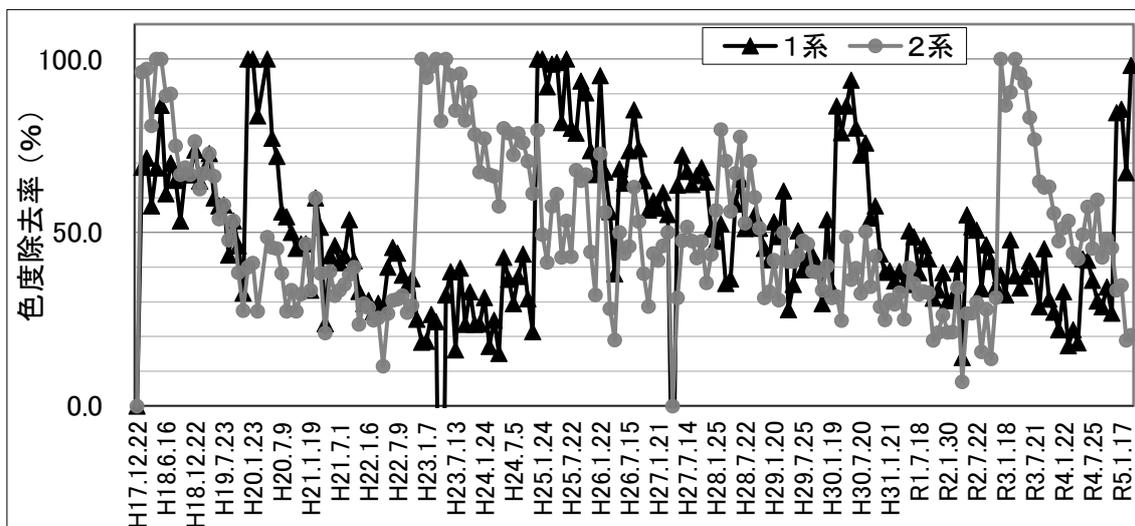


図 3-33 高度浄水処理水の色度除去率の経年変化

色度除去率（(流入水色度－流出水色度) ÷ 流入水色度 × 100）は、5年毎の活性炭再生及び入替の際に性能が回復し、使用していくうちに徐々に性能が低下していく様子を確認することができる。

生物活性炭設備の導入目的である臭気については、5年毎の活性炭再生または入替を行うことでほぼ完全に除去できているが、色度除去率のグラフに表れているとおり5年が経過するころには活性炭の能力が低下している状態であるため、見崎浄水場の生物活性炭処理施設では、臭気の除去能力に影響が出る前に5年毎に活性炭の再生または入替を行っている。

また、活性炭の再生時の損耗割合も考慮した結果、新品の活性炭使用開始から5年を目安に活性炭の再生を行い、次の5年を目安に活性炭の入替を行うことで、生物活性炭処理設備の大幅な性能低下も起こさず、安全でよりおいしい水を供給し続けることができている。

今後も生物活性炭の能力を水質調査によって確認しながら、生物活性炭によるカビ臭の除去能力を十分に確保できるように管理・運用を続けていきたい。

事例6 荒井浄水場高度浄水処理の現状報告

郡山市上下水道局

1) はじめに

郡山市では都市基盤の基幹施設である水道の長期安定供給を図るため、第7次拡張事業の柱として本市東部地区の給水を担う荒井浄水場を建設した。当浄水場は、国が建設した多目的ダム「三春ダム」を水源とし、平成9年度に公称施設能力21,000 m³/日の第1期工事分が完成した。

当浄水場の特徴は、より安全で質の高い水道水を供給するため、東北地方初となるオゾンと活性炭による高度浄水処理を導入していることである。

現在、令和3年度の給水量は約18,484 m³/日で市内全体の17.1%の給水を賄っている。稼働後20年以上が経過し、運転実績と水質データが蓄積されたため報告する。

2) 施設概要

図3-34が荒井浄水場の施設の概要となる。

原水は、三春ダムの取水塔から自然流下により、直径1m延長約4.4kmの導水管を通過して場内の沈砂池へと導水されるが、ダムの水質によっては取水深度の変更や、ダム上流の大滝根川前貯水池からバイパス取水することも可能である。

沈砂池を通過後、PACが注入されるが、その前段に前塩素注入設備があり、沈澱池清掃や殺藻を目的として12%次亜塩素酸ナトリウムが注入される。急速混和池、横流式傾斜板沈澱池という、一般的な凝集処理工程の後に金属の酸化目的に中間塩素を注入している。

急速ろ過池はアンスラサイト（無煙炭）とマンガン砂による二層ろ過で、ろ過処理を行った後にオゾン-粒状活性炭による高度浄水処理を行う。

高度浄水処理ではろ過水にオゾンが注入され、その強い酸化力によってわずかに残った色や臭気物質などを分解し、後段の粒状活性炭吸着池で分解物質を吸着する。活性炭は石炭系で平均粒径1.5~1.7mm、均等計数2.1以下の仕様を採用している。活性炭吸着地は現在4池使用しているが、年に1池の割合で新炭に更新しており、1池あたり連続4年間使用していることとなる。

最後に後塩素を注入するが、高度浄水処理水には塩素を消費する物質がほとんど含まれないため少量の注入量で済み、利用者からはカルキ臭と呼ばれる水道水独自のにおいも感じられず、まろやかで癖がないなどの好評を得ている。

3) 水源

三春ダムは、洪水調節、流量の正常な機能維持、都市用水や灌漑用水の供給を目的とした多目的ダムであり、平成8年10月から試験湛水を開始し、平成9年12月に完了している。流域は阿武隈山地のほぼ中央で、面積は226.6 km²、三春町など1市5町にわたり、計画流域内人口は約3万4千人である。

三春ダムによって貯められた水は「さくら湖」となり、総貯水量4,280万m³、湛水面積2.9 km²を誇る。また、大滝根川はさくら湖への流入河川の中で最も水量が多く、常葉町と大越町にまたがる大滝根山の西斜面に源を発し、船引町において牧野川と合流した後、阿武隈川まで流れる総延長約51kmの1級河川である。

4) 水源・原水水質

当局では取水塔の上層水（水深0.5m）と下層水（標高309.3m）の水質検査を定期的に行っている。表3-14は、強いカビ臭が検出された平成27年度と、その前後2年の三春ダム上層の結果から、一部抜粋したものである。各項目の最大値は、夏季に表れている。

富栄養化の定義には諸説あるが、いずれの場合もリン及び窒素の値は決して低くはなくダム水は富栄養化であるといえ、カビ臭発生時はその傾向は特に顕著である。また、有機物の指標であるTOCの結果も安定はしているが低い値ではない。

臭気においては、基本的には年間を通じて藻臭を感じ、夏季を中心に強くなる。これは、夏季を中心にクロロフィルaの値が高値であることから、プランクトンに起因すると思われる。実際に検鏡すると、ミクロキスチス、フォルミジウム、クリプトモナスを中心に、多くのプランクトンが確認される。なお、この時期には浅層循環装置が稼働しているためか、上層、下層共にカビ臭である、2-MIBとジェオスミンが検出される年もあるが、建設当初の想定よりも濃度が低いのが実情である。

三春ダム取水塔の取水口は上下可変式であり、取水塔に設置している水質自動観測装置によるデータから最良の原水を選択取水することができる。そのため、原水の水質は水源と比較して、比較的穏やかな水質変動である。

表3-14 水源水質経年変化（三春ダム上層）

項目 \ 年度		平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度
ジェオスミン (ng/L)	最大	3	3	2	3	3
	最小	3	2	<1	1	1
	平均(回数)	3(2)	3(3)	<1(3)	2(3)	2(3)
2-MIB (ng/L)	最大	2	2	45	2	2
	最小	<1	2	2	1	<1
	平均(回数)	1(2)	2(3)	17(3)	2(3)	<1(3)
気温 (°C)	最大	28.2	32.5	32.1	29.2	26.2
	最小	-3.9	3.1	-0.7	-0.3	1.9
	平均(回数)	13.0(11)	15.4(12)	13.6(12)	12.2(12)	13.6(12)
水温 (°C)	最大	24.2	25.1	25.7	24.2	23.5
	最小	1.5	0.8	3.2	2.5	1.7
	平均(回数)	13.0(11)	12.9(12)	13.2(12)	12.6(12)	12.0(12)
色度 (度)	最大	35	52	91	20	54
	最小	7	5	6	5	4
	平均(回数)	16(11)	15(12)	16(12)	9(12)	15(12)
濁度 (度)	最大	9.0	19	44	5.8	12
	最小	1.6	1.4	1.2	1.2	0.8
	平均(回数)	4.8(11)	5.0(12)	6.3(12)	2.7(12)	4.0(12)
pH 値 (-)	最大	8.95	8.09	8.55	8.11	9.09
	最小	7.35	7.52	7.36	7.42	7.30
	平均(回数)	7.86(11)	7.71(12)	7.65(12)	7.66(12)	7.83(12)
硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素 (mg/L)	最大	1.39	1.11	1.19	1.20	1.20
	最小	0.654	0.714	0.638	0.742	0.339
	平均(回数)	1.10(11)	0.953(12)	0.978(12)	1.00(12)	0.945(12)
塩化物イオン (mg/L)	最大	10.7	10.0	9.4	10.9	11.2
	最小	6.1	6.1	5.9	6.1	5.5
	平均(回数)	8.5(11)	7.6(12)	7.9(12)	8.6(12)	9.1(12)
有機物(TOC) (mg/L)	最大	2.9	2.7	3.0	2.6	2.5
	最小	1.7	1.7	1.5	1.3	1.3
	平均(回数)	2.2(11)	2.2(12)	2.0(12)	1.8(12)	1.8(12)
一般細菌 (個/mL)	最大	2,400	15,000	1,400	1,400	12,000
	最小	55	46	78	26	10
	平均(回数)	640(11)	1,700(12)	530(12)	350(12)	1,900(12)
大腸菌 (MPN/100mL)	最大	58	24	28	9.8	18
	最小	0	1.0	0	0	0
	平均(回数)	10(11)	10(12)	10(12)	4.1(12)	5.8(12)
鉄及びその化合物 (mg/L)	最大	0.47	0.52	0.49	0.37	0.27
	最小	0.04	0.07	<0.03	0.05	<0.03
	平均(回数)	0.18(11)	0.17(12)	0.10(12)	0.11(12)	0.09(12)
マンガン及びその化合物 (mg/L)	最大	0.191	0.061	0.184	0.179	0.143
	最小	0.001	0.016	0.003	0.017	0.003
	平均(回数)	0.075(11)	0.036(12)	0.059(12)	0.056(12)	0.033(12)
カルシウム、マグネシウム等(硬度) (mg/L)	最大	60.3	51.8	55.8	58.7	55.1
	最小	47.2	43.0	49.2	48.0	41.9
	平均(回数)	53.3(11)	48.4(12)	53.4(12)	53.7(12)	52.3(12)
蒸発残留物 (mg/L)	最大	130	124	122	107	141
	最小	94	84	84	83	93
	平均(回数)	112(11)	100(12)	100(12)	98(12)	115(12)
アンモニア態窒素 (mg/L)	最大	0.11	0.07	0.06	0.13	0.14
	最小	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
	平均(回数)	0.03(11)	<0.02(12)	0.03(12)	0.04(12)	0.05
総アルカリ度 (mg/L)	最大	53.1	48.0	48.2	51.5	53.7
	最小	42.1	34.6	41.7	43.1	38.3
	平均(回数)	46.9(11)	43.8(12)	45.2(12)	47.5(12)	48.5(12)
電気伝導率 (μS/cm)	最大	173	150	154	163	164
	最小	132	124	129	129	121
	平均(回数)	152(11)	140(12)	144(12)	149(12)	153(12)
硫酸イオン (mg/L)	最大	10.9	9.7	10.1	11.8	9.3
	最小	8.2	8.0	8.0	7.8	6.7
	平均(回数)	9.6(11)	8.6(12)	9.1(12)	9.7(12)	8.5(12)
COD (mg/L)	最大	9.7	10.9	18.8	4.6	17.9
	最小	2.7	2.8	2.8	2.4	2.5
	平均(回数)	4.6(11)	4.6(12)	4.8(12)	3.6(12)	5.3(12)
S S (mg/L)	最大	11	14	7	8	39
	最小	2	<1	<1	<1	<1
	平均(回数)	5(11)	4(12)	3(12)	2(12)	6(12)
総窒素 (mg/L)	最大	2.36	2.90	4.16	1.76	3.72
	最小	1.24	1.20	1.11	1.16	0.84
	平均(回数)	1.63(11)	1.56(12)	1.62(12)	1.42(12)	1.58(12)
総リン (mg/L)	最大	0.153	0.202	0.532	0.080	0.332
	最小	0.017	0.023	0.017	0.008	0.016
	平均(回数)	0.060(11)	0.065(12)	0.076(12)	0.025(12)	0.074(12)
クロロフィルa (μg/L)	最大	115	165	498	24.0	347
	最小	2.3	2.8	2.6	2.7	<2.0
	平均(回数)	26.4(11)	28.3(12)	48.6(12)	10.0(12)	43.8(12)

5) 浄水処理

強いカビ臭の発生した平成 27 年度の水質に関する処理状況を表 3-15 に示す。色度・濁度・鉄・マンガンが急速ろ過により十分に除去されるが、有機物等の除去は難しいところがある。実際に平均値で比較すると、急速ろ過により 33% 除去した後、さらに高度浄水処理であるオゾンと活性炭を通過することにより 42% が除去されている。実に 61% の除去が可能である。

臭気については、この時の原水は藻臭を発生し原水では 2-MIB が 4 ng/L 検出された。急速ろ過による処理を行っても 75% 残留したが、高度浄水処理により、完全に除去することが可能であったことから、臭気対策に非常に効果があることが分かった。

表 3-15 荒井浄水場の各浄水処理工程における除去効果

項目	単位	原水	一般処理 (急速ろ過水)	高度処理 (浄水)
一般細菌	平均値	個/mL	690	—
	除去率 1	%	—	100
大腸菌	平均値	MPN/100mL	5.7	—
	除去率 1	%	—	100
鉄及びその化合物	平均値	mg/L	0.07	<0.03
	除去率 1	%	—	100
マンガン及びその化合物	平均値	mg/L	0.011	<0.001
	除去率 1	%	—	100
陰イオン界面活性剤	平均値	mg/L	<0.02	—
有機物 (TOC)	平均値	mg/L	1.8	1.2
	除去率 1	%	—	33
	除去率 2	%	—	—
色度	平均値	度	8	<1
	除去率 1	%	—	100
濁度	平均値	度	2.1	<0.1
	除去率 1	%	—	100
味	定性	—	—	異常なし
pH 値	—	—	7.36	7.31
総アルカリ度	平均値	mg/L	44.4	39.1
臭気	定性	—	異臭感	異常なし
2-MIB	平均値	ng/L	4	3
	除去率 1	%	—	25
ジェオスミン	平均値	ng/L	<1	<1

除去率 1 原水の水質を基準にした場合の除去率

除去率 2 一般処理水の水質を基準にした場合の除去率

6) オゾン処理

当浄水場では、臭気、色度の原因となる有機物の分解を目的としてオゾン施設を導入しているが、その構成はブロワー、空気冷却装置、空気乾燥装置、アフターフィルター、オゾン発生器、冷却水循環ポンプ、空冷チラー、排気ガス処理塔及び排気ファンからなる。



図 3-35 オゾン発生装置

これらの装置により大気圧露点 -50°C の乾いた清浄な空気を生成し、発生器

内において印加電圧 $7,330\text{V}$ 、高周波 560Hz での無声放電を起こし、1 時間に 75Nm^3 空気中に 1.5kg のオゾンを生成する能力を有する。

現在は残留オゾン濃度が 0.15mg/L となるようにオゾン生成量を制御しており、オゾン発生濃度は原水の水質や季節による浄水環境の変化に柔軟に対応する必要があるために、 $2.9\sim 9.9\text{g/m}^3$ と変動に幅がある。

接触層における急速ろ過水との接触時間は約 20 分である。接触は散気により実施し、オゾン接触層での排オゾン濃度は発生濃度同様に変動が大きく、 $0.7\sim 2.6\text{g/m}^3$ であった。生成したオゾンの 75% 程度がオゾン処理に使用することが可能である。オゾン接触槽の散気管は長期間使用すると目詰まりするので、定期的な交換が必要であり、当浄水場で使用している散気管はメーカーより 5 年での交換が推奨されている。

最終的に排気ガス中のオゾンは活性炭により完全に吸着処理され、空気だけを大気に放出している。

使用時の注意点としては、修繕等でオゾン接触槽の水を空にした後の処理水は、オゾンの消費が大きくなる傾向があり、発生オゾン濃度や残留オゾン濃度が安定しないことがある。この症状は時間の経過とともに自然回復するが、その間は紫外線吸光度により残留オゾンの効果を確認したり、簡易残留オゾン濃度測定器で残留オゾン濃度のクロスチェックを実施したりすることにより、安定するまでの期間の安全確保に万全を期している。

7) 活性炭

当浄水場は、マンガン砂による接触ろ過を行っており、前塩素または中間塩素処理が必要となるため、生物活性炭による処理は現時点では不可能である。

使用している活性炭は4池合計 266m³で、活性炭の層厚は 2.4m である。さらに、活性炭の支持用として、ろ過砂が 100mm、支持砂利が 4層で 200mm が充填されている。

洗浄は水逆洗と空気洗浄で、洗浄周期 96 時間である。活性炭接触槽の後段にはろ過池がないため、生物が過剰に繁殖して漏出することがないように、必要に応じて逆洗頻度は変更している。

活性炭は、ヨウ素吸着性能の他、TOC、総トリハロメタン、通水倍率などから総合的に判断しているが、近年ではおおむね 4 年周期となり、計画的に更新している。

図 3-36 が TOC と使用月数に着目した活性炭の劣化を示すグラフであり、0 か月と 47 か月地点で新炭に交換している。活性炭による除去効果は更新直後が最も効果的であり、その後は徐々に除去率が低下し、3 か月を経過したあたりからおおむね定常的な挙動を示す。

もし、活性炭の吸着能力を超過し、吸着しきれなくなり流出をはじめると、著しく除去率が低下する。この現象を破過といい、破過に至るまでの除去率の変動は生物活性炭とは違う挙動を示す。また、物質によって破過までの許容量は異なり、一般的にはトリハロメタン、特にクロロホルムは破過が最も早く、反対にカビ臭を含む臭気は長く吸着されるとされている。

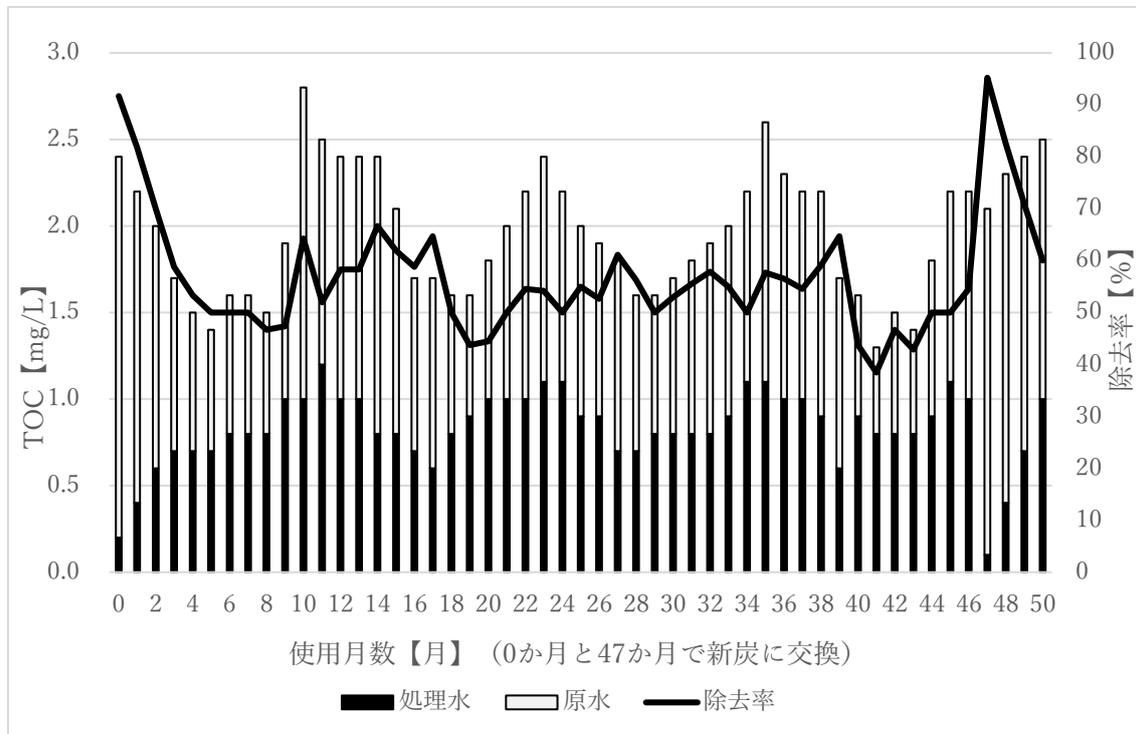


図 3-36 活性炭の使用月数と TOC の関係

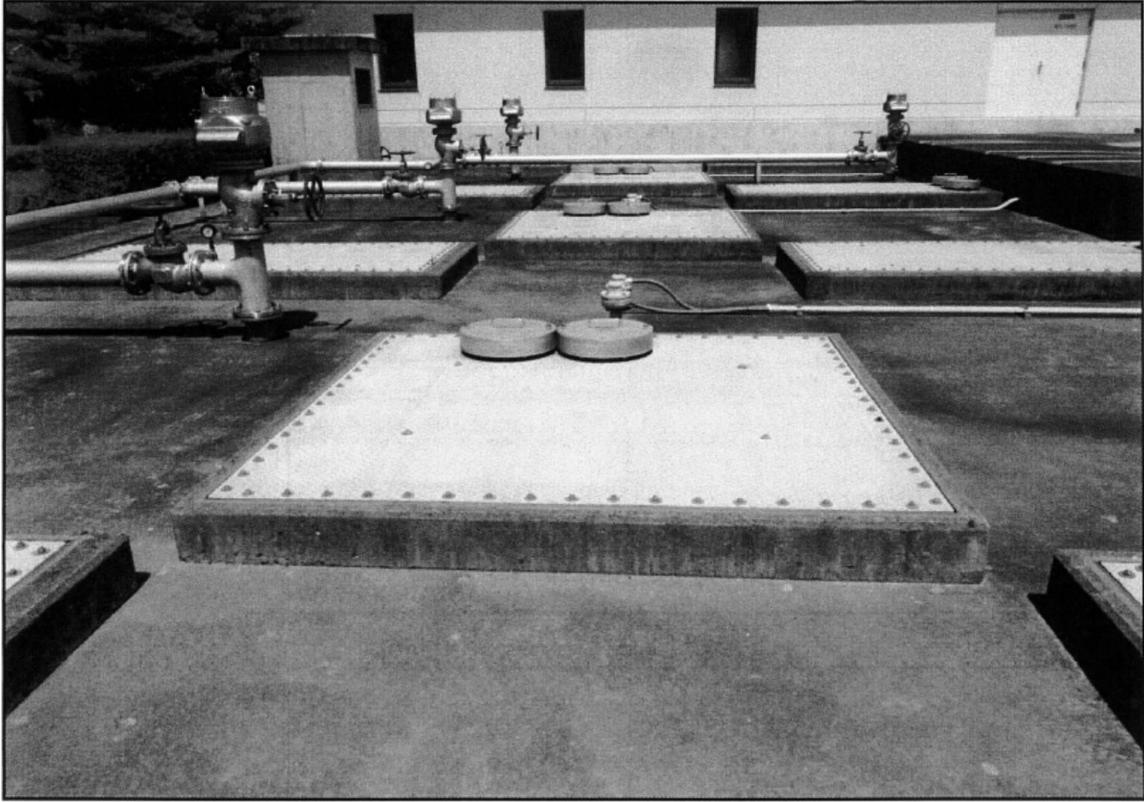


図 3-37 活性炭吸着池の外観



図 3-38 活性炭吸着池の内部

8) 高度浄水処理による影響

当浄水場は、当初想定していたよりも水源に恵まれ、検出される 2-MIB 及びジェオスミンも決して高くはないため、浄水障害まで至ったことはない。しかし、TOC に着目することにより、安定した給水に寄与していることは想像できる。

図 3-39 は原水、急速ろ過処理水、高度浄水処理水及び給水の TOC を比較したものである。

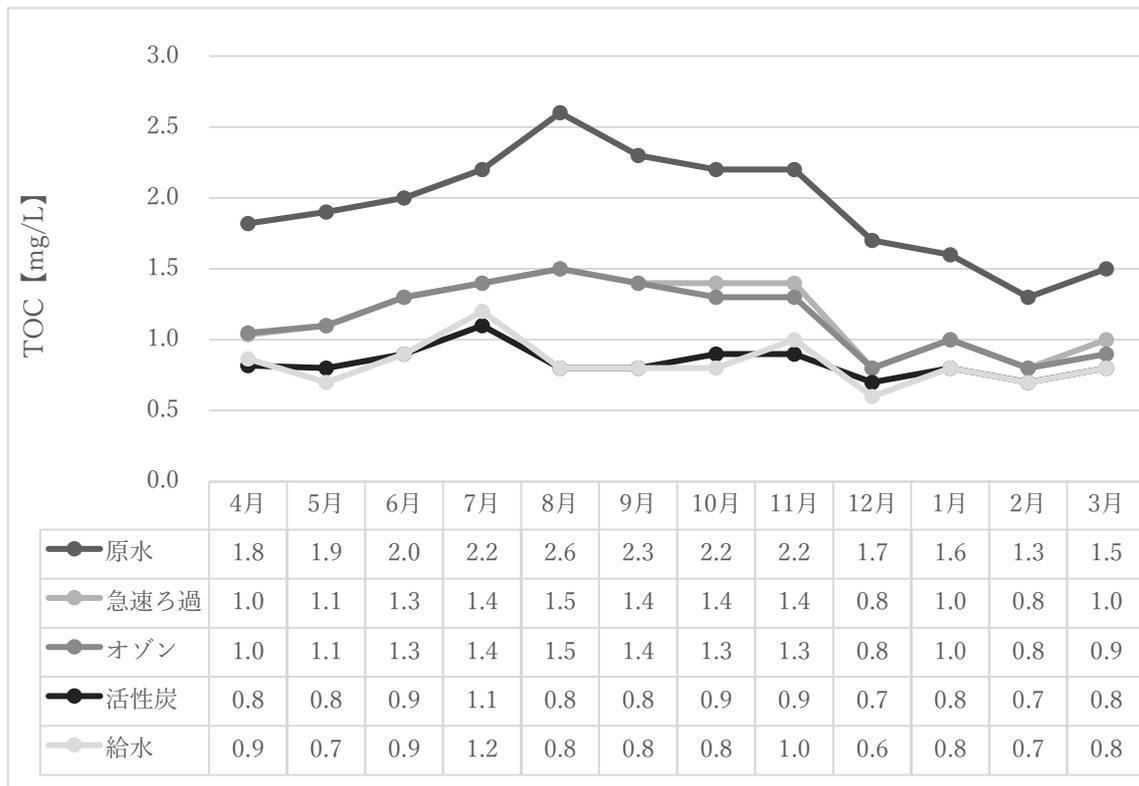


図 3-39 TOC の年間変動

いくらかの例外はあるが、急速ろ過によりおおむね 40%を除去し、後段のオゾン処理ではほとんど変化は見られないが、その後の活性炭吸着により 20%程度除去されている。これは、オゾン処理により有機物を分解し、活性炭により吸着されている挙動を示している。特筆すべきは、原水の TOC が高い夏季に、急速ろ過による処理水では原水に引っ張られるように上昇傾向にあるが、高度浄水処理水以降では年間を通じて TOC の変動が少なく、水質が安定していることである。したがって、高度浄水処理は急速ろ過と比較して、より多くの有機物に効果があり、有機物の一種であるカビ臭対策としての一定の効果は期待することができるといえる。

最後に、オゾン処理によって浄水への悪影響として消毒副生成物、とりわけトリハロメタンの生成が危惧されることが多い。そこで、当浄水場の実際の総トリハロメタン（原水についてはトリハロメタン生成能）の挙動を図 3-40 に示す。

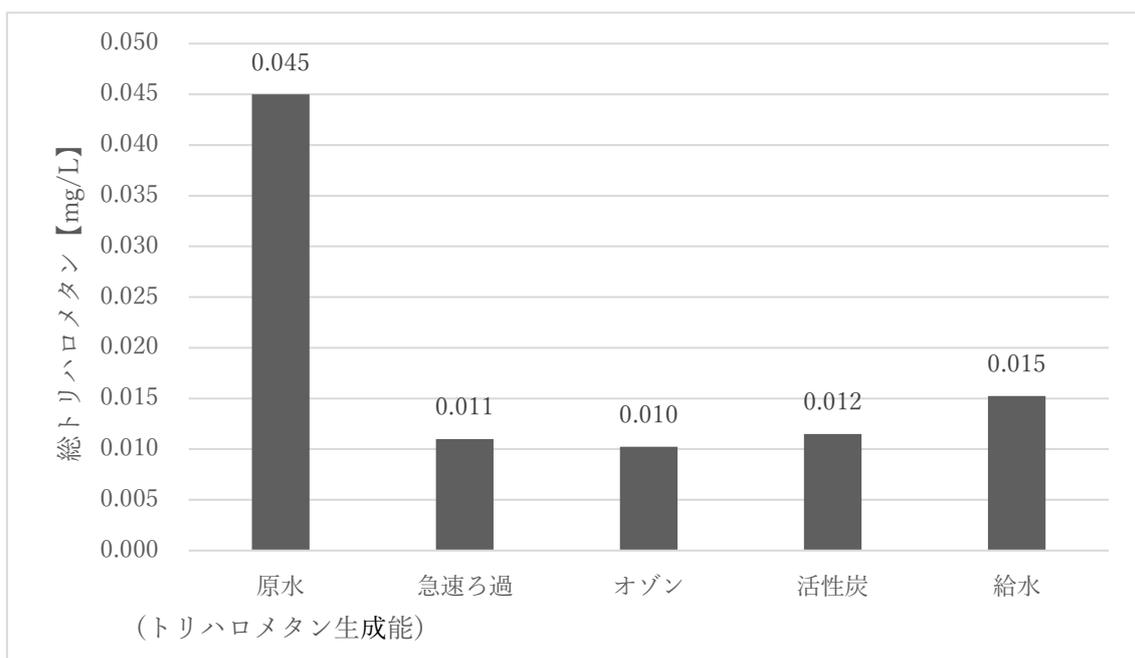


図 3-40 総トリハロメタンの推移

給水では追加で塩素処理を行うためやや上昇しているが、正常な反応である。急速ろ過から高度浄水処理終了までに着目しても、大きな上昇は見られないことから、適切に管理を行うことによりトリハロメタンによる障害は避けることができるものと考えられる。しかし、先述した通りトリハロメタンの破過は最も早く起こるため、定期的な水質検査と活性炭の更新が必要であることに留意しなければならない。

9) おわりに

事例として数は少ないが、浄水工程ごとの実際の 2-MIB とジェオスミンの挙動から、オゾンと活性炭による高度浄水処理はカビ臭対策に一定の効果はあると認められる。TOC 値の挙動によりそれを裏付けることも可能であった。

活性炭による浄水処理は限界があるため、定期的な水質検査と活性炭の更新が重要である。

3. 5 まとめ

この章では、様々な臭気対策について事例も含めて簡単に紹介してきた。

特にカビ臭に対しては活性炭が有効であることもあり活性炭による対策が主流になっている。

活性炭による対策は、大まかに粉末活性炭による対策と粒状活性炭（生物活性炭も含む）による対策に二分される。

さらに粉末活性炭はウェット炭、ドライ炭等に分けられるほか、注入設備も自動フィーダーなども備えた常設設備によるものや市販のタンクなどを使った仮設装置によるものなど設備の大きさ・複雑さにも様々な違いがある。

アンケート結果から、どのような状況にある施設がどのような活性炭設備を選択しているかについては、カビ臭の発生状況や施設の規模等によって違っているようであった。

一般的にカビ臭の発生が一時的な場合や年間の限られた時期のみである場合は活性炭処理の開始・終了が容易な粉末活性炭による対策が取られることが多く、年間を通して対策したい場合は粒状活性炭（生物活性炭も含む）による対策のほうが有利になる場合がある。また、既存の施設に一時的に設備を追加したい場合は仮設の粉末活性炭注入設備によって対策する場合もあるが、仮設設備では多くの場合スラリー液の作成等を人力で行う必要があるため労働力の確保についても考えておく必要がある。

また、今回の報告では触れなかったが高機能活性炭と通常活性炭を混合注入し、より少ない活性炭注入量で2-MIB 除去率を高めた研究も報告されている。

このように、一口に活性炭処理といっても様々な方法があり、それぞれに良い点、悪い点などがある上に、カビ臭発生状況や施設の規模等によってもどういった方法が有利になるのか違いが出てくるため、状況に応じてどのような対策が最善であるのかを見極める必要がある。

この章で紹介した一般的な設備概要や実際に使用している施設での事例のほか、第5章のアンケート集計結果では活性炭処理をしている施設の状況についてまとめられているので、そちらも含めて臭気対策を行う上で参考にしてほしい。

第4章 今後の課題

4.1 各事業体のカビ臭対策や予防策

各事業体で実施しているカビ臭対策や予防策としては、「既設の活性炭設備に加え、仮設の活性炭注入設備を増設する」、「水質検査の頻度増加」、「沈澱池の清掃」、「粉末活性炭では効果が薄く、生物活性炭ろ過機を導入」、「貯水池で藻類が大量発生した場合、貯水池に硫酸銅を散布」、「用水供給事業者から受水のため、供給事業者に対応を要請など」が挙げられていたが、主に活性炭処理による対策や水質検査による監視強化がされていた。

4.2 各事業体のカビ臭対策の問題点

カビ臭対策として約90%の事業体で活性炭設備の設置または仮設設置がされていた。

活性炭設備の設置及び増設に係る問題点は、設置場所の確保、設置費用、維持管理費用などであった。また、カビ臭の発生が数年に1回で費用対効果の面から導入できていないという事業体もあった。

粉末活性炭の資材管理の問題点には、購入時の手続き事務時間の増加、在庫の管理などがあった。また、活性炭注入時の浄水処理の問題点には、追加で設置した施設のため接触時間が短いことや、既設活性炭設備の注入量不足の懸念、注入量増加時のろ過池からのリークなどがあった。

これらのほかには、活性炭購入費及び活性炭溶解作業時間の増加や、活性炭注入の前工程に貯水池等で前々次亜注入や硫酸銅散布を実施している事業体では次亜、硫酸銅の使用量が増加することから、薬品費用の増加が見込まれることも問題となっている。

カビ臭物質を監視するための水質検査項目として主に臭気強度、2-MIB、ジェオスミン、顕微鏡による生物検査などを実施している事業体が多かった。検査頻度は月1回～週1回程度であったが、発生時期や原因物質の濃度上昇時に検査頻度を増加させる事業体が多かった。また、臭気強度や検鏡による生物検査に異常があれば2-MIB、ジェオスミンの分析回数を増加させる事業体もあった。カビ臭物質の監視時期の問題点としては、開始時期が過去からの経験則になっていることなどが挙げられていた。

水質検査の頻度増加の問題点には、試薬費用や検査作業の増加などがあり、分析機器がないあるいは自己検査をしていない場合は、機器購入費用や分析担当者が必要となるか、追加の分析依頼をしなければならず、原因物質の濃度上昇時にすばやく対応できるか懸念されることや、追加分析の費用増加が問題となっていた。

生物検査についてはフォルミジウムやアナベナが主な対象とされていたが、顕

微鏡観察は経験的な部分が大きく、生物の同定が困難であることが多いことから、検査担当者の技術的な継承も問題となっている。

このほか、近年では藻類が原因でないと考えられる 2-MIB の上昇が見られることや、カビ臭対策はしているが発生事例がないため、対応可能か検証できていないなどの問題も挙げられていた。

4. 3 まとめ

カビ臭物質に対してこれまでも活性炭注入や原因物質の監視強化など様々な対策、予防策をとっているが、イニシャル・ランニングコストの増加、設備を導入する上での物理的・能力的な困難さ、溶解作業や検査に係る労力の増加などが課題として挙げられることから、個々の事業体に適した対策を検討する必要があると考えられる。

第5章 アンケート調査

本委員会では、研究テーマである「水道水の臭気対策について」の現状把握と対策状況等を調査し研究に役立てるとともに、情報を集約することで各事業体における今後の臭気対策の参考とすることを目的にアンケート調査を実施した。

なお、新型コロナウイルス感染症にともない委員会を延長したことにより、データを最新にするため2回アンケート調査を実施した。

5. 1 アンケート調査概要

- 1) 調査対象：東北地方支部正会員事業体
- 2) 調査対象期間：平成27年度～令和元年度（令和元年度調査）
平成27年度～令和4年度（令和4年度調査）
- 3) 調査対象数：166事業体、166事業所、77施設
- 4) 有効回答数：150事業体、150事業所、75施設
（2回の調査のうち1回以上回答があった数）
- 5) 回答率：90.3%（事業体及び事業所）、97.4%（施設）

5. 2 アンケート調査結果

調査結果をまとめた資料を次ページ以降に掲載する。

調査結果は令和元年度調査と令和4年度調査の結果を統合し集計しており、調査項目により回答を意識したデータや誤入力と推測されるデータを修正したデータを使用している。

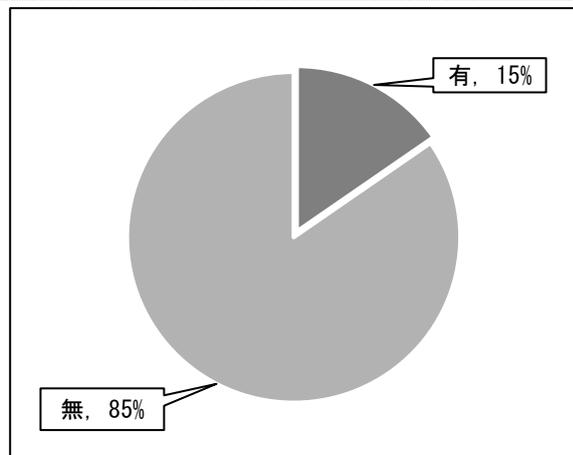
なお、調査項目で質問内容や回答が重複する項目があったため、集計時に整理している。そのため、実際に回答いただいた内容と差異がある場合があるが、ご了承ください。

1 事業体におけるカビ臭の発生及び対策状況について

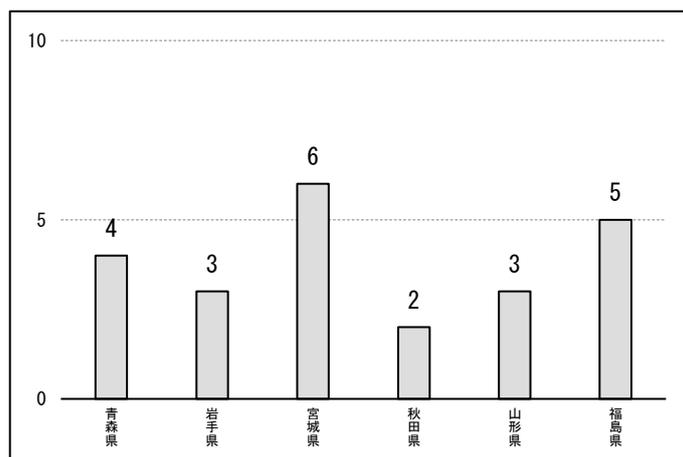
①平成27年度以降のカビ臭発生事例の有無

有	23
無	127

※カビ臭発生事例の有無については、回答事業体の判断による。

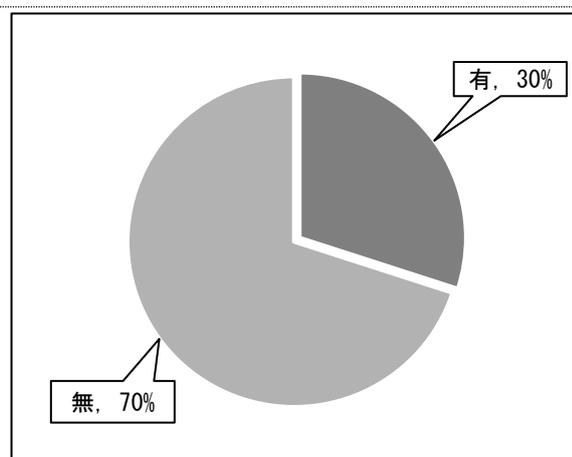


②カビ臭の発生した事業体数(県別)



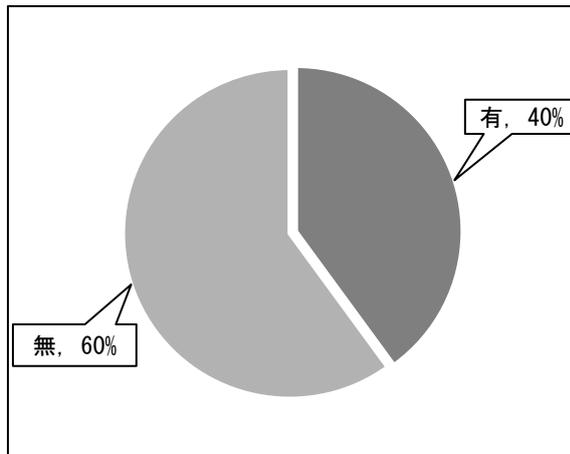
③カビ臭への対策

有	45
無	105



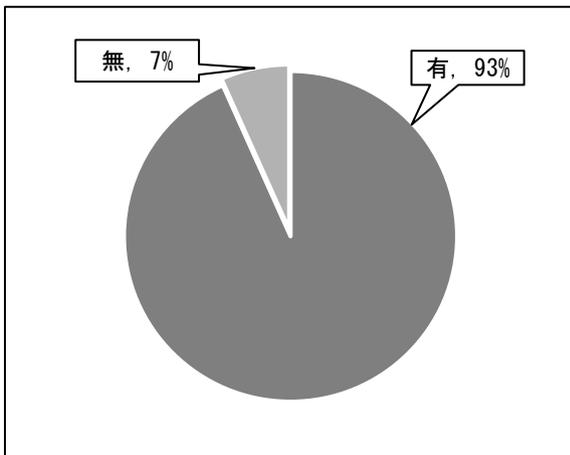
④カビ臭が発生又は対策済施設における平成27年度以降のカビ臭発生状況

有	30
無	45



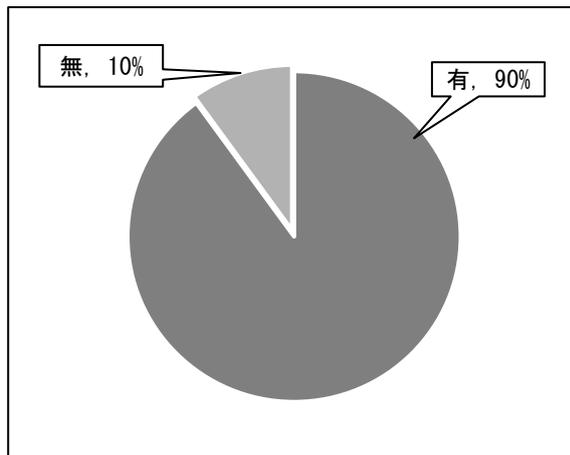
⑤カビ臭が発生した又は対策済施設における対策状況

有	70
無	5



⑥カビ臭が発生した施設での対策状況

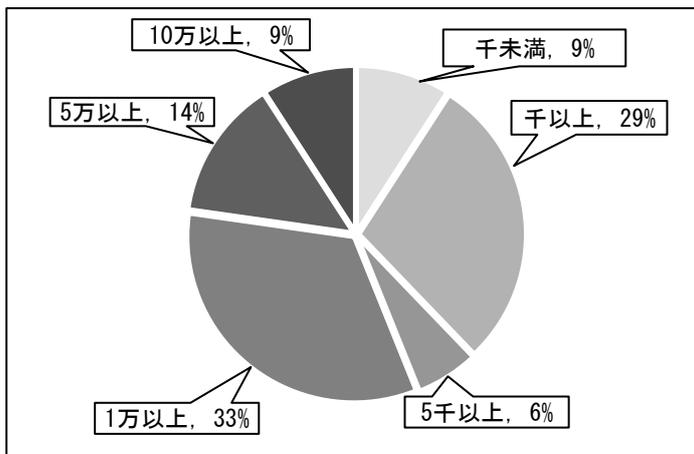
有	27
無	3



2 カビ臭が発生した又は対策済施設の概要

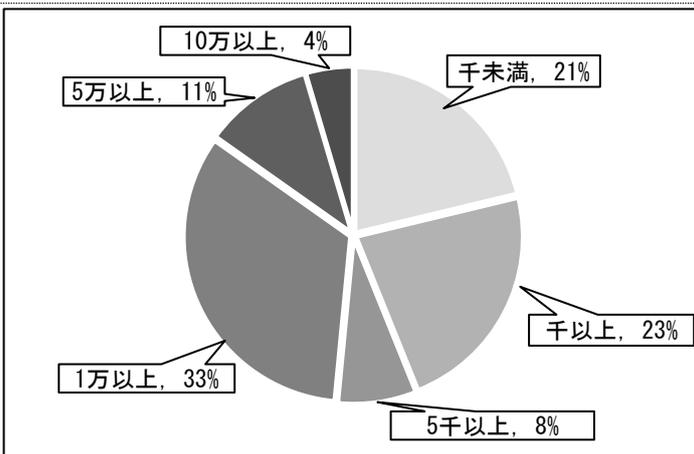
①施設能力（単位：m³/日）

10万以上	6
5万以上	9
1万以上	22
5千以上	4
千以上	19
千未満	6



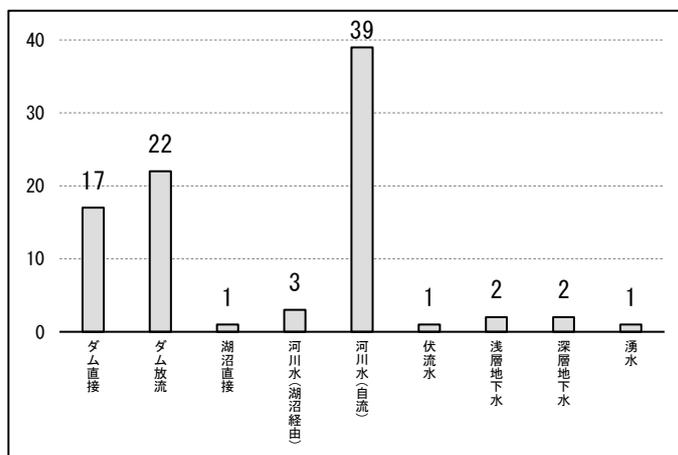
②令和3年度の日平均浄水量（単位：m³/日）

10万以上	3
5万以上	7
1万以上	22
5千以上	5
千以上	15
千未満	14

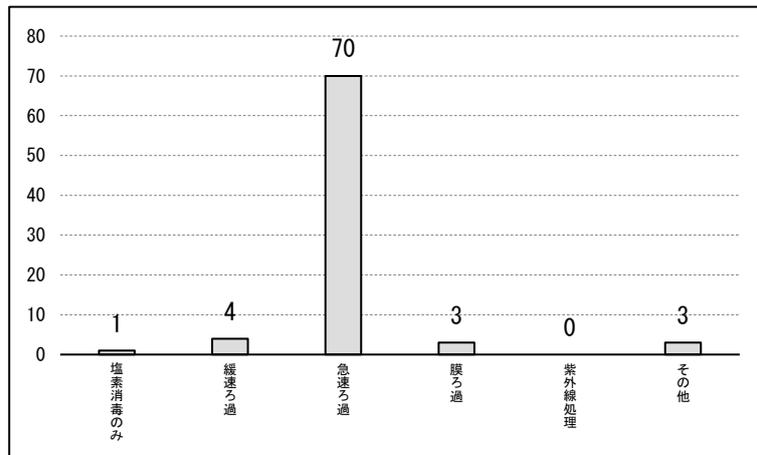


③水源種別

※一施設で複数の水源を有する場合、全てを計上しているため、カビ臭が発生していない水源もある。

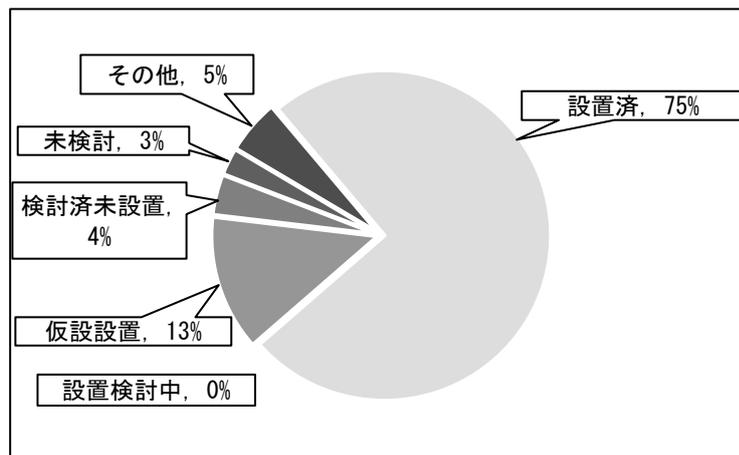


④浄水処理方式



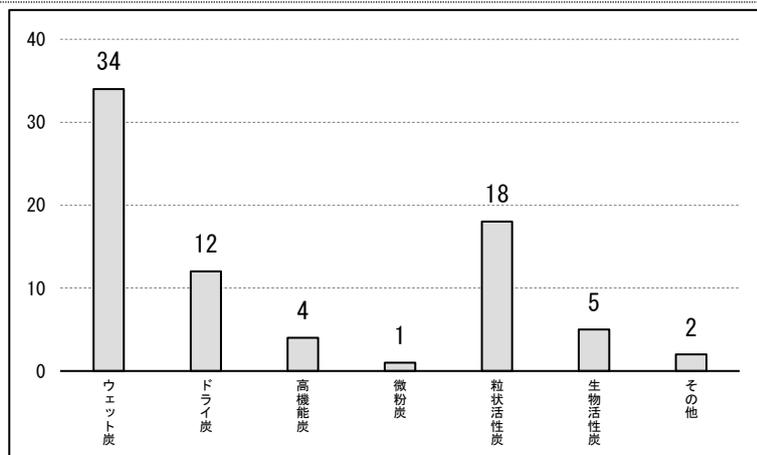
⑤カビ臭対策設備の設置状況

設置済	56
設置検討中	0
仮設で設置	10
検討したが未設置	3
検討していない	2
その他	4



⑥設置している設備

※一施設で複数の設備を有している場合、全てを計上している。



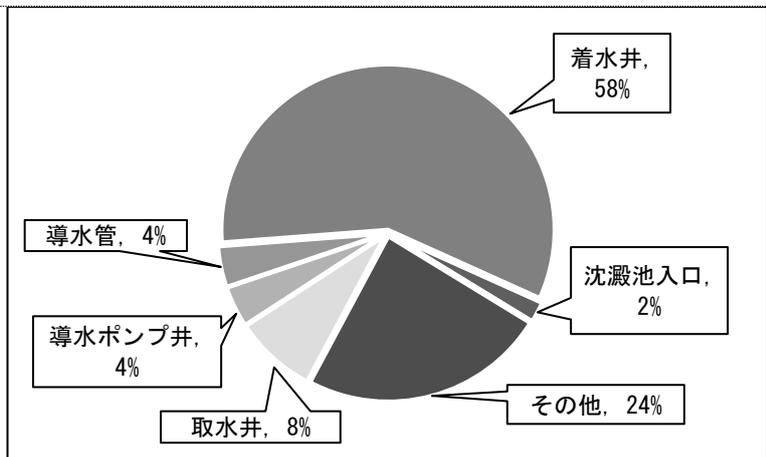
⑦活性炭設備以外の臭気対策

<input type="checkbox"/> 6～9月までダムの湖水循環装置の稼働
<input type="checkbox"/> 前々次亜の注入
<input type="checkbox"/> 前次亜の停止
<input type="checkbox"/> 貯水池にエアレーション設備を設置
<input type="checkbox"/> 貯水池に硫酸銅散布設備を設置
<input type="checkbox"/> オゾン処理
<input type="checkbox"/> マイクロストレーナーによるアオコの除去
<input type="checkbox"/> 遮光ネットの設置

⑧粉末活性炭注入箇所

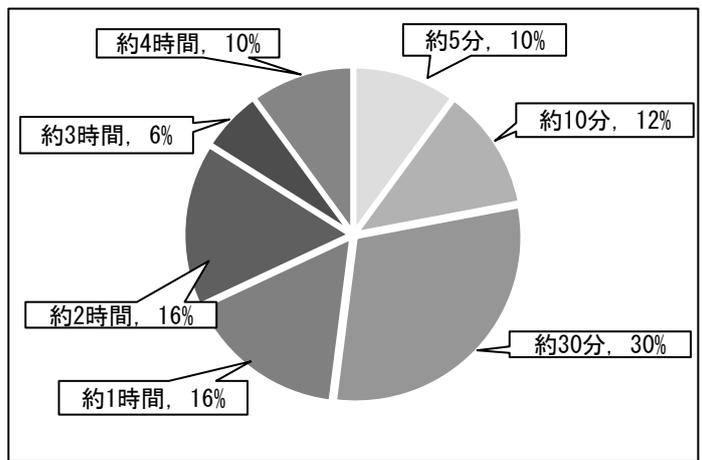
取水井	4
導水ポンプ井	2
導水管	2
着水井	29
沈澱池入口	1
その他	12

※その他の回答の多くは薬品混和池など、いずれも沈澱池より前の位置



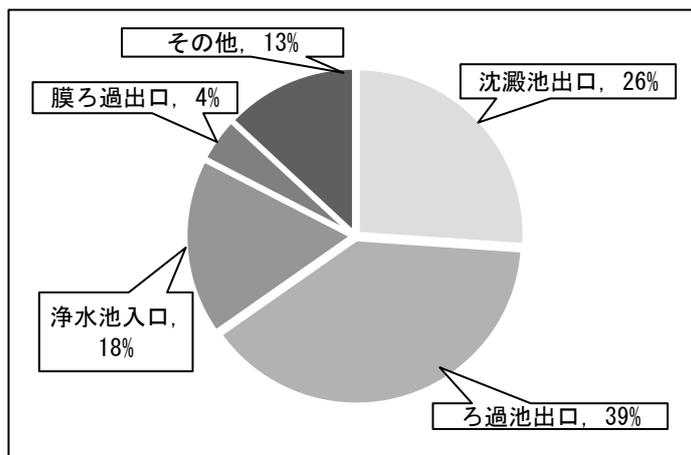
⑨粉末活性炭接触時間

約5分	5
約10分	6
約30分	15
約1時間	8
約2時間	8
約3時間	3
約4時間	5



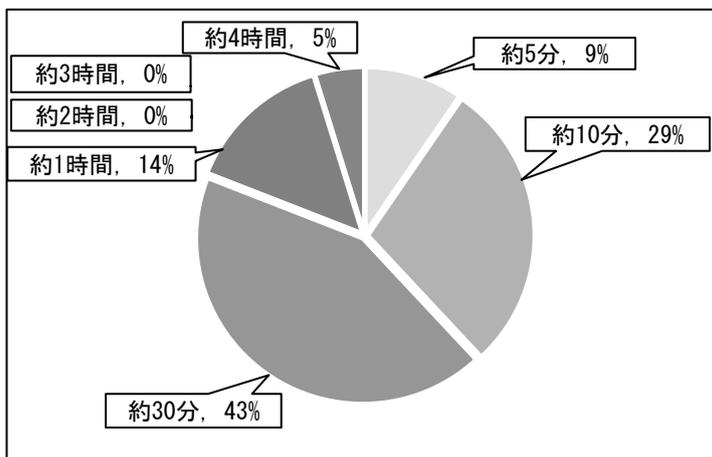
⑩粒状活性炭接触箇所

沈澱池出口	6
ろ過池出口	9
膜ろ過出口	1
浄水池入口	4
その他	3



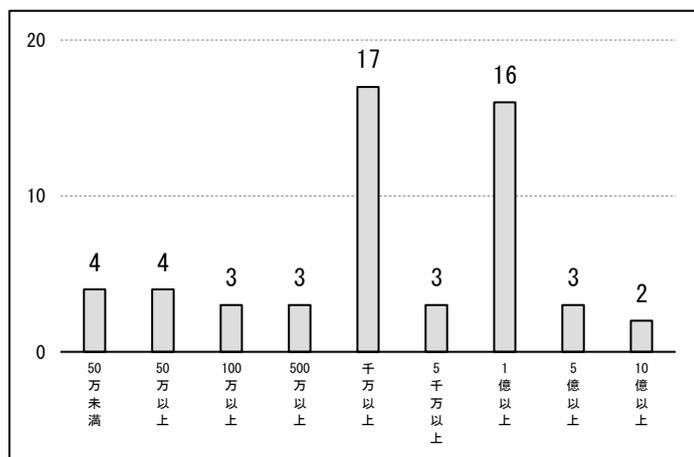
⑪粒状活性炭接触時間

約 5 分	2
約 10 分	6
約 30 分	9
約 1 時間	3
約 2 時間	0
約 3 時間	0
約 4 時間	1

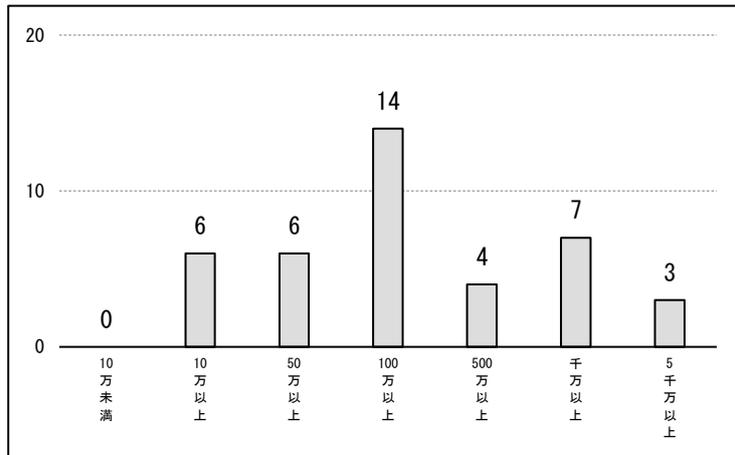


⑫臭気対策設備設置費用(単位：円)

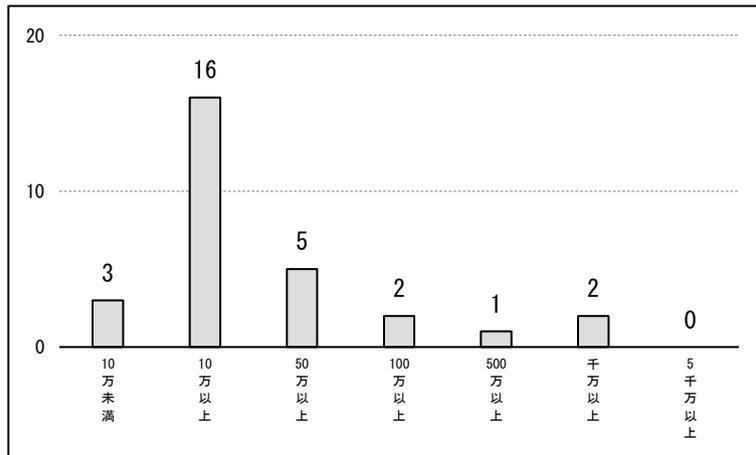
※仮設で設置している設備の設置費用も含む



⑬臭気対策設備年間薬品費(単位：円)

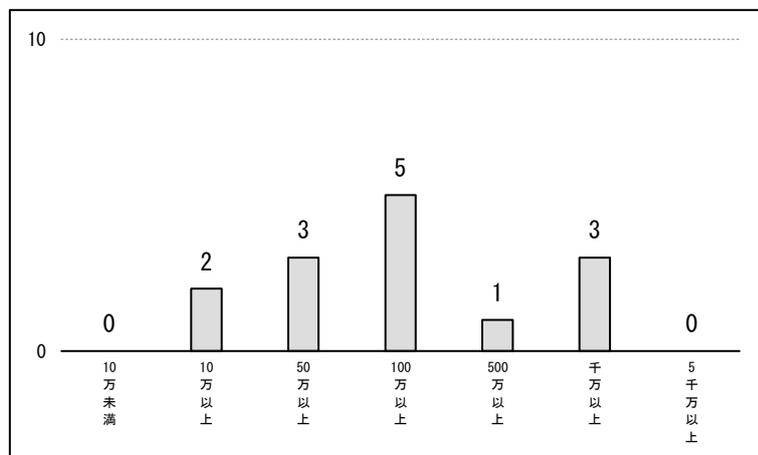


⑭臭気対策設備年間動力費(単位：円)



⑮臭気対策設備年間維持管理費用(単位：円)

※修繕費や委託費等
も含む



⑩活性炭以外の臭気対策

○ダム取水位置(水深)の変更

○水運用により取水量を減らす

○臭気の発生していない水系の水量を増やす

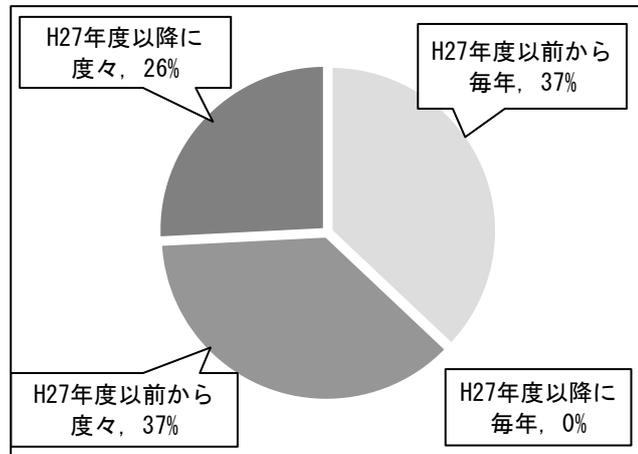
○ダム取水と河川取水併用から、一時的に河川取水のみに変更

○貯水池周辺を水源涵養林として整備

3 カビ臭の発生状況

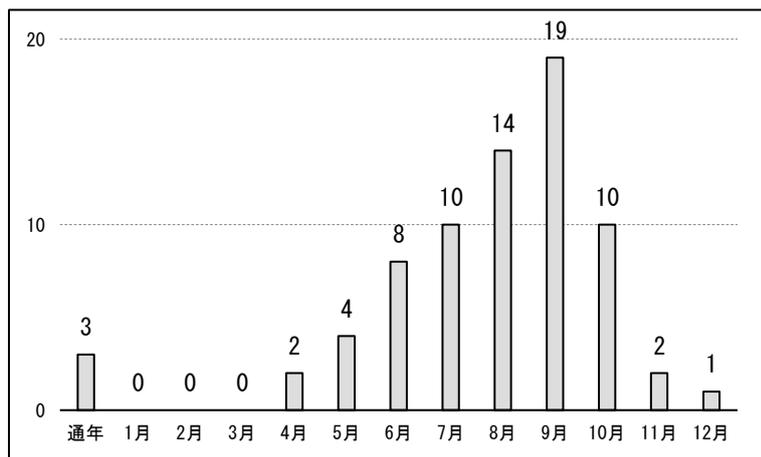
①発生頻度

H 2 7 以前から毎年	1 1
H 2 7 以前から度々	1 1
H 2 7 以降度々	8
H 2 7 以降毎年	0

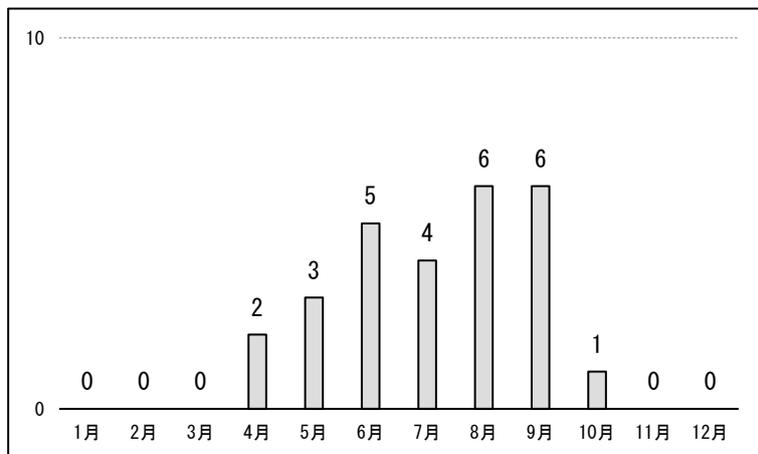


②発生している時期

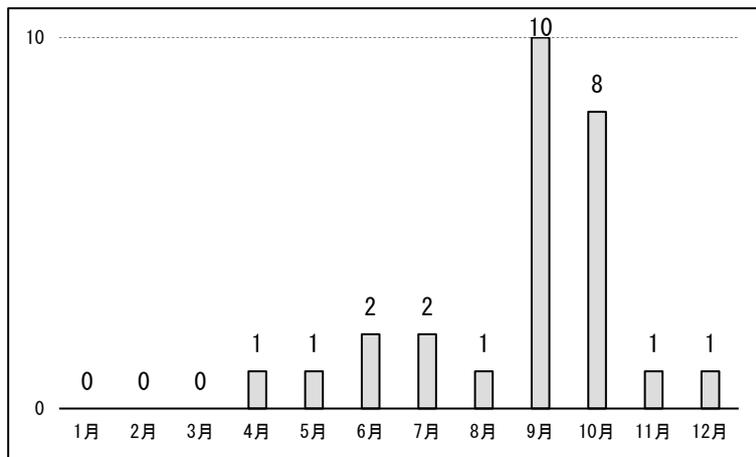
※数日で収束しても一月として計上している。



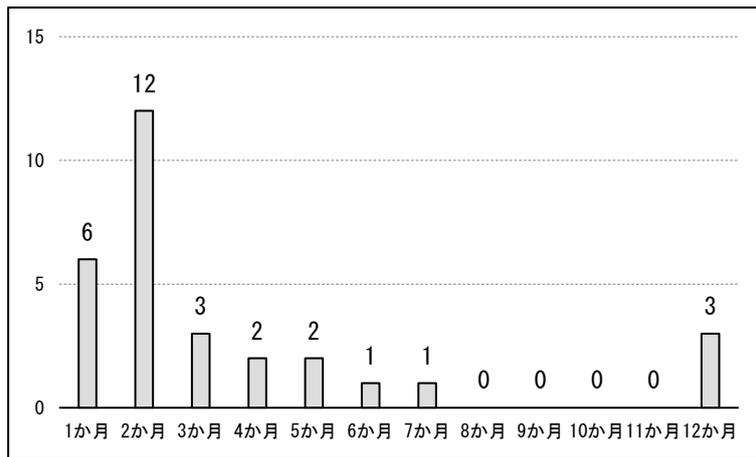
③発生の始期



④発生 の 収束期

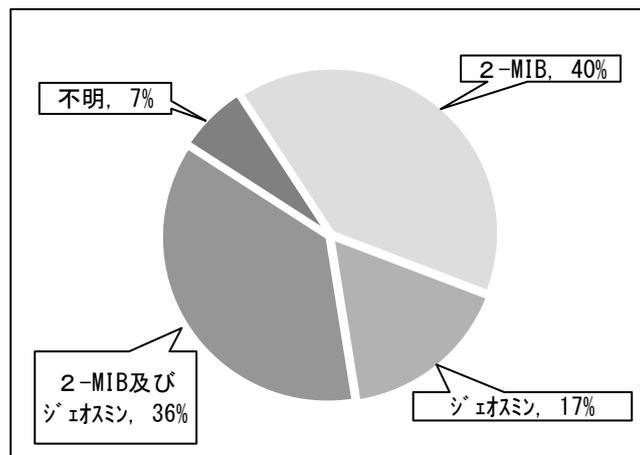


⑤発生している期間



⑥カビ臭の原因物質

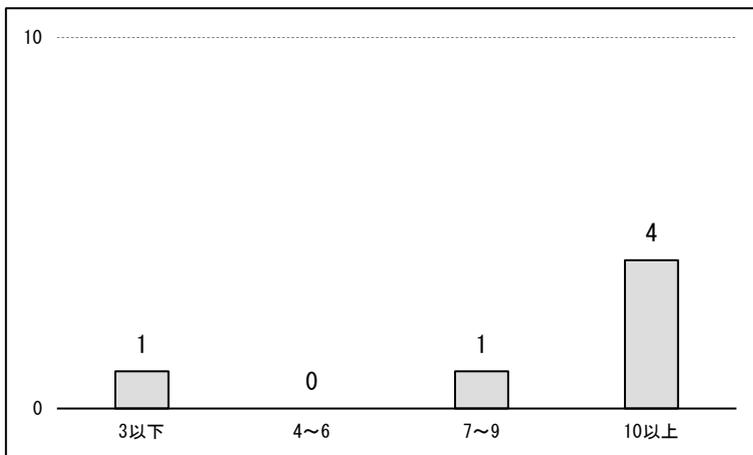
2-MIB	12
ジェオスミン	5
2-MIB 及び ジェオスミン	11
不明	2



4 水質状況及びカビ臭の原因等

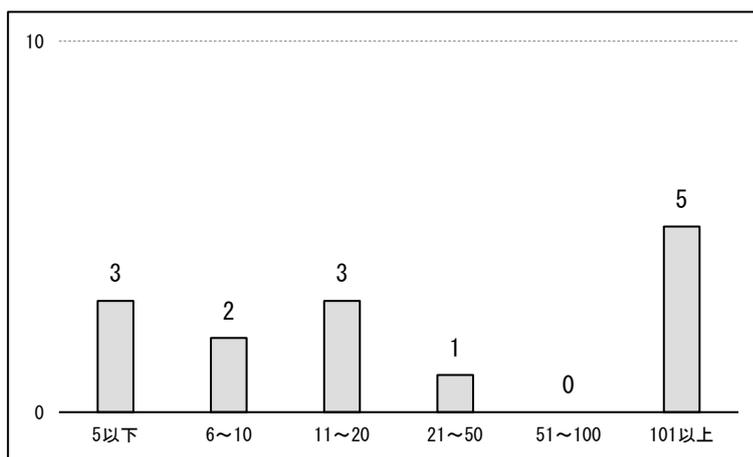
① 水源臭気強度(TON)【水質管理目標値：3以下】

※浄水では無いため
数値は参考値



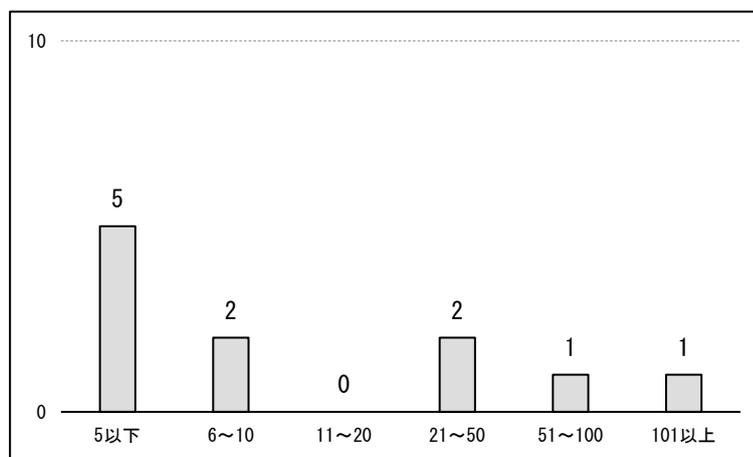
② 水源2-MIB(単位：ng/L)【水質基準値：10ng/L以下】

※浄水では無いため
数値は参考値



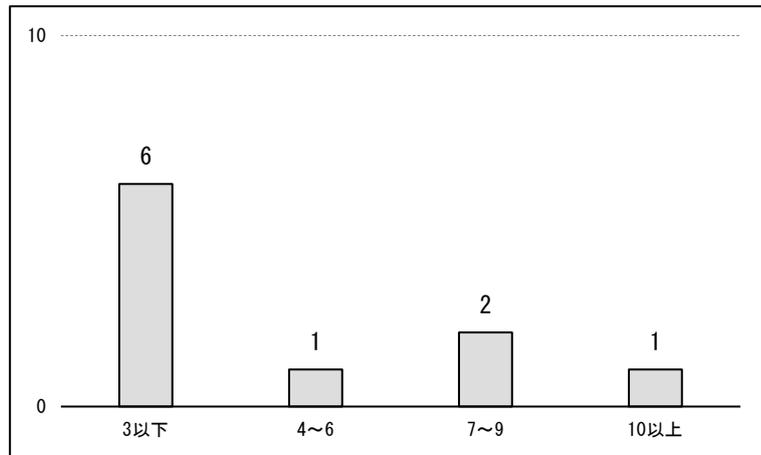
③ 水源ジェオスミン(単位：ng/L)【水質基準値：10ng/L以下】

※浄水では無いため
数値は参考値



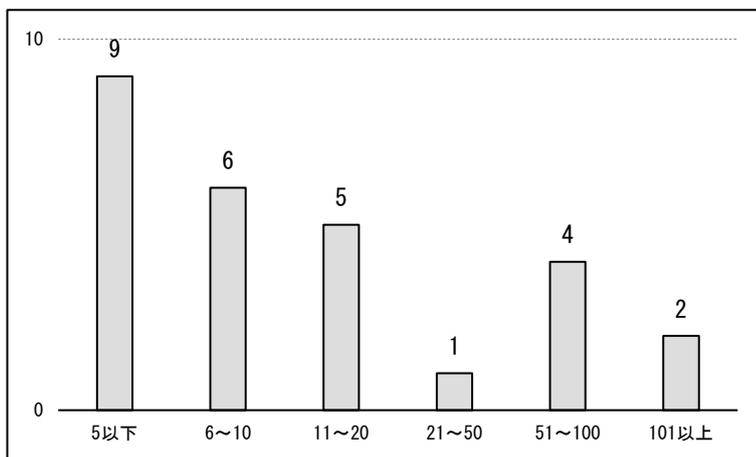
④ 原水臭気強度(TON)【水質管理目標値：3以下】

※浄水では無いため
数値は参考値



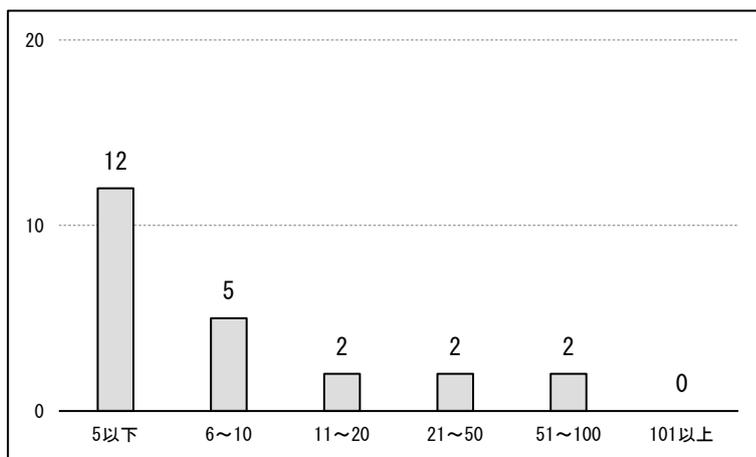
⑤ 原水2-MIB(単位：ng/L)【水質基準値：10ng/L以下】

※浄水では無いため
数値は参考値

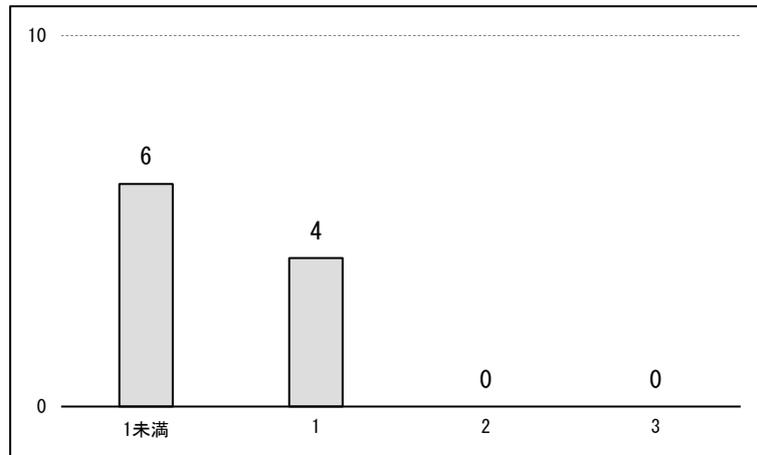


⑥ 原水ジェオスミン(単位：ng/L)【水質基準値：10ng/L以下】

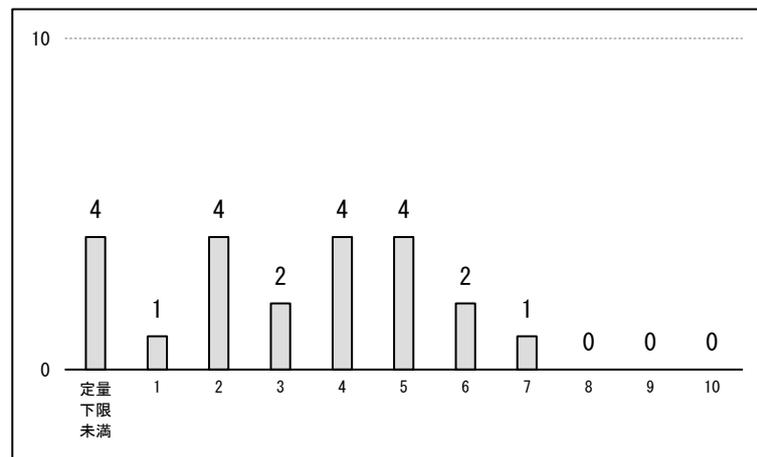
※浄水では無いため
数値は参考値



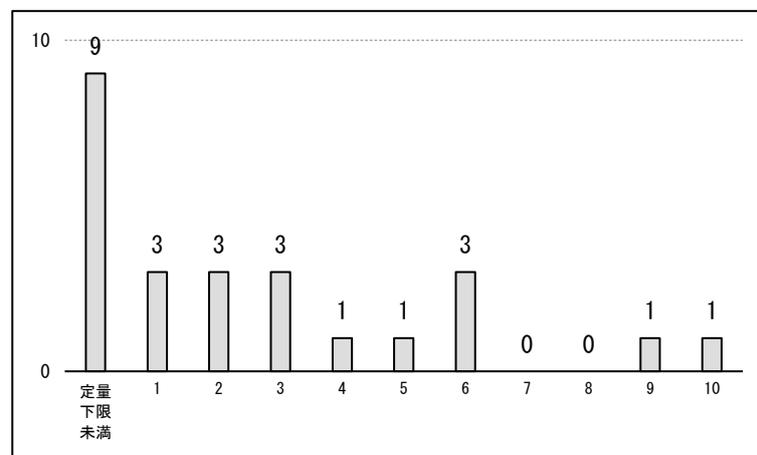
⑦浄水臭気強度(TON)【水質管理目標値：3以下】



⑧浄水2-MIB(単位：ng/L)【水質基準値：10ng/L以下】

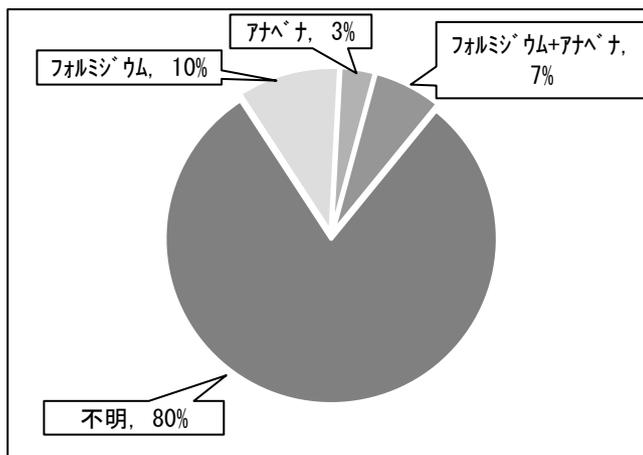


⑨浄水ジェオスミン(単位：ng/L)【水質基準値：10ng/L以下】



⑩原因生物

フォルミジウム	3
アナベナ	1
フォルミジウム及び アナベナ	2
不明	24



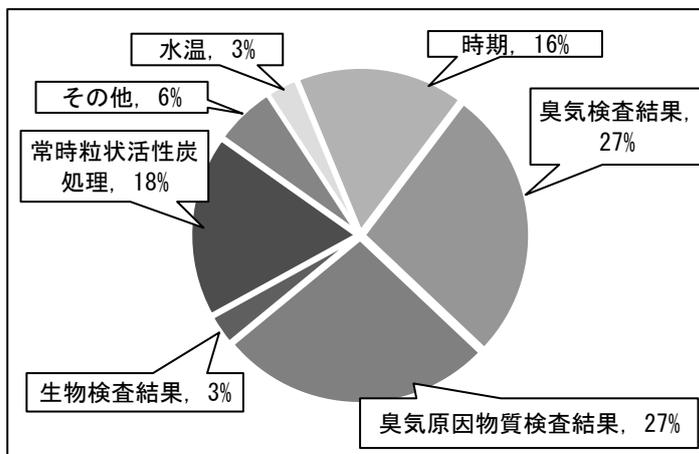
⑪原因として推定される要因

- | |
|--|
| <input type="checkbox"/> 豪雨に伴う増水時の原水濁度上昇 |
| <input type="checkbox"/> 河川増水時に臭気発生物質が河床から舞い上がった |
| <input type="checkbox"/> ダム底部の水が河川に放流された |
| <input type="checkbox"/> ダム流入量の減少 |
| <input type="checkbox"/> ダム水位・貯水量の低下 |
| <input type="checkbox"/> ダム滞留時間が延びた |
| <input type="checkbox"/> 対象期間中に降雨が少なかった |
| <input type="checkbox"/> 河川の水位低下、水温上昇 |
| <input type="checkbox"/> 発生時期 |
| <input type="checkbox"/> 夏期の藻類増加 |
| <input type="checkbox"/> 高水温 |
| <input type="checkbox"/> 晴れて気温が高い日が続いた後、大雨でダムから放流された |
| <input type="checkbox"/> ダムで藻類が発生しやすい水質状況 |
| <input type="checkbox"/> ダムの溶存酸素量の変化 |

5 カビ臭への対策

①対策開始の基準

水温	2
時期	11
臭気検査結果	18
臭気原因物質 検査結果	18
生物検査結果	2
常時粒状活性炭 処理で基準無し	12
その他	4

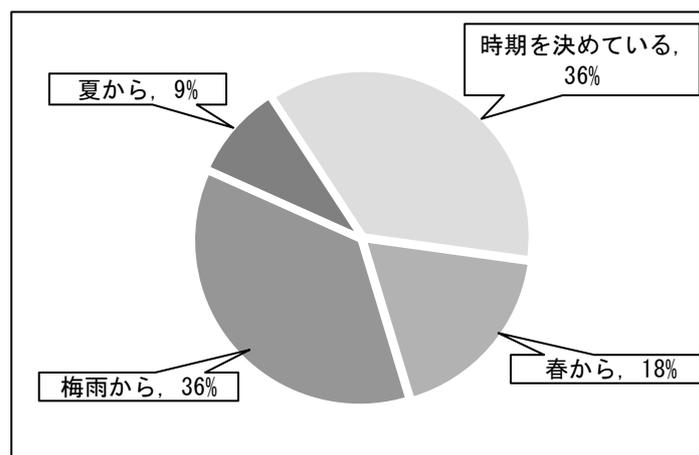


②対策開始基準のうち、時期の内訳

時期を決めている	4
春から	2
梅雨から	4
夏から	1

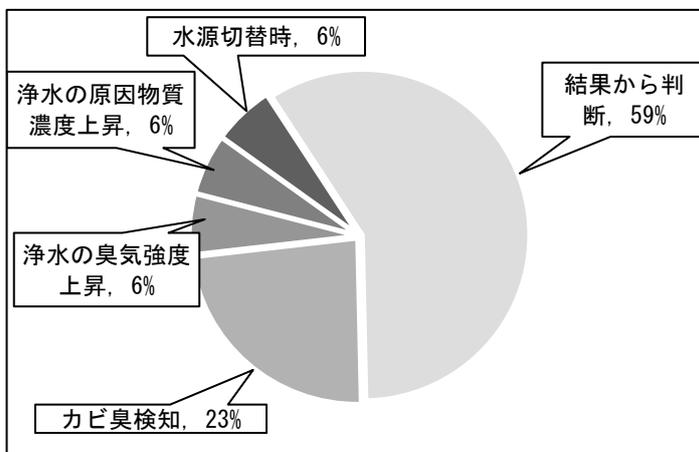
※時期を決めているとの回答は明確な時期の記載無し

※端数の関係で合計が100%にならない



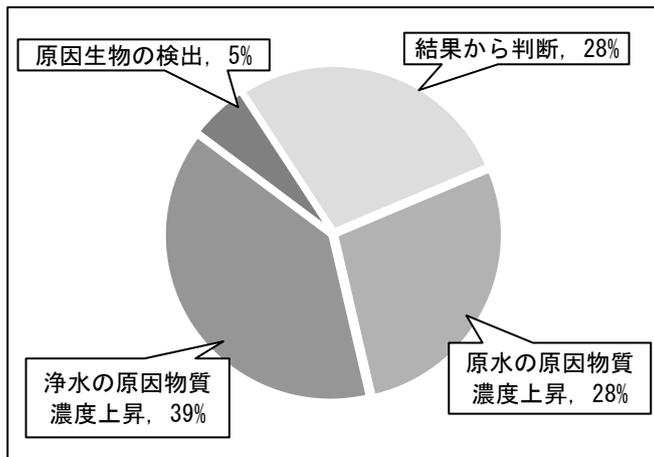
③対策開始基準のうち、臭気検査結果の内訳

結果から判断	10
カビ臭検知	4
浄水の臭気強度 上昇	1
浄水の原因物質 濃度上昇	1
水源切替時	1



④対策開始基準のうち、原因物質検査結果の内訳

結果から判断	5
原水の原因物質濃度上昇	5
浄水の原因物質濃度上昇	7
原因生物の検出	1

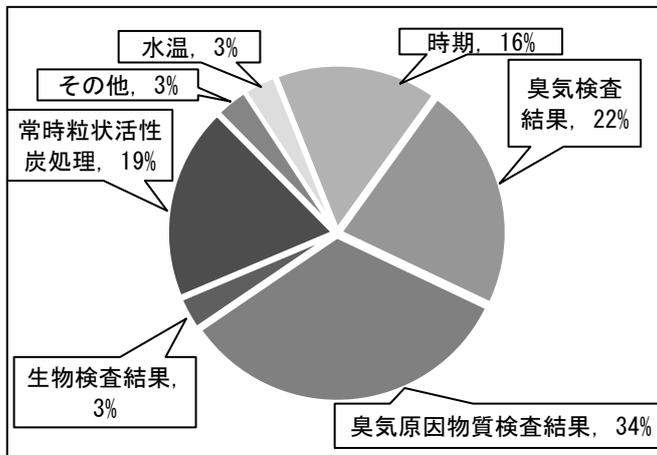


⑤対策開始基準のうち、その他の自由記載の内容

- 原水濁度上昇時
- 利用者から苦情を受けた時

⑥対策終了の基準

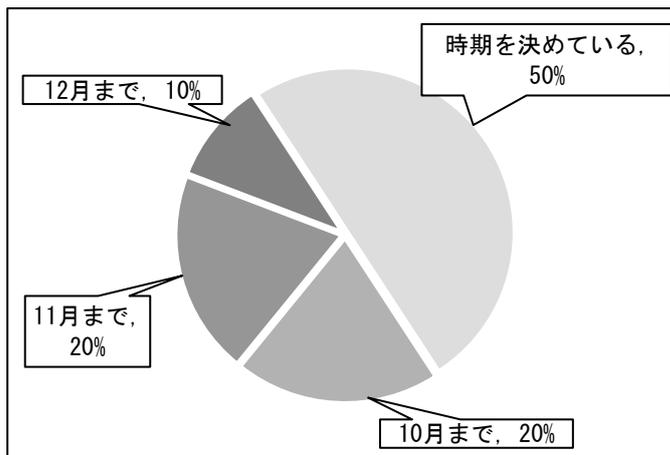
水温	2
時期	10
臭気検査結果	14
臭気原因物質検査結果	21
生物検査結果	2
常時粒状活性炭処理で基準無し	12
その他	2



⑦対策終了基準のうち、時期の内訳

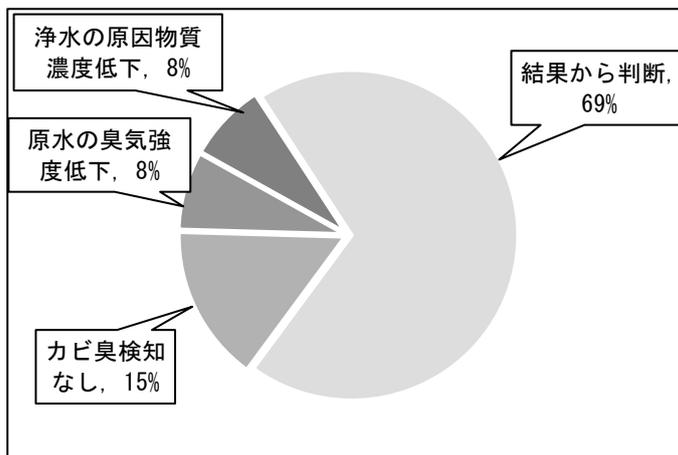
時期を決めている	5
10月まで	2
11月まで	2
12月まで	1

※時期を決めているとの回答は明確な時期の記載無し



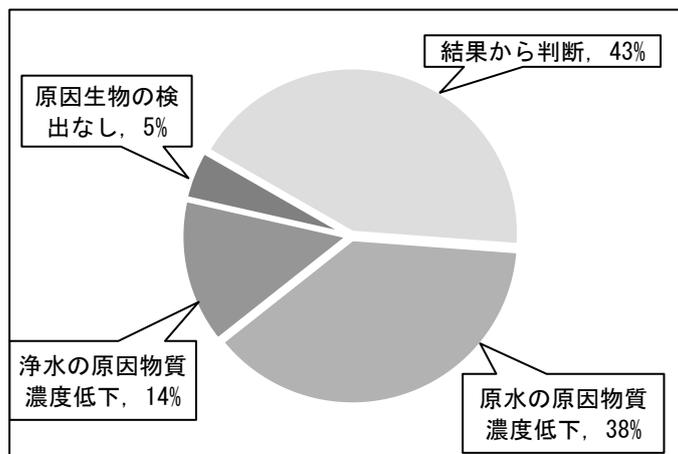
⑧対策開始基準のうち、臭気検査結果の内訳

結果から判断	9
カビ臭検知なし	2
浄水の臭気強度低下	1
浄水の原因物質濃度上昇	1



⑨対策開始基準のうち、原因物質検査結果の内訳

結果から判断	9
原水の原因物質濃度低下	8
浄水の原因物質濃度低下	3
原因生物の検出なし	1

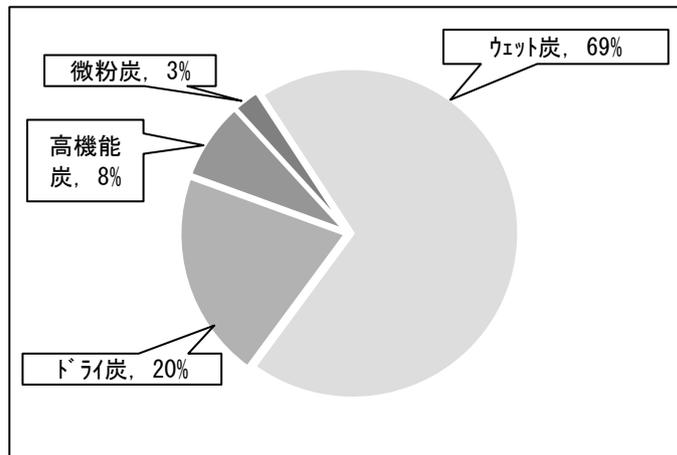


⑩対策開始基準のうち、その他の自由記載の内容

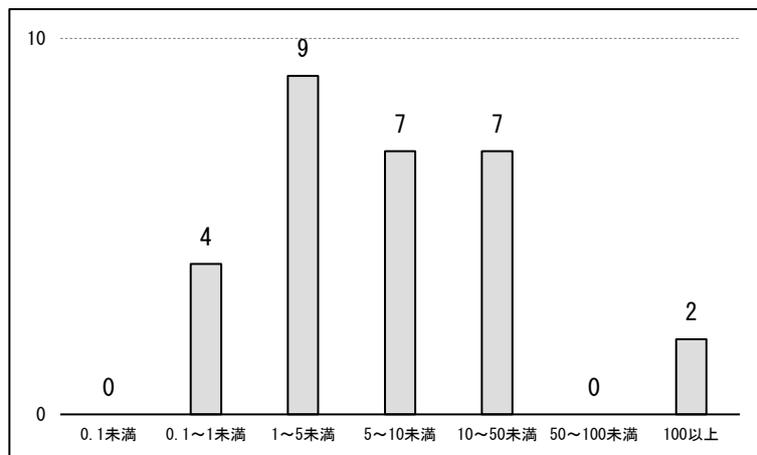
- 原水濁度の低下
- 用水供給事業者の判断

⑪使用している粉末活性炭の種類

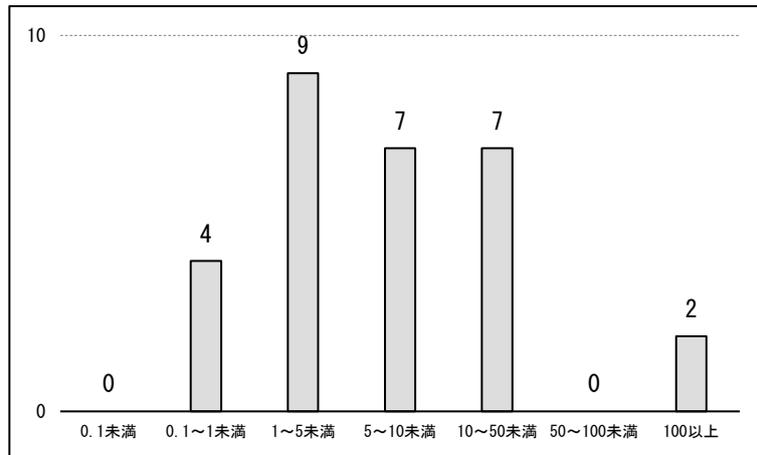
50%ウェット	27
ドライ	8
高機能炭	3
微粉炭	1



⑫粉末活性炭の年間使用量(単位：t)



⑬粉末活性炭の最大注入率(単位：mg/L)



⑭カビ臭への対策や予防策

- | |
|--------------------------------|
| ○既設の活性炭設備に加え、取水場に仮設の活性炭注入設備を増設 |
| ○水質検査の頻度増加 |
| ○短時間の臭気物質増加であれば浄水処理を停止 |
| ○沈澱池の清掃 |
| ○粉末活性炭では効果が薄く、生物活性炭ろ過機を導入 |
| ○貯水池で藻類が大量発生した場合、貯水池に硫酸銅を散布 |
| ○用水供給事業から受水のため、供給事業者に対応を要請 |

⑭カビ臭対策の問題点
○数年前から藍藻類が要因でない2-MIBの上昇が見られるようになった。
○対策費用
○カビ臭のモニタリング開始時期が過去からの経験則になっている
○カビ臭対策はしているが発生事例が無いため、対応がシミュレートどおりで可能か検証できていない
○常設として粒状活性炭を導入したいが設置場所がない
○活性炭注入を前提とした施設でないため、接触時間が短い
○設備設計時以上の濃度の2-MIBが発生し、予備機も使用して対応したが、機器トラブルによる注入量不足が懸念される
○水利権の関係で2系統ある取水のうちダム取水は停止できるが、河川取水は停止できない。設備も小さく、河川取水上流でカビ臭が発生した場合、対応が困難
○注入量が増えると、活性炭の溶解作業が増えるため、手間がかかる
○夜間、休日の対応
○施設能力を超えたカビ臭への対応策がない
○活性炭注入を増やしたときにろ過池からリークしたことがあり、カビ臭がひどくなった場合に対応できるか懸念がある
○用水供給事業からの受水であるため、供給事業者との連携が課題
○カビ臭に日常の原水検査で委託業者が気づかず、利用者からの苦情により覚知したため、対応が遅れた
○高濁時の土臭対策で仮設したが、今後異臭味が頻発するようになれば、運用を見直す必要がある
○粉末活性炭の購入手続き
○カビ臭の発生が数年に1回で費用対効果の面から導入できていない

おわりに

本研究は、「水道水の臭気対策」をテーマにカビ臭に焦点を当て、東北の事業体にアンケート調査を行い、その結果得られた異臭味の発生状況、対応策及び事例を取りまとめたものである。また、重回帰分析を使用したカビ臭発生予測についても取り組んでおり、予測は難しいものの発生要因の抽出としては試してみる価値はあると考えられるので参考にされたい。

今回の浄水研究委員会は、新型コロナウイルスのパンデミックというかつてない状況の中、令和元年度から5年度という長期にわたる研究となった。度重なる緊急事態宣言等により、外出や移動の制限、在宅勤務、委員の交代など様々な制約に直面しながら、複数回のアンケート調査、データ収集・分析、対面での会議開催など、各委員が協力しながら一つ一つ成果を積み上げ、報告書完成に向け取り組んできた。

厚生労働省が行った全国の異臭味の水道被害の調査結果をみると、関東、近畿、中国地方が多く東北地方は最も少ない。今回実施したアンケート調査結果では、回答のあった150事業体のうち、カビ臭事例があるのは15%、カビ臭対策を実施している事業体は30%であった。他地方に比べ、現時点では概ね良質な水源に恵まれていると言える。

一方、令和5年の夏は、全国的に過去最高を大きく上回る圧倒的な暑さで、特に北日本が顕著で平年よりも2℃以上も高い状況が続く異常気象であった。異常が通常となりつつある近年だが、今後の気候変動を鑑みると、今後東北で発生する可能性はさらに高くなっていくのではないかと考えられる。

カビ臭は、臭気物質自体に毒性は無く健康に被害を及ぼすことはないとしても、水道に対する影響は非常に大きいものがある。安全・安心でおいしい水の供給のため、これから臭気対策を検討する事業体において、この報告書が対策の一助となれば幸いである。

最後に、本研究に際し快くアンケート調査等にご協力いただいた事業体の皆様に感謝の意を表しおわりとしたい。

令和元年度～5年度 浄水研究委員会名簿

事業体名	所属・職名	氏名
仙台市	仙台市水道局浄水部水質管理課水質管理係長 委員長	北本洋紀
八戸圏域 水道企業団	八戸圏域水道企業団水質管理課 主幹 副委員長	若松潤子
青森市	(R3)青森市企業局水道部横内浄水課 主査	山本貢平
	青森市企業局水道部横内浄水課 技師	今健亘
由利本荘市	由利本荘市企業局水道課 主査	佐々木博之
大館市	(R3)大館市建設部水道課 主査	畠山明人
	(R4)大館市建設部水道課給水計画係長	佐藤正和
	大館市建設部水道課施設係 主査	與語靖啓
盛岡市	(R2)盛岡市上下水道局上下水道部浄水課沢田浄水場 副主幹	猪狩義徳
	盛岡市上下水道局上下水道部浄水課沢田浄水場長	細川敬
岩手中部 水道企業団	岩手中部水道企業団施設第一課 上席主任	三浦真
山形市	山形市上下水道部水運用センター副所長兼水運用第一係長	荒井裕行
酒田市	酒田市上下水道部工務課 施設主査	富樫俊裕
石巻地方広域 水道企業団	(R4)石巻地方広域水道企業団浄水課長補佐兼施設係長	齋藤匡俊
	石巻地方広域水道企業団浄水課技術主幹兼水質検査係長	及川敬義
郡山市	郡山市上下水道局浄水課水質管理室 技査	木村和貴
会津若松市	会津若松市上下水道局上水道施設課浄水場グループ主任技師	滝沢将吾
事務局 (仙台市)	仙台市水道局浄水部水質管理課水質検査第一係 主任	山田秀樹
	仙台市水道局浄水部水質管理課水質検査第二係 主任	伊藤雅木
	(R1)仙台市水道局浄水部茂庭浄水課茂庭浄水場 技師	阿部浩司
	(R4)仙台市水道局浄水部茂庭浄水課茂庭浄水場 技師	新妻健史郎
	仙台市水道局浄水部茂庭浄水課茂庭浄水場 主任	小野寺祐紀

(R1) (R2) (R3) (R4)は当該年度までの任期委員、事務局員を表す。

所属・職名は当時の情報による。



後列左から、 荒井委員 三浦委員 細川委員 若松副委員長 與語委員 今委員
 前列左から、 富樫委員 滝沢委員 北本委員長 及川委員 木村委員 佐々木委員



山本委員



畠山委員



佐藤委員



猪狩委員



齋藤委員

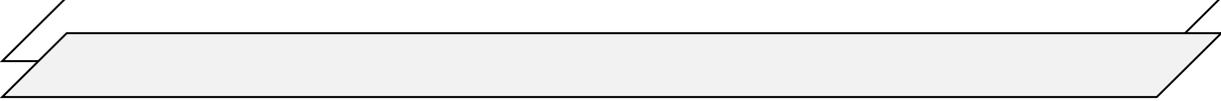


【事務局】 左から、 小野寺 山田 伊藤 阿部 新妻



新妻

給・配水研究委員会報告



『ダウンサイジングを考慮した
効率的な管路更新計画について』

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

ダウンサイジングを考慮した
効率的な管路更新計画について

令和6年3月

日本水道協会東北地方支部

技術研究部会

目次

第1章	はじめに	1
1.1	給・配水委員会の位置づけ	1
1.2	検討経過	2
1.3	報告書の使い方（本委員会の基本的な考え方）	3
第2章	更新計画の準備	4
2.1	情報収集事例の紹介	4
2.2	水需要予測	7
2.3	消防水利の考慮	18
2.4	消防当局との協議	21
第3章	計画の策定	23
3.1	管路更新の必要性	23
3.2	管路の耐用年数（更新基準年数）の設定	25
3.3	更新延長の把握	31
3.4	使用材料の選択（管種，継手別の比較）	38
3.5	ダウンサイジングを伴う再構築	45
3.6	更新時期の見定め	47
3.7	アセットマネジメントの視点（更新優先順位ほか）	51
3.8	更新計画の実行	58
3.9	適切な維持管理手法	59
第4章	おわりに	62
	参考資料（盛岡市で実施した概算数量設計による工事発注事例）	63
	参考資料（アンケート回答結果）	79
	委員名簿	86

第1章 はじめに

1. 1 給・配水委員会の位置づけ

日本水道協会東北地方支部給・配水研究委員会（以後、「本委員会」という。）において、平成30年度末に研究テーマを募集したところ、アセットマネジメントに関する研究要望が多く、多くの事業者から寄せられた。アセットマネジメントについては、水道事業の基盤強化を図る一つの手法と位置付けられており、その推進が強く求められている。そこで技術研究部会では、水道事業の資産の6～7割を占めるとされる管路施設に着目し、テーマを「ダウンサイジングを考慮した効率的な管路更新計画について」とした。

ところで、昨今話題になっている人口減少は、水需要のみならず水道料金収入の減少に直結すると考えられる。一方で、老朽化が進んでいる水道施設の更新需要は増加を続けることから、水道事業者は限られた財源の中で水道施設をいかに効率的・効果的に管理し、適切に更新を進めるかが大きな課題となっている。水需要が増大することを前提とした施設整備の考え方は、水需要の減少局面における施設整備の考え方とは大きく異なる。中でも管路施設については、路線単体ではなく、管網全体としての整備計画を策定する必要がある。また、一体をなす管網が更新されるまでには長期間を要することから、浄水場や配水池等の施設の更新に比べ、考慮すべき要素が広く面的にあるものと推察される。

ライフラインとしての水道に関心が高まっている昨今、本委員会一同は、管路更新を進める上での単なる課題等の共有にとどまらず、その解決に向けた取り組み事例を紹介し、東北地方支部内事業者が、テーマである「ダウンサイジングを考慮した効率的な管路更新」を進めるうえでの参考となることを目指して本報告書を取りまとめた。協力いただいた委員の皆様には厚く御礼を申し上げますとともに、アンケートにご協力いただき貴重なご意見を寄せていただいた水道事業者の関係各位に対しても、心より御礼申し上げます。

1. 2 検討経過

研究を進めるにあたっては、過去の文献確認や水道関連業界誌を通じて業界の動向や最新の知見把握に努めた。本委員会は、新型コロナウイルス感染拡大の影響により、一時的に開催を休止していた期間もあったが、最終的には下記の通り計7回開催している。

開催日程（経過）		協議内容・確認事項
第1回	令和元年 7月4日～翌5日	<ul style="list-style-type: none"> ・委員長・副委員長の選任 ・事前アンケートの結果 ・委員会検討方針 ・今後のスケジュール ・テクニカルツアー（仙台市沿岸部の復興状況）
第2回	令和元年 9月12日～翌13日	<ul style="list-style-type: none"> ・研究項目の体系整理 ・事業者アンケート素案の提示と依頼先の検討 ・今後のスケジュール ・講演動画上映（管路耐震化あれこれ） ・テクニカルツアー（仙台市大口径水管橋補修工事）
第3回	令和2年 1月30日～翌31日	<ul style="list-style-type: none"> ・事業者アンケートの集約結果とその分析 ・報告書アウトライン（案）と研究分担の確認 ・消防当局へのヒアリング方法 ・日本ダクタイト鉄管協会との意見交換 ・今後のスケジュール
新型コロナウイルス感染拡大の影響により、委員会開催を休止		
第4回	令和5年 2月27日	<ul style="list-style-type: none"> ・Web開催 ・経緯の再確認 ・消防協議に関する進捗状況の確認 ・研究委員会実施期間の延長
第5回	令和5年 6月22日～翌23日	<ul style="list-style-type: none"> ・報告書作成の方向性について
第6回	令和5年 9月21日～翌22日	<ul style="list-style-type: none"> ・委員会報告書（骨子）について
第7回	令和6年1月11日	<ul style="list-style-type: none"> ・Web開催 ・委員会報告書の確定について

1. 3 報告書の使い方（本委員会の基本的な考え方）

本報告書は、実務を担当する職員の参考となるよう、委員が所属する水道事業体の取り組みを中心に記載した。本報告書を使用する際は、これらの取り組みの中から自らの事業体の方向性に合致するものを参照、参酌して活用されたい。また、本報告書を作成するに当たり使用した用語の定義やその解説などは、以下に記載の参考文献を参照されたい。

○参考文献

【国等の基準ほか】

- 水道法
- 消防法
- 地方公営企業法
- 消防水利の基準
- 厚生労働省健康局水道課（2009）「水道事業におけるアセットマネジメント（資産管理）に関する手引き」

【関連団体等の参考基準ほか】

- 日本水道協会（2012）「水道施設設計指針」
- 日本水道協会（2016）「水道維持管理指針」
- 日本水道協会（2016）「実務に活かす上水道の事故事例 一事故防止と技術の継承に向けて一」
- 全国簡易水道協議会（2019）「簡易水道等小規模水道における水道施設台帳作成の手引き」
- 水道技術研究センター（2014）「水道管路の再構築読本 一次世代に向けた水道管路の更新一」
- 水道管路技術研究会（2020）「長期的視点に立脚した水道管路の総合評価報告書」

第2章 更新計画の準備

2.1 情報収集事例の紹介

2.1.1 更新対象管路の確認

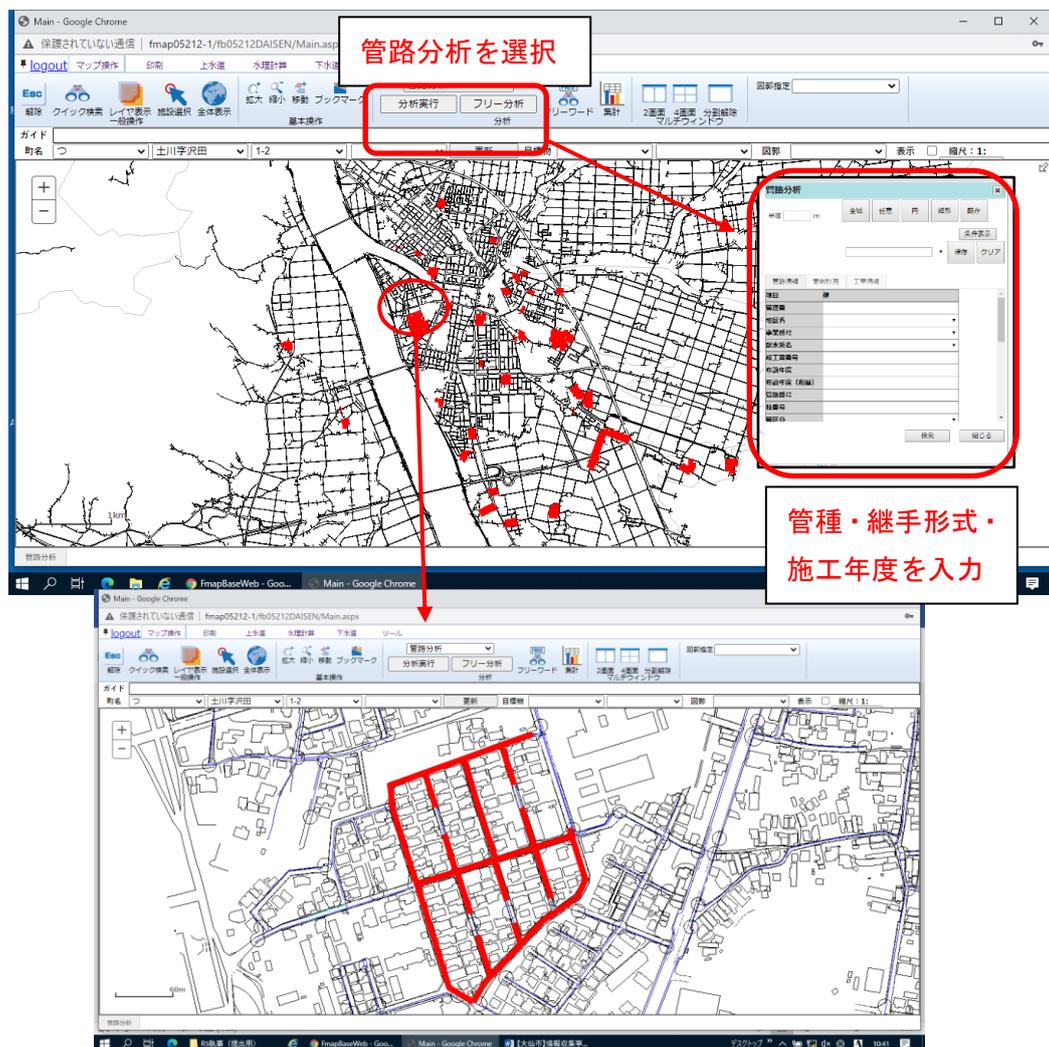
電子化された地図上で管路情報や給水栓の位置が確認できる「マッピングシステム」のほか、画像データ化した工事の完成図面や給水装置竣工図を登録している「電子ファイリングシステム」を活用して日常の維持管理や有事の対応、管網解析などを行っている。

更新対象となる管路を選定する場合、管路情報システムの管路分析機能を使用し、次のとおり管路情報を収集している。

次に、大仙市、横手市及びいわき市の事例を示す。

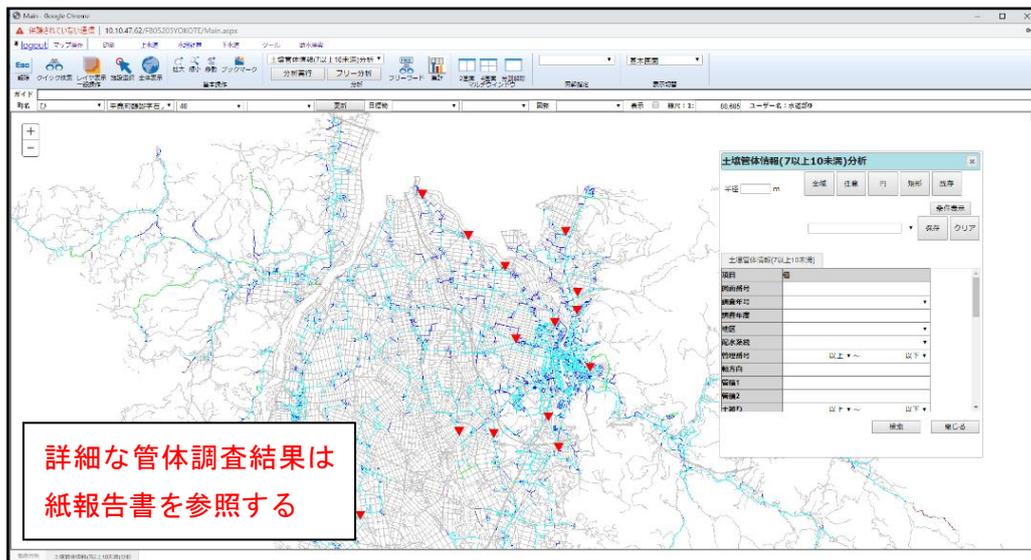
① 標準使用年数を超えている管路の抽出（大仙市、横手市及びいわき市）

管路情報システム上で管路分析を選択し、検索条件として管種・継手形式・施工年度を入力すると対象管路が赤く着色されて表示される。



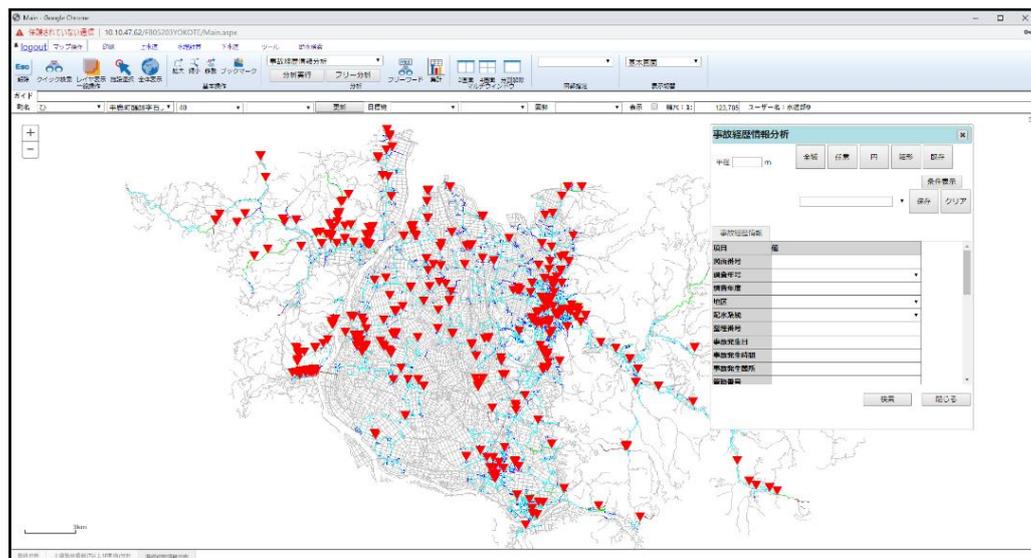
②管路状況及び、周辺土壌の確認（横手市）

管路の劣化は経過年数だけではなく、埋設管路周辺土壌の影響や電食等による管本体の劣化のほか、ボルト・ナットの劣化等の因子も無視できない。これらを確認するため、平成26年度に96箇所の管体調査を行い、その結果を管路情報システムへ反映しており、劣化が想定される管路の抽出ができるようになっている。



③漏水多発管路の確認（横手市）

漏水調査によって得られた漏水箇所や突発的な漏水対応など、修理した実績を管路情報システムへ反映させており、漏水多発管路として抽出できるようにしている。

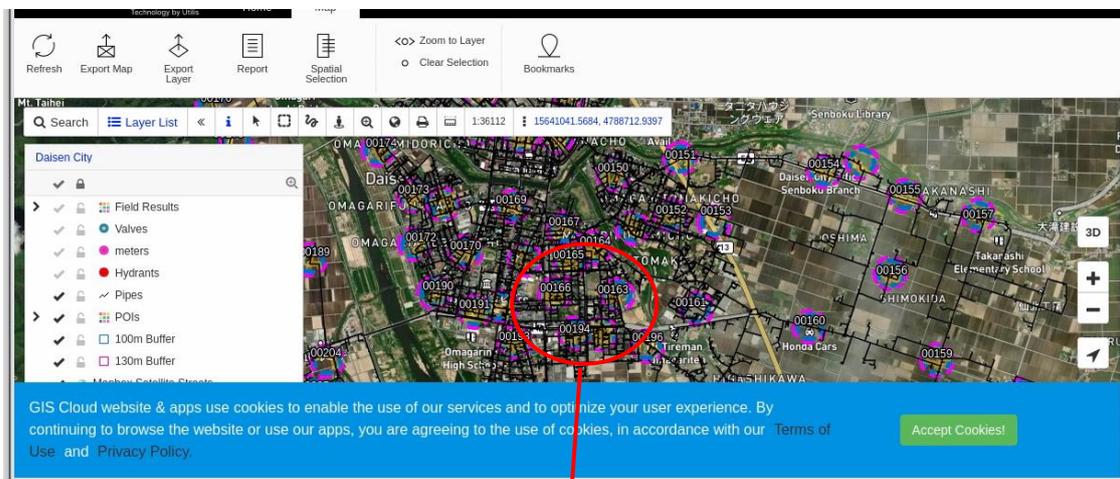


2. 1. 2 人工衛星を用いた漏水探知（大仙市）

漏水箇所の把握のため音聴調査や現地踏査による漏水調査を事業者毎に委託しており、調査対象延長が長く多額の費用と時間がかかることが問題となっている。

この調査費用の圧縮と効率的な漏水調査を目的とし、令和5年度から人工衛星を用いた漏水探知業務を試験的に実施している。

これは人工衛星に搭載されたLバンドの合成開口レーダーにより撮影された衛星画像データの電子ノイズの除去に加え、アルゴリズム分析に基づいて漏水の疑いのある箇所（POI）を半径100mの円で表示し特定するものであり、令和5年度実績として292箇所のPOIが特定され、漏水の可能性のある管路を総管路延長の9%まで絞り込むことができた。



半径100mの円で漏水の疑いがある箇所（POI）を表示

2. 2 水需要予測

2. 2. 1 基本的事項

水需要予測は、水道施設計画の根幹となる重要な指標となるだけでなく、経営上も重要な作業となる。したがって、計画給水量を合理的に決定するため、少なくとも過去10か年程度の用途別使用水量等の実績データが必要である。また、各都市の総合計画、都市計画マスタープランなどの計画に留意する必要がある。

水需要予測の基本的手順については、水道施設設計指針に示されている。

基本計画の策定に当たっては、次の各項により計画の基本事項を明らかにする。

1. 計画年次

基本計画において対象となる期間であり、計画策定時より10～20年程度を標準とする。

2. 計画給水区域

計画年次までに配水管を布設し、給水しようとする区域であり、広域的な配慮の基に決定する。

3. 計画給水人口

行政区域内人口の予測値を基に設定する。

4. 計画給水量

原則として用途別使用水量を基に決定する。水道用水供給事業においては、受水側水道事業体を一体とした推定によるか、又は受水側水道事業の計画水量の総和による。

【水道施設設計指針 2012 p.17～18】

2. 2. 2 計画給水人口の予測

計画給水人口は、計画給水区域内人口に計画給水普及率を乗じて決定する。計画給水区域内人口は、行政区域内人口の予測値から計画給水区域外人口の予測値を差し引いて設定する。

計画給水人口＝計画給水区域内人口×計画給水普及率

計画給水区域内人口＝行政区域内人口の予測値－計画給水区域外人口の予測値

行政区域内人口の予測値は、地方公共団体が策定する総合計画等の上位計画と整合が図られていることが望ましいが、水道計画上不相当と判断される場合には、別途予測を行うことを検討する。

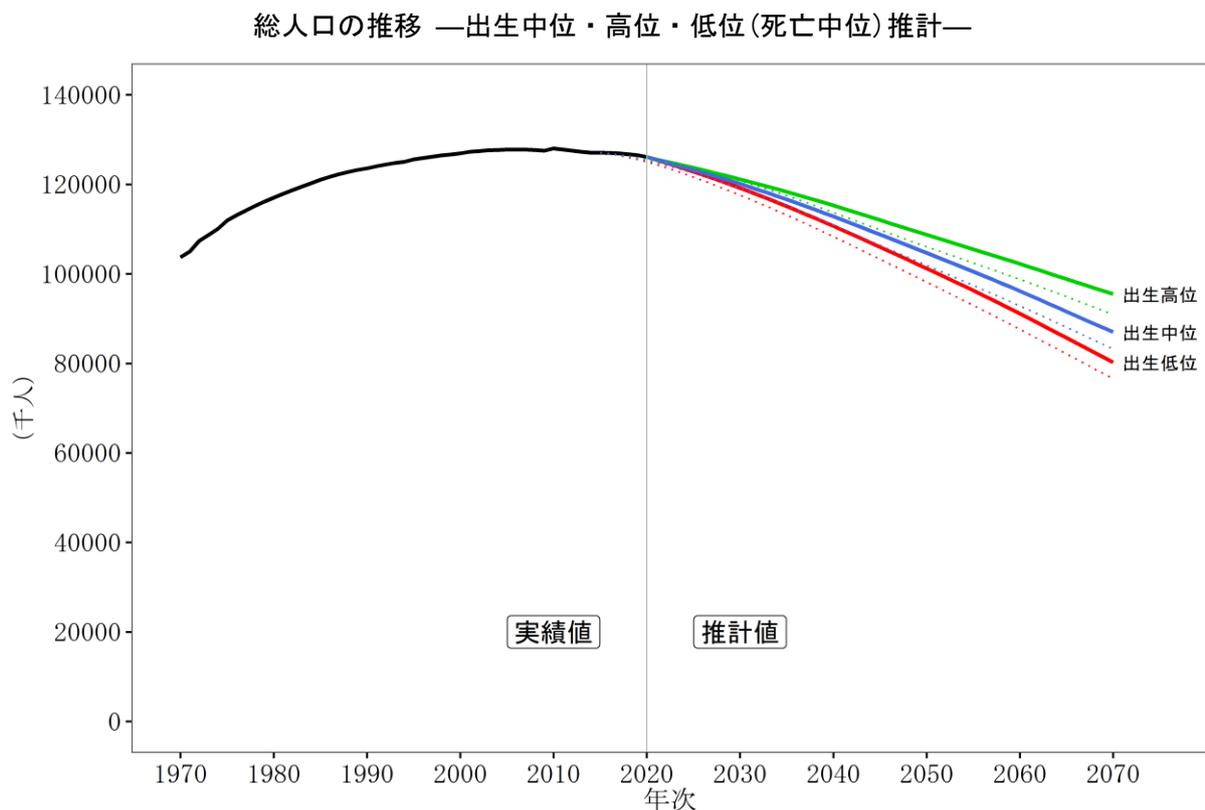
行政区域内人口の将来予測については、コーホート要因法、時系列傾向分析が用いられる。

【コーホート要因法】ある基準年次の男女5歳階級別人口を出発点とし、コーホート（同時出生集団、男女5歳階級別）ごとに設定した生存率、純移動率、出生率及び出生性比を適用して5年毎の将来人口を推計する方法であり、対象地域の外との人口移動が少ない場合や将来の人口移動の把握が容易な地域では高い精度で推計が行える。

【時系列傾向分析】実績と将来の傾向が時間のみを変数とする式（時系列傾向曲線）で記述できると考えられる場合に、実績の人口に傾向曲線を当てはめて将来の人口を予測する方法である。なお、人口構造について考慮できないため、多くの自治体ではコーホート要因法を用いた推計を行っている。 【水道施設設計指針 2012 p.18～19】

国立社会保障・人口問題研究所では、令和2(2020)年国勢調査の確定数を出発点とする新たな全国将来人口推計を行い、令和5(2023)年4月26日にその結果を公表したが、国際的に標準とされる人口学的手法（コーホート要因法）にもとづき、人口変動要因である出生、死亡、および国際人口移動に関連する統計指標の動向を数理モデル等により将来に投影する方法で推計している。

下記グラフは、死亡中位での総人口の推移結果であり、令和2(2020)年国勢調査による1億2,615万人が2070年には8,700万人に減少する(2020年時点の69.0%に減少)(出生中位・死亡中位推計)。なお、市町村別の推計人口については、2023年中に公表される見通しであり、各水道事業体においても参考として活用可能と思われる。



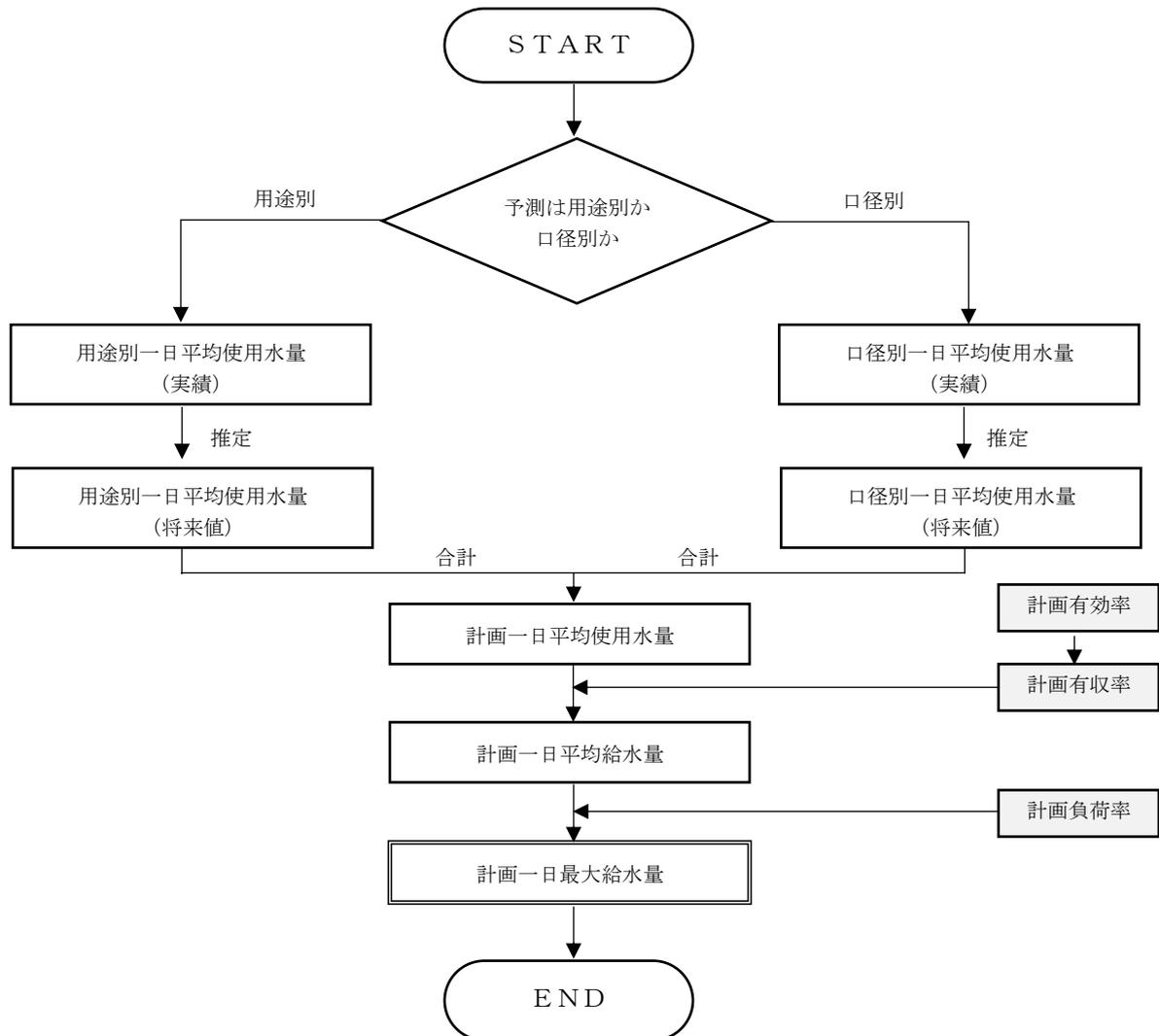
実線は今回推計、破線は前回推計。

【国立社会保障・人口問題研究所ホームページより。

https://www.ipss.go.jp/pp-zenkoku/j/zenkoku2023/pp_zenkoku2023.asp】

2. 2. 3 計画給水量の予測

給水量の推計は、使用水量（有収水量）を推計するものであり、原則として用途別に推計するが、用途別使用水量が得られない場合は、口径別に推計する。用途別の使用水量は、生活用水、業務・営業用水、工場用水、その他用水といった用途別に将来水量を推計する。計画給水量の一般的な算定手順は次のとおり。【水道施設設計指針2012 p.20】



計画有効率は、漏水防止対策の将来計画などこれまでの実績等を踏まえ可能な限り高い目標値とすることが望ましく、平成16年6月に策定された水道ビジョン（厚生労働省）では、有効率の目標を大規模事業98%以上、中小規模事業95%以上と明記されている。

計画有収率は、計画有効率から無収率を差し引いて求めるが、無収率は過去10年間の平均値を採用する方法などがある。

計画負荷率は、一日平均給水量と一日最大給水量の変動割合（負荷率（%）＝一日平均給水量÷一日最大給水量×100）であり、負荷率の設定にあたっては過去の実績値や気象変化、湯水等に

よる変動条件も十分に考慮して各都市の実情に応じて設定する。過去の実績値を採用する場合には、供給体制に不足が生じないように、負荷率は過去 10 年間の最低値を採用する場合が多い。

2. 2. 4 水需要予測に基づく水道施設の検討（配水管口径の設計，消火用水量の見込み方）

水需要予測結果としては，2. 2. 3により算定した計画一日最大給水量に消火用水量を別途加算するものではないが，配水管管径決定においては，消火用水量を加算して検討する必要性等が示されている。

- ・配水池の受持つ計画給水人口が 50,000 人以下のものについては，原則として，配水池容量の設計に当たって，消火用水量を加算する。
- ・配水管の受持つ給水区域内の計画給水人口が 100,000 人以下のものについては，原則として，配水管管径の設計において，消火用水量を加算して検討する。
- ・配水管の受持つ給水区域内の計画給水人口が 100,000 人以上のものについては，火災時配水量よりも，計画時間最大配水量が多いのが通例である。

【水道施設設計指針 2012 p.435】

計画一日最大給水量に加算する人口別消火用水量

人口（万人）	消火用水量（m ³ /min）	消火用水量（m ³ /h）
0.5 未満	1 以上	60
1	2	120
2	4	240
3	5	300
4	6	360
5	7	420
6	8	480
7	8	480
8	9	540
9	9	540
10	10	600

例) 配水区域内の計画給水人口が 80,000 人，計画一日最大給水量 40,000m³/日の場合の配水管管径の設計においては，計画一日最大給水量時の時間平均配水量が 40,000÷24=1,667m³/h，これに消火用水量 9m³/min×60=540m³/h を加算すると 2,207m³/h となり，この数量のもとで，火点付近の同時使用栓数にもとづき，火点付近に負圧が生じない管網になっているか確認する必要がある。

なお，計画時間最大配水量と比較すると，時間係数を 2.0 とした場合，1,667m³/h×2=3,334 m³/h となるため，配水管管径の設計には数値の大きい計画時間最大配水量時の水量を用いて全

体管網を設計する必要がある。

【留意事項】水道施設設計指針では、1火点あたりの同時開栓数を5栓としているが、住宅地の場合には過大となる可能性があり注意が必要である。

小規模水道における消火用水量

小規模水道等では、消火栓1栓の放水量を1 m³/min, 同時に開放する消火栓1栓を標準とする。ただし、家屋の密集度、気象条件、水道以外の消防水利及び消防ポンプ能力を考慮して、前期標準による必要のない区域については下表によることができる。

小規模水道で使用する消火栓及び使用水量

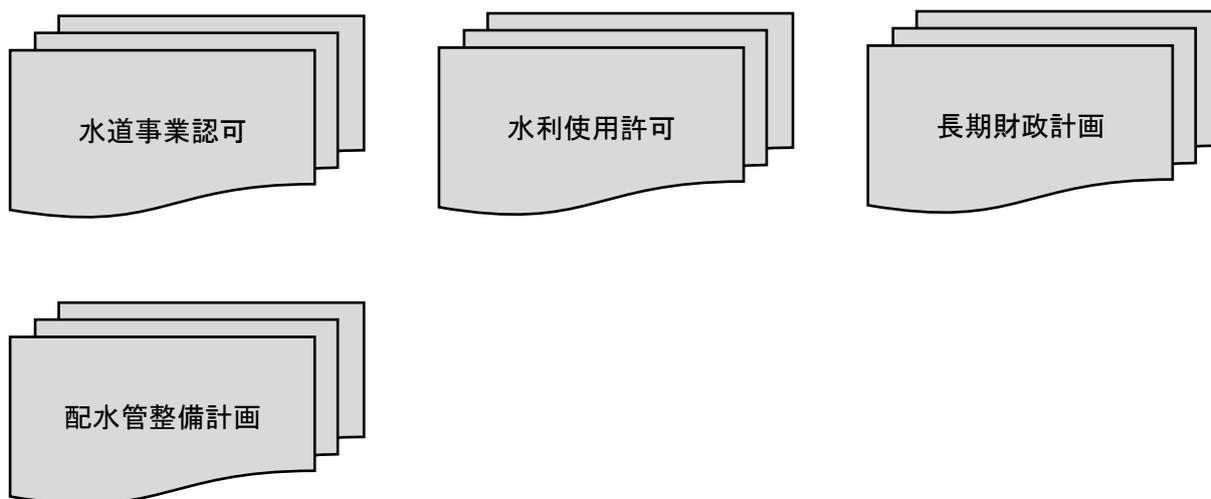
使用する消火栓(mm)	使用水量 (m ³ /min)
単口消火栓 65	0.50
小型消火栓 50	0.26
小型消火栓 40	0.13

配水管口径における留意点

また、「消防水利の基準」(消防法20条による消防庁告示)により「150 mm以上の管に取り付ける」とあるのは、配水管の同一系統に設置されてある消火栓のうち、数基の消火栓を同時に開栓した場合においても、その各々が所定の給水能力を発揮できるように定めたものである。しかしながら、小規模水道や配水量の少ない地域(特に配水区域の流末など)では、この基準に合わせて施設を設けると、配水管管径が過大となって不経済であり、また、管内流速が著しく小さくなって、水質悪化を招くおそれがあることに留意する必要がある。

2. 2. 5 水需要予測の重要性

水需要予測は、水道事業認可申請図書として必要であるが、認可に基づく事業期間は長期に及ぶため、定期的に予測が妥当であるか評価が必要である。また、水需要予測は、定期的に更新される水利使用許可申請図書にも必要であり、必要な水量確保のため重要な作業となる。近年の水需要減少下においては、これまで確保してきた水利権を満量確保することが難しい状況も想定される。さらには、水需要予測は料金収入算定にも用いられるため、水道事業運営に欠かせない作業になっている。水需要が減少傾向に入り、水需給計画の説明も難しくなっているが、安定した供給体制、効率的な供給体制を確保するために水需要予測の重要性は高まっている。



2. 2. 6 水需要予測の事例（仙台市）

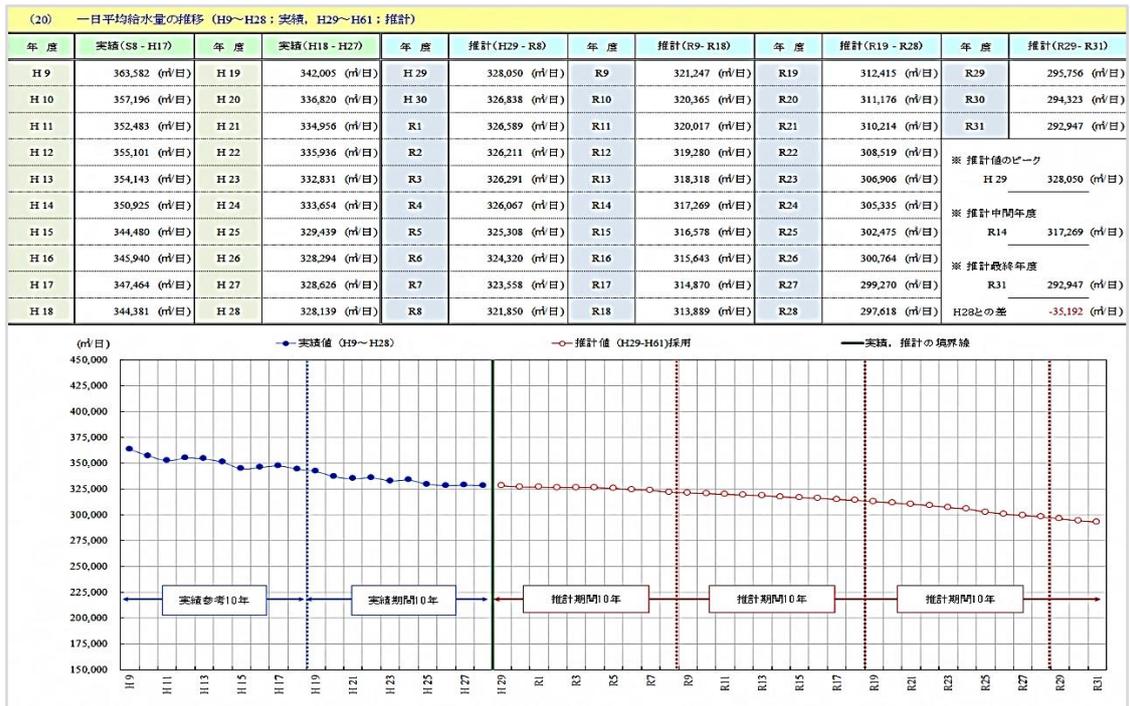
以下は、平成 29 年度に概ね 30 年先を見越した水需要推計を行った事例である。推計手法は水道施設設計指針に準じ、いずれも複数案を検討・比較し、より妥当性が高いと考えられる推計手法を採用。なお、本事例では特徴的な推計手法のみを掲載している。

項目	推計に使用した手法	採用手法とその理由
行政区域内	(1) コーホート要因法による独自推計 (2) 仙台市将来人口推計（本市の上位計画値） (3) 国立社会保障・人口問題研究所の公表値	(2)と(3)は H22 年の国勢調査を基準とした推計。(1)は H27 年国勢調査を基準としており、近年の本市実績値と比較のうえ、補正している。以上から（1）を採用。
給水区域内人口	(1) 行政区域内人口から給水区域外人口減じ、行政区域外※の給水区域人口を加算する方法 ※本市の給水区域には、富谷市の一部を含む	給水区域外人口は行政区域内人口に占める比率（シェア率）が小さい。このシェア率を各推計年度の行政区域内人口に乗じている。 富谷市の一部区域については、本市行政区域内人口の推計結果と比例するものとして算出した。

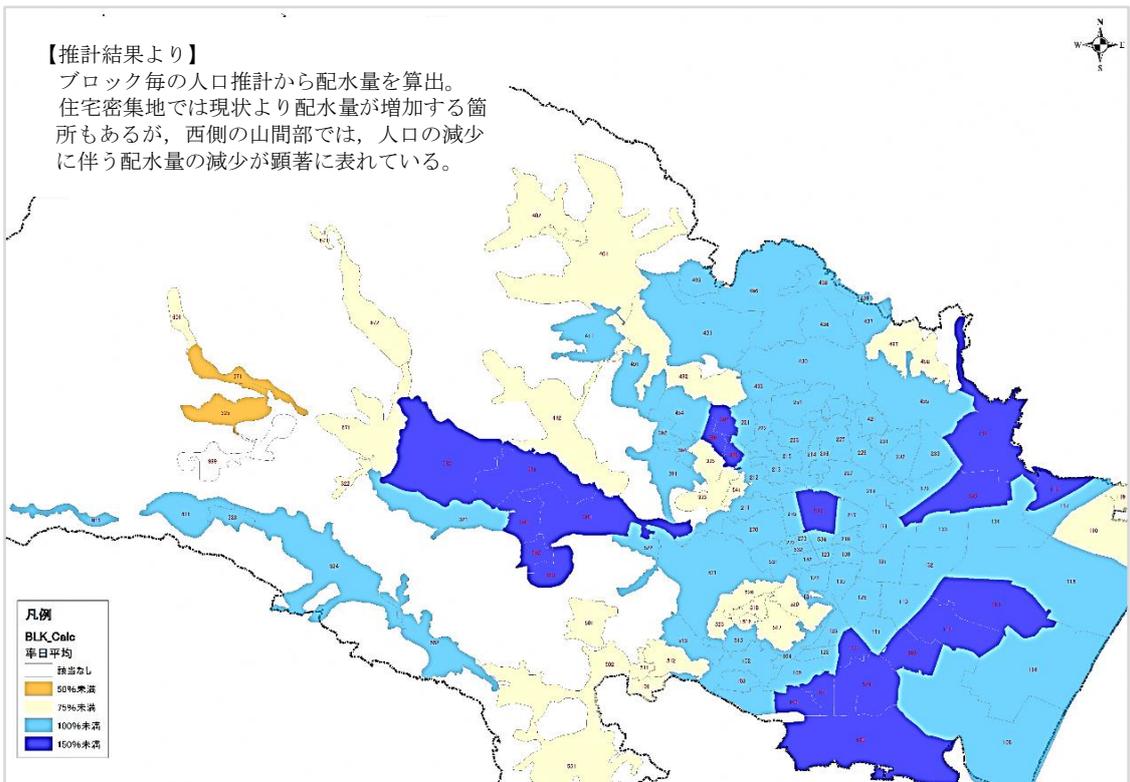
給水人口	(1) 給水区域内人口に給水普及率を乗じる方法 ※普及率の推計方法は時系列傾向分析	普及率目標は設定せず、飽和収束した①修正指数曲線式と②ロジスティック曲線による推計のうち、①を採用した。
生活用原単位	(1) 時系列傾向分析 (2) 数量化 I 類による構造式作成 (3) 重回帰分析 (4) 原単位積み上げモデル	(3) は良好な回帰式が得られなかった、(4) は将来値の予測が困難なため除外した。(2) は水道水の使用に関するアンケートの結果を用いて作成し、高位と中位推計に採用した。(1) は下位推計とした。
計画負荷率	(1) 負荷率の過去最低値を採用 (2) 時系列傾向分析 (3) 時系列傾向分析に過去の実績推移を加味 (95%下限値)	負荷率の推計値は一般的に固定することが多い。しかし、本市では近年の負荷率上昇傾向を考慮し(3)を中位推計として採用した。

今後の水道施設整備においてブロック配水システムの再評価、ブロック再編計画等に活用するため、配水ブロック別の将来水需要についても推計した。給水需要者の量水器位置から配水ブロック、町丁目、行政区にそれぞれ集計し、水量を使用業態分類より、生活用、業務・営業用水量、工場用に振り分け、用途別に水量を各量水器に配分（ただし大口使用者は別途個別）することで、水量に位置情報を持たせている。地域別推計結果と市全体の推計結果の合計の比率を用いて、地域別の将来水量を補正し、相互の結果を整合させている。位置情報を付与することにより、ブロック範囲の見直しや系統変更を行っても、マッピングシステムを使用することで見直し後のエリア別水需要を比較的容易に再算定することが可能となっている。

①一日平均配水量の推計結果。 ※2049年度までの長期水需要を推計



②一日平均配水量の配水ブロック毎増減率 (%) を表した図面

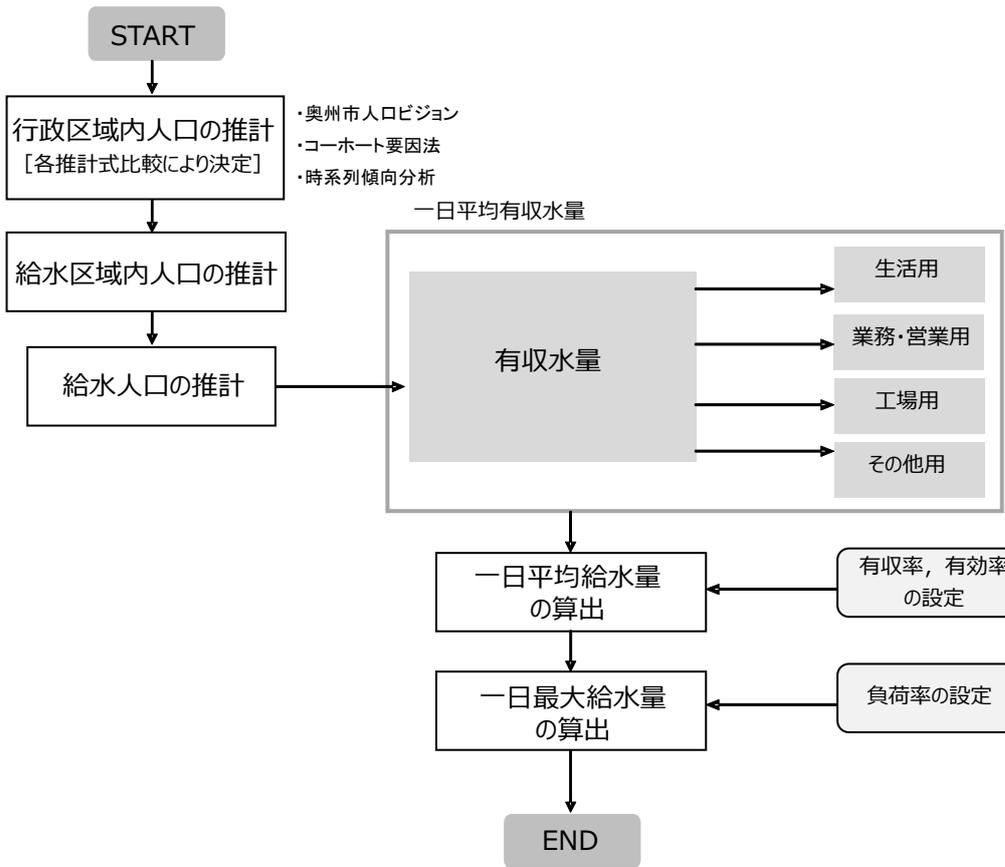


2. 2. 7 水需要予測の事例（奥州市）

水需要予測は、R2 年度策定の「奥経第 2003 号 事業認可変更及び全体計画見直し業務」で、R2 までの実績値(H23～R2)を基に R25 まで検討した。なお、使用する国勢調査のデータとしては、公表されている最新のデータである平成 27 年のものを使用した。

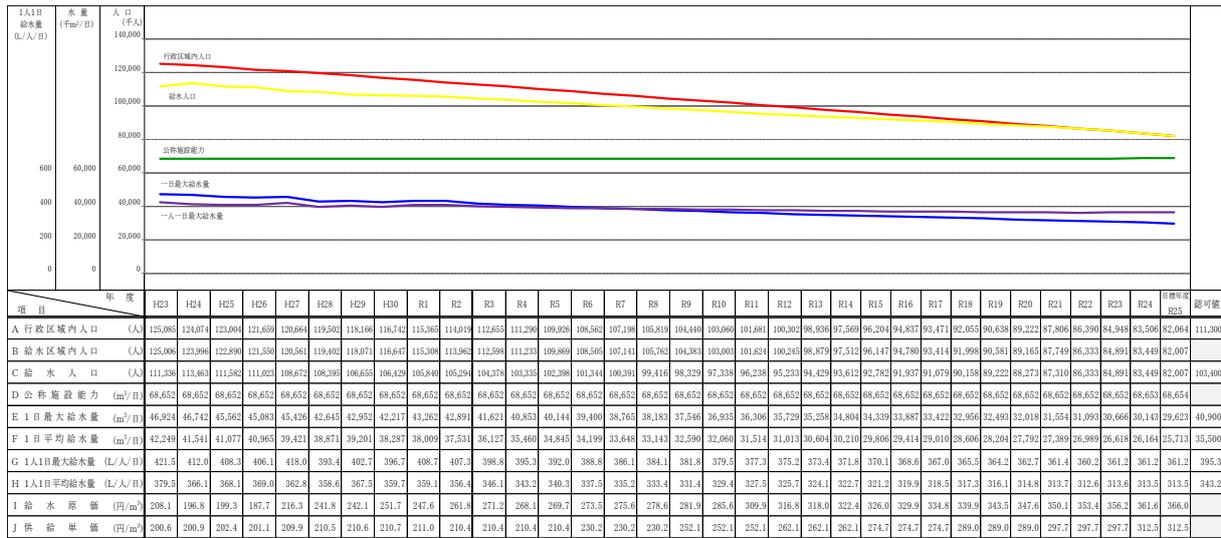
予測手順は以下のとおり。

- 行政区域内人口は、以下の 3 つの手法を比較し、最も妥当性が高いと考えられる「②コーホート要因法による推計値」を採用した。
 - ① 奥州市人口ビジョン(H28.3)推計値(年度末人口に補正)
 - ② コーホート要因法による推計値
 - 平成 27 年の 5 歳階級別人口(国勢調査)を基準人口としてコーホート要因法を用いて推計した。なお、国勢調査による実績値は 10 月 1 日付実績のため、平成 27 年度の年度末実績値を基に補正を行った。
 - ③ 時系列傾向分析による推計値
- 給水区域内人口は、以下の式を用いて算出する。
 - ・給水区域内人口＝行政区域内人口－給水区域外人口
- 給水人口は、給水区域内人口に給水普及率を乗じて算出した。給水普及率は令和 12 年度 95%、令和 23 年度 100%に達すると設定し、これを直線補完する予測とした。
- 給水量の推計予測は、用途別水量の実績値を基に以下の通り設定した。
 - ① 生活用原単位：一人当たりの家事用有収水量は、時系列傾向分析により推計した中で、実績期間との相関係数が最も高いのは年平均増減率式の 0.90290 であることから年平均増減率式による推計値を採用した。
 - ② 業務営業用：過去 10 年の実績を用いて時系列傾向分析を行い、最も高い相関係数 0.94325 を示した逆ロジスティック曲線式による推計値を採用する。
 - ③ 工場用：工場用有収水量の実績はほぼ横ばいで、微増減を繰り返していることから、実績値 10 年平均値で将来一定と設定した。
 - ④ その他：平成 28 年度まで微減傾向を示していたが、平成 29 年度より微増し、令和元年度と令和 2 年度は微減傾向に転じていることを鑑み、計画値は直近 5 年間の平均値 24m³/日で一定とした。
- 計画給水量は、有収率、有効率、負荷率を設定し、一日平均給水量及び一日最大給水量を算出した。
 - ① 有効率：将来の計画値は令和 12 年度に 90%、20 年後の令和 23 年度に 95%を目標値として設定し推計した。これらの途中年度の有効率については直線補間により算出した。
 - ② 有収率：有効率－有効無収率
 - 目標値と本推計での有収率を比較すると、本推計においての算出有収率が目標値を上回って推移していることから、本推計値を採用して給水量の算定を行うものとした。
 - ③ 負荷率：過去 10 年の最低値 86.8%



		年度																								日平均 給水量	取可量										
項目	単位	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	日平均 給水量	取可量		
行政区域内人口	(人)	125,085	124,074	123,004	121,659	120,664	119,392	118,166	116,742	115,365	114,019	112,655	111,290	109,926	108,562	107,198	105,819	104,440	103,060	101,681	100,302	98,923	97,543	96,164	94,785	93,405	92,025	90,645	89,265	87,885	86,505	85,125	83,745	82,365	80,985	111,200	
計画給水区域内人口	(人)	125,006	123,996	122,890	121,550	120,561	119,402	118,071	116,647	115,308	113,962	112,598	111,233	109,869	108,505	107,141	105,762	104,383	103,003	101,624	100,245	98,879	97,512	96,147	94,780	93,414	92,048	90,682	89,316	87,950	86,584	85,218	83,852	82,486	81,120	103,400	
現在給水人口	(人)	111,336	113,463	111,582	111,023	108,672	108,393	106,655	106,429	105,540	105,294	104,376	103,333	102,399	101,344	100,391	99,416	98,329	97,238	96,238	95,233	94,429	93,612	92,782	91,937	91,079	90,158	89,222	88,273	87,310	86,333	84,891	83,449	82,007	103,400		
普及率	(%)	89.1	91.5	90.8	91.3	90.1	90.8	90.3	91.2	91.8	92.4	92.7	92.9	93.2	93.4	93.7	94.0	94.2	94.5	94.7	95.0	95.5	96.0	96.5	97.0	97.5	98.0	98.5	99.0	99.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		
給水戸数	(戸)	43,478	43,617	43,791	44,059	44,326	44,832	45,004	45,513	45,771	45,990																										
有収水量	生活用	1人 (L/人/日)	207.3	205.6	206.3	206.0	210.2	211.3	214.4	214.2	213.7	220.8	214.5	215.3	216.2	217.0	217.8	218.6	219.5	220.3	221.1	222.0	222.8	223.7	224.5	225.4	226.2	227.1	228.0	228.8	229.7	230.6	231.5	231.5	231.5		
		1日 (m ³ /日)	23,077	23,332	23,017	22,868	22,845	22,960	22,868	22,800	22,823	23,246	22,389	22,246	22,136	21,992	21,865	21,732	21,583	21,444	21,278	21,142	21,009	20,941	20,830	20,723	20,602	20,475	20,343	20,197	20,055	19,908	19,652	19,318	18,985		
		業務・営業用 (m ³ /日)	6,068	6,225	6,167	5,877	5,609	5,548	5,455	5,519	5,408	5,139	5,085	4,975	4,866	4,738	4,651	4,545	4,440	4,335	4,233	4,131	4,030	3,931	3,833	3,737	3,642	3,548	3,456	3,365	3,276	3,189	3,103	3,018	2,935		
		工場用 (m ³ /日)	1,370	1,428	1,460	1,433	1,420	1,414	1,506	1,453	1,479	1,432	1,440	1,440	1,440	1,440	1,489	1,539	1,589	1,640	1,690	1,746	1,747	1,749	1,751	1,753	1,754	1,756	1,758	1,760	1,761	1,763	1,763	1,763	1,763		
		その他用 (m ³ /日)	866	23	19	17	16	13	23	35	28	21	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24		
		小計 (m ³ /日)	31,381	31,088	30,663	30,195	29,896	29,877	29,854	29,807	29,538	29,838	28,938	28,687	28,466	28,214	28,029	27,840	27,636	27,443	27,228	27,043	26,846	26,645	26,438	26,237	26,022	25,803	25,581	25,346	25,116	24,884	24,542	24,123	23,707		
		無収水量 (m ³ /日)	2,363	2,294	1,044	1,092	957	1,053	1,478	997	950	963	1,011	993	976	958	942	928	913	898	882	869	857	846	834	824	812	801	790	778	767	756	745	733	720		
		無効水量 (m ³ /日)	8,505	8,239	9,370	9,678	8,588	7,341	7,869	7,483	7,321	6,730	6,176	5,780	5,401	5,027	4,677	4,375	4,041	3,719	3,404	3,101	2,907	2,719	2,534	2,353	2,176	2,002	1,833	1,668	1,506	1,349	1,231	1,208	1,286		
		1日平均給水量 (m ³ /日)	42,249	41,541	41,077	40,965	39,421	38,871	39,201	38,287	38,009	37,531	36,127	35,460	34,845	34,199	33,648	33,143	32,590	32,060	31,514	31,013	30,604	30,210	29,806	29,414	29,010	28,606	28,204	27,792	27,389	26,989	26,619	26,164	25,713	35,500	
		1人1日平均給水量 (L/人/日)	379.5	368.1	368.1	369.0	362.8	338.6	367.5	359.7	359.1	356.4	346.1	343.2	340.3	337.5	335.2	333.4	331.4	329.4	327.5	325.7	324.1	322.7	321.2	319.9	318.5	317.3	316.1	314.8	313.7	312.6	313.6	313.5	313.5	343.2	
1日最大給水量 (m ³ /日)	46,924	46,742	45,562	45,083	45,426	42,645	42,952	42,217	43,262	42,891	41,621	40,853	40,144	39,400	38,765	38,183	37,546	36,935	36,306	35,729	35,158	34,804	34,339	33,887	33,422	32,958	32,493	32,018	31,554	31,093	30,666	30,143	29,623	40,900			
1人1日最大給水量 (L/人/日)	421.5	412.0	408.3	406.1	418.0	393.4	402.7	396.7	408.7	407.3	398.6	395.3	392.0	388.8	386.1	384.1	381.8	379.5	377.3	375.2	373.4	371.8	370.1	368.6	367.0	365.5	364.2	362.7	361.4	360.2	361.2	361.2	361.2	395.3			
有収率 (%)	74.3	74.6	74.6	73.7	75.8	76.9	76.2	77.9	77.7	79.5	80.1	80.9	81.7	82.5	83.3	84.0	84.8	85.6	86.4	87.2	87.7	88.2	88.7	89.2	89.7	90.2	90.7	91.2	91.7	92.2	92.2	92.2	92.2				
負荷率 (%)	90.0	88.9	90.2	90.9	86.8	91.2	91.3	90.7	87.9	87.5	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8			

注1. この様式は水道事業の場合に用いる。
 注2. 他の水道事業への分水がある場合は、有収水量欄に新たに分水の欄を追加して明示すること。
 注3. 工事施工期間とは印で明示すること。
 注4. 突進欄と計画欄を太線で区切ること。
 注5. 軽微な変更および事業の全部の譲受けによる届出の場合は、変更後の計画値について適切な目標年度を定めて記載すること。



注) 1. この確率は水道事業の場合に用いる。
 2. アア内には、A、C、D、E、Gおよび工期がそれぞれ明示されていること。
 3. 給水原価=(総費用÷受託工事費)×年間総有収水量、供給原価=給水収益÷年間総有収水量
 4. 軽微な変更および事業の全部の譲渡による届出の場合は、変更後の計画値について適切な目標年度を定めて記載すること。

2. 3 消防水利の考慮

消防水利となる消火栓は、配水管網と密接不可分な関係にある。水道法（第24条第1項）では、水道事業者に消火栓設置義務を規定しているため、たとえ水需要が減少したとしても消火活動に必要な消防水利を確保しなければならない。

また消防法（第20条第1項）には、必要な消防水利の基準を総務省消防庁告示として勧告するとある。この勧告は一般に「消防水利の基準」と呼ばれており、消防水利として必要な条件として、消火栓に必要な配水管の口径や設置の間隔、消火栓1基当たりの放水量等が定められ、全国の消防当局では本基準を前提に各種対策を検討している。

今後水需要の低下が見込まれる中、これまで以上に水資源を有効活用しなければならない水道事業者にとって、消防水利を確保したうえで、水道管のダウンサイジングを進めることは、重要な課題である。この課題に取り組む際には、消防水利を確保するとダウンサイジングが難しい、ダウンサイジングをすると消防水利が確保できないという、トレードオフの関係にある両者の問題を解決する必要がある。消防水利は火災発生時に十分な水圧と流量を確保し、効果的な消火活動を行うための重要であり、一方で水道管路のダウンサイジングは、人口減少を迎え、水需要が低下する中で、水資源の効率的な運用を求められる水道事業者の大きな課題となっている。消防水利の要件を満たしつつダウンサイジングをすることは容易な課題ではない。

消防庁としても水道施設のダウンサイジングと消防水利の両立について課題は認識しているものの、検討の途についたばかりである。

「消防水利の基準」では毎分1 m³以上の給水能力を有することが定められている。加えて、消防水利としての消火栓は直径150mm以上の配管に取り付けることとなっており、これは同時に開栓する消火栓数を2～5個と見込んだ場合に、所定の給水量を確保できる余裕分も見込み設定したものである。水道施設設計指針4)でも消防庁基準の内容を受け、同様の記述となっている。

「消防水利の基準」に合致した配水管網を構築しようとした場合、既設の配水管網ですら基準を満たせていないのが現状である。今後人口が減少し、将来の水需要も右肩下がりとなっているため、管路更新時には当然管路の減径を検討する事となる。その中で「消防水利の基準」を満たす管網を構築するとなると、工事費の増加、水需要の低下に伴う残留塩素確保のための水質保全作業などが発生する事が考えられる。

水道法（第24条第1項）では、上水道配水管網は、需要者への給水のみならず、関係法令に基づき消防水利の一翼を担っているため、消火栓への給水性能を満足するよう整備されている。現在、大部分の事業者では水需要分が消防水利相当分を吸収できているが、今後時間の経過とともに、相対的に消防水利に対応するための施設増強分が顕在化してくる可能性がある。水道法（第24条第2項）のほか、消防法（第20条）、地方公営企業法（第17条の2）等関係法令には、消防水利による水道施設の増強に係る費用負担について定められており、一般会計での費用負担範囲も明記されている。しかしながら、一般会計に「消防水利のために増強した施設整備費や維持管理費用」の負担を依頼している事業者は少数である。

ダウンサイジングと消防水利はトレードオフの関係にあり、どちらかを重視するとどちらかが

犠牲になる。消防水利に関しても、消防当局と協議し、実際の消火活動の際に使用する消防水利に関して調査、消火栓以外の消防水利の活用等の方法を模索していくことにより、ダウンサイジングと消防水利の確保が可能になると考える。

水道法第24条（抜粋）

（消火栓）

第二十四条 水道事業者は、当該水道に公共の消防のための消火栓を設置しなければならない。

2 市町村は、その区域内に消火栓を設置した水道事業者に対し、その消火栓の設置及び管理に要する費用その他その水道が消防用を使用されることに伴い増加した水道施設の設置及び管理に要する費用につき、当該水道事業者との協議により、相当額の補償をしなければならない。

3 水道事業者は、公共の消防用として使用された水の料金を徴収することができない。

消防法第20条（抜粋）

第二十条 消防に必要な水利の基準は、消防庁がこれを勧告する。

② 消防に必要な水利施設は、当該市町村がこれを設置し、維持し及び管理するものとする。但し、水道については、当該水道の管理者が、これを設置し、維持し及び管理するものとする。

消防水利の基準（抜粋）

第三条 消防水利は、常時貯水量が四十立方メートル以上又は取水可能水量が毎分一立方メートル以上で、かつ、連続四十分以上の給水能力を有するものでなければならない。

2 消火栓は、呼称六十五の口径を有するもので、直径百五十ミリメートル以上の管に取り付けられていなければならない。ただし、管網の一边が百八十メートル以下となるように配管されている場合は、七十五ミリメートル以上とすることができる。

3 私設消火栓の水源は、五個の私設消火栓を同時に開弁したとき、第一項に規定する給水能力を有するものでなければならない。

第四条 消防水利は、市街地（消防力の整備指針（平成十二年消防庁告示第一号）第二条第一号に規定する市街地をいう。以下本条において同じ。）又は準市街地（消防力の整備指針第二条第二号に規定する準市街地をいう。以下本条において同じ。）の防火対象物から一の消防水利に至る距離が、別表に掲げる数値以下となるように設けなければならない。

別表（第四条関係）

用途地域\平均風速	年間平均風速が四メートル 毎秒未満のもの	年間平均風速が四メートル 毎秒以上のもの
近隣商業地域 商業地域 工業地域 工業専用地域 (メートル)	一〇〇	八〇
その他の用途 地域及び用途地域の定めら れていない地域 (メートル)	一二〇	一〇〇

備考

用途地域区分は、都市計画法（昭和四十三年法律第百号）第八条一項第一号に規定するところによる。

水道施設設計指針（抜粋）

7.6.4 消火栓

消火栓は、配水支管に設置するものとし、その設置に当たっては、次の各項による。

1. 沿線の建築物の状況などに配慮し、100～200m 間隔に設置する。
2. 原則として、単口消火栓は、管径 150mm 以上の配水管に、双口消火栓は、管径 300mm 以上の配水管に取付ける。
3. 消火栓には、補修弁を取付ける。
4. 寒冷地及び積雪地では、不凍式の地上式消火栓を用いる。また、地下式消火栓を用いる場合は、凍結防止の方策を講じる。
5. 消火栓の口径は、原則として 65mm とする。

2. 4 消防当局との協議

近年、水道事業を取り巻く環境は全国的に大きく変化しており、人口減少、節水機器の普及や節水意識の向上等により水需要が減少している。一方で、高度経済成長期に布設された管路は、水需要の増加を見込んだ口径設定となっているため、現在及び将来的な水需要に対して過大な口径となっている。したがって、耐用年数が近づいた管路を更新する際には、水需要に応じた適切な口径設定とし、必要に応じて縮径した上で、配水支管網を再構築していくことが望ましい。

以上の背景がある中で、全ての管網において「消防水利の基準」を適用すると、将来的な水需要に対して過大な口径となってしまうことから、将来管網で確保すべき消防水利の条件設定と、消防当局との協議が不可欠である。以下に参考として、仙台市、盛岡市で配水支管網の再構築に向けて行った消防当局との協議事例を記載する。

2. 4. 1 消防当局における協議事例（仙台市）

仙台市での水需要は、平成6年（1997年）の一日最大配水量44万 m^3 を境に漸減を続け、近年の一日最大配水量は36万 m^3 程度にまで減少している。水道局が平成29年度（2017年度）に行った長期水需要推計では、本市の人口は令和8年（2026年）頃から減少傾向となるため、さらなる水需要の低下が見込まれている。そのため、仙台市内全ての管網に係る消防水利に関して、消防庁基準の遵守を原則とした上で、以下のとおり諸条件を設定し、協議を行った。

1. 消火栓の配置

- (1) 消火栓は、原則として「消防水利の基準」第4条の配置基準を満たすように配置する。
- (2) 水道工事等により消火栓に変更が生じる場合は、事前に協議する。
- (3) 消火栓が「消防水利の基準」第4条の配置基準より明らかに過密に配置されている場合は、協議により、消火栓を廃止する。

2. 消火栓の給水能力

- (1) 消火栓の給水能力は、「消防水利の基準」第3条を原則とするが、今後の水需要等を考慮した管網に整備する場合は、同一系統の管に設置された3基の消火栓を同時に開栓したときに1 m^3 /分以上の給水が可能となるように努めるものとする。
- (2) 現状の管網において、上記2.(1)を満たさない消火栓については、現状の給水能力の維持に努めるものとする。
- (3) 現状の管網において、上記2.(1)を満たすことができず、著しく給水能力が不足する消火栓が存在する配水計量ブロックについても、現状の給水能力の維持に努めるものとするが、管網の整備の際には個別に協議する。
- (4) 今後の個別協議にあたっては、「消防水利の基準」のほか、国で策定する水道に関する基準など、各種関連資料等を参考に協議する。
- (5) 上記給水能力は、水道局が保有する管網解析ソフトを使用した水理計算により確認する。

諸条件の設定にあたっては、仙台市消防局と協議を重ね、令和2年度に同意が得られた。また、仙台市の給水区域には、隣接する富谷市の一部区域が含まれていることから、同様に協議を行い、令和3年度に同意が得られた。

とくに、過密に配置された消火栓の廃止や、消火栓の再配置の計画によって消火栓が廃止可能となった路線については、縮径の積極的な検討が可能となったことから、配水支管網の再構築に向けて大きな前進となった。

2. 4. 2 消防当局における協議事例（盛岡市）

玉山地区刈屋浄水場系は、昭和54年度（1979年度）に簡易水道として認可され、配水管が整備されてから40年が経過するのにあたり、配水管の更新を計画している。これを契機とし、当該地区の給水状況や土地利用状況等の特性を踏まえ、水圧や水質が適正に保持できる配水管口径への縮径、廃止管路の選定等を進める目的で、以下のとおり当該地区の消防水利の条件を設定し、協議を行った。

刈屋浄水場系の消防水利の条件

配水管口径75mm以上に設置される消火栓で、1火点あたり1か所の消火栓使用で負圧にならないこと。この場合の消火栓の能力は毎分1m³以上とする。

消防当局からは、平成29年度に以下のとおり回答があり、同意が得られた。

（略）・・・消火栓は消防水利の基準（第3条消防水利の給水能力）に適合しないものとなりますが、水量が確保されている「消火栓」として把握し、消火活動等で使用させていただきますので、引き続きご協力をお願いいたします。

本事例のように、給水状況や土地利用状況等の特性を踏まえ、地域や水系ごとに消防協議を実施することも有効である。

2. 4. 3 消防当局における協議事例（盛岡市）

神子田地区の消防協議は令和4年度に実施したが、消防当局に同意が得られなかった事例である。150mmから100mmへ縮径する協議を行い、縮径前後における消火栓3基使用時の水頭差に大きな差が無い管網解析結果を示した。しかし、以下に示す理由により、消防水量を十分に確保しておきたいという消防当局からの主張があり、縮径を断念したものである。

- ・「神子田朝市」という古い建物が連なったエリアの存在
- ・多数の木造建築の存在
- ・畑地の存在

本事例のように、水道事業体側の協議に対して、同意が得られない場合もあり得るが、将来的な水需要に対して適切な口径設定となるよう、消防協議は不可欠である。

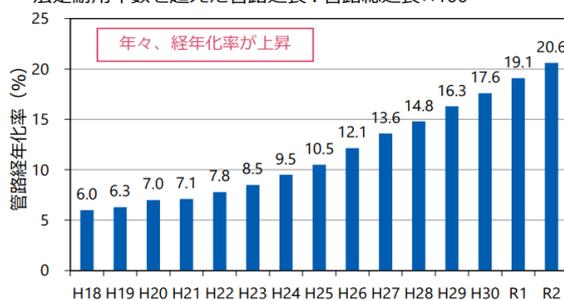
第3章 計画の策定

3.1 管路更新の必要性

我が国の水道施設は、水道が急速に普及した1960年代から1980年代にかけて整備されたものが多く、老朽化が進んでいる。管路では、法定耐用年数（地方公営企業法施行規則により40年とされている）を超えた経年管の延長が総延長に占める経年化率が増加傾向であるのに対して、更新率は横ばいの状態である。こうした老朽化した管路が年々増加する傾向である一方、水需要の増大に合わせて整備された施設は、経年とともに水需要の減少で最大稼働率は67%（全国平均）まで下がり、施設能力と水需要との間に乖離が生じている水道事業者が多く存在する状況になっている。

管路経年化率(%)

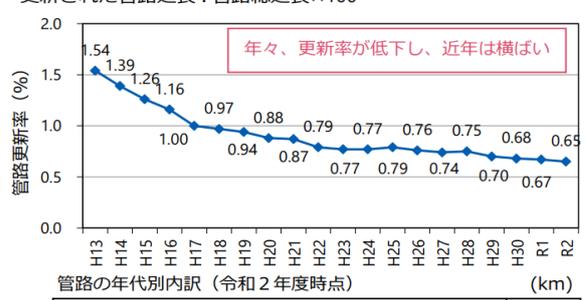
法定耐用年数を超えた管路延長÷管路総延長×100



	令和2年度	厚生労働大臣認可	都道府県知事認可	全国平均
管路経年化率	22.3%		17.7%	20.6%
管路更新率	0.72%		0.52%	0.65%

管路更新率(%)

更新された管路延長÷管路総延長×100



管路の年代別内訳 (令和2年度時点)		(km)
法定耐用年数(40年)を超えた管路延長		152,538
20年を経過した管路延長(40年超を除く)		333,914
上記以外		252,951
管路延長合計		739,403

(出典) 水道統計

加えて阪神淡路大震災(最大約130万戸断水)や東日本大震災(約257万戸)、熊本地震(約45万戸)等の自然災害を経験し、施設の耐震化が課題として明らかになる一方で、既存の水道施設の耐震化率は浄水施設38.0%、配水池60.8%、基幹管路40.7%(令和2年度末)となっており十分に耐震化が進んでいるとは言えない状況にある。

このような問題を抱える中で、水道法及び水道法施行規則が改正され(令和元年度10月1日施行)、「水道事業者は、長期的な観点から、給水区域における一般の水の需要に鑑み、水道施設の計画的な更新に努めなければならない。」及び「水道事業者は、厚生労働省令で定めるところにより、水道施設の更新に要する費用を含むその事業に係る収支の見通しを作成し、これを公表するよう努めなければならない。」との条文が追加され、老朽施設の更新・耐震化について国全体における喫緊の課題として周知されたところである。しかし、現実的な問題として、少子高齢化の影響に伴い、給水人口や料金収入の減少により、多くの水道事業者は厳しい事業運営を行っている状況にある。そのため、水道施設の更新に当たっては将来の水需要の動向を踏まえた施設の再構築・統廃合といったダウンサイジングも視野に入れ、計画的な施設更新を実施し、水道システム全体の機能向上を効率的に図っていくことが必要である。

水道施設の更新・再構築は、水の安定供給・災害対策・漏水防止対策・経営の効率化等のため

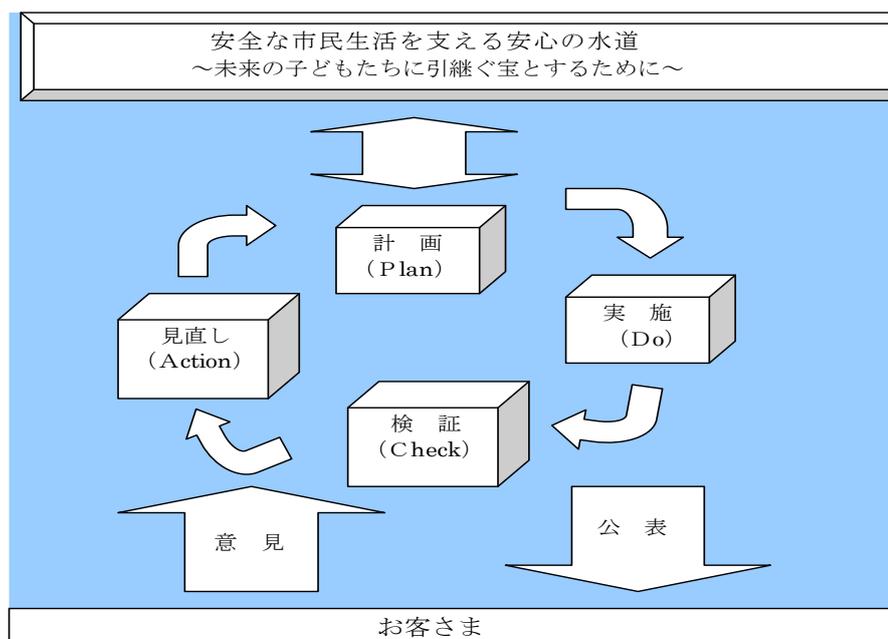
に欠かすことのできないものであるとともに、効率の低い施設を抜本的に見直し高効率かつ低コストの水道に再構築する絶好の機会ととらえることもできる。

事例として、大崎市水道ビジョンでは、以下の通り管路更新に関する基本的方向性を示し、事業を進めている。

水道は市民生活や産業活動にとって、欠くことのできないライフラインであり、管路施設がその機能を十分に発揮できるよう、管路施設の健全性を確保する必要がある。今後は、管路の更新需要の増加や整備に対応するため、計画的、効率的な更新計画を実施しなければならない。

また、災害への対応として、材質や継ぎ手部分の強度などが耐震性に優れた管種に更新するとともに、費用対効果を見極めながら計画的な更新を行う。

以上のことから、管路更新に向けて、各施策を着実に推進していくため、具体的な施策目標を設定し、進捗管理を行う仕組みを構築、計画の実行性を確保するとともに、計画期間における目標設定 (Plan)、事業の推進 (Do)、実績評価及び課題整理 (Check)、計画推進への改善策・見直し案の反映など (Action) を一連のマネジメントサイクルとして確立することで、効果的に更新事業を推進することが可能となる。



PDCA サイクル

①計画の策定と進捗管理

今後の目標とその実現を目指し、施策体系に沿った具体的な実行計画として前期・後期の更新計画を策定し、進捗管理を行う。

②着実に効果的な実施

更新計画について、評価、検証しながら改善点を次の計画の見直しに反映させ着実に効果的な取り組みを実施する。

③お客さまへの公表と意見の募集

更新計画の一つとして、「お客さまサービスの向上」を目指し、お客さまの「更新事業に対する理解」と安心や安全性など「水道への信頼」を得るために、ホームページなど用いて積極的な情報公開を行うとともに、更新の進捗状況についてお客さまの意見を募集し、さらなる改善につなげて行く。

3. 2 管路の耐用年数（更新基準年数）の設定

水道施設の更新基準として地方公営企業法上の耐用年数があるが、これは会計上の減価償却費算出のための年数であり、近年では品質の向上等により、実際に使用可能な年数と乖離している例も少なくない。そのため、管路の耐用年数は、法定耐用年数よりも長期間使用できることを前提とし、国や他事業者の動向やこれまでの使用実績等を勘案し、標準的に使用できる年数（標準使用年数）を設定している。

3. 2. 1 耐用年数の事例（大仙市）

管路更新時期に達した事を意味する耐用年数の設定方法として、水道維持管理指針2016に記載されている「管路の更新基準（実使用年数）の設定例」を基に、当局の財政状況及び技術的経験等を踏まえ、下表の管種、継手形状別の標準使用年数を設定した。

なお、ポリスリーブを設置している場合は耐用年数を+20年としている。

管種区分	法定耐用年数	標準使用年数
鋳鉄管（ダクタイル鋳鉄管は含まない）	40年	50年
ダクタイル鋳鉄管（耐震型継手を有する）	40年	80年
ダクタイル鋳鉄管（K型継手を有するもののうち 良い地盤に布設されている）	40年	80年
ダクタイル鋳鉄管（上記以外・不明なものを含む）	40年	60年
鋼管（溶接継手を有する）	40年	70年
鋼管（上記以外・不明なものを含む）	40年	50年
石綿セメント管	40年	40年
硬質塩化ビニル管（RRロング継手等を有する）	40年	60年
硬質塩化ビニル管（RR継手等を有する）	40年	50年
硬質塩化ビニル管（上記以外・不明なものを含む）	40年	40年
コンクリート管	40年	40年
鉛管	40年	40年
ポリエチレン管（高密度、熱融着継手を有する）	40年	60年
ポリエチレン管（上記以外・不明なものを含む）	40年	50年
ステンレス管（耐震型継手を有する）	40年	60年
ステンレス管（上記以外・不明なものを含む）	40年	50年
その他（管種が不明なものを含む）	40年	40年

3. 2. 2 耐用年数の事例（いわき市）

当市では、今後迎える浄水場再整備などの大規模更新に備え、水道施設の老朽化等に起因する事故を予防するとともに、施設の長寿命化を図り、更新需要の抑制を図る観点から「水道施設長寿命化計画」を策定している。そのため、長寿命化対策の効果として、延長使用年数を設定し管路更新時期の基準としている。

管路の延長使用年数は、基幹管路（導水管・送水管・配水本管・重要給水施設管路）は標準使用年数とし、配水支管（Φ200mm 以上）は標準使用年数の 1.2 倍、配水支管（Φ200mm 未満）は標準使用年数の 1.5 倍と設定する。ただし、標準使用年数の 1.2 倍または 1.5 倍とした際の年数が 100 年を超過する場合の延長使用年数は、100 年と設定する。

管種	記号	採用年度（西暦）	地盤	標準 使用 年数	延長使用年数	
					配水支管	
					200mm 以上	200mm 未満
鑄鉄管 ダクタイル鑄鉄管	C, D	S45 以前（～ 1970）		50 年	60 年	75 年
		S46～H9（1971～ 1997）		60 年	72 年	90 年
		H10 以降（1998 ～）		100 年	100 年	100 年
K 形ダクタイル鑄鉄 管	D(K)	S46～H9（1971～ 1997）	良い地盤	70 年	84 年	100 年
			悪い地盤	60 年	72 年	90 年
耐震形ダクタイル鑄 鉄管	DS	S60～H9（1985～ 1997）		80 年	96 年	100 年
			H10 以降（1998 ～）		100 年	100 年
鋼管（溶接継手）	S, NCP			70 年	84 年	100 年
鋼管 （ねじ込み継手）	S (SGP 等)			40 年	48 年	60 年
ステンレス鋼管	SUS			100 年	100 年	100 年
硬質塩化ビニル管 (TS)	V	S52 以前（～ 1977）	良い地盤	50 年	60 年	75 年
			悪い地盤	40 年	48 年	60 年
S53～H9（1978～ 1997）		良い地盤	60 年	72 年	90 年	
		悪い地盤	50 年	60 年	75 年	
H10 以降（1998 ～）		良い地盤	70 年	84 年	100 年	
		悪い地盤	60 年	72 年	90 年	
配水用ポリエチレン 管	HPPE	H29 以降（2017 ～）		100 年	100 年	100 年
1 種 2 層ポリエチレ ン管	PEP	H11 以降（1999 ～）		100 年	100 年	100 年
1 種ポリエチレン管	PEP	H10 以前（～ 1998）		40 年	48 年	60 年
石綿セメント管	A			40 年	48 年	60 年

【地盤区分】

(良い地盤)

山地/山麓地/丘陵/火山地/火山山麓地/火山性丘陵/岩石台地/砂礫質台地/ローム台地

(悪い地盤)

谷底低地/扇状地/自然堤防/後背湿地/旧河道/三角州・海岸低地/砂州・砂礫州/砂丘/砂州・砂丘
間低地干拓地/埋立地/磯・岩礁/河原/河道/湖沼

3. 2. 3 耐用年数の事例（山形市）

更新時期に達したことを意味する更新基準年数の設定方法として、厚生労働省出典の「水道事業におけるアセットマネジメント（資産管理）に関する手引き」や他都市の事例を参考とし、本市におけるこれまでの経験等を踏まえたうえで、法定耐用年数の1.0倍から1.95倍に相当する40年から78年としている。

重要度（口径別）	管種	埋設年度	更新基準年数
高 （口径φ200～300mm）	鋳鉄管	～S44	40年
	ダクタイル鋳鉄管	S45～S54	60年
		S55～H17	64年
		H18～	69年
	塗覆装鋼管		64年
	ステンレス鋼管		69年
	配水用ポリエチレン管		69年
	ポリエチレン管		40年
塩化ビニル管		40年	
低 （口径φ150mm以下）	鋳鉄管	～S44	40年
	ダクタイル鋳鉄管	S45～S54	48年
		S55～H17	73年
		H18～	78年
	塗覆装鋼管		73年
	ステンレス鋼管		78年
	配水用ポリエチレン管		78年
	ポリエチレン管		40年
塩化ビニル管		40年	

3. 2. 4 耐用年数の事例（仙台市）

更新時期に達したことを意味する耐用年数（以後、「想定使用年数」という。）の設定方法として、法定耐用年数の1.0倍から2.5倍に相当する40年から100年を基本耐用年数として設定し、基本耐用年数から管種・継手形式等により一定年数を減算し、その結果を持って「想定使用年数」を設定する方法で行う。

基本耐用年数及び減算の年数については、厚生労働省が平成26年4月にとりまとめたアセットマネジメント簡易支援ツール参考資料『実使用年数に基づく更新基準の設定例』並びに他都市で公表している想定（基本）耐用年数を参考とし、さらに本市における更新実績や管路の技術的変遷等を勘案し、これまでの経験等を踏まえうえで設定し、下表の管種別の想定使用年数を設定した。

管種別	基本耐用年数	技術的要素による下限算要素	想定使用年数
鑄鉄管〔CIP〕	40年	なし	40年
ダクタイル鑄鉄管〔DIP〕	60年	ポリスリーブ被覆なし：なし	60年
		ポリスリーブ被覆あり：+20年	80年
		GX形（ポリスリーブ被覆あり）：+40年	100年
鋼管〔SP〕溶接継手	80年	1975年以前布設の口径700mm以下のもの：-20年	60年
		上記を除く：なし	80年
ステンレス鋼管〔SUSP〕溶接継手	100年	なし	100年
硬質塩化ビニル管〔VP〕 （耐衝撃性管〔HIVP〕を含む）	60年	TS継手で1979年以前布設のもの：-20年	40年
		TS継手で1980年以後布設のもの・RR継手：なし	60年
ポリエチレン2層管（PP）	60年	なし	60年
上記以外及び管種不明	40年	なし	40年

今後、各種維持管理情報の蓄積や、更新時の管路の状態をデータベース化する等により、想定使用年数の見直しを行うこととしている。

3. 3 更新延長の把握

適切にダウンサイジングを実施していくにあたって、配水管網の口径別、管種別、布設年度別等に区分けし、管網の状況を把握する必要がある。以下に、集計事例を示す。

3. 3. 1 集計の事例（いわき市）

管路種別と定義

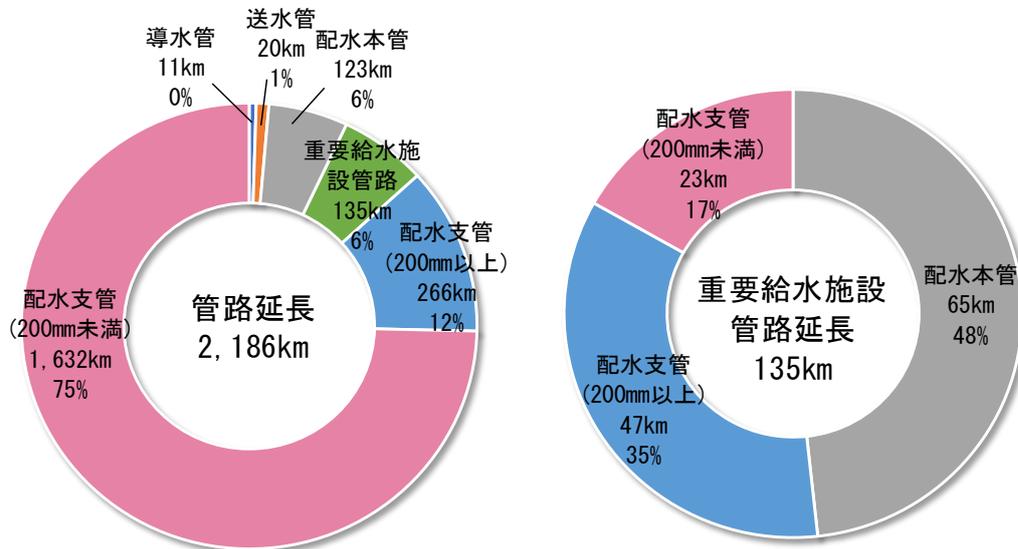
種別		定義
基幹管路	導水管	取水施設から浄水場まで原水を導水する管をいう。
	送水管	浄水場から配水池まで浄水を送る管をいう。
	配水本管	配水池等から需要者の給水管を接続する配水支管に浄水を分配する口径 350 mm以上の配水管をいう。原則、給水管への分岐はない。 配水本管のうち浄水場水系を連絡する区間を水系幹線という。
	重要給水施設管路	救急病院、人工透析病院、公共施設及び福祉避難所などの重要給水施設に供給するための管路で配水本管、配水支管で構成される。（国等の定義では、導水管及び送水管も含まれるが、「重要給水施設配水管整備計画」では、配水池から重要給水施設までのルートを対象としているため、本計画においては配水本管及び配水支管のみが該当する。）
配水支管（200 mm以上）		配水本管から需要者の給水管に浄水を供給する口径 350 mm未満 200 mm以上の配水管をいう。
配水支管（200 mm未満）		配水本管から需要者の給水管に浄水を供給する口径 200 mm未満の配水管をいう。

上水道 口径別管種別延長

口径 (mm)	延長 (m)								
	基幹管路						配水支管 (200mm以上)	配水支管 (200mm未満)	合計
	導水管	送水管	配水本管	重要給水施設管路					
			配水本管	配水支管 (200mm以上)	配水支管 (200mm未満)				
50	0	0	0	0	0	15	0	165,245	165,260
75	0	0	0	0	0	770	0	419,676	420,446
100	0	0	0	0	0	11,071	0	631,402	642,473
125	0	0	0	0	0	0	0	1,285	1,285
150	0	0	0	0	0	10,829	0	414,064	424,893
200	0	0	0	0	18,740	0	142,896	0	161,636
250	0	0	0	0	11,875	0	52,754	0	64,629
300	0	0	0	0	16,655	0	70,437	0	87,092
350	0	4,093	35,384	7,325	0	0	0	0	46,802
400	670	5,469	21,697	15,799	0	0	0	0	43,635
450	0	0	2,108	297	0	0	0	0	2,405
500	8,251	1,478	17,252	13,524	0	0	0	0	40,505
600	1,569	1,318	15,459	16,086	0	0	0	0	34,432
700	0	5,649	13,078	9,936	0	0	0	0	28,663
800	0	1,214	17,919	2,341	0	0	0	0	21,474
1000	275	370	0	0	0	0	0	0	645
合計	10,765	19,591	122,897	65,308	47,270	22,685	266,087	1,631,672	2,186,275

管路種別

上水道の管路総延長は2,186kmであり、導水管が11km(0.5%)、送水管が20km(1%)、配水本管が123km(6%)、重要給水施設管路が135km(6%)、配水支管(200mm以上)が266km(12%)、配水支管(200mm未満)が1,632km(75%)となっている。



上水道 管路の種別延長（左）と重要給水施設管路の種別延長（右）

上水道の管種別の管路延長を次表に示す。

導水管は全体の93%(9,996m)をダクタイル鋳鉄管が占めている。送水管においても全体の80%(15,721m)をダクタイル鋳鉄管が占めている。配水本管は、ダクタイル鋳鉄管とダクタイル耐震管がそれぞれ全体の54%と42%を占めている。重要給水施設管路は、ダクタイル鋳鉄管が全体の50%を占めている。配水支管(200mm以上)は全体の76%(201,858m)をダクタイル鋳鉄管が占めている。配水支管(200mm未満)は全体の79%(1,286,742m)を硬質塩化ビニル管が占めており、次いでダクタイル鋳鉄管が19%(308,962m)となっている。

上水道 管種別管路延長

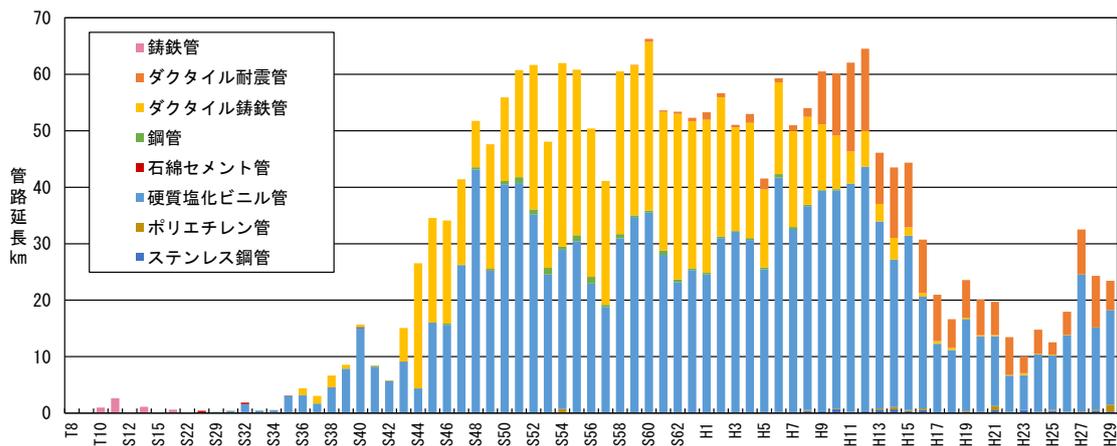
管種	延長 (m)								
	基幹管路						配水支管 (200mm以上)	配水支管 (200mm未満)	合計
	導水管	送水管	配水本管	重要給水施設管路					
			配水本管	配水支管 (200mm以上)	配水支管 (200mm未満)				
鋳鉄管	670	0	0	1,104	402	0	1,971	1,467	5,614
ダクタイル耐震管	0	3,693	52,032	31,430	16,469	828	57,148	17,225	178,825
ダクタイル鋳鉄管	9,996	15,721	66,513	31,117	29,793	6,197	201,858	308,962	670,157
鋼管	99	85	2,726	766	102	165	3,625	7,399	14,967
石綿セメント管	0	0	0	0	0	0	0	1,159	1,159
硬質塩化 ビニル管	RR-L継手	0	0	0	0	701	0	72,412	73,113
	RR継手	0	0	0	0	0	13,095	907,676	920,771
	TS継手	0	0	0	0	0	1,634	306,654	308,288
ポリエチ レン管	HPPE	0	0	0	0	0	0	1,108	1,108
	PE	0	0	0	0	0	0	4,174	4,174
ステンレス鋼管	0	92	1,626	891	504	65	1,485	3,436	8,099
合計	10,765	19,591	122,897	65,308	47,270	22,685	266,087	1,631,672	2,186,275

管種別の布設年度

上水道の管種別布設年度別の管路延長を次に示す。

布設年度別にみると、昭和40年代後半から平成10年度頃にかけて多くの管路を布設していることが確認でき、昭和60年度に布設延長が最長となっている。

管種は昭和40年度から平成10年度にかけては硬質塩化ビニル管とダクタイル鋳鉄管が主流であったものの、現在では硬質塩化ビニル管とダクタイル耐震管が主流となっている。なお、令和元年度以降は、硬質塩化ビニル管に代わりポリエチレン管が採用されている。



3. 3. 2 集計の事例（八戸圏域水道企業団）

管網の状況を把握する際、紙や図面ベースでのデータ収集では作業が膨大な量になってしまうため、マッピングシステムを構築する事によりの確に収集できる。収集した情報を基に、管路の重要度・優先度の決定、管路の更新時期、管路更新計画の作成を行う。

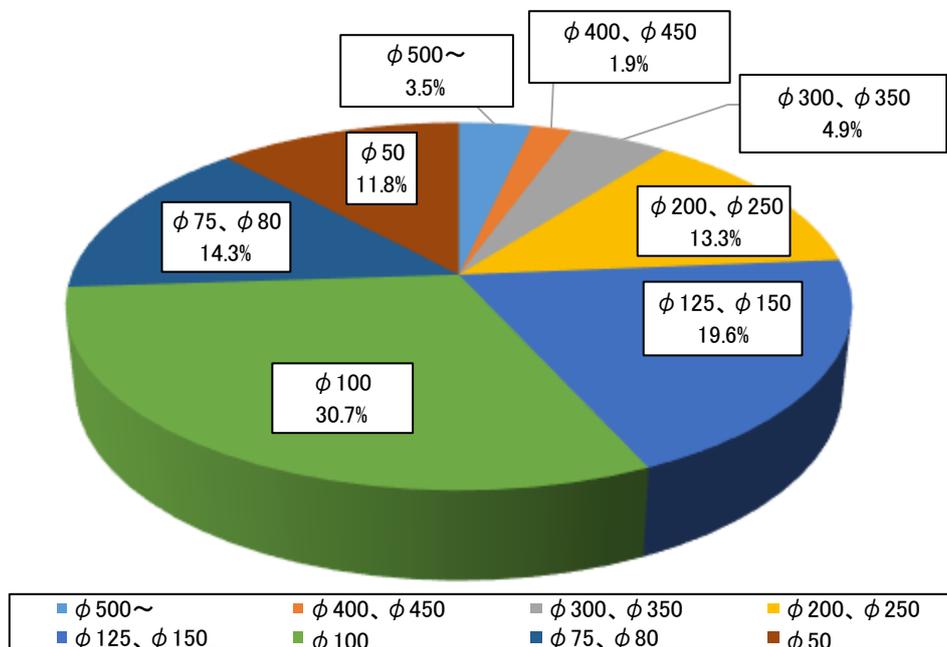
口径別導送配水管延長表

口径 (mm)	管路延長 (km)	割合
50	292.93	11.8%
75	355.01	14.3%
80	0.21	0.0084%
100	762.61	30.7%
125	0.18	0.0072%
150	486.49	19.6%
200	202.35	8.1%
250	128.09	5.2%
300	89.25	3.6%
350	31.86	1.3%
400	38.91	1.6%
450	9.55	0.4%
500	32.88	1.3%
600	14.18	0.6%
700	16.16	0.7%
800	1.52	0.1%
900	0.01	0.0004%
1000	16.17	0.7%
1200	3.87	0.2%
1350	1.11	0.0447%
1500	2.10	0.1%
総計	2,485.44	100.0%

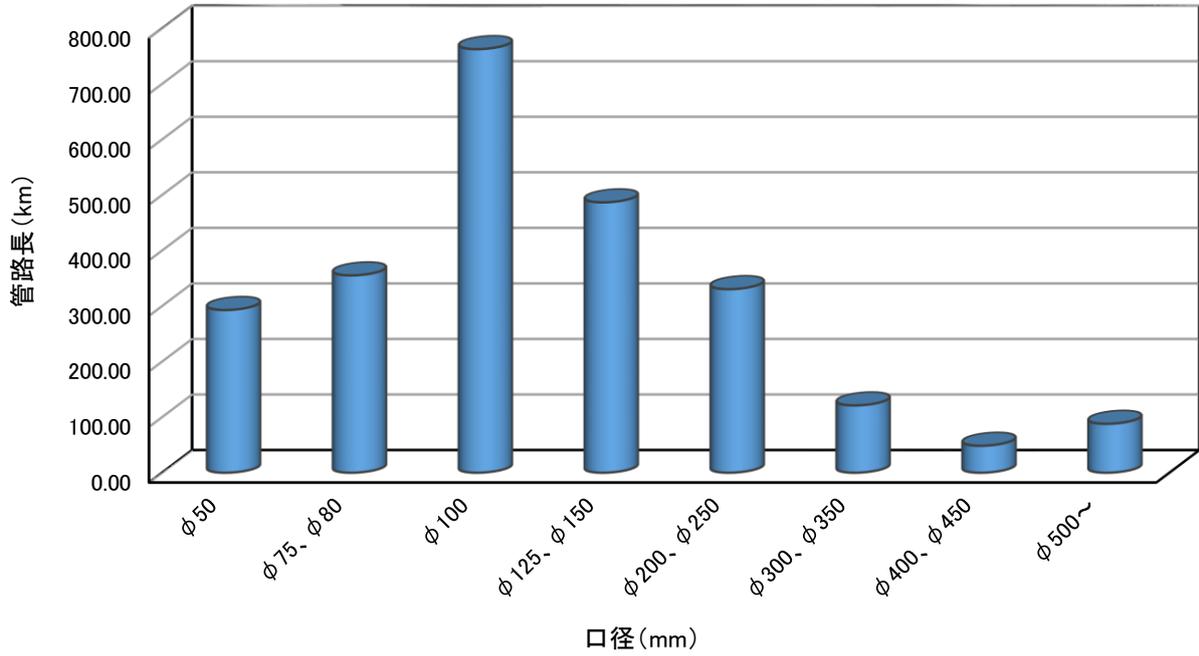
水道管種別延長表

管 種	延長 (km)
D I P 耐震管	438.9
D I P (E) 耐震管	551.7
S G P 溶接	6.2
S U S P 溶接	6.3
D I P 非耐震管	1049.4
D I P (E) 非耐震管	0.7
A C P	6.3
C I P	8.2
P P	215.9
S G P ねじ込み	8.5
V P R R	49.5
V P T S	132.0
不明	1.5
総計	2475.1

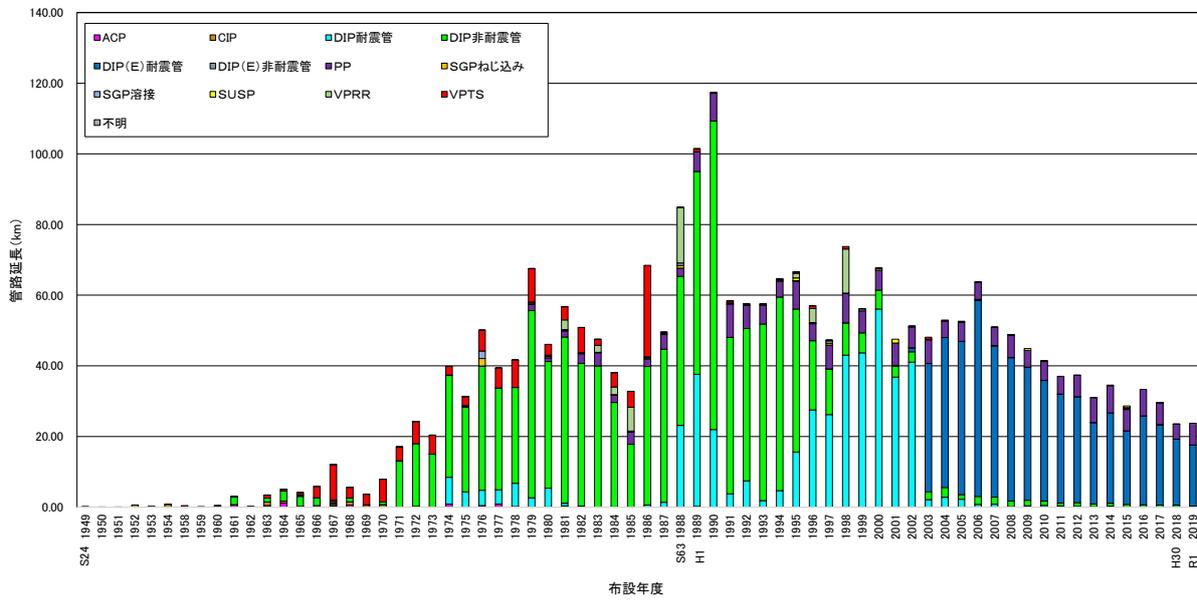
口径グループ別の管路延長比率



口径グループ別の管路延長



布設年度別管種別の管路延長



3. 3. 3 集計の事例（山形市）

以下は、管種及び口径別配水管延長を取りまとめたものである。これらの情報は、マッピングシステムを活用し抽出している。

管種・口径別配水管延長表

管種		鋳鉄管	鋼管	ビニール管	ポリエチレン管	令和4年度末計
口径	mm	m	m	m	m	m
φ	1200	3,511	0	0	0	3,511
	1000	1,391	94	0	0	1,485
	900	4,792	177	0	0	4,969
	800	2,571	7,232	0	0	9,803
	700	3,809	0	0	0	3,809
	600	6,705	2,102	0	0	8,807
	500	14,129	7,913	0	0	22,043
	450	5,640	0	0	0	5,640
	400	15,906	126	0	0	16,032
	350	2,094	18	0	0	2,112
	300	46,959	1,487	0	0	48,446
	250	36,856	1,085	0	0	37,941
	200	93,449	1,335	52	624	95,460
	150	243,662	2,750	615	3,008	250,035
	125	358	0	0	0	358
	100	725,923	1,014	681	4,416	732,033
	80	0	43	0	0	43
	75	118,176	105	29	2,730	121,040
	50	0	9	0	24,929	24,938
	40	0	4	0	2,212	2,216
	30	0	0	63	877	939
	25	0	0	373	22	396
	20	0	0	31	155	186
計		1,325,932	25,496	1,844	38,971	1,392,243

3. 4 使用材料の選択（管種、継手別の比較）

基幹管路等の重要施設は、被災した場合の影響が重大であるため、耐震性の高い管種・継手を使用し、配水支管などの重要な施設に属さない管路にあっても、システム全体の耐震性向上の観点から、耐震性の高い管種・継手を用いることが望ましい。地震時には地盤変位や構造物と管路の相対変位等により、管軸方向の引張・圧縮、管軸直角方向の曲げ等による応力・ひずみや継手部の伸縮が発生する。したがって、管路には常時に加えて地震時に発生する応力・ひずみに耐える管材料の強度や地盤変位を吸収できる継手の伸縮性が求められる。

管路はその構造により継手構造管路と一体構造管路に分類できる。それぞれに使用される主な管種を以下に示す。

①継手構造管路

ア．柔伸縮目地管路

継手部が伸縮、屈曲することにより、地震による地盤変位を吸収する。管種としては、K形、T形、U形等のダクタイル鋳鉄管、RR ロング継手等の硬質塩化ビニル管がある。

イ．鎖伸縮目地管路

柔伸縮目地管路に離脱防止機能を付加したもので、大きな地盤変位に対して、継手部が伸縮、屈曲し抜け出さず、継手部が地中で連動して挙動するため、地震時の大きな地盤変位に追従できる。地中で鎖のように挙動するため鎖構造管路と呼ばれている。管種としてはGX形、NS形、S形、PN形、US形等のダクタイル鋳鉄管がある。

ウ．剛伸縮目地管路

継手部を剛結したものであり、継手部は伸縮・屈曲できない。管種としては、UF形等のダクタイル鋳鉄管およびフランジ形がある。

②一体構造管路

地震時に発生する力や地盤変位を管体の材料強度および変形で吸収する。管種としては、溶接鋼管、ステンレス鋼管および水道配水用ポリエチレン管（融着継手）がある。

これらが主に使用される管種・継手になるが、それぞれの耐震性、耐久性、維持管理性の性能に着目し、その性能毎に特徴を整理した表が以下のとおりとなる。

現在主に使用されている管種の特徴

	耐震性	耐久性・維持管理性・留意事項など
<p>(GX形, N形, S形等) ダクタイル鋳鉄管</p>	<p>・鎖伸縮目地管路であり、地震時の大きな地盤変位に対して、継手部が伸縮・屈曲し抜け出さない。</p> <p>・地震による被害は報告されていない。軟弱地盤や液状化発生地域でも被害は発生していない。</p>	<p>【耐久性】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・管体強度が大きく、靱性に富み、衝撃に強い。 ・長期間使用しても管の物性値に経年変化が無い。 ・他工事による外力で大きな変形や傷付きが生じにくい。 ・津波や豪雨による道路崩壊に耐えた事例が多数ある。 <p>【維持管理性】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ポリエチレンスリーブ被覆による防食対策が広く普及しており、さらに防食性能を向上した外面耐食塗装も開発されている。 ・曲部には曲管を使用し、若干の曲がりには直管の場合継手部を許容値まで曲げることで対応できる。 <p>【留意事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・異形管部は不平均力対策として一体化する必要がある。 ・外面塗装に損傷を受けると腐食しやすい。
<p>溶接鋼管</p>	<p>・一体化構造管路であり、管体の強度および変形で地震時の地盤変位に追従できる。地盤変位の大きいところでは伸縮可撓管の使用または厚肉化で対応できる。</p> <p>・地震被害事例は数少ないが、伸縮可撓管での被害がある。</p> <p>・断層横断部などにおける対策工として断層用鋼管が実用化されている。</p>	<p>【耐久性】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・管体強度が大きく、靱性に富み、衝撃に強い。 ・長期間使用しても管の物性値に経年変化が無い。 ・他工事による外力で大きな変形や傷付きが生じにくい。 ・豪雨による道路崩壊に耐えた事例がある。 <p>【維持管理性】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・防食性能に優れた長寿命形のプラスチック被覆鋼管が開発されている。 ・現地に合わせた任意角度の曲管を製作できる。 ・一体化構造管路であるため、不平均力対策は不要である。 <p>【留意事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電食に対する配慮が必要である。 ・内外の防食面に損傷を受けると腐食しやすい。 ・溶接は有資格者により行われる。また自動溶接機も実用化されている。

現在主に使用されている管種の特徴

	耐震性	耐久性・維持管理性・留意事項など
水道配水用ポリエチレン管	<ul style="list-style-type: none"> ・一体構造管路であり、管体の変形で地震時の地盤変位に追従できる。 ・地震被害事例は数少ない。 	<p>【耐久性】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・伸びが大きく、耐腐食性に優れている。 ・長期間の使用における内圧クリープの影響を考慮する必要がある。 ・他工事による外力では、変形や傷付きが生じやすい。 <p>【維持管理性】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・溶剤浸透防護スリーブも開発され、利用されている。 ・生曲げ配管が可能である。 ・重量が軽く施工性が良い。 <p>【留意事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・熱や紫外線に対し、保管時等に留意する必要がある。 ・土壌汚染が懸念される地域では有機溶剤の浸透に注意する必要がある。 ・雨天や水場での施工に制約がある。
(K型、T型継手等) ダクタイル鋳鉄管	<ul style="list-style-type: none"> ・柔伸縮目地管路であり、継手部の伸び、屈曲により、地震時の地盤変位を吸収する。液状化など地盤変位が大きいところでは継手が抜け出すが、岩盤・洪積層等のよい地盤では地盤変位に対応できる。 	<p>【特徴はGX型等のダクタイル鋳鉄管と同じ】</p>

現在主に使用されている管種の特徴

	耐震性	耐久性・維持管理性・留意事項など
(RRロング継手) 硬質塩化ビニル管	<ul style="list-style-type: none"> RRロング継手は、従来のTS継手と比べ継手伸縮性能が優れている。継手部の伸び・屈曲により地震時の地盤変位を吸収する。 	<p>【耐久性】</p> <ul style="list-style-type: none"> 耐腐食性に優れている。 他工事による外力では、変形や傷付きが生じやすい。 <p>【維持管理性】</p> <ul style="list-style-type: none"> 重量が軽く施工性が良い。 施工に特殊な工具を必要としない。 <p>【留意事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> 熱や紫外線に対し、保管時等に留意する必要がある。 土壌汚染が懸念される地域では有機溶剤の浸透に注意する必要がある。 継手の種類によっては、異形管防護を必要とする。
(水管橋が主な用途) ステンレス鋼管	<ul style="list-style-type: none"> 一体化構造管路であり、管体の強度および変形で地震時の地盤変位に追従できる。 これまで地震による被害は報告されていない。 	<p>【耐久性】</p> <ul style="list-style-type: none"> 管体強度が大きく、韌性に富み、衝撃に強い。 耐食性に優れている。 長期間使用しても管の物性値に経年変化が無い。 <p>【維持管理性】</p> <ul style="list-style-type: none"> 基本的に内面塗装が不要である。外面の塗覆装も腐食性土壌を除いて、不要である。 現地に合わせた任意角度の曲管を製作できる。 一体構造管路であるため、不平均力対策は不要である。 <p>【留意事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> 異種金属との絶縁処理が必要。 溶接は有資格者により行われる。

管路の耐震性に関しては、過去の被災経験に重点をおいて整理した「管路の耐震化に関する検討報告書（平成26年6月）」（厚生労働省）における管種・継手ごとの耐震適合性を参考にできる。

管種の選定にあたって各水道事業者は、これらの資料とともに、水運用上の重要度、事故時における二次災害の影響等、各事業体固有の管路の特性等も勘案することが必要である。

管種・継手ごとの耐震適合性（平成 18 年度検討）

管種・継手	配水支管が備えるべき耐震性能	基幹管路が備えるべき耐震性能	
	レベル 1 地震動に対して、個々に軽微な被害が生じて、その機能維持が可能であること。	レベル 1 地震動に対して、原則として無被害であること。	レベル 2 地震動に対して、個々に軽微な被害が生じて、その機能維持が可能であること。
ダクタイル鋳鉄管 (NS 形継手等)	○	○	○
ダクタイル鋳鉄管 (K 形継手等)	○	○	注 1)
ダクタイル鋳鉄管 (A 形継手等)	○	△	×
鋳鉄管	×	×	×
鋼管（溶接継手）	○	○	○
水道配水用ポリエチレン管（融着継手） ^{注 2)}	○	○	注 3)
水道用ポリエチレン二層管（冷間継手）	○	△	×
硬質塩化ビニル管 (RR ロング継手) ^{注 4)}	○	注 5)	
硬質塩化ビニル管 (RR 継手)	○	△	×
硬質塩化ビニル管 (TS 継手)	×	×	×
石綿セメント管	×	×	×

注 1) ダクタイル鋳鉄管 (K 形継手等) は、埋立地など悪い地盤において一部被害は見られたが、岩盤・洪積層などにおいて、低い被害率を示していることから、よい地盤においては、基幹管路が備えるべきレベル 2 地震動に対する耐震性能を満たすものと整理することができる。

注 2) 水道配水用ポリエチレン管（融着継手）の使用期間が短く、被災経験が十分でないことから、十分に耐震性能が検証されるには、なお時間を要すると考えられる。

注 3) 水道配水用ポリエチレン管（融着継手）は良い地盤におけるレベル 2 地震（新潟県中越地震）で被害がなかった（フランジ継手部においては被害があった）が、布設延長が十分に長いとは言えないこと、悪い地盤における被災経験がないことから、耐震性能が検証されるには、なお時間を要すると考えられる。

注4) 硬質塩化ビニル管 (RR ロング継手) は、RR 継手よりも継手伸縮性能が優れているが、使用期間が短く、被災経験もほとんどないことから、十分に耐震性能が検証されるには、なお時間を要すると考えられる。

注5) 硬質塩化ビニル管 (RR ロング継手) の基幹管路が備えるべき耐震性能を判断する被災経験はない。 ※ 注を付してあるものも、各水道事業者の判断により採用することは可能である。

備考) ○ : 耐震適合性あり

× : 耐震適合性なし

△ : 被害率が比較的到低いが、明確に耐震適合性ありとし難いもの

出典:水道施設耐震化の課題と方策 平成 20 年 12 月 16 日 日本水道協会 震災対応等特別調査委員会

参考文献:水道施設耐震工法指針・解説 2022 年版 I 本編

水道水道施設耐震工法指針・解説 2022 年版 II 参考資料編

最後に、有識者らによって構成された、水道技術管路研究会により発刊された「長期的視点に立脚した水道管路の総合評価報告書」(令和 2 年 3 月) より、耐震継手形ダクタイル鋳鉄管、溶接鋼管、配水用ポリエチレン管それぞれの以下 5 つの性能に着目し、公表データに基づき評価した表を記すので今後の管種選定の参考にされたい。

- 1) 長期的な耐久性を有すること。(長期耐久性)
- 2) 繰り返し起こる大きな地震に耐え、継続して使用できること。(耐震性)
- 3) 津波や豪雨などの自然災害に耐えること。(自然災害への強さ)
- 4) 布設後の事故が少なく、かつ維持管理が容易なこと。(維持管理性)
- 5) 施工が容易で確実なこと。(施工性)

(調査年月：2019年11月26日)

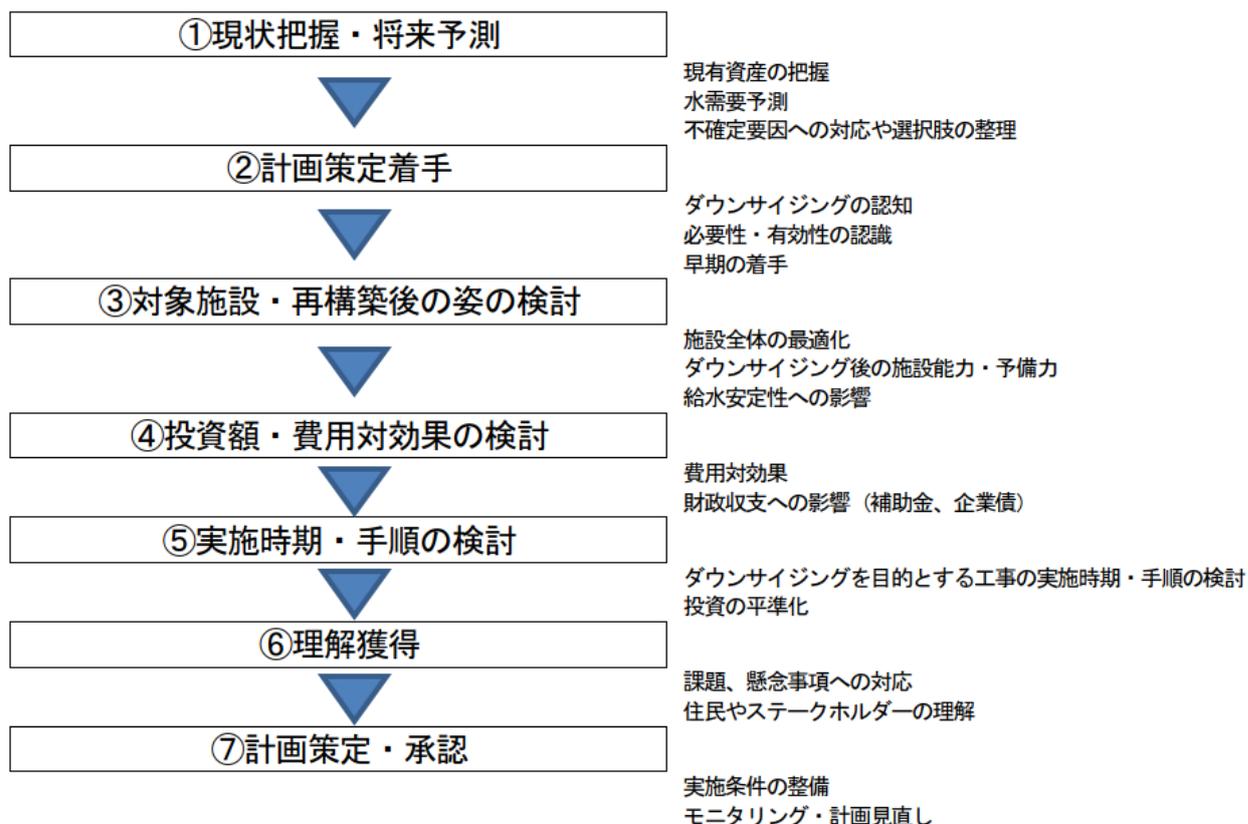
表 5.5 各種の総合評価表

求められる性能	評価項目	評価内容	評価結果	備考
1. 長期耐久性	(1) 材料の物性値の経年変化	<p>◎：高い水準の性能が認められる。○：一部課題があるものの高い水準の性能が認められる。△：一定水準の性能が認められる。×：一定水準の性能が認められない。○：一部課題があるものの高い水準の性能が認められる。△：一定水準の性能が認められない。×：一定水準の性能が認められない。</p> <p>耐震継手ダクタイル鉄管 (O形、NS形、S形) JIS B 113・114・115 90°/180°耐震継手・継手 JIS B 113・114・115 90°/180°耐震継手・継手 JIS B 113・114・115 90°/180°耐震継手・継手</p>	◎	配水管用ポリエチレン管 JIS K 144 水道配水管用ポリエチレン管 JIS K 145 水道配水管用ポリエチレン管
	(2) 長期使用された管の性能	<p>◎：50年間使用された管の水密性や約40年間使用された内面防食性能が低下していないことが確認されている^{331, 340}。現地調査や防食性能の耐久性能が、途中経過も含め最長63年の豊富な調査結果と促進試験の結果を照らし合わせて確認されている^{371, 380}。ゴムの劣化や促進試験の結果を照らし合わせて確認されている^{371, 380}。</p>	◎	水道管路では内圧が作用するので、クリープにより新品よりも低い応力で破断する ^{371, 380} 。そのため、50年後の破断応力に応じて100年後の破断応力を、実際に使用されている環境を考慮せずに1年間の促進試験のみで推定している。敷か所では最長約20年間埋設された管が調査されているが、一部試験継続中を除いて長期耐久性を短期間の促進試験で確認している ^{371, 380} 。事故率の公表データがない。
	(3) 使用年数による事故率の推移と事故事例	<p>◎：漏水事故データの分析結果から、長期使用しても事故率が低いことが確認されている³⁸⁰。50年後の事故率：0.02 (件/年)³⁸⁰。継手構造管路であり、地震時の地盤変位を継手の伸縮で吸収し、かつ継手は抜け出さない³⁸⁰ (継手構造管路)³⁸⁰。地震被害は無い^{380, 381, 382}。数多くの地震時の管の挙動計測や、地震後の実際の継手伸縮量の計測などにより、耐震計算法の有効性および局所に集中する地盤変形を継手で吸収できていることが定量的に確認されている^{380, 381, 382}。</p>	◎	漏水事故データの分析結果から、長期使用しても事故率が低いことが確認されている ³⁸⁰ 。50年後の事故率：0.13 (件/年) ³⁸⁰ 。一体構造管路であり、地震時の地盤変位を管体の伸縮で吸収する ^{380, 381, 382} 。地震被害は少ない。ただし、耐震計算と実際の面溶接や裏面溶接でも被害があり、さらに伸縮しよう管での被害がある ^{380, 381, 382} 。地震時の管の挙動計測により耐震計算法の有効性が確認されている ³⁸⁰ 。地震後の管の状況の定量的な調査報告が無い。
2. 耐震性	(1) 耐震メカニズム	<p>◎：継手構造管路であり、地震時の地盤変位を継手の伸縮で吸収し、かつ継手は抜け出さない³⁸⁰ (継手構造管路)³⁸⁰。地震被害は無い^{380, 381, 382}。数多くの地震時の管の挙動計測や、地震後の実際の継手伸縮量の計測などにより、耐震計算法の有効性および局所に集中する地盤変形を継手で吸収できていることが定量的に確認されている^{380, 381, 382}。</p>	◎	一体構造管路であり、地震時の地盤変位を管体の伸縮で吸収する ^{380, 381, 382} 。地震被害は少ない。ただし、耐震計算と実際の面溶接や裏面溶接でも被害があり、さらに伸縮しよう管での被害がある ^{380, 381, 382} 。地震時の管の挙動計測により耐震計算法の有効性が確認されている ³⁸⁰ 。地震後の管の状況の定量的な調査報告が無い。
	(2) 地震による被害と管路挙動の予測	<p>◎：レベル2地震動に対して弾性設計³⁸⁰であり管体に変形が現れない。水地震動を模倣回経路した管の性能試験で所定の耐震性能を有すること^{380, 381, 382}。おおよそ2. (2)の調査で継手伸縮量には余裕があることから、次の大地震にも耐えうる³⁸⁰ことが確認されている³⁸⁰。</p>	◎	レベル2地震動に対して弾性設計であり管に変形が現れる。2回の大地震に耐えた事例はあるが ³⁸⁰ 、その管の性能調査はされていない。新管の繰り返し伸縮試験では管体に目的どおりの歪みが発生しておらず ³⁸⁰ 、耐震性の保証にはなっていない。
3. 自然災害への対応	(1) 津波や豪雨などに対する対策	<p>◎：1.5m程度の耐震変位に対しては特別な対策は不要である。それを超える耐震変位に対しては、長尺継ぎ継手を使用し³⁸⁰、耐震性能1)を満たす管路設計法が確立しており、耐震変位を受けた後もそのまま使い続けられる。この設計法は、正確に予測できない断層出現位置に対しても適用できる^{380, 381, 382}。津波や豪雨による道路崩壊や重物の上載に耐えた事例が多数報告されている^{380, 381, 382, 383, 384}。管体に着目した耐震性能は無く、それらの管の継手伸縮量の計測などにより、管路の挙動が定量的に確認されている^{380, 381, 382}。</p>	◎	津波や豪雨による道路崩壊に耐えた事例が報告されている ^{380, 381, 382} 。ただし、被害事例も報告されており、管体が伸びず切断されている ³⁸⁰ 。また、管表面には多くの傷が発生している。
	(2) 継続使用可否の調査	<p>◎：豪雨による道路崩壊に耐えた管の性能を調査した事例がある^{380, 381, 382}。正しく予測できない断層出現位置に対しても適用できる^{380, 381, 382}。津波や豪雨による道路崩壊に耐えた事例が報告されている^{380, 381, 382}。ただし、被害事例も報告されており、管体が伸びず切断されている³⁸⁰。また、管表面には多くの傷が発生している。</p>	◎	津波や豪雨による道路崩壊に耐えた管の性能調査はされていない。新管の繰り返し伸縮試験では管体に目的どおりの歪みが発生しておらず ³⁸⁰ 、耐震性の保証にはなっていない。
4. 維持管理性	(1) 近接工事による損傷 (もたらぬ)の影響	<p>◎：管体が強靱で傷付きにくい³⁸⁰。管水を足さずやすき管調製等が容易に実施できる^{380, 381, 382}。土壌によっては腐食するが、ポリエチレンスリーブ被覆が広く普及しており、近年では防食性能を向上した外周耐食被覆も開発されている^{380, 381, 382}。ゴムの劣化や促進試験の結果を照らし合わせて確認されている^{371, 380}。ゴムの劣化や促進試験の結果を照らし合わせて確認されている^{371, 380}。</p>	◎	管体が強靱で傷付きにくい。現場での正確な計測も困難である。管水を足さずやすき管調製等が容易に実施できる ^{380, 381, 382} 。土壌によっては腐食するが、ポリエチレンスリーブ被覆が広く普及しており、近年では防食性能を向上した外周耐食被覆も開発されている ^{380, 381, 382} 。ゴムの劣化や促進試験の結果を照らし合わせて確認されている ^{371, 380} 。ゴムの劣化や促進試験の結果を照らし合わせて確認されている ^{371, 380} 。
	(2) 漏水対策	<p>◎：漏水事故データの分析結果から、長期使用しても事故率が低いことが確認されている³⁸⁰。50年後の事故率：0.02 (件/年)³⁸⁰。継手構造管路であり、地震時の地盤変位を継手の伸縮で吸収し、かつ継手は抜け出さない³⁸⁰ (継手構造管路)³⁸⁰。地震被害は無い^{380, 381, 382}。数多くの地震時の管の挙動計測や、地震後の実際の継手伸縮量の計測などにより、耐震計算法の有効性および局所に集中する地盤変形を継手で吸収できていることが定量的に確認されている^{380, 381, 382}。</p>	◎	漏水事故データの分析結果から、長期使用しても事故率が低いことが確認されている ³⁸⁰ 。50年後の事故率：0.13 (件/年) ³⁸⁰ 。一体構造管路であり、地震時の地盤変位を管体の伸縮で吸収する ^{380, 381, 382} 。地震被害は少ない。ただし、耐震計算と実際の面溶接や裏面溶接でも被害があり、さらに伸縮しよう管での被害がある ^{380, 381, 382} 。地震時の管の挙動計測により耐震計算法の有効性が確認されている ³⁸⁰ 。地震後の管の状況の定量的な調査報告が無い。
	(3) 腐食等への対策	<p>◎：土壌によっては腐食するが、ポリエチレンスリーブ被覆が広く普及しており、近年では防食性能を向上した外周耐食被覆も開発されている^{380, 381, 382}。ゴムの劣化や促進試験の結果を照らし合わせて確認されている^{371, 380}。ゴムの劣化や促進試験の結果を照らし合わせて確認されている^{371, 380}。</p>	◎	土壌によっては腐食するが、ポリエチレンスリーブ被覆が広く普及しており、近年では防食性能を向上した外周耐食被覆も開発されている ^{380, 381, 382} 。ゴムの劣化や促進試験の結果を照らし合わせて確認されている ^{371, 380} 。ゴムの劣化や促進試験の結果を照らし合わせて確認されている ^{371, 380} 。
5. 施工性	(1) 施工の確実性	<p>◎：多少の降雨や湧水があっても施工が可能である。機械的な接合もあり、手順とおおむね接合は不具合が起りにくい。接合の不具合も器具を使わずに接合時に判別できる³⁸⁰。比較的重く、掘り付けに重機が必要である。継手曲げ角度により曲げ配管が可能である³⁸⁰。管径に余裕は不要である³⁸⁰。異形管防護 (一体化長さの確保) を必要とする³⁸⁰。</p>	◎	継手の水・油指等が完全に除去する必要があり、雨天や水場での制約がある。継手後に10分間の静置が必要で、すぐには戻せない ³⁸⁰ 。水による融雪不良はインジケータでは検知できない。継手で持ち運びが容易である。管が柔らかいので現場合わせが容易である。管径に余裕は必要である ³⁸⁰ 。継手に腐食の砂等が必要である ³⁸⁰ 。生付け配管できるが ³⁸⁰ 、その時の管体歪みを管厚計算や耐震計算で加算する必要がある。
	(2) 配管の容易性	<p>◎：比較的重く、掘り付けに重機が必要である。現場合わせが容易である³⁸⁰。管径に余裕は不要である³⁸⁰。異形管防護 (一体化長さの確保) を必要とする³⁸⁰。</p>	◎	比較的重く、掘り付けに重機が必要である。現場合わせが容易である ³⁸⁰ 。管径に余裕は不要である ³⁸⁰ 。異形管防護 (一体化長さの確保) を必要とする ³⁸⁰ 。
	(3) 施工時の留意点	<p>◎：管径に余裕は不要である³⁸⁰。異形管防護 (一体化長さの確保) を必要とする³⁸⁰。</p>	◎	管径に余裕は不要である ³⁸⁰ 。異形管防護 (一体化長さの確保) を必要とする ³⁸⁰ 。

備考 文中の右頁の添え字は参考文献を示す。参考文献のリストはp31~p37に示す。材料の選定にあたっては、本研究で整理した管材料の性能と信頼性とともに、水運用上の重要後、事故時ににおける二次災害の影響なども、更新対象管が有する特性も勘案することが必要である。

3. 5 ダウンサイジングを伴う再構築

2. 2 水需要予測によると、長期的な水需要の減少は今後も続くと考えられ、給水収益も減収していくと予想される。一方、水需要の減少が見込まれる中で、現状の管路口径のまま維持管理していくことは、財政的負担が大きくなる。そのため、配水管路の再構築に当たっては、限りある更新資金を効率的で効果的な管路更新とするために、管路のダウンサイジングの検討は必要と考える。参考として、厚生労働省において実施した、「水道施設の更新・耐震化計画策定におけるダウンサイジング等の検討状況調査報告書」のダウンサイジングの検討手順を下記に記す。



①現状把握

各種計画の前提として人口推計や水需要予測などの外部環境と、現有資産の状況など内部環境を把握する。

②計画策定着手

ダウンサイジングを考慮した事業計画、整備計画等の策定に早期に着手する。

③対象施設・再構築後の姿の検討

現状把握・将来予測の結果を踏まえて、再構築後の給水システムを検討する。予備力や給水安定性への影響や施設の配置バランス等を考慮して対象施設を選定するとともに、ダウンサイジン

グ後に残す施設及び能力について複数パターンを検討する。

④投資額・費用対効果の検討

検討パターンごとにダウンサイジングを実行した場合の初期投資額と将来にわたる運用コストを算出し、比較検討をした上で、整備パターンを選択する。

⑤実施時期・手順の検討

関連する各施設について、整備スケジュールを検討する。

⑥理解獲得

ダウンサイジングを含む計画について住民、議会などのステークホルダーの理解を得る。

⑦計画策定・承認

内容に応じて必要な承認手続きを経て、計画を確定する。

管路のダウンサイジングを行うにあたっては、消防水利の確保が課題となってくる。「消防水利の基準」（消防法 20 条による消防法告示）によると、消防水利については、「毎分 1 m³ 以上で連続して 40 分以上」の給水能力及び 150 mm 以上の管への取り付けを必要条件としている。しかしながら、小規模水道や配水量の少ない地域においてはこの基準に合わせて施設を設けると、配水管管径が過大となり不経済であり、また、管内流速が著しく小さくなって水質悪化を招く恐れもあることから、防火水槽、河川、湖沼、井戸等の消防水利の状況を総合的に判断して消火栓を配置することが必要である。

また、防火水槽の設置個所、貯留量、維持管理、地域住民及び消防関係者の理解を得る等の課題はあるものの、消防水利として防火水槽を整備し、消火栓を廃止することも選択肢のひとつと考えられるが、いずれにしても **2. 4 消防当局との協議**に記述のとおり、各事業体の管轄する消防当局によって消防水利の認識が異なることから、消防水利の確保については消防当局との協議等により、認識共有が必要と考える。

3. 6 更新時期の見定め

管路の老朽化による事故リスクの高まりや、災害発生時における被害の深刻化を抑制する個別対策としては、耐震管による更新が最も効果的な手段である。しかし、各自治体は多くの管路を有しており、そのすべてを短期間で耐震管に更新することは、事業量や財政面から困難である。このため、管路の老朽度だけでなく重要度も含めた評価で更新優先度を設定することや、水需要減少を考慮した適正口径による更新を推進していくことが重要である。

3. 6. 1 管路の更新時期設定事例（大仙市）

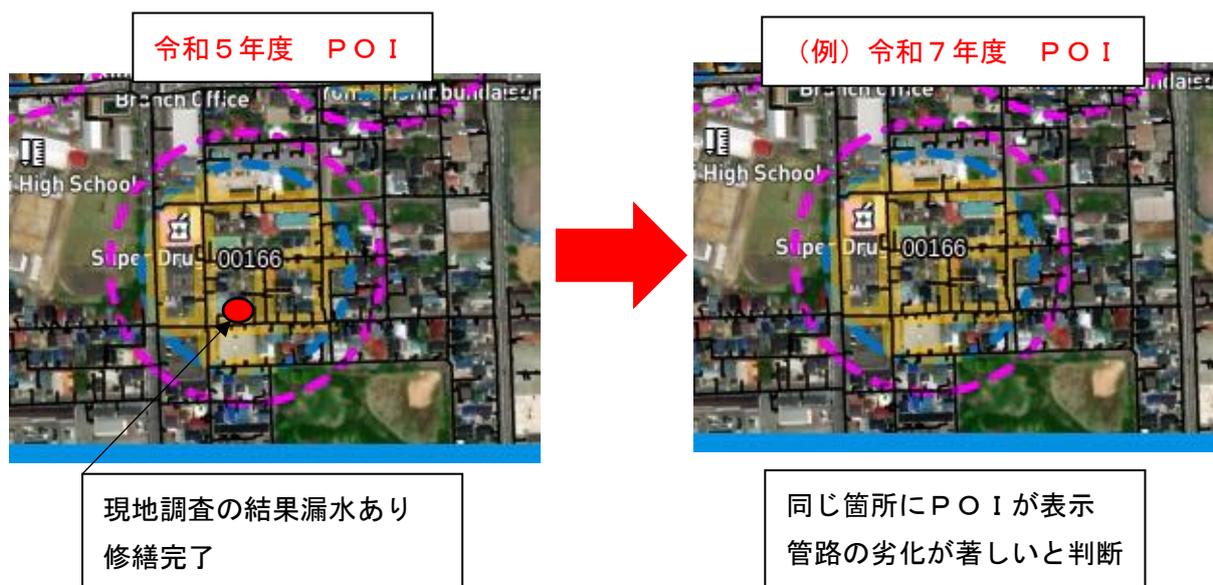
標準使用年数を超過している管路を更新対象としている。その中でも重要給水拠点施設へ配水している管路の耐震化、漏水時における影響の大きい管路を優先的に更新することとしている、漏水が多発している路線については優先順位を繰り上げるなど弾力的に判断している。

①漏水修繕実績による管路の機能診断

漏水修繕台帳（位置図・写真）を確認し、漏水が多発している路線については更新優先順位を繰り上げる。今後は紙ベースの漏水修繕台帳の情報を管路情報システムに入力し、一目で漏水多発管路が把握できるようにする予定。

②人工衛星を用いた管路の機能診断

令和5年度より人工衛星を用いた漏水探知業務を行っており、更新対象管路の判断基準として活用することとしている。例えば令和5年度の漏水探知業務で漏水の疑いがある箇所（POI）を現地調査し、漏水が発見されて修繕が完了したが、数年後に再度調査した際に同じ箇所にPOIが表示された場合は、管路の劣化が著しいと判断できる。



③橋梁添架管・水管橋の機能診断

令和6年度から橋梁添架管及び水管橋について5年に1回以上の点検が法令により義務化されるため、厚生労働省の「水道施設の点検を含む維持・修繕の実施に関するガイドライン」に基づき、市独自の「橋梁添架管・水管橋点検マニュアル」を作成し、目視、ポールカメラ及びドローン等による点検を実施予定。

当市は寒冷地であり水管橋等の凍結防止のため水道管に保温材と外装管が巻かれており、水道管自体の劣化状態を確認することは困難である。このため点検は外装管からの漏水の有無、塗装や主構造部・付帯施設の状態確認を行い、部材毎に「良好・軽微・補修が必要・緊急対応が必要」の4段階評価することとし、点検の結果、「緊急対応が必要」と評価されたものを優先的に更新対象としている。

なお、橋梁添架管・水管橋の更新には多額の費用がかかるため、「絶対に落とさない」ことを目標として、「補修が必要」と評価された場合でも予防保全として塗装や支持金具の交換等の一部修繕を優先的に実施する場合がある。

3. 6. 2 管路の更新時期設定事例（仙台市）

仙台市では、従来は技術職員が経験から決定していた管路の更新路線を、科学的知見に基づき定量的に評価すべく、下記の通り算出を実施している。

金属管と樹脂管それぞれを「老朽度と地震時の事故件数（耐震性）を評価する物理的評価」と「流量と用途地域による影響度評価」によりスコアを算出する。

D I P の評価要素とスコア	物理的評価			影響度評価		
	老朽度（腐食度 ^{※1} ）	地震時事故件数 ^{※2}	スコア	流量	用途地域 ^{※3}	スコア
	貫通腐食した状態	0.1 件/km 超	5	200m ³ /d 超	商業地域	5
	内外圧に耐えられない状態	0.1 件/km 以下	4	200m ³ /d 以下	中高層住居地域	4
	内外圧に対する安全率が不足する状態	0.05 件/km 以下	3	70m ³ /d 以下	低層住居地域	3
	腐食深さが管の腐食しろを超える状態	0.01 件/km 以下	2	20m ³ /d 以下	工業地域	2
	腐食深さが管の腐食しろ以下の状態	0.005 件/km 以下	1	5m ³ /d 以下	市街化調整区域	1

V P の評価要素とスコア	物理的評価			影響度評価		
	老朽度（推定事故率 ^{※4} ）	地震時事故件数 ^{※5}	スコア	流量	用途地域 ^{※3}	スコア
	0.25 件/km 超	0.4 件/km 超	5	25m ³ /d 超	商業地域	5
	0.25 件/km 以下	0.4 件/km 以下	4	25m ³ /d 以下	中高層住居地域	4
	0.15 件/km 以下	0.3 件/km 以下	3	10m ³ /d 以下	低層住居地域	3
	0.10 件/km 以下	0.2 件/km 以下	2	5m ³ /d 以下	工業地域	2
	0.05 件/km 以下	0.1 件/km 以下	1	1m ³ /d 以下	市街化調整区域	1

※1：日水協式をベースに予測式を作成。

※2：耐震性の指標として、地震時の推定事故発生件数と配水支管布設延長（D I P のみ）の比率。

※3：用途地域は都市計画法上の区分ベースに再定義している。

※4：「e-Pipe プロジェクト（JWRC）」の機能劣化予測式をベースに本市がアレンジ。

※5：耐震性の指標として、地震時の推定事故発生件数と配水支管布設延長（D I P のみ）の比率。

金属管と樹脂管それぞれについて、算出された「物理的評価」と「影響度評価」のスコアを足し合わせ、25段階で路線を定量的に評価し、点数の高い路線を優先的に更新する。

優先度評価マトリクス		影響度評価 (流量+用途地域)				
		I (2~3点)	II (4~5点)	III (6~7点)	IV (8~9点)	V (10点)
物理的評価 (老朽度+地震時事故件数)	V (10点)	5	10	15	20	25
	IV (8~9点)	4	8	12	16	20
	III (6~7点)	3	6	9	12	15
	II (4~5点)	2	4	6	8	10
	I (2~3点)	1	2	3	4	5

ただし、この手法では施工不良による漏水多発路線や、特殊条件で劣化が進行した管路の評価はできないため、維持管理部署からの布設替え要望も踏まえて対象路線を選定している。定量的評価と維持管理部署からの要望比率は現在半々としているが、徐々に定量的評価を増やしていくこととしている。

3. 7 アセットマネジメントの視点（更新優先順位ほか）

3. 7. 1 アセットマネジメントの必要性

各地域の水道事業者は、これまで経験したことのない大規模更新・再構築の時期を迎えようとしているが、人口減少に伴い給水収益の大幅な減少が見込まれ、更新需要が増加傾向にある一方で、将来の資金確保の取組が十分ではなく、施設の急速な老朽化や財政状況の悪化が懸念されている。

水道事業を持続可能なものとするためには、中長期的な視点に立って、技術的な知見に基づいた施設整備・更新需要の見通しについて検討し、着実な更新投資を行う必要がある。

受益者負担を原則とする水道事業においては、施設の更新には相応の負担が必要であることについて水道利用者や議会等の理解を得るための情報提供を適切に行っていく必要がある。

3. 7. 2 アセットマネジメントの効果

アセットマネジメント（資産管理）の実践によって、次に示すような効果が期待される。

- ① 基礎データの整備や技術的な知見に基づく点検・診断等により、現有施設の健全性等を適切に評価し、将来における水道施設全体の更新需要を掴むとともに、重要度・優先度を踏まえた更新投資の平準化が可能となる。
- ② 中長期的な視点を持って、更新需要や財政収支の見通しを立てることにより、財源の裏付けを有する計画的な更新投資を行うことができる。
- ③ 計画的な更新投資により、老朽化に伴う突発的な断水事故や地震発生時の被害が軽減されるとともに、水道施設全体のライフサイクルコストの減少につながる。
- ④ 水道施設の健全性や更新事業の必要性・重要性について、水道利用者や議会等に対する説明責任を果たすことができ、信頼性の高い水道事業運営が達成できる。

3. 7. 3 アセットマネジメントの検討期間

アセットマネジメントの検討期間については、下記を考慮し少なくとも 30～40 年程度の中長期での検討が必要と考える。

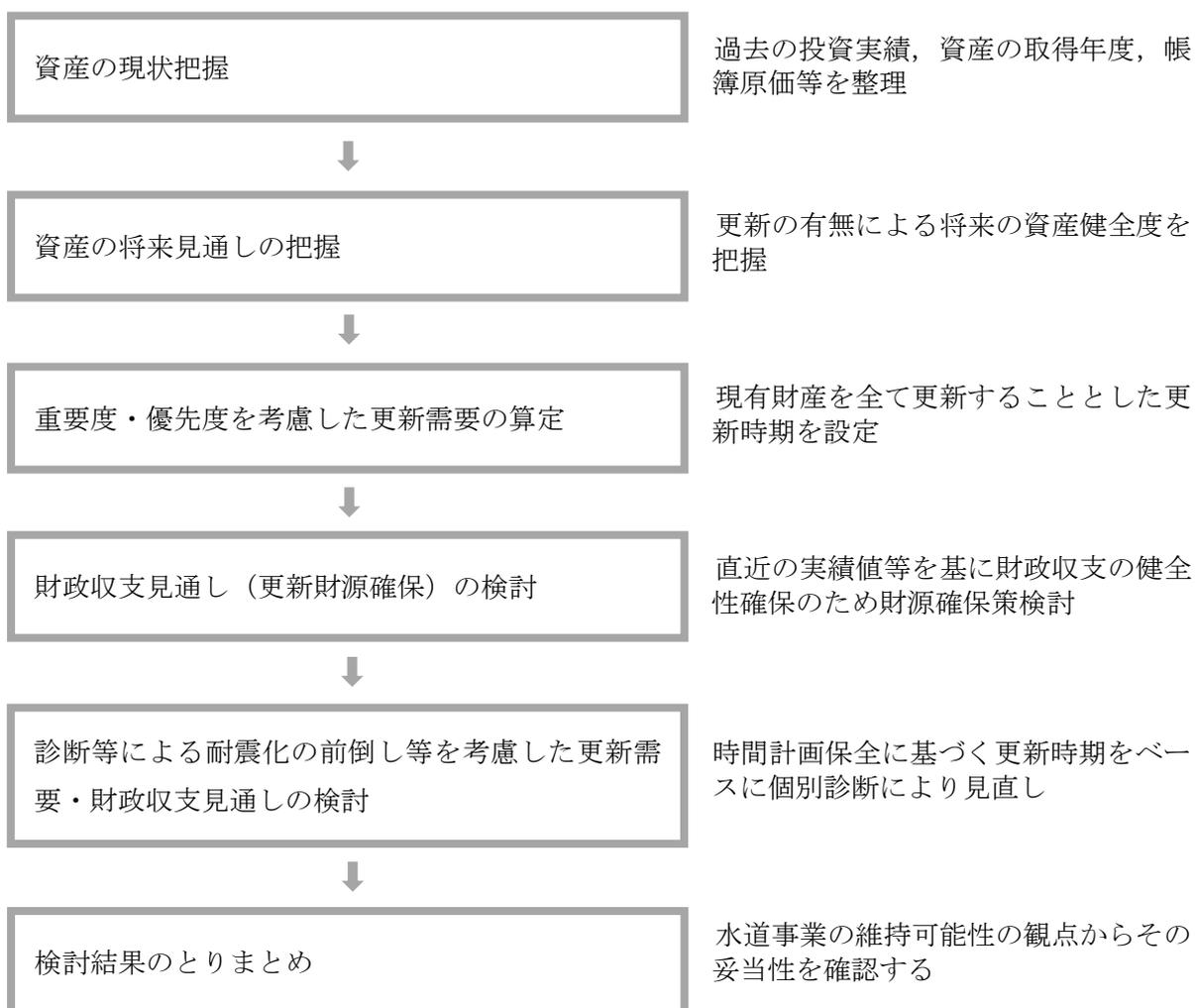
- ① 一般に水道施設は長期の耐用年数をもつ一方で、更新・改良に際しては多額の投資を必要とする。
- ② 施設の耐用年数等から更新需要のピーク等を把握し、更新投資に必要な財源を確保するとともに、事業の平準化等も検討しておく必要がある。
- ③ 一方、水道の施設整備に当たっては、起債を財源とせざるを得ない場合も想定されるが、例えば、政府債の償還期間は 30 年（うち 5 年据え置き）であり、世代間の負担の公平性を検討する観点からも長期的な資金収支の見通しが必要となる。

3. 7. 4 各種計画との関連

アセットマネジメントでは、30～40年程度先までの更新需要見通しや財政収支見通しを検討することになるが、検討期間は地域水道ビジョンにおける将来像の検討のスパン（今世紀半ば＝40年程度先）と一致している。すなわち、水道ビジョンとの整合性の観点からも、30～40年という検討期間でアセットマネジメントを実践することが重要となる。アセットマネジメントの実践により得られた中長期更新需要及び財政収支見通しの検討成果を基に、「将来像」を可視化させ、その将来像を現実のものとするための今後10年程度先までの目標と、その実現化方策を地域水道ビジョンに反映させることにより、アセットマネジメントの成果が水道ビジョンに活かされ、両者を有機的に結びつけることができる。「基本計画」や「実施計画」についても同様に、アセットマネジメントの検討成果を適宜反映させることにより、中長期の更新需要及び財政収支見通しに立脚した更新計画を策定することが可能となる。

3. 7. 5 検討項目・検討手順について

アセットマネジメントの検討項目・検討手順について下記に記す。



3. 7. 6 アセットマネジメントの事例（日本全体の動向）

①管路の更新率

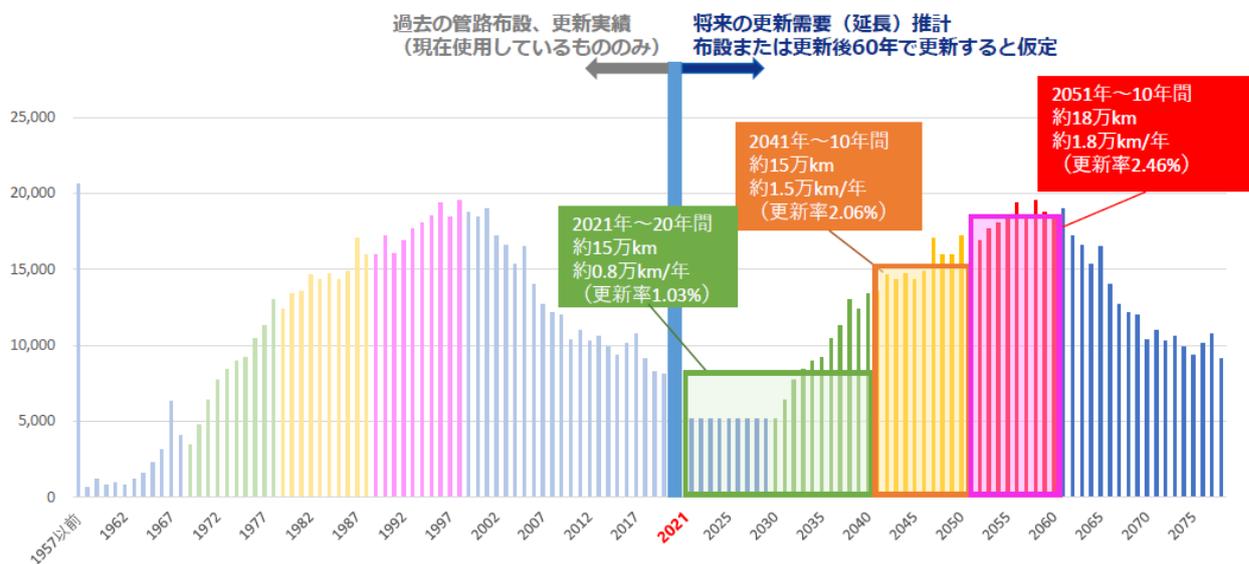
今般、令和3年度水道統計（公益社団法人日本水道協会）の管路更新に係る数値が算出され、導・送水管及び配水管の更新延長は4,723km（更新率0.64%）となった。近年、管路更新延長は減少（更新率は低下）傾向にあり、令和2年度から令和3年度にかけても同様に減少（低下）した（令和2年度の管路更新延長4,811km（更新率0.65%））。

管路の経年化率は年々上昇し、令和元年度において19.1%となっているが、更新率は低下から横ばい傾向にあり、令和元年度においては0.67%に留まっている状況にある。令和元年度における更新延長は約5千キロメートルであった。実務においては法定耐用年数である40年を超えて使用され、漏水等の問題が生じていない管路も多い。他方、40年未満であっても布設状況や災害、事故等により布設替えを行うこともある。

②管路更新需要（延長）推計

水道管の法定耐用年数は40年であり、法定耐用年数を超えた管路をその後20年で更新した場合今後20年：約15万kmを更新（約0.8万km/年を更新，更新率1.03%）

20年後以降：約33万kmが法定耐用年数を超えその後順次更新を迎える



将来の更新需要の推計

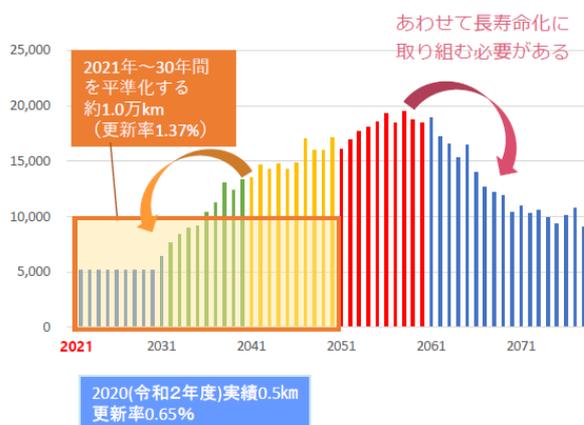
③管路更新の平準化

管路更新需要(延長)推計において 2051 年以降は更新率 2.46%となり令和 2 年の更新率(0.65%)の約 3.8 倍となる。ことから更新計画の平準化の必要がある。

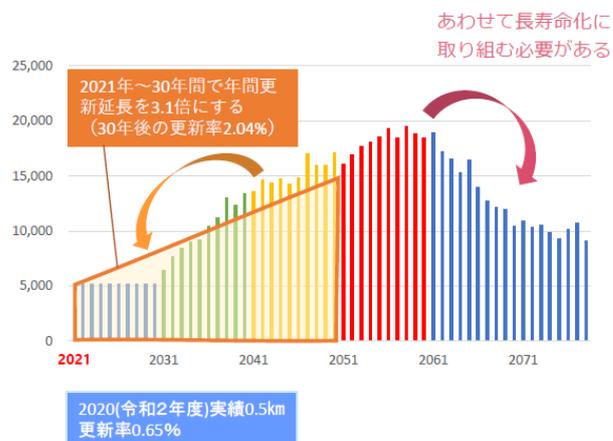
30 年以上の期間見通した場合の平準化例

- 単純な平準化：更新率を直ちに約 2.1 倍（0.65%から 1.37%）へ
- 段階的な平準化例：更新率を 30 年後に約 3.1 倍（0.65%から 2.04%へ、毎年度 0.05 ポイントずつ引き上げ）へ
- 更新平準化のために有効と考えられる方策の例
 - 耐震化の優先順位の高い管路等を中心とした、更新の前倒し
 - 地盤や過去の漏水歴等を考慮し、実耐用年数の延長可能な管路の更新時期を後ろ倒し（長寿命化）

単純な平準化例



段階的な平準化例



管路更新平準化例

地盤や過去の漏水歴等を考慮し、実耐用年数の延長可能な管路の更新時期を後ろ倒し（長寿命化）管路の経年化が進む中、各水道事業者は、維持修繕による長寿命化と、アセットマネジメントに取り組んでおり、多くの水道事業者において実耐用年数の検討が行われている。

これらの実情から実務上の一般的な更新基準は平均するとおおむね 60 年と仮定し、40 年経過管をその後 20 年間で平均的に更新する場合、令和元年度末時点の 40 年経過管約 15 万キロメートルについては、今後 20 年間にわたり、毎年度約 8 千キロメートル、更新率 1.03%の更新が必要となる。

ただし、令和元年度末時点で 20 年経過している管路が約 33 万キロメートルあり、20 年後以降に法定耐用年数を超え、順次更新時期を迎えることとなる。将来的に更新需要が増加することを踏まえ、管路更新の平準化に取り組む必要がある。更新率の引き上げが必要な状況となっていることから、各水道事業者においては、経過年数のみならず、管種や布設状況等から更新時期を多面的に判断し、計画的な更新に努める必要がある。なお、更新平準化のために有効と考えられ

る方策の例としては、耐震化の優先順位の高い管を中心とした更新の前倒しや、優良地盤や過去の漏水歴がないこと等を考慮した更新時期の後ろ倒し（長寿命化）等が考えられる。

3. 7. 7 アセットマネジメントの事例（山形市）

法定耐用年数を基に、管種や管路の重要度に応じて、耐用年数を延伸した独自の管路更新時期により更新を実施している。重要給水拠点への配水池及び基幹管路や、管路の劣化状況（漏水箇所）、配水ブロックの整備等も考慮し、管路の重要度・更新の優先度を決定している。

管路の機能診断について、点検・調査によって得られる情報の他に、マッピングシステムへ事故や水質苦情等の発生情報を記録し、活用している。

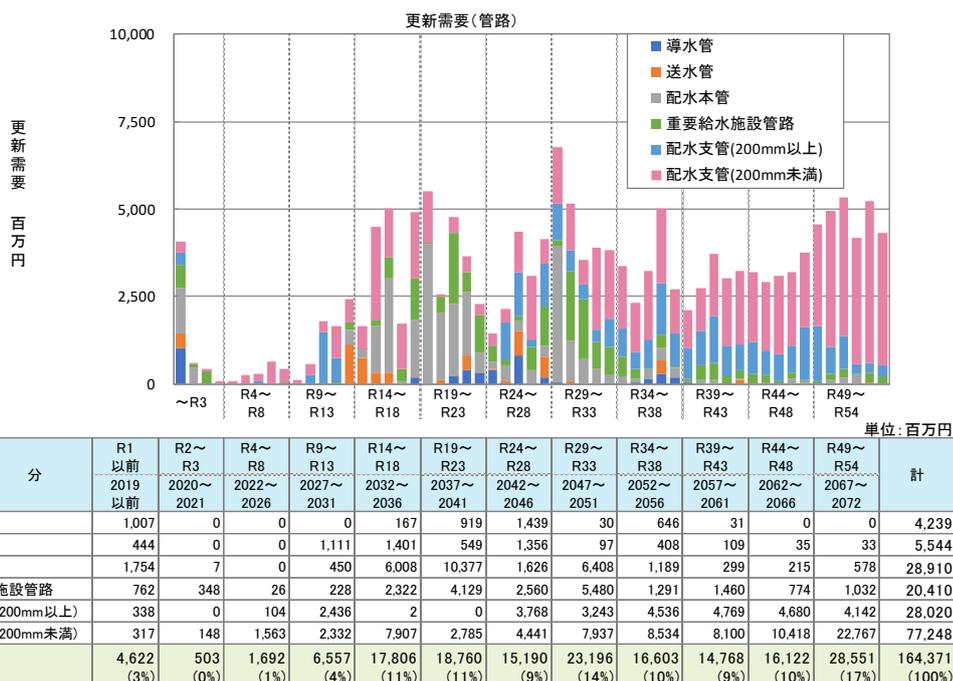
管の種類	独自の管路更新時期
鋳鉄管（CIP）	40年
ダクタイル鋳鉄管（DIP）	48～78年
被装鋼管（STW）	56～73年
ステンレス鋼管（SUS）	60～78年
ポリエチレン管（PP）	40～78年
硬質塩化ビニル管（VP等）	40年

3. 7. 8 アセットマネジメントの事例（いわき市）

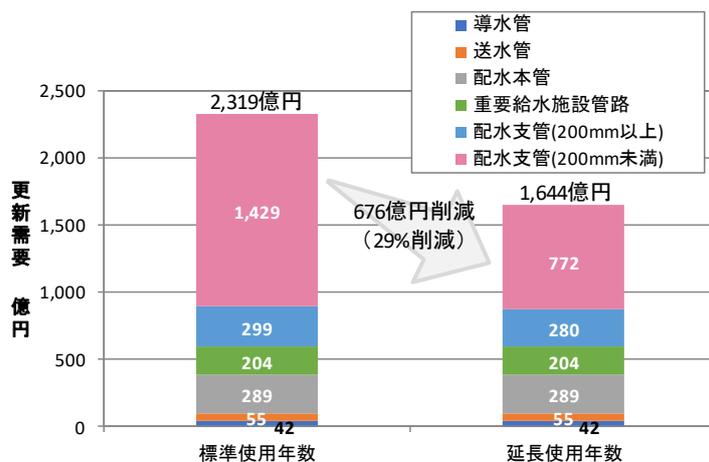
今後迎える浄水場再整備などの大規模更新に備え、水道施設の老朽化等に起因する事故を予防するとともに、施設の長寿命化を図り、更新需要の抑制を図る観点から「水道施設長寿命化計画」を策定している。そのため、長寿命化対策の効果として、構造物及び設備と配水支管の更新基準を標準使用年数の1.2倍～1.5倍（以下、「延長使用年数」と表記。）とした場合の更新需要の削減額について検討する。

延長使用年数で更新する場合の令和54年度までの管路の更新需要は1,644億円、管路延長は1,193kmである。更新需要の総額1,644億円（1,193km）を令和54年度までの53年で平均すると3,101百万円/年（23km/年）となり、1年当たり約31億円（23km/年）規模の更新事業を実施していく必要がある。

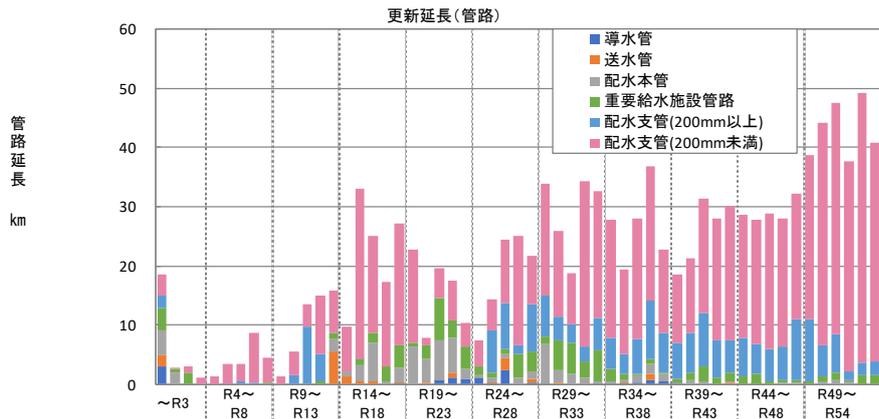
延長使用年数で更新することにより、標準使用年数で更新した場合と比べて、令和54年度までに更新需要で約676億円（13億円/年）、更新延長で約667km（13km/年）削減することができる。



延長使用年数で更新する場合の管路の更新需要



標準使用年数と延長使用年数における更新需要の削減(管路)

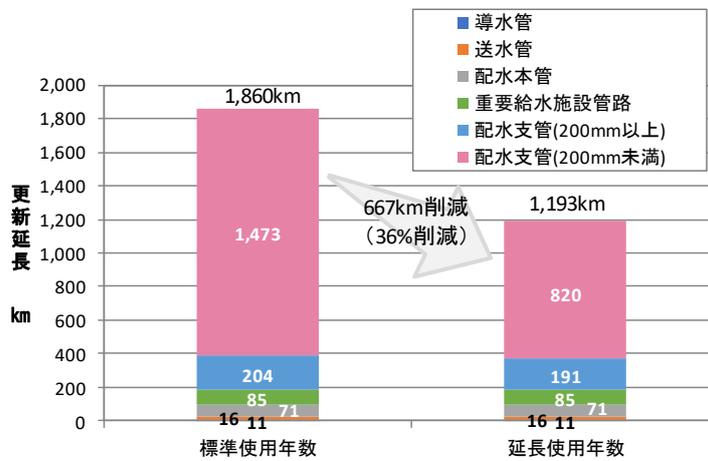


【管路】

区 分	R1 以前	R2~ R3	R4~ R8	R9~ R13	R14~ R18	R19~ R23	R24~ R28	R29~ R33	R34~ R38	R39~ R43	R44~ R48	R49~ R54	計
	2019 以前	2020~ 2021	2022~ 2026	2027~ 2031	2032~ 2036	2037~ 2041	2042~ 2046	2047~ 2051	2052~ 2056	2057~ 2061	2062~ 2066	2067~ 2072	
導水管	3	0	0	0	0	3	4	0	1	0	0	0	11
送水管	2	0	0	5	2	1	3	0	1	0	0	0	16
配水本管	6	0	0	2	13	25	4	12	5	1	1	2	71
重要給水施設管路	4	2	0	1	9	17	11	20	5	7	4	6	85
配水支管(200mm以上)	2	0	1	16	0	0	24	22	31	34	33	28	191
配水支管(200mm未満)	4	2	20	26	88	33	47	92	92	86	108	223	820
計	21	4	21	51	112	78	93	145	135	129	146	258	1,193
(比率)	(2%)	(0%)	(2%)	(4%)	(9%)	(7%)	(8%)	(12%)	(11%)	(11%)	(12%)	(22%)	(100%)

単位: km

延長使用年数で更新する場合の管路の更新延長



上水道 標準使用年数と延長使用年数における更新延長の削減(管路)

3. 8 更新計画の実行

更新計画を立てたのち、更新工事の発注・施工となる。管路の更新工事の設計積算については、これまでは管路の特徴に詳しい水道事業体の職員が担うべきと考えられてきた。しかし、水道事業体の職員が減少する一方で、今後は水道管路の更新工事量の増加が見込まれることから、これまでのようにすべての管路更新工事の設計・発注等の業務を水道事業体職員が担うことは困難と想定される。このような課題に対応するため、事業のスピードアップを図る手法として、「概算数量設計」による配水管布設工事発注方式「小規模簡易 DB 方式」により発注を行う事業体もある。

小規模簡易 DB 及び概算数量設計 の基本的な考え方

① 小規模簡易 DB 方式

小規模簡易 DB 方式は、発注者が作成する配管図等の設計図面や数量計算書を簡略化し、概算数量により積算して発注する手法である。受注者は、試掘調査を行った後に配管図等を作成し、発注者の承認を受け工事を実施する。

② 概算数量設計

概算数量設計は、平面図から求める延長と屈曲点等の数を基に「管路更新を促進する工事イノベーション研究会（一般社団法人日本ダクタイル鉄管協会）」の調査により決定した単位延長当たりの標準数量と研究会で算定した補正係数により、管材料及び管布設接合工の概算数量を算出し、積算した設計となる。

小規模簡易 DB 方式の実施に伴い、期待される効果は以下のとおりである。

（発注者側）

- ・ 詳細設計図等を省略し、設計積算・検算業務を迅速化及び省力化することができる。
- ・ 工事の早期発注及びスピードアップを図ることができる。

（受注者側）

- ・ 設計図等の作成期間を工事準備期間にあてることで、契約から現場着手まで受注者の裁量度が増し、機材や労働者の手配に余裕を図ることができる。
- ・ 現地調査等により、現場条件に合わせた設計図面（管割図、給水管接合替図等）を作成することで、施工の自由度を高め、技術者としてのスキルアップを図ることができる。

小規模簡易 DB 方式の実施に伴い、必要と思われるものは以下のとおりである。

- ・ 小規模簡易 DB が、地元工事業者が対象であることや設計・積算や現場での詳細設計などの内容について判り易く丁寧な説明等が必要とされる。

参考として、盛岡市で実施されている「概算数量設計による配水管布設工事発注方式（小規模簡易 DB 方式）」の事例を巻末資料として、P63～参考資料（盛岡市で実施した概算数量設計による工事発注事例）に示す。

3. 9 適切な維持管理手法

水道法の改正に伴い、適切な資産管理の推進に資することを目的に令和元年9月厚生労働省より「水道施設の点検を含む維持・修繕の実施に関するガイドライン」が示されている。水道施設の適切かつ効率的・合理的な維持管理は、水道施設の安定性・安全性を向上させ、最終的には水道システム全体の質の向上や効率的な事業経営につながると考えられる。

水道施設の管路機能を維持するための管理としては、予防保全型管理（状態監視保全，時間計画保全）が望ましい。

①状態監視保全

日常点検，定期点検によって得られたデータに基づいて施設の状態を評価・診断し，その結果で具体策を立案，実施する手法である。この場合，評価・診断の手法を選定し，必要なデータを得るための点検・調査を計画的に進める必要がある。点検の頻度・項目などについては，個々の施設構造などを勘案して，適切な時期に目視やその他の適切な方法により点検を行うことが必要である。

②時間計画保全

管路などの埋設構造物など点検による状態把握が困難なものについては，埋設環境を考慮しつつ時間計画保全を基本とすることが考えられる。例えば法定耐用年数や供用年数に基づき，一定周期ごとに更新などの対策を行うことである。この手法は，経年による施設の機能劣化，老朽化に起因する事故などが発生して使えなくなるまでの期間を設定することが大前提となるので，各事業体での過去の事故・災害事例，経験および他事業体を含めた種々の調査研究報告などを基に，判定基準を決定する必要がある，実施には施設の状態情報を分析可能なデータで蓄積する必要がある。

水道施設の中でも送・配水管路についてはそのほとんどは地中に埋設されており目視ができないために，管路の状態や機能などの正確な情報収集を行い，管路の更新や改良を適切に行う必要がある。管路施設の維持管理手法について，代表的なものとしてポリエチレンスリーブ被覆が挙げられる。ダクタイル鋳鉄管等の金属管の漏水原因の多くが腐食性土壌との接触や鉄道等の迷走電流に起因する管体や接合ボルトの腐食によるものである。ポリエチレンスリーブ被覆により

- 腐食性土壌との直接接触を防ぎ防食する
- 管周辺を均一な状態に保ちマクロセル腐食を防ぐ
- 地下水が浸入した場合でも水の移動を抑制し，溶存酸素が消費されることで腐食の進行を抑制する
- 迷走電流による電食に対して遮蔽物の効果を果たすなどの防食効果が挙げられる。

上記のポリエチレンスリーブ被覆の有無に加え，管路の布設年度や継手の種類，漏水履歴といった種々の情報をマッピングシステム等で正確に管理することが，効率的な施設の維持管理と言

える。管路更新を実施するためには、このような情報の収集が必要不可欠であり、情報を的確に分析することで、管路更新優先順位の決定、管路更新計画の策定、管路更新へと繋がっていく。

送・配水管路は、平常時には適正な水量・水圧で安定的に給水を行い、大規模地震や渇水等の異常事態においても、ライフラインとして最低限の機能を発揮できるよう整備する必要がある。その上で、管路は管理が容易で、かつ管内の水質維持対策が講じられていることが重要である。そのためには、送水管路と配水管路の役割を分離することや、水需要に応じてダウンサイジングを含めた口径の適正化を図るとともに管網を構築することが重要となる。

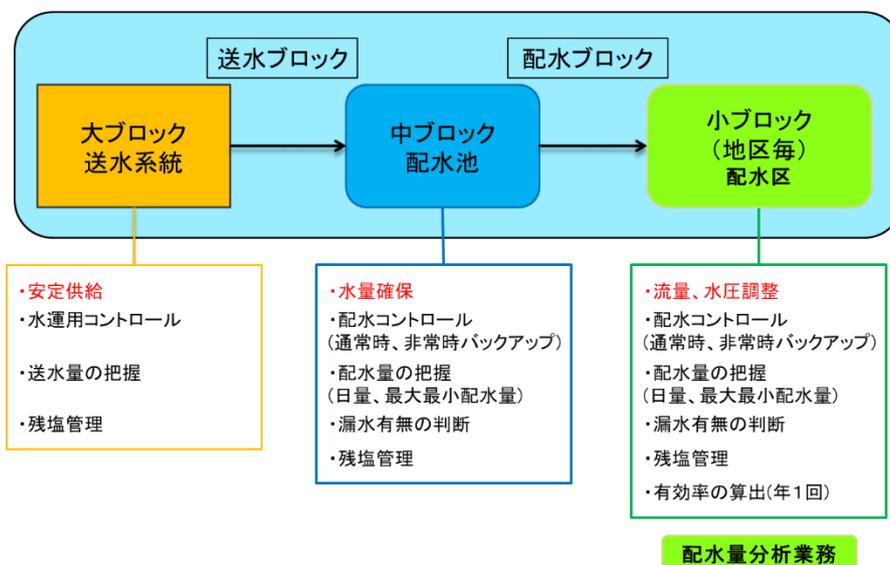
管路更新の際は今後の維持管理手法についても考慮し、持続可能な水道システムの確保と安定供給をしなければならない。ダウンサイジングを実施しながら管網の更新をしていく中で、配水エリアをブロックに分け管理する事も維持管理の手法の一つであると考ええる。

配水ブロック化をすることにより、下記の効果が得られる

- ・流量、水圧、流向、水質等の水運用情報の把握、情報収集、管理及び分析等が容易になる
- ・水需要変動の地域別把握ができ、需要予測が容易になる。
- ・ブロックごとの流量が把握できるため、漏水量を把握でき漏水調査が効率的に行える。

ブロック単位で地域特性や課題を把握することで、その地域に合わせた対策が立てやすくなり、これらの情報を取りまとめておくことで、ブロック間のバックアップ、水頭差、配水池の有効時間などを短時間で判断することができ、緊急時の対応にも有効である。漏水等の管路異常が発生した場合でも、漏水場所や漏水量の把握が容易であり、範囲を絞って調査を実施できるため、管路の維持管理手法として有効であると考ええる。

配水ブロック化イメージ図



管路の維持管理には、これまで漏水履歴や様々な工法を活用し、効率的に健全な管路を維持していくことが必要である。一例として、フランジ継手漏水が頻繁に発生した場合は、対策としてフランジを使用しない仕切弁を採用する、漏水の可能性のある既設のフランジに、補強金具を取

り付ける，などの対策を行うことで，同様の漏水を未然に防止する事ができる。そのほか，布設替えが難しい軌道下横断や水管橋であれば，既設管を使用したライニング工法による管更生等の手法を採用する，断水範囲が広域になる可能性がある路線には，バックアップ用の管路を確保する，など様々な対策や準備をすることで漏水を未然に防止し，被害を最小限にすることが，維持管理において重要であると考えられる。

第4章 おわりに

本委員会では、新型コロナウイルス感染症の影響もあり、令和元年度～令和5年度という長期に渡り検討を行った。期間中は、各水道事業体が実施したBCPによる業務縮小等の影響や、感染拡大防止の観点から、委員会の開催自体を見送らざるを得ない状況であった。しかしながら、Web会議システムによる委員会開催という新たな手法も取り入れつつ、報告書を作り上げることができた。

報告書に記載した通り、全国的に水道施設の老朽化が進んでおり、いかに効率的に更新をしていくかが課題となっている。その中でも管路施設は延長が膨大であることから、問題を先送りにせず着実に取り組んでいく必要がある。よって本報告書のように、各水道事業体の知見を集結させることで、更新ペースアップの一助になると確信している。本報告書が、各水道事業体の助けになれば幸いである。

本報告書は一定の知見を取りまとめることができたが、技術は日進月歩であり、先進的な手法が今後も考案されると考えられる。課題解決にあたる際は本報告書を参考にするとともに、先進技術適用の可能性も模索されたい。

以上

概算数量設計による配水管布設工事発注方式（小規模簡易 DB 方式）試行実施要領

1 趣旨

この要領は、「概算数量設計による配水管布設工事発注方式（小規模簡易 DB 方式）の試行実施について（令和 3 年 12 月 8 日管理者決裁）」の実施に関し必要な事項を定めるものとする。

2 小規模簡易 DB 方式

小規模簡易 DB 方式は、発注者が作成する配管図等の設計図面や数量計算書を簡略化し、概算数量により積算して発注する手法である。受注者は、試掘調査を行った後に配管図等を作成し、発注者の承認を受け工事を実施するものとする。

3 概算数量設計

概算数量設計は、平面図から求める延長と屈曲点等の数を基に「管路更新を促進する工事業イノベーション研究会（一般社団法人日本ダクタイル鉄管協会）」（以下「研究会」という。）の調査により決定した単位延長当たりの標準数量と研究会で算定した補正係数により、管材料及び管布設接合工の概算数量を算出し、積算した設計とする。

4 入札方式

通常型一般競争入札とする。

5 対象工事

対象工事は、配水管の口径 $\phi 75\text{mm}$ から $\phi 300\text{mm}$ までとし、施工延長は概ね 100m から 1,000m までの現場を選定する。なお、交付金や補助金を含む水道施設工事は対象外とする。

6 概算数量設計による設計積算

工事の設計積算は、「配水管等工事等設計積算基準書」及び「概算数量設計積算基準書」の最新のものに基づき実施する。

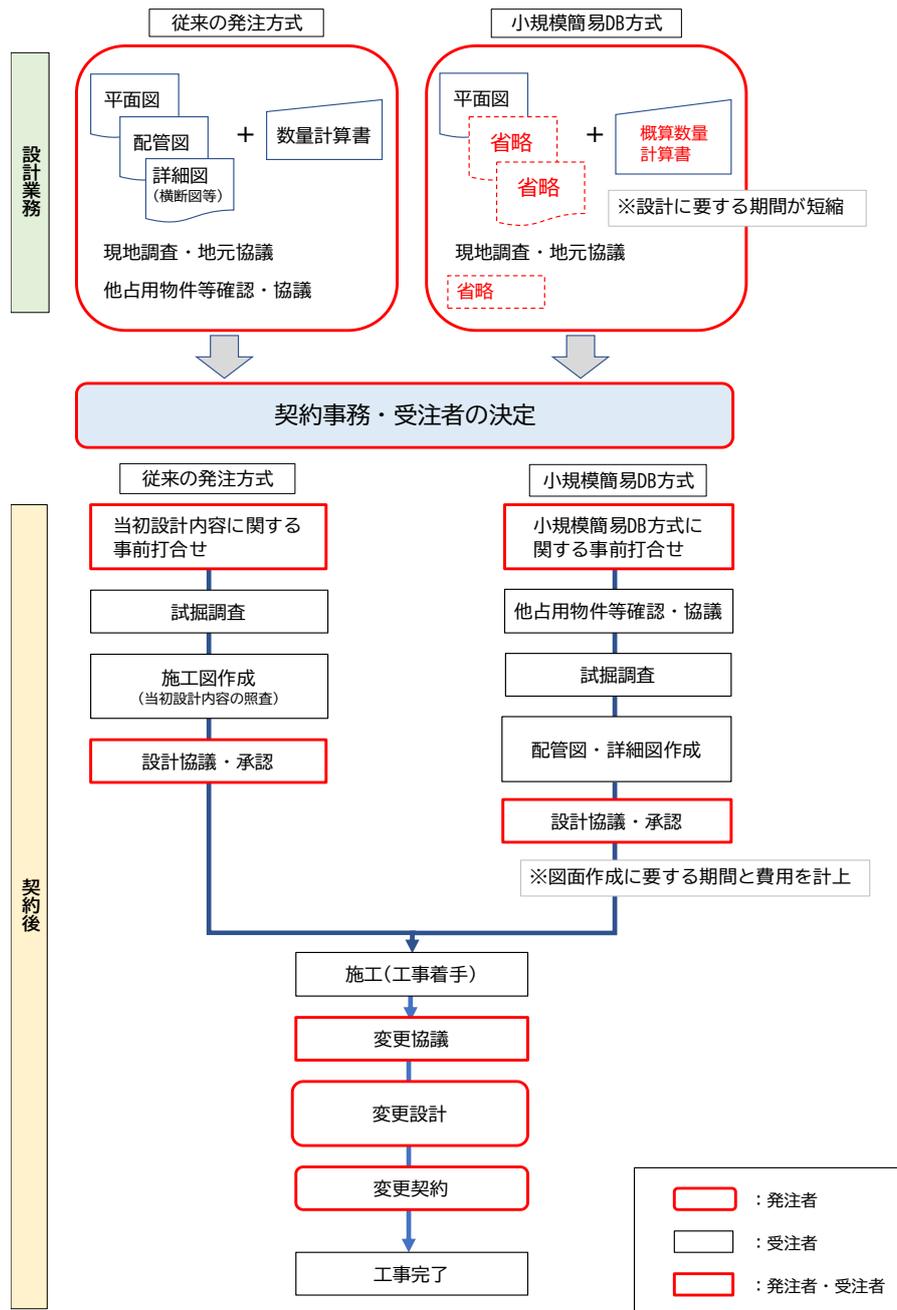
7 水道施設工事業者への周知

水道施設工事業者への周知は、実施前に盛岡市上下水道局ホームページに「概算数量設計による配水管布設工事発注方式（小規模簡易 DB 方式）の試行実施について」を掲載し、質問等を受け付けるほか、「盛岡市市営建設工事請負契約競争入札参加資格者名簿」に掲載されている水道施設工事資格者及び「盛岡市上下水道工事業協同組合」に FAX 等を送付し、ホームページ掲載について情報提供する。

8 設計変更

受注者が作成し発注者が承認した配管図等から算出される管材料等の数量を、設計変更の対象とする。また、承認後の配管に変更が生じる場合には、市営建設工事等設計変更等事務取扱要領(H29.7.24 施行)に基づき、工事監督員と協議するものとする。

小規模簡易 DB 方式実施フロー（従来発注方式との比較）



概算数量設計積算基準書

第1章 設計業務

概算数量設計は、「配水管等工事設計積算基準書」（以下「積算基準書」という。）及び「配水管等工事設計業務マニュアル」（以下「設計マニュアル」という。）のほか、「概算数量設計積算基準書」に基づき、設計書を作成すること。

1-1 設計図面作成

設計図面の作成は、設計マニュアル第5章により作成するが、概算数量設計においては次の項目について省略とする。

- ・設計マニュアル5-3 平面図のうち、⑦管の埋設位置及び埋設深さの表示※
- ・設計マニュアル5-3 平面図のうち、⑧夜間施工及びガス管共同施工等の明示
- ・設計マニュアル5-4 配管図すべて
- ・設計マニュアル5-5 その他詳細図等のうち、弁室等構造図、伏越部詳細図等

ただし、概算数量計算書の作成においては、平面図から屈曲や分岐点等の数（IP数）を集計する必要があることから、確認できるように作図すること。また、概算数量設計における管の埋設深さは、埋戻標準図に記載すること。

※平面図の埋設管路の起終点及び変更点に記載する埋設深さは省略とし、代わりに埋戻標準図に記載すること。

1-2 概算数量計算書作成

概算数量計算書作成について、次のとおりとする。

(1) 土工数量 (1-2-1)

- ・タイプ別土工単価（m単価）から現場条件に合った単価を選択し、延長毎に集計する。
延長は「1-1」で作成した平面図から集計することとし、計測はCADの使用を原則とする。

(2) 管布設接合・管材料数量 (1-2-2)

- ・管布設接合・管材料数量については、「1-1」で作成した平面図から屈曲や分岐点等の数（IP数）を集計し、「管路更新を促進する工事イノベーション研究会」により算出された補正係数を用いた標準数量表により作成する。
- ・仕切弁、排水弁などの付属施設については、概算数量の対象外であることから、「配水管等工事設計積算基準書」（以下「積算基準書」という。）により作成する。

(3) 消火栓数量 (1-2-3)

・地上式消火栓は、「1-1」の平面図から算定した延長に、タイプ別土工単価を乗じて算出する。管材料及び布設接合については、「1-2-3」の標準タイプを計上する。地下式消火栓については、従来どおり積算基準書により算出する。

(4) 給水管切替数量 (1-2-4)

・φ25mm 以下は、従来どおり積算基準書により算出する。φ30mm 以上については、「1-2-4」の給水管切替タイプ別分類より算出する。

(5) 交通誘導員 (1-2-5)

・従来どおり積算基準書により算出する。

(6) 共通仮設費積み上げ (1-2-6)

・従来どおり積算基準書により算出するが、概算数量設計においては、受注者が作成する配管図等の作成に要する費用として、図面作成費を準備費に計上する。

・図面作成作業の日数は 20 日を標準とし、現場状況に応じて 50%を上限に増減できるものとする。

※「管路更新を促進する工事イノベーション研究会」とは、一般社団法人ダクタイトル鉄管協会が主催する研究会で、計画的な管路更新を促進するための取り組みとして、設計業務の一部を工事に含めて発注する「概算数量設計による設計施工一括方式（小規模簡易 DB 方式）」を提案しており、厚生労働省がオブザーバーとして参加している。

1-2-1 土工数量

従来の土工数量は、掘削深さや舗装復旧面積等の変化により、埋戻し復旧断面に合わせ土工数量を算出しているが、概算数量設計では、埋設深さ等に大きな変更がないとして、次の条件で作成したタイプ別土工単価（m単価）に管延長を乗じて計上する。

【設定条件】

条件A：管口径（φ50, 75, 100, 150, 200, 300mm）

条件B：土被り（H=0.9, 1.5m）

条件C：舗装構成（砂利道、市車道A～Bタイプ、市歩道）

条件D：舗装復旧影響幅（仮舗装、部分、半全面、全面）

配水管等工事設計積算基準書第4章及び第5章参考

歩掛条件、数量計算は次の条件により算出する。

作業幅員：3.0m ≤ W ≤ 5.0m (BH0.28, DT4t)

日進量：φ50mm～φ200mm 20m/日, φ300mm 15m/日

既設舗装厚：舗装復旧厚に同じ

マンホール等の舗装面積控除：しない

舗装切断本数：舗装復旧がある場合、3本、全面の場合は2本とする。

土留め：掘削深 H=1.5m を超える場合は土留工を計上する。

アスファルト等の産廃処分は現場毎に処分場が異なることから、タイプ別土工単価 (m単価) より除外しているため、別途処分場、運搬距離を指定し計上すること。

1-2-2 管布設接合・管材料数量

管布設接合・管材料数量は、「1-1」で作成した平面図から屈曲や分岐点等の数 (IP数) を集計し、「表-1 標準数量表」により算出する。

(1) 管路延長

管路延長は、口径毎に合計した管路延長とするが、最低延長は100mとし、合計が100mに満たない場合は、概算数量設計の対象外とする。

ただし、既設管への接続により管口径が変わる場合や、既設管の切離し処理を行う場合は、下表による延長以内であれば主たる布設管路側の管路延長に含め算出する。また、2箇所以上で管口径が変わる場合※は合計の延長とする。

主たる布設管口径	延長	備考
φ75～150mm	10.0m	φ50mmへの減径も含む
φ200mm	7.0m	
φ250～300mm	(7.0m)	増径はφ300mmまでとする。

なお、主たる布設管路側の口径と既設管の管口径との差は、2段階までとし、それ以上に管口径が変わる場合は、概算数量設計の対象外とする。

※「2箇所以上で管口径が変わる場合」は、起終点での既設管接続や、施工区域内に同口径での布設管路が複数あり、既設管接続の際に管口径が変わる箇所が複数ある場合を想定している。

(2) I P 点

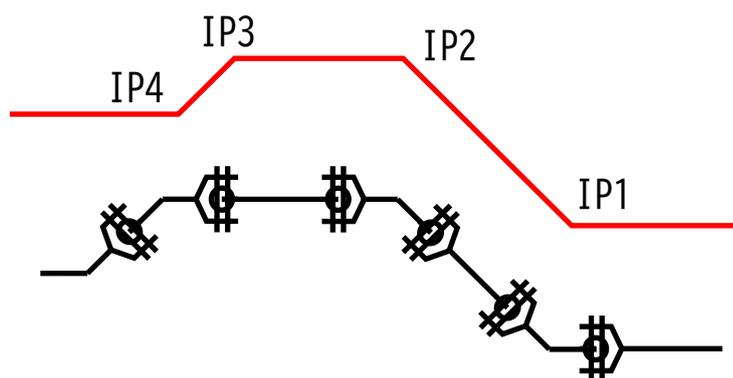
I P 点の拾い出しは、①から⑤により管口径毎に集計し、次の計算式により算出する。

$$\text{I P 点合計数} = (\text{①} + \text{②} + \text{③} \times 4 + \text{④} \times 2 + \text{⑤})$$

①平面屈曲 ②分岐 ③伏せ越し ④土被り変化 ⑤その他既設接続

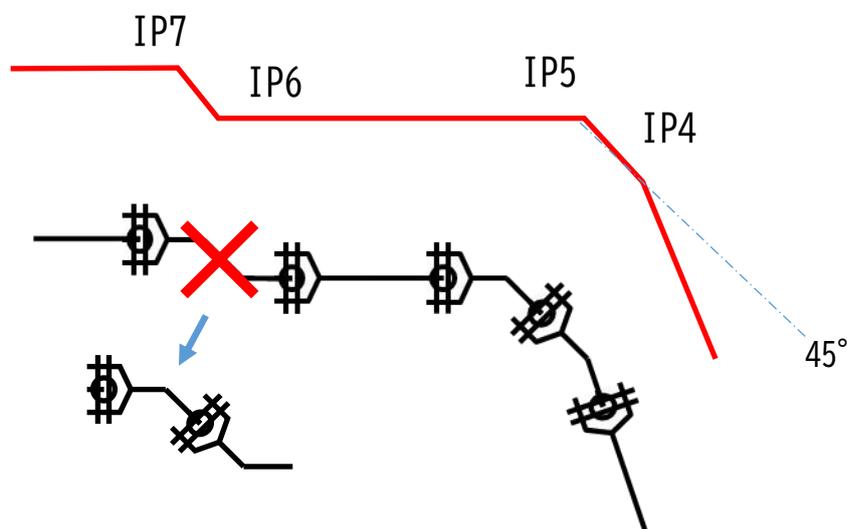
① 平面屈曲

例 1)



曲管の箇所 = I P 点とする。

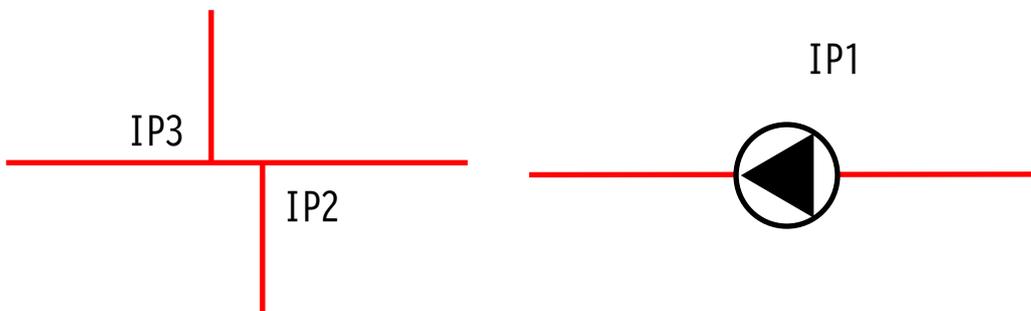
例 2)



平面上の角度が曲管の規格 (90° , 45° , 22° 1/2, 11° 1/4, 5° 5/8+許容曲げ角度) に合わない角度の場合は、複合曲管として想定される曲管の数を集計する。乙字管は考慮しないものとし、複合曲管として集計する。

② 分岐

例 1)



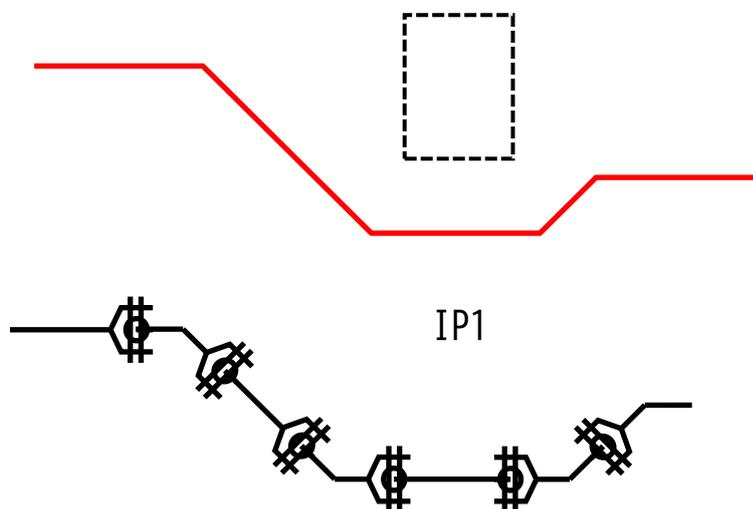
分岐路線，給水取出し(φ50mm以上)
地上式消火栓などの分岐も含む

排水弁，空気弁，消火栓など

二受T字管，フランジT字管の設置が見込まれる箇所を集計する。

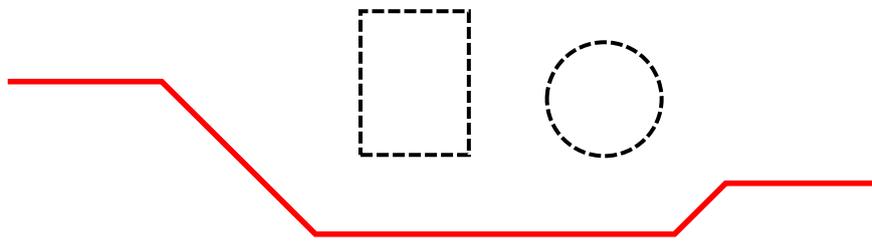
③ 伏せ越し

例 1)

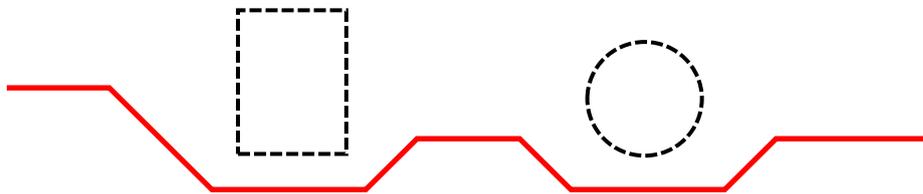


地下埋設物のかわすため伏せ越しする場合は，異形管の数によらず支障物の数を
集計する。

例 2)



IP2



IP4

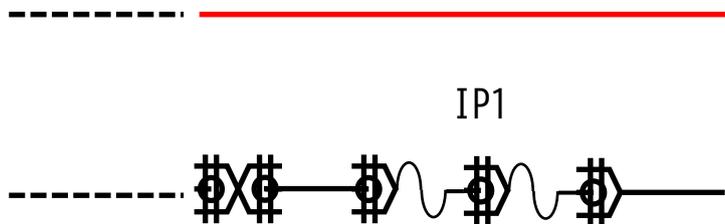
IP3

支障物が連続している場合、同じ深さでかわす場合は I P 点を 1、それぞれで下越しする場合は I P 点を 2 として集計する。

④ 土被り変化

例 1)

既設管への接続など（垂直方向（深さ）の変化及び水平方向の変化も含む）



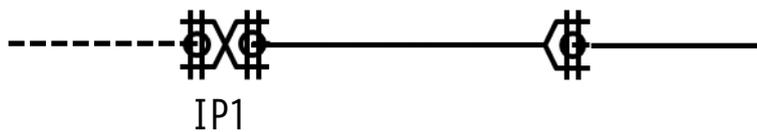
異形管の数によらず，接続箇所 1 に対し，IP 点を 1 として集計する。

⑤ その他既設管接続

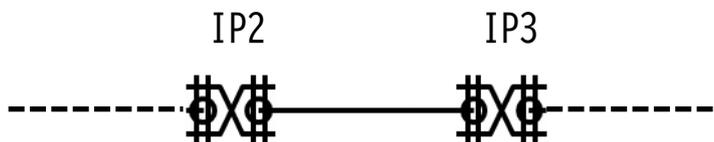
例 1)

既設管への接続について，④に該当しない異形管を伴わない直線上での接続や配水管の切り離し処理を実施する箇所

- ・既設管と直線上での接続（区画整理等）



- ・配水管の切離し処理



想定される異形管の数により，IP 点を集計する。

表-1 標準数量表

呼び径75 GX形の標準数量（切管用挿し口リングの場合） 凡例： 407.1 入力セル

条件
 (1) 管路延長 L 407.1 (m)
 (2) IP数 20 (箇所)

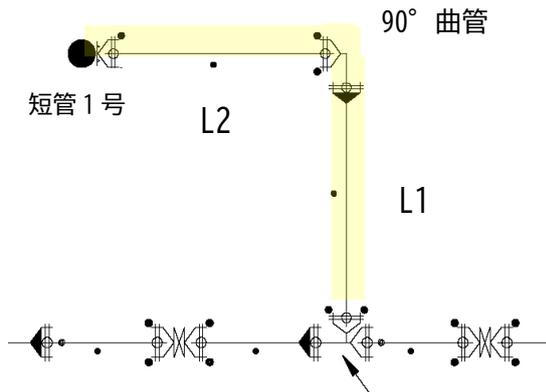
区分	名称	規格・寸法	単位	標準数量			
				100m当たり qm	100m当たり q = γ × qm	管路延長当たり Q = q × L	
材料	GX形 直管	φ75 × 4m	本	25.32	23.11	94.10	
	GX形 二受T字管	φ75 × φ75	個	0.14	0.13	0.52	
	GX形 フラッグ付T字管	φ75 × φ75	個	0.03	0.03	0.11	
	GX形 曲管 5 5/8°	φ75	個	0.81	0.74	3.01	
	GX形 曲管 11 1/4°	φ75	個	0.86	0.79	3.20	
	GX形 曲管 22 1/2°	φ75	個	0.31	0.28	1.15	
	GX形 曲管 45°	φ75	個	1.55	1.41	5.76	
	GX形 曲管 90°	φ75	個	0.67	0.61	2.49	
	GX形 乙字管	φ75 × 300H	個	0.12	0.11	0.45	
	GX形 乙字管	φ75 × 450H	個	0.70	0.64	2.60	
	GX形 受挿し片落管	φ100 × φ75	個	0.28	0.26	1.04	
	GX形 継ぎ輪	φ75	個	0.56	0.51	2.08	
	GX形 帽	φ75	個	0.09	0.08	0.33	
	GX形 栓(直管用)	φ75	個	0.03	0.03	0.11	
	GX形 栓(異形管用)	φ75	個	0.17	0.16	0.63	
	GX形 ライナ	φ75	個	6.00	5.48	22.30	
	GX形 異形管用接合部品	φ75	組	5.86	5.35	21.78	
	GX形 G-L i n kセット	φ75	組	0.89	0.81	3.31	
	GX形 切管用挿し口リング	φ75	個	3.84	3.51	14.27	
	K形 直管 (3種)	φ75 × 4000L	本	0.09	0.08	0.33	
	K形 フラッグ付T字管	φ75 × φ75	個	0.03	0.03	0.11	
	K形 曲管 45°	φ75	個	0.06	0.05	0.22	
	K形 曲管 90°	φ75	個	0.03	0.03	0.11	
	K形 受挿し片落管	φ100 × φ75	個	0.03	0.03	0.11	
	K形 継ぎ輪	φ75	個	0.03	0.03	0.11	
	K形 帽 (特殊押輪含む)	φ75	個	0.36	0.33	1.34	
	K形 接合部品 (特殊押輪)	φ75	組	0.36	0.33	1.34	
	ポリエチレンスリーブ	φ75	m	100.00	100.00	407.10	
	管明示テープ	φ75	m	100.00	100.00	407.10	
	管明示シート	-	m	100.00	100.00	407.10	
	布設	鑄鉄管布設工 (機械)	φ75	m	100.00	100.00	407.10
		GX形継手接合工(直管受口)	φ75	□	25.05	22.87	93.09
		GX形継手接合工(異形管受口)	φ75	□	5.86	5.35	21.78
		GX形継手接合工(G-Link)	φ75	□	0.89	0.81	3.31
		GX形鑄鉄管切断・溝切り2工程	φ75	箇所	3.84	3.51	14.27
		GX継手工挿口加工(タッペンねじ式)	φ75	□	3.84	3.51	14.27
		メカ継手接合工	φ75	□	0.78	0.71	2.90
		メカ継手接合工(特殊押輪)	φ75	□	0.03	0.03	0.11
		鑄鉄管切断工(エンジンカッター使用)	φ75	□	0.47	0.43	1.75
		ポリエチレンスリーブ被覆工	φ75	m	100.00	100.00	407.10
管明示テープ		φ75	m	100.00	100.00	407.10	
管明示シート		-	m	100.00	100.00	407.10	

1-2-3 消火栓設置

概算数量設計における消火栓の計上は、地上式消火栓については、管布設接合及び管材料数量を次の標準タイプとする。土工数量は「1-2-1」により集計する。地下式消火栓については、従来どおり積算基準書による。

【標準タイプ】

地上式消火栓(単口)



T字管はIP点(分岐)として本管側で計上

(m)

	L1	L2	異形管等	計	本管からの 離れ
a	3.0	1.0	0.729	4.729	3.51

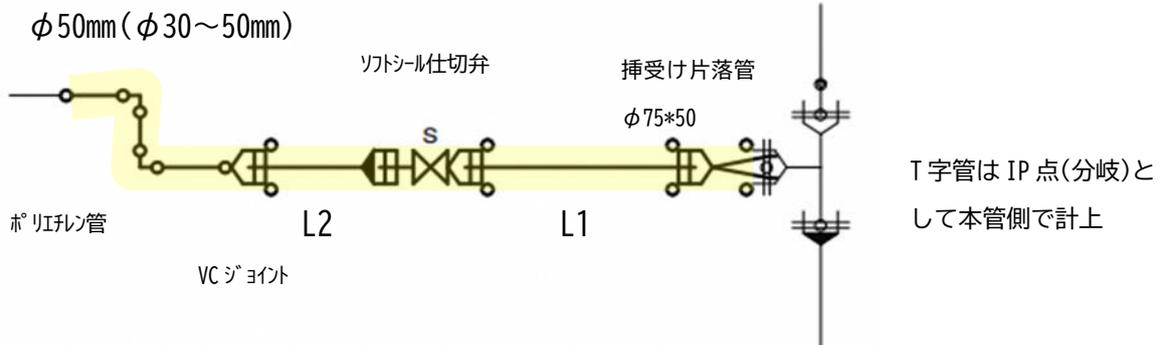
異形管等内訳：二受T字管φ150×75 I=0.140, 90° 曲管 0.480 短管1号 0.080 ライナー0.029

消火栓形式	土工	管布設接合・管材料数量
地上式	1-2-1 による管路延長	標準タイプ
地下式	管路土工に含む	積算基準書による

1-2-4 給水管切替工

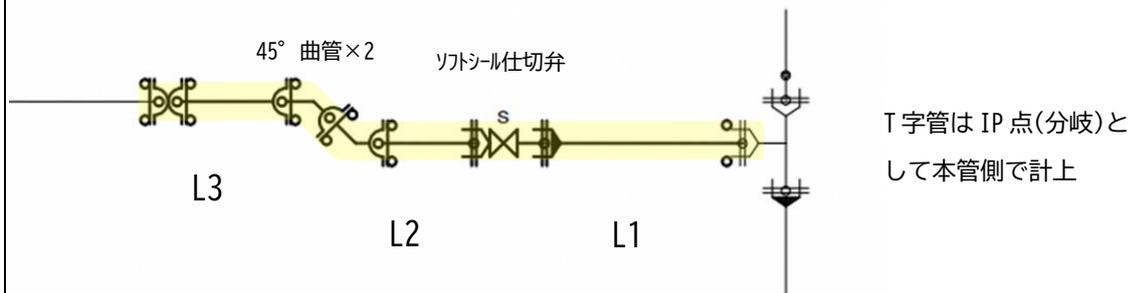
φ 25mm 以下は、従来どおり積算基準書の給水管切替タイプ別分類により集計する。
φ 30mm 以上については、下記の給水管切替タイプ別分類より集計する。

φ 50mm (φ 30~50mm)



	L1	L2	異形管等	PP	計	仕切弁までの(m) 距離
a	1~3.0	1.0	1.05	1.00	4.05~6.05	1.64~3.64
b	4.0	1.0	1.05	1.00	7.05	4.64
c	5.0	1.0	1.05	1.00	8.05	5.64

異形管等内訳：二受 T 字管 φ 150×75 I=0.140, 挿し受け片落管 75*50 0.410 ソトシール仕切弁 0.50 φ 75mm, φ 100mm



φ 75mm

(m)

	L1	異形管等	L2+L3	計	仕切弁までの距離
a	1.0~3.0	1.676	1.40	4.076~6.076	1.54~3.54
b	4.0	1.676	1.40	7.076	4.54
c	5.0	1.366	1.40	7.766	5.54

異形管等内訳：二受 T 字管 φ 150×75 I=0.140, ライナー0.029

ソトシール仕切弁挿し 0.49 (【別紙参考資料】④給水切替工 給水切替タイプ別⑤のみ両受 0.18)

φ 100mm

(m)

	L1	異形管等	L2+L3	計	仕切弁までの距離
a	1.0～3.0	1.676	1.40	4.076～6.076	1.54～3.54
b	4.0	1.676	1.40	7.076	4.54
c	5.0	1.366	1.40	7.766	5.54

異形管等内訳：2受T字管φ150×100 I=0.140, ライナー0.029

ソトシル仕切弁受挿し0.49(【別紙参考資料】④給水切替工 給水切替タイプ別⑤のみ両受 0.18)

1-2-5 図面作成費

受注者が配管図等を作成するための費用として、図面作成費を計上することとし、共通仮設費の準備費に積み上げ計上する。

水道施設整備費に係る歩掛表(厚生労働省)第2章第1節の開削工法により、基本歩掛から図面作成の標準歩掛に補正係数を乗じて算出する。

歩掛作成に必要な設計条件については、設計書内の備考欄に記載すること。

記載例)

1. 管径補正：有, 2. 延長補正：有, 3. 地域環境：1, 道路幅員：3, 埋設物：1, 土質：5
電子成果品作成費

第2章 契約依頼事務

2-1 契約依頼事務

契約依頼は、対象年度の「建設工事の発注方針」によるものとする。また、設計書は概算数量設計であることがわかるように、工事概要欄に概算数量設計であることを記載する。

記載例)

工事概要 「本工事は概算数量設計による工事発注である。」

2-2 添付書類

契約検査課への契約依頼に添付する書類について、従来の添付書類のほか、概算数量設計特記仕様書を追加すること。

第3章 契約後の事務

3-1 配管図等の確認

配管図等の作成にあたっては、受注者と綿密な打合せを行い、手戻り等が生じないように実施すること。また、受注者の作成する配管図等は、監督員が確認したのち、設計内容検討会において課長協議を実施し、了承を得たのちに工事打合簿により決裁し、承認する旨を業者通知すること。

3-2 設計変更

設計数量は、受注者が作成し発注者が承認した配管図等により管材料等の数量を確定するものとし、設計変更の対象とする。また、承認後の配管に変更が生じる場合には、市営建設工事等設計変更等事務取扱要領(H29.7.24 施行)に基づき、受注者と協議すること。

概算数量設計による配水管布設工事発注方式（小規模簡易 DB 方式）に係る 特記仕様書

（適用）

第1条 本仕様書は、令和○年度 < 工事名 >（以下「本工事」という。）に適用する。

（本方式の趣旨）

第2条 概算数量設計による配水管布設工事発注方式（小規模簡易 DB 方式）の趣旨は、配管図等作成と施工を一括して同一の者に発注することで、効率的かつ合理的な設計及び施工を行うものであり、受注者はその趣旨に従い、本工事を実施するものとする。

（本工事の設計及び積算）

第3条 本工事は、概算数量設計により積算している。

（図面作成期間）

第4条 本工事の準備工に、図面作成期間として○日間を計上している。

（配管図等の作成）

第5条 配管図等の作成は、受注者が行うものとし、図面作成に係る技術者の配置は不要とする。

2 受注者は、施工に必要な配管図等を CAD により作成し、その電子データは工事打合簿として監督員の承認を得るものとする。

3 CAD のファイル形式は「SXF」、「DXF」または「JWW」とし、次の図書に準拠し作成するものとする。

- ・上水道施設に係わる CAD 製図基準（案）（平成 24 年 7 月 公益社団法人 日本水道協会）
- ・上水道施設に係わる CAD 製図基準（案）運用ガイドライン（平成 24 年 7 月 公益社団法人 日本水道協会）

（配管図作成に係る基本事項）

第6条 配管図については、次の基本事項に基づき作成するものとする。

（1）配管図の作成にあたっては、監督員と密に打ち合わせを行い、手戻り等が生じないように実施すること。

（2）管路の管種、口径、施工区間は本市が作成した平面図によるものとするが、現地調査、試掘調査の結果により、現場と相違が認められる場合は、事前協議の上、配管図に反映

させること。

- (3) 配管図の作成にあたっては、「盛岡市水道工事標準仕様書」の〔要領④〕工事完成図面作成要領(5)配管図①から③に基づき、監督員と協議し作成すること。
- (4) 切管については、経済性を考慮し効率よく使用すること。
- (5) その他、配管図の作成にあたっては、下記の最新図書等に準拠し作成すること。
 - ・盛岡市水道工事標準仕様書（盛岡市上下水道局）
 - ・盛岡市給水装置工事施行要領（盛岡市上下水道局）
 - ・水道施設設計指針（公益社団法人 日本水道協会）
 - ・水道維持管理指針（公益社団法人 日本水道協会）
 - ・一般社団法人 日本ダクタイル鋳鉄管協会が発行する技術資料等

（提出書類）

第7条 盛岡市水道工事標準仕様書（令和3年10月1日以降）に基づく提出書類のほか、第5条から第6条により作成する配管図等を、配管工事施工前までに発注者に提出し、承認を得るものとする。なお、配管図等とは、配管図および本工事を施工するために必要な伏越詳細図等である。

（設計数量の決定）

第8条 設計数量は、受注者が作成し発注者が承認した配管図等により管材料等の数量を決定するものとし、設計変更の対象とする。また、承認後の配管に変更が生じる場合には、市営建設工事等設計変更等事務取扱要領(H29.7.24施行)に基づき、工事監督員と協議すること。

（図面作成費）

第9条 本工事の設計には配管図作成に要する費用として図面作成費を共通仮設費の準備費に計上している。

（アンケート調査への協力）

第10条 受注者は、小規模簡易DB方式の実施に係るアンケート調査に協力すること。

参考資料（アンケート回答結果）

各事業者がおかれている状況を把握するために、次の項目を中心とした調査を実施した。

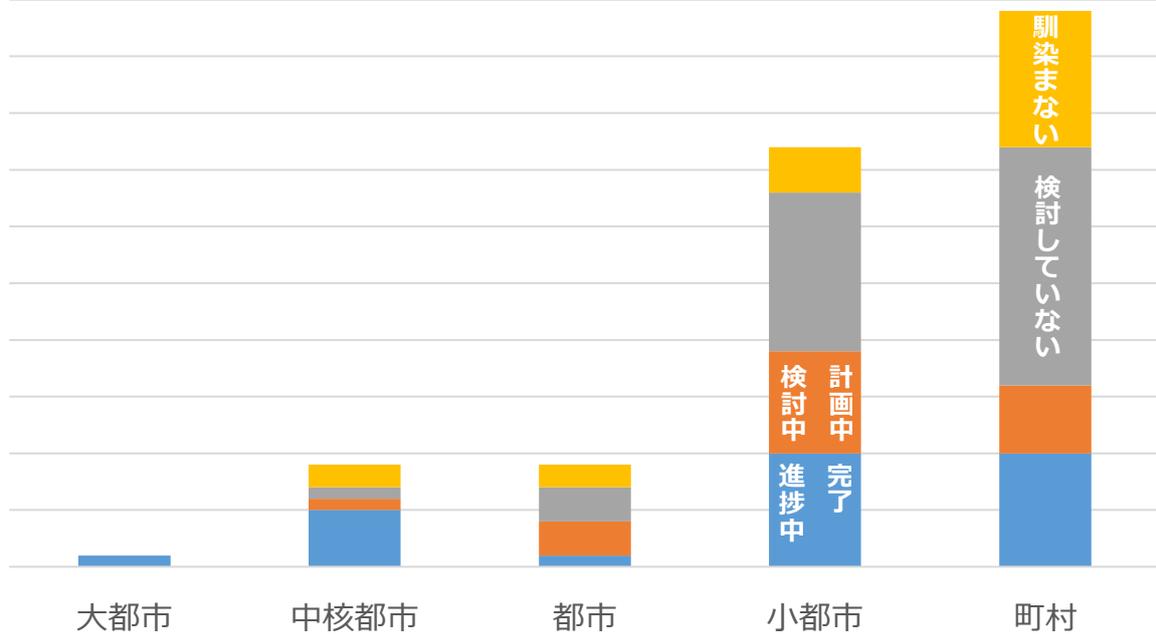
- ① 日水協三研究委員会に関する調査
 - ・ 報告書の活用に関する調査
- ② テーマに関する調査
 - ・ 事業者規模や管路資産延長等の基礎調査
 - ・ 更新延長に関する調査
 - ・ 消防水利に関する調査
 - ・ 簡易水道での消防水利に関する調査

本報告書には、②テーマに関する調査について一部分のみ掲載する。

事業者の基本情報 [平成 30 年度末時点, または最新の値を教えてください。]

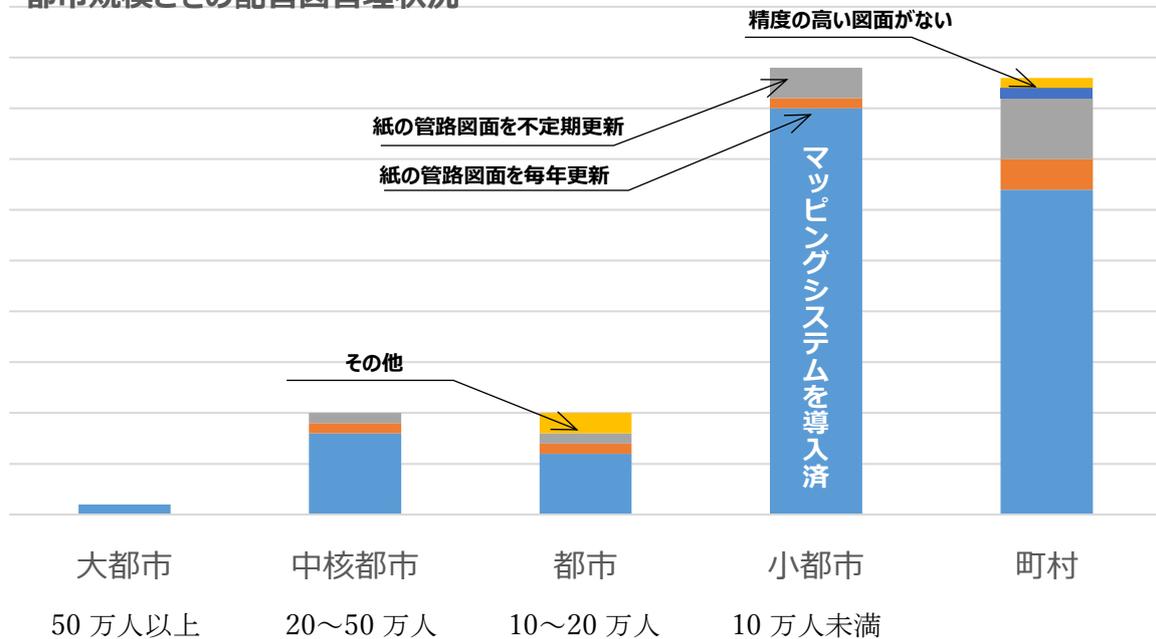
・給水区域をいくつかのブロックに分けて管理していますか。

都市規模ごとのブロック化検討状況



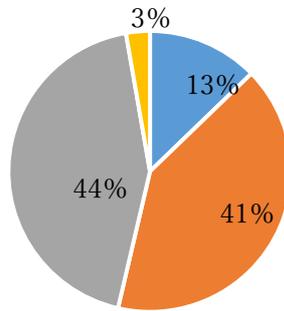
・水道施設台帳（管路に係るもの）の整備について

都市規模ごとの配管図管理状況



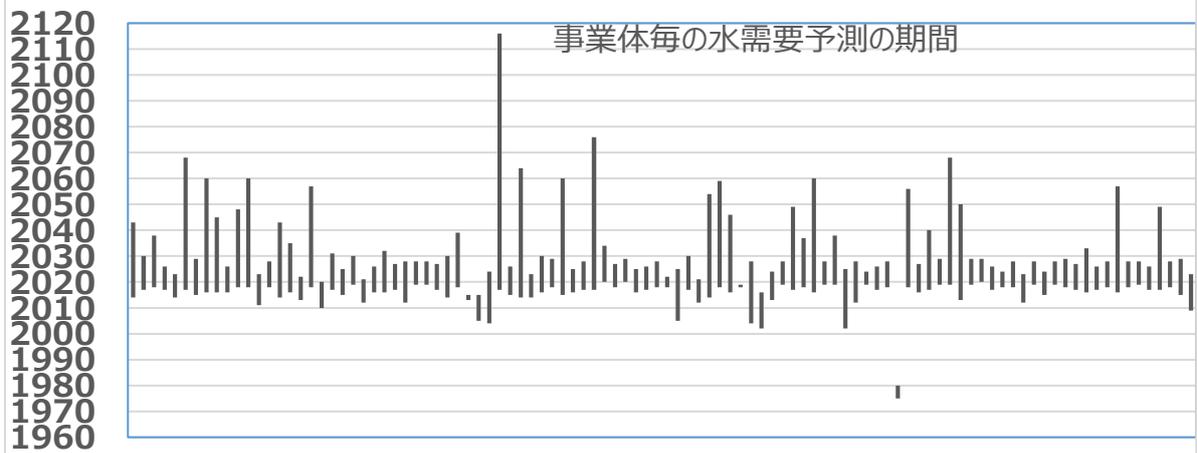
・管網解析（水理計算）の方法について

管網解析（水理計算）は実施していますか？



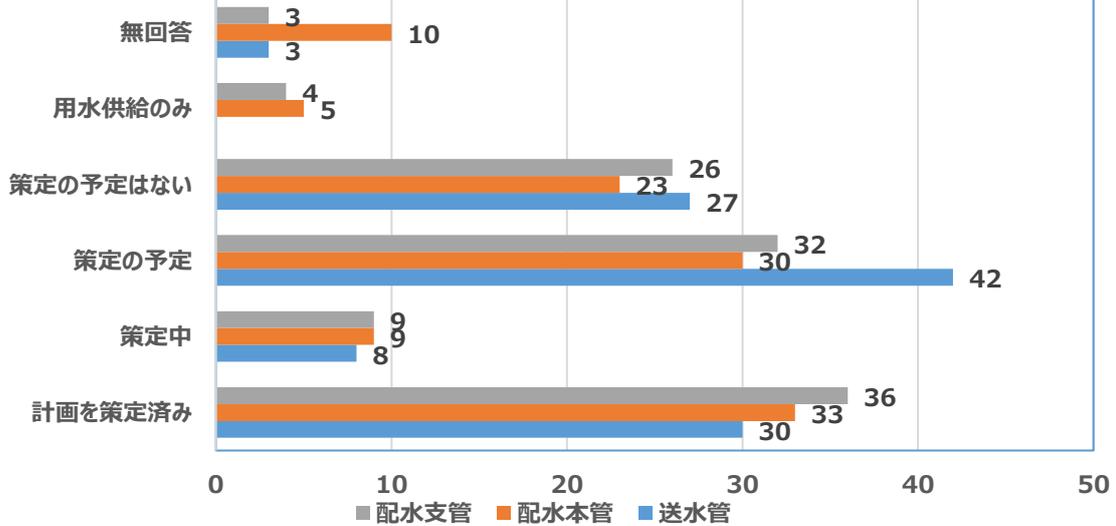
■ 自前（直営）で解析・計算 ■ 業務委託し解析・計算 ■ 管網解析はしていない ■ 無回答

・水需要の予測（一つの棒グラフは、一つの水道事業体の予測期間を表す）

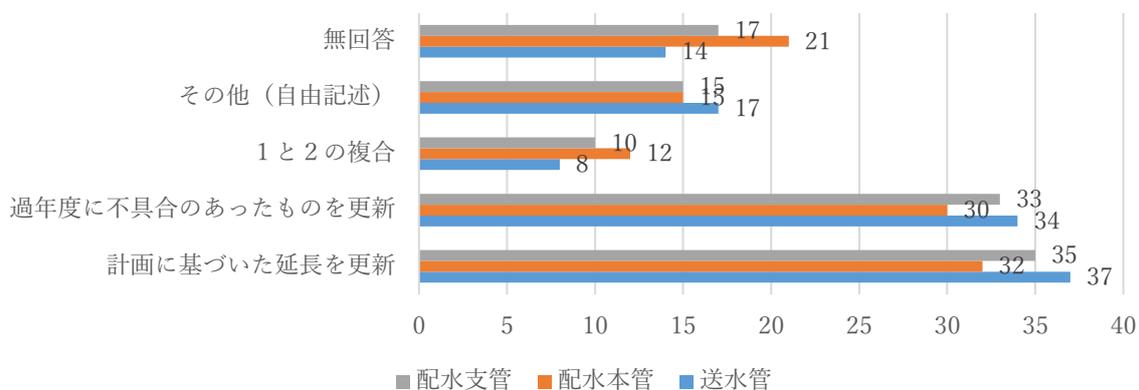


管路の用途別更新事業について

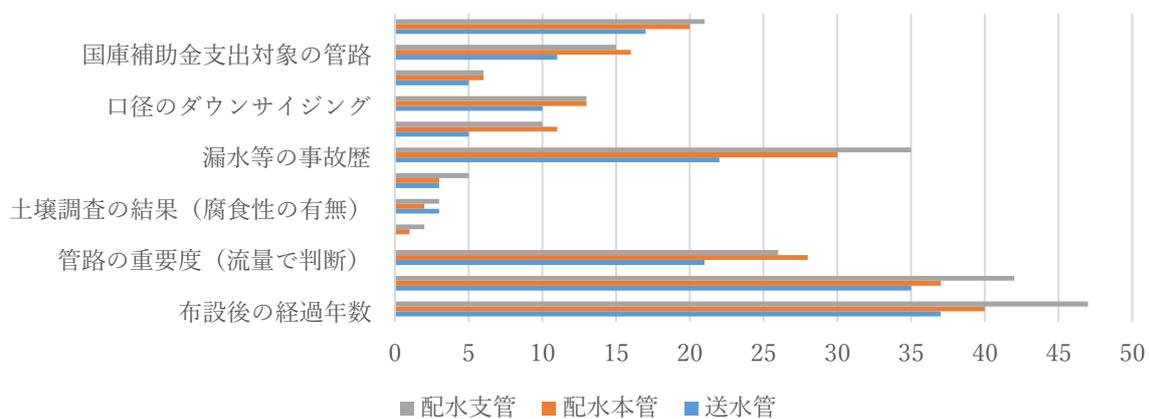
管路更新計画の策定



更新路線の選定



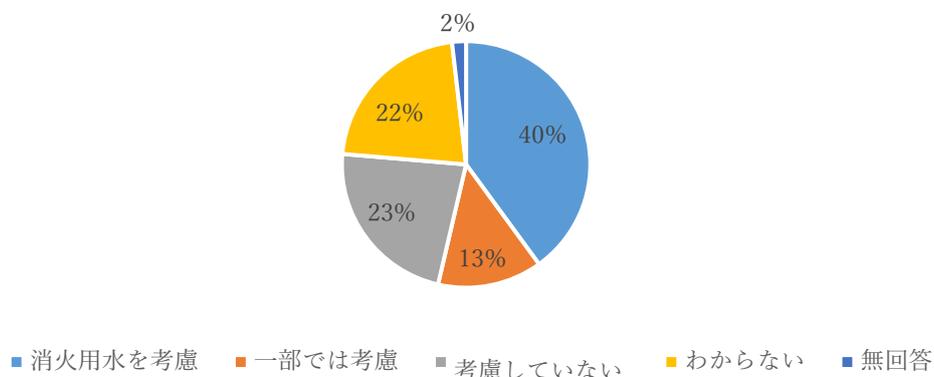
更新計画での配慮事項



上水道事業の消防水利（消火栓ほか）について

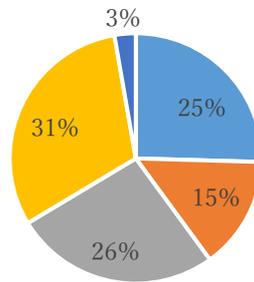
・消防水利分としての貯水量

既存の配水池の容量は消火用水量分を考慮していますか？



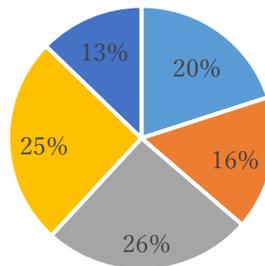
・消防水利分としてのポンプ能力

既存の送水ポンプ能力は消火用水量分を考慮していますか？



■ 消火用水を考慮 ■ 一部では考慮 ■ 考慮していない ■ わからない ■ 無回答

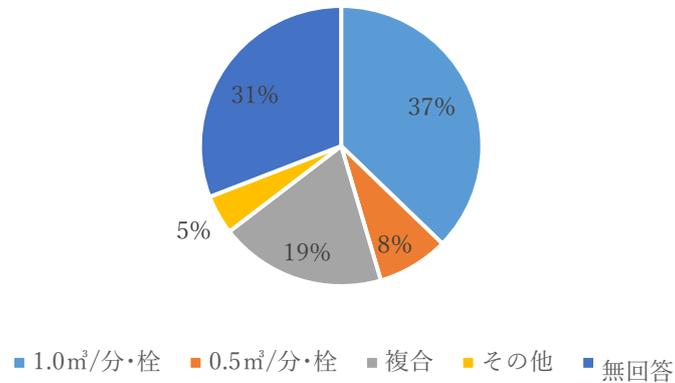
既存の配水ポンプ能力は消火用水量分を考慮していますか？



■ 消火用水を考慮 ■ 一部では考慮 ■ 考慮していない ■ わからない ■ 無回答

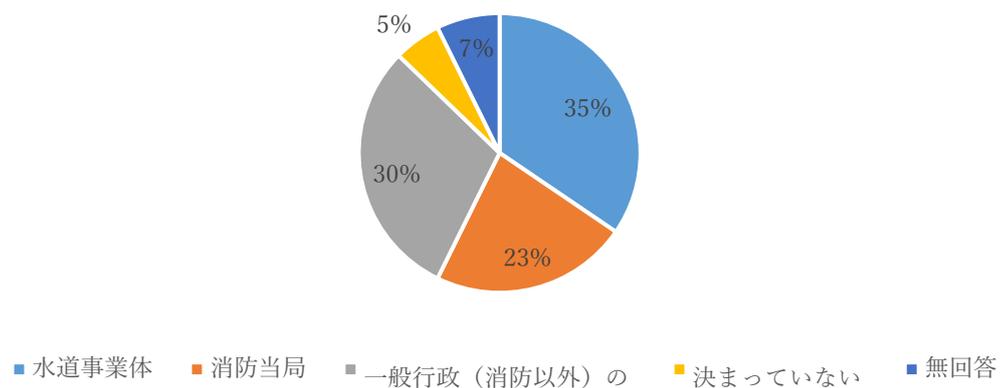
・消防水利としての配水量

管網解析上の消火栓1栓あたりの放水量は？

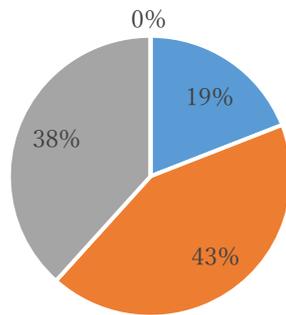


・消火栓の維持管理等

消火栓は誰の資産となっていますか？

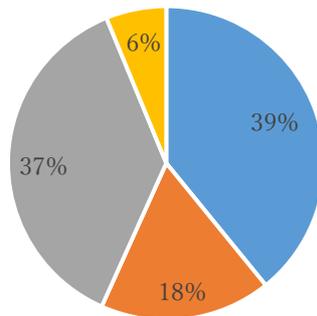


台帳の管理



■ 水道事業体 ■ 消防当局 ■ 一般行政 (消防当局以外を含む) ■ わからない

消火栓の設置



■ 水道事業体 ■ 消防当局 ■ 一般行政 (消防当局以外を含む) ■ わからない

委員名簿

平成 31（令和元）年度

委員長	仙台市水道局給水部計画課	尾形 晋治
副委員長	いわき市水道局工務課	関場 浩平
委員	青森市企業局水道部整備課	大向 達也
	八戸圏域水道企業団配水課	浜飯 貴幸
	横手市上下水道部水道課	大屋敷 喜信
	大仙市上下水道局水道課	石川 喬太
	盛岡市上下水道局上下水道部水道建設課	蛇口 卓也
	奥州市上下水道部水道課	上野 政寿
	山形市上下水道部水道建設課	長谷川 幸仁
	鶴岡市上下水道部水道課	岡部 和広
	大崎市水道部施設課	高橋 健
	相馬地方広域水道企業団施設課	宍戸 優太
事務局	仙台市水道局給水部計画課	森 勇太
	仙台市水道局給水部計画課	渡邊 聖智
	仙台市水道局給水部計画課	長谷川 裕也
	仙台市水道局給水部計画課	関本 拓磨

令和4年度

委員長	仙台市水道局給水部計画課	横橋 勇太郎
副委員長	いわき市水道局工務課	関場 浩平
委員	青森市企業局水道部上水道整備課	山田 文彦
	八戸圏域水道企業団配水課	浜飯 貴幸
	横手市上下水道部水道課	大屋敷 喜信
	大仙市上下水道局水道課	田口 政樹
	盛岡市上下水道局上下水道部水道建設課	蛇口 卓也
	奥州市上下水道部水道課	菊池 秀哉
	山形市上下水道部水道建設課	田中 悠祐
	鶴岡市上下水道部水道課	吉野 浩
	大崎市上下水道部上水道施設課	小堤 俊幸
	相馬地方広域水道企業団施設課	宍戸 優太
事務局	仙台市水道局給水部計画課	羽田 伸介
	仙台市水道局給水部計画課	関本 拓磨
	仙台市水道局給水部計画課	橋谷田 和正

令和5年度

委員長	仙台市水道局給水部計画課	横橋 勇太郎
副委員長	いわき市水道局工務課	鈴木 秀俊
委員	青森市企業局水道部上水道整備課	山田 文彦
	八戸圏域水道企業団配水課	浜飯 貴幸
	横手市上下水道部水道課	中野 剛享
	大仙市上下水道局水道課	田口 政樹
	盛岡市上下水道局上下水道部水道建設課	蛇口 卓也
	奥州市上下水道部水道課	日高 康彦
	山形市上下水道部水道建設課	紅谷 晋平
	鶴岡市上下水道部水道課	吉野 浩
	大崎市上下水道部上水道施設課	遊佐 真基
	相馬地方広域水道企業団施設課	宍戸 優太
事務局	仙台市水道局給水部計画課	小保内 啓太
	仙台市水道局給水部計画課	橋谷田 和正
	仙台市水道局給水部計画課	齋藤 雅樹

給水装置研究委員会報告

『貯水槽水道の維持管理について』

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

「貯水槽水道の維持管理について」

令和5年12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	研究テーマについて	2
III	アンケート調査について	7
IV	定水位弁製造者へのヒアリング調査について	11
V	各関係者の役割と現状における課題について	13
VI	貯水槽水道の適正な維持管理について	16
VII	水道事業者の取組み事例	18
VIII	おわりに	30

■給水装置研究委員会名簿

I はじめに

平成14年4月1日施行の改正水道法において、簡易専用水道を含め、受水槽の規模によらない建物内水道の総称として「貯水槽水道」が新たに定義された。これにより、水道水を供給する立場の水道事業者として、貯水槽水道の設置者等との間で貯水槽水道に関する責任関係を供給規程において明確化するとともに、水道事業者の立場から設置者に対する助言等を行う根拠が規定されたところであり、貯水槽水道設置者に対して適切な助言を行い貯水槽水道の適正管理に向けた取組みが行われている。

これを受けて各水道事業者が条例による規制や要綱等による指導を行っているが、その指導方法等において様々な問題を抱えている。

今回の研究委員会では、その問題を少しでも解決し貯水槽水道の管理に関する設置者や利用者からのお問い合わせに対し、水道事業者が把握しているお客さまの設備情報や工事履歴等を基に適切な指導ができるように、現状の対応における問題点の抽出・解決方法の検討を行い、お問い合わせや指導といった実務に反映できるようにすることを目的として調査研究を行った。

本研究による報告が、業務を行う上で少しでも参考になれば幸いである。また、適正な管理が行われた貯水槽水道が利用できるようになることを望むものである。

なお、当初はこの研究委員会の期間を令和元年度から令和2年度までとしていたが、新型コロナウイルス感染症拡大防止の観点から参集を伴う委員会の開催は行うことができず、期間の延長を行い令和5年度から活動再開となった。

活動が再開された令和5年度最初の委員会において、今後の進め方を検討した結果、3年間の活動休止、委員の交代及び今後開催できる委員会回数を考慮し、令和元年度の継続検討は行えないと判断し、令和元年度で研究した内容で報告書の作成に着手することを決定した。

以上により、この報告書は令和元年度に行った研究委員会での内容、アンケート調査及び定水位弁製造者へのヒアリング結果等までを基に作成したものである。

II 研究テーマについて

日本水道協会東北地方支部の給水装置研究委員会における、令和元年度から研究する新たなテーマを決定するにあたり、研究してほしいテーマを東北地方支部の水道事業者アンケート調査として募った。その回答の中に、「貯水槽水道の適正管理について」と「FMバルブによるウォーターハンマーの防止について」という貯水槽水道に関する記載が二つあった。そこで、この二つのことについて研究することとし、本研究委員会のテーマはこれらを併せて『貯水槽水道の維持管理について』と決定した。

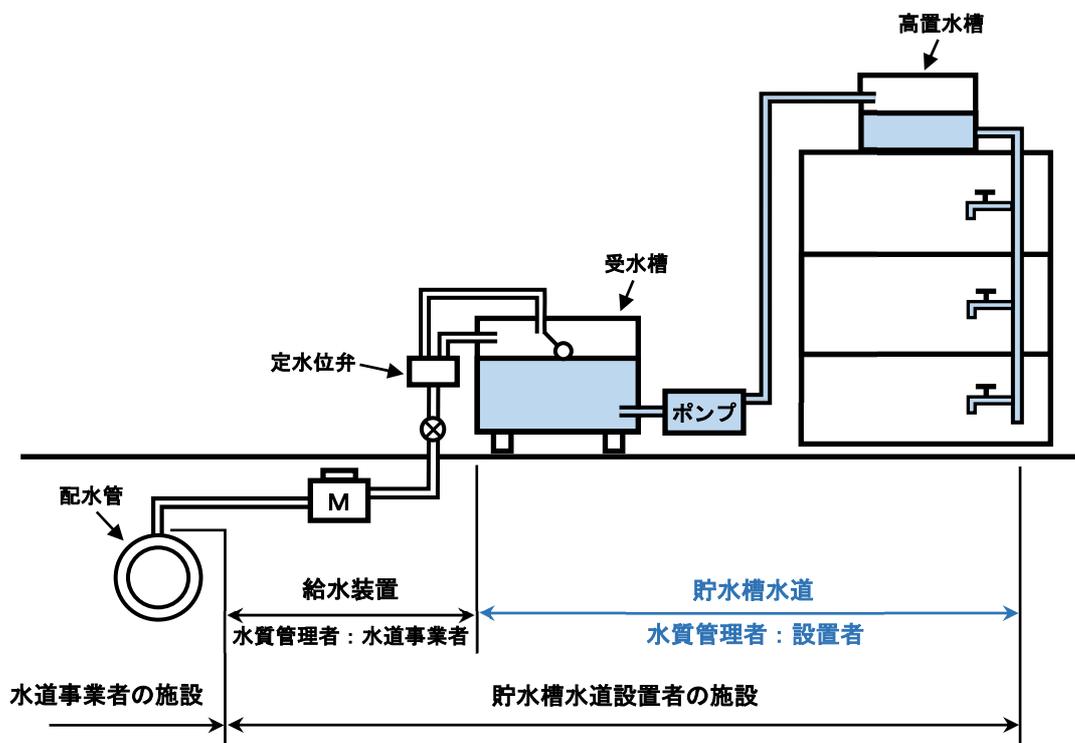
また、研究の成果が実務に活かされる委員会にするため、どのようなことを研究したいか、どのような成果を出したいか、どのように実務に反映させることができるか等、より具体的に検討を進めることとした。その成果を各水道事業者が作成している施行要領等の改訂に反映させ実務で使用できるようにすることを目的とした。

■貯水槽水道とは

水道の水を一時受水槽に貯めてから給水する方式をいう。

アパート・マンション等の建物や、一時的に大量の水を使用する施設でこの方式が用いられている。断水時や災害時に水の確保ができるなどの利点があるが、所定の維持管理を必要とする。

また、一般的に受水槽式給水には「簡易専用水道」と「小規模貯水槽水道」があり、これらを貯水槽水道と呼んでいる。



貯水槽水道イメージ図

1. 貯水槽水道に関してのお客さま対応で苦慮している点から、今回検討したいこと。

- (1) 貯水槽水道の調査の成果があまり上がらない。特に5 m³以下は規制に対する法的根拠がなく、効果が上がる指導方法を検討したい。
- (2) 貯水槽水道の設置者や管理者が分からず、お客さまから“水が出ない”等の対応に苦慮している。また、管理について説明をしても理解されない。そのため、貯水槽水道設置者情報の適正な管理及び指導範囲について検討したい。
- (3) 貯水槽水道の無料点検を行っているが、件数が伸びず解決策としてどうすればよいかと考えている。
- (4) 貯水槽水道の調査を職員が行ってきたが対応が難しい。他の水道事業者で今まで行ったことを挙げて、この機会に調査しても良いのではないか。
- (5) 貯水槽水道について、設置者だけではなく、使用者への注意喚起も行っている。
- (6) 合併後、各自治体が行っている貯水槽水道の管理についての情報が入ってこない。しかし、お客さまからのお問い合わせは入るので苦慮している。
- (7) 流入調整のため、定流量弁を設置することとしているが高価なため、バルブを設置してもらい調整している。
- (8) 定流量弁ではないが流量調整機能付の定水位弁を設置してほしいとしている。
- (9) 受水槽への流入時に波打ちがあり流量調整をしたが、その後に受水槽清掃があり流量を戻され前の状態になり、再度調整した。
- (10) 定水位弁の製造者に話を聞きたい。

2. 目指す成果と検討事項

【貯水槽水道の管理等について(指導含む)】

- (1) 目指す成果
 - ① 貯水槽水道利用者への適切な情報提供
 - ② 貯水槽水道を安心して利用してもらうための指導方法の整理(実施マニュアルのようなもの)
 - ③ 貯水槽水道の点検、報告の義務があることを示すものを整理(法令上、他事業者の取組みなど)
- (2) 検討事項
 - ① 貯水槽水道の維持管理、指導・助言における問題点

- ア 適切な手続き(定期検針、工事申請、報告など)がされない。
- i 管理状況の報告がない。
 - ii 貯水槽水道の管理者や管理状況について把握できていない。
 - iii 売買等により所有者変更等があった場合、設置者・管理者の連絡先が分からなくなる。
 - iv 受水槽以降の工事により用途や使用形態が変わり、使用水量が多くなり過ぎたり、少なくなり過ぎたりする(メーター口径や受水槽容量が不適切になる)。
 - v 受検義務がない小規模(5 m³以下)なものでは定期検査の受検率が低い。
 - vi 法的根拠や管理記録報告書の提出義務がないことから調査率が上がらない。
 - vii 貯水槽水道の工事申請がされないものがある(無届で撤去、受水槽容量の変更など)。
- イ 水道事業者としての責任や、やるべきことが分からない。
- i 貯水槽水道の管理に関わる水道事業者としての責任や、やるべきことが明確になっていない。
 - ii 貯水槽水道の維持管理等のマニュアルが無い。
 - iii 衛生行政(保健所)の立入検査等に同行しているが、担当者により立入検査等の頻度が変わる。
 - iv 水質異常等について、水道事業者の責任を問われることがある(貯水槽水道の管理者及び使用者の認識不足)。
- ウ 水道事業者による指導・助言の効果が小さい。
- i 水道事業者による指導・助言には強制力がない。
 - ii 水道事業者からの指導・助言に応じてもらえない。
 - iii 水道事業者が実施する現地調査に応じてもらえない。
 - iv 無料点検等を行おうとしても断られることが多い。
- エ その他
- i 貯水槽水道設置者自身が貯水槽水道を管理している、使用しているという認識がないことがある。
 - ii 人員不足、予算不足により、水道事業者が指導・助言・調査等を行うことが難しい。
 - iii 貯水槽水道設置者の都合に合わせるため休日等の対応が多い。

- iv 調査費に対して効果が感じられない。
- ② 貯水槽水道の工事、維持管理、指導・助言等における、水道事業者、衛生行政(保健所)、貯水槽水道設置者の責任ややるべきことの整理
 - 水道事業者、衛生行政(保健所)、貯水槽水道設置者の責任や、やるべきこと等を整理した。
- ③ 水道事業者の取組みの整理
 - 他の水道事業者の取組みについて照会を行い整理した。
- ④ 貯水槽水道に関するデータの管理方法の整理
 - ア 当委員会の水道事業者における貯水槽水道に関するデータの管理方法を出し合った(システムの画面や項目等)。
 - イ データの種類は水道事業者ごとに異なり、受水槽容量・用途等の他に、点検・清掃の有無を管理しているところもあった。
 - ウ 現地とデータを一致させるための手法等について、はがきを送ったりして最新の情報を捉えようとしたり、定期的に衛生行政(保健所)のデータとすり合わせたりしているところがあった。
 - エ 現地とデータを一致させるための手法等について、効果的な手法を整理する必要がある。

【受水槽への流入に関すること(ウォーターハンマーの対策等)】

- (1) 目指す成果
 - ① 受水槽への流入量を適正化(抑制)するためにできることの整理
 - ② 明確な基準を作成し、施行要領等の改訂
- (2) 検討事項
 - ① 受水槽への流入量が多いことによる問題の事例
 - ア ウォーターハンマーが発生する。
 - イ 濁水が発生する。
 - ウ 周辺の配水管の水圧が変動、低下する。
 - エ 配水管の急激な流量変化。
 - オ 配水管に設置されている圧力調整弁(減圧弁)が正常に作動しないことがある。
 - カ メーターに規定以上の流速、流量が流れることにより、メーターの性能に支障がでる。

- キ 一度、流量を調整させてもらっても、お客さまが点検・清掃時等に再度、開度を上げてしまうこともある。
- ② ウォーターハンマーの防止や流入量を適正化するための手段の整理
流入量を適正化するための手段、問題点等について定水位弁製造者に聞き取りし、整理した。
→『Ⅳ 定水位弁製造者へのヒアリング調査について』
- ③ メーターの適正範囲の整理
メーター口径ごとの適正使用流量範囲について、整理した。
- ④ 水道事業者の取組みの整理
他の水道事業者における問題点や取組み等について照会を行い整理した。
→『Ⅶ 水道事業者の取組み事例』
- ⑤ どういうことを検討するか
- ア ウォーターハンマーや大量引き抜きにより起こる問題の整理。
- イ 配水管への負荷の点で直結方式と受水槽方式との比較。
- ウ ウォーターハンマーの防止や引き抜き量適正化のための手段の整理。
→『Ⅳ 定水位弁製造者へのヒアリング調査について』
- エ 流量調整をすること、定流量弁を設置することの問題点及び対策等の整理。
- オ 流量調整をすること、定流量弁を設置することの可否の整理。
- カ 流量調整をすること、定流量弁を設置するときの留意点の整理。
- キ その他
- ⑥ どのような成果が想定できるか
ウォーターハンマーの防止や受水槽への流入量の適正化(抑制)のためにできることの整理。
- ⑦ どのように実務に活かされるか
- ア 研究成果を基に施行要領等を改訂し、貯水槽水道設置者に流量調整や定流量弁を設置することを義務付けることで、ウォーターハンマーの防止や引き抜き量の適正化を図ることができる。
- イ 配水管等のダウンサイジングを進める上での課題解決の一助となる。

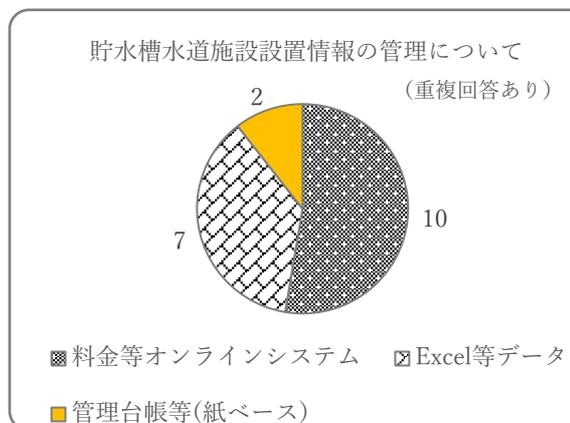
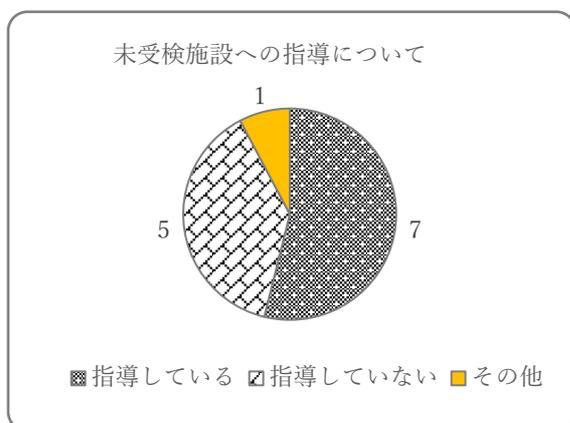
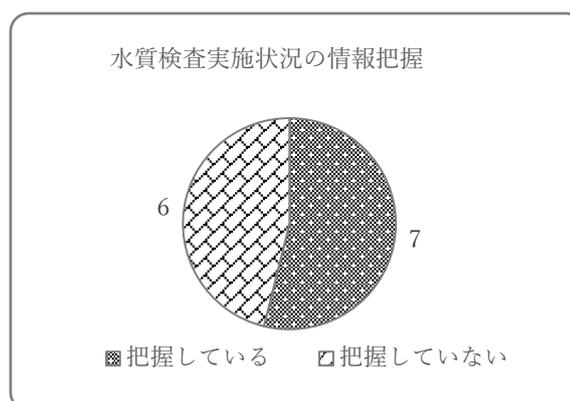
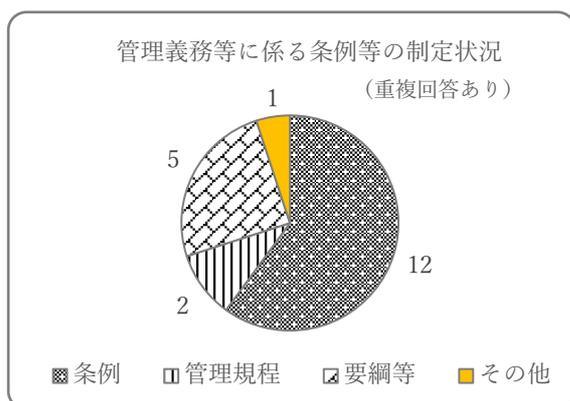
Ⅲ アンケート調査について

本研究テーマを討議するうえで、以下の2つの事項について、人口10万人未満の水道事業者から人口100万人以上の政令市までの事業者を対象にアンケート調査を実施した。

【貯水槽水道の管理等について(指導含む)】

※照会対象事業者…13水道事業者

1. 貯水槽水道の情報管理について 【主な問抜粋】



1-1 管理義務等に係る条例等の制定状況

すべての水道事業者において条例や規程、要綱等を制定し、管理を行っている。

1-2 水質検査実施状況の情報把握

約半数の水道事業者で水質検査状況の把握を行っていたが、現地調査の際聴取を行っている水道事業者もあった。

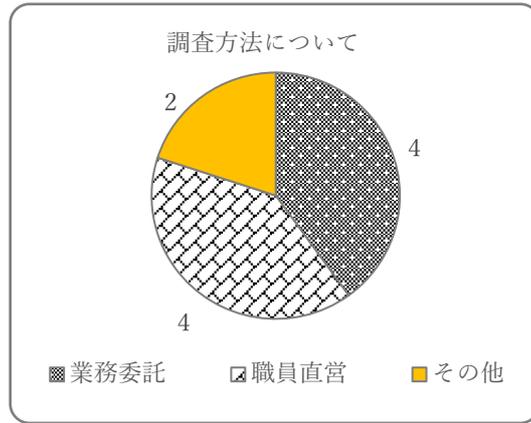
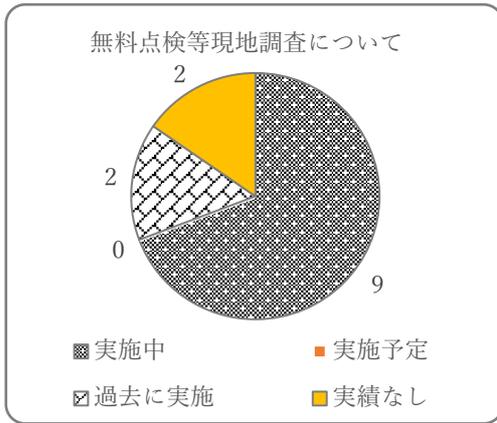
1-3 未受検施設への指導について

衛生行政(保健所)に指導を引き継いでいる水道事業者もあった。

1-4 貯水槽水道施設設置情報の管理について

すべての水道事業者で貯水槽水道台帳の管理を行っていた。衛生行政(保健所)管理もあり。

2. 貯水槽水道の現地調査について 【主な問抜粋】



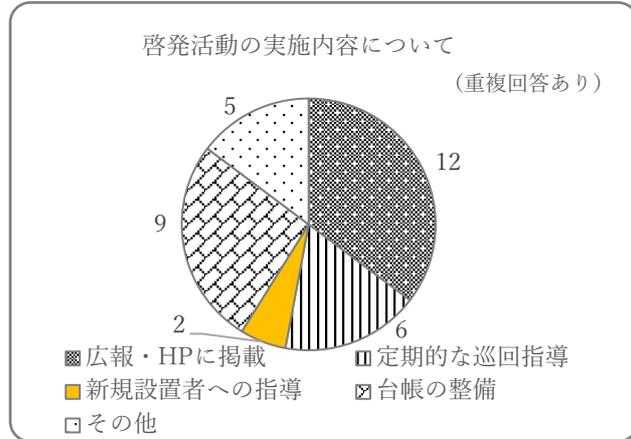
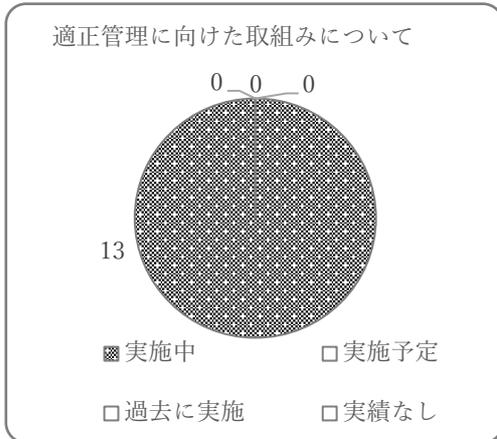
2-1 無料点検等の実施について

約84%の水道事業者で現在実施又は過去に実施している。

2-2 調査方法について

業務委託40%、職員直営40%で行っており、残りは業務委託と職員直営の併用であった。

3. 貯水槽水道の啓発活動について



3-1 啓発活動についてその他意見

- (1) 委託調査業務により、貯水槽水道設置者の意識の向上が見られた。
- (2) 所有者の無届変更等により郵送案内が届かない。また、半数以上返信がない。
- (3) 調査拒否や清掃状況未回答のケースがある。 など

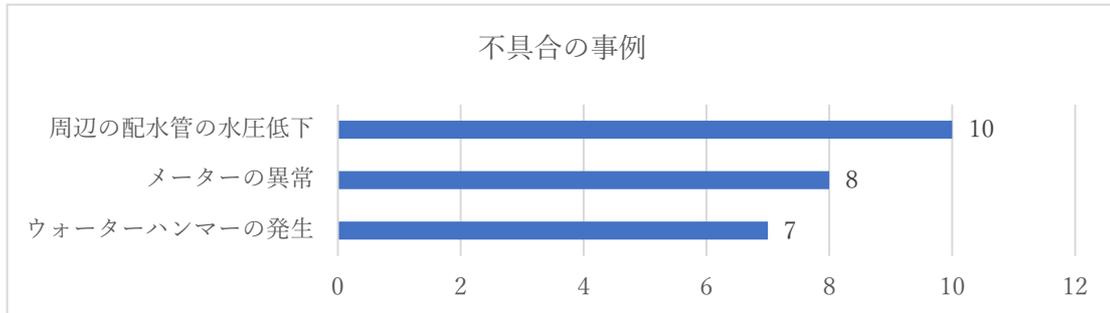
3-2 啓発活動による改善事案

- (1) 継続的な啓発活動及び委託調査により、設置者の適正管理に向けた意識向上がみられ、水質異常施設が減少した。
- (2) 直結への切替や貯水槽のダウンサイジングが増えた。 など

【受水槽への流入に関すること(ウォーターハンマーの対策等)】

※照会対象事業者…30水道事業者

1. 貯水槽水道の流入に起因した不具合事例や問題点



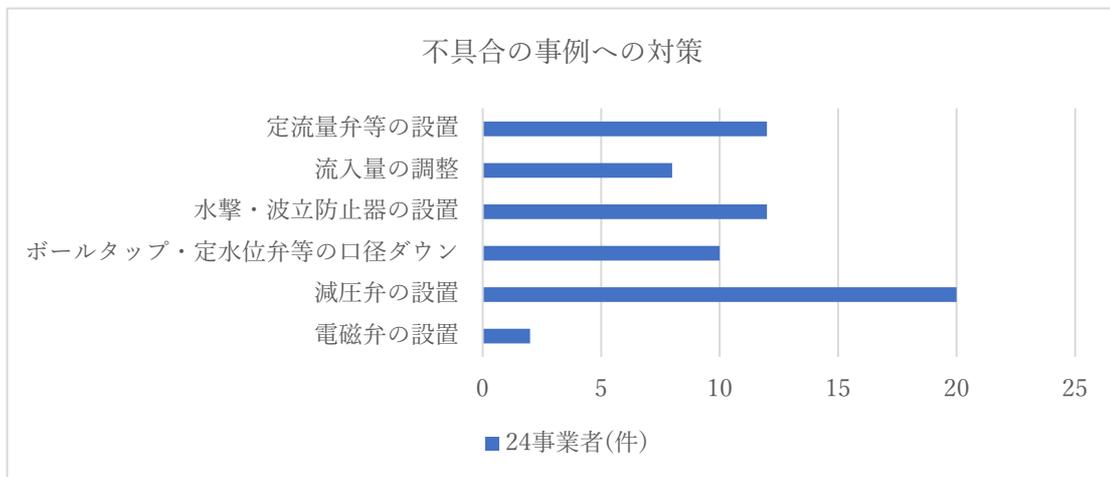
〈その他少数事例〉

- (1) 周辺の直結増圧ポンプにて圧力低下警報がでた。
- (2) 周辺の配水管で濁水が発生した。
- (3) 周辺の水道メーターに動作異常がでた。 など

2. 上記不具合に対する防止や問題点解消のため実施している対策

2-1 不具合事例があった22事業者のうち、20水道事業者は対策を実施している。

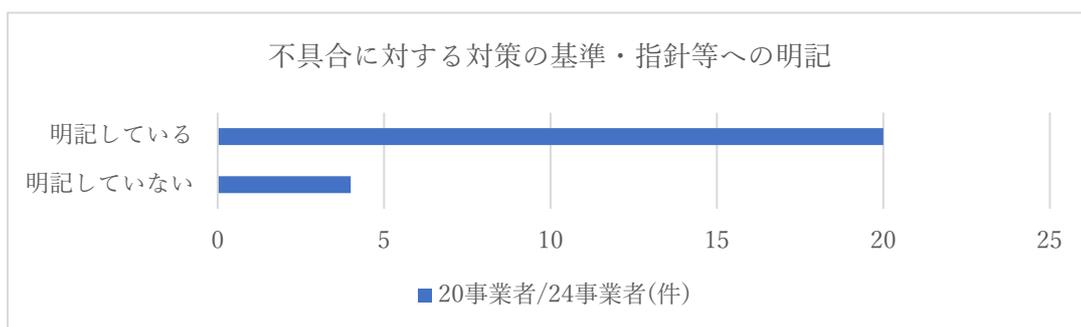
2-2 不具合事例がない8事業者のうち、4水道事業者は対策を実施している。



〈その他少数事例〉

- (1) 複式ボールタップ、口径25mm以上は定水位弁を設置する。
- (2) 誤操作防止のため、流入量調整弁の調整内容の明示。
- (3) 水道メーター動作異常の対策として、給水管エア抜きや簡易逆止弁設置の実施。
- (4) 配水管に対し給水量が過大である場合、給水時間や給水量を制限。
- (5) 電磁メーターの設置。
- (6) 水系切替の実施。 など

3. 対策のための基準・指針等への明記の有無



4. 定流量弁設置による流入量の調整(抑制)により生じた不具合事例

不具合事例あり 1 事業者。イベントの開催により想定以上に水が使用されたことにより不具合が生じた。

IV 定水位弁製造者へのヒアリング調査について

受水槽への流入量を適正化(抑制)するための手段を検討するため、定水位弁製造者にヒアリング調査を行った。

1. 調査の目的

受水槽の流入について、ウォーターハンマーの防止や引き抜き量適正化のための手段を整理するため。

2. ヒアリング項目

(1) 受水槽への流入に起因した不具合の事例

- ① 二槽式受水槽へ定水位弁を2台設置する場合に、引き込み管の口径(水道メーター口径)と同口径を二分岐させた場合、通水量が過大になる。

[対応策]

ア 2台以上の定水位弁を取付ける際は同時稼働をするものとして、流量が過大とならないように引き込み管の口径よりも1～2サイズ口径の小さい定水位弁を設置することを推奨している。

『しかしながら、実際には引き込み管の口径と同径の定水位弁が設置されていることが多いのが現状』。

イ 口径を小さくしなかった場合でも、流量調整機能がある製品では、流量を絞って使用することができる。

『しかしながら、工事後に作動確認はしても流量調整までは行われたい事が多いのが現状』。

- ② 定水位弁は水槽内の副弁(ボールタップ)の開閉で連動して主弁(定水位弁)も開閉を行うが、副弁に単式ボールタップなど非バランス式のボールタップを使用すると、副弁が波の影響により小刻みに開閉を繰り返すのに連動して定水位弁も開閉を繰り返してしまい、ハンチングやウォーターハンマーが発生する場合がある。

[対応策]

定水位弁の副弁には必ず各定水位弁メーカーの専用の副弁を使用すること。定水位弁専用副弁は内部にピストンを有したバランス式ボールタップとなっている。バランス式ボールタップは閉止をすると内部のピストンが水圧を受けて閉止の状態を維持して波の影響を受けにくくなる。なるべく主弁(定水位弁)と副弁(ボールタップ)は同じメーカーの製品を使用することを推奨している。

(2) ウォーターハンマーの防止や流入量適正化のために、どのような手法、どのような製品があるか。

- ① 基本的に定水位弁はウォーターハンマー防止性能があるが、水圧や配管の状況などの環境、又は経年劣化により防止しきれない場合がある。そのような場合、以下のような対応をとっている。

〔対応策〕

ア 定水位弁の流量調整機能で流量を絞る。

イ 動水圧0.5Mpa 以上の場合は減圧弁の設置を推奨している。

ウ 開き速度、閉じ速度が緩やかになる部品を現地の状況に応じて組み込む。

- ② 流入量の適正化として定水位弁の開閉頻度を減らすことも有効と思われる。

ア 電磁弁制御にする。

イ 開閉の間隔を大きく確保することができるボールタップを使用する。

- ③ ウォーターハンマー防止や、流量抑制の製品としては以下のような製品がある。

ア 減圧弁、定流量弁

イ ウォーターハンマー防止器・・・あまりお勧めしない。容量の小さいものを取り付けるとすぐに壊れる。

ウ 水撃防止型逆止弁 など

(3) 流入量を調整(抑制)することにより懸念される問題点

- ① 定水位弁は水圧により作動する。定流量弁などで水量を絞った場合、最低作動水圧(0.1Mpa 程度)が確保できていれば良いが、複数台の定水位弁を取り付けた場合、動水圧が下がり過ぎて、作動が安定しない場合がある。

一律ですべての場合に設置を義務付けられるのは、望ましくない。設置の場合の基準を設けてほしい。

- ② 受水槽の渇水について、基本的に受水槽の容量は1日の使用水量の4/10～6/10(水道事業者により異なる)と、約半日分の水量が貯水されていると思われる。そのため、多少流入量が少なくても渇水になることは、ほとんど無いと思われる。過去に定流量弁の不具合以外で、定流量弁を理由とする渇水の事例は無いように思われる。

V 各関係者の役割と現状における課題について

貯水槽水道の管理等について、水道事業者へのアンケート調査の結果を踏まえ、貯水槽水道設置者、水道事業者、衛生行政(保健所)それぞれの役割と現状における課題を以下のとおり整理した。

また、受水槽への流入に関することについて、水道事業者へのアンケート調査及び定水位弁製造者へのヒアリング調査の結果を踏まえて、問題点と対策を以下のとおり整理した。

1. 貯水槽水道の管理等について

(1) 各関係者の役割

貯水槽水道設置者は、受水槽以降給水栓までの施設の維持管理について責任を負うこととなっており、日常点検や水質検査を実施する義務がある(小規模貯水槽水道については努力義務)。

水道事業者は、受水槽に入るまでの水道水の水質の管理に責任を負うこととなっており、貯水槽水道の設置者に対して、維持管理に関する指導及び助言、管理等に関する情報提供を行うことができる。

衛生行政(保健所)は、関係法令に基づき設置者に対し指導する立場にあり、水道事業者と連携して指導体制の強化を図り、管理の適正化、受検率の向上を図ることが重要な役割である。

(2) 課題

① 貯水槽水道設置者による届出の不備について

貯水槽水道設置者が行う貯水槽水道の各種届出については水道事業者ごとに定めているが、未届けのまま運用し続けた結果、水道事業者にて最新の管理状況が不明となる事例がある。貯水槽水道の管理・清掃状況や売買等による所有者変更の情報、無届けでの受水槽撤去や容量の変更などを把握できない事態が発生している。

また、小規模貯水槽水道は管理状況の受検義務がない(努力義務)ため、定期検査の受検率が低く受検報告届も提出されないケースが多い。

② 貯水槽水道に関するデータの管理について

貯水槽水道の設置状況等に関するデータ管理に使用するシステムは水道事業者ごとに異なっており、管理項目も受水槽容量・用途等の他に、点検・清掃の有無を管理しているところもある。現地とデータを一致させるための手法等については、貯水槽水道設置者へのはがき送付により最新情報を捉えたり、定期的に衛生行政(保健所)のデータとすり合わせを行ったりしているところもある。このように管理手法において水道事業者で異なる部分が多いことから、貯水槽水道に関するデータ管理における効果的な手法を整理する必要がある。

③ 受水槽容量の決定方法について

受水槽容量の決定方法について、通常飲食店の計画一日最大使用水量は、従業員とお客さまの使用水量から算出される。しかし、テナントビルについては入居者が未定となると使用水量計算ができなくなる。そのため想定で計算することになるが、結果として入居者が決まると過大容量になってしまうケースも多い。

④ 水道事業者による指導・助言について

貯水槽水道の管理において、水道事業者は貯水槽水道設置者に対し指導・助言することができるが、法的な強制力はない。このため指導・助言に応じてもらえない、水道事業者が実施する現地調査に応じてもらえないというケースがある。

また、水道事業者側の人員・予算不足により、水道事業者が指導・助言、調査等を行うことが難しいケースがある。調査予算を割くことができたとしても、管理状況の改善に係る費用対効果が小さいために、指導・調査等を打ち切らざるを得なかったというケースもある。

2. 受水槽への流入に関することについて

(1) 受水槽への流入が大きいことによる問題

- ① 急激な圧力変動によりウォーターハンマーが発生する。また、受水槽の減圧弁が正常に作動しないことがある。
- ② 急激な圧力変動により周辺の配水管の水圧が変動する。
- ③ 急激な流量変化により水道メーターに規定以上の流速・流量が流れることにより、メーターの性能に支障が出る。
- ④ 水道事業者側で一度流量を調整させてもらっても、お客さまが点検・清掃時等に再度開度を上げてしまうこともある。

(2) メーターの適正範囲の確認

受水槽への流入量増加に伴い水道メーターの不具合が発生する問題について、水道メーターの適正使用範囲を調査し、流量調整の目安を確認した。

以下は一般財団法人日本計量機器工業連合会の資料を基に作成された流量表である。

JIS		呼び径	適正使用 流量範囲(m ³ /h) ※1	一時的使用の許 容流量(m ³ /h) ※2		1日当たりの使用量(m ³ /日)			月間 使用量 (m ³ / h)	
Q3	Q3/Q 1 (R)			10分/ 日以内 の場 合	1時間/ 日以内 の場 合	1日使用時 間の合計 が5時間 のとき	1日使用時 間の合計 が10時間 のとき	1日24 時間使用 の とき		
2.5	100	接線流	13	0.1~1.0	2.5	1.5	4.5	7	12	100
4			20	0.2~1.6	4	2.5	7	12	20	170
6.3			25	0.23~2.5	6.3	4	11	18	30	260
10			30	0.4~4.0	10	6	18	30	50	420
16		たて型	40B	0.4~6.5	16	9	28	44	80	700
40			50	1.25~17.0	50	30	87	140	250	2、600
63			75	2.5~27.5	78	47	138	218	390	4、100
100			100	4.0~44.0	125	74.5	218	345	620	6、600
※接線流の呼び径 40A については、定格最大流量(Q3)16 m ³ /h の性能が確保できないため、呼び径 30 と同じ 10 m ³ /h で表すこととする。										
10	100	接線流	40A	0.5~4.0	10	6	18	30	50	420

※Q1：定格最小流量 Q3：定格最大流量 Q3/Q1：計量範囲

※1 適正使用流量範囲とは、水道メーターの性能を長期間安定した状態で使用することのできる標準的な流量をいう(製造者推奨値)。

※2 短時間使用する場合の許容流量。受水槽方式や、直結給水で同時に複数の水栓が使用される場合、特に短時間で大流量の水を使用する場合の許容流量をいう。

また、従来の「流量基準」では、一時的使用の許容流量のうち「瞬時的使用の場合」について数値に幅を持たせて記載したが、瞬時の意味が不明確でその大きさに左右されるため、これまでの使用実態等を踏まえ、13mm~100mmを総合的に1日当たり10分程度の使用時間に統一して許容流量を示すこととした。

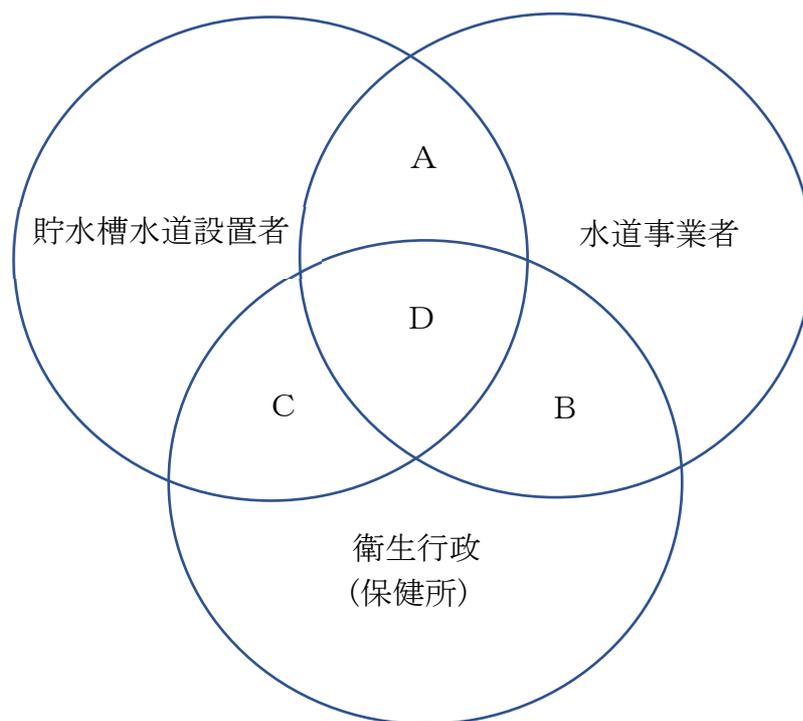
(3) 流入量適正化のための対応策

ウォーターハンマーの防止や流入量適正化のため、対応策として用いられている手法を整理した。

- ① 配水管の能力に比べて水量等が過大となる施設の設置は認めない。
- ② 配水施設に比べ給水量が過大な場合、給水時間又は給水量を制限する。
- ③ 水撃防止装置・防波装置・定水位弁等を設置する。
- ④ 弁の開閉回数を制限するため電磁弁を設置する。
- ⑤ タイムスイッチ付き電動弁にて付近水圧が高い時間帯に入水する。
- ⑥ メーターの適正使用水量範囲を超えないものとする。また、受水槽への流入口径をメーター口径より小さくする。
- ⑦ 複水槽の場合、同時に2個以上の吐水口から給水しない。

VI 貯水槽水道の適正な維持管理について

これまでの検討を基に、貯水槽水道を適正に維持管理するために必要となる貯水槽水道設置者、水道事業者、衛生行政(保健所)の関わり方をまとめると、次のような図になる。



A：貯水槽水道設置者と水道事業者の関わり

1. 貯水槽水道設置者

- (1) 日常点検や受水槽の清掃・水質検査を実施する。
- (2) 受水槽容量の変更や売買等による所有者変更等、貯水槽水道に関する届出を水道事業者や衛生行政(保健所)に行う。
- (3) テナントが入居している建築物について、物販店から飲食店に変更等使用用途が変更になり水使用が変わる場合、受水槽の有効容量が適正であるかの確認が必要であり、状況に応じ改造工事を行う。

2. 水道事業者

- (1) 貯水槽水道設置者に、維持管理に関する指導及び助言、情報提供を行う。
- (2) 貯水槽水道に関し、お客さま情報や設備情報を常に最新のものに更新する。

(3) 水道事業者や衛生行政(保健所)に対する工事申し込みや各種届出の必要性について、関係法令等を整理・理解しておく。

(4) 申し込まれた新設工事や改造工事のしゅん工状況の確認や、無届け工事のおそれがある情報があった際、工事申込みの有無や現地状況の確認を行う。

B：衛生行政(保健所)と水道事業者の関わり

1. 衛生行政(保健所)

(1) 貯水槽水道に関し、お客さま情報や設備情報を常に最新のものに更新する。

(2) 水道事業者と連携し、指導体制を強化し管理の適正化や受検率の向上を図る。

2. 水道事業者

(1) 貯水槽水道に関し、お客さま情報や設備情報を常に最新のものに更新する。

(2) 新設や改造の工事内容等について、衛生行政(保健所)と共有する。

C：衛生行政(保健所)と貯水槽水道設置者の関わり

1. 衛生行政(保健所)

(1) 所有者や使用者、また、使用や廃止の最新の状況を把握する。

(2) 貯水槽水道設置者に維持管理における不備が認められた場合、適切な指導を行う。

2. 貯水槽水道設置者

(1) 受水槽容量の変更や売買等による所有者変更等、貯水槽水道に関する届出を水道事業者や衛生行政(保健所)に行う。

(2) 貯水槽水道の維持管理状況について、必要に応じ受水槽の清掃や設備点検結果等を利用者に周知し安心して利用してもらうことも重要である。

D：適正に管理された貯水槽水道

貯水槽水道設置者、水道事業者、衛生行政(保健所)が適正に関わることで、安心して利用できる貯水槽水道となる。

Ⅶ 水道事業者の取組み事例・・・仙台市の事例

貯水槽水道現地調査業務委託特記仕様書

1 適用範囲

本仕様書は、「貯水槽水道現地調査業務委託」に適用するものである。受注者は、仙台市水道局契約規程、契約書及び関係法令を遵守し、当局監督員の指示に従って誠実に業務を履行すること。

2 共通仕様書の適用

本仕様書に定めのない事項については、当局制定の「維持管理業務委託共通仕様書」(以下「共通仕様書」という。)によるものとする。

3 疑義等の取扱い

業務の履行に当たり疑義等が生じた場合は、当局と受注者の双方が協議して決定するものとする。

4 委託料の支払い等

委託料は契約書に基づき四半期ごとの概算払いとする。また、本業務完了後に精算書を当局に提出し速やかに最終精算を行うこと。

5 個人情報の保護

受注者は、この契約による事務を処理するための個人情報については、別記「個人情報の取扱いに関する特記仕様書」を遵守すること。

6 障害者差別解消法

受注者は、障害を理由とする差別の解消の推進に関する仙台市水道局職員対応要領及び留意事項に準じて、合理的配慮の提供を行うものとする。

7 履行期間

令和 年 月 日から令和 年 月 日までとする。

8 業務の目的

(1) 貯水槽水道点検調査

貯水槽水道の設置者等による適正管理を促進し水道水の水質管理向上を図ることを目的として、受水槽容量に比して使用水量の少ない貯水槽水道施設の管理

状況調査を行い、その結果に応じた指導・助言、情報提供等を行うものである。

(2) 水質調査

貯水槽水道利用者に対する情報提供、貯水槽水道設置者への指導・助言等を行うための情報収集を目的として、貯水槽水道を通じて供給されている水道水の水質検査等を実施するものである。

9 業務概要

(1) 貯水槽水道点検調査

当局から提示した調査対象施設に対し、当局と打合せの上作成した文書等を送付したのち、所有者等と連絡をとり調査実施の日時調整を行い、対象施設の設置場所に出向き調査を実施すること。

調査は所有者等の立会いの上で受水槽の周囲の状況、外観、上部、内部状況の点検・調査等管理にかかる検査に準じた内容で実施し、水質検査や点検調査結果に応じて立会者に対し水質管理に関する指導・助言、情報提供等を行うこと。調査対象施設数は120件とし、現地への出動予定回数は40回とする。

(2) 水質調査

貯水槽水道を通じて水道をご利用いただいているお客さまから、水道水の水質に関する不安や苦情、相談が当局に寄せられ、水質検査の要請があった場合に、当局からの指示に基づいて現地に出動し、お客さま立会いのもとで貯水槽水道から供給されている水道水の水質検査を行い、その結果や貯水槽水道の仕組みや給水方式変更等について情報提供を行うこと。現地への出動予定回数は5回とする。

10 業務内容

本業務における業務内容は、以下のとおりとする。

(1) 貯水槽水道点検調査

① 案内文の作成

- ・当局と打合せの上、案内文の作成。

② 対象施設の情報確認及び案内文の発送

- ・当局から提示した調査対象施設の現在のお客さま情報を確認する。
- ・案内文の発送。

③ 郵便や電話等による連絡調整

- ・調査施設の建物情報確認(お客さま情報・給水装置台帳・受水槽以下設備工事しゅん工図等)。
- ・調査対象施設の所有者等に連絡を行い、貯水槽水道点検調査の目的を説明し調査実施日時を調整する。また、その際には施設関係者の現地調査への立会

いを求めるものとする。

④ 貯水槽水道点検調査の実施

- ・③で調整した日時に対象施設を訪問し、対象施設の水質調査と受水槽設備の点検調査を行う。
- ・受注者は、別紙1(点検調査結果のお知らせ)に基づき、水質検査や施設の管理状況確認等の点検調査を行うこと。
- ・水質検査の項目と方法は、以下のとおりとする。

1)臭気 :官能法

2)味 :官能法

3)色 :無色透明ガラス容器(約200ml)に採水し、気泡等が上昇消失した後、肉眼で黒色紙、白色紙等を背景として透視し、沈積物・浮遊物質の有無を含めて検査

4)色度 :比色法

5)濁度 :比濁法

6)残留塩素 :DPD法

⑤ 立会者への結果の報告

- ・調査実施後に、立会者へ書面により調査結果を報告する。

⑥ 立会者への調査結果に応じた指導・助言等

- ・立会者に調査結果に応じた水質管理のための指導・助言、情報提供等(直結化に関する事項を含む)を実施する。

⑦ 当局への調査結果の報告

- ・調査実施後速やかに当局に対して調査結果等の報告書を提出する。

(2) 水質調査

① 電話等による連絡調整

- ・当局からの指示を受けた施設の情報確認(お客さま情報・給水装置台帳・受水槽以下設備工事しゅん工図等)。
- ・調査対象施設の所有者等に連絡を行い、調査実施日時を調整する。また、その際には施設関係者の現地調査への立会いを求めるものとする。

② 水質調査の実施

- ・①で調整した日時に対象施設を訪問し、対象施設の水質調査を行う。
- ・水質調査における水質検査は、立会者の了解を得た上で実施するものとする。
- ・採水場所は原則として給水設備の末端付近の給水栓とするほか、衛生上の問題が確認された場合等には必要に応じて受水槽への流入水(非常用水栓等で採水)や受水槽内に貯留されている水道水についても水質検査を実施するものとする。

- ・水質検査の項目と方法は、以下のとおりとする。
 - 1)臭気 :官能法
 - 2)味 :官能法
 - 3)色 :無色透明ガラス容器(約 200ml)に採水し、気泡等が上昇消失した後、肉眼で黒色紙、白色紙等を背景として透視し、沈積物・浮遊物質の有無を含めて検査
 - 4)色度 :比色法
 - 5)濁度 :比濁法
 - 6)残留塩素 :DPD法
- ③ 立会者への結果の報告
 - ・調査実施後に、立会者へ書面により調査結果を報告する。
- ④ 立会者への調査結果に応じた指導・助言等
 - ・立会者に調査結果に応じた水質管理のための指導・助言、情報提供等(直結化に関する事項を含む)を実施する。
- ⑤ 当局への調査結果の報告
 - ・調査実施後速やかに当局に対して調査結果等の報告書を提出する。

1 1 無届による給水装置の改造が実施されている状況が疑われる施設の取扱い

現地調査において、無届による給水装置改造工事実施の疑われる状況等が確認された場合には、以下の項目について情報提供、聞き取り等による調査を行うものとする。また、給水装置所有者以外の者が立会者となった場合には、情報提供した内容を立会者から給水装置所有者に対して伝えていただくよう立会者に依頼するものとする。

(1) 情報提供項目

- ① 給水装置の工事(改造も含む)の実施に当たっては、あらかじめ水道局への申込み等が必要であること
- ② 給水装置の工事(改造も含む)は、仙台市で指定している工事事業者に行わせる必要があること
- ③ 後日、当局の担当職員が施設状況確認等のため、改めて現地を訪問すること

(2) 聞き取り等による調査項目

- ① 改造工事の施工者
- ② 改造工事の施工時期

1 2 直結給水方式に変更されている状況が確認された施設の取扱い

現地調査において、対象施設が直結給水方式に改造されている状況が確認された場合には、前項の情報提供に加え以下の調査を行うものとする。

- ① 施設状況(水道メーター位置、逆止弁の有無、配管経路、井戸水等とのクロスコネクションの有無、水道水を汚損するおそれのある薬品等を扱う施設であるか、その他の施設状況)の調査
- ② 建築物状況(一般住宅、集合住宅、店舗ビル、自社ビル等の区分)の調査
- ③ 水質検査等の水質管理上必要と思われる事項の調査
- ④ 給水方式変更工事の施工者
- ⑤ 給水方式変更工事の施工時期

1 3 現地調査における安全管理

現地調査の実施に際しては、安全確保に十分配慮すること。調査実施に当たり安全が確保できないような箇所については調査を実施せず、安全な場所からの目視にとどめ、立会者に安全確保等の施設状況改善について助言するものとする。

1 4 現地調査における調査主体や調査目的の説明

現地調査の実施に当たり、受注者は対象施設の立会者に対して、貯水槽水道の適正管理の促進により、水質管理の向上を図ることを目的とした「貯水槽水道現地調査」を当局で実施しており、本業務における調査票等で現地調査を当局から受注して実施していることを説明すること。

1 5 現地調査における装備

現地調査の調査員は、調査の実施に当たっては名札、腕章(当局より貸与)を着用し、身分証明書(当局より貸与)を携帯すること。また、調査に使用する設備は次の要件を満たしたものとすること。

- ① 鏡、懐中電灯、工具、その他の施設及び管理の検査に係る設備
- ② 給水栓における水質の検査に係る設備
- ③ 現場検査実施中に部外者が当該水道施設に立ち入らないようにするために十分な構造の柵
- ④ 作業するのに十分な構造の脚立
- ⑤ 衛生的な作業衣

1 6 現地調査結果の報告等

- (1) 立会者への調査結果の報告と調査結果に応じた指導・助言等

受注者は、調査終了後、別紙1(現地)(点検調査結果のお知らせ)・別紙4(水質)(検査結果のお知らせ)に結果等を記入の上立会者に提出し、調査結果を報告するものとする。併せて、立会者に対して調査結果に応じた衛生管理等に関

する指導・助言等を実施するものとする。また、立会者から直結給水方式への変更や受水槽以降の給水設備の改造についての質問が寄せられた場合には、必要となる手続き等について立会者に情報提供するものとする。

(2) 当局への調査結果の報告

調査の実施後は、遅滞なく別紙2(現地)、別紙3(現地)、別紙5(水質)の調査報告書を取りまとめ、当局に提出すること。

17 対象施設の状況写真の撮影及び提出

受注者は立会者に了解のうえ、衛生上問題のあった箇所や改善が望ましい箇所等を中心に点検調査の対象施設の状況をデジタルカメラにより撮影した調査状況写真を、調査報告書に添えて提出すること。また、写真のデジタルデータについては、業務完了時にCD-R等のメディアにまとめて提出すること。

18 提出書類

本業務において受注者が提出する書類は、共通仕様書の定めによらず以下のとおりとする。提出書類の様式は共通仕様書等の様式を使用するものとし、様式の改正等があった場合は新様式での提出をすること。

- | | | |
|----------------------------|---------------------|------|
| 1) 着手届等 | 共通仕様書 | 様式4 |
| 2) 業務履行(変更)計画表 | 共通仕様書 | 様式5 |
| 3) 業務担当者(変更)届 | 共通仕様書 | 様式9 |
| 4) 現場代理人等の経歴書(前項に添付) | 共通仕様書 | 様式11 |
| 5) 業務計画書 | 任意様式 | |
| (業務に係る打合せ簿にて提出) | 共通仕様書 | 様式79 |
| 6) 支給・貸与品要求書 | 共通仕様書 | 様式16 |
| 7) 貸与品借用書 | 共通仕様書 | 様式19 |
| 8) 貸与品返還書 | 共通仕様書 | 様式20 |
| 9) 身分証明書携帯者届 | 仙台市水道局工事・委託関係様式集 | 25-1 |
| 10) 身分証明書再交付申請書・返納届 | 仙台市水道局工事・委託関係様式集 | 25-4 |
| 11) 個人情報を含む貸与品借用書 | 共通仕様書 | 様式52 |
| 12) 個人情報を含む貸与品返還書 | 共通仕様書 | 様式53 |
| 13) 業務月報(業務に係る打合せ簿にて提出) | 任意様式 | |
| 14) 調査報告書(業務に係る打合せ簿にて提出) | 別紙1、別紙2、別紙3、別紙4、別紙5 | |
| 15) 調査状況写真(前項に添付) | 任意様式 | |
| 16) 年間業務結果表(業務に係る打合せ簿にて提出) | 任意様式 | |
| 17) 業務完了届 | 共通仕様書 | 様式28 |

18)業務成果物引渡書

共通仕様書 様式 3 1

19)その他、業務の履行上必要となる書類で発注者が指示したもの

1 9 環境への負荷の低減

仙台市の環境マネジメントシステムの運用に協力し、環境汚染の防止、省エネルギー・省資源、廃棄物の減量及びリサイクルなど環境への負荷の低減に努めること。

貯水槽水道 管理状況調査
点検調査結果のお知らせ

仙台市水道局

建築物名 _____
設置場所 _____
設置者名 _____ 様
立会人 _____ 様

調査日 年 月 日

調査員 _____ 印

施設の状況

建築物	階建て 共同住宅・事務所・店舗・学校・旅館・その他()				
給水方式	高置水槽方式・ポンプ圧送方式・圧力タンク方式・増圧高置水槽方式・その他()				
受水槽	槽数(槽)	材質()	全有効容量(m ³)	前回清掃年月日(年 月 日)	
高置水槽	槽数(槽)	材質()	全有効容量(m ³)	清掃業者名()	

点検調査の結果は、以下のとおりです。

施設 管 理 状 況	項目	基準 判定 ○：適 ×：不適 △：確認不能	受水槽	高置水槽	備考
	水槽の周囲	水槽の周囲は清潔か			
点検・清掃等に支障がないようになっているか					
水槽の本体	亀裂・漏水はないか				
	電極や揚水管等の接合部は、防水密閉されているか				
水槽の上部	清潔に保たれているか				
	水を汚染する設備等は設置されていないか				
水槽の内部	汚れ、異物、浮遊物はないか				
マンホール	施錠はされているか				
	ほこりや雨水が入り込まないようにしているか				
オーバーフロー管	防虫網は正常に設置されているか				
	管端部が排水管と直接連結されていないか				
通気管	防虫網は正常に設置されているか				
	ほこりや雨水が入り込まないようにしているか				
水抜管	管端部が排水管と直接連結されていないか				
給水管	漏水、汚染のおそれはないか				
管理に関する検査の受検状況		毎年、定期的に管理に関する検査を受検しているか	※)		※)
書類の整備・保管状況		必要な図面・書類が整理保存されているか			

水 質 状 況	項目	基準 判定 ○：適 ×：不適	採水場所① ()	採水場所② ()	採水場所③ ()	総合判定
	臭気	異常な臭気が認められないこと				
味	異常な味が認められないこと					
色	異常な色が認められないこと					
色度	5度以下であること					
濁度	2度以下であること					
残留塩素	残留塩素が検出されること		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	

指導・助言、特記事項

--

**貯水槽水道 管理状況調査
点検調査報告書 1**

別紙 2

水道番号

建築物名 _____
 設置場所 _____
 設置者名 _____ 様
 立会人 _____ 様

調査日 年 月 日

調査員 _____ 印

施設の状況

建築物	階建て 共同住宅・事務所・店舗・学校・旅館・その他()				
給水方式	高置水槽方式・ポンプ圧送方式・圧力タンク方式・増圧高置水槽方式・その他()				
受水槽	槽数(槽)	材質()	全有効容量(m ³)	前回清掃年月日(年 月 日)	
高置水槽	槽数(槽)	材質()	全有効容量(m ³)	清掃業者名()	

点検調査の結果は、以下のとおりです。

施設 管 理 状 況	項目	基準 判定 ○：適 ×：不適 △：確認不能	受水槽	高置水槽	備考
	水槽の周囲	水槽の周囲は清潔か			
点検・清掃等に支障がないようになっているか					
水槽の本体	亀裂・漏水はないか				
	電極や揚水管等の接合部は、防水密閉されているか				
水槽の上部	清潔に保たれているか				
	水を汚染する設備等は設置されていないか				
水槽の内部	汚れ、異物、浮遊物はないか				
マンホール	施錠はされているか				
	ほこりや雨水が入り込まないようにしているか				
オーバーフロー管	防虫網は正常に設置されているか				
	管端部が排水管と直接連結されていないか				
通気管	防虫網は正常に設置されているか				
	ほこりや雨水が入り込まないようにしているか				
水抜管	管端部が排水管と直接連結されていないか				
給水管	漏水、汚染のおそれはないか				
管理に関する検査の受検状況		毎年、定期的に管理に関する検査を受検しているか	※)		※)
書類の整備・保管状況		必要な図面・書類が整理保存されているか			

水 質 状 況	項目	基準 判定 ○：適 ×：不適	採水場所① ()	採水場所② ()	採水場所③ ()	総合判定
	臭気	異常な臭気が認められないこと				
味	異常な味が認められないこと					
色	異常な色が認められないこと					
色度	5度以下であること					
濁度	2度以下であること					
残留塩素	残留塩素が検出されること		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	

指導・助言、特記事項

貯水槽水道 管理状況調査
点検調査報告書 2

別紙 3

点検調査の状況

指導・助言等に対する反応

今後の管理に関する検査の定期的受検について (適正に受検している)	: a : <u>期待できる</u>	b : <u>不明</u>	c : <u>期待できない</u>
水槽の清掃の定期的実施について (適正に実施している)	: a : <u>期待できる</u>	b : <u>不明</u>	c : <u>期待できない</u>
指摘事項の改善について (検査の受検、定期的清掃実施に関する指摘を除く)	: a : <u>期待できる</u> (指摘無し)	b : <u>不明</u>	c : <u>期待できない</u>

その他

貯水槽水道水質検査 検査結果のお知らせ

別紙 4

仙台市水道局

建築物名 _____
 設置場所 _____
 設置者名 _____ 様
 立会人 _____ 様

調査日 _____ 年 _____ 月 _____ 日

調査員 _____ 印

水質検査結果① 採水場所 _____
 採水時刻 _____

検査項目	検査結果	特記事項
濁 度		
色 度		
色		
味		
臭 い		
残留塩素		

判定 : 異常あり 異常なし

水質検査結果② 採水場所 _____
 採水時刻 _____

検査項目	検査結果	特記事項
濁 度		
色 度		
色		
味		
臭 い		
残留塩素		

判定 : 異常あり 異常なし

連絡事項

依頼者への報告やアドバイス、情報提供等の内容、依頼者の反応等について記載すること。

水質検査について3か所以上の採水場所を実施するなど、本書で不足が生じた場合については、本書を複写して使用するものとする。

貯水槽水道水質検査業務報告書

指示のあった貯水槽水道水質検査業務について、以下のとおり業務を実施したので報告します。

水道番号

建築物名 _____

調査日 _____ 年 月 日

設置場所 _____

設置者名 _____ 様

調査員 _____

立会人 _____ 様

印

水質検査結果① 採水場所 _____
採水時刻 _____

検査項目	検査結果	特記事項
濁 度		
色 度		
色		
味		
臭 い		
残留塩素		

判定 : 異常あり 異常なし

水質検査結果② 採水場所 _____
採水時刻 _____

検査項目	検査結果	特記事項
濁 度		
色 度		
色		
味		
臭 い		
残留塩素		

判定 : 異常あり 異常なし

連絡事項

依頼者への報告やアドバイス、情報提供等の内容、依頼者の反応等について記載すること。

水質検査について3か所以上の採水場所を実施するなど、本書で不足が生じた場合については、本書を複写して使用するものとする。

VIII おわりに

今回の研究委員会は、貯水槽水道の維持管理について水道事業者が抱えている課題を抽出し、貯水槽水道設置者、水道事業者、衛生行政(保健所)の役割を確認し、その解決方法を検討した。また、水道事業者が今まで取り組んできた事例から、その成果及び効果を調査した。その内容として、貯水槽水道の啓発活動については貯水槽水道設置者の意識の向上が見られた等、一定の成果及び効果はあった。一方で現地調査においては、調査拒否があり件数が伸びず成果及び効果が上がらないケースもあった。

成果及び効果が上がらない理由の一つとして言えるのは、貯水槽水道の施工主体、管理主体は貯水槽水道設置者にあり、そのため施設の改善が行われるまでに至らないことである。これを解決するためには、衛生行政(保健所)や水道事業者が貯水槽水道設置者に対して粘り強く改善の必要性を説明し納得してもらうことが重要である。

本委員会当初の予定では、課題の解決策を具体的に検討し施行要領等に反映できるようにする予定であった。しかし、課題を抽出し解決策を見出すために貯水槽水道設置者、水道事業者、衛生行政(保健所)の責務や関わり方を調査しまとめたまでの報告書となった。その結果、解決策の方向性が少し見えた程度となった。

今後は、水道事業者はお客さまからのお問い合わせや指導に必要な最新のデータを管理し、個人情報の取扱いに留意しながら衛生行政(保健所)と連携し、受水槽の適正な有効容量の決定方法等水質管理に関する指導、助言及び情報提供を行うことがより重要である。

本研究は、貯水槽水道設置者と水道事業者との関わり、衛生行政(保健所)と水道事業者との関わり、衛生行政(保健所)と貯水槽水道設置者との関わりについて調査研究をした。この中で、衛生行政(保健所)と貯水槽水道設置者との関わりについては、この給水装置研究委員会で調査研究をするには限界があり難しい部分もあるが、今後何らかの形で更に研究され、適正に管理された貯水槽水道を安心して利用できるようになることを期待する。

最後に、本研究に際して、ご多忙の中アンケート調査にご協力いただいた水道事業者、定水位弁製造者、有益なご助言をいただいた関係者の皆様に深く感謝しまとめとする。

■給水装置研究委員会名簿

(順不同、敬称略)

(令和5年度)

委員長	仙台市水道局給水部給水装置課 設備指導係長	佐藤	健晴
副委員長	郡山市上下水道局お客様サービス課 給水装置係技査	菊地	久美子
委員	青森市企業局水道部給排水課 主幹	工藤	学
〃	八戸圏域水道企業団給水装置課 課長補佐	堀野	秀一
〃	能代市都市整備部水道課 主席主査	田村	太陽
〃	秋田市上下水道局給排水課 検査係長	小野	孝洋
〃	盛岡市上下水道局上下水道部給排水課 主任	畠山	直樹
〃	岩手中部水道企業団営業企画課 給水装置係長	小田島	淑倫
〃	山形市上下水道部業務課 給排水室給排水係長	栗田	和幸
〃	鶴岡市上下水道部水道課 課長補佐兼管路維持主査	加藤	誠
〃	塩竈市上下水道部 給水装置係長	梶原	克基
〃	福島市水道局給水課 給水装置係技査	油井	明応
事務局	仙台市水道局給水部給水装置課 給水装置係主査	平塚	渉
〃	仙台市水道局給水部給水装置課 設備指導係主任	岩渕	健
〃	仙台市水道局給水部給水装置課 設備指導係主任	長濱	芳幸

(令和元年度)

委員長	仙台市水道局給水部給水装置課 設備指導係長	利根川	崇
副委員長	秋田市上下水道局給排水課 審査係長	鎌田	信也
委員	青森市企業局水道部施設課 主幹	小林	崇
〃	八戸圏域水道企業団給水装置課 副参事(給水装置GL)	三浦	朋子
〃	能代市都市整備部上下水道整備課 主任	河田	武人
〃	盛岡市上下水道局上下水道部給排水課 主任	畠山	直樹
〃	岩手中部水道企業団給配水課 給水係長	高橋	勝彦
〃	山形市上下水道部給排水課 主幹	栗田	和幸
〃	鶴岡市上下水道部水道課 給排水係長	今野	俊
〃	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	斎藤	彰
〃	福島市水道局給水課 給水装置係技査	植松	将司
事務局	仙台市水道局給水部給水装置課 設備指導係主査	佐藤	健晴
〃	仙台市水道局給水部給水装置課 給水装置係主任	佐々木	裕

※令和元年度の職名は委嘱当時の職名による。

※令和2年度から令和4年度は、研究活動が行われなかったため省略した。