

Ⅱ. 厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
「水道情報の活用等による技術水準の確保及び技術継承のための研究」
分担研究報告書

浄水場の運転管理及び水道管路網の維持・点検におけるビッグデータ活用方法の検討
(アンケート調査)

研究分担者 市川 学 公益財団法人 水道技術研究センター 主幹 浄水技術部長

研究要旨

全国の水道事業体等を対象として、ビッグデータや AI・機械学習（以下、ビッグデータ等という。）の活用状況、浄水処理または管路の維持管理に関するアンケート調査を行うことにより、ビッグデータ等の活用状況や課題、凝集沈澱処理における現状等を整理するとともに、ビッグデータ等の活用可能性についての検討を行った。

その結果、ビッグデータ等の活用については、予測精度等に課題はあるものの、管路の劣化診断・漏水調査や浄水場における薬品注入量の設定等に活用されていることが確認できた。

浄水処理に関しては、薬品注入量、水質・気温変動やかび臭に苦慮している状況が確認でき、特に凝集剤の注入量についてはジャーテストや経験式等により自動制御している状況が確認できたが、常時非常時間問わず凝集剤を過剰注入している浄水場もあり、凝集剤注入量が最適化されているかを確認することが重要と考えられた。また、凝集沈澱処理では、約 3 割の浄水場でフロックを撮影し凝集剤注入量が適切かを監視していたが、多くの浄水場では凝集処理が確実に行われているかは、濁度により管理していると推察され、実際に沈澱池後に濁度計を導入している浄水場が多かった。また、沈澱池後に濁度計を導入している浄水場ではろ過池後に高感度濁度計や微粒子カウンターを導入している場合が多く、凝集沈澱+砂ろ過処理において確実な浄水処理が行われているかは、これらの測定結果によって管理されていることが確認できた。

砂ろ過池の洗浄判断は、一定期間経過後としている浄水場が 70%程度であり、損失水頭にて判断している浄水場は 15%であった。また、損失水頭を測定している浄水場は 5 割程度にとどまっていたが、将来的により安全かつ良質な水質を維持していくためには、ろ過池の洗浄判断は一定期間経過後としながらも、損失水頭についてもしっかりと管理していく必要があると考えられた。

管路の維持管理に関しては、事業体では漏水事故発生時に土被り等の埋設状況を調査しているが、そのデータが十分に活用されていない状況にあり、これらを集約し様々なデータと組み合わせることにより、漏水事故の発生要因の推定や管路更新の優先順位付け等が可能になると考えられた。しかしながら、水道事業においては、これらのデータをオープンデータとして外部へ公表するには様々なハードルがあり、まずはこのハードルを下げるるとともに、データ集約機構が構築されることが重要と考えられた。

A. 研究目的

水道事業は、人口減少に伴う水需要の減少や職員の減少及び高齢化、施設の老朽化などの様々な課題に直面しており、将来にわたって安全で良質な水道水の供給を確保し、安定的な事業運営を行うためには、水道事業の基盤強化とともに、水道事業の業務の一層の効率化を図る必要がある。

浄水場の運転管理や施設の点検・維持管理等は人の手に大きく依存しており、地理的条件の厳しい地域にある水道施設の維持管理には多くの時間と費用を要するなど、効率的な事業運理が課題となっている。加えて、これらはベテラン職員の経験に基づき実施されており、形式知化されていない場合も多い。

このような課題に対し、CPS/IoT 等の先端技術を活用することで、業務の効率化や暗黙知を形式知化

することが可能になると考えられ、ひいては水道事業の運営基盤強化につながると考えられる。

そこで、今年度は水道事業体等を対象として、ビッグデータや AI の活用状況、浄水処理または管路の維持管理に関するアンケート調査を行うことにより、浄水場の運転管理及び水道管路の維持・点検におけるビッグデータ活用状況や課題等を整理するとともに、その活用可能性についても検討することとした。

B. 研究方法

日本全国の水道事業体及び水道用水供給事業（以下、事業体等という。）を対象にアンケート調査を実施した。アンケートは回答期間を令和 5 年 8 月 23 日（水）～9 月 29 日（金）として、電子データで作成し、メールにて送付することで実施した。アンケー

ト帳票は 132 事業体等へ送付し、97 事業体等から回答を得た（回答率 73%）。

アンケート調査項目は、ビッグデータ及び AI の活用状況、凝集沈澱+砂ろ過処理の管理、原水及び浄水水質、管路の事故情報という 4 視点から、下記の質問を実施した。アンケート帳票は末尾に示す。

- Q1. 基本情報（回答者情報）
- Q2. 基本情報（事業体情報）
 - ・ 給水人口
 - ・ 職員数
- Q3. ビッグデータまたは AI の活用状況について
 - Q3-1. ビッグデータ、AI や機械学習等の成果の活用事例
 - Q3-2. Q3-1 に関する課題や今後の展望について
 - Q3-3. ビッグデータ、AI や機械学習等の活用予定
 - Q3-4. AI や機械学習等の活用に関して検討したいまたは検討している事項
- Q4. 浄水処理について
 - Q4-1. 浄水処理および浄水場の運転管理に関して苦勞している点や困っていること
- Q5. 自動抽出したフロック画像を用いた、沈降速度と除去性能の定量的評価に関する設問
 - Q5-1. 原水の種類
 - 年間を通じた原水水質変動の有無
 - Q5-2. 凝集剤の注入量制御について実施している方法
 - Q5-3. 凝集処理時のフロック撮影の有無
 - Q5-3-1. 撮影場所
 - Q5-3-2. 撮影したフロック画像データの活用方法
 - Q5-3-3. 撮影データの保存の有無
 - Q5-3-4. 撮影データの保存期間と保存方法
 - Q5-3-5. 撮影データの提供の可否
 - Q5-3-6. 録画装置設置の可否
 - Q5-3-7. 撮影装置設置の可否
- Q6. 砂ろ過の損失水頭上昇速度を予測するモデルの構築
 - Q6-1. 自動監視装置にて濁度を連続測定している場所について
 - Q6-2. 下記データを連続測定しているか
 - ・ ろ過前〔水温／濁度〕
 - ・ ろ過水（1 池ごと）〔水温／濁度／濁度（高感度）／微粒子数／ろ過流量／損失水頭〕
 - Q6-3. ろ過池の種類
 - Q6-4. ろ過池直前への凝集剤の追加注入の有無
 - Q6-5. ろ過池の洗浄時期について
 - Q6-6. 砂ろ過池の制御（逆洗間隔、成熟期間等）についての実施状況
 - Q6-7. 洗浄のプロセスと各プロセスに係る時間
 - Q6-8. ろ過池の洗浄状態が分かるデータ（原水弁や浄水弁、逆洗弁の開閉状態等）を測定しているか

- Q6-9. 洗浄時にスローダウンやスロースタートを実施状況
- Q6-10. 洗浄後のろ過排水の濁度や微粒子数の測定状況
- Q7. EEM（三次元蛍光スペクトル分析）連続測定装置による水質の異常検知
 - Q7-1. 原水水質・浄水水質に関する困りごと
 - Q7-2. 原水及び浄水水質の季節変動
 - Q7-3. EEM について知っていたか
 - Q7-4. EEM 設置の可否
- Q8. 管路の事故情報に関する質問
 - Q8-1. 配水管の漏水事故について、埋設状況（土被り、埋戻し材、地下水位）の調査の有無
 - Q8-2. 土質、地質などの埋設環境について独自調査したものの有無
 - Q8-3. 漏水事故データの提供可否
 - ・ 住所データ
 - ・ 写真データ（デジタルデータ）
 - ・ マッピングデータ
 - ・ shape データ

C. 研究結果

(1) 回答事業体について

回答を得た事業体の給水人口規模は、9.9 万人～1370 万人であり、10 万人～50 万人規模の水道事業体等から多くの回答を得た（図 1）。水道事業従事職員数については、給水人口規模が増加するにつれて職員数が多くなる傾向が確認できた（図 2、用水供給事業、下水道職員を含む回答を除く）。なお、用水供給事業の職員数は、13 人～380 人であった。

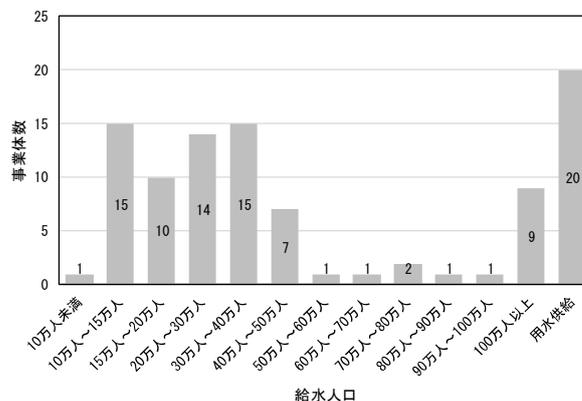


図 1 給水人口規模別の回答数

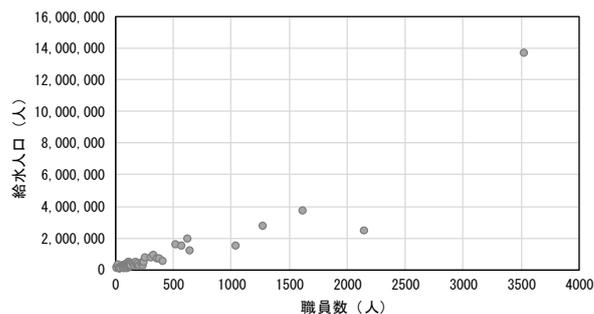


図 2 水道事業従事職員数と給水人口規模の関係

(2) ビッグデータ、AI・機械学習の活用について

ビッグデータを活用していたのは11事業体等、AI・機械学習を活用していたのは17事業体等であり（図なし、その他含む）、その内容は表1に示すとおりであった。ビッグデータ活用では主に管路の劣化診断、AI・機械学習活用では管路の劣化診断に加えて、漏水調査や浄水場における薬品注入量の設定に活用している場合が多かった。なお、アンケート上ではビッグデータやAI・機械学習の定義はしておらず、どちらに回答するかは回答者の判断に委ねたため、ビッグデータ活用とAI・機械学習活用には重複した項目が存在している。

表1 ビッグデータ、AI・機械学習の活用事例（自由回答）

ビッグデータ	AIによる管路劣化診断 (7)
	衛星画像解析による管路診断 (2)
	マッピングシステムの活用 (1)
	実証研究へのデータ提供 (1)
AI・機械学習	浄水場における薬品注入量 (3)
	管路更新優先順位/劣化診断 (7)
	漏水調査 (7)
	水需要予測 (3)
	AIを活用した水管橋の点検 (1)

※()は回答数を示す

給水人口規模または水道事業従事職員数とビッグデータ活用またはAI・機械学習活用についてのクロス集計結果を表2に示す。ビッグデータ、AI・機械学習ともに給水人口規模では30万人～50万人程度の、水道事業従事職員数では81人～200人程度の事業体等で多く活用されており、図1に示すように比較的中規模の事業体等にて多く活用されていることが確認できた。

ビッグデータやAI・機械学習（以下、ビッグデータ等という。）活用に係る課題と展望は表3に示すとおりであり、課題としてはAI等を活用して得た結果の精査・検証ができないことや更なる精度の向上が必要であることが挙げられていた。また、展望とし

表2 給水人口規模または水道事業従事職員数とビッグデータ等の活用状況のクロス集計結果

給水人口規模	ビッグデータ	AI・機械学習	回答数
10万人未満	0 (0%)	0 (0%)	1
10万人～15万人	1 (7%)	1 (7%)	15
15万人～20万人	0 (0%)	0 (0%)	10
20万人～30万人	1 (7%)	1 (7%)	14
30万人～40万人	3 (20%)	6 (40%)	15
40万人～50万人	2 (29%)	3 (43%)	7
50万人～60万人	0 (0%)	0 (0%)	1
60万人～70万人	0 (0%)	0 (0%)	1
70万人～80万人	1 (50%)	1 (50%)	2
80万人～90万人	0 (0%)	1 (100%)	1
90万人～100万人	0 (0%)	0 (0%)	1
100万人以上	1 (11%)	2 (22%)	9
用水供給	2 (10%)	2 (10%)	20
合計	11 (11%)	17 (18%)	97

ては、AIとヒトによる結果を比較検討し、より効率的かつ効果的な方法を検討していきたいとの意見が挙げられていた。

続いて、ビッグデータ等の今後の活用予定と検討状況についてそれぞれ尋ねたところ、19事業体等は活用予定がある（その他含む）、28事業体等は活用について検討したい（その他含む）とそれぞれ回答しており、これらの事業体等では、管路劣化状況の予測・診断、衛星画像を用いた漏水調査や薬品注入量の自動化・AI化等について活用予定または検討したいと考えていた（表4）。一方で、AIや機械学習が何に活用できるのかが知りたいとの回答もあり、活用方法について更なる周知を進めていく必要があると考えられた。

表3 ビッグデータ等の活用に係る課題と展望（自由回答）

課題
・AIを活用した成果について 精査 するための指針がない。
・管路劣化診断に関して大口径管の実施事例が少なく、AIという特性上、 検証 が難しい。
・浄水場の薬品注入については、学習データの蓄積量が少ないため、追加学習による 精度向上 が必要。
・実運用での 検証 ができていない。
・劣化予測判断は、漏水修繕結果など新たなデータを学習させることにより、各路線の劣化予測結果が変わるため、調査や反映の タイミング に注意が必要。
展望
・AIを活用した水管橋点検について、機械的に変状を抽出するので、人による点検の変状見落とし防止効果が期待できることを確認した。
・塩化ビニル管をAI評価対象に含め、工事発注規模を考慮した更新計画を検討する。
・配水管網が有する機能を分析・評価しているが、これまでの分析・評価方法とAIを使った方法を比較検討し、より効率的かつ効果的な計画策定を検討したい。

表4 ビッグデータの活用予定と検討希望

	ビッグデータやAI・機械学習の活用予定	検討希望
あり	12 (13%)	25 (26%)
その他	7 (7%)	3 (3%)
なし	77 (80%)	68 (71%)
合計	96 (100%)	96 (100%)

※その他の回答は「検討中」や「既の実施」であった

活用予定	浄水場
	<ul style="list-style-type: none"> ・薬品注入量の決定 (4)、活性炭注入支援 ・配水場の流入量決定 ・異常兆候システム ・ポンプの性能診断 ・漏水リスク評価 (2)
	管路
検討希望	浄水場
	<ul style="list-style-type: none"> ・AIによる水質予測 ・薬品注入 (活性炭・PAC・次亜塩素酸ナトリウム) の自動化・AI化 (7) ・薬品注入量の決定や各配水場の流入量決定 ・効率的な運転計画、異常時ガイダンス
	管路

※ () の数字は回答数を示している

(3) 浄水処理及び浄水場の運転管理に関する困りごとについて

浄水処理及び浄水場の運転管理に関して困っていることがあると回答したのは71事業体等 (図なし、71/96=74%) であり、薬品注入量、かび臭や水質・気候変動に起因する内容について困っているとの回答が多く見受けられ、給水人口規模50万人以下の事業体等においてもこれらを課題と捉えていることが確認できた (表5)。

続いて、原水水質系統に分類 (表6参照) して集計を行ったところ、伏流水系での困りごとは限定的であった一方で、表流水系やダム水系では、多くの困りごとを抱えており、全体の傾向と同様、かび臭、水質・気候変動、薬品注入量について苦慮している状況が確認できた (図3)。

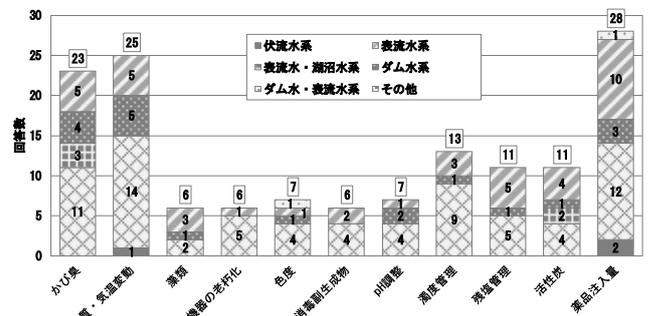


図3 浄水処理及び浄水場の運転管理に関する困りごと (原水水質系統別、自由回答)

(4) 自動抽出したブロック画像を用いた、沈降速度と除去性能の定量的評価に関する設問

分担研究「ビッグデータに基づく浄水場運転管理予測手法の検討」における研究テーマ「凝集剤注入量の最適化」に関連し、凝集沈澱処理におけるビッグデータ等の活用状況、特にブロック画像の活用状況についての調査を行った。

本調査にて回答を得た浄水場の水源の組合せは20

表5 浄水処理及び浄水場運転管理に関する困りごと (給水人口規模別、自由回答)

区分	(1) 1団体	(2) 15団体	(3) 10団体	(4) 14団体	(5) 15団体	(6) 7団体	(7) 1団体	(8) 1団体	(9) 2団体	(10) 1団体	(11) 1団体	(12) 9団体	(13) 20団体	合計
かび臭		5	3		2	1						5	7	23
水質・気温変動		3	2	3	6	1	1		1			2	6	25
藻類				2								3	1	6
機器の老朽化		2		2								1	1	6
色度			2	3	1	1								7
消毒副生成物				1	1	1							3	6
pH調整				1	2				1				3	7
濁度管理		1	2	2	3	1	1					3		13
残塩管理			1	3	1	1						1	4	11
活性炭		2	1		2							2	4	11
薬品注入量	1	1	4	6	6	2						4	4	28

(1) 10万人未満 (2) 10万人~15万人 (3) 15万人~20万人 (4) 20万人~30万人 (5) 30万人~40万人

(6) 40万人~50万人 (7) 50万人~60万人 (8) 60万人~70万人 (9) 70万人~80万人 (10) 80万人~90万人

(11) 90万人~100万人 (12) 100万人以上 (13) 用水供給

通りあり、「伏流水系」、「表流水系」、「表流水・湖沼水系」、「ダム水系」、「ダム水・表流水系」の5つに大別すると、表流水系やダム水・表流水系が多数を占めていた(表6)。また、給水人口規模別に整理したところ、人口規模別に大きな差は確認できなかった(表7)。なお、ダム水系には表流水を含むものもあるが、これらには他の水系も含み、その割合も不明であることから、ここではダム水系として分類した。以降では、この5分類にて集計を行うこととした。

表6 原水水源系統区分と回答数

水系		回答数
伏流水系	伏流水、湧水	1
	伏流水、浅井戸水	1
	伏流水	1
表流水系	表流水、湧水	1
	表流水、伏流水、浅井戸水	1
	表流水、伏流水	1
	表流水、浅井戸水、深井戸水、原水受水	1
	表流水、浅井戸水	4
	表流水	42
表流水・湖沼水系	表流水、湖沼水、原水受水	2
	表流水、湖沼水	4
ダム水系	ダム水、湧水	1
	ダム水、表流水、伏流水、浅井戸水	1
	ダム水、表流水、伏流水	1
	ダム水、表流水、深井戸水	2
	ダム水、表流水、湖沼水、伏流水、湧水	1
	ダム水、表流水、湖沼水	1
	ダム水、湖沼水	1
	ダム水	8
ダム水・表流水系	ダム水、表流水	25
合計		100

表7 給水人口規模別の原水水源系統区分

区分	伏流水系	表流水系	表流水・湖沼水系	ダム水系	ダム水・表流水系
10万人未満	0 (0%)	6 (38%)	1 (6%)	5 (31%)	4 (25%)
10万人～15万人	1 (8%)	8 (62%)	0 (0%)	2 (15%)	2 (15%)
15万人～20万人	1 (11%)	5 (56%)	1 (11%)	0 (0%)	2 (22%)
20万人～30万人	0 (0%)	6 (50%)	1 (8%)	0 (0%)	5 (42%)
30万人～40万人	1 (9%)	5 (45%)	1 (9%)	3 (27%)	1 (9%)
40万人～50万人	0 (0%)	4 (57%)	0 (0%)	1 (14%)	2 (29%)
50万人～60万人	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
60万人～70万人	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
70万人～80万人	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
80万人～90万人	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
90万人～100万人	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)
100万人以上	0 (0%)	3 (33%)	0 (0%)	2 (22%)	4 (44%)
用水供給	0 (0%)	10 (53%)	2 (11%)	2 (11%)	5 (26%)
合計	3	50	6	16	25

凝集沈澱処理における凝集剤の注入量設定については、「職員によるジャーテスト」(回答番号1)や「濁度センサーやその他センサーによる監視・制御を行っている」(回答番号4)との回答が多く、これらは経験式から自動制御(回答番号2)または対応表などを参考に手動制御(回答番号3)している場合においても実施されている場合が多かった(表8)。このことから、凝集剤注入量については、濁度を濁度計等により常時監視しながら、通常時は経験式や対応表を活用し、濁度上昇等の異常時はジャーテストを実施しながら最適な注入率を決定しているものと考えられた。

表8 凝集処理における凝集剤の注入量設定手法

回答数	回答番号 (回答対象:100団体)				
	1 (74)	2 (38)	3 (35)	4 (51)	5 (3)
1	15				
2	25	7			
3	23	5	5		
4	39	22	18	2	
5	3	0	1	0	0

- 職員によるジャーテスト () は重複ありの全回答数を示している
- 原水水質と凝集剤注入量との相関から導いた経験式から自動制御している
- 原水水質と凝集剤注入量との相関をまとめた表などを参考に手動制御している
- 濁度センサーやその他センサーによる監視・制御を行っている
- 特に決まったルールはなく、経験に基づいて決定し、異常時だけ試験を実施している

原水水質系統別にみる(表9)と、伏流水系以外の水系すべてで、職員によるジャーテスト(回答番号1)を行っている浄水場が多いことが確認できた。濁度計等による監視・制御(回答番号4)を用いた自動制御をしている事業体も多いことから、それらを用いたても未だに手間のかかるジャーテストを必要としていることがわかる。

表9 原水水質系統別の凝集剤注入量設定手法

回答数 (割合)	回答番号 (回答対象: 100団体)					合計
	1	2	3	4	5	
伏流水系	0 (0%)	1 (33%)	1 (33%)	2 (67%)	0 (0%)	3
表流水系	35 (70%)	21 (42%)	12 (24%)	27 (54%)	2 (4%)	50
表流水・湖沼水系	5 (83%)	1 (17%)	3 (50%)	3 (50%)	0 (0%)	6
ダム水系	15 (94%)	6 (38%)	7 (44%)	8 (50%)	1 (6%)	16
ダム水・表流水系	19 (76%)	9 (36%)	12 (48%)	11 (44%)	0 (0%)	25

- 職員によるジャーテスト
- 原水水質と凝集剤注入量との相関から導いた経験式から自動制御している
- 原水水質と凝集剤注入量との相関をまとめた表などを参考に手動制御している
- 濁度センサーやその他センサーによる監視・制御を行っている
- 特に決まったルールはなく、経験に基づいて決定し、異常時だけ試験を実施している

続いて、凝集沈澱処理における凝集時のフロック撮影状況について確認したところ、27事業体等(27%)がフロックを撮影しており、うち20事業体等(74%)がフロック形成池で、4事業体等(15%)が沈澱池流入地点でそれぞれ撮影を行っていた(表10)。これらの撮影データは、主に凝集剤注入量の調整、フロックの出来の確認や凝集不良の有無の確認に活用されていたものの、現状把握のための活用に限られており、撮影したデータを保存している事業体は11事業体(41%)のみであった。

表10 凝集沈澱処理におけるフロック撮影状況

	撮影場所			撮影していない
	沈澱池流入地点	フロック形成池内	その他	
回答数	4	20	3	73
合計	27			
撮影データを	保存している		保存していない	
回答数	11		16	

原水水質系統別にみると、伏流水系やダム水系ではほとんど撮影されていない一方で、表流水系を含む水系の約30%で撮影が行われており(表11)、水

質変動が大きく最適な凝集剤注入量も変化しやすい表流水系で撮影されている状況が確認できた。

また、給水人口規模別にみると、給水人口規模が小さい事業者等でのブロック撮影は限定的であり、給水人口規模 30 万人以上の事業者等で活用されている状況が確認できた (図 4)。

表 11 原水水質系統別のブロック撮影状況

原水水質系統	ブロックを撮影して	
	いる	いない
原水		
伏流水系	0 (0%)	3 (100%)
表流水系	16 (32%)	34 (68%)
表流水・湖沼水系	2 (33%)	4 (67%)
ダム水系	1 (6%)	15 (94%)
ダム水・表流水系	8 (32%)	17 (68%)
合計	27 (27%)	73 (73%)

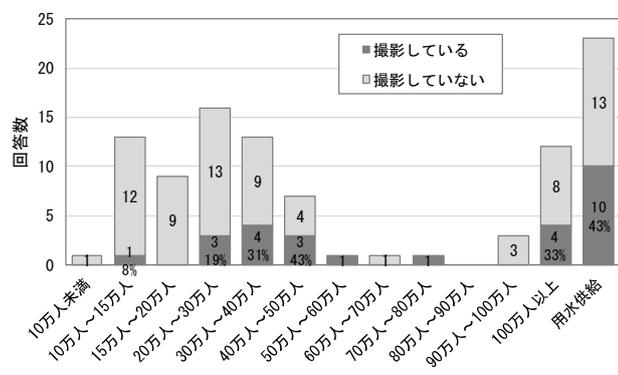


図 4 給水人口規模別のブロック撮影状況

(5) 砂ろ過の損失水頭上昇速度を予測するモデルの構築についての設問

分担研究「ビッグデータに基づく浄水場運転管理予測手法の検討」における研究テーマ「ろ過池閉塞シミュレーションモデルの開発」に関連し、砂ろ過処理におけるビッグデータ等の活用状況や運転状況についての調査を行った。

砂ろ過処理を含む処理フローの浄水場に対し、濁度計や微粒子カウンター等の自動監視装置の導入状況について調査した。その結果、処理フローとして凝集沈澱+急速ろ過処理を採用している 73 浄水場における濁度計等の自動監視装置の導入状況は図 5 に示したとおり、濁度計は原水～配水池に至る各主要地点、特に原水後や沈澱池後に導入されていることが確認できた。一方、高感度濁度計や微粒子カウンターはろ過池後に多く導入されており、ろ過池前ではほとんど導入されていないことが確認できた。また、これら浄水場の砂ろ過池の種類は、単層砂ろ過が 36 浄水場 (49%)、複層砂ろ過が 32 浄水場 (44%) であり、常時凝集剤の追加注入を実施しているのは、単層砂ろ過では 10 浄水場 (28%)、複層砂ろ過では 8 浄水場 (25%) となっており (表 12)、砂ろ過池の

種類等による自動監視装置の導入状況の傾向に違いは確認できなかった。なお、上記のほか、27 浄水場から回答を得ているが、これらの浄水場では、凝集沈澱+急速ろ過以外の処理フローを含んでいたため (高度処理含む)、集計には含んでいない。

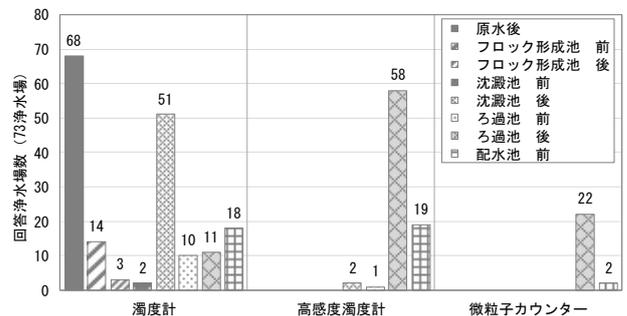


図 5 凝集沈澱+急速ろ過処理における自動監視装置導入状況

表 12 ろ過池の種類と凝集剤追加注入の有無

急速ろ過池の種類	回答数	凝集剤追加注入		
		あり	なし	その他
単層砂ろ過	36	10	23	3
複層砂ろ過	32	8	18	6
その他	5	0	4	1
合計	73	18	45	10

砂ろ過処理に関しては、損失水頭やろ過流速等運転データの 1 時間ごとの連続測定状況についても確認している。その結果、水温を連続測定している浄水場は限定的である一方で、50%超の浄水場で損失水頭やろ過流速を連続測定している状況が確認できた (表 13)。損失水頭を連続測定している浄水場が多いのは、ろ過池の洗浄判断に活用しているためと考えられ、実際に 15%の浄水場がろ過池の洗浄判断に損失水頭を活用していた (表 14)。ろ過池の洗浄判断としては、一定期間が経過したらという回答が 72%と最も多く、ここでの一定期間は、6 時間～288 時間の間で浄水場ごとに様々であったが、49 時間～72 時間の間で設定している浄水場が多かった。洗浄までの期間は、54%の浄水場で浄水場設計時の条件で設定していたが、30%程度の浄水場では季節変動や濁度計等の値に応じた対応をしていた。

洗浄後の運転開始時には、ろ過水濁度上昇や洗浄による鉄・マンガンの剥離及び不陸等が生じるおそれがある。これらを防止するために、急速ろ過池の運転開始時と洗浄時に通常のろ過速度より速度を下げろ過を行うスロースタート・スロースタートを採用する場合があります。56 浄水場 (56%) でこれらを採用していた。このうち、20 浄水場 (36%) では洗浄排水の濁度や微粒子数を測定し、ろ過池洗浄に異常がないかを確認しており (表 15)、洗浄に起因した濁度の漏出等が生じないように努めていることが確認できた。

表 13 砂ろ過運転データの連続測定状況

1時間ごとに連続測定しているか		連続測定して		
		いる	いない	その他
ろ過前	水温	9 (9%)	86 (89%)	2 (2%)
	濁度	53 (54%)	38 (39%)	7 (7%)
ろ過後	水温	4 (4%)	91 (94%)	2 (2%)
	濁度	10 (11%)	80 (84%)	5 (5%)
	高感度濁度計	32 (33%)	55 (56%)	11 (11%)
	微粒子数	9 (10%)	75 (83%)	6 (7%)
	ろ過流速	56 (58%)	36 (37%)	5 (5%)
	損失水頭	50 (52%)	42 (44%)	4 (4%)

表 14 ろ過池の洗浄判断

ろ過池の洗浄判断	回答数	一定期間	
一定期間経過後	72 (72%)	24時間以内	10
		25～48時間	14
		49～72時間	23
		73～96時間	8
		97～120時間	5
		121～144時間	8
		145～288時間	2
		回答なし	2
損失水頭	15 (15%)		
その他	13 (13%)		
合計	100		

ろ過池の制御条件（逆洗間隔、熟成期間）回答対象：100浄水場	
浄水場設計時の条件で運転している	54
濁度計などのセンサーの値を基に、職員が判断している	38
経験に基づいて季節などに応じて決定している	30

表 15 逆洗後の運転開始時の状況について

スローダウン・スロースタートを		洗浄排水での測定	
実施している	56 (56%)	濁度	16 (29%)
		微粒子数	1 (2%)
		濁度、微粒子数	3 (5%)
		測定していない	34 (61%)
		その他	2 (4%)
実施していない	40 (40%)		
その他	4 (4%)		

(6) 管路の事故情報について

分担研究「ビッグデータに基づく水道管路に関する配水管維持管理の実態把握及び解析」、「水道管路事故データを活用した水道管路アセットマネジメント手法及び水道管路技術の継承に関する手法の検討」に関連し、管路の事故情報に関する調査を行った。

配水管の漏水事故発生時の埋設状況調査については、49 事業者 (51%) が埋設状況を調査しており、そのうち 9 割以上の事業者で土被りについて、2 割以上の事業者で埋戻し材、土質種類や地下水の状況等について調査を行っていた (表 16)。

また、管体周辺土壌・腐食土壌調査、管体老朽度調査・管体外面調査や腐食量・腐食性調査等は漏水事故の有無にかかわらず、独自に調査している事業者が多いことも確認できた (表 17)。

表 16 漏水発生時の埋設状況調査

漏水時の埋設状況調査の有無		調査項目	
調査している	49 (51%)	土被り	45 (92%)
		埋戻し材	13 (27%)
		土質種類	12 (24%)
		管体の状態	2 (4%)
		布設年度	4 (8%)
		地下水の状況	11 (22%)
		管種	6 (12%)
		口径	2 (4%)
		官民境界	2 (4%)
		埋設位置	4 (8%)
調査していない	43 (44%)		
その他	5 (5%)		
合計	97		

表 17 管路埋設に関する独自調査項目 (自由回答)

調査項目 (自由記述)	回答数
管体周辺土壌・腐食土壌調査	11
管体老朽度調査・管体外面調査	4
腐食漏水の原因調査	2
腐食量・腐食性調査	2
土壌の腐食ANSI	1
本管周辺土壌pH値	1
地質調査	1
コーン指数試験	1
ポリエチレンスリーブの有無	1
地下水の採取	1
土質試験による分析	1

D. 考察

(1) ビッグデータの活用について

今回の調査では、ビッグデータと AI・機械学習の活用についての定義づけを行わず調査を実施したが、回答結果から、「ビッグデータの活用」はデータの活用そのもの自体を、「AI・機械学習の活用」は算出した結果を「ヒトの判断に委ねて活用する」場合に用いられている傾向があった。

現状、ビッグデータの定義については多様な見解があり、明確なコンセンサスが得られていないものの共通する特徴としては、多量性、多種性、リアルタイム性が挙げられ^{1) 2)}、このようなデータを分析することで将来の予測や異変の察知等を行い、様々な技術の提供等が可能になると考えられている。総務省の報告書³⁾では、ビッグデータを図 6 のように定義しており、この定義によれば、浄水場等で日々蓄積している運転データ等を活用することは「狭義のビッグデータ」活用に、更にそのデータを機械学習等により活用することは「広義のビッグデータ」活用にあたると思われる。

ビッグデータ、AI・機械学習ともに、今回の調査結果では給水人口規模 30 万人～50 万人程度の中小規模の事業者で活用されていたが、これらの事業者では、他の給水人口規模に比べて、給水人口 1,000 人

当たりの職員数や給水人口一人当たりの給水収益が小さく⁴⁾、非常に厳しい状況にて事業を運営しており、業務効率化のためにこれらの技術を活用しているものと考えられた。ビッグデータ等の活用に関しては、業務効率化等の利点がある一方で、結果の精査・検証が難しいことや予測精度等に依然として課題が残っており、今後、これらの課題を克服していくことにより、更なる活用が見込まれると考えられる。

今回の調査結果では、管路に比べて浄水場でのビッグデータ等の活用事例が少なかった。これは、その技術開発がまだ進んでいないことのほか、浄水場では水質基準を満たした水を配水する義務があり、高い予測精度が求められるためであると考えられる。実浄水場にこれら技術を導入する際にどの程度の予測精度が必要になるかについては浄水場ごとに異なり、今後更なる検証が必要になるだろう。

ビッグデータ等を活用することは効率的な事業運営に有効である一方で、予測機構がブラックボックス化し、責任の所在が曖昧になってしまう可能性があることにも留意が必要である。水道事業においては、需要者への説明責任を果たす必要があるため、ビッグデータ等を活用しながらも、一定の裏付けを持ったデータを有しておく必要があると考えられる。

かび臭対策を講じる必要が生じ、活性炭の注入時期や注入量の設定に苦慮しているとのことであった。

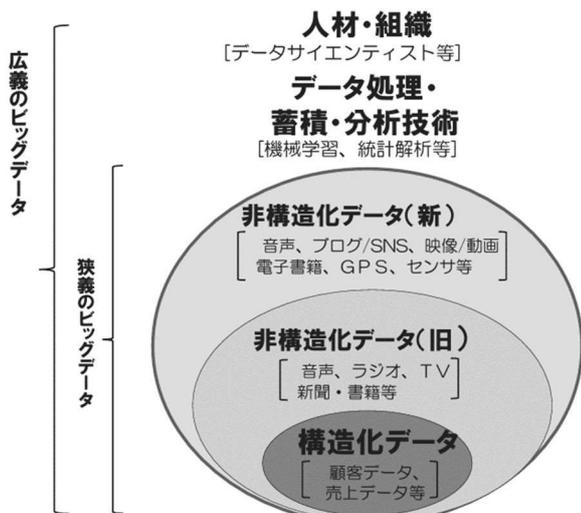
また、高濁度発生時には凝集剤の添加量を増加させるなどの対応が必要となり、最適な凝集条件を見極めるのが難しいとのことであり、これらの課題は相互に関係しあっていた。

凝集剤の注入量については、ジャーテストで注入量を決めている浄水場は多かったが、実際のフロックの出来について画像等で確認している浄水場は限られていた。

高濁度発生時に突発対応として、または常時濁度を低く抑えるために凝集剤を過剰注入している浄水場は、多いと考えられ、現状よりも適正な注入を自動的決定できるシステムの開発が求められる。

表 18 困りごと同士のクロス集計結果

項目	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
(1) かび臭	23	5	3	1	1	2	2	2	3	10	4
(2) 水質・気温変動		25	2	3	1	1	4	4	3	3	15
(3) 藻類			6	0	0	1	0	0	3	1	2
(4) 機器の老朽化				6	0	0	0	0	0	0	1
(5) 色度					7	1	0	0	2	1	5
(6) 消毒副生成物						6	1	0	3	0	1
(7) pH調整							7	1	2	1	1
(8) 濁度管理								13	0	1	5
(9) 残塩管理									11	1	3
(10) 活性炭										11	3
(11) 薬品注入量											28



(出典) 総務省「情報流通・蓄積量の計測手法の検討に係る調査研究」(平成25年)

図 6 ビッグデータの概念

(2) 浄水処理に関する困りごとと凝集処理について

困りごと同士のクロス集計を行ったところ、「水質・気温変動×薬品注入量」や「かび臭×活性炭」との回答が多く(表 18)、これらは相互に関係すると考えられた。そこで、回答が多かった上位3項目(図3参照)に着目し関係を整理した結果、図に示すような関係にあると考えられた。

水質・気温変動には、気温上昇に伴う藻類増加や降雨による高濁度の発生等が含まれている。気温上昇によりかび臭原因物質である藻類が増殖すれば、

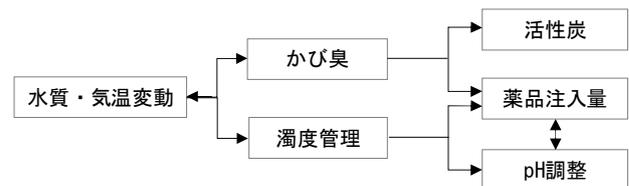


図 7 困りごとに関する関係図

(3) 自動監視装置の導入状況とその傾向

濁度計等の自動監視装置における測定状況についてクロス集計を行った結果、原水後に濁度計を導入している場合には、沈澱池後に濁度計、ろ過池後に高感度濁度計や微粒子カウンターを導入している浄水場が多いことがそれぞれ確認できた。また、原水後に濁度計を導入している場合には沈澱池後にも濁度計を導入している場合が多く、この場合にも、ろ過池後に高感度濁度計や微粒子カウンターを導入している浄水場が多いことが確認できた。

加えて、高感度濁度計や微粒子カウンターは、濁度計とは異なり複数箇所に導入している浄水場は少なく、特に微粒子カウンターの導入数は、濁度計や高感度濁度計に比べて少ないものの、ろ過池後高感度濁度計を設置している場合には、微粒子カウンターも併せて導入している場合が多いことが確認できた(表 19)。

表 19 濁度計等の導入に関するクロス集計結果

		濁度計							
		原水後	フロック形成池前	フロック形成池後	沈澱池前	沈澱池後	ろ過池前	ろ過池後	配水池前
原水後	濁度計	68	13	3	2	50	10	11	18
	高感度濁度計					2	1	57	18
	微粒子カウンター							22	2
フロック形成池前	濁度計		14	2	1	11	3	2	5
	高感度濁度計						1	11	7
	微粒子カウンター							7	1
フロック形成池後	濁度計			3	1	3	1	1	2
	高感度濁度計							3	1
	微粒子カウンター							1	0
沈澱池前	濁度計				2	1	1	2	2
	高感度濁度計							1	0
	微粒子カウンター							1	0
沈澱池後	濁度計					51	1	9	13
	高感度濁度計							44	13
	微粒子カウンター							20	2
ろ過池前	濁度計						10	1	4
	高感度濁度計							8	4
	微粒子カウンター							3	0
ろ過池後	濁度計							11	5
	高感度濁度計							8	0
	微粒子カウンター							4	0
配水池前	濁度計								18
	高感度濁度計							16	1
	微粒子カウンター							5	0

		高感度濁度計			
		沈澱池後	ろ過池前	ろ過池後	配水池前
沈澱池後	高感度濁度計	2	0	2	1
	微粒子カウンター			0	0
ろ過池前	高感度濁度計		1	0	1
	微粒子カウンター			0	0
ろ過池後	高感度濁度計			58	12
	微粒子カウンター			20	1
配水池前	高感度濁度計				19
	微粒子カウンター			4	1

これらより、原水から沈澱池後に至るまでは、凝集沈澱処理が確実に進んでいるかを濁度計にて監視し、以降では砂ろ過処理により確実な処理が行われているかを濁度計よりも感度の高い高感度濁度計や微粒子カウンターにて監視しているものと考えられた(図8)。

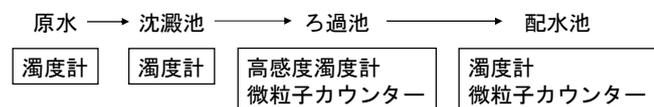


図 8 濁度計等の導入傾向

続いて、ろ過池後の高感度濁度計や微粒子カウンターの導入状況について人口規模や原水水質系統別の整理を行った。その結果、高感度濁度計は給水人口規模問わず多くの事業者等で導入されていたものの、微粒子カウンターは給水人口規模が大きな事業者等で導入されている傾向にあることが確認できた(表20)。

一般に、濁度計に比べて微粒子カウンターは濁度が低く検出される傾向にあるものの、濁度等と一定の相関があることが確認されており^{5) 6)}、濁度計と合わせて活用することで、より確実な監視が行えるものと考えられるが、自動監視装置は高価であるため導入にはハードルがあり、微粒子カウンターは一定規模以上の事業者等での活用に限られているものと推察された。

また、原水水質系統別にみると、高感度濁度計、微粒子カウンターともに、表流水系で多く導入されていた。(表21) これは、クリプトスポリジウム等対

策指針において、地表水を原水とする浄水場では「ろ過池等の出口の濁度を0.1度以下に維持する」ことが定められており、確実な浄水処理ができていないか、この基準を遵守できているかを確認するためであると考えられた。今回のアンケート調査ではろ過池後の濁度の管理基準等は調査していないが、上記のような状況を考慮すると、高感度濁度計や微粒子カウンターを導入している浄水場では、濁度計にて管理を行っている浄水場よりもより厳しい水準にて濁度の管理を行っているものと考えられた。

表 20 高感度濁度計等の給水人口規模別の導入状況(ろ過池後)

給水人口規模	浄水場数	高感度濁度計	微粒子カウンター
10万人未満	1	1 (100%)	0 (0%)
10万人~15万人	9	6 (67%)	2 (22%)
15万人~20万人	6	6 (100%)	2 (33%)
20万人~30万人	14	9 (64%)	2 (14%)
30万人~40万人	10	10 (100%)	2 (20%)
40万人~50万人	6	5 (83%)	1 (17%)
50万人~60万人	1	1 (100%)	0 (0%)
60万人~70万人	1	1 (100%)	0 (0%)
70万人~80万人	1	1 (100%)	1 (100%)
80万人~90万人	0	0 -	0 -
90万人~100万人	3	1 (33%)	0 (0%)
100万人以上	8	7 (88%)	5 (63%)
用水供給	13	10 (77%)	7 (54%)
合計	73	58 (79%)	22 (30%)

表 21 高感度濁度計等の原水水質系統別の導入状況(ろ過池後)

原水水質系統	浄水場数	高感度濁度計	微粒子カウンター
伏流水系	2	2 (100%)	1 (50%)
表流水系	35	31 (89%)	12 (34%)
ダム水系	11	7 (64%)	1 (9%)
ダム水・表流水系	21	15 (71%)	7 (33%)
表流水・湖沼水系	4	3 (75%)	1 (25%)
その他	0	0 -	0 -
合計	73	58 (79%)	22 (30%)

(4) 砂ろ過池の洗浄判断について

通常、ろ過池の洗浄は、①目標値を超える濁質が漏出した場合、②損失水頭が設定値に達した場合、③ろ過継続時間が設定値に達した場合のいずれかに達した場合に行われるが、今回調査した浄水場では、7割の浄水場が一定期間経過後にろ過池の洗浄を実施していた。これは、一定期間と設定することで計画的な洗浄を行うためと考えられるが、中には損失水頭が基準値に達した場合には設定期間に関わらず洗浄を実施すると回答した浄水場もあった。

損失水頭が上昇すると、ろ層内の負圧により気泡を生じたり、ろ層表面の収縮、亀裂を引き起こしたりし、ろ過水質が悪化するおそれがある⁷⁾ため、ろ過池の洗浄判断を一定期間としている場合においても損失水頭はモニタリングしていく必要があると考えられるが、損失水頭を連続測定している浄水場は5割程度にとどまっており、損失水頭を測定していない浄水場では、ろ過速度上昇に伴いろ過閉塞が早期化した場合等に適切な時期に洗浄できなくなる可

能性も考えられる。将来的に、より安全かつ良質な水質を維持していくためには、ろ過池の洗浄判断は一定期間経過後としながらも、損失水頭についてもしっかりと管理していくことが重要であろう。

(5) 管路事故情報の活用について

水道管の劣化に伴う漏水事故の発生は、水道事業にとって非常に重要な問題である。令和2年度末時点の管路経年化率は20.6%⁸⁾であり、今後さらに上昇するものと見込まれるため、劣化診断や漏水調査等を行いながら、着実な更新を進めていくことが求められている。これら課題解決のため、ビッグデータ等の活用も進められているが、漏水発生時にその原因を特定するため、埋設状況等についての調査を行っている事業体も存在する。これらのデータは事業体ごとに過去数年にわたり蓄積されているものの、その活用は事業体内部に限られる、あるいは活用されていないのが現状であり、これらのデータを集約し様々なデータと組み合わせることで、漏水事故の発生要因の推定や管路更新の優先順位付けが可能になると考えられる。また、ビッグデータ等の活用により算定した結果と合わせて活用することで、これらの精度検証等ができる可能性もある。しかしながら、水道事業においては、これらのデータをオープンデータとして外部へ公表するには様々なハードルがあり、まずはこのハードルを下げることも、データ集約機構が構築されることが重要である。

E. 結論

- ・ビッグデータ等の活用については、予測精度等に課題はあるものの、管路の劣化診断・漏水調査や浄水場における薬品注入量の設定等に活用されていることが確認できた。
- ・浄水処理に関しては、薬品注入量、水質・気温変動やかび臭に苦慮している状況が確認でき、特に凝集剤の注入量についてはジャーテストや経験式等により自動制御している状況が確認できたが、常時非常時間問わず凝集剤を過剰注入している浄水場もあり、凝集剤注入量が最適化されているかを確認することが重要と考えられた。また、凝集沈澱処理では、約3割の浄水場でフロックを撮影し凝集剤注入量が適切かを監視していたが、多くの浄水場では凝集処理が確実に行われているかは、濁度により管理していると推察され、実際に沈澱池後に濁度計を導入している浄水場が多かった。また、沈澱池後に濁度計を導入している浄水場ではろ過池後に高感度濁度計や微粒子カウンターを導入している場合が多く、凝集沈澱+砂ろ過処理において確実な浄水処理が行われているかは、これらの測定結果によって管理されていることが確認できた。
- ・砂ろ過池の洗浄判断は、一定期間経過後としてい

る浄水場が70%程度であり、損失水頭にて判断している浄水場は15%であった。損失水頭を測定している浄水場は5割程度にとどまっていたが、将来的により安全かつ良質な水質を維持していくためには、ろ過池の洗浄判断は一定期間経過後としながらも、損失水頭についてもしっかりと管理していく必要があると考えられた。

- ・管路の維持管理に関しては、事業体では漏水事故発生時に土被り等の埋設状況を調査しているが、そのデータが十分に活用されていない状況にあり、これらを集約し様々なデータと組み合わせることにより、漏水事故の発生要因の推定や管路更新の優先順位付け等が可能になると考えられた。しかしながら、水道事業においては、これらのデータをオープンデータとして外部へ公表するには様々なハードルがあり、まずはこのハードルを下げることも、データ集約機構が構築されることが重要と考えられた。

参考文献

- 1) 国土交通省分野におけるビッグデータの活用に関する調査研究, 2017年1月 国土交通省 国土交通政策研究所
- 2) 情報流通・蓄積量の計測手法に係る調査研究報告書, 2013年3月, 総務省情報通信国際戦略局情報通信経済室
- 3) 平成25年版 情報通信白書 ビッグデータの活用が促す成長の可能性
- 4) 令和3年度水道統計
- 5) 渡邊 英樹ほか. 微粒子カウンターを用いた水質調査 35 2. 環境技術 Journal of Environmental Conservation Engineering. 35 2, p.147-151.
- 6) 水道技術の高度化に関する研究 : 飲料水中の微生物による感染症対策に関する研究 : 平成12年度総合研究報告書 : 厚生労働科学研究費補助金生活安全総合研究事業, [藤原正弘], 2001.4.
- 7) 水道維持管理指針. 2006年版, 日本水道協会, 2006.7. 4-930939-89-5.
- 8) 令和4年度全国水道関係担当者会議

F. 研究発表

1. 論文発表
特になし
2. 学会発表
特になし

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得
特になし
2. 実用新案登録
特になし
3. その他
特になし