

## 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）

「水道の基盤強化に資する技術の水道システムへの実装に向けた研究」

### 分担研究報告書

## 水質管理の強化に係る既存・将来技術の文献調査と課題抽出（ヒアリング）

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

令和2年度は31事業体にアンケート調査を行い、自動監視装置による水質管理の実態把握を行った。そこで本年度は追加調査として、測定データの活用方法や今後の展望等を把握すべく、アンケートを実施した事業体の中から9事業体と自動監視装置を製造する企業8社に対しヒアリングを実施した。その結果、自動監視装置が浄水処理の指標等として重要な役割を果たしているとともに、十分な実用性を有していることが明らかになった。一方、官と民とでデータ活用の考え方にギャップがあることが分かった。そのため今後は、水道の基盤強化に向けて、水道事業体はデータの公開や産官学の共同研究への協力を進め、企業は装置の更なる性能向上や水質予測技術の開発を進めることが重要だと考えられた。

### A. 研究目的

現在、水道分野では、水質（代替）指標項目の連続測定、深層学習等による早期水質予測、小型で省スペースな水質センサーといった、先端的な技術が開発されている。このような連続測定に係る新技術を水道水源から給水末端に至る水質管理に活用することで、少ない技術系職員数でも効率的で高度な水質管理が可能になると考えられる。しかし、自動監視装置の導入状況は事業体によって異なることから、連続測定データの利活用に関する実態把握が求められている。令和2年度は自動監視装置を用いた水質管理の実態把握及び水質データの利活用について、全国の水道事業体に対しアンケート調査を行い、その回答から現状及び課題を明らかにした。そこで令和3年度は、①自動監視装置製造企業へのヒアリングを

行うことで、企業から見た日本の水質管理の現状や将来の展望を整理すること、②水道事業体で自動監視装置をどのように役立てているのか追加ヒアリングを行うことで、自動監視装置の重要性の把握や得られた情報の活用方法及びその展望を整理することを目的とした。

### B. 研究方法

#### (1) 企業ヒアリング調査

自動監視装置を製造する企業8社（A社～H社）に対して、作成したアンケート票を事前送付し、対面式を基本としてヒアリング調査を行った。

このヒアリングでは、企業側からの視点での、自動監視装置による連続測定の実施状況や今後の展望、自動監視装置により得られた連続水質データの利活用方法について

て調査した。

アンケート票に記載した質問の概要は以下のとおりである。

- ・自動監視装置を導入するときや自動監視装置のメンテナンスする際に、事業者からどのような質問が来るのか。
- ・事業者アンケートで重要とわかった「コスト」「メンテナンス性」「装置の大きさ」について、企業としてはどれが一番の課題と考えているか。
- ・自社の装置で測定された水質データの活用方法について何か考えていることがあるか。
- ・水道の基盤強化に向けて企業として考えていることがあるか。

## (2) 水道事業者ヒアリング調査

令和2年度にアンケート調査を実施した32事業者のうち、9事業者に対し追加となるヒアリング調査をWEB又は対面式で実施した。この9事業者は、他の事業者では連続測定していない水質を測定していると回答のあった事業者や、他の事業者で連続測定を実施している水質項目を連続測定したいと考えている事業者から抽出した。

このヒアリングでは、個々のアンケート結果に対して、水質の管理値及び管理値を超えた場合の対応方法、なぜその水質を連続測定しているのか、装置に関して今後期待することなどを調査した。

## C. 調査結果

### (1) 企業ヒアリング調査

#### 1) 事業者からの問い合わせ事項

表1に自動監視装置の導入時における事業者からの問い合わせ事項を整理した。導

入時は、イニシャルコストやランニングコストはどのくらいか、測定対象水質をどのくらいの精度で測定できるか、納入実績はどのくらいあるか、通信条件はどうか、装置のメンテナンス性はどうか、装置の大きさはどのくらいかという問い合わせが来ることがわかった。そのうち、G社を除く全ての企業から装置のメンテナンス性についての問合せが来るとの回答を得た。

一方で、既に自動監視装置を導入している場合や装置の更新時においては、既に使用した実績やコストがどのくらい必要だったか等の情報を事業者で持っていると考えられるため、コストや納入実績、計器の大きさについて問い合わせは少ないという回答であった。

表1 導入時における事業者からの問い合わせ事項

	導入コスト	維持管理コスト	測定対象水質	納入実績	通信条件	メンテナンス性	装置の大きさ	その他
A			○	○		○		
B	○	○	○	○		○		
C						○		
D	○	○			○	○		
E	○	○			○	○	○	
F						○		○
G			○	○				
H			○			○		○

表2に維持管理時における事業者からの問い合わせ事項を整理した。多くの企業に保守点検の方法やその頻度について問い合わせがあることがわかった。これらの企業では、装置の維持管理マニュアルを準備している企業が多かった。また、問題が発生した際に現場に駆け付けることのできる体制を整える、企業の教育を充実させる、交換す

る部品の予備を常に在庫しておくなど、緊急時の体制を充実させている企業が多かった。一方、装置部品のユニット化を進めた企業では、装置導入後のメンテナンスの問い合わせはほぼないとの回答であった。

表2 維持管理時における事業体からの問い合わせ事項

	保守点検 方法頻度	緊急時体 制と連絡	保守費用	部品消耗 品の有無
A	○	○	○	
B	○	○		○
C	○		○	
D	○	○		
E				○
F				○
G	○	○	○	
H	○			

## 2) コスト・維持管理性・装置の大きさ

表3に「コスト」と「維持管理性」と「装置の大きさ」ではどれが重要であるかヒアリングした結果を整理した。コストが最も重要で、次いで維持管理性が重要であるという回答が多かった。また、維持管理性を向上させるために設備のユニット化を進めるとコストが上昇するなど、コストと維持管理性のトレードオフの関係に対して気を遣っている状況が明らかとなった。大きさについては、給配水末端など設置スペースが限られるところでは重要になるのではという回答があったが、課題であると回答した企業はあまりなかった。

表3 重要な課題と考えるもの

	コスト	維持管理性	大きさ
A	重要課題	重要課題	重要課題
B	最重要課題	重要課題	少し重要
C	—	最重要課題	—
D	最重要課題	重要課題	—
E	重要課題	最重要課題	—
F	重要課題	重要課題	少し重要
G	最重要課題	—	—
H	最重要課題	—	—

— は言及なし

## 3) 水質データの利活用方法

水質データの利活用方法については、ビックデータ解析を実施することで配水傾向を予兆するシステムを持っている企業や、測定データから装置の状態を判断することに使えないかと考えている企業があった。その一方で、測定された水質データは事業体のものであるため、装置を導入しているからといって、企業単独で水質データを用いて解析するという事はなかった。

また、企業の研究をベースとしてデータをどのように分析するか、どのように利活用するかが事業体でもわかるよう HP にて公表している企業もあった。

水質データが公表され自由に使えるとした場合、運転制御の指標として利用する、運転支援のために利用する、水質異常の自動検知に利用するという回答があった。また、現状では人が水質データを確認したのち、手動で処理を変更している事業体が多いことから、研究が進むことさらに多くの装置を自動で処理を制御できるのではないかと意見もあった。

#### 4) 事業体からの要望

事業体から装置に関してくる要望は、安くして欲しい、メンテナンスを容易にして欲しいという既に明らかとなっている課題に加え、水質の測定下限値をもっと下げて欲しい、流入水の自動モニタリングとそのモニタリングデータを水処理に反映させるシステムを作って欲しい、装置のサブスクリプション化ができないか考えて欲しい、浄水処理困難物質の測定ができないかといったものがあった。一方で、事業体からの要望は特にないという回答が複数企業であった。

#### 5) 今後の展望

水道の基盤強化に向けて企業として考えていることとしては、蛍光波長を利用して油分・藻類・濁度などを測定し将来予測に利用する、水処理を最適化するために水質データを使う、専用水道や小規模水道に最適化した装置を考えている、ろ過水濁度を上昇させる水中の粒子を励起蛍光波長にて選択的に測定する技術の実装を目指している、データは予知保全に使うことで維持管理の効率化を図る、測定精度を保ちながら安価な装置を作る、情報のデジタル化を進める手助けをするなどが挙げられた。一方、現状としては具体的に考えている事はない、と回答した企業もあった。

その他、企業として事業体に対し、コロナ禍となったことにより直接話せる機会が減ったため、何かしらの形で議論する時間を設けたい、実証実験を一緒に行うためのフィールドがあれば提供して欲しいなどの要望も挙げられた。

#### (2) 事業体ヒアリング調査

##### 1) 特定の水質項目について

他の事業体では連続測定していない、もしくは、連続測定している事業体が少なかった水質として、ピコプランクトン、フッ素化合物、フェノール、酸化還元電位、3次元蛍光励起波長、カビ臭物質を対象とした。

ピコプランクトンについては、連続監視により、前々塩素や前塩素、後 PAC などで迅速に対応できるようになったことに加え、人への負荷が低減されたという回答があった。また、メンテナンスも特段難しいことを行っていないとのことだった。さらに、非生物粒子や生物粒子など様々なデータが取れることから、今後の研究開発にも利用できる可能性が示唆された。

フッ素化合物については、火山の噴火により高くなり、通常の処理では処理できないため連続測定していた。通常時は測定下限値未満のため値が 0 を示すが、年に数回は噴火の影響を受けるため取水停止している状況であった。

フェノールについては、水質基準の一つであり流入したら問題となるため連続測定しているとのことだった。現状では流入した実例がないことも明らかとなった。

酸化還元電位については、導入経緯が資料に残っておらず、何を目的として導入したのかは不明であったが、おそらくダム水源の水質変動をいち早く検知し、浄水処理を支障なく行うことを目的としていたと考えられるとのことだった。

3次元蛍光励起については、消毒副生成物発生量を推定できないかという研究段階であり、まだ実浄水場での運用はしていないとのことだった。

カビ臭物質については、連続測定により現在のような人による測定の手間を省けたとの回答があった。その一方で、装置のメンテナンス回数が多く必要となったとの回答も得られた。

## 2) その他一般的な水質項目について

その他の連続測定している水質の利用については、原水、処理工程水、給配水のそれぞれで様々な使われ方がされていることが明らかとなった。

原水での水質測定では、水温が4℃以下となることで凝集しにくくなるため攪拌強度を変えて対応する、高濁度発生時は凝集剤注入量を増価させたり取水量を減らしたりして対応する、大雨などでアルカリ度が低下したときはアルカリ剤を追加し対応する、植物プランクトンなどにより原水 pH が上昇した場合には酸剤を注入して pH を下げた後から処理を行う、電気伝導度やアンモニア態窒素の連続測定により粉末活性炭を注入して対応するか判断する、油分や油膜を検知した場合は粉末活性炭処理を行う、などに活用されていた。

処理工程水での水質測定では、水温によってフロックの出来が変わるので測定している、pH 調整がうまくできていないとろ過砂からマンガンが溶出し色度が上昇することがあるので測定している、紫外線吸光度を測定することで有機物がどのくらい処理できているか判断する、DO の低下は活性炭吸着池の生物活性に影響するので測定している、油事故やアンモニア態窒素が流入した場合は残留オゾン濃度を増やし全てオゾンと反応させて対応する、微粒子数を測定することによりろ過砂や活性炭の交換の判

断を行っている、などに活用されていた。

給配水での水質測定では、給配水時の水温によって残留塩素濃度の消費量が変わってくるということがわかっているので測定している、消火栓の操作や配管工事等で給水末端の濁度や色度が高くなることがあるので測定している、滞留時間が長いところでは pH が上昇することがあるので捨水の判断のために測定している、確実な残留塩素濃度確保のため連続測定している、などの回答が得られた。

## 3) 今後の期待

装置に関して今後期待することとしては、自動監視装置の導入によりどれだけ人の手間を減らすことができるかが重要、装置の導入維持管理コストが委託よりも安く抑えることができればよいと思う、装置によっては異常を検知してからの再度使用できるようにするまでのメンテナンスに手間がかかることが課題、自動監視装置と手分析との値の乖離が大きくなることがあるので精度を上げて欲しい、などの回答が得られた。

## D. 考察

### (1)自動監視装置の重要性について

企業ヒアリング及び事業体ヒアリングの回答結果を確認すると、残留塩素濃度や濁度といった水質項目は、浄水処理の指標として活用しているとの回答があり、これは、アンケート調査で運転管理の重要度大と回答があった項目と一致していた。また、多くの装置は、円滑に運用できており、部品交換頻度などは増えるものの、無人施設でも運用できている状況であることが明らかとなった。以上の結果から、自動監視装置は水質

管理において重要な役割を果たしているとともに、十分な実用性を有していることが分かった。そのため、原水水質の急変や職員減少といった課題を抱える水道業界においては、水質管理の高度化や省力化に向けて、積極的な自動監視装置の活用が望まれる。

ただし、原水系の装置ではメンテナンス性、給配水系の装置ではコストが課題としてあげられていた。また、かび臭やバイオセンサー等、特定の装置に関しても、メンテナンス性や精度に課題があった。そのため、自動監視装置の更なる普及を進めるには、装置自体のより一層の性能向上が求められる。

また、装置の性能向上のためには、企業だけでなく、装置を実際に運用している事業者の意見や、場合によっては共同研究も不可欠となると考えられるため、企業と事業者との間で今まで以上に意見交換の場が必要となるものと考えられた。

## (2)連続測定データの利活用

事業者では連続測定を実施しているが、そのデータを浄水処理に活用できていないとの回答も散見された。測定場所とのタイムラグが原因との回答もあったため、連続測定を効率的に実施するには、装置の設置場所も重要であると考えられた。

また、浄水処理の指標としている場合でも、人の判断によるとの回答が多くなっていった。そのため今後は、運転管理の効率化に向け、AI等による水質予測技術の開発等が望まれると考えられた。

一方で、企業においては、データを解析して機器の自動制御や配水量の予測等に使用したいと考えている会社もあった。しかし、水質データが得られず、なかなか技術開発が

進みにくい状況も明らかとなった。これは令和2年度に実施したアンケートで、大学や研究機関に対し水質データを提供できると回答のあった事業者が11事業者(11/32=34%)であったこともあり、企業へのデータ提供となるとさらにデータ提供しにくい状況と一致している。AI等による水質予測技術の開発等のためには、水道事業者の抱えるビックデータが必要不可欠となるため、行政データをオープンデータ化する流れが水道事業でも起これば、今後の発展につながるだろう。

表4 大学や研究機関に対し水質データの提供が可能かどうか (R2年度結果)

回答	事業者数
可能	11
要相談	11
不可	6
未回答	4

## (3)装置の小型化

事業者には給水末端で人の手による毎日検査を安価で小さな機器で代用したいとの意見もあった。企業では装置の小型化はそこまで重要視されていない状況であり、事業者と企業の間でのギャップがみられた。今後は、水道事業の現場での省力化に向け、安価な小型装置の技術開発が求められると考えられるが、更なるニーズ調査等も必要だろう。

## (4) 事業者と企業のギャップ

(1)~(3)までの考察をもとに、事業者と企業のギャップを表5にまとめた。自動監視装置の重要性については、事業者及び企業ともに一致していたが、データ活用・今後の

展望・装置で重要なこと、といった点ではギャップがみられた。

事業体と企業とでは他にも、事業や責任の対象が異なっている。事業の対象としては、事業体は基本的に水道事業に焦点を絞っているが、企業はより幅広い分野で事業展開している。また、責任の対象としては、事業体は給水対象となる市民に対して責任を持つが、企業は購入した事業体に対して責任を持つ。このような、事業や責任の対象といった違いが、事業体と企業とのギャップにつながったと考えられた。

表 5 事業体と企業とのギャップ

<p><b>データ活用</b></p> <p>【事業体】全てを活用できているとはい切れず、データ活用の余地を持っている</p> <p>【企業】データを活用してより良い製品やシステムを作りたい気持ちがあるが、使えるデータがない</p>
<p><b>今後の展望・期待</b></p> <p>【事業体】省コスト化、省メンテナンス化</p> <p>【企業】装置の更なる性能向上、測定データをもとにしたシステム開発、事業体との積極的な意見交換</p>
<p><b>装置で重要なこと</b></p> <p>【事業体】コスト、メンテナンス性、装置の大きさ</p> <p>【企業】コスト、メンテナンス性</p>

## E. 結論

自動監視装置を製造する企業 8 社に対しヒアリングを行うことで、企業から見た現状の水質管理や将来の展望を整理した。ま

た令和 2 年度にアンケート調査を行った 9 水道事業体に対し追加ヒアリングを実施し、自動監視装置の重要性の把握や得られた情報の活用方法及びその展望を整理した。

その結果、自動監視装置が浄水処理の指標等として水質管理において重要な役割を果たしているとともに、無人施設でも円滑な運用が可能である等、十分な実用性を有していることが明らかとなった。

また、企業はデータ活用を望んでいるがデータ入手が難しく、逆に事業体では膨大なデータ全て活用しきれていない現状が明らかとなった。このように、データ活用の考え方にギャップがあることが分かったため、今後は官と民での積極的な意見交換等が必要だと考えられた。

更には、今後の水道の基盤強化のため、水道事業体はデータの公開や産官学の共同研究への協力を進め、企業は装置のより一層の性能向上や水質予測技術の開発を進めることが重要となるだろう。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

1) Dai Simazaki, Takuya Marubayashi, Takahiro Yokoi, Akie Watanabe, Shigeyuki Nomoto, Manabu Ichikawa, Masahiko Kiyozuka, Questionnaire Survey on Installation of Online Water Quality Monitors and Data Utilization for Water Supply Systems in Japan, Journal of Water and Environment Technology, Vol.20, No.1: 21–27, 2022.

## 2. 学会発表

- 1) Dai Simazaki, Takuya Marubayashi, Takahiro Yokoi, Akie Watanabe, Shigeyuki Nomoto, Manabu Ichikawa, Masahiko Kiyozuka, Questionnaire Survey on Installation of Online Water Quality Monitors and Data Utilization for Water Supply Systems in Japan, Water and Environment Technology Conference (WET2021)-online 11 Aug 2021, Session 2A 2-b.
- 2) 横井 貴大, 丸林 拓也, 市川 学, 清塚 雅彦, 島崎 大, 自動水質監視装置の利活用

の実態と今後の可能性, 日本水道協会令和三年度全国会議(水道研究発表会) オンライン開催, 2022/2/1-2022/2/28.

## G. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む)

1. 特許取得  
(該当なし)
2. 実用新案登録  
(該当なし)
3. その他  
(該当なし)