

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）  
「水道における連続監視の最適化および浄水プロセスでの処理性能評価に関する研究」  
分担研究報告書

研究課題：連続自動水質計器の設置、活用状況に関する調査

研究代表者	小坂 浩司	国立保健医療科学院生活環境研究部水管理研究領域
研究分担者	浅見 真理	国立保健医療科学院生活環境研究部水管理研究領域
研究協力者	小池 友佳子	八戸圏域水道企業団
研究協力者	斎藤 健太	横浜市水道局
研究協力者	宮林 勇一	横須賀市上下水道局
研究協力者	佐藤 三郎	(公社) 日本水道協会

#### 研究要旨

全国約 330 の水道事業体を対象に、自動水質計器の設置、活用状況について調査を行った。急速ろ過方式の通常処理の浄水場の場合、原水での濁度計と pH 計、浄水での残留塩素計が特に設置率が高かった。活用状況については、原水での濁度計、原水および凝集沈殿水での pH 計、凝集沈殿水～浄水での残留塩素計が自動制御の割合が高かった。生物センサーは魚類監視装置を利用しているところが多く、このとき魚の種類として、メダカ・ヒメダカ、金魚を利用しているところが多かった。残留塩素計は、ほとんどがポーラログラフ方式であった。高感度濁度計は、微粒子カウント方式、レーザー散乱光方式、透過散乱型のいずれかを利用していることがほとんどであった。自動水質計器のうち、浄水処理を行う上で得られたデータの利用価値が高いこと、メンテナンスが容易である計器が、特に利用価値が高い計器として考えられていた。一方、メンテナンスが難しい、部品交換頻度が高い水質計器などが、利用において課題があると考えられていた。自動水質計器のデータの活用度を高める方法として、連続水質計器の設置箇所、維持管理、機能に関するもの、データの共有やトレンドグラフ化など測定データの利用に関するものがあつた。

#### A. 研究目的

原水の水質変動・水質異常を検知し、速やかに対応し安全な水道水の継続的な供給に対し、各プロセスで設置されている連続自動水質計器の果たす役割は非常に大きい。しかし、これまでのところどのような水質計器がどの地点に設置され、どのように活用されているかについて、その現状はほとんど整理されていない。また、その設置状況は、当然ながら処理方式によっても大きく異なると考えられる。

本研究では、全国の水道事業体を対象にアンケート調査を行い、連続自動水質計器の設置、活用状況について整理、解析を行った。このとき、処理方式別に集計した。

#### B. 研究方法

##### 1. アンケート調査

2015 年 8～10 月、4 つ（急速ろ過方式、消毒のみ、緩速ろ過方式、膜ろ過方式）の処理方式別に全国の水道事業体から調査対象を選定し、それぞれの水道事業体に対し、該当する処理方式の代表的な 1 浄水場について電子メールでアンケート調査を行った（代表浄水場は、水道事業体側が選定）。上記 4 つの処理方式には、高度浄水処理を行っている場合も含まれる。このとき、各処理方式の調査事業体数は、それぞれ 224、58、29 およ

び 20 であつた。1 水道事業体については、異なる 2 つの処理方式についてアンケートを行ったため、全調査事業体数は 331 であつた。

回答は、急速ろ過方式、消毒のみ、緩速ろ過方式、膜ろ過方式でそれぞれ 168、45、16、19 の浄水場について得た。ただし、水道事業体によっては複数の浄水場の回答を行ったところがあつたこと、依頼した処理方式と異なる処理方式の浄水場に対して回答された場合があつたことから、この数は回収率とは異なる。

##### 2. 質問内容

質問は、以下に示す 5 つの項目について行った（質問票は Excel ファイルで作成）。本研究では、質問 1 については、回答のあつた浄水場のうち、急速ろ過方式のうち、オゾン/粒状活性炭処理や粒状活性炭処理等の高度処理を設置していない通常処理の浄水場のみについて解析を行った（ただし、粉末活性炭処理の設置は通常処理に含めた）。質問 2～5 については、処理方式によらず回答のあつた全浄水場を対象に集計を行った。

###### (1) 質問 1

水道システムを、水道水源、浄水プロセス、給配水に分類し、設置箇所ごとに、以下の 5 点について選択式または自由記載で質問を行った。このうち、本研究では設置の有無、活用状況について

解析した。

- 連続自動水質計器の設置の有無
- 自己メンテナンスの状況
- 委託メンテナンスの状況
- 連続自動水質計器の活用状況
- 連続自動水質計器の項目を何らかの項目の代替指標としている場合、その代替とされている指標は何か

連続自動水質計器は、表1に示す23種の水質計器を挙げ、それ以外の水質計器を設置している場合には、追加で記載してもらった。このうち、生物センサー、残留塩素計、高感度濁度計、VOC計、かび臭センサーの5種については、設置している場合、その測定原理を自由記載で質問を行った。

連続自動水質計器の設置箇所のうち、浄水プロセスについては設置箇所をさらに細分化した（取水、原水、凝集沈殿水、急速ろ過水、浄水）。これ以外の浄水プロセスがあった場合は、追加で記載してもらった。ただし、原水や浄水に置き換えることができると考えられた場合は、回答結果を修正した（例えば、着水井を原水に、配水池を浄水に変換）。また、浄水場によっては、プロセスをより細分化している場合があったが、本研究では、その一部は統合して取り扱った（例：フロック形成池～凝集沈殿池の結果は、凝集沈殿水とみなした）。このため、統合して取り扱ったプロセスそれぞれに同一の連続計器を設置していた場合、実際よりも設置箇所数は少なく見積もっていることになる。統合等を行ったことで、急速ろ過方式の浄水場の設置箇所は、水源→取水→原水→凝集沈殿水→急速ろ過水→浄水→給配、に統一化された。

連続自動水質計器の設置の有無のみを対象としたため、同一箇所に測定原理の異なる同一種の水質計器が設置してあった場合、設置数は1とした（例えば、急速ろ過水に測定原理の異なる高感度濁度計が設置されていた場合）。また、給配水では、複数地点に同一の水質計器を設置している場合があったが、同様に設置数は1とした。

水質計器の活用状況は、自動制御、管理基準や指標、参考データからの選択とした。回答結果を統合して取り扱ったことで、ある設置箇所において、同一水質計器の複数の回答結果から、いずれかの回答を選択することになった場合、活用状況が自動制御、管理基準や指標、参考データの順に優先度を高くした。

## （2）質問2

設置している連続自動水質計器のうち、特に利用価値が高く、推奨できるものがある場合、その水質計器名と理由について、自由記載で質問を行

った。

## （3）質問3

設置している（設置していた）連続自動水質計器のうち、利用において課題があると考えられる場合、その水質計器名と理由について、自由記載で質問を行った。

## （4）質問4

このような機能を持った連続自動水質計器があると便利と思われるものがある場合、その水質計器名と理由について、自由記載で質問を行った。

## （5）質問5

連続自動水質計器のデータの活用度を高める方法について、意見等があれば自由記載で質問を行った。

## C. 研究結果およびD. 考察

### （1）質問1：水質計器の設置、活用状況

#### 1) 水質計器の設置、活用状況

表2に、各地点における水質計器の設置率を示す（対象浄水場数：148）。一部無回答であった場合もあったため、地点によって回答数が若干異なっている。連続水質計器として23種挙げていたが、5種類（溶存オゾン計、フェノール計、クロム計、トリハロメタン計、VOC計）は設置されておらず、追加で3種類（小型浄水処装置、連続臭気発生装置、蛍光強度計）挙げられていた（計：21種）。

各地点のうち、設置率が90%を上回ったのは原水での濁度計とpH計、浄水での残留塩素計であった。水源での設置率は低く、油分計、油膜計、シアン計、生物センサーなどの突発的な水質汚染事故の監視に用いられる計器の設置率も取水、原水の方が高い値であった。生物センサーについては、浄水でも設置されているところもあったが、原水、取水の方が設置率は高かった。

原水で設置率が高い連続自動水質計器の設置率を図1に、浄水での設置率が高い計器を図2に示す。図1において、6種類の水質計器は全て30%以上の設置率であった。特に、pH計と濁度計は、取水、凝集沈殿水、急速ろ過水、浄水、給配についても設置率が高かった。一方、浄水の場合、残留塩素計の設置率が高く、凝集沈殿水以降の全ての地点で設置率が60%を超えていた。これは、前塩素処理、中間塩素処理を行っている浄水場が多いことも関係していると考えられた。高感度濁度計の場合、凝集沈殿水まででは設置率は低かったが急速ろ過水で最も高く、70%を超えていた。これは、クリプトスポリジウム対策としてろ過水での濁度が0.1以下で管理しているためと考えられた。

表3に、設置箇所別の各連続自動水質計器のデータの活用状況を示す。自動制御に用いられてい

る割合が高いのは濁度計、pH 計、残留塩素計で、それぞれ主に原水、原水および凝集沈殿水、凝集沈殿水～浄水での自動制御の割合が高かった。また、生物センサー、残留塩素計、pH 計、アルカリ度計、電気伝導度計、水温計、色度計はいずれかの設置箇所において、管理基準や指標値が設定されている割合が高かった。ただし、水温計については、参考データとして利用する割合も高かった。

## 2) 設置している自動水質計器の原理

生物センサー、残留塩素計、高感度濁度計、かび臭センサーの4種について、原理等についてさらに調査を行った（急速ろ過方式の通常処理のみが対象）。

### ①生物センサー

生物センサーを設置していた約 80 浄水場のうち 88%が魚類監視装置を利用していた（図 3）。次に多かったのが硝化細菌による微生物膜方式であったが、その割合は 8%であった。魚類監視装置に用いられている魚の種類として、メダカ・ヒメダカ、金魚を利用しているところが多かった（図 4）。

### ②残留塩素計

残留塩素計を設置している 148 浄水場のうち、ほとんどがポーラログラフ方式の残留塩素計を利用していた（無回答 19 を除くとポーラログラフ方式以外は 1 箇所）。ポーラログラフ方式の残留塩素計の種類の内訳を図 5 に示す。無試薬の計器を利用している浄水場が多かった、地点によって使い分けている浄水場も約 30%あった。

### ③高感度濁度計

高感度濁度計は、ほとんどの浄水場が微粒子カウント方式、レーザー散乱光方式、透過散乱型のいずれかを利用していた（図 6）。その他としては、積分球式光電光度法、表面散乱光方式、側方散乱光方式が利用されていた。

### ④かび臭センサー

かび臭センサーを設置していた 6 浄水場全てで GC-MS 法の装置を利用していた。

## (2) 質問 2: 推奨する自動水質計器

設置している自動水質計器のうち、特に利用価値が高く推奨する機器について調査したところ、以下の 17 種類の計器について回答が得られた。浄水処理を行う上で得られたデータの利用価値が高いこと、メンテナンスが容易であることが理由として多く挙げられた。

pH 計 (5)、TOC 計 (1)、紫外線吸光度計 (4)、VOC

計 (1)、アルカリ度計 (4)、アンモニア計 (4)、生物センサー (2)、高感度濁度計 (11)、残留塩素計 (16)、かび臭センサー (1)、浄水処理モニター（小型浄水処理装置）(1)、濁度計 (9)、電気伝導度計 (3)、毒物監視装置 (1)、油分計 (7)、塩素要求量計 (2)、連続臭気発生装置 (2)  
(括弧内の数値は回答浄水場数)

### ①pH 計

- ・マニュアル校正ができる（指示値が入力可能）ものが便利。
- ・沈殿池入口に設置すると、凝集剤・凝集補助剤の注入が適正に行われているか確認できる。

### ②TOC 計

- ・降雨による水質急変時、濁度計より早く反応する。

### ③紫外線吸光度計

- ・トリハロメタン前駆物質除去のための粉末活性炭注入率を適切に管理できる。
- ・沈殿水を監視することで、供給点の残塩管理が安定的に行える。
- ・生物活性炭の状況を把握するために有効である。
- ・メンテナンスがほとんど不要である。

### ④VOC 計

- ・原水中の揮発性有機物質（ベンゼンなど 21 項目）を自動水質測定し、一定の値を超えると警報を発し、水質異常を早期に検知することができる。

### ⑤アルカリ度計

- ・凝集沈殿処理を行う場合は、苛性ソーダ等凝集補助剤の注入・停止の判断に必要。また、複数の水源やダムへの流入水の増加時など、水質の変化に早期に対応可能となる。
- ・凝集補助としての消石灰の注入量を調整できる。
- ・大きな故障も少なく、消耗部品の交換で、適正な数値を示してくれる。

### ⑥アンモニア計

- ・降雨による水質急変時、濁度計より早く反応する。
- ・アンモニア濃度の上昇を早期に検出できるため、薬注量の変更等浄水処理の対応が迅速にできる。

### ⑦魚類監視装置等の生物センサー

- ・目視確認が即座に可能となる。

### ⑧高感度濁度計

- ・微粒子カウント方式は、散乱光方式に比べ粒径ごとの微粒子個数の計測が可能のため、クリプトスポリジウム対策に有効である。
- ・濁度上昇時に数の多い粒子の大小で対応を変えることができる。
- ・微粒子数の監視により、ピコプランクトン等によるろ過漏出障害等の発生を把握しやすい。

・ろ過水濁度の管理には、レーザー光を使用した微粒子カウント方式が適している。

・膜浸漬槽の膜ろ過処理水を管理する上で、小さな膜破断についても検知する。

#### ⑨残留塩素計

・水質による制限があるが、無試薬型のものは、管理が楽で使いやすい。

・校正の操作が容易である

#### ⑩かび臭センサー

・取水時のジェオスミンや2-MIBの濃度を把握し、必要に応じて粉末活性炭を投入することができる。

#### ⑪浄水処理モニター（小型浄水処理装置）

・1 m<sup>3</sup>/日程度の凝集沈殿、ろ過機能を有する小型浄水処理装置（処理水の濁度を自動水質測定）である。薬注条件を実機に合わせて連続運転することで、浄水場の処理水質の変化を早期に把握することができる。

#### ⑫濁度計

・表流水の濁度変化に対し自動制御による凝集剤の適正注入が可能のため。

・表面散乱型は、検出部に検水が接触しないため汚れにくく、指示値のずれが発生しにくい。

#### ⑬電気伝導度計

・降雨による水質急変時、濁度計より早く反応する。

#### ⑭毒物監視装置

・取水口上流における毒物の投込みや危険物運搬車の事故による流出事故等に備えるため。

#### ⑮油分計

・濃度のほか、臭気にも反応するため。

#### ⑯塩素要求量計

・塩素注入率の変更など浄水場運転に速やかに反映させることができる。

・アンモニア成分等によって消費される塩素量を知ることができる。

#### ⑰連続臭気発生装置

・原水と浄水の過熱蒸気を連続的に発生させる装置である。いつでも迅速かつ容易に臭気確認を行うことができ、大変便利である。

### （3）質問3：利用における課題

これまでに設置した自動水質計器（現在は使用していないものを含む）のうち、利用において課題があると考えられるものについて調査したところ、以下の16種類の計器について回答が得られた。メンテナンスが難しい、部品交換頻度が高いなどの理由が多く挙げられている。また、安定した結果が得られず、運転管理の判断基準として利用できないという回答もあった。

pH計、TOC (DOC) 計、アルカリ度計、アンモニア計、色度計、塩素要求量計、かび臭センサー、高

感度濁度計、残留塩素計、シアン計、紫外線吸光度計、生物センサー、濁度計、他項目水質計、油分計、油膜計

#### ①pH計

・試料水が原水の場合、汚れ易いため清掃頻度が多く要する。

・計測値を出力することができないため、活用することができない。

・鉄やマンガンによる色の沈着があるため、消耗品の寿命が短く、また測定値が安定しにくい

・急激な水質の変化に対応できない場合がある。

・KCl 補給チューブ内に結晶が詰まることがある。

・電極の内部液 (KCl) 流出部に不具合を持つ場合があり、季節 (水温) によって測定精度や安定性が変動する (ジェル内蔵式に多かった)。

#### ②TOC (DOC) 計

・サンプル水の濁質分の除去性が課題、ろ過フィルターのメンテナンスが重要。

#### ③アルカリ度計

・原水での使用で汚れるため pH 計、測定水ノズル等の保守が煩雑になる。

・バッチ式のため、測定値のばらつきが大きい。

・有試薬型は試薬の追加が手間で、試薬チューブ配管の閉塞が起こることがある。

#### ④アンモニア計

・イオンクロマトグラフ法のため分離カラム等交換部品が多く、水温の変化により保持時間が変化すると不正確になる。

・センサー方式は1年程度でセンサー部の交換が必要になる。

・原水温度が変化するたびに設定温度を変更しなければならず手間が煩わしい。

#### ⑤色度計

・セルの窓ガラスが茶色く曇り、定期的な分解清掃を要する。

・測定方式の違いによって、大きな差がある。

#### ⑥塩素要求量計

・必要な測定値に対し、測定レンジが大きく精度が悪い。また、運用に手間がかかり、メーカー等への保守、修理の手配においてもが困難である。

・状況 (河川水質) によって実測との差の変動が大きく安定しない。

・原水を試料水とした場合、汚れによって測定値が安定せず、点検というより清掃に追われる。

・原水に設置されている塩素要求量計の配管が細く、詰まることがある。

#### ⑦かび臭センサー

・取扱いが難しく、メンテナンスできる者が限られる。

・メンテナンス周期が早く、費用も高額となる。

・測定時間が1時間と長く、計測不良があれば復旧に長時間測定不可となる。

・汚れの付着やリテンションタイムのズレ等による計測値の変動や高濁度の影響による配管類の目詰まり等の問題が発生する。

#### ⑧高感度濁度計

- ・レーザーの交換や精密校正を工場で作業するため、作業の際は代品の検出部を手配しなければならないため、代品の有無や工場の空きによって作業完了までに時間がかかる
- ・半導体レーザー前方散乱光干渉縞カウント方式の高感度濁度計は、アナログ出力が1点しかないため、遠方での監視を複数選択できない。
- ・10年前後で寿命を迎えるため維持費がかかる。
- ・レーザー式だとユーザーではメンテができないので業者まかせになる。
- ・色度に影響を受け、数値が高く出ることがある。

#### ⑨残留塩素計

- ・温度補償付きだと外気温の影響を受けやすい。外気の影響を受けにくいサンプル流路やセル形状の改良が必要と考えられる。
- ・回転電極式ポーラログラフ法の残塩計（無試薬）において、電極の変形、表面の荒れによる測定値変化がありメンテナンスを多く要する。
- ・高額なランニングコスト（消耗品が高額）
- ・クロラミンの影響で、有試薬ポーラログラフ法による遊離残留塩素の測定値に、DPD法による遊離残留塩素測定値との乖離が見られる。
- ・無試薬ポーラログラフ法は、電気伝導率の変動により測定値に影響あり、手分析値との合わせ込みが必要。
- ・スパン校正を、現場へ行き手動で行わなければならない、その省力化が課題。
- ・濁りがあると測定誤差が大きくなる。
- ・試薬チューブ配管の閉塞が起こることがある。
- ・原水での使用は汚れ等もあり、前塩素処理の効果を把握すべき沈殿処理水の測定精度が悪い（低濃度が検出されない）。

#### ⑩シアン計

- ・誤作動があると影響が大きい。感度にも限界があり有効性に疑問が残る。
- ・校正にシアンが必要となるため、標準物質の管理が必要となる。

#### ⑪紫外線吸光度計

- ・高濁度時（濁質による吸光度が大）に濁度補正機能が有効に機能せず、実測値との差が大きくなる。
- ・測定感度が低い為、高濃度の紫外線吸光度は測定できるが、水源河川や浄水処理工程水などの低濃度の紫外線吸光度は測定できない。

#### ⑫生物センサー

- ・アラームの誤報を防ぐために、魚体（タナゴ）の大きさ、数等を常に同状態に保つ必要がある。
- ・高濁時（200度以下で運用）に使用できない。
- ・メダカの個体死亡に関する水質異常の有無判

断に苦慮している。

- ・固定化微生物膜が短期間で使用不可能になる
- ・画像処理装置式の生物センサーが設置されているが、水質とは関係なくメダカが死滅するなど信頼性がなく運用が出来ていない。

#### ⑬濁度計

- ・試料水が原水の場合、汚れ易いため清掃頻度が多く要する。
- ・沈殿処理水測定用として、0～5度でスパン較正ができない。
- ・レンジが大きいものは、精度が低くなってしまう。
- ・測定槽内に気泡が発生すると高濁度として測定する。

#### ⑭多項目水質計

- ・多項目一体型の水質計器は、多機能が複合されていてコンパクトであるが、コンパクトである分管理には手間がかかり、部品代も割高。
- ・濁度・色度・残塩・pHの4項目の多項目水質計器を設置しているが、数ヶ月で指示値がずれることが多い。またメーカーによっては、電極などの計測部品の交換周期が早い。小型すぎるが故に内部が錯綜しており、直営での調整を行いづらい。
- ・コンパクトタイプの場合、試料水流路、測定セルとも小さく、流量も少量のため、気泡の影響を受けやすく、測定値の安定性に欠ける。また、セルまでの到達時間がかかり長くなるため、リアルタイムの水質監視に用いるには捨て水量を上げる必要がある。

#### ⑮油分計

- ・降雨等の水質変動時に応答する場合がある。
- ・一度でも油分を検知するとセンサー交換が必要。
- ・センサーが高価で寿命が短く、交換の手間が煩雑で難しい。
- ・高濁時（200度以下で運用）に使用できない。

#### ⑯油膜計

- ・機器の感度調整が難しく、油膜以外にも反応する場合がある。

#### （4）質問4：自動水質計器に関する要望

このような機能を持った連続水質計器があると便利と思われるものについて調査したところ、以下の回答が得られた。既存の装置に追加してほしい機能の他、現在は販売されていない計器について今後新たに開発されることを要望する内容もあった。

全ての計器にあると便利と思われる機能：3種類  
メンテナンスフリー、自動採水機能、簡易的な測定データの遠隔監視

あると便利と思われる計器（機能の追加を含

む) : 21 種類

pH 計、アルカリ度計、アンモニア計、残留塩素計、かび臭センサー、蛍光強度計、塩素酸測定装置、塩素消費有機物、活性炭要求量計、臭気センサー、凝集確認装置、クリプトスポリジウム等センサー、クロロミン計、鉄・マンガン計測機器、ピコプランクトン計、フローサイトメーター、味覚計、油分計、有害物質・薬物検知器、病原微生物等（細菌、ウイルス）検知器、原水水質分析装置（複数項目同時測定）

①メンテナンスフリーのもの

②自動採水機能を有するもの

③簡易的な測定データの遠隔監視

・追加導入した際、監視システムに組み込めない場合に、監視室に無線等で動作する表示器が設置出来るもの。

④pH 計

・試薬の補充頻度が少ないもの（最低でも 1 年程度）

⑤アルカリ度計

・無試薬のもの

⑥アンモニア計

・普段の河川水の濃度が 0.05 mg/L 以下であるため、低濃度（0.1 mg/L 未満）が精度よく測定できるもの。

・分析スパンの短いもの。分析方法上、1 時間スパンでの測定値表示の機器が多い様に思われる。

⑦残留塩素計

・管末水の水質自動測定装置は各メーカーから出されているが、設置場所の用地確保の問題や価格面から導入が難しい面がある。残塩測定用に特化し、収納盤が電気引込柱等に取り付けできるようコンパクト化され、かつ、安価なものが開発されれば、設置場所の制約が少なくなることから需要があると考えられる。

・無試薬であっても導電率変動を自動補正できるような計器。

・スパン校正を、遠隔・自動でできる計器。

・鉄・マンガン成分を多く含む水質測定器の測定槽に汚れの付着しにくい材質を使用したもの、

・結合残留塩素を無試薬で測定できるもの。

⑧かび臭センサー

・維持管理やメンテナンスが容易なもの。

・研究が進められている分子膜等を用いたセンサー。

・安価なもの。

⑨蛍光光度計

・溶存オゾン濃度と相関性のある蛍光強度を用いた注入制御を行うことで、1 年を通じて過不足のないオゾン注入を行うことが期待できるため。

・水源から配水に至るフミン物質や蛍光増白剤など、選択波長によって有機物の幅広い監視に活

用できると考えられる。TOC や紫外線吸光度より感度が高く、水質の変化を捉えやすいと考えられ、消毒副生成物の予測にも活用できる。

⑩塩素酸測定装置

・夏場は浄水で塩素酸の濃度が高くなるので、監視できれば便利。

⑪塩素消費有機物

・塩素要求量とその中に含まれる有機物量、消毒副生成物の予想量などが測定できれば運転方法の変更に活用できる。

⑫活性炭要求量計

・安全面を考慮して多めに注入する傾向にあるため。

⑬臭気センサー

・通常時の臭いのトレンドのようなものを持っておき、通常時との違いを把握できるようなセンサー。

・オペレータの臭気監視業務の負担軽減に繋がるため。

・現在、官能法により測定している臭気強度について、臭いセンサーの感度特性から自動・連続で行う機器が存在しないため、臭気強度計が存在すれば臭気強度に変わる指標として利用できるため。

・臭気の種類やその強度を機械的に判定する装置。人の嗅覚は個人差が大きく、種類の判定には経験も必要であるなど、一律に判定できるものがあると助かる。

・かび臭だけでなく藻臭や下水臭などの割合も判定できると活性炭注入量の決定にすぐに生かせる。

⑭凝集確認装置

・凝集剤の使用状況、凝集状況、pH が同時に確認でき、凝集の状況が確認できるため凝集剤の使用量が削減できる。

・凝集剤注入については、原水水質によるフィードフォワード制御を行っているが、凝集沈澱効果の水質計器による確認は、時間遅れの大きい沈澱水を試料水として行うこととなる。混和水等の時間遅れの小さい試料水にてフィードバック制御を行うことが可能となれば高濁度原水等の対応が効率的に行えるため。

・レーザーにて粒子をカウントする機器はあるが、測定原理上清浄な水しか測定できない。たとえば、凝集剤を注入し攪拌した後、どの程度の大きさがどの程度あるかによって、凝集状態を把握したい。

⑮クリプトスポリジウム等センサー

・クリプトスポリジウム等をより簡便に検知するセンサー。現状の検査は、手間と時間がかかるだけでなく、操作に練度を要する。

⑯クロロミン計

・カルキ臭対策（水道水中のカルキ臭低減のた

め)

⑰鉄・マンガン計測機器

・現状、マンガン等は除去用設備が無く、基準値を超えた際に早急に対策をとる必要があるため。

⑱ピコプランクトン計

・原水モニタリングに対応可能な自動ろ過機能を備えたもの。

・クリプトスポリジウム等対策指針のとおり、ろ過池処理水の濁度を0.1度で管理しているが、夏場においてはピコプランクトンの影響により0.1度での管理が難しい場面がある。ピコプランクトンによる濁度の影響を確認し、より適切な濁度管理が可能と考えられるため。

⑲フローサイトメーター

・原水のプランクトンが判定できるもの。凝集剤や運転方法などの変更に活用できる。

⑳味覚計

・他の測定機器の結果ではまったく異常がない(鉄が検出下限値など)水でも、飲んでみると甘い・苦い・溶剤のような味・鉄味など、明らかな異臭味を感じることもある。

㉑油分計

・高感度かつ長寿命の検出器を持つもの。油流出事故対策のため。

・原水中の油分量や油種が判別できるもの。

㉒有害物質、薬物検知器

・テロ等への備えがより一層重要となってきたため。

・ドローン等の普及による薬物テロ対策等、薬物検知は重要度を増すものと考えている。

㉓病原微生物等(細菌、ウイルス)検知器

・短期間で健康に被害を与える病原性微生物に関する連続自動水質計。

・テロ等への備えがより一層重要となってきたため。

㉔原水水質分析装置(複数項目同時測定)

・TOC やかび臭などいろいろな項目を一度に計測できるような機器。どの薬品をどれだけ注入すればよいのか目標にできるもの。

(5) 質問 5: 自動水質計器データの活用度向上に関する提案

自動水質計器のデータの活用度を高める方法について意見を求めたところ、17 浄水場から回答が得られた。連続水質計器の設置箇所、維持管理、機能に関するもの、データの共有やトレンドグラフ化など測定データの活用に関するものが挙げられた。主な内容は以下の通りであった。

①管路末端の監視への活用

・末端給水栓に設置し、残塩・圧力等の一定管理制御に活用する。

・管路の末端において、給水栓毎日検査の代替と

して活用できる。

②データから導出した薬品注入率計算式の利用

・pH 計やアルカリ度計などのデータをもとに、凝集剤の注入量を自動的に算出できるようになればよいと思う。

・式による薬品注入量の導出(例えば濁度△△ppm に対しては、式により PAC 注入量を計算し○ ○ mg)

③データのデータベース化

・市民からの問い合わせ等に対しても参考になり、迅速に対応できる。

・原水水質と浄水過程との水質相関をデータベース化することにより、浄水過程における各種不具合はもとより時期的な原水質の変遷、水質事故に至るまでの多様なケースに対応できる危機管理体制を構築できるものと期待している。

・自動水質計器で計測したデータを情報系端末等に保存し、職員が活用できることが望ましいと考える。

④外部とのデータ共有

・ダム管理所の管理している水源の水質計器の測定データを浄水場に自動転送している。

・同一の水系を水源とする浄水場や事業体間で多くの水質データをリアルタイムで共有できれば、より活用度は高まる。

⑤管理基準値の設定

・水安全計画における管理基準等を監視する手段として、水質計器を的確に位置付ける。

・水質計器の測定値に(管理基準に応じた)上下限警報を設定するとともに、逸脱時の対応方法を手順化する。

⑥データのトレンドグラフ化

・残留塩素のみならず、水温、pH、電気伝導度、色度、濁度、圧力などの連続監視とともに浄水場配水と管路の末端の各データをトレンドグラフにすることによって視覚化でき、より活用度が高まる。

・各水質計器のデータを CRT などでもトレンド表示することで、計器異常の早期発見をすることができる。

・データのトレンドグラフ化により水質変化の推移が把握しやすい。

・トレンドを見ることにより下記のことが確認できる。

濁度計: 降雨時に何時間後に濁水が到達するか、おおむね推定できる。

残留塩素計: 注入割合に対する、残留塩素の量が把握できる。

高感度濁度計: 逆洗後に完全に濁質が除去できたことを確認できる。

⑦自動水質計器の適切なメンテナンスの実施

・何れの機器においても運用にあたり、適切な維持管理を行い正確な計測が行われていることが

前提であることから、自動水質計器とは別途に定期的な水質監視を実施し、随時校正し利用することが必要。

⑧安価で簡便な水質計器の開発による導入率の向上

・河川表層水を原水とする浄水場において、かび臭物質濃度の上昇と油分の流入事故は大きな脅威であり、迅速な危機対応のためにも水質の連続測定は有効であると考えている。しかし、現在、広く採用されている計器類は維持管理の煩雑さやコスト高により容易に導入できるものではない。今後、センサー技術の進歩により比較的安価で簡便な水質計器が開発されることを希望する。

⑨通信機能を活用した管理方法

・アナログやステータス信号だけでなく、LAN 接続も可能で自己サーバー機能があり、wi-fi 通信や Bluetooth 通信機能でタブレットアプリと連携し、トレンド表示、メンテナンス履歴などが管理できると良いのではないかと。

⑩自動制御へ利用するための計器の異常値判断性の向上

・自動水質計器のデータ（生物センサー、濁度の警報）により浄水場の自動停止の制御を組み込んでいるが、瞬時的な異常数値の発生があるため現在運用していない。水質データを制御に反映させる場合は異常値の継続時間や複数の測定項目の結果を季節変動や水温の変化も考慮して取り込むシステムが必要。複数の水質データから現在の状況や今後の見通しを判断できる浄水場運転員の知識が必要。

⑪自動水質計器に関する情報の整理と解析

・各事業体における、浄水処理や水質管理上の課題や留意事項を整理し、連続監視の必要性の有無を評価する。

## E. 結論

本研究では、全国約 330 の水道事業体を対象に、自動水質計器の設置、活用状況について調査を行った。急速ろ過方式の通常処理の浄水場の場合（148）、23 種の水質計器が設置され、設置率は原水での濁度計と pH 計、浄水での残留塩素計が特に高かった。高感度濁度計の場合、急速ろ過水での設置率が高かったが、クリプトスポリジウム対策としてろ過水での濁度が 0.1 以下で管理しているためと考えられた。

活用状況については、原水での濁度計、活用状況については、原水での濁度計、原水および凝集沈殿水での pH 計、凝集沈殿水～浄水での残留塩

素計が自動制御の割合が高かった。

水質計器の原理について見ると、生物センサーは魚類監視装置を利用しているところが多く、このとき魚の種類として、メダカ・ヒメダカ、金魚を利用しているところが多かった。残留塩素計は、ほとんどがポーログラフ方式であった。高感度濁度計は、微粒子カウント方式、レーザー散乱光方式、透過散乱型のいずれかを利用しているところがほとんどであった。

設置している自動水質計器のうち、特に利用価値が高く推奨する計器として 17 種あった。その理由として、浄水処理を行う上で得られたデータの利用価値が高いこと、メンテナンスが容易であることが挙げられていた。一方、利用において課題があると考えられる自動水質計器として 16 種類が挙げられた。理由として多かったのは、メンテナンスが難しい、部品交換頻度が高いなどであった。

自動水質計器のデータの活用度を高める方法についての意見として、連続水質計器の設置箇所、維持管理、機能に関するもの、データの共有やトレンドグラフ化など測定データの利用に関するものが挙げられた。

本検討は、主として、平成 27 年度国立保健医療科学院水道工学研修特別研究において行われた。

## F. 健康危険情報

該当なし。

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

該当なし。

### 2. 学会発表

該当なし。

## H. 知的財産権の出願・登録状況（予定も含む。）

### 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。

表1 調査対象水質計器

No.	水質計器	No.	水質計器
1	生物センサー	13	塩素要求量計
2	残留塩素計	14	アルカリ度計
3	濁度計	15	電気伝導度計
4	高感度濁度計	16	水温計
5	pH計	17	シアン計
6	アンモニア計	18	トリハロメタン計
7	紫外線吸光度計	19	溶存酸素計
8	TOC計	20	溶存オゾン計
9	油分計	21	色度計
10	油膜計	22	クロム計
11	VOC計	23	フェノール計
12	かび臭センサー		その他

表2 各地点での連続自動水質計器の設置率

地点	項目	濁度計	pH計	電気伝導度計	水温計	アルカリ度計	生物センサー	油分計	油膜計	残留塩素計	高感度濁度計	色度計
水源 (n=148)	設置率(%)	7	5	4	3	0	2	2	1	0	0	0
	設置あり	11	7	6	5	0	3	3	1	0	0	0
	設置なし	137	141	142	143	148	145	145	147	148	148	148
取水 (n=147)	設置率(%)	48	38	27	22	9	18	16	10	0	0	1
	設置あり	70	56	40	33	13	27	23	15	0	0	1
	設置なし	77	91	107	114	134	120	124	132	147	147	146
原水 (n=148)	設置率(%)	90	91	39	59	46	34	1	1	2	1	4
	設置あり	133	134	57	87	68	51	2	2	3	1	6
	設置なし	15	14	91	61	80	97	146	146	145	147	142
凝集沈殿水 (n=148)	設置率(%)	78	71	4	9	12	3	0	0	66	3	4
	設置あり	116	105	6	13	18	5	0	0	97	4	6
	設置なし	32	43	142	135	130	143	148	148	51	144	142
急速ろ過水 (n=148)	設置率(%)	32	48	2	8	2	12	0	0	76	76	6
	設置あり	47	71	3	12	3	18	0	0	112	113	9
	設置なし	101	77	145	136	145	130	148	148	36	35	139
浄水 (n=148)	設置率(%)	40	75	8	20	12	8	0	0	94	31	18
	設置あり	59	111	12	30	18	12	0	0	139	46	27
	設置なし	89	37	136	118	130	136	148	148	9	102	121
給配 (n=142)	設置率(%)	40	20	9	14	0	1	0	0	75	5	35
	設置あり	59	30	13	21	0	1	0	0	111	7	52
	設置なし	83	112	129	121	142	141	142	142	31	135	90

地点	項目	塩素要求量計	アンモニア計	紫外線吸光度計	TOC計	かび臭センサー	シアン計	溶存酸素計	小型浄水処理装置	連続臭気発生装置	蛍光強度計
水源 (n=148)	設置率(%)	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
	設置あり	1	2	0	0	0	1	2	0	0	0
	設置なし	147	146	148	148	148	147	146	148	148	148
取水 (n=147)	設置率(%)	4	7	4	0	3	4	3	0	0	0
	設置あり	6	10	6	0	4	6	4	0	0	0
	設置なし	141	137	141	147	143	141	143	147	147	147
原水 (n=148)	設置率(%)	9	5	5	2	1	3	0	1	1	1
	設置あり	14	7	7	3	2	5	0	1	2	1
	設置なし	134	141	141	145	146	143	148	147	146	147
凝集沈殿水 (n=148)	設置率(%)	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	設置あり	2	0	1	2	0	0	0	0	0	0
	設置なし	146	148	147	146	148	148	148	148	148	148
急速ろ過水 (n=148)	設置率(%)	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0
	設置あり	0	0	6	2	0	0	0	0	0	0
	設置なし	148	148	142	146	148	148	148	148	148	148
浄水 (n=148)	設置率(%)	1	0	3	2	0	0	0	0	2	0
	設置あり	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0
	設置なし	147	148	145	146	147	148	148	148	146	148
給配 (n=142)	設置率(%)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	設置あり	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	設置なし	142	142	142	141	142	142	142	142	142	142

表3 各地点での連続自動水質計器の活用状況

活用方法	地点	生物センサー	残留塩素計	濁度計	高感度濁度計	pH計	アンモニア計	紫外線吸光度計	TOC計	油分計	油膜計	かび臭センサー	塩素要求量計	アルカリ度計	電気伝導度計	水温計	シアン計	溶存酸素計	色度計	小型浄水処理装置	連続臭気発生装置	蛍光強度計
自動制御	水源	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.68	0	0	0	0	0	0	0
	取水	2.72	0	4.08	0	1.36	0.68	0	0	2.04	0.68	0	0	1.36	0	0.68	0.68	0	0	0	0	0
	原水	0	0	32.4	0	15.5	0	0.68	0	0	0	0	3.38	8.11	1.35	4.05	0	0	0.68	0	0	0
	凝集沈殿水	0	19.6	5.41	0	11.5	0	0	0	0	0	0	0	2.7	0.68	0	0	0	0	0	0	0
	急速ろ過水	0	29.7	1.35	2.03	6.08	0	0.68	0	0	0	0	0	0	0	0.68	0	0	0	0	0	0
	浄水	0	27.7	3.38	1.35	6.76	0	0	0	0	0	0	0	0.68	0	1.35	0	0	0	0	0	0
	給配	0	4.93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
管理基準や指標値	水源	1.35	0	4.05	0	2.7	1.35	0	0	1.35	0.68	0	0	0	1.35	0.68	0.68	0.68	0	0	0	0
	取水	11.6	0	33.3	0	25.2	4.08	2.72	0	8.84	7.48	2.72	2.04	3.4	15	8.84	3.4	0	0.68	0	0	0
	原水	18.9	1.35	50.7	0.68	60.1	2.7	1.35	0	1.35	1.35	1.35	4.05	27.7	20.9	18.2	2.03	0	3.38	0	0	0
	凝集沈殿水	2.03	36.5	68.2	1.35	51.4	0	0.68	0.68	0	0	0	0	8.11	2.7	2.7	0	0	3.38	0	0	0
	急速ろ過水	5.41	41.2	28.4	71.6	35.8	0	1.35	0.68	0	0	0	0	2.03	2.03	1.35	0	0	5.41	0	0	0
	浄水	5.41	64.2	33.1	28.4	62.8	0	1.35	0.68	0	0	0	0	6.08	3.38	5.41	0	0	16.9	0	0	0
	給配	0.7	70.4	39.4	4.93	19.7	0	0	0.7	0	0	0	0	0	4.93	5.63	0	0	34.5	0	0	0
参考データ	水源	0.68	0	3.38	0	2.03	0	0	0	0.68	0	0	0.68	0	2.03	2.7	0	0.68	0	0	0	0
	取水	3.4	0	10.2	0	11.6	2.04	1.36	0	4.76	2.04	0	2.04	4.08	12.2	12.9	0	2.72	0	0	0	0
	原水	14.9	0.68	6.08	0	14.2	2.03	2.7	2.03	0	0	0	2.03	9.46	15.5	35.1	1.35	0	0	0.68	1.35	0.68
	凝集沈殿水	1.35	6.08	4.05	1.35	7.43	0	0	0.68	0	0	0	1.35	1.35	0.68	5.41	0	0	0.68	0	0	0
	急速ろ過水	6.76	2.7	1.35	2.03	6.08	0	2.03	0.68	0	0	0	0	0	0	6.08	0	0	0.68	0	0	0
	浄水	2.7	2.03	2.7	1.35	4.73	0	0.68	0.68	0	0	0	0.68	5.41	4.73	12.8	0	0	1.35	0	1.35	0
	給配	0	2.82	2.11	0	1.41	0	0	0	0	0	0	0	0	4.23	9.15	0	0	2.11	0	0	0

数値は割合 (%)

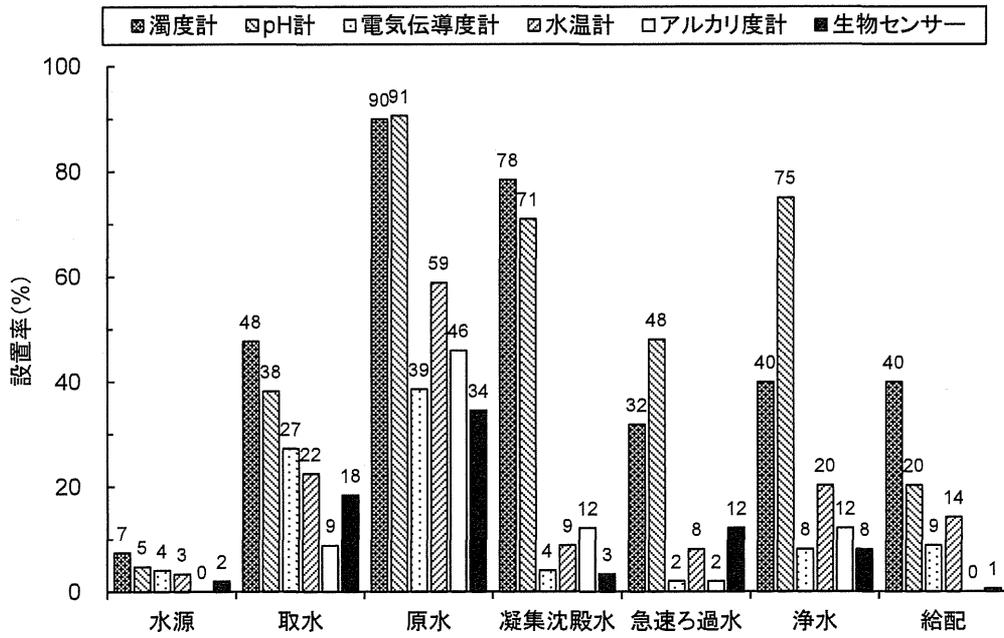


図1 原水で設置率が高かった連続自動水質計器

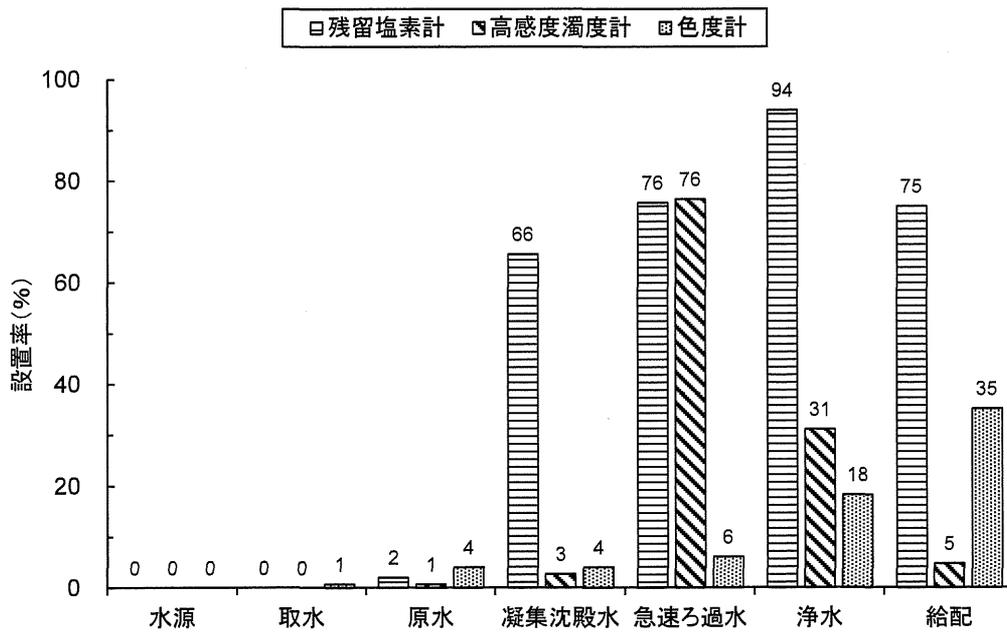


図2 浄水で設置率が高かった連続自動水質計器

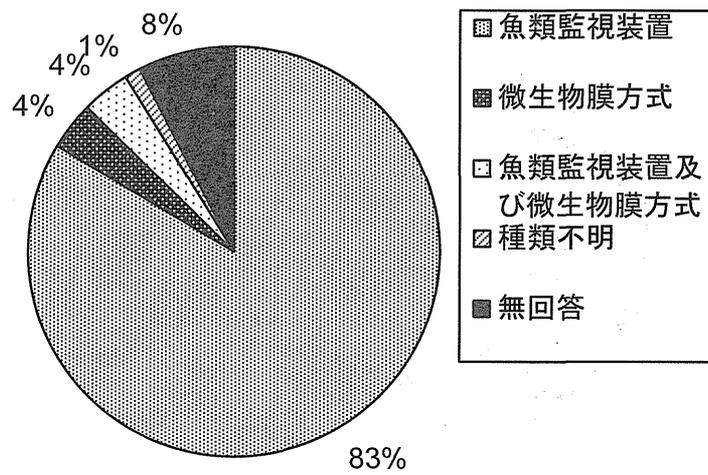


図3 生物センサーの種類

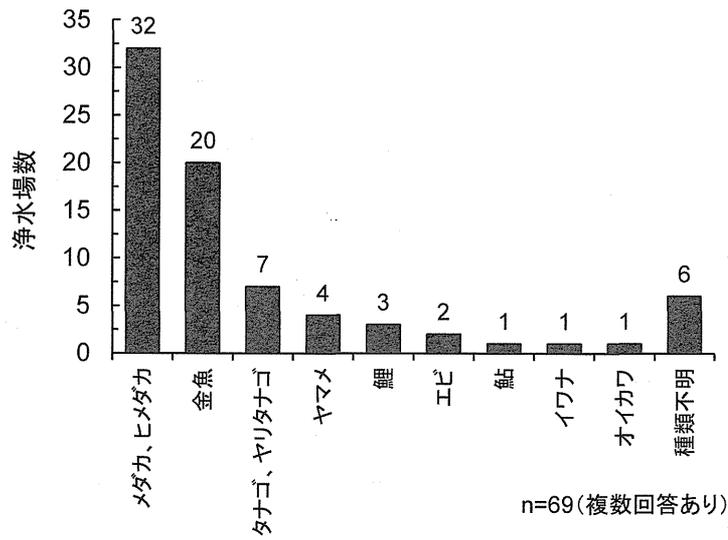


図4 魚類監視装置に用いる魚種

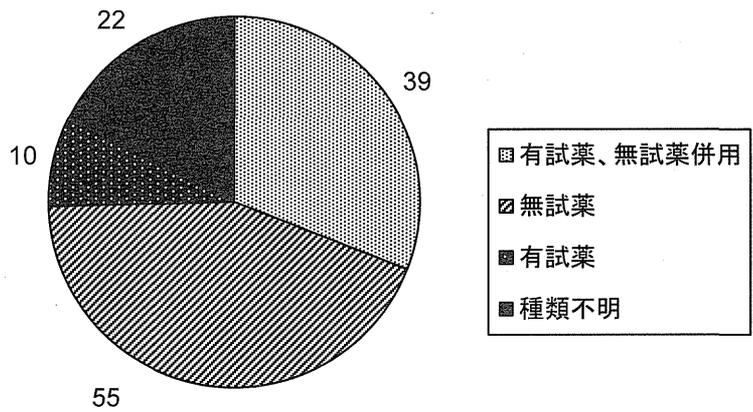


図5 ポーラログラフ方式残留塩素計の種類

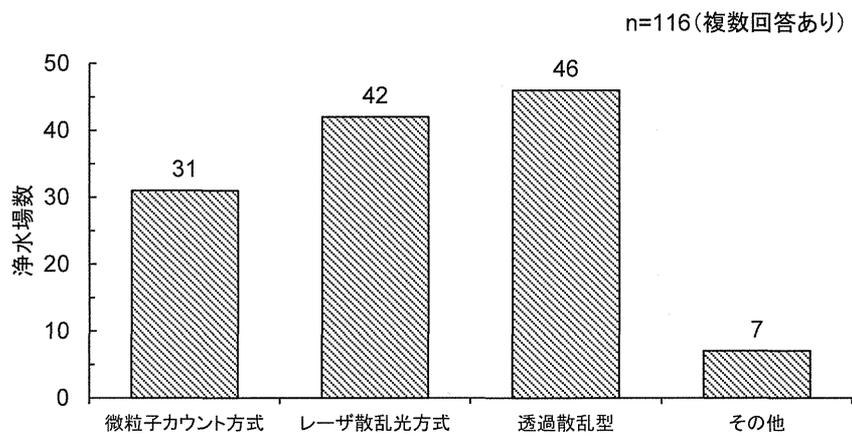


図6 監視に用いる高感度濁度計の種類

連続自動水質計器のデータによる水質変動の比較解析

研究分担者	浅見	真理
研究代表者	小坂	浩司
研究協力者	斎藤	健太
研究協力者	小池	友佳子
研究協力者	宮林	勇一

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）  
「水道における連続監視の最適化および浄水プロセスでの処理性能評価に関する研究」  
分担研究報告書

研究課題：連続自動水質計器のデータによる水質変動の比較解析

研究代表者	小坂 浩司	国立保健医療科学院生活環境研究部水管理研究領域
研究分担者	浅見 真理	国立保健医療科学院生活環境研究部水管理研究領域
研究協力者	斎藤 健太	横浜市水道局
	小池 友佳子	八戸圏域水道企業団
	宮林 勇一	横須賀市上下水道局

#### 研究要旨

本研究では、水道水源での監視体制の最適化、連続自動水質計器等を活用した浄水プロセスでの処理性能評価手法、水質変動・異常への対応手法の構築を目指している。18箇所の水道事業体の連続監視データのうち、設置箇所数が多い原水濁度・pH・電気伝導度の連続データについて、連続自動水質計器のデータによる水質変動の比較解析を行った。その変動の特性を把握するため、濁度については「ピーク数」「第3四分位—中央値」、pHについては「1日変動の中央値」「1日変動の四分位範囲」「1日最小値の四分位範囲」、電気伝導度については「中央値」「相対四分位偏差」「1日最小値の四分位範囲」を算出した。

その結果について主成分分析を行い、最終的に6項目についてレーダーチャートを作成した。これにより、各事業体の原水濁度・pH・電気伝導度の変動特性を把握することができ、限定的ではあるが原水安定度を表現する一種の指標を作成することができた。

原水濁度のピーク数は降雨等の影響によるとみられ、平均値と標準偏差は必ずしも相関関係は無く、変動は流域の特性などに関連すると考えられた。原水 pH は、特に生物の同化作用を受けやすい場合の変動が顕著に見られ、藻類の光合成等の影響の受けやすさにより左右されるものと考えられた。電気伝導度については、原因は必ずしも明らかではないが、上流の温泉地の排水の流入や水源の切り替えなど人為的な要因により変動していることが想定された。

これらの項目は多くの事業体で入手可能な連続データであり、これらの変動の解析が原水の水質全体の変動の代表となる可能性が考えられた。

#### A. 研究目的

本研究では、水道水源での監視体制の最適化、連続自動水質計器等を活用した浄水プロセスでの処理性能評価手法、水質変動・異常への対応手法の構築を目指している。自動水質計器の解析を行い、多項目の変動の特性把握手法等について検討した。

#### B. 研究方法

表流水を水源とする複数の浄水場における濁度やpH、電気伝導度等の過去の自動水質計器の1時間ごとのデータを入手し、Excel（表計算・解析ソフト、Microsoft社製）やOrigin（作図・解析ソフト、OriginLab社製）を用いたグラフ作図、相関の関係、主成分分析等の解析を行った。

##### ・連続監視データ調査概要

###### ア 調査対象等

- i 対象数 18事業体
- ii 条件 河川表流水を水源とする浄水場

iii 頻度 1時間毎

###### イ 対象期間

平成26年4月1日1:00から  
平成27年3月31日24:00。

#### C. 研究結果およびD. 考察

##### 1. 水質項目の選定について（原水）

表1において、全国18浄水場における原水等における連続自動水質検査機器の設置状況の把握を行った。特に原水において、設置数の多い項目は、濁度、pH、電気伝導度であり、それらの変動に関する解析を行った。

調査方法については、他項で詳しく触れられているが、各項目は概ね以下のような指標である。なお、今回の計測においては1時間毎の値を用い、前後のデータと著しく異なる場合は異常値として解析から除外を行った。

###### ア 濁度計

水中の濁度を計測する機器で、凝集剤注入量の決定やろ過池の性能確保のため、ほとんどの浄水

場で常時監視を行う装置が備え付けられている。濁度計の測定方式には、透過散乱法、散乱光測定法、積分球式光電光度法などがある。

### イ pH計

pH計の測定方式には、ガラス電極法、比色法、アンチモン電極法、キンヒドロン電極法などがあるが、JIS Z 8802にてpH測定方法としてガラス電極法について規定されている。

### ウ 電気伝導率計

電気伝導率系は、水の電気伝導率を測定する計器で、浄水場や配水施設の水質管理の指標として使用することがある。なお、電気伝導率は水温により差異を生じる。

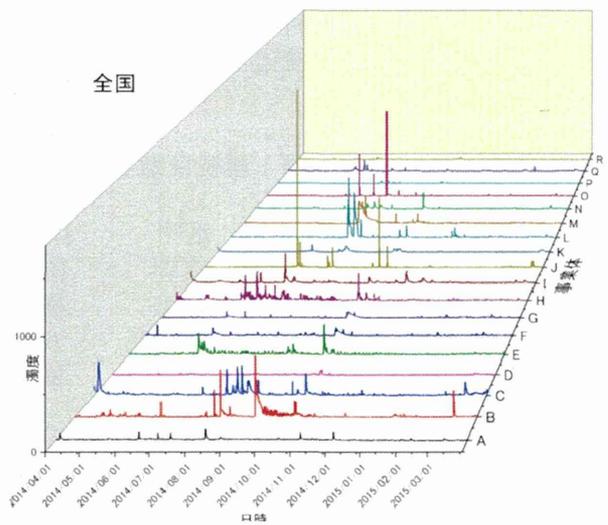


図1 濁度時系列データ（全国）

濁度時系列データの基本統計量としては、平均値についてはC事業体やH事業体が比較的高く、最大値についてはJ事業体が最も高い。また、平均値及び最大値が最も低く安定していたのはP事業体であった。

## 2.2 pH

図2に、全国及び地方区分別のpHの時系列データを示す。事業体によってその挙動は様々であるが、A事業体やH事業体、Q事業体は短い周期の変動幅が大きく、逆にN事業体やP事業体の変動幅は小さく安定しているように見える。また、季節変動的な動きについても、夏場に下降し冬場に上昇するD事業体や、数カ月ごとに上昇する傾向が見られるC事業体など、水源によって大きく異なっていることが分かる。

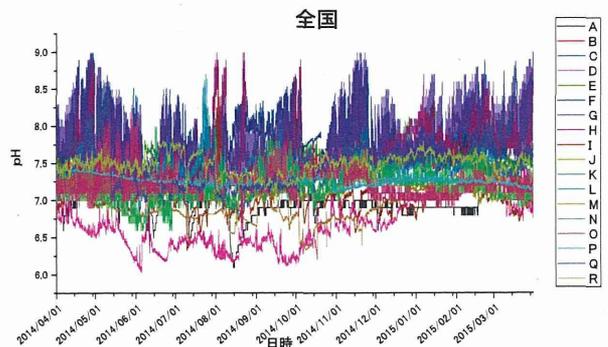


図2 pH時系列データ（全国）

pH時系列データの基本統計量をみると、平均値については、E事業体・H事業体・G事業体・F事業体などが比較的高く、最大値についてはG事業

表1 事業体別項目一覧

種類	項目	事業体別項目																		合計
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
原水	濁度	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	18
	pH	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	18
	電気伝導率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	16
	アルカリ度					○		○		○										7
	水温		○			○	○	○	○						○					12
	UV	○																		2
	アンモニア	○					○		○											3
塩素要求量					○		○												2	
工場水	濁度		○						○					○		○				5
	残留塩素													○					○	2
	pH									○						○				3
	色度	○																		1
工場水	濁度	○		○	○	○	○	○	○			○		○		○	○	○	○	14
	残留塩素	○		○	○	○	○	○	○			○		○		○	○	○	○	13
	pH	○			○	○	○	○	○			○		○		○	○	○	○	8
	色度				○				○											2
	粒子数								○											2
浄水	pH		○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	12
	残留塩素		○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	13
	濁度					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	9
	アルカリ度					○														1
	トリハロメタン					○			○											2
	水温					○	○	○	○					○						5
	色度								○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	6
	電気伝導率								○											2
その他								○	○			○							5	

## 2. 各連続データの挙動（原水）

### 2.1 濁度

図1に、全国及び地方区分別の濁度の時系列データを示す。全国的な傾向として、集中豪雨や台風が発生しやすい6月から10月にかけて濁度が上昇していることがわかる。J事業体においては、7月の台風により、濁度が2,000度近くまで上昇した。

体・F事業体が最も高い。また、平均値及び最大値が最も低いのはA事業体であった。

### 2.3 電気伝導度

図3に、全国及び地方区分別の電気伝導度の時系列データを示す。短い周期の変動幅を見ると、ほとんどの事業体は小さく収まっていることが分かるが、B事業体及びR事業体については変動幅が大きく、特にB事業体についてはダム放流に伴う流量変動の影響を受け、非常に短い周期の中で大きく変動していることが分かる。また、D事業体やP事業体については、全事業体の中でも比較的低い位置で安定して推移していることが分かる。

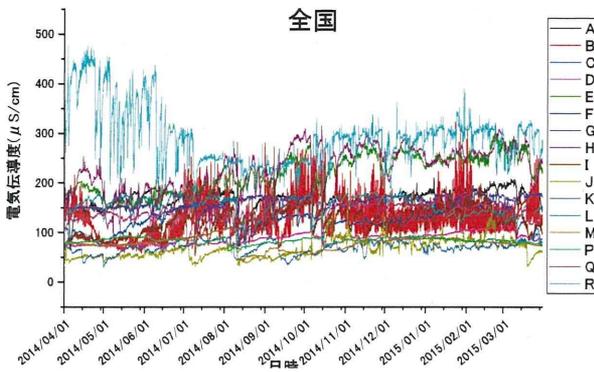


図3 電気伝導度時系列データ(全国)

電気伝導度時系列データの基本統計量においては、平均値では、R事業体・E事業体・H事業体などが比較的高く、J事業体・K事業体などが低いことがわかった。最大値についてはR事業体が最も高く、P事業体が最も低いことがわかった。

## 3. 原水安定度に関する解析

### 3.1 濁度

原水濁度は一般的に地下水で低く、表流水では流域の濁質の影響を受ける。特に降雨の場合は局所的な豪雨や土砂崩れ、土木工事などにより急激な濁度の上昇が見られる場合がある。一方、ピークを過ぎた場合の現象は、上昇に比べると緩やかである。

連続自動水質機器の原水濁度に関しては、絶対値は先に述べたとおりであったが、平均濁度と標準偏差の関係を見たところ、必ずしも比例関係に無く、濁度の絶対値が高いところで変動が起こりやすいかどうかは必ずしも明確とは言えなかった。(図4)

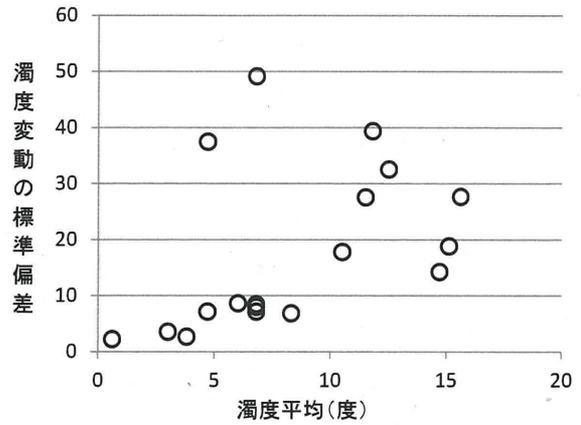


図4 濁度平均と標準偏差の関係

#### ・ピーク数

そこで、高濁度の頻度を確認するため、Originのピークアナライザ機能を使用し、以下の条件により濁度50度以上のピーク数を抽出した。ピークアナライザ検索条件は以下の通りである。結果を図5に示す。

#### i 基線モード

項目	設定
定数	Y=50

#### ii ピーク検索

項目	設定
方向	正
手法	ウインドウサーチ
サイズオプション	素データのパーセント
高さ	10
幅	1

#### iii ピークフィット

項目	設定
フィルタリング手法	高さに基づく
しきい値高さ (%)	1

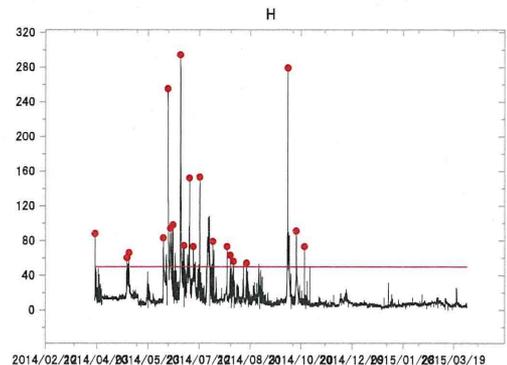


図5 濁度ピーク検索結果例

ピーク数が最も多かったのがH事業体で20回、次いでC事業体が13回となった。P事業体及びR事業体は濁度の最大値が50度を超えなかったため、ピーク数は0回となっている。このピーク数

は、その年の降雨強度や降雨範囲に依存するものと推察される。

・第3四分位—中央値

濁度分布のヒストグラム及びボックスチャートを図6、図7に示す。濁度分布のばらつきを算出するにあたり、極端値及び定量下限値の設定による隔たりの影響を除くため、「第3四分位—中央値」にて評価した。「第3四分位—中央値」は、第3四分位と中央値の差であり、標準偏差に近い考え方であるが、濁度のように急激に変化する項目の場合の極値的な値の変動の影響を受けにくい指標と考えられた。絶対値のC事業体が最も大きく7.0、P事業体が最も小さく0.2となった。降雨の特性、河川の特性（流域面積や河床材料等）に依存するものと推定される。

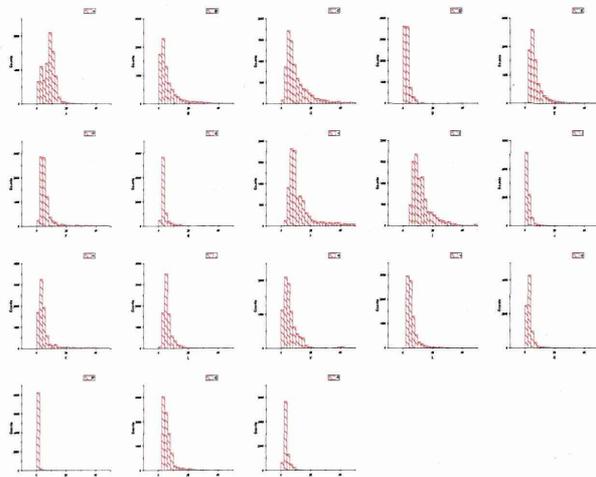


図6 濁度分布（ヒストグラム）

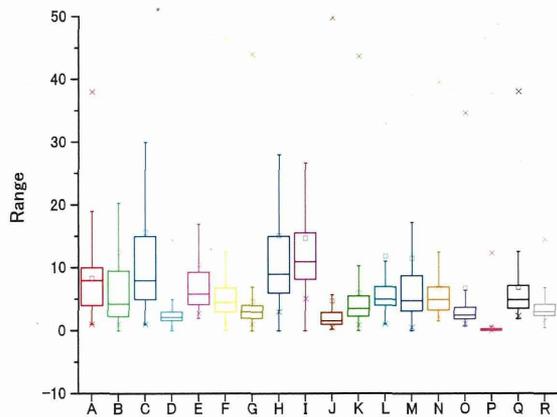


図7 濁度分布（ボックスチャート）

3.2 pH

pHは、地下水の場合は地質的な影響が大きく、表流水の場合は、地域的な特性に加えて、藻類の増殖や光合成等による酸素濃度の増加によるpH上昇等の影響を受ける。図8に全国18箇所のpH

の一日の最小値の値の変動を見てみると、年間を通じてあまり変化が大きいことが分かる。

(図8)表流水では一般的に、これらの最小値から昼間の日光の影響で藻類による炭酸同化作用等によりpHが上昇し、夜間には減少する現象が繰り返されていることが多いと考えられた。

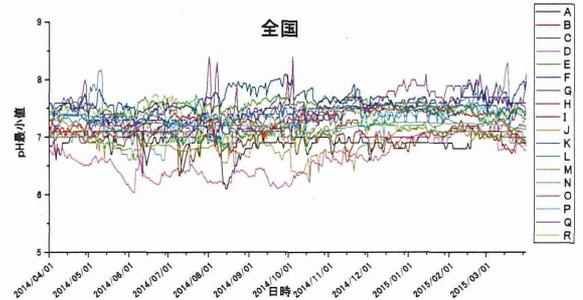


図8 pH一日最小値の時系列データ（全国）

・一日変動値の中央値、四分位範囲

本研究では、短い周期の変動値を求めるため、一日毎の変動幅（その日の最大値—最小値）を算出し中央値及び四分位範囲にて評価することとした。ボックスチャートを図9に示す。中央値についてはG事業体が最も大きく0.80、次いでF事業体が0.43となった。四分位範囲についてもG事業体が最も大きく0.40、次いでF事業体が0.47となった。これらは、藻類による炭酸同化作用を受けやすい取水地点（河川流速・河床深さ等）であると推測される。中央値及び四分位範囲が低いのはM事業体やP事業体であり、P事業体については水源として表流水と伏流水をブレンドした水を取水しているため、大きな変動がなく安定していることが分かった。

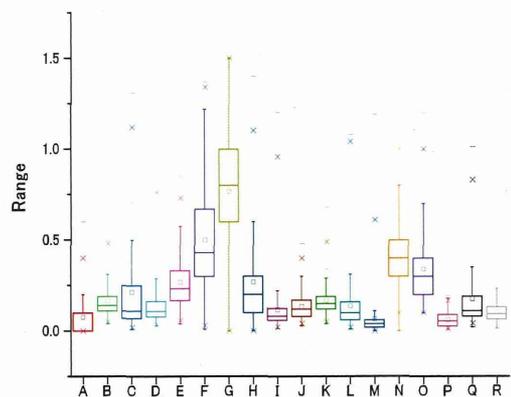


図9 pH変動値の分布（ボックスチャート）

・一日最小値の四分位範囲

季節変動的な変動幅を求めるため、代表値として一日毎の最小値を算出し四分位範囲にて評価した。一日最小値の分布のボックスチャートを図10に示す。

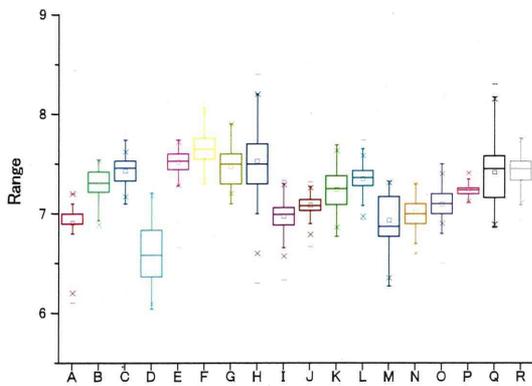


図10 pH一日最小値の分布（ボックスチャート）

全体的に中央値は 6.5～7.5 の間に入っているが、D 事業体・M 事業体などで絶対値が低めであり、D 事業体・Q 事業体・H 事業体・M 事業体などが季節的な変動が大きいことが分かった。

### 3.3 電気伝導度

電気伝導度（電気伝導率、電導度）は、水中の電解質の濃度に比例し、比較的測定しやすく、一般的には人的な汚染や海水の浸入などの影響を示す塩化物イオン濃度に比例し、また計測も簡便で急激な変動を検知しやすいため、簡便な指標としてよく用いられている。特に地質的に高い箇所が含まれる場合には絶対値での比較の意義について考慮する必要がある。

#### ・中央値、相対四分位偏差

通常時の電気伝導度の特性を求めるため、中央値及び相対四分位偏差=四分位偏差/中央値を算出した。分布のボックスチャートを図11に示す。中央値については、E 事業体・H 事業体・R 事業体などが高く、R 事業体については複数の水源から取水しており、そのうち一つの水源地の土壌が炭酸カルシウムを多く含んでおり、水源を切替えることによって変動が大きく出ているものと推定される。相対四分位偏差については、J 事業体・B 事業体などが高く、P 事業体・G 事業体などが低い。

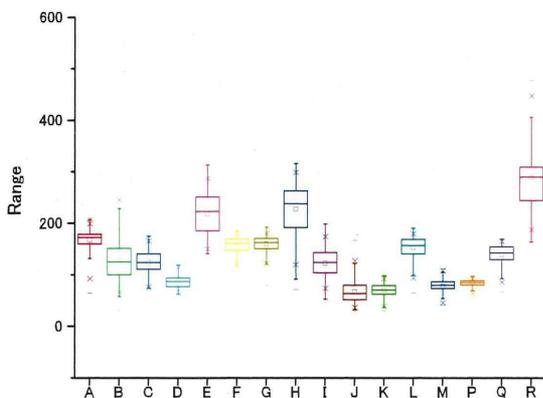


図11 電気伝導度の分布（ボックスチャート）

#### ・一日変動値の四分位範囲

短い周期の変動値を求めるため、一日毎の変動幅（その日の最大値－最小値）を算出し四分位範囲にて評価した。分布のヒストグラム及びボックスチャートを図12に示す。B 事業体が最も高く、次いでR 事業体となった。その他の事業体についてはほぼ一桁となっており、B 事業体とR 事業体の特異性が際立つ結果となった。B 事業体についてはダムの放流頻度による影響、R 事業体については複数の水源を切替えて運用していることによる影響と推定される。

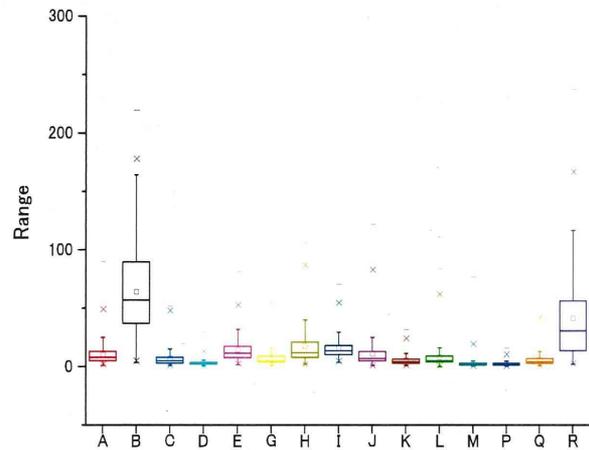


図12 電気伝導度の一変動分布（ボックスチャート）

### 3.4 主成分分析

3.1～3.3にて算出した8つのパラメータを、表2に示す。

表2 解析結果まとめ

事業体	濁度		pH			電気伝導度		
	ピーク数	第3四分位中央値	1日変動の中央値	1日変動の四分位範囲	1日最小値の四分位範囲	中央値	相対四分位偏差	1日変動の四分位範囲
A	7	2.0	0.10	0.10	0.10	173.0	0.05	8.0
B	8	5.2	0.14	0.08	0.20	125.3	0.20	52.5
G	13	7.0	0.11	0.18	0.20	124.0	0.12	5.0
D	2	0.9	0.11	0.08	0.47	87.6	0.10	1.5
E	7	3.4	0.23	0.17	0.16	223.2	0.15	9.6
F	4	2.3	0.43	0.37	0.21	161.0	0.07	
G	4	1.0	0.80	0.40	0.30	163.0	0.06	5.0
H	20	6.0	0.20	0.20	0.40	238.0	0.15	13.0
I	5	4.6	0.08	0.07	0.17	124.0	0.16	7.8
J	5	1.3	0.12	0.09	0.11	64.0	0.22	8.0
K	2	2.0	0.15	0.07	0.29	70.9	0.12	3.5
L	7	2.0	0.10	0.10	0.15	157.0	0.09	5.0
M	6	4.0	0.04	0.04	0.40	79.7	0.09	1.5
N	4	2.0	0.40	0.20	0.20			
O	3	1.2	0.30	0.20	0.20			
P	0	0.2	0.06	0.06	0.06	84.7	0.05	1.4
Q	5	2.2	0.11	0.11	0.42	143.0	0.09	4.0
R	0	1.2	0.09	0.07	0.19	290.3	0.11	42.5

これら8つの項目について、総合的な原水安定度を評価するに当たり、表2のデータを用いて主成分分析を行った。表3に主成分分析成分の固有値と寄与率を、図13にパイプロット図を示す。累積寄与率は3項目で74.18%に達した。パイプ