

入されイオン化電流として検出される。ガス中に水分を含むとイオン化される効率が減少するため除湿器の性能が重要となる。

③処理演算部

システム全体の制御を行う。PID 検出器からの信号は、濃度信号に変換される。

(6) 藻類濃度を計測する装置（蛍光分光法を利用する方法）²⁶⁾

1) 測定原理

緑藻類は励起波長 435nm により発生するクロロフィル a (Chl-a) の 678nm の蛍光を、藍藻類は励起波長 600nm により発生するフィコシアニン (Phy) の 642nm の蛍光を検出することにより、それぞれの藻類濃度を算出する。

2) 装置構成

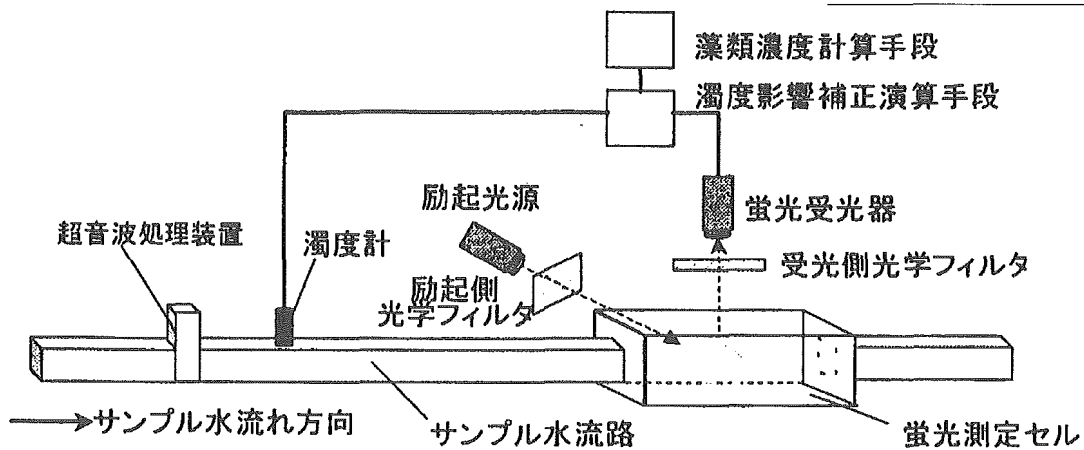


図 5 - 2 2 藻類濃度測定装置の概要²⁶⁾

装置概要を図 5 - 2 2 に示す。本方法では、藍藻類とそれ以外の藻類（緑藻、珪藻）とを分離して濃度測定が可能であるが、正確な測定には藻類の濁質の影響と、藍藻類の凝集による対策技術が必要である。

濁度の影響はサンプル濁度の測定による補正を行い、凝集した藍藻類は超音波処理に均質化することにより、正確な定量が可能となることが確認された。

実環境のサンプルについても蛍光強度から藻類濃度の測定が可能となり、実用化の見通しが得られているが、確実な前処理技術の検討が試みられている。

(7) トリハロメタン、トリハロメタン生成能（蛍光発光法を利用する方法）^{27)・28)}

1) 測定原理

トリハロメタンとニコチン酸アミドは、強アルカリ下で反応して励起光により蛍光を発色する。ppb レベルでの検出感度を得られる。トリハロメタンを含んだ試料水は、分離部でガス透過膜を介してトリハロメタンだけが気相部に抽

出される。気相部にガスとして濃縮されたトリハロメタンはガス透過性膜を介して、分離部に導入されたキャリア液（ニコチン酸アミドとアルカリ液混合）に溶解される。反応部では、トリハロメタンとニコチン酸アミドの反応により蛍光体が生成する。蛍光検出部で 368nm の励起光によって発生する 468nm の蛍光を検出し、トリハロメタン濃度に変換する。

2) 装置構成

装置概要を図 5-23 に示す。

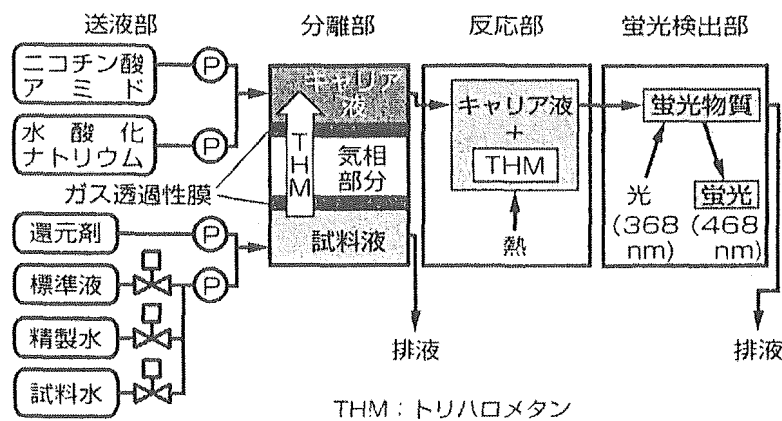


図 5-23 トリハロメタン計の装置概要²⁸⁾

3) 運用（トリハロメタン低減化対策）

トリハロメタン計とデータステーション、トリハロメタン増加予測シュミレーションパッケージから構成される監視システムを組むことにより下記の対策が可能となる。

①原水と凝集沈殿水のトリハロメタン生成能を連続監視することで、凝集沈殿によるトリハロメタン生成能除去率が明確となる。凝集剤注入率の調整、原水への活性炭の注入、塩素注入点の切換えなどの対策が行える。

②塩素注入点での初期トリハロメタン濃度と浄水場内塩素接触時間から浄水場出口でのトリハロメタン濃度を予測し、塩素注入率の調整が可能となる。

③高度処理（オゾン・生物活性炭）
後段でのトリハロメタンやトリハロメタン生成能の監視によって、高度処理のトリハロメタン生成能除去能力を評価できる。

④浄水場出口でのトリハロメタン濃度から、トリハロメタン増加予測ができる。

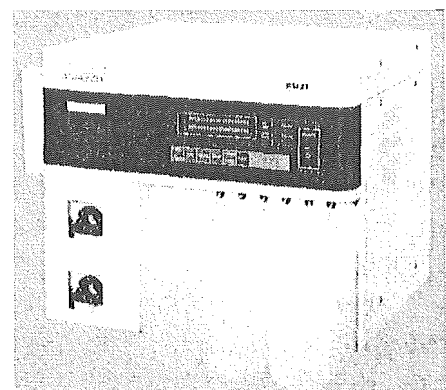


図 5-24 トリハロメタン計外観²⁸⁾

(8) 粉末活性炭の注入制御（蛍光発光法を利用する方法）²⁹⁾

1) 測定原理

河川原水の粉末活性炭吸着特性と蛍光強度の関係および蛍光強度とトリハロメタン生成能（THMFP）、 KMnO_4 消費量、TOC の関係を調査。励起波長 345nm、蛍光波長 425nm の蛍光強度を求め、蛍光物質濃度は 425nm の強度を相対蛍光強度（FL）とする。FL は $50\mu\text{g/L}$ の硫酸キニーネ 0.1N 硫酸溶液を基準として、同一励起波長での蛍光強度を 100 とする。

2) 実験結果

FL と粉末活性炭吸着特性（処理時間、注入率）の関係を表す推定式による計算値は、実験値を $\pm 10\%$ の精度で再現した。

FL と水質指標（THMFP、 KMnO_4 消費量、TOC）は一直線上となり FL は水質指標の代替指標となりうる可能性が示唆された。

3) 粉末活性炭注入支援システム

着水井で注入する場合のシステム例（図 5-25）では、原水ラインに蛍光分析計を設置し、蛍光分析計の出力は、粉末活性炭注入支援システムに入力される。自動注入装置により粉末活性炭を注入している場合は、蛍光分析計のフィードバック制御として演算結果に基づいて制御できる。

システムの処理手順は、① 処理水の水質目標値、処理条件を設定する。②各水質指標と相対蛍光強度の相関式より水質目標値に対応した相対蛍光強度を求める。③原水相対蛍光強度、処理後相対蛍光強度、処理条件（処理流量＝滞留時間）に対応した粉末活性炭注入率を決定する。④算出された粉末活性炭最適注入率を監視システム画面上に出力する。

3) 課題

相対蛍光強度に対する阻害要因の影響等の解明。

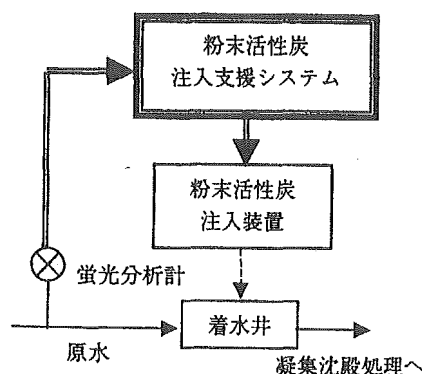


図 5-25 システム例（着水井で注入）²⁹⁾

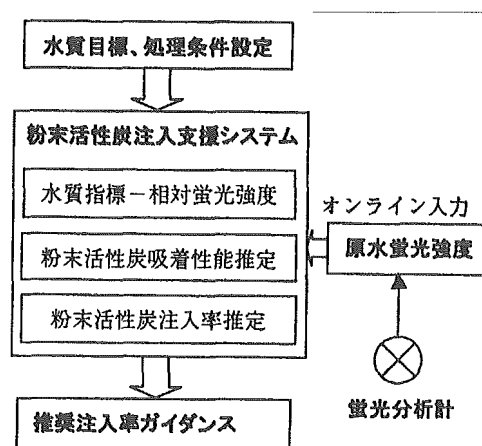


図 5-26 粉末活性炭注入支援システム²⁹⁾

(9) アンモニアを検出する装置（化学発光法を利用する方法）³⁰⁾

1) 測定原理

アルカリ条件下で、アンモニウムイオンと次亜塩素酸ナトリウムの反応によりクロラミンを生成させる。気液分離管で反応生成物（クロラミン）を気相中に拡散させ、加熱酸化炉で一酸化窒素（NO）ガスに変換させた後、NOガスとオゾンが反応した際に生ずる微弱な光を光電子増倍管で測定信号として検出する。

2) 装置構成

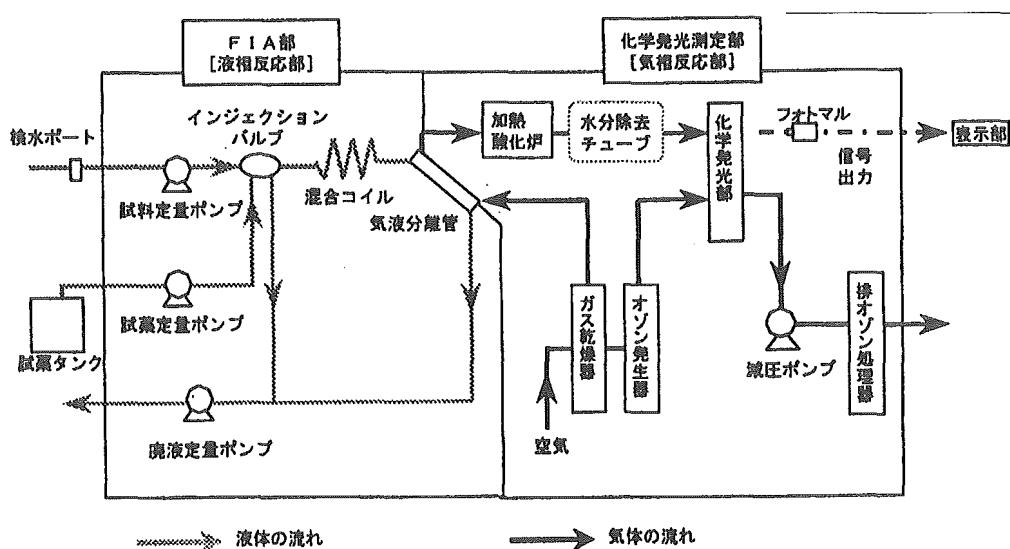


図5-27 アンモニア計の装置概要³⁰⁾

装置概要を図5-27に示す。

①液相反応部

一定流量で流れている試料へ一定量の試薬を注入し、下流側に設けた検出器で目的成分を検出するフローインジェクション法（FIA法）を採用。本装置では、反応により生成したクロラミンを気液分離管にて気相中に分離して、後段の化学発光測定部へ供給する方式とした。

試料水を連続供給しておき、アンモニア濃度測定時には試薬定量ポンプとインジェクションバルブを組合せて、試薬（次亜塩素酸ナトリウム…有効塩素濃度0.2W/V、1.5%水酸化ナトリウム含有）をパルス的に微量注入する。内径数ミリのチューブからなる混合コイルで試薬と試料水を混合反応させたのち、気液分離管（30℃に調整）でクロラミンを気相中に拡散させる。

②気相反応部

気液分離管で気相中に拡散したクロラミンを反応炉（600℃）でNOガスに変換させ、化学発光部においてオゾンと反応した際に生ずる微弱な光を、光電子増倍管で測定信号として検出する。化学発光部へ供給されるガス中の水分は測定に影響を及ぼすため、水分除去チューブで予め除去しておく。反応により

生成したガスを測定するため、試料中の懸濁物質による検出部の汚れの影響を受けることが少ない。

3) 運転方法

①校正方法

一酸化窒素濃度と光電子倍增管測定信号出力は比例関係にあり、試料水中のアンモニア性窒素濃度も比例関係にある。アンモニア標準液濃度と測定信号出力の関係を制御演算部で設定しておく。

②定量下限…0.02 mg/L

0.02～2.0 mg/L のアンモニア標準液で繰返し測定 (n=6) した結果、良好な直線性が得られたが、0.02 mg/L での繰返し精度は 10% 以上であった。一定割合のフィード液と検水を空気と混合し、連続的に装置に供給する。

③最短測定時間…5 分

5 分ごとに 0.2 mg/L アンモニア性窒素標準液に反応液を注入したところ、約 3 分で反応が完了。

④試薬の安定性…4 カ月

試薬を室温保管 (15℃～26℃で変動) して調整日基準の試薬との検出出力を比較。128 日経過では 100% であったが、150 日経過では 89.1% まで低下。繰返し精度は 150 日経過まで 10% 以内であった。

5. 3. 3 遠隔計測システム等の利用 (リモートセンシング) ^{47)・48)・49)}

(1) 人工衛星による遠隔計測

1) 概要

湖沼の水質監視を面的に行うために用いられている。人工衛星の画像データは可視光から熱赤外までの複数のデータを持ち、各バンドにより異なる観測情報が含まれている。水面での太陽光の反射・吸収は水中に含まれる浮遊物質やプランクトンなどにより異なり、その違いが人工衛星の各バンドで観測される仕組みとなっている。しかし、バンド情報は水質以外の大気分子散乱光や周辺環境にも影響を受けるため、実際の水質とバンド情報を統計解析により大気補正などを行って水質評価式を作成している。

この方法により水温、透明度、浮遊物質、Chl-a などを推定することができる。Chl-a と浮遊物質や透明度などの相関を求めることにより、浮遊物質が植物プランクトン由来によるものなのかの推測でき、浄水処理工程等に活用していくことも可能である。

5. 3. 4 その他の監視技術

(1) 水質事故対策支援システム (GIS を活用する方法) ⁵⁰⁾

水質事故時における迅速な対応のため、GIS (地理情報システム) を活用した支

援システムが開発されている。本システムの主な機能は以下のようにになっている。

1) 通報支援

事故発生との連絡を受けたときの現場特定支援機能で、事故現場の位置特定が可能となる。キロ標、目標物（橋梁名等）、住所等の入力により地図上で確認ができ、情報連絡用紙も作成ができる。

2) 事故履歴管理

過去の事故履歴を地図上で検索する機能で、過去の事故及び内容を検索することができ、過去の対策手法、原因者等のデータから対策時の参考とすることができる。

3) 排出場所推定支援

有害物質保管事務所を検索することにより、排出事業所を推定、特定を支援するもので、該当する物質を保管する事業所を検索する機能と、任意の範囲での事業所を検索、表示する機能がある。

4) 流下予測

任意時間経過後に流出物の到達地点を予測し、地図表示を行うもので、水位観測所の水位データを入力し H-Q データより流達速度を算出するものである。被害範囲の予測、上水・工水等の取水こうまでの到達時間を予測することができる。

5) 資材備蓄場所選定支援

事故対策資材備蓄場所を機関名または、必要資機材・数量から検索することができ、大規模な事故により資機材が不足した場合でも、応援要請を迅速に行うことができる。関係機関名から各機関が保有する資機材及び量を表示する方法と資機材の種類及び数量から、保管する機関を選定する方法がある。

6) 分析機関選定支援

流出物の分析を分析機関に依頼する場合、検索および地図表示ができ、事故地点近隣の機関を選定することにより迅速な水質分析を行うことができる。

(2) 研究段階の技術

オンラインでの連続測定方法への対応を目的としたものではないものの、前処理を簡便化できる分析手法の検討や、近年発達の著しい分子生物学的解析手法を用いた検討が種々なされている。

1) 農薬の一斉分析方法の検討^{37)・38)・39)・40)}

農薬の分析では対象項目に応じ GC（ガスクロマトグラフ）、HPLC（高速液

体クロマトグラフ) や GC/MS (ガスクロマトグラフ質量分析) を選定したり、煩雑な前処理が必要であったりする。簡易な前処理で、ひとつの分析機器で一斉分析ができるものとして LC/MS (液体クロマトグラフ質量分析) を用いた方法等が検討されている。

2) 分子生物学的解析手法の利用^{41)・42)・43)・44)・45)}

検出精度の高いクリプトスポリジウムの検出方法として PCR (Polymerase Chain Reaction) 法を応用した検出法が国内外で各種検討されている。また、アメリカでは紫外/可視領域での吸光度によるクリプトスポリジウムオーシストの検出方法の検討事例がある。

また、大腸菌の迅速検出のための RNA バイオセンサや蛍光発光プローブ技法を利用した方法が研究されている。

3) 界面活性剤の測定⁴⁶⁾

ELISA 法 (酵素免疫反応) を用いての水道水源水域における界面活性剤の実態調査の検討事例がある。界面活性剤の化学構造により測定に影響を及ぼすこともあるため、さらなる改良が必要とではあるものの、濃縮等の前処理によって従来からの比色法より低い濃度まで測定できる技術である。

引用文献

- 1) 岡安祐司、磯部健介、豊田忠宏、南山瑞彦、田中宏明、「硝化細菌を用いた毒物モニタによる河川水質モニタリング」、p44-49、土木技術資料、1999
- 2) 福田政克、田中良春、「突発性水質事故とセンサ技術」、p347-351、富士時報、1998
- 3) 金川直樹、「バイオで測る 硝化細菌を利用した水質安全モニタ」、p66-68、資源環境対策、2002
- 4) 乾貴誌、田中良春、岡安祐司、田中宏明、「水質のガードとリスク監視 安全な水が確保されるために リスク低減への提案 2 発生源監視をきちんと行おう 効率的な事業所監視とバイオセンサの可能性」、p10-12、月刊下水道、2000
- 5) 大戸時喜雄、「環境の計測と制御 突発河川水質事故管理システム」、p315-319、計測と制御、2001
- 6) 居安巨太郎、松永是、「バイオで測る バイオセンサ型水質監視支援装置」、p72-74、資源環境対策、2002
- 7) 松永是、藤沢実、金子政男、原口智、「上下水道システム技術 バイオセンサを用いた原水の水質監視支援」、p10-14、東芝レビュー、2000
- 8) 大嶋雄治、本城凡夫、「バイオで測る メダカの行動を用いた水質の生物センサー 3次元行動解析による水質の監視」、p45-47、資源環境対策、2002
- 9) 磯村康博、佐々木真一、天羽孝志、高橋成治、「バイオセンサーを用いた自動水質監視装置の開発」、p49-59、水道協会雑誌、2000
- 10) 渡辺正仁、「フナの忌避行動を利用した大型水質監視設備」、p23-27、水、2001
- 11) 尾谷正彦、斉藤方正、「水質連続計測器による微量有機物質の原水モニタリング」、p266-269、EICA、1996
- 12) Harald Tahedl, Donat-P. Häder, 「Fast Examination of Water Quality Using the Automatic Biotest ECOTOX

- Based on the Movement Behavior of a Freshwater Flagellate」、p426-432、Water Research、1999
- 1 3) 「Biomonitoring zur Überwachung der Wasserqualität」、p32、Wasser, Luft und Boden、1996
- 1 4) 安藤正典、「水域環境における突発水質汚染の管理」、p7-8、日本水処理生物学会誌、1998
- 1 5) J-F. Bouget, J. Mazurie、「Dispositif de Surveillance Biologique de la Qualité d'eau d'un site Conchylicole Estuarien Utilisant un Biocapteur Valvaire Muni d'huîtres et de Moules」、p71-80、Techniques Sciences Methodes、1997
- 1 6) Fang Qian, Alexaneder N. Asanov, Philip B. Oldham、「A Total Internal Reflection Fluorescence Biosensor for Aluminum (III)」、p63-68、Microchemical Journal、2001
- 1 7) R. SHOJI, A.Sakoda, Y.Sakai and M.Suzuki、「Formulating Biossay Data of Chemicals and Environmental Water」、p115-123、Water Science & Technology、2000
- 1 8) 増田直人、方健司、上山智嗣、古川誠司、「上水水源用油臭センサ応用システム」、p643-648、三菱電機技報、2002
- 1 9) 松野玄、「水晶振動子においセンサによる環境測定 PVC膜の利用と微量水中油分測定への応用」、p15-19、超音波 Techno、2000
- 2 0) 松野玄、荻原保子、森井申一、横田信幸、「水晶振動子においセンサを用いた微量水中油分モニタの改良」、p83-87、電子情報通信学会技術研究報告、2000
- 2 1) 占部修司、松野玄、坪田一郎、富山弘幸、「浄水場原水の微量油分監視システム 研究試作機による実証実験」、p139-142、横河技報、1998
- 2 2) 内藤悦伸、前田紀寛、佐藤勇治、池崎秀和、谷口晃、都甲潔、「味覚センサを用いた水質評価」、p9-13、電気学会ケミカルセンサ研究会資料、2000
- 2 3) 坂井宏光、飯山悟、都甲潔、「マルチチャンネルセンサによる水環境計測と評価法」、p55-57、Chemical Sensors、1999
- 2 4) 伊藤保、尾谷正彦、山崎良明、藤好紘一郎、「水道原水監視用のガスクロマトグラフ自動連続監視装置の開発と水質事故対応について」、p17-25、水道協会雑誌、2000
- 2 5) 松本哲朗、「環境用センサ 水質オンラインセンシングの現状と課題」、p3-6、月刊マテリアルインテグレーション、1999
- 2 6) 金子政雄、原口智、田村邦夫、「蛍光分光法による藻類濃度測定方法の開発」、p75-80、電気学会産業計測制御研究会資料、2002
- 2 7) 川上幸次、外山文生、佐々木弘、「トリハロメタン生成能の自動計測による消毒副生成物のリアルタイム生成量予測」、p157-160、EICA、2002
- 2 8) 多田弘、大戸時喜雄、「トリハロメタンの検出と低減化技術」、p342-346、富士時報、1998
- 2 9) 阿部法光、村山清一、環省二郎、工藤寿雪、田口健二、「蛍光分析計による粉末活性炭注入制御の検討」、p161-164、EICA、2002
- 3 0) 久住美代子、四元浩、藤生昌男、花輪剛、「FIA 法と化学発光法を組み合わせたアンモニア計の開発」、p63-69、EICA、2001
- 3 1) Sergey Babichenko, Larisa Poryvkina, Frank de Vos, and Hans Hoevenaar、「Diagnosis of Organic Compounds in Water Quality Monitoring」、p22,24、American Laboratory、1999
- 3 2) Takaaki Maekawa, Keo Intabon and Norio Sugiura、「Feasibility of Odor Sensors on the Odorous Compounds Evolved from Eutrophicated Waters」、p 11-21、農業施設、2000
- 3 3) 宗宮功、岸本直之、小野芳朗、西方聡、「散乱スペクトル分析による水質の連続分析」、p47-55、水環境学会誌、1996

- 3 4) Edward Todd Urbansky, 「Total Organic Carbon Analyzers as Tools for Measuring Carbonaceous Matter in Natural Waters」, p102-112, Journal of Environmental Monitoring, 2001
- 3 5) 福田愛二, 「TOC(全有機炭素)の最新計測技術 光酸化反応による TOC 連続測定技術」, p63-66, クリーンテクノロジー, 1997
- 3 6) 藤本千鶴, 吉沢正, 「固相抽出法による有機塩素系農薬類の分析」, p11-21, 環境化学, 1999
- 3 7) 三浦晃一, 加藤信弥, 高橋清, 「LC/MS による農薬 7 項目の一斉分析」, p8-13, 水道協会雑誌, 2003
- 3 8) 巻幡希子, 川元達彦, 寺西清, 「LC/ESI/MS 法による水道水および水道原水中カーバメート系農薬の一斉分析」, p163, 日本内分泌かく乱化学物質学会研究発表会要旨集, 2001
- 3 9) 川元達彦, 巻幡希子, 寺西清, 「水道水質基準に新しく規制されたゴルフ場使用農薬の同時分析法の検討」, p176-183, 兵庫県立衛生研究所年報, 1999
- 4 0) 寺沢爵典, 河野昭宏, 古川浩司, 河野一之, 山路龍一郎, 「LC/MS によるシマジン,チウラム,チオベンカルブ一斉分析方法の検討」, p177-179, 三重県環境保全事業団研究報告, 2002
- 4 1) Michael Callahan, Joan Rose, Luis Garcia, Robert Robertson and Andres Buenfil, 「New Methods for the Rapid Evaluation of Water Quality and Detection of Cryptosporidium Using Ultraviolet/visible Light Spectrophotometry」, p1-17, Proceedings, AWWA Annual Conference (American Water Works Association), 1997
- 4 2) J Dellundé, S. Pina, J. Jofre and F. Lucena, 「A Fast and Sensitive Nucleic Acid Extraction Method for the Detection of Cryptosporidium by PCR in Environmental Water Samples」, p95-100, Water Science & Technology : Water Supply, 2002
- 4 3) 福嶋得忍, 日野隆信, 水口康雄, 「PCR 法による水試料及び糞便検体中クリプトスポリジウムの検出」, p22-26, 千葉県衛生研究所研究報告, 2000
- 4 4) Antje J. Baeumner, Richard N. Cohen, Vonya Miksic, Junhong Min, 「RNA Biosensor for the Rapid Detection of Viable Escherichia Coli in Drinking Water」, p405-413, Biosensors & Bioelectronics, 2003
- 4 5) Edith Frahm, Ursula Obst, 「Application of the Fluorogenic Probe Technique (TaqMan PCR) to the Detection of Enterococcus spp. and Escherichia Coli in Water Samples」, p123-131, Journal of Microbiological Methods, 2003
- 4 6) 相沢貴子, 川地利明, 「バイオで測る 上水事業系でのバイオを使った環境測定 非イオン界面活性剤測定の実際と課題」, p14-20, 資源環境対策, 2002
- 4 7) 水尾寛己, 河原美沙, 北原節子, 杉村俊郎, 岡敬一, 「衛星リモートセンシング画像による神奈川県内の湖における水質モニタリング」, p3-11, 生態工学, 2003
- 4 8) 水尾寛己, 河原美沙, 北原節子, 杉村俊郎, 岡敬一, 「人工衛星データによる神奈川県湖の水質モニタリング」, p97, 日本水処理生物学会誌 別巻, 2000
- 4 9) 細見寛, 丹羽薫, 上嶋正樹, 「リモートセンシングを用いた水質モニタリングについて」, p19-28, ダム技術, 1998
- 5 0) 古屋隆男, 柳井裕次, 永見晃之, 「水質事故対策支援システム」, p201-204, 中国地方整備局管内技術研究会論文集, 2001

第Ⅱ編 小規模水道施設遠隔監視システムの有効活用

1. 遠隔監視システムと水道ビジョン

浄水場における監視システムについては、平成14年3月（財）水道技術研究センター発行「高効率浄水技術開発研究（ACT21）」第7研究グループ委員会の「浄水場における計測・制御技術の向上に関する研究報告書」に報告されている。

本研究では、この報告を展開して、浄水施設数の大半を占める簡易水道施設を含めた小規模浄水場の遠隔監視に焦点を絞って研究を行った。

水道事業を取り巻く環境では、水道法改正における「水道管理の技術業務の委託」や市町村合併による「水道管理の統合」などの規制緩和・運営効率化が求められるなかで、最近のIT進展に伴い、小規模な水道施設の監視に適用可能な遠隔監視技術も各種開発され、その活用事例も報告されている。

本研究の目指すところは、水道管理財源緊縮のなかで、「安全な水を安定供給する」使命に基づいた小規模水道施設の運営・管理を適切に効率化するための遠隔監視システムが如何にあるべきかを提案し、水道ビジョン施策の一つである「小規模な水道施設の管理充実」実現への一助とすることである。

2. 研究活動の概要

研究の手始めに、小規模水道施設の維持管理・監視体制の現状および利用されている遠隔監視システムの種類を調査し、小規模水道施設に適用可能な遠隔監視システムの技術動向を調査した。

次の研究段階では、「安全な水を安定供給する」ことを実現するための手段として、何の監視項目をどのようなシステムで監視すべきかの視点で、小規模水道施設の遠隔監視項目の策定を行った。廉価、信頼性、拡張性を比較検討したが、ITの進展は目覚ましいものがあり、特定の技術や製品に絞り込むことは困難であり、遠隔監視システムについては、求められる要件を述べるに留め、遠隔監視システムを利用した広域監視および監視・運用業務の第三者委託を提言する。

3. 小規模水道施設監視の現状

3.1 小規模水道施設の維持管理・監視体制の状況

研究グループ内でのヒアリングによると、多くの小規模水道施設の維持管理・監視の状況は以下のものであり、研究グループの小規模水道施設の現地視察においても同様の事例が確認された。

①通常無人運転で、定期的な見廻り巡回により管理している。

見廻り巡回者は、他業務兼任者で水道施設管理の専門家ではない場合が多い。

②立地個所は交通不便な山間地が多く、無線通信、PHS等が利用出来ない場合がある。

③水源水質は良好であり、厳密な水質管理を強く求められていない。
水質計測器は設置されているが活用されていない場合等がある。

④管理レベルは、見廻り巡回者の個人力量や維持管理予算に大きく左右される。

⑤維持管理予算は少ない。

3. 2 小規模水道施設の遠隔監視システムの現状分類

小規模水道施設の管理運営を補完するために、遠隔監視システムの導入が行われているが、そのシステムの仕様や運用形態には種々ある。これらを簡略に区分し表3-1に示す。

表3-1 現状のシステム概要区分

	Aパターン (故障通報主体型)	Bパターン (監視機能強化型)	Cパターン (大規模システム付帯型)
システム例	<ul style="list-style-type: none"> ・複数の施設を一般電話回線利用 ・遠隔故障通報が主体 ・発信部は専用情報端末の利用が多い ・音声+FAX受信 ・役場又は/及び担当者自宅で受信 	<ul style="list-style-type: none"> ・複数の施設を一般電話回線利用 ・遠隔故障通報および運転情報を帳票管理 ・発信部は専用情報端末又はPLCを利用 ・音声+FAX受信+PC ・役場又は/及び民間で受信、監視 	<ul style="list-style-type: none"> ・複数の施設を一般電話回線又は専用線利用 ・故障通報及び運転情報を帳票管理 ・発信部はテレメータ又はPLCを利用 ・PCから中規模計算機設備へ運転・故障情報をデータ伝送
運用概要	<ul style="list-style-type: none"> ・故障通報が主体 落雷による停電、機器故障通報 ・浄水流量・濁度程度は定時に記録 ・原水水質が良く安定している小規模水道の代表的監視形態 ・管理担当者の負荷大 	<ul style="list-style-type: none"> ・故障通報+監視記録 流量、水質記録、異常監視 ・現場通信装置には記録保持機能有り ・落雷、原水水質変動が懸念される浄水場 ・担当者及び/又は委託業者で異常時連携対応 	<ul style="list-style-type: none"> ・事業者の基幹浄水場にて複数の小規模浄水場の遠隔監視 ・小規模浄水場の施設は比較的充実している。 ・水道施設管理および監視システム管理専任者が管理
事例	多数	中	少数

* PC=パーソナルコンピュータ、 PLC=プログラマブルコントローラ

遠隔監視システムのハードウェア及びソフトウェアの種類や規模による区分の他に、システムの維持管理やトラブル時の対応体制についても、現状は各種格差があるが、概して中規模水道施設の監視に比べて脆弱な運用保守体制が多いように見受けられる。

4. 遠隔監視システムの技術動向

最近のIT進展により遠隔監視システムは、多様化、高機能化、簡便化が進み、その応用範囲は、ビル管理、自動販売機管理、複数工場生産管理、防犯管理等と広く利用され始めている。

小規模水道施設向けに利用可能と思われる製品やシステムは多数発表されており、遠隔監視システムを「情報収集発信部」、「通信回線部」、「受信監視部」の3つの機能に分けて分類すると、4-1表となる。

表4-1 システムの機能分類

情報収集発信部	通信回線部	受信監視部
<ul style="list-style-type: none"> ◇ PLC ◇ 専用端末 <ul style="list-style-type: none"> ・ 接点 ・ アナログ ◇ 監視カメラ ◇ 赤外線侵入センサー ◇ 集音マイク 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 有線 <ul style="list-style-type: none"> ・ 専用回線 ・ 一般公衆回線 <ul style="list-style-type: none"> ・ アナログ ・ デジタル ・ 光 ◇ 無線 <ul style="list-style-type: none"> ・ PHS ・ 携帯電話 ・ 特定小電力無線 ・ Dopa (ドゥーパ) ・ 衛星通信 ◇ 接続時間 <ul style="list-style-type: none"> ・ 常時 ・ 定時 ・ 任意 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 故障・イベント通報 <ul style="list-style-type: none"> ・ 音声通報 ・ FAX通報 ・ 携帯画面通報 ・ PC画面通報 ・ 印字通報 ・ E-Mail 通報 ◇ 運転監視 <ul style="list-style-type: none"> ・ 携帯画面監視 ・ PC画面監視 ・ 帳票記録 ・ トレンドグラフ ◇ 監視個所 <ul style="list-style-type: none"> ・ 1ヶ所 ・ 複数ヶ所 ・ 第三者委託
<ul style="list-style-type: none"> ・ 制御用 PLC に通信機能を付加する場合は通信点数増加対応が容易 ・ 専用端末には自身でのデータ保存機能や Web 機能を持つ物もある。 ・ 耐環境性の考慮が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 技術の進展や費用変動が大きい部分であり、維持費に大きく反映する。監視施設の設置場所により制約が付くことに注意。(電波未着地域) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事務用や OA パソコン等の汎用ハード・ソフトウェアの技術向上や低価格化が進んでいる。 ・ MO, CD-R 等のデータバックアップも汎用化している。

* MO = 光磁気型記憶装置、 CD-R = 書き込み可能型コンパクトディスク

その他に、収集データ保存機能を「情報収集発信部」に持たせるか、「受信監視部」に持たせるか、またその保存期間による分類がある。

ホームページやE-Mailという言葉に代表されるインターネットの利用拡大は目覚ましいものがあり、i-mode等の携帯電話により更に利用範囲が広がっている。インターネットは利便性、拡張性、汎用性に優れているが、遠隔監視を意識したものではないため、信頼性やセキュリティを考慮する必要がある。

また、ハードウェアとソフトウェアの区分においても、その製品は多種類あり、且つ、日々進展しており、特定の製品を比較評価することは困難である。

5. 小規模水道施設遠隔監視システムの要件

「安全な水を安定供給する」使命を継続的に維持し、実施していることを実証する手段として、監視システムは広く水道施設へ導入され有効活用されている。

通常は無人運転が多い小規模水道施設では、監視を遠隔で行う要求があり、遠隔監視の技術や製品がIT進展により汎用化・低価格化が進み、その導入が増加している。

無人の小規模水道施設を遠隔で監視するための「監視すべき項目」および「システムに求められる要件」を以下にまとめる。

5. 1 遠隔監視項目の要件

水道法や水道維持管理指針において、監視すべき項目が広義に規定されているが、水量、水質等を監視し維持管理に役立てるだけではなく、その結果を記録・公表する手段として遠隔監視システムに帳票機能を持たせることは有効であり、電子化された帳票データを活用することにより、水質の季節変動解析等を行う水質管理を容易にすることが出来る。

また、通常は無人運転で異常時に緊急対応するだけではなく、異常監視の以前に予防保全的項目の監視を行い、事故の未然防止を行うことも重要である。

遠隔監視に求められる機能としては、

- ① 安全な水を安定供給していることを確認・記録・説明できること。
- ② 浄水施設がその機能を確実に発揮していることを確認できること。
- ③ 浄水施設の機能が継続的に維持されることを確認できること。
- ④ 浄水施設異常時には、確実に関係者へ報知されること。
- ⑤ 異常報知内容は、異常時対応を速やかに行うために十分であること。

さらに

- ⑥ 収集された情報を保存、分析することにより浄水施設の管理・運用に有効に活用出来ると共に、その情報を開示できること。

ここまで実行できれば、遠隔監視システムの付加価値を高める事が可能であり、高い導入効果を得ることができる。

ただし、水道法の水質基準に定められた項目には手分析や精密分析機器でしか計測で

きない項目があり、水質基準の全ての項目を監視することを遠隔監視システムには求めることは出来ない。

小規模水道の処理方式には、膜処理、急速ろ過、緩速ろ過、井水等があり、水源別水質の特徴や処理方式による監視項目の相違および処理系列数による監視点数等が異なるが、共通の最低限の監視項目を表5-1にまとめる。

表5-1 小規模水道施設に望まれる遠隔監視項目

No	監視項目	監視形態	主な目的
1	原水流量	監視,記録	必要量の安定供給確認
2	原水濁度(異常)	監視,記録,警報	処理可能確認,水質変動予測
3	原水pH(異常)	監視,記録,警報	処理可能確認,水質変動予測
4	ろ過流量	監視	適正処理確認
5	ろ過継続時間	監視	適正処理確認
6	浄水(配水)池水位(異常)	監視,警報	必要量の安定供給予測確認
7	浄水(配水)流量	監視,記録	必要量の安定供給確認
8	浄水濁度(異常)	監視,記録,警報	安全な水供給確認・記録
9	浄水pH(異常)	監視,記録,警報	安全な水供給確認・記録
10	浄水色度(異常)	監視,記録,警報	安全な水供給確認・記録
11	浄水残塩(異常)	監視,記録,警報	安全な水供給確認・記録
12	薬品貯槽液位低	警報(通報)	処理能力維持保全
13	薬品貯槽異常低	警報	処理能力維持不能警報
14	機器故障(複数項目)	警報	処理能力維持不能警報
15	膜差圧異常(膜処理)	警報	処理施設異常警報
16	停電(漏電)	警報	処理能力維持不能警報

維持管理・監視を第三者委託する場合には、委託者と受託者の間で、監視項目を明確にしておき、確実な施設運用を委託出来るようにする必要がある。

水源が深井戸等で原水水質が安定しているので原水水質を常時監視する必要がないと判断する場合でも、定期的に、水質が良く安定していることを証明・公表する責任があることは当然である。

5. 2 遠隔監視システムのシステム要件

小規模な水道施設でも、社会的責任の大きい水道施設を継続的に監視する上で、遠隔監視システムには次のことを十分に考慮する必要がある。

- ① 信頼性、頑健性
耐環境性能が十分、安定稼動、デファクト規格準拠、通信回線の信頼性
- ② 長寿命
法定耐用年数を越える稼動年月、汎用技術採用による予備品の購入容易性
- ③ 経済性
導入費用、運用・保守費用
- ④ 拡張性
監視対象設備・装置の拡張対応、機能増設対応、オープン化対応
- ⑤ 維持管理業務の軽減
容易な点検・保守、故障部品の随時供給
- ⑥ 即時性
応答性能、緊急時通報
- ⑦ 操作性
平易な取扱い、分かりやすい画面、自動作表、ユーザデータ加工容易

水道施設維持管理予算の制限により、経済的判断のみを優先したシステム導入になりがちであるが、システムの安定運用維持やシステム故障による監視機能停止などのリスク低減のために上記項目の検討が必要である。

無人の浄水施設を遠隔で監視するためには、信頼性が最も重要な要件とすべきである。これは、監視業務を第三者委託する場合でも、委託先の監視システムに求められる要件である。

6. 望ましい遠隔監視システム

水源水質や給水水質・量を監視し、異常が発生した場合には速やかに適切な対策が取れるようにすると共に、安全な水を安定供給していることを実証し、記録することは、水道施設規模の大小に関わらず必要なことである。

その重要な役割を効率的かつ確実に行うことが、監視システムに求められ本質的機能である。

また、常時監視員が駐在しない小規模水道施設を遠隔で監視する場合には、常時監視員が場内駐在する水道施設監視の場合以上に信頼性が求められる。

小規模水道施設特有の豊富とは言えない建設・維持管理予算のために、廉価な遠隔監視システムを導入せざるを得ない事例が多く見られるが、導入時の経済性だけでなく、長寿命性、拡張性そして信頼性を十分に考慮したシステムが求められる。

現実的には、維持管理予算の縮減や保守人員の削減という環境にある小規模水道施設では遠隔監視システムを含めた監視・管理機能の充実を、単体の施設で行うことは経済

的に困難な状況が多い。これを解決する方策として、監視の広域化や民間委託などにより複数ヶ所を統合して監視することが考えられる。監視対象を複数にすることによるスケールメリットが働き、経済的制約を低減させることが出来るとともに、統合監視・管理箇所に水道施設維持管理の専門家を配することは、人材活用の面と水道施設管理の品質向上に有効である。

このように、1対N（サイト）の効率的な監視を行い、小規模水道施設に適した信頼性の高い遠隔監視システムの導入が進められることが望ましい。

7. 水道ビジョンの実現

本編の最後に、小規模水道施設の監視・運用を充実させる手段として、信頼性の高い遠隔監視システムの導入を提言すると同時に、改正水道法の第三者委託や地方自治法の指定管理者制度に沿って、水道施設管理能力を有する民間への遠隔監視の業務委託も併せて検討することを提言する。

さらに、遠隔監視業務に留まらず水道施設運用管理の包括的委託までも含めて、民間委託することにより水道事業の効率化を図ると共に、水道ビジョンの施策「小規模な水道施設の管理充実」を実現することを期待する。

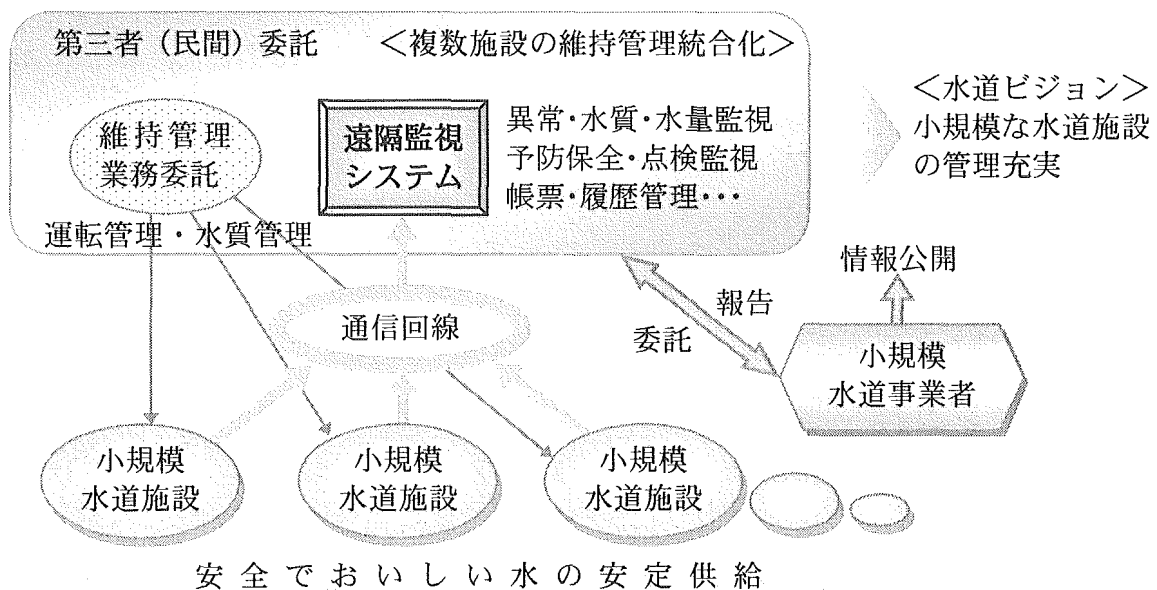
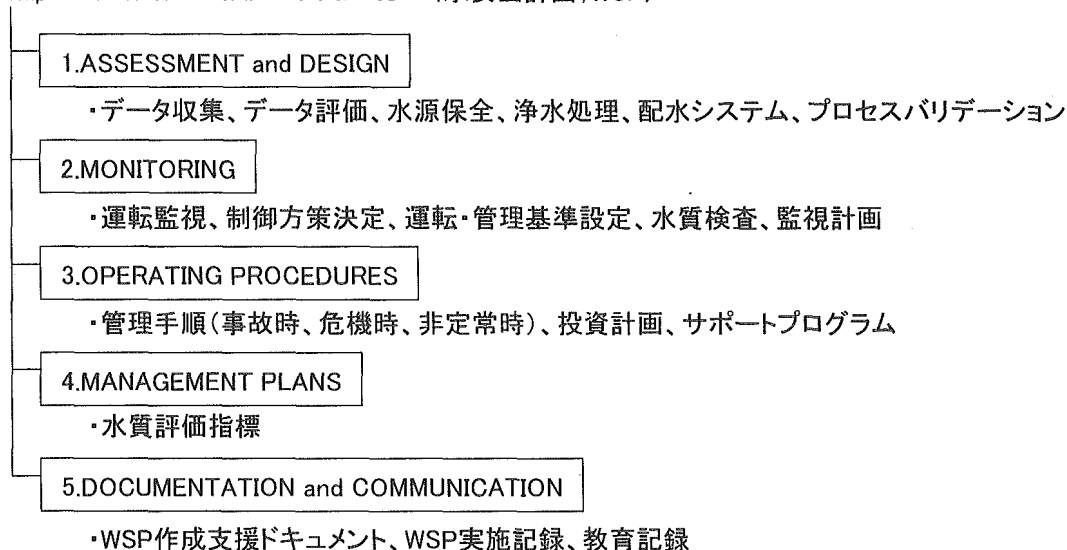


図7-1 提言イメージ図

添付資料

■ WHO Guidelines for Drinking-Water Quality 3rd Edition

Chapter 4 “WATER SAFETY PLANS” (水安全計画; WSP)



■ 取水における危害と対策例

	危害(hazardous events)	対策(control measures): 順不同
水源	<ul style="list-style-type: none"> ・地域性 ・急激な水質変化 ・下水や生活排水 ・工場排水 ・取水地域での化学薬品使用(農業、ゴルフ場) ・流出 ・公道 ・人 ・野生生物、放牧の家畜 ・不適当なバッファ地域 ・周囲の土地利用とその変化 ・護岸未整備など ・雨水流入 ・廃棄物による汚染 ・浅い帯水層 ・地表の水の影響を直接受ける地下水 ・不適当な水源保護、非衛生的な扱い ... 	<ul style="list-style-type: none"> ・使用の限定 ・使用される化学薬品の制限 ・化学工業、燃料補給ステーションへの保護要求 ・シアバクテリアの繁殖抑制のためのリザーバーの混合 ・人の活動の制限 ・排水の制限 ・土地使用計画 ・水源の定期検査 ・ローカルな雨水流入を分離 ・水路の保全 ・雨水流入の遮断 ・水質汚染防止のために計画や環境基準を利用 ・破壊行為、不法な取水および不法な改造に対するセキュリティ
貯水	<ul style="list-style-type: none"> ・人のアクセス ・タンク内の短絡流 ・タンクの枯渇 ・選択的な引込みなし ・代用の水源なし ・不適当な取水場所 ・シアバクテリアの繁殖 ・成層 ・土壌浸食 ... 	<ul style="list-style-type: none"> ・激しい降雨時は貯水した水を使用 ・取水位置と保全を適切にする ・貯水池からの取水水位を適当に選定 ・ケーシング、シーリング、取水の保全を含めた設計 ・井戸の位置の適正化 ・保持時間最大にする貯水システム ・許可なしアクセスの制限 ・水源の覆外 ・動物のアクセスからの保護 ・破壊行為や不法な取水に対するセキュリティ

■ 浄水工程における危害と対策例

危害(hazardous events)	対策(control measures)
<p>処理施設</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水流の変化 ・不適切な施設、単位操作 ・バックアップ不備 ・不適切な処理プロセス ・プロセスコントロール不能、操作の柔軟性 ・規格外または汚染した水処理用の薬品 ・薬品注入量の不適切 ・混合不十分 ・薬液注入装置の故障 ・不適切なる過処理、逆洗水のリサイクル ・消毒効果なし ・装置の不具合 ・プロセスが不安定 ・警報やモニタリング装置の故障 ・power failures ・破壊行為、自然災害 ・消毒二次生成物の形成 	<ul style="list-style-type: none"> ・凝集沈殿 ・代用の処置 ・規格に合った薬剤の使用 ・水処理薬剤の制御 ・熟練者、トレーニングを受けた運転員 ・プロセスの制御性 ・適切なバックアップシステム ・水処理プロセスの最適化 ・薬剤注入 ・フィルタの逆洗 ・流速 ・モーター設備の改修 ・原水水質悪化時に貯流水を使用 ・破壊行為、不法な改造を防止するセキュリティー

■ 配水工程における危害と対策例

危害(hazardous events)	対策(control measures)
<p>配水施設</p> <ul style="list-style-type: none"> ・貯水タンクの開放、カバーなし、保護されていない配管 ・人のアクセス ・動物、鳥、害虫のアクセス ・人工密度が高い地区 ・クロスコネクション、下水に近い ・貯水タンクの短絡流、よどみ ・沈殿物やスライムの蓄積 ・不適切な材料、コーティング、材料の欠陥 ・施設の老朽化 ・施設の腐食 ・異なる原水の混合 ・ろ過不良、クロスコネクションや逆流による汚染 ・生物膜、スラッキング、resuspention、再繁殖 ・配管の破裂、漏洩 ・修理、メンテの不適切、フラッシングやタンク洗浄の不適切 ・新しい主配管の作成 ・敷設、修理後の消毒の不適切 ・流れの変化、水圧の不適切 ・薬注の失敗 ・残塩管理の不適切 ・消毒副生成物の生成 ・警報、モニタリング施設の故障 ・破壊行為、自然災害 ・違法な接続 	<ul style="list-style-type: none"> ・配水システムのメンテナンス ・バックアップシステムの確保 ・適切な残塩管理 ・クロスコネクション、逆流防止装置設置 ・密閉した配水システム、貯水システム ・配管の消毒を含めた修理手順の適正化 ・適正な水圧の調整 ・破壊行為、不正な取水・改造の防止策

番号	項目	基準値(mg/L)
基1	一般細菌	100個/ml
基2	大腸菌	不検出
基3	カドミウム	0.01
基4	クロム(6価)	0.05
基5	水銀	0.0005
基6	セレン	0.01
基7	鉛	0.01
基8	ヒ素	0.01
基9	シアン	0.01
基10	硝酸性窒素および亜硝酸性窒素	10
基11	ふっ素	0.8
基12	ほう素	1
基13	四塩化炭素	0.002
基14	1,4ジオキサン	0.05
基15	1,1-ジクロロエチレン	0.02
基16	シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04
基17	ジクロロメタン	0.02
基18	テトラクロロエチレン	0.01
基19	トリクロロエチレン	0.03
基20	ベンゼン	0.01
基21	臭素酸	0.01
基22	クロロホルム	0.06
基23	ジブロモクロロメタン	0.1
基24	ブロモジクロロメタン	0.03
基25	ブロモホルム	0.09
基26	総トリハロメタン	0.1
基27	クロロ酢酸	0.02
基28	ジクロロ酢酸	0.04
基29	トリクロロ酢酸	0.2
基30	ホルムアルデヒド	0.08
基31	亜鉛	1
基32	アルミニウム	0.2
基33	塩化物イオン	200
基34	硬度(Ca,Mg等)	300
基35	鉄	0.3
基36	銅	1
基37	ナトリウム	200
基38	マンガン	0.05
基39	陰イオン界面活性剤	0.2
基40	ジェオスミン	0.00001
基41	非イオン界面活性剤	0.02
基42	フェノール類	0.005
基43	2-メチルイソボルネオール	0.00001
基44	有機物質(TOC)	5
基45	味	異常でない
基46	色度	5度
基47	臭気	異常でない
基48	蒸発残留物	500
基49	濁度	2度
基50	pH	5.8-8.6