

厚生労働科学研究費補助金
地域健康危機管理研究事業

健全な水循環の形成に資する浄水・管路技術に関する研究

平成18年度 総括研究報告書

主任研究者 藤原 正弘

平成19（2007）年3月

目 次

I 総括研究報告書

健全な水循環の形成に資する浄水・管路技術に関する研究1
藤原正弘

(資料)「安全でおいしい水を目指した高度な浄水処理技術の確立に関する研究」および「管路施設の機能診断・評価に関する研究」詳細報告資料

II 分担研究報告書 (該当なし)

III 研究成果の刊行に関する一覧表 (該当なし)

IV 研究成果の刊行物・別刷 (該当なし)

厚生労働科学研究費補助金（地域健康危機管理研究事業）
総括研究報告書

健全な水循環の形成に資する浄水・管路技術に関する研究

主任研究者 藤原 正弘 財団法人水道技術研究センター理事長

研究要旨

日本の水道は、普及率が97%を超えており、国民の健康を維持する上で不可欠な施設であるとともに、社会経済基盤として重要な役割を果たしている。平成16年6月に発表された「水道ビジョン」が指摘しているように、今後とも、水道は環境保全を考慮しつつ、安全・安心な水を持続的に安定供給していくことが必要不可欠となっている。しかるに、浄水施設のうち相当数が今後10年以内に更新の時期を迎えることとなり、水源水質の悪化に対応できるそれぞれの地域の実情に合った浄水処理技術が求められている。また、管路施設においては、老朽管の増加に伴い、腐食による漏水の増加や破裂事故の多発、水質劣化による多量の排水を行う必要が懸念され、管路更新の促進が求められている。

このため、本研究は水道水源の監視強化による安全性・快適性に対するリスクの回避、既存浄水場の原水水質に適した浄水システムへの更新、老朽管の残留塩素の消失等や漏水事故等の改善、管路の布設替え等による水質劣化の防止等の研究を実施し、より安全でおいしい水の供給を図ると共に、現在課題となっている施設更新の適切な推進に貢献する、最適な浄水技術の選定手法の確立や管路施設の機能診断等に関する新技術の提示により、健全な水循環の形成に資することを旨とする。

研究は以下に示す2つのテーマで実施しており、研究期間は平成17年度から平成19年度の3年を予定している。

(1) 安全でおいしい水を目指した高度な浄水処理技術の確立に関する研究【浄水技術部門】

各種の原水条件に応じた最適浄水処理プロセスの選定指針の作成、おいしい水を目指した臭気原因物質等の検知と除去方法等の各種研究を実施することにより、需用者が求めている安全でおいしい水を供給する効率的な浄水技術の選定手法を確立し、水道事業体を支援することを目的としている。

(2) 管路施設の機能診断・評価に関する研究【管路技術部門】

①老朽管路における水質劣化とその防止策等に関する研究、②管路の老朽度診断技術に関する研究に取り組み、適切な診断・評価に基づいた計画的な管路更新手法を提示することにより、安全・安心な水を持続的に安定供給するという、水道に託された使命を確実に果たすことを目的としている。

これまでの成果として、現行浄水場の浄水システムを評価するため、原水水質と処理水水質について既存浄水場のデータ等を用い単位プロセスごとに分析・評価を行い、原水水質と浄水プロセスの適合性、単位プロセスの適用範囲、事業体の規模による水質管理などの差を明らかにした。

また、管路技術部門では、老朽管路における水質劣化のメカニズムの解明に必要なデータを実験室や水道事業体の実管路より収集し、分析を行った。また、「数理化理論による配水管の安全性評価モデル」や「衝撃弾性波法」等の新しい診断技術の適用可能性を確認した。

分担研究者氏名

谷口 元 財団法人水道技術研究センター 常務理事
安藤 茂 財団法人水道技術研究センター 常務理事兼技監

※ A. 研究目的、B. 研究方法、C. 研究結果、D. 考察については、【浄水技術部門】【管路技術部門】のそれぞれに分けて記述し、E. 結論、F. 健康危機情報、G. 研究発表、H. 知的財産権の出願・登録情報については合わせて記述する。

【浄水技術部門】

A. 研究目的

施設整備や更新に必要な指針作りを目指したセンターの図書である「浄水技術ガイドライン」や e-Water プロジェクトにて作成したその他のガイドライン等の充実、改訂のための資料を作成し、新技術の推進を図るとともに、施設整備及び更新に関する認可変更の資料として活用されるよう目指す。

具体的な研究活動は下記に述べる検討グループにおいて実施し、平成 17 年度～平成 19 年度の 3 カ年計画で実施している。

1. 浄水システムに関する検討

水質に応じた浄水処理方式の構築と評価が研究課題であり、浄水処理方式を総合的に選定・評価する手法を確立することが目的である。

具体的には以下のとおりである。

- 全国の原水水質データに基づいた分析・検討を行い、種々の要求に対応した複数の処理水水質を提示する。
- 原水水質と処理水水質をつなぐために、従来の処理プロセス、或いはそれらを組み合わせたプロセスについて、実際のデータを基に性能を評価し、適用範囲、処理可能水質、操作条件の範囲等を明らかにするとともに、これらのプロセスの組み合わせにより、原水水質に応じて望ましい処理水水質を得ることができる処理システムを構築する。
- 鉄系凝集剤を用いた膜ろ過やナノろ過等、新たな技術で実際の処理データの蓄積が不十分な処理プロセスについて、実証実験、文献調査などによりその性能、適用範囲等を明らかにし、新たな処理システムに組み入れる。

2. 水質評価に関する検討

浄水処理システムの適切な選定、そして選定後の適切な維持管理にあたり、原水水質特性を把握することは最重要事項であると言っても過言ではない。しかしながら、原水水質特性に影響を与える因子は多く存在し、それらが複合的に関与しているため、容易に特性を把握しにくい水道原水が多く存在する。施設計画時と比べ、原水水質が悪化しているという面もあるが、そのような水道原水を使用する浄水場の中には、原水水質に対応すべく浄水システムの一部改変を余儀なくされている施設も見受けられる。

浄水施設更新の時代を迎え、原水水質特性を総合的に評価し、原水条件に応じた最適な浄水プロセス選定方法を確立することは非常に重要である。そこで、水質評価委員会では、さまざまな視点から原水水質の分類・評価・解析を行い、わかりやすい形で原水水質特性を整理する活動を開始した。そして、この活動や成果を通じて、水質条件に応じた最適な浄水プロセス・水質管理体制の確立に寄与することを目指している。

3. 浄水処理技術の機能評価に関する検討

かつては水道施設の計画・設計におけるバイブルであった「水道施設設計指針」が水道普及率の向上に多大なる貢献をしてきたが、その反面、多様な日本の水道原水に対しても画一的な浄水施設を増やす結果となってしまう、中には原水水質に適した浄水システムとは言い難い施設も見受けられる。さらに近い将来、水道技術者の大半が定年退職する見込みであり、維持管理面の観点からも適切な施設更新計画を策定することが重要となってきた。

一方で、新しい技術といわれていた膜ろ過技術も、近年では広く普及が進み、数万 m³/日規模の浄水場への導入事例が現れ始めている。多様な原水に対して、従来の基本技術から膜を始めとした新しい技術など処理プロセスの選択肢は非常に幅広くなっており、さらには、維持管理性まで考慮すると、施設更新に際して一体どのよ

うな処理システムが最適なのか、その評価も難しくなってきたと言える。

本検討では、既存浄水場の処理機能に関して幅広い調査を実施することで原水水質と処理プロセスの関係等を整理し、それぞれの浄水プロセスの処理機能に関する評価を与えることが、浄水施設の新設や更新等を行うための最適浄水処理プロセスの検討に際して大いに参考になると考えている。そして、それぞれの浄水場の原水水質、要求処理水質、既存施設の状況、維持管理体制などに応じて、必要となる処理プロセスを容易に選択できる指標となるような資料を作成することを目的としている。

4. 浄水施設の環境評価に関する検討

平成17年2月16日にロシアの批准を受けて発効した京都議定書は、二酸化炭素やメタンなどの温室効果ガスの削減を義務付けており、安全な水道水の供給の責務を負ってきた水道事業者も、資源エネルギーの消費量の削減を目指す必要が生じてきた。

このような時代背景を踏まえ、水道事業者が浄水施設の環境評価としてライフサイクル・アセスメント(LCA)を行う際の方法を確立し、広く水道事業体に提供することを目指す。

本検討グループでは、今後予想される浄水施設の大規模更新時期を見据えて、最適な浄水システムを選定する際の指標としてLCAを導入することを検討しており、そのために、水道施設全体の中で特に浄水施設を中心に検討を行い、社会的関心の最も高い二酸化炭素排出量とエネルギー消費量を評価対象として研究を進めている。

LCAの手法自体は既にISO14040シリーズ内で規格化されているが、水道業界における実施例は限られており、その概念が広く知られているとはいいがたい。そこで本委員会は、浄水施設を対象としたLCAの具体的な実施例や計算手法を示すことにより、水道界におけるLCAを用いた環境評価の取り組みの推進を図る。

研究成果としては、LCA実施のためのマニュアルのような形で出版・公開し、水道事業者のみならず、水道にかかわる関係者に利用していただくことを目標としている。

5. 水道原水の臭気評価に関する検討

河川の水質事故は、水道の信頼を損なうものとして重要である。このうち水道原水に関しては、水源の汚染に伴う異臭味があり、例えば工場からの排水中に含まれる汚染物質による河川汚染とそれに伴う浄水場原水の水質悪化、流出事故や違法な投棄等による突発事故に対応する必要がある。

しかし、河川の監視、特に連続監視に関しては一水道事業者で行うことは困難な状況である。

このため、河川の水系全体の監視を水道事業者が連携して行うことは意義深いものと考えられる。

そこで、今回は相模川・酒匂川水質協会及び淀川水質協会と連携して研究開発を行い、連続監視を含めた両河川の異臭味等に対する事故原因とそれに関連する要因を解析することで、河川の異臭味事故に対応する研究開発を行うこととした。

B. 研究方法

主任研究者、分担研究者のもと、学識者、水道事業者、民間企業の技術者で構成される総合研究委員会を設置し、そのもとに研究課題に応じ5つの研究グループを設け研究を進めた。

1. 浄水システムに関する検討

前述の課題・目的に対応するため、(1)水質に応じた処理方式の構築、(2)合同実験、(3)文献調査、の3つのテーマに分けて研究を進めている。以下にテーマごとの研究方法を説明する。

(1) 水質に応じた処理方式の構築

本テーマは研究課題の中心をなす。主として個々の浄水プロセスの評価および浄水システムの構築、選定手法の開発と望ましい処理水質の設定を行う。既存のシステムのデータ収集や解析では不十分と考えられる部分については、実証実験や文献調査により研究を進めることとし、テーマ(2)および(3)を設定した。

(2) 合同実験

合同実験施設は、神奈川県内広域水道企業団綾瀬浄水場に設置し、大別してA系(アルミニウム系凝集剤)、F系(鉄系凝集剤)

の2系列からなる。両者は同等の処理フローであるため同一の比較実験が可能である。

原水は浄水場着水井からポンプアップしており、A系、F系それぞれに分配される(各460m³/日)。

「鉄系凝集剤+膜ろ過処理」のプラント実験を行い、凝集剤注入率や攪拌条件、前処理方法等についてシステム評価のためのデータを収集した。具体的には、凝集剤としてPAC(A系)、塩化第二鉄(F系)を使用し、膜ろ過を組み込んだ以下の2処理システムおよび従来の急速ろ過システムの運転を実施して比較検討を行っている。

凝集→フロック形成→沈澱→膜ろ過
凝集→直接ろ過→膜ろ過

(3) 文献調査

本テーマの目的は、浄水場の運転データ、水質データや実証実験では集められないデータを収集して、各処理プロセス、浄水システムの評価のために用いることである。

海外で実績があり日本の知見が不足していると考えられる「ナノろ過」「紫外線照射」「イオン交換」「電気透析」「吸着・晶析」「逆浸透」「過酸化水素」「AOP処理」の8技術分野を対象として、各技術分野の処理性能等に関わる数値情報を抽出することとした。

2. 水質評価に関する検討

(1) 水質関連情報の収集、整理

原水・浄水水質及び原水水質に影響を与える因子に関するデータを幅広く収集した。また、他省庁を含む水質情報源調査や水質評価を主体とした文献検索等も行い、原水水質に関連する情報がどのような形で存在し、どのように評価されてきているかについても整理した。

(2) 原水水質の分類、解析

整理したデータと資料をもとに、さまざまな視点(時間変動、経年動向、地域特性等)から分類・評価・解析を行い、原水水質特性をまとめた。

(3) 水道事業体の水質管理への取り組み事例調査

水道事業体より、原水異常時の対応事例、水源の監視と保全対策、運転管理基準の内容等について聞き取り調査を行い、事例集、パターン認識(水質事故対応の体系をパタ

ーン化する等)などの形でまとめる。

3. 浄水処理技術の機能評価に関する検討

平成17年度は、日本の浄水処理状況を把握するために、水道統計(水質編)のデータを分析した。水道統計によって得られた原水水質および浄水水質と各浄水場の処理システムに関するデータから主要水質項目に関する傾向を示すことができた。しかし、水道統計によって得られる浄水水質データは、そのほとんどすべてが水道水質基準をクリアしたデータであり、また、原水および浄水の最大値のデータにデータ採取時期の同期がとれていない(原水最大値と浄水最大値のサンプリング日が違う)。そのため、例えば緩速ろ過方式で処理できる原水水質の限界はどの程度かといった評価を行うことが水道統計からは困難であった。したがって、目的である処理プロセスの機能評価を行うには、より詳細な調査が必要であり、特に原水の状況がその処理システムにとって限界に近いかあるいは処理困難な状況(豪雨時や藻類増殖時など)における運転状況や水質状況のデータを収集し、それらに対して検討していくことが必要である。

よって今年度は詳細データの収集を行い、それらのデータを用いて機能評価手法を検討した。

(1) 浄水処理方法ごとの機能調査

平成17年度に実施したアンケート結果、収集した水質年報等の情報などから対象を絞り、ヒアリング時に調査する内容についてフォーマットを作成し、選定した浄水処理方法ごとの機能の調査を行った。

(2) 水質データ等の収集

ヒアリング調査時に浄水場の運転管理の詳細なデータ(水質、水量、薬品注入率等)の収集も併せて行った。また本研究に参画している水道事業体の浄水場の浄水プロセスの水質データを収集した。

(3) 機能評価手法の検討

収集した水質データ、浄水の設計諸元等を用いて、浄水処理機能の評価手法及び評価手法の表現方法について検討した。

水質データの解析方法については、まず、基礎的な統計処理として水質、薬品注入率、水量等収集した毎時データごとの単相関係数を計算し、個々の項目間の相関性を評価

した。次に、沈澱池出口濁度、沈澱池出口粒子数、ろ過池出口濁度、ろ過池出口粒子数を目的変数として重回帰分析を行い濁質の処理性と相関が高いと考えられる因子を抽出した。重回帰分析に際しては、pH、アルカリ度、PAC 注入率など高すぎても低すぎても処理性に良い結果を与えないと考えられる変数については示すカテゴリーデータ化を行い分析した。

4. 浄水施設的环境評価に関する検討

(1) LCA の手法

ライフサイクルアセスメント (Life Cycle Assessment : LCA) は、製品やサービスがそのライフサイクル全般にわたって環境に及ぼす影響を定量化する手法であり、算出方法としては、「積み上げ法」、「産業連関法」、「両者の組み合わせ」の3通りがあるが、本研究では「積み上げ法」を採用し、浄水施設を構成する種々の資機材や製造工程等を可能な限り列挙して環境影響を積算することとした。

「積み上げ法」とは、製品を構成する素材の重量等に対して、各素材の単位重量あたりの製造・加工などによって発生する環境負荷を表す「原単位」を掛け合わせて積み上げることによって算出する手法である。

LCA の基本的な流れは「インベントリ分析」→「インパクト評価」→「影響評価」のような段階から構成されるが、本研究ではまずエネルギー消費量と二酸化炭素排出量を対象としたインベントリ分析に重点を置いて研究を開始することにした。

(2) データの収集

環境負荷算出の基礎となる浄水施設の構成要素のデータは、実際の浄水場の設計資料を入手し、各設備を構成する資機材の素材、重量、数量、容積などを拾い上げた。

浄水処理フローとしては、「凝集沈澱+砂ろ過」、「膜ろ過」、「凝集沈澱+オゾン+活性炭+砂ろ過」の3方式を検討の対象とし、施設規模は 20,000m³/日を基準とした。

設計資料を入手した浄水施設の仕様が、浄水場固有の事情により標準とはかけ離れている場合 (例えば、電気設備の規模が将来の増設・拡張分を含んでいる場合、沈澱池とろ過池の設計数量が一体で計上されて

いる場合など)、標準的な仕様に基づいて数量を算出しなおした。浄水用薬品の注入率やポンプの運転時間などは、実際の浄水場の運転状況を参考に、標準的な値を設定した。

また、積算におけるもう一つの重要な要素である原単位の収集は、関連文献などから収集するとともに、(社)産業環境管理協会が運営している日本 LCA フォーラムの会員サービスである LCA データベースを利用して収集を行っている。

しかし、それでも入手できないものについてはメーカーに問い合わせなどの独自調査を行っている。たとえば膜ろ過施設における膜モジュールや、オゾン処理施設におけるオゾン発生装置について、関連団体や製造メーカーに対して情報提供を依頼している。

(3) 積算の方針

環境負荷は施設の建設・運転・更新・廃棄の各段階に分けて積算した。「建設」は主に建設資材の製造による負荷、「運転」はポンプ、電気設備などが消費する電力によるものである。「更新」は設備の耐用年数を土木：60年、建築：50年、DCIP・鋼管：40年、機械：15年、電気：20年のように設定し、耐用年数ごとに設備の製造による負荷が発生するとして算出した。「廃棄」は事業終了時に施設を解体し、廃棄資材を最終処分場まで運搬するまでを算出した。

また、積算は各プロセスごとに分けて行い、例えば「凝集沈澱+砂ろ過」の「砂ろ過」が「膜ろ過」に置き換わった場合、システム全体の LCA がどのようになるか、概算の検討ができるように考慮している。

5. 水道原水の臭気評価に関する検討

(1) 水質予測モデルによるシミュレーション

相模川水系において、水質事故や臭気原因物質等が発生した場合の水質汚染の進行状況を水質予測モデルによるシミュレーションを用いて把握する。対象区間は、水系が複数の水源や導水路が複雑化しているため、下流側約 10km に限定して実施している。対象物質は PRTR 管理物質、過去に事故例のあった物質、合同実験で検出された物質およ

び農薬等とし、これらの中から臭気の有無、物性値等で数物質に絞り込みを行っている。

また、水質予測モデルを用いたシミュレーション結果に基づき、相模川水系の影響予測を行っている。

(2) 対策技術の確立について

①文献調査

2-MIB, ジェオスミンに関するAOP情報の整理、(厚生労働省認可に必要な資料の抽出、海外文献、事例調査等)

②対策技術の整理

個々の臭気原因物質等に関する対策技術について、流入経路や発生頻度を考慮して適用範囲を整理している。

(3) 合同実験

臭気原因物質の迅速検知を目的として、相模川水系の寒川取水場内にVOC計を設置し、オンライン監視を行っている。また、油分計、油膜計、濁度計、pH計、アンモニア濃度計、導電率計等の複数のセンサーによる連続記録データと併せて、未知の臭気原因物質との関連因子を模索している。

さらに、上記のVOC計、油分計、油膜計等の警報をトリガーとして採水(10L程度)を行い、採水試料についてはGC/MSで原因物質の絞り込みを行っている。

一方、取水場下流の浄水場で臭気が発生した場合には、状況を記録し、オンライン計測器の計測データとの相互検証を行っている。

C. 研究結果

1. 浄水システムに関する検討

(1) 水質に応じた処理方式の構築

現在行っている作業は

1) 処理システムの類型分け

2) 処理システムの水質因子、操作因子の抽出

3) 機能評価手法の検討

4) 望ましい浄水水質のレベル別設定

に分けられる。以下、それぞれの研究結果を報告する。

1) 処理システムの類型分け

最終的には処理プロセスの機能評価の積み上げから、水質に応じた処理システムを構築することになるが、既存データの活用や作業の進行を容易にするために12の基

本的な処理システムを設定した。

2) 処理システムの水質因子、操作因子の抽出

浄水処理方法検討において重要となる水質項目として40項目を抽出し、各々のシステムに関してシステム全体での各水質項目毎の除去性能、さらには各処理プロセスに分解して各々のプロセスでの各水質項目の除去性能並びに運転操作・監視に関わる重要な水質項目を分類整理した。加えて処理性に係わる操作因子(運転条件等)のリストも各処理プロセス毎にまとめた。

3) 機能評価手法の検討

評価手法の検討においては基本12システムに再分類してデータを取り扱い検討を行うこととした(前塩素注入や粉末活性炭の注入の有無の影響は個々の水質項目の評価手法の一操作因子として評価・検討することとした)。これは統計的評価を試みること、水質項目により影響が異なるため操作因子(塩素注入率等)と併せて個々の水質項目毎に評価していくことで判断できると考えたためである。

また、基本システム毎の原水水質-処理水水質の関係、ならびに累積頻度分布をまとめた。

プロセス評価手法の検討においては、機能評価の検討グループとの協力により、各処理プロセスデータの収集及び操作因子に関わる事業体ヒアリングを行った。

4) 望ましい浄水水質のレベル別設定

本項目は適切な浄水システムを提示する際の評価基準として必要となるものである。水道水質管理の基本となる水質基準は水道法第4条の規定から、人の健康に対する悪影響(急性及び慢性)を生じさせない、異常な臭味や洗濯物の着色などの生活上の障害をきたさないという観点から設定されている。一方、多くの水道事業体では、水道水の品質の均一性を確保するとともに、より安全でおいしい水を安定的に給水するため、国が定めた水質基準値・目標値よりさらに厳しい管理目標値を原水の特長や浄水システム、浄水処理技術の水準から各々設定し浄水管理がなされている。

本年度は、「望ましい浄水水質のレベル別設定」に関する基本的な考え方について検討を行った結果、ここでの「浄水」とは、

最終プロセス出口（後塩素注入前）と考える。「望ましさ」に関しては、

- ① 通常の浄水システム（凝集沈澱＋砂ろ過）において適切に運転管理がなされている場合に達成可能なレベル
- ② 通常の浄水システムではシステムの見直しが必要と考えられるレベル
- ③ 高度浄水システムにおいて目指していくレベル

に設定していくこととした。

(2) 合同実験

- ・ 平成 18 年度は、綾瀬浄水場原水に対し、アルミ系凝集剤と鉄系凝集剤を用いた場合の、凝集条件を調査した。その結果、従来の急速ろ過法での条件として、凝集 pH 値 6.8、急速攪拌 G 値 320 s^{-1} 、凝集剤注入率 20 mg/L を決定した。
- ・ 連続実験では、平成 18 年度は、最初に、急速ろ過法に適した凝集条件にて、運転を開始した。膜ろ過の前処理は、沈澱と直接ろ過の 2 種類で比較した結果、膜ろ過の流入濁度（累積中央値）は、 $F-2 > A-2 > F-1 > A-1$ の順であった（図 1）。
- ・ 膜ろ過は、透過流束を $3 \text{ m}^3/\text{d}$ まで上昇させた運転を行うことができ、最終の補正流束値は、 $F-1 > F-2 > A-2 \approx A-1$ の順位となった。

(3) 文献調査

浄水処理技術全般を対象とした文献調査を行うことと文献調査結果を後に活用しやすいように整理を図るために、文献抄録の作成に取り組んだ。

抄録の作成対象となる文献を抽出するために、科学技術振興機構データベースサービス（J Dream II）を利用して所定の検索条件

により 2822 編の文献を抽出した。J Dream II の抄録内容から要否を判断したところ、1060 編が「要」と判断された。このうち、抄録作成（全文精読）の対象を、海外で実績があり日本での知見が不足していると考えられる 8 技術分野に絞り文献を選定した。

これらの対象文献の全文精読を行い、最終的 182 編の抄録を作成した。

2. 水質評価に関する検討

今年度は事業体提供データの収集と整理、水道統計水質データによる原水分類（クラスター解析）、事業体直接ヒアリングに取り組んだ。

(1) 事業体提供データの収集と整理

年平均水質データなどを収録されている水道統計データだけでなく、より詳細な水質データ及び関連情報を収集すべく、参画水道事業体に水源の種類、浄水フロー、処理量、地域性等を考慮して選定した事業体を加えた計 34 事業体に対してデータ提供の依頼を行った。

この依頼に対し、ほぼ 100% の回答が得られたが、測定項目や測定頻度については、大きなばらつきがあった。

入手したデータは 33 事業体、129 浄水場（最大年）の 1994、1996、2000 の三年分の原水と浄水水質項目別の測定結果であり、これら浄水場の 1 日平均浄水量は全国上水道・水道用水供給事業の総浄水量の約 40% を占めている。

これらの提供データに対して、まず浄水システムの検討グループからの依頼に沿った整理作業を実施した。内容は、「浄水処理フローごとの原水水質と浄水水質につい

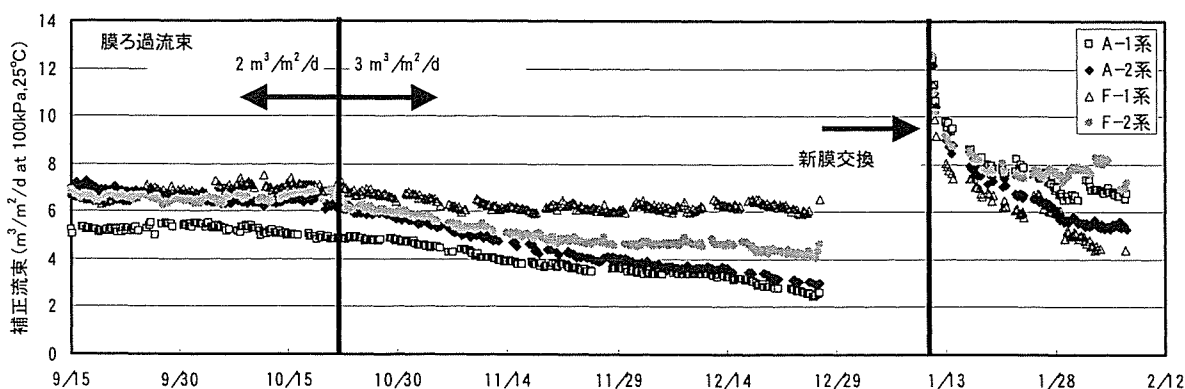


図 1 補正流束の推移

て」であり、以下の手順で作業を行った。

①各浄水場をフロー分類

粉炭注入・塩素注入点を区別した場合：
34 フロー
粉炭注入・塩素注入点を区別しない場合
(※)：5 フロー

※浄水システム委員会による基本フロー分類に基づく

②フローごとに整理水質項目(29 項目)について下記作成

- ・平均値、最大値、最小値、中央値の表(原水・浄水)
- ・散布図(原水・浄水)
- ・累積分布曲線(原水、浄水)

その後、粉炭注入・塩素注入点を区別せず分類した5フローのうち、データ数の多い凝集沈澱ろ過のフローのみ粉炭注入・塩素注入点を大まかに区別し3フローとして、再度整理した。整理結果の代表図として、有機物等(過マンガン酸カリウム消費量)の散布を図2に示す。

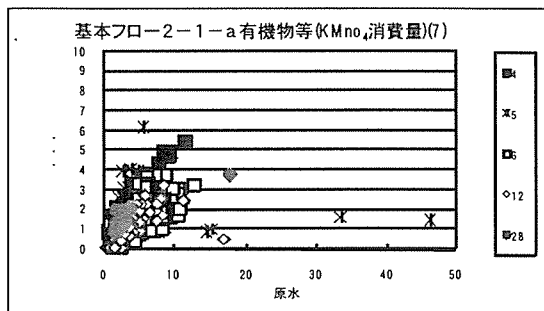


図2 有機物等(過マンガン酸カリウム消費量) 散布図(原水・浄水)

(2) 水道統計水質データによる原水分類(クラスター解析)

水道統計は水質データが年単位(最大値、最小値、平均値)、処理フローの順番が不明、各処理プロセスが一時的なものか恒常的なものであるか不明等当委員会として欲しい情報が不足している面があるが、全国多数の浄水場水質がわかりやすくまとめられており、原水水質の分類・解析に用いるデータ候補の一つとして挙げられる。本データを用いて、以下の要領で原水分類を試みた。

①採用データ

平成16(2004)年度の水質データを対象と

した。

②解析方法

複数項目の水質測定データをもとに水道原水の分類を行うことを考え、クラスター解析(異質なものの混ざり合っている対象の中で、互いに似たものを集めて集落(クラスター)を作り、対象を分類しようという方法を総称したもの)手法による分類を実施した。

③クラスター解析条件

有効なクラスター解析を実施するためには、個々のデータの重みに均一性があること、母集団の数(N数)がある程度確保されていること、適切な分類数を設定すること等が必要である。また、分類結果を浄水プロセスの選定に結びつかせるためには、プロセス選定との関連性が深い水質項目を選定することも重要である。

上記事項を踏まえ、地表水系の原水に対して様々な条件で解析を実施した。

◆ケース1

水質項目：pH、濁度、有機物等(過マンガン酸カリウム消費量)、マンガン計4項目の平均値

測定頻度：12回以上

サンプル数：293

分類数：5

◆ケース2

水質項目：ケース1の4項目+2-MIB、ジェオスミン計6項目の平均値

測定頻度：4回以上

サンプル数：289

分類数：5

(3) 事業者直接ヒアリング

原水異常時の対応事例、水源の監視と保全対策、運転管理基準の内容等を調査すべく、事業者ヒアリング設問表を作成し、2006年12月初旬よりヒアリング(18浄水場)を実施した。また、参画水道事業者にも調査を依頼した(現在77浄水場から回収)。

3. 浄水処理技術の機能評価に関する検討

(1) 全国水道研究発表会講演集((社)日本水道協会)の調査

浄水場の機能評価に関連する文献を調査するため、過去10年間(平成9年~平成18年)の講演集から132文献を抽出し、処理プロセス毎(粉末活性炭処理、生物処理

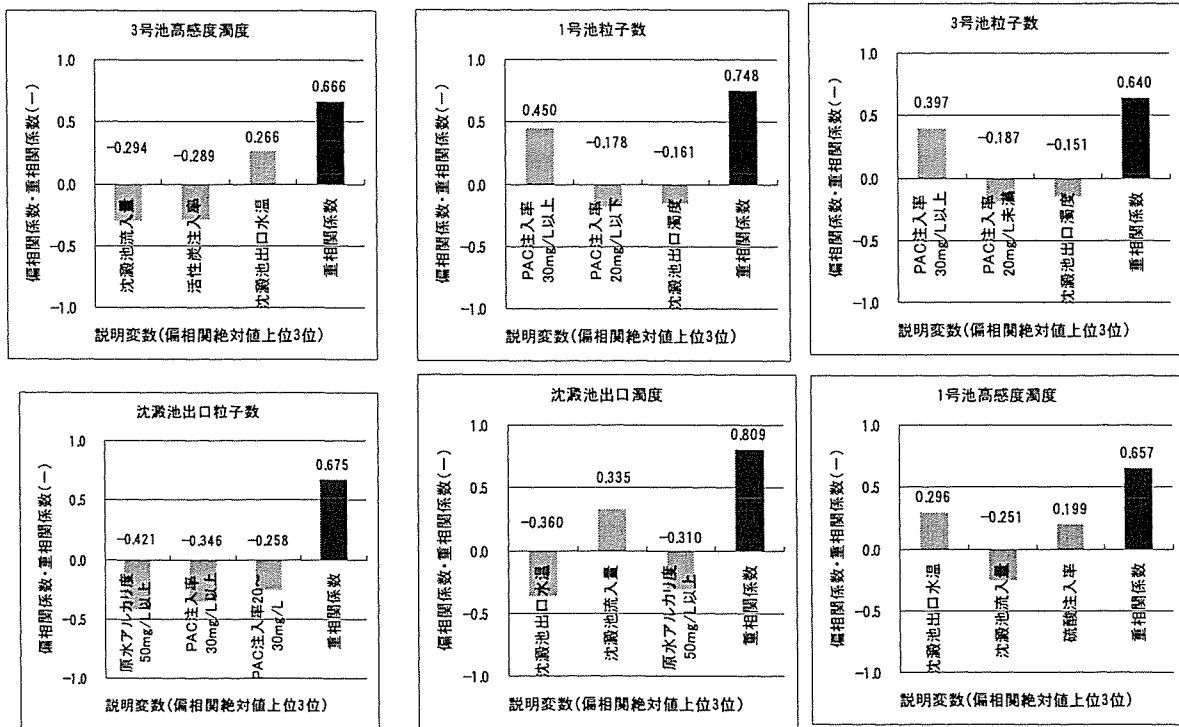


図3 濁度・粒子数に関する重回帰分析結果

等)に整理した。なお、整理した文献は、浄水場のデータ解析結果を補完する資料にする予定である。

(2) 浄水場ヒアリング調査

昨年度実施した水道事業体へのアンケート結果、収集した水質年報及び全国水道研究発表会講演資料等より、ヒアリング調査箇所を検討・選定(17水道事業体、18浄水場)し、ヒアリング調査を実施した。主なヒアリング結果を以下に記す。

- ・近年の傾向としては、浄水場を建設した当初と比較して原水のpHが高い傾向(7~9)になってきている浄水場が多く、pH調整剤注入設備の設置が進められている。

- ・降雨等により濁度が上昇しても浄水処理に対する大きな影響はあまりない浄水場が多い。

- ・ダム等による富栄養化のため、藻類が発生しているが、富栄養化対策(噴水式循環装置等)や水質の経年変化により障害となる藻類が変化してきている。

なお、ヒアリング調査の体系的なとりまとめは、次年度に実施する予定である。

(3) 浄水処理の機能評価手法の検討

① 収集資料

浄水場ヒアリングを実施した事業体およ

び本研究参画事業体から収集した詳細データは次のとおりである。

データ種類	収集数
時間データ	18
水質検査データ (中間プロセスデータ)	115
浄水場の設計諸元等	114

今年度は収集した時間データを用いて濁質の処理性についての解析を行った。

② 濁質の処理性とその要因 (A 浄水場の分析結果)

データ数としては、各項目について 5、658 点であった。

ア) 相関係数試算結果

薬品注入率と水質データなど運転操作と操作因子のような関係にある組み合わせを除くとそれほど高い相関は見られない。その中で沈澱池出口濁度、粒子数は原水アルカリ度、PAC 注入率等とやや負の相関がある。また、ろ過池出口の粒子数、濁度は沈澱池出口の粒子数、濁度と弱い負の相関がある。さらに、ろ過池出口粒子数は、PAC 注入率と正の相関があり、ろ過池出口濁度

は、PAC 注入率と弱い負の相関がある。

これらの傾向を示す明確な理由については不明な点も多く、他の浄水場についても解析していく予定である。

イ) 重回帰分析結果

・沈澱池出口

沈澱池出口濁度と沈澱池出口粒子数を目的変数として重回帰分析を実施した結果抽出された説明変数について偏相関係数の絶対値上位 3 つについてグラフ化した結果を図 3 に示す。

両者とも比較的良好な重相関係数となっており、重回帰分析結果はまずまず信頼に足ると解釈される。濁度と粒子数は両者とも濁質に関する処理性を測る項目であるが、アルカリ度と負の相関がある以外は、異なる変数が抽出されている。ただし、濁度では 4 位以下で PAC 注入率が抽出され、また、両者で原水 pH が抽出されるなど全体的な傾向としては近いものであった。

・ろ過池出口

ろ過池出口濁度とろ過池出口粒子数を目

下図に示す。なお、ろ過池の濁度、粒子数データは、洗浄の影響が大きいため、濁度、粒子数の 24 時間移動平均に対して大幅に乖離しているデータを 25%ほど棄却して解析した。

ろ過池出口粒子数で抽出された PAC 注入率については、高いとき（ここでは 30mg/L 以上）に粒子数が増加し、低いとき（ここでは 20mg/L 未満）に粒子数が減少することを示しており、沈澱池出口粒子数、濁度とは逆の傾向であった。

③濁質の処理性とその要因

A 浄水場で実施した浄水プロセスごとの処理水濁度影響因子の分析（処理水濁度を目的変数とする重回帰分析）について、2003～2005 年度の 3 年間のうち年度単位で時間データが収集出来た 5 つの浄水場を対象に分析を行った。そのうち 1 つの浄水場では 3 か年分のデータを得ることができた。

A 浄水場を含めた 6 浄水場の分析結果集計を表 1 に示す。集計方法については、分析の結果抽出された説明変数の偏相関係数

表 1 抽出説明変数の集計

説明変数		相関の傾向	沈澱池出口濁度					計
			1位	2位	3位	4位	5位	
原水	水温	+					1	1
		-	3	1				4
	濁度	+	2	3	1		1	7
		-						0
	高pH	+						0
		-						0
	低pH	+						0
アルカリ度		-			2		2	
	+				1	1	2	
	-	1		1			2	
PAC 注入後	高pH	+			1		1	
		-					0	
	低pH	+		1	1		2	
沈澱水		-					0	
	濁度	+					0	
		-					0	
運転	高PAC 注入(前)	+					0	
		-		1	1		2	
	低PAC 注入(前)	+				1	1	
		-					0	
	高PAC 注入(後)	+					0	
		-					0	
	低PAC 注入(後)	+					0	
		-					0	
	苛性注入	+					0	
		-					0	
	酸注入	+					0	
	-					0		
処理水量	+		1		1		2	
		-				1	1	

的変数として重回帰分析を実施した結果抽出された説明変数について偏相関係数の絶対値上位 3 つについてグラフ化した結果を

説明変数		相関の傾向	ろ過池出口濁度					計
			1位	2位	3位	4位	5位	
原水	水温	+	2	1	1			4
		-		1			1	2
	濁度	+						0
		-	1			1		2
	高pH	+				1		1
		-					1	0
	低pH	+					1	1
アルカリ度		-					0	
	+					1	1	
	-	2				3	5	
PAC 注		-				1	1	
	高pH	+		1	1		2	
		-					0	
沈澱水	低pH	+					0	
		-					0	
	濁度	+		2		1	3	
運転		-					0	
	高PAC 注入(前)	+				1	1	
		-				1	1	
	低PAC 注入(前)	+					0	
		-					0	
	高PAC 注入(後)	+	1		1		2	
		-					0	
	低PAC 注入(後)	+					0	
		-	1	1			2	
	苛性注入	+					0	
		-					0	
酸注入	+			1		1		
	-					0		
処理水量	+						0	
		-				1	1	

絶対値を高い順に整理し、上位 5 位までに抽出された数をカウントした。表中の相関の傾向は正の相関がある場合は+として整

理し、負の相関がある場合は－として整理した。

4. 浄水施設的环境評価に関する検討

(1) 「凝集沈澱+砂ろ過」の LCA 実施結果

「凝集沈澱+砂ろ過」のフローにおける LCA の試算を行った。施設の範囲は着水井から砂ろ過池、薬品注入設備までの浄水場内の施設である。

現時点においては、構成要素の数量、原単位などが未確定なものや、集計に考慮されていない要素などを含んでいる。

図4は事業期間を60年とした場合における凝集沈澱（着水井を含む）、砂ろ過、薬品注入の各プロセスの二酸化炭素排出量（LC-CO2）の試算の途中結果である。

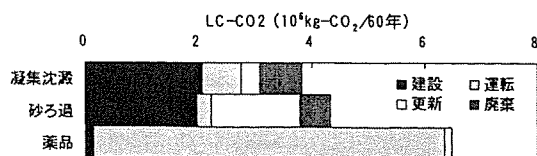


図4 凝集沈澱砂ろ過の LC-CO2

「薬品」の「運転」に関する寄与が相対的に非常に大きい結果となっている。これには次亜塩素酸ナトリウムおよび凝集剤（PAC）の製造および薬注ポンプの運転などが含まれる。60年という長期にわたって継続的に薬品が使用されることから、大きな負荷を占めていると推察される。なお、PACの平均注入率は20mg/L、次亜塩素酸ナトリウムの平均注入率は3mg/Lと設定している。

今後は薬品の原単位やポンプの運転時間などについて、さらに精査する予定である。

(2) 活性炭吸着池の試算途中結果

図5は活性炭吸着池の二酸化炭素排出量（LC-CO2）の試算の途中結果である。同じく事業期間は60年と設定した。

活性炭の交換頻度は、全国の処理水量10万 m³/日以下の浄水場における実績の調査結果をもとに、4年ごとに新炭に交換すると設定したが、活性炭そのものによる負荷が全体に対する大部分を占めており、特に砂ろ過等と比べて CO2 排出量が非常に大きい結果となった。

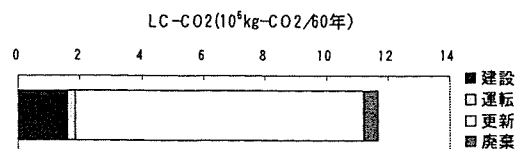


図5 活性炭吸着池の LC-CO2

なお、今後は膜ろ過やオゾン処理施設についても算出を行っていく予定である。

5. 水道の臭気評価に関する検討

(1) e-Water の研究事例レビュー

e-Water の第3研究委員会報告書より、本委員会に関連する課題を以下のとおり抽出した。

1) 水源水質データ評価・運用システム構築の課題

①予測精度向上に必要な水文等詳細情報網の整備

②技術開発課題

・2-MIB やジェオスミンなどにおいや味(異臭味)に関わる微量物質、さらには内分泌攪乱物質等の新規極微量有害化学物質を簡便かつ迅速に高感度に検出できるセンサや計器の開発。

・測定項目や測定頻度が増加傾向にある水質検査の迅速化・省力化・コスト削減のための代替指標や簡易計測手法の開発と活用促進。

2) 水源水質のモニタリングとシミュレーションに関する課題

①技術上の課題

ここで使用したソフトウェアは一次元のものである。しかし、支川の合流地点や公共下水道の放流口の近傍における水質を問題とする場合には、右岸と左岸の水質を分けて考える必要があるため、二次元のものを使用する必要がある。また、油分の場合には主に水の表面を移動し、風の影響をうけるため、これらのパラメータを考慮してシミュレートする必要がある。

②水運用

ピークカットによって減少した浄水を保障するためには、当該浄水場の配水系統に余裕をもたせたり、複数の水源で運用を行ったり、総合的な水運用システムの構築が不可欠である。

(2) 文献調査

下記の臭気関連文献2件について調査した。

- ①「水道水に生じた異臭(クロラミン様臭)について」伊藤ら、平成9年度大阪府年次報告書(1998、pp.473~482)
- ②「淀川における細菌の水質異変」伊藤ら、第49回全国水道研究発表会(1999、pp.514~515)
- ③2-MIB、ジェオスミンに関するAOP情報について(全44文献)

(3) 合同実験

平成18年7月より連続監視を実施しているが、平成19年2月までに有意な警報発生ならびに臭気発生は見られない。また、VOC計の性能評価として、VOC23成分標準混合希釈液(5 μ g/L)の添加実験を実施した。VOC計での計測値は図6、図7のとおりである。GC/MCによる測定値は表2である。VOC計とGC/MCにおける測定結果と比較すると図8のように相関が得られ、VOC計の検出値の信頼性が確認された。

表2 VOC23成分標準液5 μ g/Lの測定結果

	ゼロ水		RUN1		RUN2		RUN3	
	GC	GC/MS	GC	GC/MS	GC	GC/MS	GC	GC/MS
1,1-ジクロロエチレン	0.3	0.0	2.5	2.1	2.4	2.1	1.5	1.6
1,2-ジクロロエチレン	0.0	0.0	2.6	2.7	3.2	2.7	3.2	2.2
トランス-1,2-ジクロロエチレン	0.0	0.0	2.7	2.2	2.9	2.2	1.8	1.7
1,1,1-トリクロロエチレン	0.0	0.0	2.8	2.5	2.7	2.6	2.1	2.1
2,2,2-トリクロロエチレン	0.5	0.0	3.1	2.7	1.9	2.7	1.7	2.2
1,1,2-トリクロロエチレン	0.2	0.0	2.1	2.1	2.4	2.1	1.6	1.6
四塩化炭素	0.1	0.2	2.1	2.0	2.7	1.9	1.3	1.5
ベンゼン	0.1	0.0	2.4	2.2	2.5	2.3	1.9	1.9
1,2-ジブロモエチレン	-	0.0	-	3.3	-	3.4	-	2.8
トリクロロエチレン	0.3	0.0	-	2.2	2.0	2.2	1.8	1.8
1,1,2,2-テトラクロロエチレン	0.2	0.0	-	2.9	3.1	2.9	2.6	2.5
1,1,1,2-テトラクロロエチレン	0.0	0.0	2.4	3.1	3.1	3.2	2.4	2.6
1,1,2,2-テトラクロロエチレン	0.0	0.0	2.4	2.8	2.7	2.8	2.4	2.3
トリメチル	0.0	0.0	2.3	2.5	2.5	2.6	1.8	2.2
トランス-1,2-ジブロモクロロエチレン	0.0	0.2	-	2.8	3.0	2.8	2.2	2.4
1,1,1,1-テトラクロロエチレン	0.5	0.0	-	3.5	3.0	3.5	2.8	3.1
ジブロモクロロエチレン	0.0	0.0	2.4	2.0	2.4	2.0	1.6	1.6
ジブロモエチレン	3.8	0.1	1.5	3.2	1.3	3.3	0.8	2.8
1,1-ジクロロ-1-エチレン	0.0	0.0	4.8	4.2	4.0	4.1	3.5	3.5
1,1-ジクロロ	0.0	0.0	2.8	2.3	2.8	2.3	2.0	2.0
2,2-ジクロロ	2.7	0.0	3.8	3.4	2.5	3.8	0.8	3.2
1,2-ジクロロ	0.0	0.2	2.4	2.0	2.1	2.0	1.8	2.0

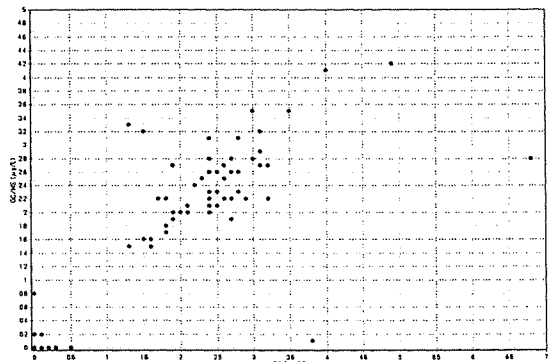


図8 ガスクロ VOC 測定装置と GC/MS の測定結果比較(プロモホルム除外)

(4) 河川流下シミュレーション

対象区間を相模川寒川取水堰上流 10km とした。水質予測モデル方程式に使う拡散係数を電気伝導度から計算した。図9に計算結果の一例を示す。河川流量の増加に伴う電気伝導度の低下は精度よく再現できた。流下および物質拡散は正確に計算することができることを確認したが、拡散に関するパラメータを同定するには至らなかった。

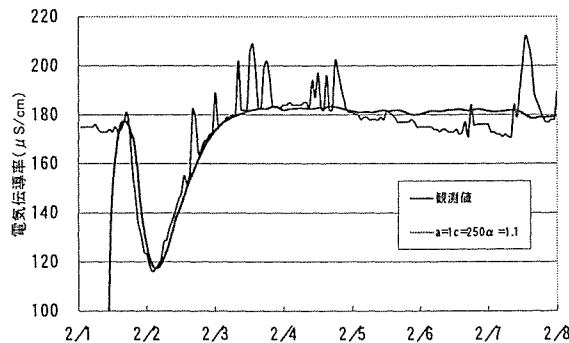


図9 電気伝導度の観測値と計算値の比較

(5) ヒアリング調査

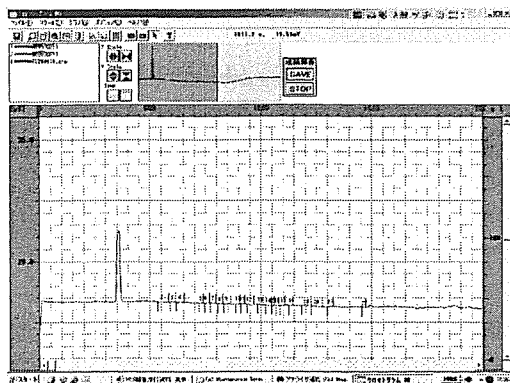


図6 ゼロ水(基準)クロマトグラム

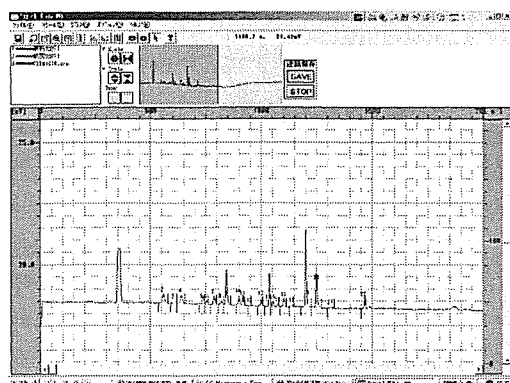


図7 RUN1(1h後)クロマトグラム

大阪府水道部、東京都水道局に訪問調査を実施した。

- 1) 大阪府水道部
 - ・ 村野浄水場（高度処理施設）
 - ・ 磯島取水場（原水水質の監視）
- 2) 東京都水道局
 - ・ 朝霞浄水場（高度処理施設）
 - ・ 水質センター（水源水質の監視システム）

D. 考察

1. 浄水システムに関する検討

- ・ システム構成の基本的な考え方として、最終プロセスを固液分離の砂ろ過または膜ろ過とし、溶解性成分処理のオゾン・活性炭処理、または活性炭単独処理と組み合わせ対応することとした。生物活性炭からの微生物の漏出やクリプトスポリジウム等への対応を考慮し、最終プロセスは砂ろ過または膜ろ過とした。促進酸化法、紫外線消毒、ナノ

ろ過等、国内でまだ十分な実データの無いものについては別途単位プロセスとして評価を行い、トータルシステムへの組み入れが可能なプロセスとしてまとめることとした。

- ・ 実浄水場での運転データに基づき、処理システムとしての処理性能、並びに、各処理プロセスでの処理性能を個々に評価する手法を検討した。多数の浄水場の実データに基づく除去性能の評価を統計的に行うには、原因を特定できる特異データの抽出とそれらの取り扱いにより相関係数ならびに信頼性が大きく変わるため、（非定常と特定できる）特異点の除去が一つのポイントといえる。結果の一例として、凝集沈澱＋急速ろ過のシステムにおける蒸発残留物について、全データでの評価結果と、雨天高濁時のデータを除いた評価結果を図10に示す。蒸発残留物の一般的な除去性能評価としては雨天時高濁データを除いた評価が適し

回帰統計	
重相関 R	0.872896
重決定 R ²	0.761948
補正 R ²	0.761789
標準誤差	24.73122
観測数	1499

分散分析表					
	自由度	変動	分散	達した分	有意 F
回帰	1	2930668	2930668	4791.546	0
残差	1497	915614.7	611.6331		
合計	1498	3846283			

	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	18.74279	1.401334	13.37496	1.27E-38	15.99401	21.49158	15.99401	21.49158
X 値 1	0.779206	0.011257	69.221	0	0.757125	0.801287	0.757125	0.801287

回帰統計	
重相関 R	0.972508
重決定 R ²	0.945772
補正 R ²	0.945733
標準誤差	11.91959
観測数	1408

分散分析表					
	自由度	変動	分散	達した分	有意 F
回帰	1	3483943	3483943	24521.59	0
残差	1406	199759.7	142.0766		
合計	1407	3683703			

	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	1.057629	0.738163	1.432786	0.152141	-0.39039	2.505647	-0.39039	2.505647
X 値 1	0.972489	0.00621	156.5937	0	0.960307	0.984672	0.960307	0.984672

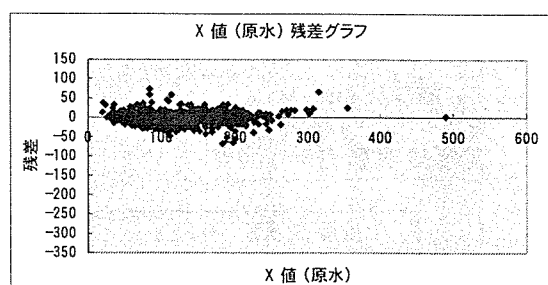
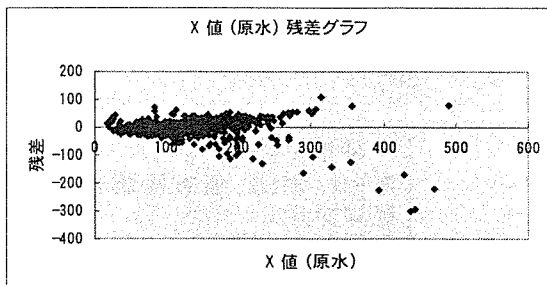
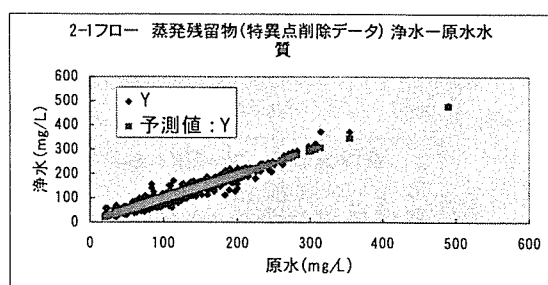
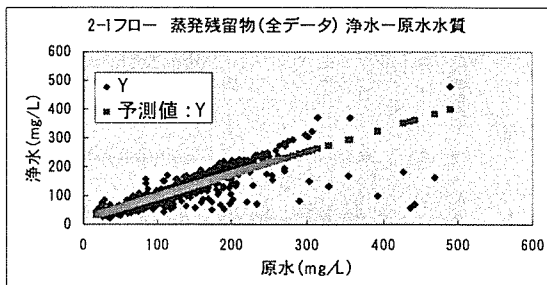


図10 凝集沈澱＋急速ろ過システムでの蒸発残留物の除去性能評価例

ていると考える。このように、システムとしてほとんど除去できない物質に関しては原水水質と浄水水質の散布図より回帰分析を行い統計的に除去できないことが示せることが分かった。今後各水質項目、システムフローでの特異点の限定、取り扱いに関して精査していく予定である。機能評価はそれぞれのプロセスの評価が基本となるが、最終的にはそれぞれ評価された機能を積み重ねてシステムを構築する必要がある。

(2) 合同実験

- 平成19年1月からは、急速ろ過法としては適正でない条件まで凝集剤注入率を下げて、膜ろ過の前処理を行った。結果についてはデータ集積が途中であることから、引き続き、平成19年度も継続し調査することとする。PACと比べると凝集剤を塩化鉄にすることで発生固形物量は2割程度増えるものの、汚泥の沈降性、脱水性が良いことから、設備規模としては濃縮槽が7割程度、脱水設備が8割程度とできることがわかった。また、等速沈降速度が速いことから濃縮槽でのキャリーオーバー対策にも塩化第二鉄が有効であると思われる。

2. 水質評価に関する検討

クラスター解析を行った結果、各ケースについて、次のような傾向が見られた。

(1) ケース1 (図11)

- クラスター1にダム直接取水が多い等原水種類の特徴が類型化に反映されていた。
- クラスターごとに、オゾン・活性炭処理の有無で分類し、各浄水水質を比較したところ、ある程度の関連づけを見出すことが可能であった。

(2) ケース2

- 臭気物質の濃度レベルによる特別なクラスターが形成された。
- 富栄養化に伴う水質悪化の影響が反映された水質分類となり、高度処理導入の妥当な関係が見られた。

なお、採用値を最高値にしたり、分類数を6以上にすることも試みたが、新たな傾向は見出せなかった。

また、地下水・湧水系のデータでもクラスター解析を試みたが、原水分類にある程度の特徴は見出せたものの、浄水水質との関連性については特別な傾向が見られなかった。

3. 浄水処理技術の機能評価に関する検討

解析結果より、異なる浄水場において因子に差異が現れるか、また、複数年度分析を実施した浄水場もあるので経年的な特性があるか、などについて考察した。分析に供したサンプルが少ない状態であるが、次のような傾向がある。

(1) 沈澱池出口濁度について

- 原水濁度との正の相関が最も多く観察された。原水濁度が高いほど沈澱池出口濁度

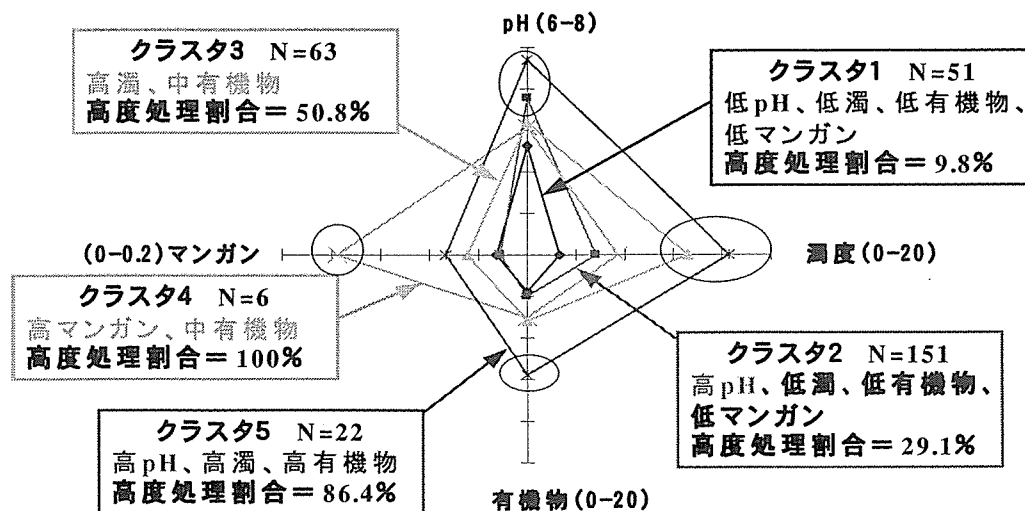


図11 ケース1におけるレーダーチャート

が上昇するという傾向は極めて常識的であるが、今回、統計的なアプローチでも同様の傾向を捉えることができた。

・原水水温との負の相関が比較的多く観察された。水温が高いほど沈澱池出口濁度が低下するという傾向については知られたことであるが、今回も同様の傾向を捉えることができた。ただし、正の相関を有する浄水場も1箇所見受けられ、今後、考察が必要と考えられる。

・原水 pH については、低いほど沈澱水濁度が低下する傾向があり、PAC の最適凝集域を考えれば妥当な結果と考えられる。

・PAC 注入については基本的に注入率を上げた方が沈澱水濁度は低下するようである。PAC 注入率として抽出された件数は少ないが、PAC 注入後の pH として抽出された浄水場もあり、この傾向はかなり強いものと想定される。ただし、PAC 注入後 pH が高い方に正の相関がある浄水場もあり、あまり過剰注入になると濁度処理に良い影響を与えない可能性もある。

(2) ろ過池出口濁度について

・水温についての因子が抽出された浄水場が多かったが、正・負両方について抽出されている。一般的には水温が低いほど処理性が落ちる傾向があると思われるが、原水として富栄養化したダム湖などを流域に有する場合、水温が高い夏期の方がより良好でない原水の処理を強いられることからろ過水濁度にも影響が出る可能性がある。これについては、今後データが蓄積したときに同様の傾向があるか考察する必要がある。

・原水アルカリ度が正の符号で抽出される浄水場が多かったが、この原因は不明瞭である。一般に原水アルカリ度は他の水質項目に比して変動が少ない項目である。ろ過水濁度もそれほど大きく変動する項目でないことから結果的に似た挙動になっているアルカリ度が抽出されている可能性がある。

・後 PAC 注入を実施している（データがある）浄水場ではそれが説明変数として抽出されたが、それ以外のところでは、沈澱水濁度と正の相関がある浄水場が多かった。

・ろ過池出口濁度は数値的に小さくバラつきが小さいことと、濁度除去のための薬品注入等の運転操作はあらかじめ沈澱池までで完了している（沈澱池からろ過池に入るま

で行う除濁のための操作は後 PAC くらいである）ため、原水の特長や運転方法（事業体のノウハウに基づく運転の傾向）によって抽出される因子がかなり変化するのが特徴的である。よって、後 PAC のような除濁への影響が強い因子が加わるとそれが抽出されやすい傾向があると考えられる。

(3) 時系列的な傾向について

・経年的傾向については、高い相関で抽出される説明変数が大きく変わることはなかった。また、1箇所について実施したのみであるが、原水や浄水フローが変更になった場合など根本的な変化が生じない限り、大まかな傾向は変化しないものと考えられる。

今年度は機能評価に用いる浄水場の詳細なデータを収集し、主に濁質に関する機能評価の検討を試みた。次年度は、引き続き収集したデータを用いて機能評価手法及び表現方法の検討を継続して行っていく予定である。また、その他重要な水質項目についても評価手法を検討する。データは収集した水質や設計諸元等のデータを用いて、解析を行っていく。解析した結果は分かり易い表現方法を用いて取り纏めていく予定である。

4. 環境評価に関する検討

これまでに得られた試算結果からは、浄水場の建設から廃棄までをトータルで評価した場合に、薬品や活性炭の消費に関する部分の環境負荷が、浄水装置の運転や施設自体の建設・更新と比較して、相対的に高いという結果が得られた。

今回の試算では水道施設で最もエネルギー使用の割合が大きいと予想される取水や配水に関する部分は含んでいないのでこの点の評価は必要であるが、凝集剤や塩素注入量の削減は、コストや汚泥発生量の低減のみならず環境負荷の低減にも大きな効果があることが示唆された。

LCA については、積み上げ法による算出は概念が明確で分かりやすい反面、対象を構成する素材や原単位に関するデータ収集が非常に膨大になる。設備によっては、積算の項目数が多いにもかかわらず全体の LCA 結果に対する寄与は低いというものも出てくる。

図12は凝集沈澱施設の設備毎におけるライフサイクル二酸化炭素排出量(LC-CO₂)と累積比率である(数値は建設から廃棄までの各段階を合計したものである)。沈澱池、フロック形成池などが高い割合を占めており、コンクリート構造物の建設に関する負荷が高いことを示している。一方、排泥設備、堰・ゲートなどの設備は寄与が非常に小さく、この部分の積算作業を省略しても施設全体のLCA算出結果に与える影響は少ない。

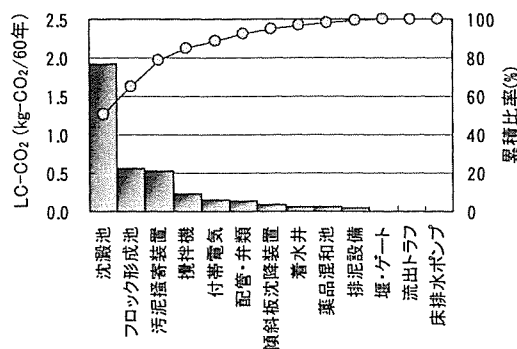


図12 凝集沈澱施設の設備毎におけるLC-CO₂と累積比率

LCAの手法では、積算の作業を省力化するために、例えば累積で5%以下となる項目については積算から除外するという手法(カットオフという)があり、今後はこのような手法を取り入れながら、効率的に精度の良いLCAを行うための手順・手法の検討を行う予定である。

また、LCAの結果をどのように評価するかは重要な点である。良質な浄水を得るために高度処理を導入した場合、従来処理に比べて総量のエネルギー消費量や二酸化炭素排出量は大きくなることが予想される。その場合、環境負荷の増加分と水質の向上分を総合的に評価することや、高度処理による環境負荷は世の中のその他の活動(自動車の走行やペットボトル水の海外からの輸入など)に比べてどの程度に相当するかなどを評価して、総合的に判断する必要がある。今後はこのような視点から検討を進めていく予定である。

5. 水道の臭気評価に関する検討

VOC計により連続監視実験は現在まで有用な測定結果はでていないが、引き続き監視を行う。また、原水に河川事故が想定さ

れる化学物質を添加してVOC計との相関関係を調査する。

シミュレーションについては拡散パラメータの同定の可能性について検討を進める。また、溶存しているものと油のように浮上しているものの挙動違いについても検討を加える。今後このシミュレーションも用いて、相模川水系の汚染物質による影響予測を行う。

【管路技術部門】

A. 研究目的

老朽化した管路施設の更新・改良については、健全な水循環の形成という観点から、衛生面や環境負荷面に配慮し、効率的・計画的に行わなければならない。しかし、管路の大部分は地中に埋設されており、その状況が容易に把握できないため、管路更新を効率的・計画的に行うには、残留塩素の減少・消失等の水質劣化調査や、非開削等による物理化学的調査、各種センサー技術などを応用して適用を図り、管路機能の低下や管内外面の劣化状況を総合的に診断・評価することが必要であり、更新等の優先順位付けに役立つ、管路の老朽度診断手法ならびに要素技術の開発が望まれる。

本研究では、残留塩素の減少・消失等の水質変化を主な判断指標として管内面の劣化状況を診断・評価する手法の検討を行い、この点を従来の評価手法に取り入れることにより、管路の総合的な機能診断技術を開発する。

また、非開削等で管路の状況が把握できる診断技術の開発検討なども行う。

これらの研究により、各水道事業者が将来を踏まえて、今の段階から管路施設の老朽度や更新の必要性を総合的に評価し、効率的・計画的に管路更新が進められる支援することのできる技術の開発研究を目標とする。

B. 研究方法

本研究の実施にあたっては、学識者、水

道事業体、企業からの委員が参画する委員会を設置し、そのもとに研究課題に応じ 2 つの研究グループ委員会を設け検討を行った。

1. 第 1 研究グループ (老朽管路における水質劣化とその防止策等に関する研究)

平成 18 年度は、老朽管路における機能劣化と更新計画等に関する調査研究として、①水質と残留塩素減少に係る調査 (ラボ実験)、②管材質と残留塩素減少に係る調査 (ラボ実験)、③管の水理特性・老朽度と残留塩素減少に係る調査 (フィールド調査)、また、当面の水質劣化対策技術に関する調査研究として、①石灰注入による水質劣化防止効果に係る調査 (フィールド調査)、②管路における塩素注入方法に係る調査 (ヒアリング調査) および老朽管路と水質劣化に関する既知見の整理を行うための文献調査を実施した。

2. 第 2 研究グループ (管路の老朽度診断技術に関する研究)

昨年度に実施したアンケート調査、既存技術調査をもとに、①事業体独自マニュアルの内容調査、②水道用硬質塩化ビニル管路の診断技術の研究、③水道用バルブ点検データの分析、④有望既存技術の性能確認、⑤铸铁管における管体および土壌腐食調査等の調査、研究、分析、確認等を実施した。

C. 研究結果

1. 第 1 研究グループ (老朽管路における水質劣化とその防止策等に関する研究)

(1) 水質と残留塩素減少に係る調査 (ラボ実験)

管の水理特性・老朽度と残留塩素減少に係る調査 (フィールド調査) を実施した管路およびその上流に位置する浄水場より採水し、残留塩素濃度や各種水質 (濁度、pH 値、総アルカリ度、TOC、総硬度、蒸発残留物、電気伝導率、鉄、マンガン、紫外線吸光度 (E260)、色度等) の経時変化 (連続 24 時間) を計測し、水源水質の違いによる残留塩素濃度や各種水質の経時変化を計測した。

採水箇所：

- ① 横浜市水道局小雀浄水場
(横須賀市供給水 河川水+急速ろ過)
- ② 横須賀市上下水道局浦賀
(フィールド調査箇所)
- ③ 神戸市水道局千苅浄水場
(ダム湖+急速ろ過)
- ④ 神戸市水道局道場町
(フィールド調査箇所)
- ⑤ 神戸市水道局鹿の子台南町
(フィールド調査箇所)

浄水場で採水した浄水では、時間経過と共に残留塩素濃度の低減が確認されたが、フィールド調査箇所では採水した水は、ほぼ横這いとなった。

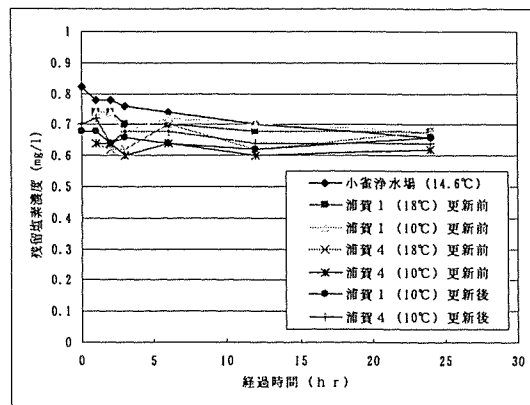


図 13 残留塩素濃度の経時変化 (横須賀市)

浄・配水拠点からフィールド調査での採水地点までの到達時間は、現時点では整理していないが、水質由来による残留塩素濃度の低減は一定時間を経過すれば反応が収束することが示唆されている。

すなわち、水質由来による残留塩素濃度低減の影響時間が把握できれば、老朽度調査対象管路までの滞留時間により、水質由来の影響を無視して管路による残留塩素濃度の低減度合いを測ることが可能である。

また、各種水質の経時変化において、濁度は老朽管路の方が高い傾向が見られるが、濁度自体が 0.1~0.2 程度であることから、濁度をもとにした老朽度の評価は困難であると考えられる。

鉄およびその化合物および色度は、フィールド調査で採水したものは、採水時から経験的に一旦上昇し、下降する傾向が見ら

れる。メカニズムに対して現時点では考察を行っていないが、老朽度を評価する手法に繋がる可能性が考えられる。

(2) 管材質と残留塩素減少に係る調査(ラボ実験)

老朽管が水質に与える影響を評価する調査を実施するにあたり、フィールド調査を実施した横須賀市上下水道局の実管路から無ライニング铸铁管および鋼管(セメントモルタルライニング)を、また、鋼管(液状エポキシ樹脂塗装)の新管を管材メーカーから提供いただいた。

計3種類の供試管を用いて、管内に充水した浸出溶液(JWWA Z 108:2004)の残留塩素濃度や各種水質(濁度、pH値、総アルカリ度、TOC、総硬度、蒸発残留物、電気伝導率、鉄、マンガン、紫外線吸光度(E260)、色度等)の経時変化(連続24時間)を計測した。

供試管:

- ① 铸铁管(無ライニング)
(φ200 布設年不明)
- ② 鋼管(セメントモルタルライニング)
(φ200 布設年:S41)
- ③ 鋼管(液状エポキシ樹脂塗装)
(φ200 新管)

残留塩素濃度の経時変化について、無ライニング铸铁管とライニング鋼管の比較ではあるが、無ライニング铸铁管は明らかに残留塩素濃度の減少速度が速い傾向が見られる。

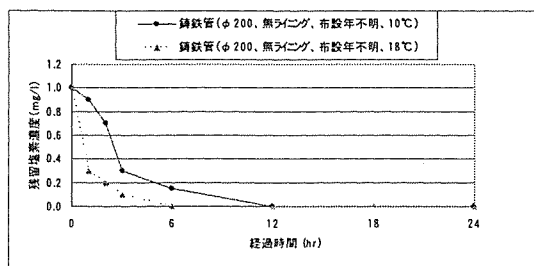


図14 残留塩素濃度の経時変化(無ライニング铸铁管)

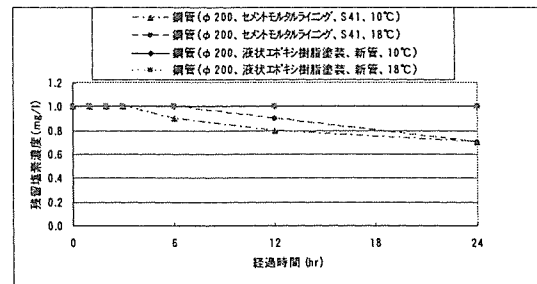


図15 残留塩素濃度の経時変化(ライニング鋼管)

k値(残留塩素濃度消費速度係数)では、1オーダー違う値となっている。ライニングが施されている場合は、経年管においても残留塩素の減少速度は小さい。

また、濁度および色度については、無ライニング铸铁管では、接触時間の経過に応じ上昇する傾向が見られた。実管路中で接触時間が長い場合は、濁度および色度により内面の錆びこぶの状況を把握できる可能性がある。

(3) 管の水理特性・老朽度と残留塩素減少に係る調査(フィールド調査)

管路の錆と残留塩素濃度の低下に着目して、実管路の管路状況、水質及び水理状況、残留塩素の減少量について基礎的なデータを収集するために、横須賀市上下水道局および神戸市水道局の調査対象管路の上下流において、残留塩素濃度、懸濁物質、電気伝導度、水圧等を平常時、滞留時、流速設定時(流速5cm/sec、10cm/sec)に分けて連続的(約1週間)に計測した。

調査対象管路

(横須賀市上下水道局)

- ① 浦賀(更新前)
 - DIP(φ300 セメントモルタルライニング S49)
 - S P(φ300 セメントモルタルライニング S39)
 - CIP(φ200 無ライニング 布設年不明)
- ② 浦賀(更新後)
 - DIP(φ300 セメントモルタルライニング S49)
 - S P(φ300 セメントモルタルライニング S39)
 - DIP(φ100 セメントモルタルライニング H18)
- (神戸市水道局)
- ③ 道場町
 - DIP(φ100 異形管無ライニング S41)
- ④ 鹿の子台南町