

200738009A (1/2)

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19年度 総括研究報告書

(1 / 2)

主任研究者 藤原 正弘

平成20(2008)年3月

平成19年度 総括研究報告書（1／2） 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

(参考資料)「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」

詳細報告資料.....29

I 総論

II-1 浄水システム委員会

II-2 水質評価委員会

II-3 機能評価委員会

※参考

平成19年度 総括研究報告書（2／2） 目次

I 総括研究報告書

(参考資料)「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

.....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」

II-4 環境評価委員会

II-5 臭気評価委員会

「管路施設の機能診断・評価に関する研究」

1. 要約

2. アンケート調査

3. 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

4. 管路の老朽度診断技術に関する研究

5. 基礎研究・基礎実験

6. 研究結果のまとめ

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

本研究は原水水質の変化に対応した浄水システムへの更新及び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、老朽管の残留塩素の消失等や漏水事故等の低減、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ともに、現在課題となっている施設更新の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目的に研究を行ったものである。

本研究は平成17年度から19年度の3か年で実施しており、平成18年度までの成果として、浄水技術部門では、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室内実験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。

研究の最終年度である平成19年度は、上記の分析・評価を継続実施した上で、得られた結果を統合・整理し、以下のとおり成果の取りまとめを行った。

(1)主成分分析及びクラスター解析により、日本全国の原水を水質面からグループ分けし、かつ、水質を統合化した数値で表現し、水質マップとして示すことができた。これにより、全国の事業体が自己の水道原水水質を客観的に評価することが可能となった。

(2)実証実験により膜ろ過システムの原水変動に対する水質安定性、「鉄系凝集剤+膜ろ過システム」の優れた処理水量の安定性、膜ろ過システム及び鉄系凝集剤の有効性などを確認し、今後さらに適用の幅が広がる可能性を示すことができた。

(3)浄水施設のLCA評価を手順化した「浄水施設を対象としたLCA実施マニュアル」の作成、及びVOC計による水道原水の異臭味物質の迅速検知とその対応手法を提案した。

(4)上記成果を統合することにより、原水水質を把握し目標浄水水質を設定することで、適切な浄水システムを選定することのできる手法を策定した。

(5)管の内面仕様や水理状況等から、水質劣化の大きな管路を抽出するための手法を明らかにすることができた。

(6)適切な管路施設の更新に向け、管路が老朽化した状況を把握し、管路更新の際の優先度の判断指標となる、統計的手法を用いた管路の老朽度診断手法（安全性評価モデル等）や効率的な管路の現地診断技術（衝撃弾性波法、磁気渦流探傷法等）について、適用の可能性を確認することができた。

以上、本研究により多くの浄水施設が本格的な更新時期を迎える今後において、水道事業体が新しい浄水システムを構築し、施設更新を円滑に進めるためのガイドラインを示すことができた。また、管路施設については、機能の劣化した施設の更新を支援するため、更新の優先度を明らかにするための実用的な手法を示すことができた。

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. 研究発表、G. 知的所有権の取得状況に
ついては合わせて記述する。

【浄水技術部門】

A. 研究目的

水道普及率が97%を超える日本において、水道は国民の健康維持に不可欠な施設であり、社会経済基盤として重要な役割を果たしている。「水道ビジョン」(平成16年6月)が指摘するように、水道は今後とも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することが必要不可欠である。しかしながら、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、水源水質の悪化に対応できる各地域の実情に合った浄水処理技術が求められている。

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ともに、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を研究することにより、健全な水循環の形成に資することを目的とした。

また、施設整備や更新に必要な指針作りを目指して刊行した「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ことを目指した。

研究内容は「浄水システムに関する検討」と「水道原水の臭気評価に関する検討」の2テーマを設定し、前者では原水水質に応じた最適な浄水処理システムの選定指針の作成を、後者では浄水処理システムの前段

で水質汚染事故、とりわけ水道に対する信頼性を大きく損なう臭気被害を回避する原水監視システムについての指針作成を目的とした。

1. 浄水システムに関する検討

(1) 水質に応じた最適浄水システムの選定手法に関する検討

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の分析・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、ある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の選定手順を策定する。
- 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、新たに浄水処理システムに組み入れる。

(2) 原水及び浄水水質評価

浄水処理システムの適切な選定及び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。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。

さまざまな視点から原水水質の分類・評価・解析を行い、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す。

(3) 浄水処理技術の機能評価に関する検討

かつては「水道施設設計指針」(社)日

本水道協会)が水道施設の計画・設計に大きく貢献してきたが、その反面、多様な日本の水道原水に対して画一的な浄水施設の増加を招き、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。さらには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、新しい技術とさ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、施設更新に際しての最適処理システム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によって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が、浄水施設の新設や更新等の際の最適浄水処理プロセスの検討に大いに参考になると考えられる。こうしたことから、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するための指針となるような資料の作成を目指すものである。

(4) 浄水施設的环境評価に関する検討

IPCC(気候変動に関する政府間パネル)の第4次報告書において温暖化の進行と影響に関する深刻な調査結果が明らかにされている中、水道においても「エネルギー使用の合理化に関する法律(省エネ法)」による一定規模以上の浄水場における省エネ活動報告の義務化などに伴い、環境に対する取り組みが一層求められている。安全な水道水の供給の責務を負ってきた水道事業体も、浄水水質の向上や安定供給だけでなく、資源エネルギーの消費量の削減を進めることが社会的な責務となってきた。

このような背景に基づき、本検討では、水道事業体が水道施設のライフ・サイクル・アセスメント(Life Cycle Assessment : 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的とした調査研究を行った。製品の製造から廃棄までの環境負荷を全体で評価する LCA の手法は既に多くの産業界で導入されているが、水道事業においてはその研究事例・導入実績は限られている。そこで浄水施設を対象とした LCA のケーススタディを実施し、処理方式の選定・計画等において LCA を実施する際の手順の確立や基礎的なデータの収集を実施した。特に、水道施設全体の中で特に LCA 評価が難しいと思われる浄水施設を中心に、二酸化炭素排出量とエネルギー消費量を指標とした LCA 手法の確立を目指した。

平成 19 年度は、本研究で検討した手法や結果を「浄水施設を対象とした LCA 実施マニュアル」として取り纏め、水道施設の計画・設計・運転管理等に携わる関係者における活用を図ることとした。

2. 水道原水の臭気評価に関する検討

水道事業においては、安全でおいしい水を求める需用者の要望に応えるため、臭気原因物質等に対する迅速な検出と適切な処置が求められている。臭気原因物質等としては 2-MIB、ジェオスミン及び油分が代表的物質として知られているが、それらが検出されていない原水においても、浄水処理後又は給水末端において臭気が発生する場合があります。このような臭気原因物質等をいち早く検出し、取水方法の変更や適切な浄水処理を行うことにより、安全性・快適性の向上を図る必要がある。

本検討では、より安全でおいしい水の供給に資することを目的として、臭気原因物質等に関する検出・評価方法の検討、対策技術等の整理を図ることとした。

B. 研究方法

主任研究者、分担研究者のもと、学識者、水道事業体、民間企業の技術者 166 名の研究協力者で構成された総合研究委員会を設置し、そのもとに研究課題に応じた 5 つの研究グループ委員会を設け研究を実施した。

1. 浄水システムに関する検討

(1) 水質に応じた最適浄水システムの選定手法に関する検討

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、の2つのテーマに分けて研究を進めた。以下にテーマごとの研究方法を示す。

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ものであり、主として望ましい処理水質（浄水目標水質）の設定、既存浄水フローや個々の浄水プロセスの機能評価及び新しい浄水システムの構築、最適浄水システム選定手法の開発を行う。平成19年度は、平成17～18年度に引き続き浄水場データ及び実証実験データの収集・整理を進め、それに基づく現状把握のうえに今後の浄水システムのあるべき姿を構築し、その選定手法を確立することとした。

既存の浄水場からのデータ収集及びデータ解析では不十分と考えられる部分については、文献調査のほかに実証実験による知見により補完することとし、テーマ②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処理システム及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た。

凝集→フロック形成→沈澱→膜ろ過
凝集→直接ろ過→膜ろ過

平成19年度も実験を継続し、データの収集・整理を進めた。

（2）水質評価に関する検討

①水質関連情報の収集、整理

平成18年度までの研究では、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を整理した。

②原水水質の分類、解析

平成18年度までの研究では水道統計の水質データを中心に解析したが、平成19年度では、整理した事業体収集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）から分類し、統計的手法を駆使して評価・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と原水水質障害対応調査

平成18年度の研究では、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、水道事業体からの聞き取り調査を行った。今年度は補足調査と事例集、パターン認識（水質事故対応の体系をパターン化する等）などの形でまとめた。

（3）浄水処理技術の機能評価に関する検討

①ヒアリング調査

水道事業体を対象にアンケート及びヒアリング調査を実施し、水質、施設設計諸元、運転条件等の浄水処理の機能評価に必要なデータを収集した。収集したデータの内、運転管理基準値、維持管理人数といった浄水場の運転状況、管理状況に関する知見を整理してとりまとめた。

②浄水プロセスの機能評価

水道事業体から提供された水質、施設設計諸元、運転条件等の様々なデータを用いて、多変量解析の1つである重回帰分析の手法により、各浄水プロセスの処理性能を定量的に評価することを試みた。

目的変数を浄水水質及び各プロセスの出口水質とし、説明変数を水質、施設設計諸元、運転条件等とする重回帰分析を実施し、抽出された説明変数を浄水処理への影響が強い因子として考察した。ここで、色度のように浄水場によっては浄水水質がほぼ0となってしまう水質項目については、原水水質（除去量とほぼ等しい）を目的変数として分析した。さらに、分析により提示される重回帰モデル式を用いて、浄水施設の

許容原水濃度を試算した。

解析は対象水質項目とデータの種類のに応じて以下に示す内容を実施した。

a) 水質項目別性能調査

各処理プロセスの水質、設計諸元、運転条件等のデータを用いて、濁度、色度、過マンガン酸カリウム消費量の除去性能を評価した。解析対象データは、原水及び浄水水質については水道統計の平成 14～16 年度の平均値とし、プロセス出口水質については水道事業体から収集したデータの年間平均値とした。

b) 濁質除去性能評価

個別浄水場の沈澱池及びろ過池における濁質除去性能を評価した。解析対象データは水道事業体から収集した時間ごとのデータとした。

c) 臭気除去性能評価

粉末活性炭処理におけるジェオスミン、2-MIB の除去性能を評価した。その他の処理方式（生物処理、粒状活性炭処理、オゾン処理）については重回帰分析ではなく定性的に除去量と影響因子の関係を調査した。解析対象データは水道事業体から収集した日ごとのデータとした。

③ 浄水処理技術の機能評価に関連する文献の調査

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）の全国水道研究発表会講演集（社）日本水道協会）から 132 文献を抽出し、処理プロセスごと（粉末活性炭処理、生物処理等）に整理した。

（４）浄水施設的环境評価に関する検討

① LCA の手法

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」の各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実施した。

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、施設能力は 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たため（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直した。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た。

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るなどの独自調査を行った。例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た。

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・建築：58 年、配管類：38 年、機械・電気：16 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た。

2. 水道原水の臭気評価に関する検討

(1) 合同実験

臭気原因物質等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(プロセスGC)を設置し、オンライン監視実験を行った。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調査した。

- ・実験場所：寒川取水場内
- ・実験期間：平成18年7月～平成19年12月(1.5年)

・実験内容

全体システム構成図を図3-1に示す。

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、採水した試料はGC/MSで原因物質の絞り込みを行う。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う。

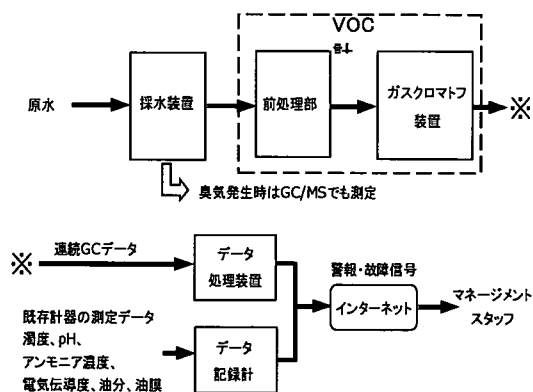


図-1 全体システム構成図

VOC計の計測部分の概要を図-1に示す。本装置の特徴は、低温での窒素ガス通気による水中成分の連続気化サンプリングで

あり、計測部分の主要構成要素は、砂ろ過前処理、スパージャ(恒温気化槽)、除湿機、切換弁、測定カラム、温度制御機構等からなる。

(2) 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した。ただし、相模川水系が複数の水源や導水路が複雑化しているため、対象区間を下流側約10kmに限定して実施した。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及び農薬等とし、上記の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(一部区間)の影響予測を行った。

C. 研究結果

1. 浄水システムに関する検討

(1) 水質に応じた最適浄水システムの選定手法に関する検討

①水質に応じた処理方式の構築

a) 望ましい浄水水質のレベル別設定

まず、「浄水水質」を浄水場の最終プロセス出口として定義した。これは、送配水課程における流達時間の違いにより水質が変化するため、末端での水質を定義すると水道事業者により、あるいは同一事業者内でも地域により統一した取扱ができなくなるためである。目標水質に関しては、浄水場で適切に運転管理が行われている場合に達成可能な値として、水道統計から得られる全浄水場の出口濃度の年間最大値で累積頻度90%の値を参考にレベル1、トップレベルの浄水水質の確保を目指していくうえでの目標値、すなわち、今後の日本の水道が目指すべき目標値をレベル2とする2段階の設定を行った。レベル1については水道統計から得られる全浄水場の出口濃度の年間最大値の累積頻度90%の値を参考に、レベル2については現在有機物除去性に関して最も高度な浄水システムとして実績を有するオゾン・活性炭システムにおける年間最大値の累積頻度50%を基にし、表-1に示すとおり設定した。

表-1 浄水水質目標

管理項目	項目名	レベル1	レベル2
微粒子	濁度[度]	0.1	0.01 (膜処理)
	THM[mg/L]	0.04	0.015
有機物	TOC[mg/L]	1.5	1
	ジエオスミン[ng/L]	3	1未満
	2-MIB[ng/L]	3	1未満
凝集処理	アルミニウム[mg/L]	0.1	—
	色度[度]	2	—
塩素処理	鉄[mg/L]	0.03	—
	マンガン[mg/L]	0.005	—

表-2 浄水システム選定表 (THMFP/THM)

浄水レベル 原水レベル THMFP	水質基準 THM 0.1mg/L以下	レベル1 0.04mg/L以下	レベル2 0.015mg/L以下
低 0.04mg/L以下	凝集 [100%]	凝集 [99.1%]	粉末炭 [76.5%] オゾン+粒状炭 [97.4%]
中 0.04~0.07mg/L以下	凝集 [100%]	粉末炭 [90.9%]	オゾン+粒状炭 [77.8%]
高 0.07~0.12mg/L以下	粉末炭 [100%]	オゾン+粒状炭 [80.0%]	オゾン+粒状炭 [40.0%]

[]はそのプロセスにおける達成率

b) 浄水システム選定表の作成

全国浄水場における、原水・浄水データ (以下、システムデータ) と単位処理プロセスデータ (以下、プロセスデータ) の解析結果に基づき、原水と浄水水質レベルに応じたシステム選定表 (以下、浄水システム選定表) を作成した。

まず、各水質項目について、浄水レベル1を90%以上達成できる浄水システムにおける原水濃度の最大値あるいは99~90%値によって「原水レベル」を2~3段階に区分けた。図-2にトリハロメタン生成能 (THMFP) を例とした場合の原水レベルの設定概念を示す。

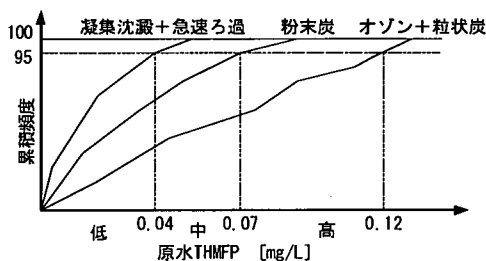


図-2 原水レベル設定の概念 (THMFP)

次いで、原水レベルごとに、浄水レベルに応じた基本浄水プロセスを当てはめ、水質項目ごとに適応可能な浄水システム選定表を作成した。対象水質項目は濁度、TOC、THM、かび臭物質とした。

一例としてトリハロメタン (THM) に関する浄水システム選定表を表-2に示す。

② 合同実験

アルミニウム系凝集剤と鉄系凝集剤を用いて、急速ろ過及び膜ろ過浄水システムの並列実験を行った (図-3)。

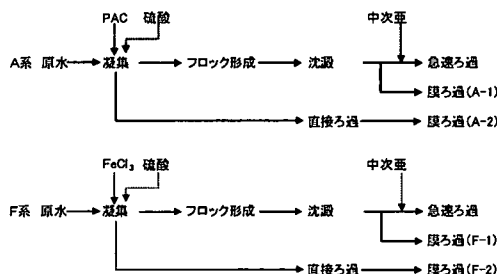


図-3 実験フロー

実験の結果、次のことが明らかとなった。

- ・前処理の凝集剤の注入条件の違いにより、前処理の処理効果に変化し、その結果、後段のプロセス (膜ろ過又は砂ろ過) の入口で処理水質 (濁度等) が影響を受けるが、急速砂ろ過より膜ろ過の方が常に安定した処理水質が得られた。
- ・薬剤由来の成分が処理工程に追加されるため、鉄系凝集剤を使用した場合は、凝集剤由来のマンガン濃度が高くなるが、本実験の範囲内では最終処理水濃度は水質基準値以下であった。
- ・前処理に使用する凝集剤の違いによる膜に対する影響は、鉄系凝集剤の方がアルミ系凝集剤よりも補正流束の低下が小さい結果となった (図-4)。
- ・本原水において、鉄系凝集剤と直接ろ過を膜の前処理に使用することにより、原水変動に対応し、長期にわ

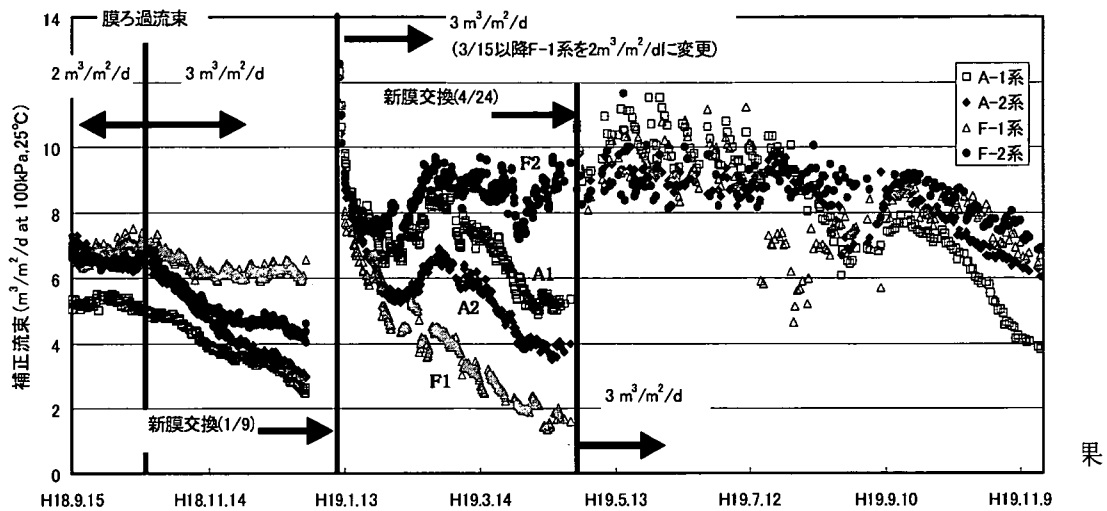


図-4 補正流束の推移

たり、高いフラックスでの膜の運転が可能となることが示された。また、凝集沈澱汚泥の排水処理はF系の方が、A系よりも設備負荷が低くなることを示すことができた。

- ・急速ろ過法に適した凝集条件に比べて凝集剤注入率を1/3～1/4低減して運転した結果、直接ろ過の処理性が向上し、特にF-2は補正流束の低下が少なく最も安定した。原水濁度が280度となった時期に膜の補正流束が一時的に低下したが、原水濁度の低下とともに補正流束が回復することが確認された。

(2) 水質評価に関する検討

研究では事業体提供データの収集と整理、水道統計の水質データによる原水分類（主成分分析、クラスター解析、パターン認識等）、事業体水質管理と原水水質障害対応事例の調査に取り組んだ。

①事業体提供データの収集と整理

平成18年度の研究では、年平均水質データなどが収録されている水道統計データを整理しただけでなく、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研究参画水道事業体を加えた計33事業体に対してデータ提供を依頼し、ほぼ100%の事業体から回答が得られた。

入手したデータは33事業体、129浄水場（最大年）における1994、1999、2004の三

あり、これらの浄水場の1日平均浄水量は全国上水道・水道用水供給事業における総浄水量の約40%を占めている。

平成19年度の研究では、これらの提供データに対して、浄水処理フローを分類し、フローごとに水質項目を整理した。

②収集した水質データによる原水分類（主成分分析及びクラスター解析）

データ数として多く得られた10項目（一般細菌、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素、鉄、マンガン、硬度、pH値、色度、濁度、過マンガン酸カリウム消費量、アンモニア態窒素）の中央値を用いて、主成分分析を試みた。

また、主成分分析と同様に10項目の中央値を用いて、クラスター解析を試みたところ、全国の水道原水を4つの水質グループに分けることができた。

③浄水フローと原水水質の関係整理・解析

事業体提供データを浄水フローごとに分類し、水質項目毎の累積頻度図及び水質ランク図を作成した。水質ランク図から、浄水フローごとに水質項目別の処理性を5つのパターン、すなわち図-5に示したとおり、原水濃度が高くても、高効率で除去される①高除去率型、ある程度除去効果のある②除去効果有型、③低除去率型、④副生成物生成型、⑤広範囲分布型に分類することができた。

パターン 名称	①凝除去率型	②除去効果有型	③凝除去率型	④凝生成 生成型	⑤広範囲 分布型
パターン					

図-5 水質ランク分類図

また、6種類の浄水フローごとの原水の累積頻度分布曲線をもとに（図-6）、①水質基準（ $\times 10$ 、 $\times 1$ 、 $\times 0.1$ ）超過頻度と、②代表値（中央値、95%値）等の2つのパターンによる認識方法により、原水水質情報（中央値、95%値等の数値化された属性データ）から適正浄水フローが推定できる方法の確立に取り組んだ。

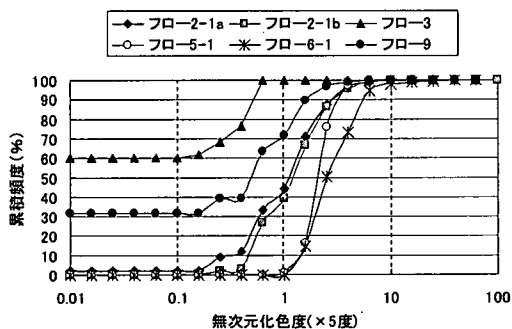


図-6 フロー別累積頻度分布図（色度）

図-7に示したとおり、事業体の原水情報を入力すると、入力した水質が、どの浄水フローが採用されている原水水質に近いかが出力される。

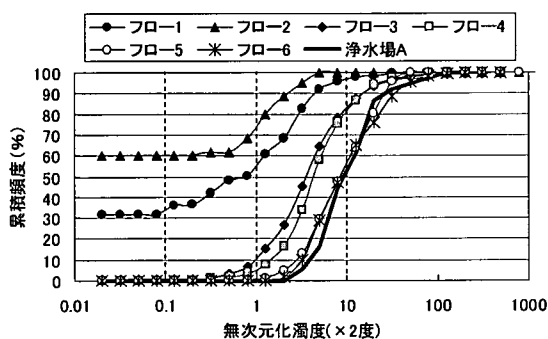


図-7 浄水場Aの適応処理フロー（濁度）

④事業体ヒアリング（原水水質障害対応事例調査）

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、原水水質障害の内容とその対応事例を中心に、平成19年度も調査対象を増やし、平成18年度に調査した事業体と合わせて、合計37事業体に対して、ヒアリングを行った（直接現地ヒアリング：23浄水場、調査表配布によるヒアリング：本研究参加事業体77浄水場）。これらを基に集計表と事例集を作成した。

3. 浄水処理技術の機能評価に関する検討

（1）主要水質項目別性能評価

濁度、色度、過マンガン酸カリウム消費量について、目的変数を原水水質、浄水水質及びプロセス出口水質とし、説明変数をその他の水質、施設設計諸元、運転条件とする重回帰分析を実施し、抽出された説明変数を各水質の処理性に影響を与える因子として評価した。図-8に重回帰分析の結果、抽出された説明変数（偏相関係数上位5位）と重相関係数を示す。ここで、偏相関係数が+の場合は正の相関（説明変数が増加すると目的変数も増加する）、-の場合は負の相関（説明変数が増加すると目的変数は減少する）と呼び、絶対値が大きいほど目的変数への影響度が高いことを示す。また重相関係数が大きいほど、分析結果の信頼性が高いことを示す。

解析の結果、各水質項目に関して下記の傾向が確認された。

a) 濁度

- ・原水濁度の高い浄水場では、凝集剤注入率を大きくする、混和池の滞留時間を長くする、中PACを注入するなど、適切な凝集処理を行っている。

- ・pHが高いほど沈澱池出口濁度が上昇する傾向がある。

- ・沈澱池出口濁度を低減するには、混和池の滞留時間を長くとり、傾斜装置を設けることが有効である。

- ・沈澱池形状が上向流では、沈澱池出口濁度を低減できるという傾向を示しているが、データ数が少ないため、はっきりしない。

- ・稼働率、水温、ろ過池入口濁度が高いほど、ろ過池出口濁度が上昇する傾向がある。

- ・砂層厚さ、砂有効径は浄水場によって大きく変わる要素とはいえないが、今回の解析では、ろ過池出口濁度を低減するには、

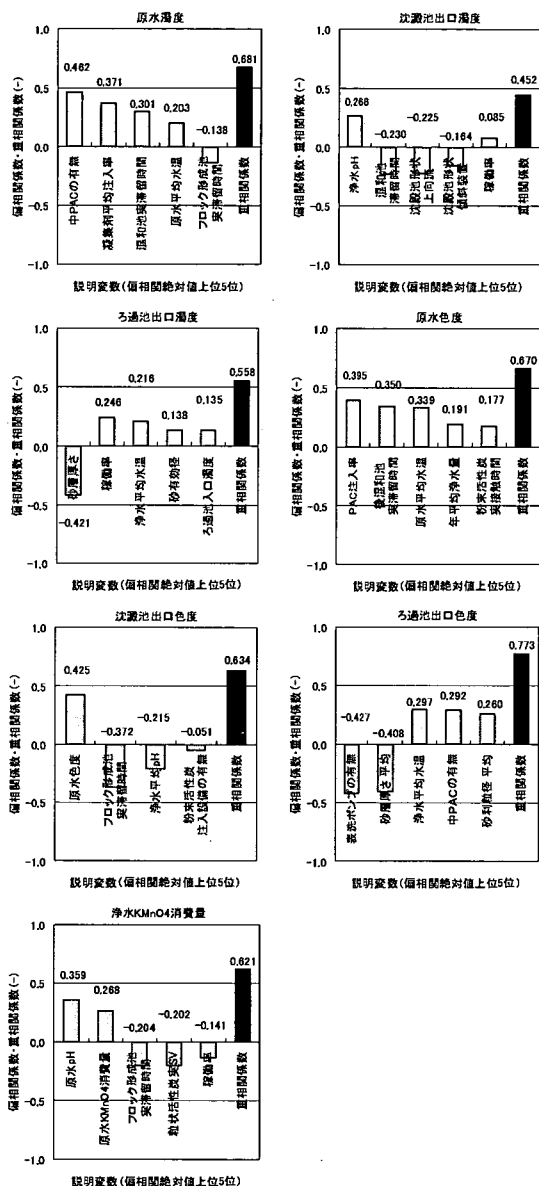


図-8 各水質項目に関する抽出説明変数

砂層を厚くし、砂有効径を小さくすることが有効であると示されている。

b)色度

- ・原水色度の高い浄水場は、水温が高く浄水量が大きい傾向があり、PAC 注入率が高い処理を行っている。
- ・原水色度が高いほど、沈澱池出口色度が高い、pH が低いほど沈澱池出口色度が低い傾向がある。
- ・沈澱池出口色度を低減するには、フロック形成池の滞留時間を確保することが有効である。
- ・水温が高いほど、ろ過池出口色度が高い

傾向がある。

- ・ろ過池出口色度を低減するには、表洗ポンプを設ける、また、砂層厚さは浄水場によって大きく変わる要素とはいえないが、砂層を厚くすることが有効であると示されている。

c)過マンガン酸カリウム消費量

- ・原水の過マンガン酸カリウム消費量が高い場合、また pH が高い場合には、浄水の過マンガン酸カリウム消費量が上昇する傾向を示している。
- ・過マンガン酸カリウム消費量を低減するにはフロック形成池の滞留時間を確保することが有効である。

②濁質除去性能評価

16 か所の浄水場から入手した浄水処理に関する時間計測データ（濁度、pH、水温、薬品注入率等）を用いて、沈澱池出口濁度、ろ過池出口濁度を目的変数とし、水質、薬品注入率等を説明変数とする重回帰分析を実施し、濁質処理性に影響を与える因子を抽出した。解析は浄水場単位で行い、それぞれの浄水場で抽出された影響因子を集計して評価した（図-9、図-10）。

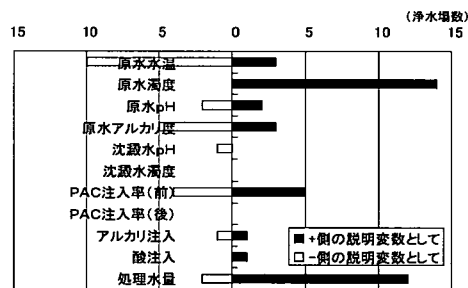


図-9 沈澱池出口に関する抽出説明変数

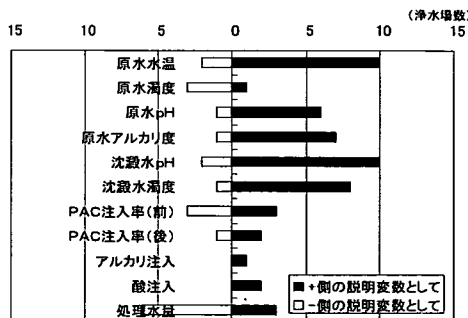


図-10 ろ過池出口に関する抽出説明変数

a)沈澱池出口濁度

沈澱池出口濁度の説明変数として抽出さ

れた因子について下記の傾向が確認された。

- ・ 原水濁度：上昇→沈澱池出口濁度：高
- ・ 原水水温：上昇→沈澱池出口濁度：低
- ・ 処理水量：増→沈澱池出口濁度：高

水温、pH、PAC 注入率については、沈澱池濁度に与える影響として相互に密接な相関があると考えられ、重回帰分析の結果、説明変数の符号がプラスの場合とマイナスの場合があった。

b)ろ過池出口濁度

ろ過池出口濁度の説明変数として抽出された因子について下記の傾向が確認されたが、全体的に強い傾向がある説明変数が確認できなかった。

- ・ 原水水温：上昇→ろ過池出口濁度：高
 - ・ 沈澱水 pH：上昇→ろ過池出口濁度：高
 - ・ 沈澱水濁度：上昇→ろ過池出口濁度：高
- 水温の影響は沈澱池出口濁度と逆の傾向であるが、高水温期に藻類が多く発生し、pH 上昇により、ろ過処理に悪影響を与えている可能性等が考えられる。

③臭気除去性能評価

粉末活性炭設備を導入している 19 か所の浄水場のデータを用いて、ジェオスミン及び 2-MIB の浄水濃度を目的変数とし、施設設計諸元及び運転データ（原水水質、活性炭注入率、接触時間等）を説明変数とする重回帰分析を実施し、処理性に影響を与える因子を抽出した。解析に用いた水質及び活性炭注入率は毎日のデータとした。図-11 に重回帰分析の結果、抽出された説明変数（偏相関係数上位 5 位）と重相関係数を示す。

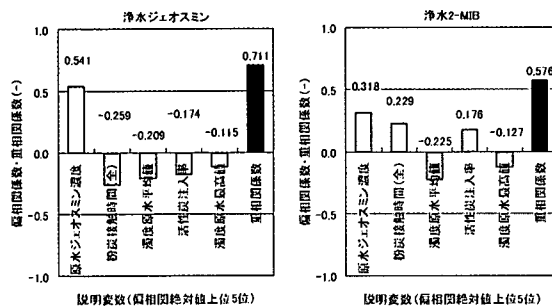


図-11 ジェオスミン、2-MIB に関する抽出説明変数

解析の結果、下記の傾向が確認された。

a)ジェオスミン

原水濃度が高ければ浄水水質も高くなり、粉炭接触時間が長く、粉炭注入率が高けれ

ば、浄水水質は低くなるといった従来の考え方と同じ結果が得られた。また、濁度（年平均、最高値）が高い場合はジェオスミンの浄水水質が低くなる傾向となった。

b)2-MIB

ジェオスミンでは見られなかった色度、過マンガン酸カリウム消費量（図-11には現れないが上位 6 位）等の水質項目に対しても高い相関が得られ、共に正の相関が得られている。このことから、色度が高い場合には、2-MIB の浄水濃度は高くなる傾向となり、2-MIB はジェオスミンと比較すると、色度成分や有機物に影響されやすいことが考えられる。また、高速凝集沈澱池の施設において浄水濃度が低い傾向も見られた。しかし、今回調査した浄水場の内、高速沈澱池の施設が 1 か所のみであったことから、データ数が増えればこの傾向も変化する可能性がある。

(4) 環境影響の評価 (LCA)

「凝集沈澱+砂ろ過」の二酸化炭素排出量 (LC-CO₂) の試算結果を図 3 に示す。

なお、事業期間については地方公営企業法施行規則を基に 58 年とし、事業終了時に施設を解体廃棄する設定とした。検討の結果、「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及び凝集剤 (PAC) の製造並びに薬注ポンプの運転などが含まれている。58 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た。

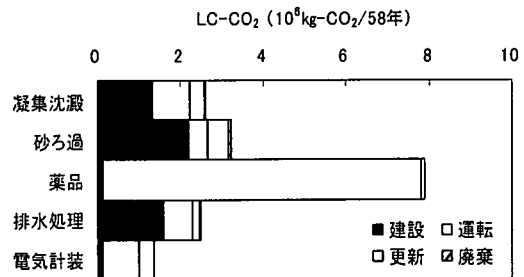


図-12 凝集沈澱砂ろ過の LC-CO₂

「活性炭吸着池」では、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る結果となった。これは、活性炭の交換頻度を全国の処理水量 10 万 m³/日以下の浄水場における実績の調査結果を基に、4 年ごと

に新炭に交換すると設定したことによるものであった。



図-13 粒状活性炭吸着池のLC-CO₂

「オゾン処理設備」については、オゾン注入設備の消費電力に関する割合が大部分を占めた。オゾン注入率の制御方法や機器の仕様などによっても値が変動する部分であり、省エネの工夫の余地が大きい部分である。

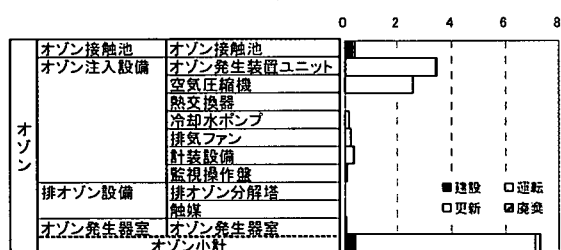


図-14 オゾン処理設備のLC-CO₂

「膜ろ過施設」については、運転段階の負荷が大きな割合を占めており、その中では膜ろ過原水供給ポンプ、逆洗ポンプなどの電力消費に関する負荷が大部分であった。膜ろ過の動力については運転方法や方式などによって値が変動する部分であり、省エネの余地が大きい部分であると考えられる。

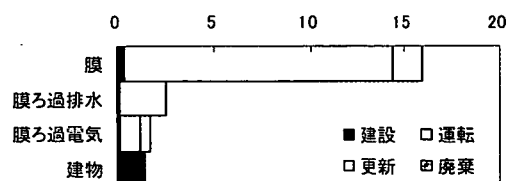


図-15 膜ろ過施設のLC-CO₂

なお、検討はエネルギー消費量についても算出を行っており、おおむね同様の傾向が現れていた。

2. 水道原水の臭気評価に関する検討

(1) VOC計によるオンライン監視実験

平成18年7月から平成19年12月の連続測定中に発生した既設水質計器を含む実験施設及び原水河川関係の特定事象と、VOC測定装置の関連について分析した。

表-2に、臭気に関連する観測事象を示す。

表-2において、事故日に○を付したものは、測定期間に「事故と認識する」事象が記録された項目である。ただし、本表は測定期間中の全ての事象を示すものではなく、油関係を中心に、本川に影響した可能性があり、臭気に関連しかつ活性炭注入又はオイルマット使用等の対応処置を採った事象を選択して記載したものである。

表-2 連続実験中の事象記録

事故日扱い	上流の降雨	事象発生日時	変化のあったゼンク			事象説明	原因	VOC測定装置記録
			VOC	油分・油臭	その他			
○	○	平成18年7月5日 17:00	○	未記録	未記録	上流支川で油汚濁懸濁物にて弱い油臭感知	上流での重油流出	トルエン、キシレン関係のRTにピークが存在
○	-	平成18年12月12日	-	-	-	上流取水施設で油臭を感知	支流から不明油流出	顕著なピークは存在しない
○	○	平成18年12月26日 17:00 - 12月27日 04:00頃	○	-	○	本川上流に不明油の浮遊	不明	RT 1035, 1200, 1340, 1390秒付近にピークが見られる
○	-	平成19年3月9日 00:00頃	-	○	-	油分計動作 4.5TON(官能試験とは別定熟単位) 20秒程度継続	原因不明であり、かつ現象に油分が存在したとは断定できず 農業用水路から褐色水流出した事象が報告されている	顕著なピークは存在しない
○	○	平成19年4月3日 夜間	-	-	-	取水停止	上流の蓄音施設から汚濁の流出が発生したため	顕著なピークは存在しない
○	-	平成19年5月28日	-	-	-	上流支川で軽油流出	トラック事故	顕著なピークは存在しない
○	○	平成19年7月2日	○	-	-	上流支川で油流出	水路に油流出	深夜から早朝の故時間にトルエン、キシレンのRTに弱いピークがある
○	-	平成19年9月4日	-	-	-	上流支川油事故	上流にて工場から車両オイル流出	顕著なピークは存在しない
-	○	平成19年9月7日 00:00-12:00頃	○	-	○	情報なし	-	RT 1280 - 1500秒にピークが故箇所見られる
○	○	平成19年12月23日	-	-	○	上流支川で重油浮遊	工業団地からの流出	顕著なピークは存在しない

測定期間中、油関係の事故が平成 18 年 7 月から平成 19 年 12 月まで 22 件発生したが、多くは現地において迅速に処置されており、VOC 設置地点までには影響が及んでいなかった。

全期間を通じ、河川における事故と測定結果の因果関係が最も明確な事例を図-16 に示す。

水道事業体への事故報告として平成 18 年 12 月 26 日に本川での油浮遊が記録され、取水地点にまで影響が及んだ。

平成 18 年 12 月 26 日夜間から 12 月 27 日早朝にかけて、警報設定では検出できないレベルであるがクロマトグラム上で目視で確認できるピークが 1032 (トルエン近傍)、1188 (M,P-キシレン近傍)、1196、1335、1389 秒に出現した。

12 月 26 日には 111mm/d の降雨があり、pH、導電率、濁度、アンモニア態窒素にもその影響が現れており、雨水流出に含まれた VOC の河川流入が考えられる。しかし、油分計と油面計にはこの期間に出力は無かった。

実験装置によって検出されたと考えられる事象は 4 件で、しかも VOC 測定装置に微小なピークが記録される程度であった。

しかし微小変動ではあるがこの現象により明確に各種物質の存在が識別できるため、VOC 測定装置を用いれば、本研究の目的の一つである臭気原因物質等の幅広い迅速な検知が可能であることが確認できた。

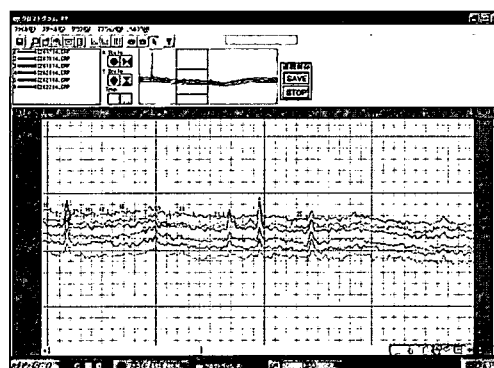
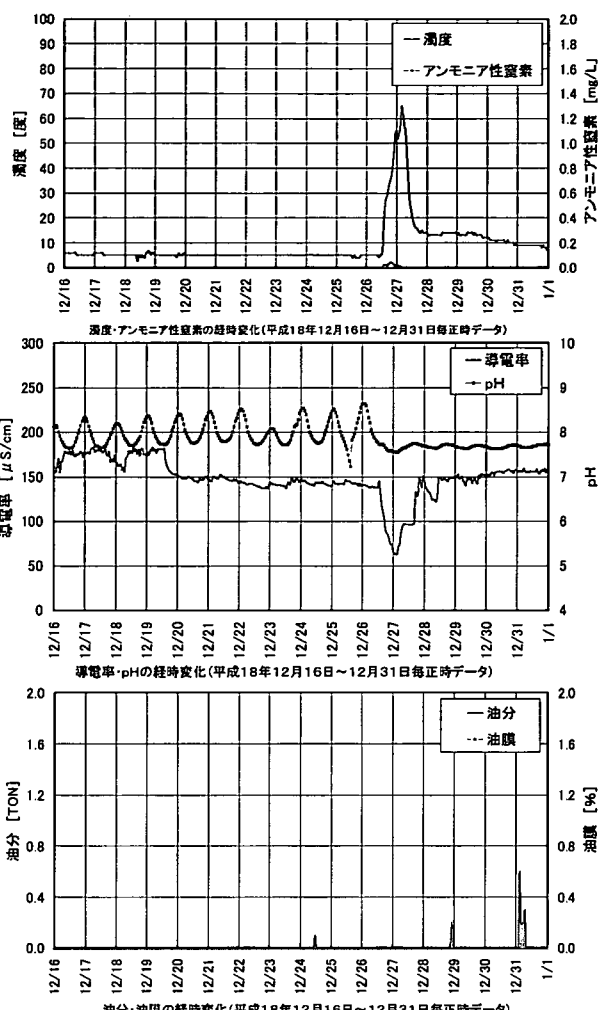


図-16 VOC 計等の連続測定データ

(2) 水質予測モデルによるシミュレーション

水質予測モデルを用い、相模川下流域のシミュレーションモデルを作成し、モデルパラメータの同定を行い、水質汚染の下流域への伝搬状況を確認した。

①シミュレーションモデルの概要

対象区間は図-17に示すように、相模川の三川合流地点から寒川取水堰までとし、この区間に対して、200m間隔で河道断面

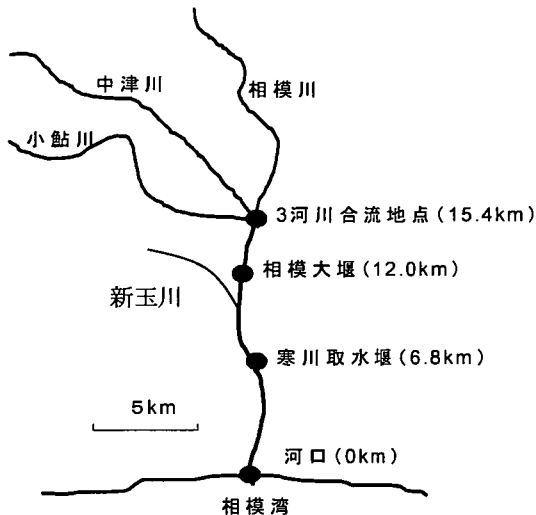


図-17 シミュレーションモデルの対象区間

データを入力した。堰においては一定の越流高さを与えた。

水質モデルにおける基礎方程式は以下のとおりである。

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad \dots (1)$$

$$-I_0 + \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{1}{2g} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q}{A} \right)^2 + \frac{n^2}{R^{4/3}} \left(\frac{Q}{A} \right)^2 + \frac{1}{g} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{Q}{A} \right) = 0 \quad \dots (2)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2} \quad \dots (3)$$

$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(AD \frac{\partial C}{\partial x} \right) \quad \dots (4)$$

$$D = aV^b \quad \dots (5)$$

ここに、Q：流量、A：断面積、 I_0 ：河床勾配、R：径深、g：重力加速度、C：対象物質濃度、D：拡散係数、a：係数、b：係数、V：断面平均流速、x：距離、t：時間である。

モデルは一次元不等流計算と一次元拡

散方程式から構成されている。したがって、流入物質の横断方向及び水深方向の拡散については考慮していない。また、油類は水面に浮遊して存在するが、ここでは便宜上水中に溶存して存在しているものと仮定している。

計算には、CTI-MIKE11（供給元：建設技術研究所）を用いた。

②モデルパラメータの同定

式(1)～(5)を数値的に解けば、与えられた上流の濃度条件に対する下流の任意の地点における濃度変化を計算することができるが、そのためには式(5)中のパラメータ a、b を同定する必要がある。また、流量データは実測値を用いるが、流量データの誤差、河川断面データの誤差等に起因する誤差を避けることは難しい。そこで、式(6)に従って、実測流量データ Q' を補正して流量データとした。

$$Q = \alpha Q' \quad (6)$$

相模川の対象区間の水質モデルを構築するために、未知のパラメータ a、b、 α を同定する作業を実施した。用いるデータは相模大堰及び寒川堰における電気伝導度データの一部である。

これらのデータを用い（相模大堰におけるデータを入力し、寒川堰におけるデータを出力として）、パラメータ同定を行った。なお、両地点の間の支川等の流入の影響により寒川における電気伝導度が高くなっていると考えられるので、両区間の中間に、流量=1m³/s、電気伝導度=1000 μ S/cm の支川が流入すると仮定した。

図-18、図-19 に同定作業の結果の一部を示す。なお拡散に関するパラメータについて、b=1とした。これにより、 $\alpha=3$ 、a=100m程度であることが示唆された。 α の値が1より大幅に大きくなった理由は、洪水等に伴う河川断面形状が変化した影響などが考えられる。また a は拡散の空間的スケールを表しているが、100m程度と大きな値となった。これは、河川形状が平面的に複雑であり（可道内で分岐や合流がある）、その空間スケールのオーダーが反映されたと考えられた。

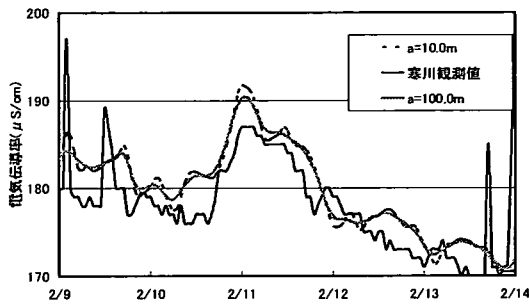


図-18 寒川取水堰地点における電気伝導度データのフィッティングによる流量係数 α の同定

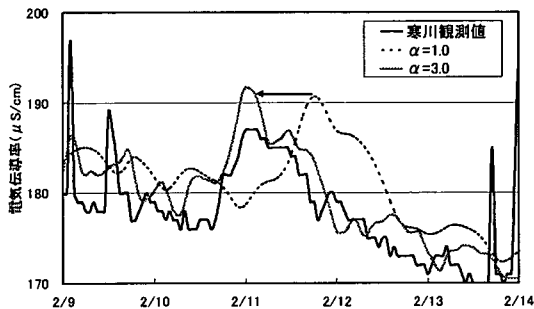


図-19 寒川取水堰地点における電気伝導度データのフィッティングによる拡散に関する係数 a の同定

水質予測モデルによるシミュレーションを用いて水質汚染の下流への伝搬状況を確認した。

D. 考察

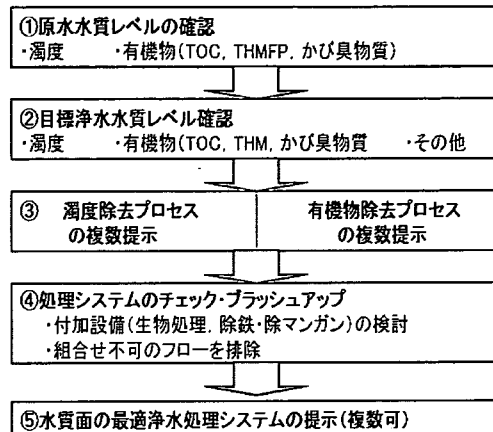
1. 浄水システムに関する検討

(1) 水質に応じた最適浄水システムの選定手法に関する検討

研究結果を基に、今後の浄水システムの選定手法について検討した。「原水水質及び目標浄水水質に応じた浄水処理システム選定」の基本的な考え方を以下に示す。

まず、浄水処理プロセスを「濁度除去プロセス」と「有機物除去プロセス」に分け、それぞれについて、浄水システム選定表から、原水水質及び目標浄水水質レベルに応じた適切な処理プロセスを選定する。その組み合わせをベースに、必要に応じてマンガン除去、アンモニア除去などの設備を付加した「水質面での最適浄水システム」を提示し、さらに、コスト、スペース、LCAなどの情報も併せて提供する。

図-20 に具体的な浄水処理システム選定方法についてフローを示す。



※ LCA、コスト、スペース等を考慮し、最適な浄水処理システムを選定

図-20 浄水処理システム選定フロー

最終的なシステムでは、除マンガン設備など、考慮すべき水質項目に応じたプロセスが、選定されたシステム中に必要に応じて付加される。

なお、ここで提示する浄水システムについては、以下の4つの前提条件により、表-5に示す21の基本処理システムに集約される。

①システムの最終段階（消毒を除く）に固液分離プロセスを置く（生物漏出対策等）。②溶解性成分に対しては、粉末活性炭、粒状活性炭、オゾン・粒状活性炭の順でより高度の処理ができる。③各プロセスは日本国内で稼働実績及び実データがあるもので構成される。④各プロセスの処理性能を加算（除濁性能+有機物除去性能）することにより、システムとしての除去性能を示すことが可能である。

表-5 選定対象基本処理システム

1	a	膜ろ過
	b	粉末炭 + 膜ろ過
2	a	凝集 + 膜ろ過
	b	粉末炭 + 凝集 + 膜ろ過
3	a	凝集 + 沈殿 + 急速ろ過
	b	粉末炭 + 凝集 + 沈殿 + 急速ろ過
	a	凝集 + 沈殿 + 膜ろ過
	b	粉末炭 + 凝集 + 沈殿 + 膜ろ過
4	a	凝集 + 急速ろ過
	b	凝集 + 前ろ過 + 膜ろ過
5	a	凝集 + 前ろ過 + 粉末炭 + 膜ろ過
	b	凝集 + 前ろ過 + 粉末炭 + 膜ろ過
	a	凝集 + 沈殿 + 粒状炭 + 急速ろ過
	b	粉末炭 + 凝集 + 沈殿 + 粒状炭 + 急速ろ過
6	a	凝集 + 沈殿 + 粒状炭 + 膜ろ過
	b	粉末炭 + 凝集 + 沈殿 + 粒状炭 + 膜ろ過
7	a	凝集 + 沈殿 + オゾン + 粒状炭 + 急速ろ過
	b	凝集 + 沈殿 + オゾン + 粒状炭 + 膜ろ過
8	a	粒状炭 + 膜ろ過
	b	凝集 + 粒状炭 + 膜ろ過
9	a	オゾン + 粒状炭 + 膜ろ過
	b	オゾン + 粒状炭 + 膜ろ過
10	a	凝集 + 前ろ過 + 粒状炭 + 膜ろ過
	b	凝集 + 前ろ過 + 粒状炭 + 膜ろ過

(2) 水質評価に関する検討

①主成分分析及びクラスター解析による原水水質分類

主成分分析結果から、第一、第二主成分について、以下の特徴が明らかとなった。

第一主成分は、重み係数が過マンガン酸カリウム消費量、鉄、濁度、色度、マンガンに大きく、主に水質の汚染度を意味していると考えられる。第二主成分は、硝酸態窒素、亜硝酸態窒素及び硬度の重み係数が大きくなり、主に地下水の特性を示していると考えられる。

クラスター解析の結果、水道原水はその水質汚濁度合いから、1)汚染度の低い地下水・湧水を中心とするクラスター、2)全国における平均的な水質のクラスター、3)全ての水質項目において平均値より劣るクラスター及び 4)汚染が進んでいる水質のクラスター、の4つのグループに分けられる。

この二つの解析で得られた結果を統合すると、図-21 に示すとおりである。

主成分及びクラスターと浄水方法との関係を見ると、平均的な水質のクラスター2では高度処理を導入した浄水場が第一主成分の高位置を中心に数か所存在するものの、基本的には従来の処理フローで対応している。クラスター3では、半数ほどの浄水場

が高度処理を導入しているが、残る浄水場においても粉末活性炭注入で対応している。クラスター4の浄水場は第一主成分が高く、全て高度処理を導入している。したがって、第一主成分は事業者が浄水フローを選定する際の参考指標となりうると考えられる。

②浄水フローと原水水質の関係解析

6種類の浄水フローごとに原水水質の累積頻度分布曲線を作成し、水質基準値(×10、×1、×0.1)超過頻度と代表値(中央値、95%値)のパターンとを比較し、水質項目ごとに最も距離の小さいフローを選択して、その結果から適正浄水フローを推定する手法を開発した。本研究では、幾つかの浄水場をモデルケースとして試算し、統計的に適正な浄水フローを抽出したことから、本手法は浄水フロー選定の際に有用な手法の一つとなりうるものである。

③パターン認識結果の検証

各浄水フローからA~Gの7つの浄水場を選定し、原水水質の累積頻度分布を用いた浄水フローのパターン認識の結果を検証した。

検証の結果、多くの浄水場では現在採用されている浄水フローが中心的に選択されることを確認した。また、現在急速濾過を採用しているE浄水場では粒状活性炭又は

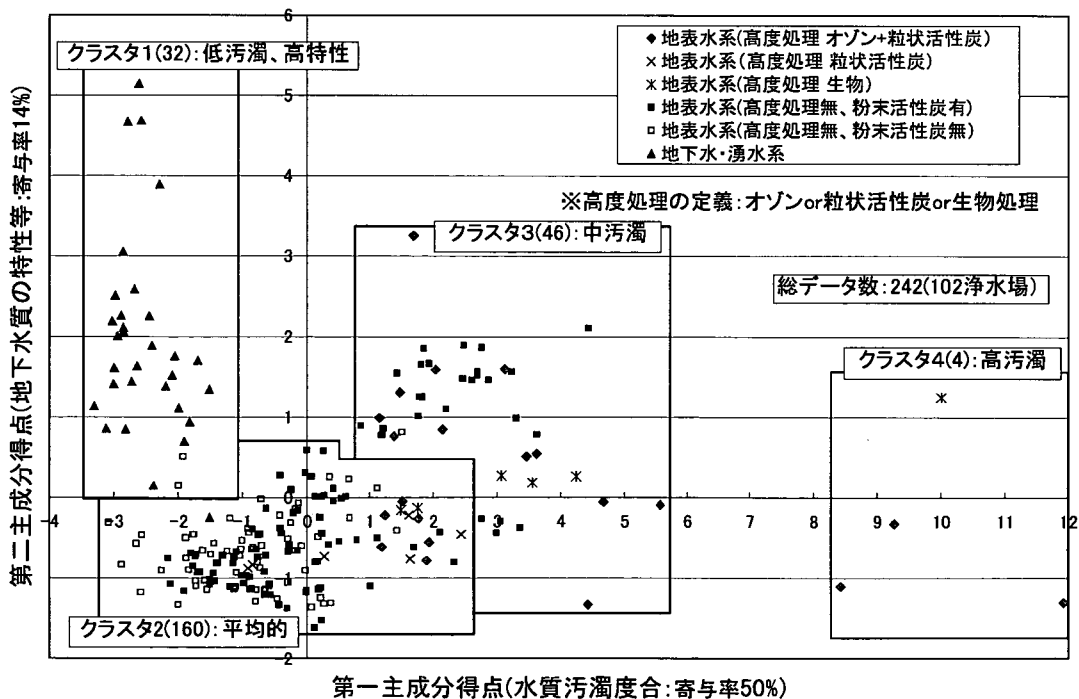


図-21 主成分分析及びクラスター解析結果の統合図

オゾン活性炭がより適合するとのパターン認識の結果が示された。この浄水場では、水質の観点からフローの変更が必要になっていると推定され、浄水場を更新する際に、このパターン認識の結果が有用な参考情報になる。

(3) 浄水処理技術の機能評価に関する検討

目的変数を原水水質、浄水水質及び各プロセスの出口水質とし、説明変数を水質、施設設計諸元、運転条件等とする重回帰分析を実施し、次のようなモデル式を得た。

重回帰モデル式：

$$y = a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + \dots + b$$

y (目的変数)：原水水質、浄水水質、プロセス出口水質

x (説明変数)：水質、施設設計諸元、運転条件等

a (重回帰分析により得られる偏回帰係数)

b (重回帰分析により得られる定数項)

モデル式において、任意の説明変数1つを可変させ、残りの説明変数に例えば中央値や最大値といったある一定の値を代入することにより、各水質の処理機能限界(許容原水濃度)の計算を試みた。図-22～図-24に試算例を示す。

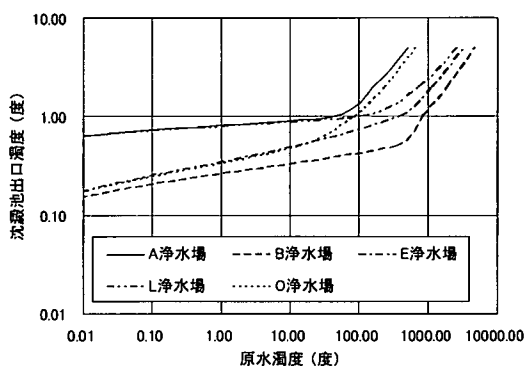


図-22 時間データによる許容原水濃度試算例

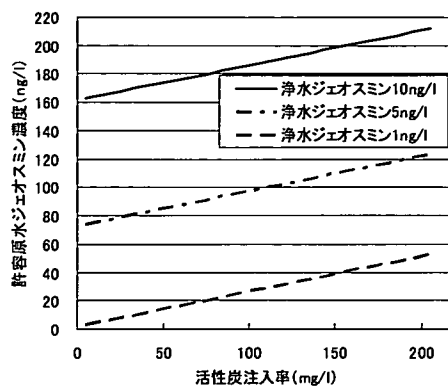


図-23 粉末活性炭設備における許容ジェオスミン濃度試算例

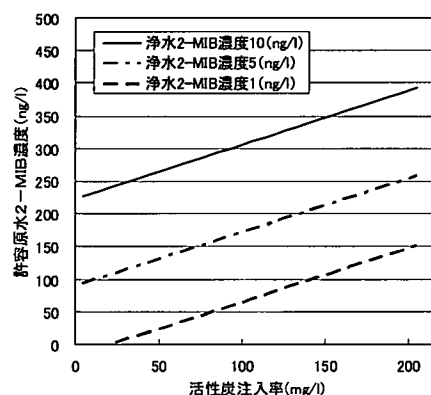


図-24 粉末活性炭設備における許容2-MIB濃度試算例

これらの試算結果は、あくまでも今回調査した浄水場のデータに基づいた統計解析によるものであり、全ての浄水場に当てはまるとは限らない。しかし浄水処理の機能限界を考える上でのひとつの目安となると考える。

(4) 環境評価に関する検討

特にLCAにおいては、浄水場の建設から廃棄までをトータルで評価した場合、ポンプ運転などに必要な動力のほか、薬品や活性炭などの消耗品に関する部分の環境負荷も高くなる結果が得られ、凝集剤や塩素注入量の削減が環境負荷の低減に大きな効果があることが示唆された。

また、平成19年度は、本検討において実施したケーススタディの手順やデータ収集の方法を記載した「浄水施設を対象としたLCA実施マニュアル」を作成した。

2. 水道原水の臭気評価に関する検討

オンライン方式GCを用いたVOC計によって、数 $\mu\text{g/L}$ から更には一桁低い濃度の化学物質の混入を幅広く監視することが可能であることを確認できた。

ただし、VOC計を臭気原因物質管理用に使用するに当たっては、下記の点に配慮が必要である。

- ・前処理による滞留の影響を削減すること
- ・測定システム内外からの影響物質漏出流入を抑制する装置設計・工事・維持管理を実施すること
- ・キャリアガス、燃焼ガスなどの成分管理を改善することによってベースラインの一層の安定性を確保すること
- ・適切な機器設計と維持管理を行うこと