

II-1 浄水システム委員会

1. はじめに

浄水システム委員会は平成 17 年度より始まった「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」(e-Water II プロジェクト)で研究を進めている 5 つの研究委員会のひとつとして活動している。水質基準が逐次改正となり、より厳しい水質レベルを達成することが今後要求される可能性がある一方で、水道施設の老朽化が進んでおり所定の処理機能を達成できない浄水場が増えることが予測される。このような条件下で施設更新を考えるに当たっては、目標とする水質を定め原水水質に応じた適切な浄水処理システムを選定することが重要である。浄水システム委員会では水質に応じた処理システム選定手法の開発を中心として、コスト、スペース、維持管理性などの情報を提供し、水道事業者が総合的に処理システムを選定する上での判断材料を提供することを目的として研究を行った。

2. 浄水システム委員会の研究概要

2. 1 研究課題および研究目的

(1) 研究課題

水質に応じた浄水処理方式の構築と評価に関する研究

(2) 研究目的

「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」の一つの委員会である本委員会は、浄水処理方式を総合的に選定・評価し、浄水技術の確立を図ることを目的とする。

具体的には、浄水場や実証実験のデータを基に各種の処理システムや個々の処理プロセスの機能を評価し、これらの基礎情報を基にプロセスを組み合わせ、原水水質に応じた目標とする浄水水質を得ることができる処理システムを提案することが目的である。また、前処理と膜ろ過の組合せ、鉄系凝集剤の利用やナノろ過等の新たな技術で実際の処理データが不十分なプロセスについては、実証実験、文献調査等によりその性能、適用範囲等を明らかにして、処理システムへの組み込みや代替処理プロセスとして位置付ける。

2. 2 研究実施体制

委員長	伊藤 雅喜 (国立保健医療科学院)
事業体委員	金子 明 (神奈川県内広域水道企業団)、 古野 一治 (北九州市水道局)、小山 達也 (京都市上下水道局)、 花元 隆司 (阪神水道企業団)、川瀬 悦郎 (新潟市水道局)
企業委員	佐々木 宏 (アタカ大機)、伊藤 義一 (荏原製作所)、 宮ノ下 友明 (オルガノ)、三木 一弥 (クボタ)、 橋本 敬行 (神鋼環境ソリューション)、惣名 史一 (水道機工)、 山根 陽一 (月島機械)、相馬 孝浩 (東芝)、

森川 則三（西原環境テクノロジー）、松尾 茂（日立製作所）、
大熊 那夫紀（日立プラントテクノロジー）、
高橋 和孝（富士電機システムズ）、田名部 直勝（前澤工業）、
花里 善夫（三菱電機）
前委員 照井 竜郎（アタカ大機）、渋谷 真祐（荏原製作所）、
西尾 弘伸（神鋼環境ソリューション）、
品田 司（西原環境テクノロジー）、
山田 雄司（日立プラントテクノロジー）、後藤 伸介（三菱電機）、
小川 孝明（三菱電機）

2. 3 活動内容

浄水システム委員会では、課題・目的に対応するため下記の3テーマで研究を行った。

- 1) 水質に応じた処理システム選定手法の構築
- 2) 合同実験
- 3) 文献調査

1)は本研究委員会の研究課題そのもので、最終的には水質評価委員会、機能評価委員会、環境評価委員会と連携して、総合的な、データに基づいた処理システムの評価、選定手法を開発するものであり、水質の解析、処理機能評価、環境影響評価、コスト評価等が必要となる。本委員会ではこのうち、主として目標とする浄水水質レベルの設定および個々の処理プロセスの評価をして処理システムの構築、選定手法の開発を行った。解析に用いるデータは水質評価委員会と合同で得た浄水場の原水、浄水データ、機能評価委員会と合同で得た浄水場の個々の処理プロセスにおける水質データが基本となっている。実際の処理データが不十分と考えられる処理プロセスについては、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)、3)を設定した。実証実験では膜を組み込んだ処理システムと鉄系凝集剤を使用した処理システムの検討を行った。文献調査は5つの研究員会の合同作業として実施し、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技術分野の文献抄録を作成して、抄録集としてまとめ、冊子ならびにCD-ROM化してe-Water II参画団体へ配付した。

2. 3. 1 水質に応じた処理システム選定手法の構築

具体的な作業として、望ましい浄水水質のレベル別設定とプロセス群の選定を基に、最適システム選定手法の開発を行った。

望ましい浄水水質のレベル別設定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になるものである。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をレベル1とし、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。

プロセス群の選定は、浄水場の原水・浄水のフローデータと単位プロセスデータの解析を行い、原水水質と目標浄水水質に応じた水質毎のプロセス群選定表を作成した。プロセ

ス群選定表は、水質項目ごとに概ね3分類した原水濃度範囲に対して、目標浄水水質（レベル1、レベル2）が達成可能なプロセス群の選定ができるものとした。

最適システム選定手法の開発は、処理システムの基本的な考え方としてシステムの最終段階に固液分離プロセスを置き、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という前提で選定対象システムを決定している。選定手法は、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、原水水質と目標浄水水質に応じたプロセス群を選定し、その組み合わせをベースに必要に応じてマンガン除去などの設備を付加したシステムを提示する。このようにして選定された水質面での最適浄水システムに、コスト、スペース、維持管理性、LCA（ライフサイクルアセスメント）などの情報を提供した。

2. 3. 2 合同実験

e-Water II プロジェクトでは、本委員会の目的達成のため、既存の浄水場運転実績として取得できないデータ収集を合同実験にて行った。具体的には、前プロジェクトの e-Water を基に、凝集・沈澱または、直接ろ過を膜の前処理とした浄水システムの実験である。また、水質基準の強化に伴い残留アルミニウム濃度の低減化を求められることも考えられることから、代替凝集剤として鉄系凝集剤である塩化第二鉄を使用した。

実験の概略フローを図 2.3.1 に示した。比較は、前処理として、凝集沈澱と直接ろ過、凝集剤として、PAC と塩化第二鉄、それと最終ろ過として、膜ろ過と急速砂ろ過について行った。

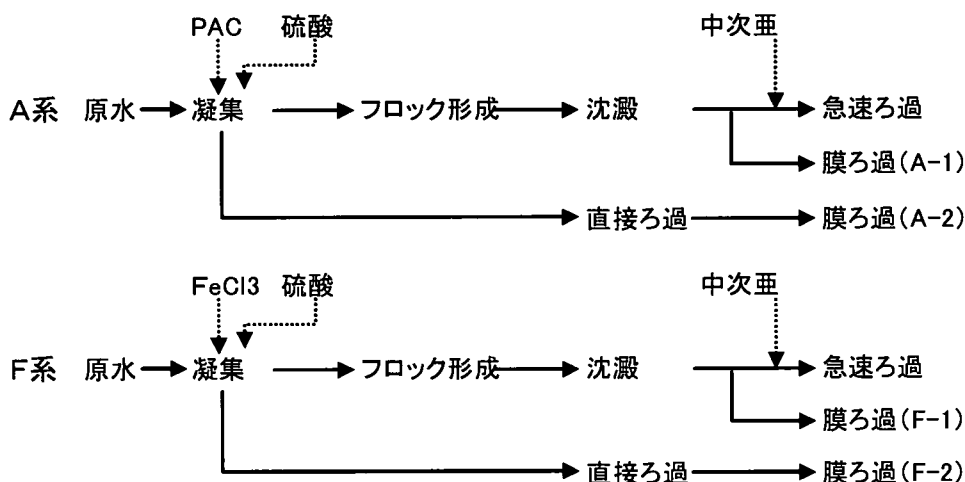


図 2.3.1 連続実験概略フロー

2. 4 活動報告

日時	会議名称	活動内容
H17.11.4	第1回浄水システム委員会 (水道技術研究センター)	・委員会の基本計画の審議 ・今後のスケジュール
H17.12.14	第2回浄水システム委員会	・研究計画書の審議

	(綾瀬浄水場)	(合同実験など) ・綾瀬合同実験場 見学
H18.2.16	第3回浄水システム委員会 (水道技術研究センター)	・綾瀬合同実験 予備実験結果の審議 ・文献項目リストの審議 ・水質評価委員会 データ整理の審議
H18.4.17	第4回浄水システム委員会 (於 日本消防会館)	・文献抄録に関して ・綾瀬合同実験経過報告 ・システムフローの選定
H18.6.15	第5回浄水システム委員会 (於 発明会館)	・文献抄録に関して ・綾瀬合同実験経過報告 ・システムフローの選定について
H18.8.30	第6回浄水システム委員会 (於 水道技術研究センター)	・合同実験進捗と今後の予定 ・水質評価・機能評価 両委員会との作業分担内容検討 ・水質管理目標値について
H18.10.30	第7回浄水システム委員会 (於 新潟市)	・合同実験進捗と今後の予定 ・システムフロー選定作業進捗の報告 ・浄水レベル WG の立上げ
H18.1.17	第8回浄水システム委員会 (於 水道技術研究センター)	・合同実験進捗と今後の予定 ・システムフロー選定作業進捗の報告 ・水質操作因子表の作成 ・文献 WG の進捗報告 ・他委員会関連作業の進捗報告
H18.2.27	第9回浄水システム委員会 (於 第1オカモトヤビル)	・浄水レベル設定の考え方 ・文献 WG の進捗報告 ・データ解析方法の検討 ・合同実験進捗と今後の予定 ・他委員会関連作業の進捗報告
H18.5.11	第10回浄水システム委員会 (於 第1オカモトヤビル)	・浄水レベル設定の考え方 ・データ解析方法の検討 ・合同実験進捗と今後の予定 ・他委員会関連作業の進捗報告
H18.7.13	第11回浄水システム委員会 (於 水道技術研究センター)	・浄水レベル WG 報告 ・データ解析 WG 報告 ・合同実験 WG 報告 ・他委員会関連作業の進捗報告

H18.10.3	第 12 回浄水システム委員会 (於 水道技術研究センター)	<ul style="list-style-type: none"> ・浄水レベル設定 ・データ解析 WG 報告 ・システム選定手法案 ・合同実験 WG 報告 ・他委員会の進捗報告
H18.11.27	第 13 回浄水システム委員会 (於 水道技術研究センター)	<ul style="list-style-type: none"> ・浄水レベルの考え方 ・データ解析 WG 報告 ・システム選定手法案 ・合同実験 WG 報告 ・他委員会の進捗報告
H19.2.8	第 14 回浄水システム委員会 (於 水道技術研究センター)	<ul style="list-style-type: none"> ・報告書執筆案の確認
H19.3.17	第 15 回浄水システム委員会 (於 水道技術研究センター)	<ul style="list-style-type: none"> ・報告書原稿の最終確認

3. 水質に応じた浄水システム選定手法の構築

本報告書の3章における用語の定義を表3-1に示す。また、補足として、浄水システムの構成あるいは細分を図3-1に示した。

表3-1 本報告書における用語の定義（3章分）

浄水システム	単独あるいは複数の浄水プロセスからなる浄水処理施設。原水水質、運転管理の事情によっては追加設備を含む。
(浄水) フロー	浄水場における原水から浄水までの一連の処理過程。
(浄水) プロセス	凝集、粉末活性炭(粉末炭)+凝集+沈澱、急速ろ過、粒状活性炭(粒状炭)など、浄水処理の単位プロセス。プロセスの区切り方は、主に解析の便宜上による(入口と出口の水質データの得やすさ、評価することの重要性など)。
プロセスの合成	複数のプロセスを組合せること。原則として、プロセスの合成により、処理機能も合成されると考えており、本研究ではそれが水質データをもとに実証できるかどうかを水質項目ごとに検討した。
プロセス群	複数の浄水プロセスからなる浄水設備。
濁度除去プロセス群	プロセス群のうち、濁度除去の目的をもつもの。 下向流式の粒状炭のように結果として除濁機能を有するものは除く。
有機物除去プロセス群	プロセス群のうち、有機物除去の目的をもつもの。
処理機能	大きくは濁度除去機能と、有機物除去機能に分けられる。 有機物除去機能としては、TOC、カビ臭物質(2-MIB、ジェオスミン)、トリハロメタンを中心に評価した。 プロセスの中には、濁度除去機能と有機物除去機能を兼ね備えるものもある(例:凝集)。
基本システム	濁度除去と有機物除去の観点から、与えられた原水水質と目標とする浄水水質までに必要なプロセス群を組合せ、必要に応じて不整合を修正したもの。
追加設備	濁度除去と有機物除去以外の処理機能の観点より必要とされる設備。 具体的には、除マンガン設備、酸注入設備、生物処理設備、除鉄設備。
最適浄水システム	基本システムに、必要な追加設備を付け加えたもの。
高度処理	粒状炭およびオゾン+粒状炭といった粒状炭を含む高度浄水処理。 粉末炭のみの場合は高度処理としない。

浄水レベル	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水質値をレベル1とし、トップレベルの水安心度、水満足度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水質目標値をレベル2とする。
原水レベル	原水レベルの設定は、基本的に浄水レベル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%値とした。最大値とするか99～90%値とするかは、水質項目毎にデータを詳細に検討して決定した。

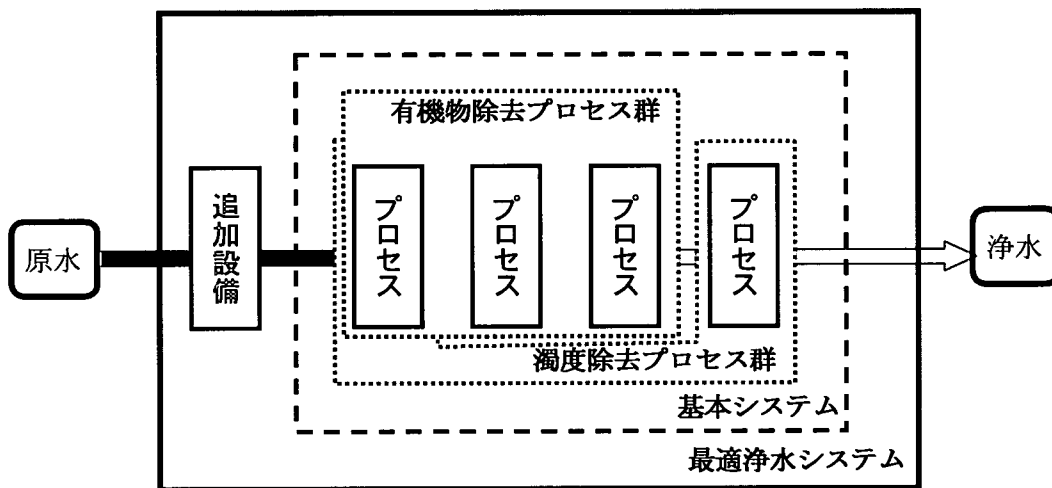


図3-1 浄水システムの構成/細分

3. 1 浄水システム選定の考え方

「原水水質および目標浄水水質に応じた浄水システムの選定」については、以下の基本的な考え方により作業を進めることとした。

まず、浄水処理を「濁度除去機能」と「有機物除去機能」に分け、それぞれについて、原水水質および目標浄水水質レベルに応じた適切な処理機能を選定し、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システムを提示する。本報告書では、このようにして得られた、水質からみて最適と判断した浄水システムを「最適浄水システム（水質面の最適浄水システム）」と定義する。次に、コスト、スペース、LCAなどの情報も併せて提供し、最終的には水道事業体がこれらの情報を考慮した最適浄水システムを選定できるようにすることとした。

また、本選定手法を確立する上で用いるデータは、3. 1. 3で示すシステムデータ、プロセスデータおよびそれらの解析結果を基本として、必要に応じて水道統計データや文献データで補足する。

3. 1. 1 浄水システム選定手法

水質に応じた浄水処理システムの選定手法を図 3-1-1 に示す。各段階における設定方法の考え方は以下のとおりである。

- ①原水の水質項目毎に、概ね3分類したどのレベルにあるか確認する。
- ②浄水の水質項目ごとに目標浄水水質レベルを決定する。
- ③①、②の交わるカラムに入る処理プロセス（複数の場合もある）が選定すべき処理システムとなる。状況によっては目標水質レベルを変えて、複数システムを候補とすることもできる。これを対象とする水質項目について行う。
- ④③で水質項目ごとに得られた処理プロセスを組み合わせたものに、除マンガン設備、生物処理設備等を必要に応じて付加する。また、プロセスの組み合わせで不適当なものや実現不可能なものは排除する。
- ⑤以上を考慮して、水質面での最適浄水システムを提示する。
- ⑥⑤の浄水処理システムについて、コスト、スペース、LCA などの情報を合わせて提示する。

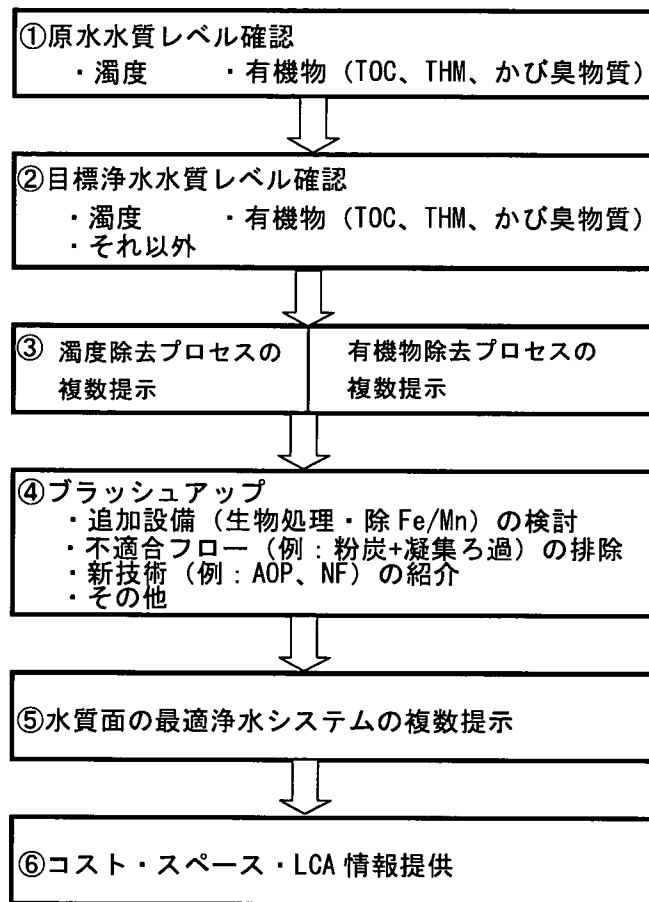


図 3-1-1 浄水処理システム選定手法 (考え方)

以上の考え方により、最適浄水システム選定手法確立のために作業を進めた。その結果得られた具体的な最適浄水システムの選定手法については、3. 5で詳述する。

3. 1. 2 浄水システムの類型分け

基本的な考え方として、浄水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）、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という前提で選定される処理システムを決定する。さらに次の2つの前提条件を加えると、表 3-1-1 に示す基本 11 の処理システムに集約されることとなる。①各プロセスは日本国内で稼働実績および実データがあるもので構成される。②各プロセスの処理性能を加算（濁度除去性能＋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。

ただし、実際には、このシステム中に除マンガン設備などが必要に応じて付加され、システム数はこれより多くなる。

表 3-1-1 選定対象システム

1	(粉末炭) + (凝集+)	膜ろ過				
2	-1	(粉末炭) + 凝集	+	沈澱	+	急速ろ過
	-2	(粉末炭) + 凝集	+	沈澱	+	膜ろ過
3		凝集	+	急速ろ過		
4		凝集	+	前ろ過	+	膜ろ過
5	-1	(粉末炭) + 凝集	+	沈澱	+	粒状炭 + 急速ろ過
	-2	(粉末炭) + 凝集	+	沈澱	+	粒状炭 + 膜ろ過
6	-1	凝集	+	沈澱	+	オゾン + 粒状炭 + 急速ろ過
	-2	凝集	+	沈澱	+	オゾン + 粒状炭 + 膜ろ過
7		凝集	+	粒状炭	+	膜ろ過
8		凝集	+	前ろ過	+	粒状炭 + 膜ろ過

※前塩、中塩、粉末活性炭の有無については、各システムの小分類として扱う
 ※必要に応じて除マンガン設備などのオプションが入る

3. 1. 3 データ収集と事前検討

(1) 対象とした水質項目

浄水システム委員会では、実浄水場での運転データに基づき、各処理システムおよび各処理プロセスの処理性能を評価することとした。

収集対象の水質項目は、表3-1-2に示す40項目とした。

表 3-1-2 水質主要 40 項目

1	濁度	21	クロロ酢酸
2	色度	22	ジクロロ酢酸
3	アルミニウム及びその化合物	23	トリクロロ酢酸
4	鉄及びその化合物	24	ホルムアルデヒド
5	マンガン及びその化合物	25	農薬類
6	全有機炭素(TOC)	26	一般細菌
7	過マンガン酸カリウム消費量	27	大腸菌群数
8	紫外線吸光度 (E260)	28	大腸菌
9	2-メチルイソボルネオール	29	クリプトスポリジウム
10	ジェオスミン	30	生物総数
11	総トリハロメタン生成能	31	アンモニア態窒素
12	クロロホルム	32	硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素
13	ブロモジクロロメタン	33	硬度
14	ジブロモクロロメタン	34	蒸発残留物
15	ブロモホルム	35	ランゲリア指数
16	総トリハロメタン	36	遊離炭酸
17	クロロ酢酸生成能	37	臭化物イオン
18	ジクロロ酢酸生成能	38	臭素酸
19	トリクロロ酢酸生成能	39	砒素
20	ホルムアルデヒド生成能	40	フッ素

まずは実際の浄水場の水質データを幅広く収集し、必要に応じて整理した後、解析に供した。収集したデータはフローデータ、プロセスデータ、補助データに大別した。

いずれのデータも、スポットデータである。浄水場名を示すアルファベットは、その都

度その都度の任意のものであり、特定の浄水場を指すものではない。また、実際の解析の段階において、水質項目ごとにデータの内容を吟味した上で、特異な傾向を示す浄水場のデータ、入口出口ともに定量下限値のみの浄水場、データ数の極端に少ない浄水場などを除外しているため、3. 1. 3に記載するデータ数とは合致しない場合もある。

以下、それぞれのデータの収集結果について述べる。

(2) フローデータ

浄水フローデータとは、水質評価委員会がe-WaterⅡ参加事業者を中心に、原水、浄水の水質データの提供を依頼し、収集したデータの整理を行ったものである。表3-1-3に示す29項目を収集し、日本全国の33事業者の129浄水場における原水－浄水の水質データを整理した。

表 3-1-3 フローデータの水質項目

1	濁度	21	クロロ酢酸
2	色度	22	ジクロロ酢酸
3	アルミニウム及びその化合物	23	トリクロロ酢酸
4	鉄及びその化合物	24	ホルムアルデヒド
5	マンガン及びその化合物	25	農薬類
6	全有機炭素(TOC)	26	一般細菌
7	過マンガン酸カリウム消費量	27	大腸菌群数
8	紫外線吸光度 (E260)	28	大腸菌
9	2-メチルイソボルネオール	30	生物総数
10	ジェオスミン	31	アンモニア態窒素
11	総トリハロメタン生成能	32	硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素
12	クロロホルム	33	硬度
13	ブromジクロロメタン	34	蒸発残留物
14	ジブromクロロメタン	37	臭化物イオン
15	ブromホルム	38	臭素酸
16	総トリハロメタン		

※欠番の水質項目についてはデータ収集せず

整理した浄水フローデータの基本情報を表3-1-4に示す。

表 3-1-4 浄水フローデータの基本情報

事業者数	33
浄水場数	1994年度：111 1999年度：128 2004年度：129
総1日平均浄水量 (2004年度)	17,479,670m ³ /日 (全国上水道・水道用水供給事業の総浄水量 ^{*1} の約40%)

*1 日本水道協会水道統計編纂専門委員会 「水道統計の経年分析(平成16年度)」、水道協会雑誌第75巻第8号 p.59、日本水道協会、2006

データを収集した浄水場の処理フローを細かく分類すると、34の処理フローになった。これらの処理フローについて、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捉えて区別せず、表3-1-5の選定対象11システムに沿って整理し直し、各処理システムの処理性能を評価することとした。これは、統計的評価が目的であることと、水質項目により粉末炭注入や塩素注入の影響が異なるため、個々の水質項目毎に操作因子（塩素注入率等）と併せて評価していくことが妥当と考えたためである。

分類と集約の結果を表3-1-6に示す。基本フロー毎の原水水質－処理水水質の関係、ならびに累積頻度分布を添付資料-1に示す。

表 3-1-5 選定対象システム（再掲）

1		(粉末炭) + (凝集+)	膜ろ過
2	-1	(粉末炭) + 凝集	沈澱 + 急速ろ過
	-2	(粉末炭) + 凝集	沈澱 + 膜ろ過
3		凝集	急速ろ過
4		凝集	前ろ過 + 膜ろ過
5	-1	(粉末炭) + 凝集	沈澱 + 粒状炭 + 急速ろ過
	-2	(粉末炭) + 凝集	沈澱 + 粒状炭 + 膜ろ過
6	-1	凝集	沈澱 + オゾン + 粒状炭 + 急速ろ過
	-2	凝集	沈澱 + オゾン + 粒状炭 + 膜ろ過
7		凝集	粒状炭 + 膜ろ過
8		凝集	前ろ過 + 粒状炭 + 膜ろ過

※前塩、中塩、粉末炭の有無については、各システムの小分類として扱う
※必要に応じて除 Mn 除去などのオプションが入る

表3-1-6 フローデータの集計結果

1	膜ろ過	1994年度	1999年度	2004年度	合計
2-1a	凝集+沈澱+急速ろ過、粉末炭なし	0	0	1	1
2-1b	凝集+沈澱+急速ろ過、粉末炭あり	32	32	25	89
3	凝集+急速ろ過	41	49	51	141
5-1	凝集+沈澱+粒状炭+急速ろ過	5	7	8	20
6-1	凝集+沈澱+オゾン+粒状炭+急速ろ過	4	8	10	22
その他		29	30	31	90
合計		111	128	129	

(3) プロセスデータ

プロセス評価手法の検討においては、機能評価委員会の協力を受け、浄水場の処理プロセスの入口・出口の水質データを収集し、システム（プロセスの前後）の区別をせずに単位プロセスごとに整理し、各処理プロセスの処理性能を評価することとした。

表3-1-7に示すプロセスを収集および整理の対象とした。

表3-1-7 対象処理プロセス

記号	プロセス
AA	生物処理
BA	凝集＋沈澱
BB	前塩素＋凝集＋沈澱
CA	急速ろ過
CB	中塩素＋急速ろ過
CC	凝集＋急速ろ過
CE	オゾン＋急速ろ過
DA	緩速ろ過
EA	膜ろ過
FA	粒状活性炭
GA	オゾン＋粒状活性炭
HA	粉末活性炭＋凝集＋沈澱
HB	粉末活性炭＋(前)塩素＋凝集＋沈澱

表3-1-8に示す日本国内の31事業体・126浄水場を対象に、対象プロセスにおける主要水質40項目のデータを収集した。

収集結果の概要を表3-1-9に示す。

表 3-1-8 プロセスデータの入手状況

	e-Water II 参画事業体	e-Water II 非参画事業体	
		(浄水場ヒアリング対象事業体)	その他
依頼方法	文書送付による依頼	ヒアリング訪問時に提供依頼	水質年報の提供
収集状況	20 事業体 114 浄水場	8 事業体 9 浄水場	3 事業体 3 浄水場

表3-1-9は収集データの内訳であり、プロセスデータ解析にあたっては、特異な傾向を示す浄水場のデータ、入口出口ともに定量下限値のみの浄水場、データ数の極端に少ない浄水場などをあらかじめ除外している。

「凝集沈澱」(「粉炭あり 凝集沈澱」「粉炭なし 凝集沈澱」)「急速ろ過」「緩速ろ過」「膜ろ過」「高度処理」に該当するプロセスごとにまとめた入口-出口の散布図および入口-除去率の散布図を、添付資料-2 に示す。また、原水から浄水まで、全てのプロセスの同一日の水質データを得られた浄水場の主な水質項目について、データの概要とプロセスごとの変化をまとめたものを添付資料-3 に示す。

表3-1-9 プロセスデータの収集結果（浄水場数）

プロセス	AA	BA	BB	CA	CB	CC	CD	CE	DA	EA	FA	GA	HA	HB
01 濁度	2	27	37	15	48	3	2	2	7	2	4	9	7	14
02 色度	2	23	25	9	37	3	2	2	5	2	3	7	6	9
03 アルミニウム及びその化合物	0	11	9	4	15	2	2	2	3	2	2	3	2	4
04 鉄及びその化合物	0	10	10	4	16	3	1	1	4	2	2	4	1	5
05 マンガン及びその化合物	4	12	5	3	13	3	2	2	4	0	2	6	1	3
06 全有機炭素(TOC)	6	14	12	5	19	3	2	2	4	2	5	13	1	3
07 過マンガン酸カリウム消費量	0	14	15	5	22	3	2	2	5	2	2	4	1	6
08 紫外線吸光度(E260)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09 2-メチルイソボルネオール	2	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	2	0	0
10 ジェオスミン	2	1	1	0	2	1	0	0	1	0	2	2	0	0
11 総トリハロメタン生成能	1	7	0	1	0	3	0	0	0	0	0	8	0	0
12 クロロホルム	0	4	1	1	5	2	0	0	1	0	2	2	1	1
13 ブロモジクロロメタン	0	4	1	1	5	2	0	0	0	2	2	2	1	1
14 ジブロモクロロメタン	0	4	1	1	5	2	0	0	1	2	2	2	1	1
15 ブロモホルム	0	0	0	1	4	2	0	0	1	2	2	2	1	0
16 総トリハロメタン	1	4	1	1	5	2	0	0	1	2	2	5	1	1
17 クロロ酢酸生成能	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18 ジクロロ酢酸生成能	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19 トリクロロ酢酸生成能	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20 ホルムアルデヒド生成能	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21 クロロ酢酸	0	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	1	0
22 ジクロロ酢酸	0	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	1	0
23 トリクロロ酢酸	0	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	1	0
24 ホルムアルデヒド	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	2	0	0
25 農業類	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
26 一般細菌	0	11	14	0	22	2	2	2	5	2	2	4	1	5
27 大腸菌群数	0	5	1	0	3	0	0	0	1	0	1	0	1	2
28 大腸菌	0	6	1	0	4	2	0	0	1	0	1	2	0	1
29 クリプトスポリジウム	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30 生物総数	0	6	9	0	7	0	0	0	1	0	0	0	1	4
31 アンモニア態窒素	5	9	5	1	2	3	2	2	2	2	1	7	0	2
32 硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	2	133	7	6	14	2	2	2	3	2	1	4	1	3
33 硬度	0	8	7	3	13	0	2	2	3	2	2	2	1	3
34 蒸発残留物	0	6	1	3	4	0	2	2	3	2	1	2	1	0
35 ランゲリア指数	0	2	0	0	3	0	0	0	1	2	1	0	1	0
36 遊離炭酸	0	4	0	0	3	0	2	2	2	2	1	2	1	0
37 臭化物イオン	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
38 臭素酸	0	4	0	1	2	0	0	0	0	0	0	7	0	1
39 砒素	0	1	5	2	6	0	0	0	2	2	0	0	1	3
40 フッ素	0	5	6	3	12	0	0	0	2	2	1	0	1	3
浄水場総数	27	347	175	71	299	51	25	25	65	38	45	113	37	75

※入口または出口片側のみのデータを除く

(4) 補助データ

・カビ臭発生時の対応に関するデータ

H17年度に、機能評価委員会が水道技術研究センター会員事業体に提供を依頼し、16事業体、33浄水場から提供を受けた。

内訳

基本フロー2-1a : 2か所

基本フロー2-1b : 24か所

基本フロー5-1 : 1か所

基本フロー6-1 : 6か所

単年度もしくは2~3年間の日データ、主に臭気発生時の原水→浄水のデータで、頻度、期間は不問（浄水場ごとに異なる）

・急速ろ過池におけるpHとアルミニウム濃度に関するデータ

H17年度にセンター会員事業体に依頼し、(1994、1999、2004年度の)水質年報の提供を受けた。急速ろ過水のpHとアルミ濃度のデータが揃っている浄水場を抽出した。

内訳

凝集沈澱水 12事業体 29浄水場 (系列を区別すると 36か所)

ろ過水 16事業体 35浄水場 (系列を区別すると 43か所)

3. 2 望ましい浄水水質のレベル別設定

3. 2. 1 目標浄水水質レベルの考え方

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。この水質基準をいかなる場合においても満足するため、多くの水道事業者では、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各々設定し浄水管理が行われている。本浄水システム委員会の委員が所属する事業者においても浄水処理工程における管理目標値として6項目を定めている事業者から当面の目指すべき給水の水質目標として77項目設定している事業者など、浄水管理の考え方、原水水質や浄水システム、浄水処理技術の水準から、各々水質目標値が設定されている。

一方、東京都水道局、横浜市水道局、千葉県水道局などのように、水質に対する信頼性の向上や、さらに安全でおいしい水の供給に向けた取り組みを推進していくため、独自の水質目標を設定し公表¹⁾²⁾³⁾しているところもある。なお、これらは水源から蛇口までの総合的な取り組みであることから、給水栓における水質目標となっている。

本研究においては「浄水水質」を浄水場の最終プロセス出口として定義する。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、或いは同一事業者内でも地域により統一した取扱い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をレベル1とし、トップレベルの水安心度、水満足度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段階の設定を行う。

まず、現状把握として、委員が所属する5事業者の管理目標から複数の事業者が目標としている項目と目標値の範囲を抽出し、平成17年度の水道統計より全浄水場の出口濃度の年間最大値を用いて目標値の範囲内での達成割合を示す。（表3-2-1、図3-2-1参照）

なお、年間最大値とするのは、浄水場の水質管理においては、一般的に最大値で管理が行われているからである。また、ここでの（3. 2）図表の詳細は添付資料-4に示す。

表 3-2-1 5 事業者の管理目標

水質項目	水質基準	目標の範囲
濁度[度]	2以下	0.05 ~ 0.1
THM[mg/L]	0.1以下	0.015 ~ 0.05
TOC[mg/L]	5以下	1.3 ~ 2.0
ジェオスミン[ng/L]	10以下	1 ~ 5
2-MIB[ng/L]	10以下	1 ~ 5
アルミニウム[mg/L]	0.2以下	0.07 ~ 0.1
色度[度]	5以下	0.5 ~ 2
鉄[mg/L]	0.3以下	0.01 ~ 0.1
マンガン[mg/L]	0.05以下	0.005 ~ 0.01

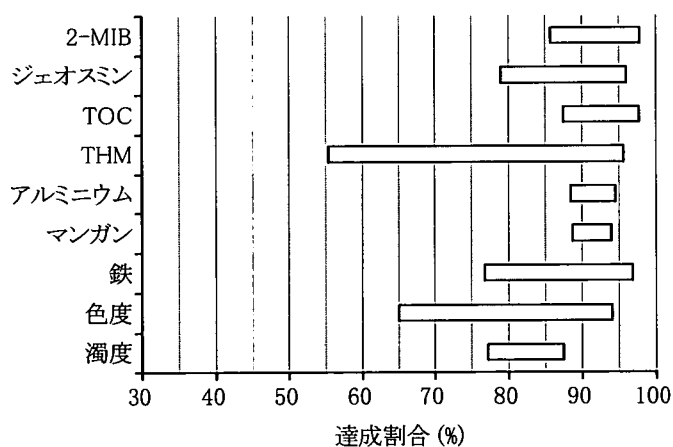


図 3-2-1 管理目標（5 事業者）の達成割合

さらに、表 3-2-2、図 3-2-2 に東京都、横浜市、千葉県が公表している水質目標に対する達成割合も併せて示す。

表 3-2-2 東京都等の水質目標

水質項目	水質基準	目標の範囲
濁度[度]	2以下	0.1
色度[度]	5以下	1
THM[mg/L]	0.1以下	0.015 ~ 0.03
TOC[mg/L]	5以下	0.5 ~ 1.0
ジェオスミン[ng/L]	10以下	0 ~ 1
2-MIB[ng/L]	10以下	0 ~ 1

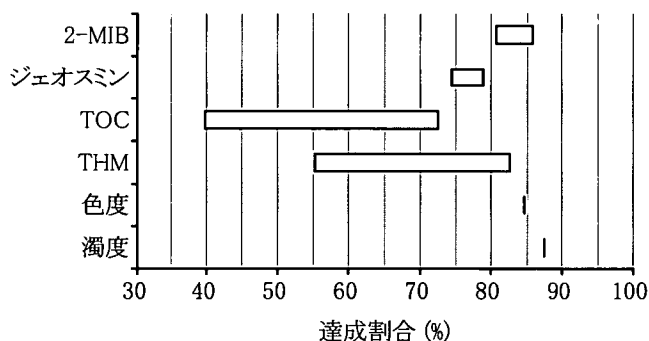


図 3-2-2 水質目標（東京都等）の達成割合

3. 2. 2 目標浄水水質の設定

(1) レベル 1

レベル 1 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」、すなわち我が国のほとんどの浄水場で満足しているレベルとして、水道統計より全浄水場の出口濃度の年間最大値で累積頻度 90%の値を参考に設定する。水質項目については、事業者が管理目標としている水質項目から、微粒子管理項目として濁度、塩素処理管理項目として色度、鉄、マンガン、有機物管理項目として TOC、THM、ジェオスミン、2-MIB、また、凝集処理管理項目としてアルミニウムの 9 項目とする。表 3-2-3 にレベル 1 設定として、各水質項目について 90%値、設定値および設定値に対する累積頻度を示す。

表 3-2-3 浄水水質目標 レベル 1

管理項目	項目名	90%値	設定値	累積頻度
微粒子	濁度[度]	0.15	0.1	0.874
有機物	THM[mg/L]	0.039	0.04	0.909
	TOC[mg/L]	1.39	1.5	0.932
	ジェオスミン[ng/L]	3.1	3	0.899
	2-MIB[ng/L]	1.8	3	0.942
凝集処理	アルミニウム[mg/L]	0.08	0.1	0.944
塩素処理	色度[度]	1.7	2	0.941
	鉄[mg/L]	0.036	0.03	0.884
	マンガン[mg/L]	0.0055	0.005	0.887

(2) レベル 2

水道ビジョンでは、「世界のトップランナーを目指してチャレンジし続ける水道」を基本理念に掲げ、「安心：すべての国民が安心しておいしく飲める水道水の供給」を主要政策課題の一つとしている。そこでレベル 2 は、この実現に向けて、「トップレベルの水安

心度、水満足度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として設定する。具体的には、より安全でおいしい水の観点から、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TOC、THM、ジェオスミン、2-MIBの水質項目について、年間最大値の累積頻度50%を基に設定した。オゾン・活性炭処理を導入している浄水場の50%値、設定値、累積頻度を表3-2-4に示す。

表 3-2-4 浄水水質目標 レベル2

管理項目	項目名	50%値	設定値	累積頻度
微粒子	濁度(膜処理)[度]	—	0.01 (実験結果より)	—
有機物	THM[mg/L]	0.0153	0.015	0.483
	TOC[mg/L]	1	1	0.5
	ジェオスミン[ng/L]	0	1未満	0.917
	2-MIB[ng/L]	0	1未満	0.833

レベル1設定においては、全浄水場の90%を基に設定したのに対してレベル2では50%値を設定値とした理由について以下に記述する。全浄水場、オゾン・活性炭処理を導入している浄水場におけるトリハロメタン、TOCの浄水出口濃度の年間最大値の累積超過曲線を図3-2-3、図3-2-4に示す。トリハロメタンでは、累積頻度0.6以上においてオゾン・活性炭処理の曲線が全浄水場の曲線より上方にあり、オゾン・活性炭処理の高い除去性を示していると考えられる。しかし、トリハロメタンでは0.6以下、TOCでは全体的にオゾン・活性炭処理の曲線が全浄水場の曲線より下方に位置している。これは、水源水質によりオゾン・活性炭処理を導入してもなお全国レベルに達成していない状況にあることも同時に示していると考えられる。つまり、オゾン・活性炭処理の導入により浄水水質の大幅な向上が認められるが、水質項目によってはレベル1<レベル2、レベル1≧レベル2となるため、90%値を基にレベル2を設定することは適切でないと判断した。

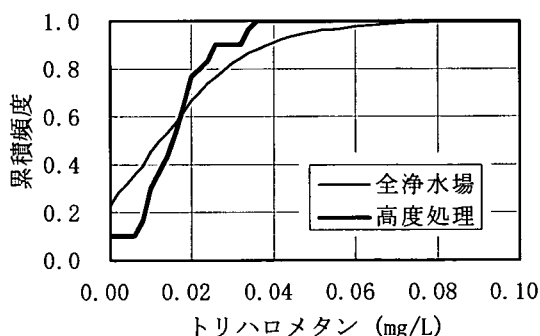


図 3-2-3 トリハロメタン年間最大値の累積超過曲線

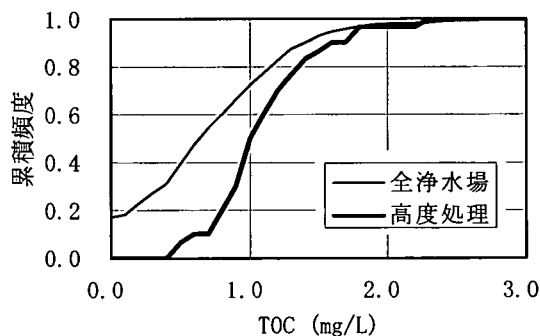


図 3-2-4 TOC年間最大値の累積超過曲線

したがって、レベル2の設定においては、長期的な目標という視点から、オゾン・活性

炭処理を導入している浄水場の平均的レベルである浄水場出口濃度の年間最大値の 50% 値を基に目標値を設定し、既に稼働している浄水場では、高度浄水システムの最適化により処理レベルの向上が望めること、および浄水場における施設更新時や水道システム再構築時においては、今後水質基準が厳しくなることが予想されることや水源の見直しも視野に入れ平均以上の処理レベルを目指すべきとした。

微粒子項目としての濁度については、固液分離プロセスが凝集沈澱・ろ過の場合は、レベル2の基本プロセスとして考えないが、膜処理の場合は、さらに高度なレベルが確保できることから、膜処理の場合として e-Water II での合同実験結果（4.3 参照）より別途設定した。

3. 2. 3 目標水質レベルの設定値

表 3-2-5 に前項で設定した浄水水質目標を示す。レベル1は「浄水場で適切で運転管理が行われている場合に達成可能な値」、すなわち管理目標であり、レベル2は「トップレベルの水安心度、水満足度の確保を目指していくうえでの目標値」、すなわち将来目標として設定した。なお、これらの目標値は年間最大値としている。

表 3-2-5 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)
有機物	THM[mg/L]	0.04	0.015
	TOC[mg/L]	1.5	1
	ジェオスミン[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	—
塩素処理	色度[度]	2	—
	鉄[mg/L]	0.03	—
	マンガン[mg/L]	0.005	—

参考文献

- 1) 東京の水道（東京都水道局）
- 2) 平成 18 年横浜水道水質白書（横浜市水道局）
- 3) おいしい水づくり計画 平成 19 年 3 月（千葉県水道局）

3. 3 プロセス群の選定

水質からみた最適な浄水システムを構築するためには、想定される原水水質において目標とする浄水水質を達成可能な浄水プロセス群を選定する必要がある。そこで、まず浄水フロー毎のデータ解析（フローデータ解析）を行い、処理フローと原水水質および浄水水質の関係を解析した。さらに、フローデータ解析だけではデータが不十分な水質項目を補完するために浄水プロセス毎のデータ解析（プロセスデータ解析）を行った。最後に、フローデータ解析およびプロセスデータ解析の結果を基に、水質項目毎のプロセス群選定表を作成した。

なお、プロセスデータ解析では、プロセスの組み合わせによる水質予測値がフローデータの水質と一致するのかの検証も行った。これは、本研究で提案する最適な浄水システムが、既存の浄水場では実施されていないプロセスの組み合わせとなった場合でも、浄水水質を予測可能か判断するために実施したものである。

3. 3. 1 フローデータ解析

ここでは、原水水質と浄水フローと浄水水質の間にどのような関係があるのかを確認するため、浄水フローデータについての解析を行った。

浄水フローデータとは、水質評価委員会が e-Water II 参加事業体を中心に、原水、浄水の水質データの提供を依頼し、収集したデータの整理を行ったものである。浄水フローデータの基本情報および浄水フローの分類については「3. 1. 3」を参照。

解析を行った水質項目について、定量下限値の範囲を表 3-3-1 にまとめた。定量下限値は事業体によって違いがあるが、平均値の算出では定量下限値未満の数値は全て 0 として計算を行った。

浄水フローデータの水質項目と解析の有無とその理由、基本フロー 2-1、3-1、5-1、6-1 における原水最大値、浄水最大値、データ数を表 3-3-2 にまとめた。

表 3-3-1 解析を行った水質項目の定量下限値

No.	項目	単位	最小値	最大値
01	濁度	度	0.005	0.5
02	色度	度	0.5	1.0
03	アルミニウム及びその化合物	mg/L	0.0005	0.03
04	鉄及びその化合物	mg/L	0.005	0.03
05	マンガン及びその化合物	mg/L	0.001	0.005
06	全有機炭素 (TOC)	mg/L	0.1	0.5
09	2-メチルイソボルネオール	ng/L	0.1	5
10	ジオスミン	ng/L	0.1	5
11	総トリハロメタン生成能	mg/L	0.0001	0.03
16	総トリハロメタン	mg/L	0.0001	0.01
26	一般細菌	個/mL	0.1	1
33	硬度	mg/L	0.1	2