

資料-1 *e-Water II* 成果概要

財団法人水道技術研究センターの「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*)」(平成 17 年度～平成 19 年度、厚生労働科学研究費補助)の「成果概要集(平成 20 年 10 月)」の中から、本技術資料に関連のある以下の 2 つのテーマについて抜粋した。詳細については「**第 I 編 2-1**」を参照。

資料-1-1 浄水システム委員会の活動報告 (*e-Water II* 成果概要集からの抜粋)

資料-1-2 機能評価委員会の活動報告 (*e-Water II* 成果概要集からの抜粋)

浄水システム委員会の活動報告

浄水システム委員会 委員長
国立保健医療科学院 水道工学部
水道計画室長 伊藤 雅喜

1. はじめに

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システムを選定することが重要である。本研究は、水質に応じた浄水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浄水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. 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浄水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、原水水質と目標とする浄水水質に応じた浄水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、浄水システムへの組み込みや代替処理プロセスとしての評価を行った。

3. 研究概要

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) 水質に応じた浄水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、総合的にかつデータに基づいた浄水システムの評価、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、コスト情報の提供等が必要となる。本委員会ではこのうち、主として目標とする浄水レベルの設定と個々の処理プロセスを評価し、水質面での最適浄水システム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浄水システムと鉄系凝集剤を使用した浄水システムの検討を行った。文献調査は5つの研究委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7技術分野の文献抄録を行い、抄録集としてまとめた。

4. 研究成果

4. 1 水質に応じた浄水システム選定手法の構築

目標とする浄水水質のレベル設定とプロセス群の選定をもとに、最適浄水システム選定手法の開発を行った。

目標浄水水質に関しては、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、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と達成率を示している。

最適浄水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、さらにその組み合わせをベースにした基本システムを選定し、必要に応じてマンガン除去等の設備を付加したシステムを提示している。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）などの情報を付加した。

4. 1. 1 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1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1 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2に示す。

表2 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

4. 1. 2 プロセス群の選定

浄水レベルを設定した水質項目である濁度、TOC、カビ臭（ジェオスミン+2-MIB）、THMFP 及び THM について、基本的には浄水場の原水と浄水水質を用いたフローデータ解析の結果を基にプロセス群選定を行った。フローデータ解析だけではデータが不十分な水質項目については、個々の処理プロセスの出入口の水質を用いたプロセスデータ解析の結果も活用した。なお、浄水レベル1でアルミニウム、色度、鉄、マンガンも設定している

が、これらの水質項目については、基本的に濁質除去プロセス群や有機物除去プロセス群で除去されることから、必要な場合には追加設備で対応することとした。

まず、原水のレベル分けを行い、水道水質基準値を含む浄水レベル毎に達成可能な浄水プロセス群を1つ以上選定した。原水レベル設定の概念を図1に示す。なお、一部の原水レベルの設定においては、水道統計データを参考とした。

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。

浄水レベルに応じた浄水プロセスの選定のために、基本となるプロセスから原水レベルごとに目標とする浄水レベルを達成するためのプロセス群とその達成率を提示した。既に浄水レベル1のプロセスは達成率90%以上で原水レベルを設定した時点で決まっているので、浄水レベル2対応のシステムを決定した。レベル2は達成率50%以上を基本としたが、水質項目によっては達成率50%未満のものも選定した。これは、データ数の不足が原因と考えられる場合もあり、あくまで本研究委員会で整理したデータに基づく結果である。また、最低限のプロセスとして水質基準達成可能なものも選定した。

原則として、フローデータの解析結果を根拠としてプロセス群選定を行ったが、膜ろ過処理のフローデータはほとんど入手できていない。濁度の浄水レベル2は膜ろ過において目指すべき数値であることから、綾瀬浄水場における合同実験の結果を根拠として採用した。表5~8に各水質項目のプロセス群選定表を示す。

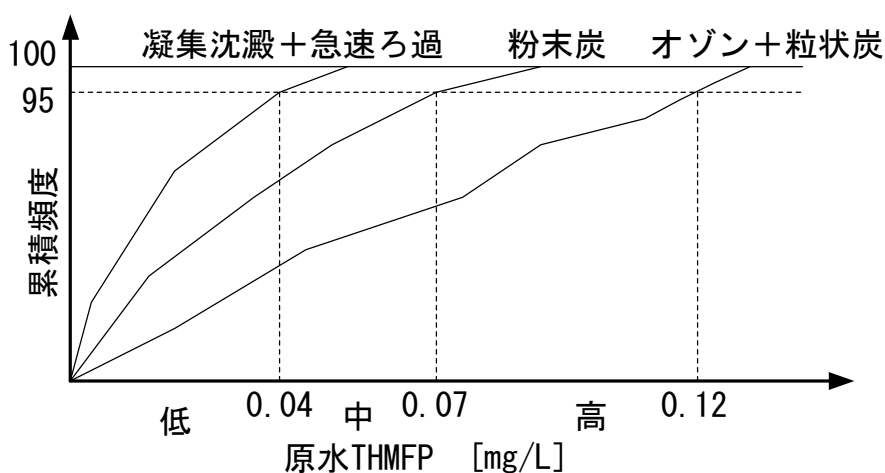


図1 原水レベル設定の概念

4. 1. 3 最適浄水システム選定手法

最適浄水システムの選定手法を図2に示す。基本システムに除マンガン設備等の有無の判断を加えたものが、最適浄水システムとなる。このようにして得られた最適浄水システムについて、コスト、スペース、維持管理性、LCA等の情報を提供する。水道事業者等の利用者は、これらの情報を受けて、最終的にどの浄水システムが適切であるか判断することとなる。以下に、具体的な選定手順を示す。

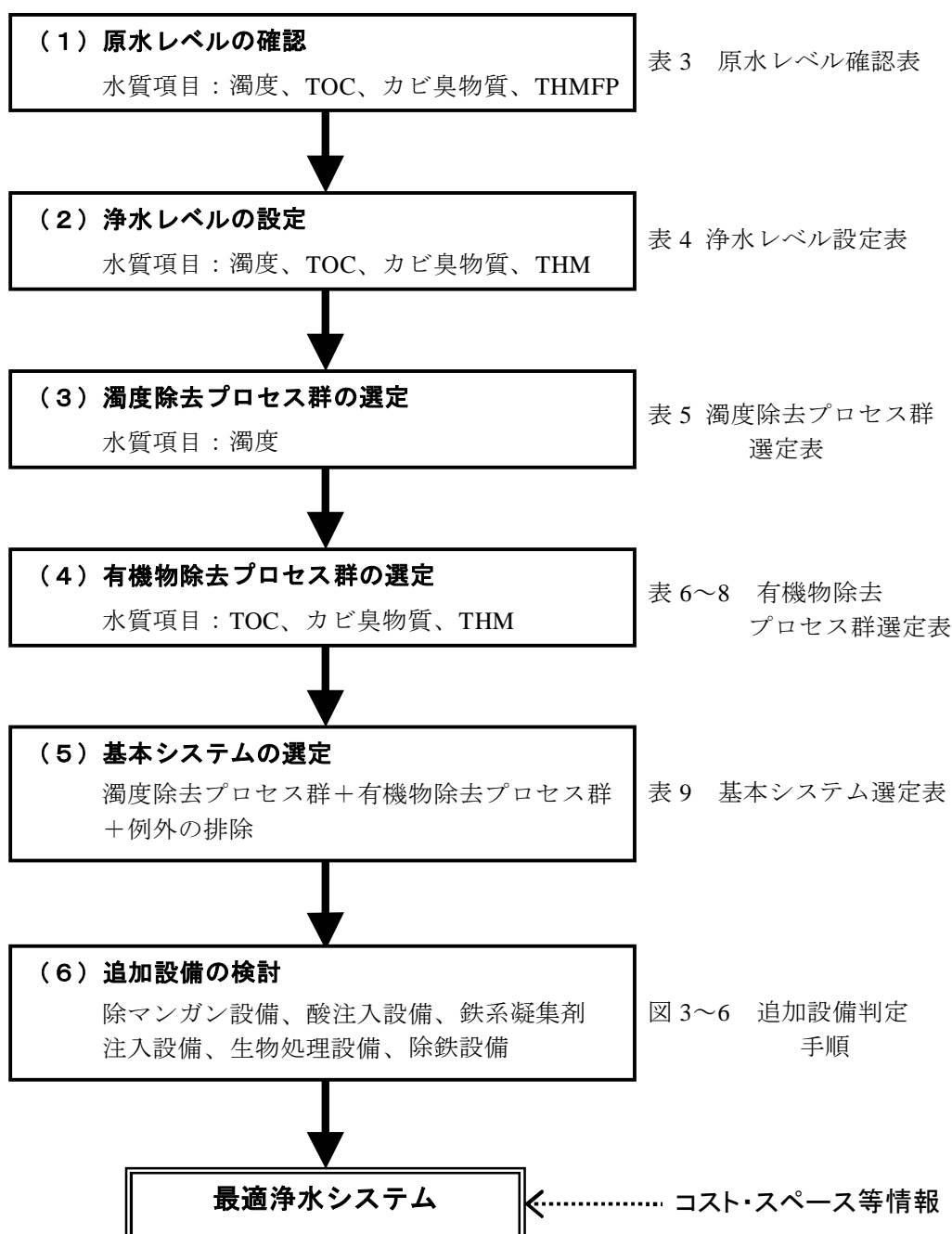


図2 最適浄水システム選定手法

(1) 原水レベルの確認

対象とする原水の水質について、濁度、TOC、カビ臭物質、THM の4項目それぞれが、原水レベルのどの区分に属するか、表3より確認する。この際、原水の値は水道事業者等の利用者が想定する最も高い値とする（実際の最高値とは必ずしも一致させる必要はない）。

なお、原水レベルが表3の区分に入らない場合は、少なくとも浄水レベル1以上の処理は困難であるか、またはデータが存在しないことを示す。

表3 原水レベル確認表

原水レベル 水質項目	低	中	高
濁度[度]	1以下	1～5以下	5～800以下
TOC [mg/L]	2.5以下	2.5～3.5以下	3.5～7.5以下
カビ臭物質[ng/L]*	5以下	5～25以下	25～750以下
THMFP [mg/L]	0.04以下	0.04～0.07以下	0.07～0.12以下

※ カビ臭物質は2-MIBとジェオスミンを区別せず、高い方の値を用いる。

(2) 浄水レベルの設定

目標とする浄水水質について、濁度、TOC、カビ臭物質、THM の4項目それぞれを浄水レベルのどの区分にするか、表4をもとに設定する。

表4 浄水レベル設定表

原水レベル 水質項目	水質基準	レベル1	レベル2
濁度 [度]	2	0.1	0.01
TOC [mg/L]	5	1.5	1.0
カビ臭物質 [ng/L]*	10	3	1未満
THM [mg/L]	0.1	0.040	0.015

※ 2-MIBとジェオスミンは区別せず扱うことから、浄水レベルはどちらも同じ値に設定される。

(3) 濁度除去プロセス群の選定

濁度除去プロセス群選定表（表5）より、(1)(2)で確認、設定した、原水レベルの行と浄水レベルの列が交差するカラムにあるプロセス群を「濁度除去プロセス群」とする。

ここで、濁度除去プロセス群は複数選択できる場合があるが、その際は達成率を目安にプロセス群を選択する。

表 5 濁度除去プロセス群選定表

浄水レベル 原水レベル	水質基準 2度以下	レベル 1 0.1度以下	レベル 2 0.01度以下
低 1度以下	不要 (- %)	凝集+急速ろ過 (100%)	膜ろ過 (100%)
中 1超~5度以下	凝集+急速ろ過 (100%)	凝集+急速ろ過 (100%)	膜ろ過 (100%)
高 5超~800度以下	凝集+沈澱+急速ろ過 (100%)	凝集+沈澱+急速ろ過 (94%)	凝集+沈澱+膜ろ過* (100%) 凝集+前ろ過+膜ろ過* (100%)

() はそのプロセス群による達成率

※ 原水水質が 15 度以下の場合は、「凝集+膜ろ過」のプロセス群に置き換えてもよいものとする。これは、綾瀬合同実験において、膜ろ過原水が 15 度以下の場合には、膜ろ過処理が安定して行え、膜ろ過水濁度も 0.01 度以下を維持した結果を根拠とした。

(4) 有機物除去プロセス群の選定

TOC、カビ臭物質、THM それぞれの除去プロセス群選定表 (表 6~8) より、(1) (2) で確認、設定した、原水レベルの行と浄水レベルの列が交差するカラムにあるプロセス群をそれぞれ選定する。ここで、プロセス群はそれぞれ複数選択できる場合があるが、その際は達成率を目安にプロセス群を選択する。

選定したプロセス群の中、全てを網羅するプロセス群を「有機物除去プロセス群」とし、順位はオゾン+粒状炭>粒状炭>粉末炭>凝集>不要 とする。例えば、選択したプロセス群が「粒状炭」、「粉末炭」、「凝集」であった場合には、全てを網羅するプロセス群は最も上位にある「粒状炭」となる。

表 6 TOC 除去プロセス群選定表

浄水レベル 原水レベル	水質基準 5mg/L 以下	レベル 1 1.5mg/L 以下	レベル 2 1.0mg/L 以下
低 2.5mg/L 以下	不要	凝集 (94%) 粉末炭 (99%) 粒状炭または オゾン+粒状炭 (100%)	凝集 (77%) 粉末炭 (86%) 粒状炭または オゾン+粒状炭 (84%)
中 2.5超~3.5mg/L 以下	不要	粒状炭または オゾン+粒状炭 (100%)	粒状炭または オゾン+粒状炭 (71%)
高 3.5超~7.5mg/L 以下	粉末炭 (100%)	粒状炭または オゾン+粒状炭 (89%)	粒状炭または オゾン+粒状炭 (67%)

() はそのプロセス群による達成率

表7 カビ臭物質除去プロセス群選定表

浄水レベル 原水レベル	水質基準	レベル1	レベル2
	10 ng/L 以下	3 ng/L 以下	1 ng/L 未満
低 5 ng/L 以下	不要	粉末炭(98%)	粉末炭(85%)
中 5 超～25 ng/L 以下	粉末炭(97%)	粉末炭(65%) 粒状炭(79%) オゾン+粒状炭(100%)	粒状炭(10%) オゾン+粒状炭(88%)
高 25 超～750 ng/L 以下	粉末炭(86%) 粒状炭(100%) オゾン+粒状炭(96%)	粒状炭(80%) オゾン+粒状炭 (88%)	粒状炭(40%) オゾン+粒状炭(88%)

() はそのプロセス群による達成率

表8 THM 除去プロセス群選定表

浄水レベル 原水レベル (THM) (THMFP)	水質基準	レベル1	レベル2
	0.1mg/L以下	0.04mg/L以下	0.015mg/L以下
低 0.04mg/L以下	不要	凝集(99%)	粉末炭(77%) オゾン+粒状炭(97%)
中 0.04超～ 0.07mg/L以下	不要	粉末炭(91%) オゾン+粒状炭(100%)	オゾン+粒状炭(78%)
高 0.07超～ 0.12mg/L以下	粉末炭(100%)	オゾン+粒状炭(80%)	オゾン+粒状炭(40%)

() はそのプロセス群による達成率

(5) 基本システムの選定

表9に示す基本システム選定表より、(3)で選定した濁度除去プロセス群の列と、(4)で選定した有機物除去プロセス群の行が交差するカラムにあるプロセス群を選定する。これを「基本システム」とする。

基本システム選定表は、原則的には濁度除去プロセス群と有機物除去プロセス群を単純に組み合わせたプロセス群を示す表であるが、単純な組み合わせでは浄水システムとして成立しない場合や、一応は成立するものの推奨できない場合がある。そこで、それらの場合には代わりに推奨するプロセス群を記載した。詳細は表中の脚注に示したが、一例を挙げると、濁度除去プロセス群「不要」、有機物除去プロセス群「凝集」の場合には、組み合わせのプロセス群としては「凝集」となる。しかし、凝集処理のみでは浄水システムとして成立しないことから、「凝集+急速ろ過」を推奨プロセス群として示した。

なお、表9で網掛けをしたプロセス群を選定する際には、表中以外のプロセス群を基本システムとして選定しなければならない場合がある。システムは安全側に組んでおり、詳細は脚注に示したが、特に注意が必要である。

このようにして選定される基本システムについては、表 10 に示すとおり、計 21 フローとなる。なお、表 9 および表 10 に示す英数字は基本システムの番号であり、両者は対応している。

表 9 基本システム選定表

濁度 有機物	不要	凝集 +急速ろ過	凝集+沈澱 +急速ろ過	膜ろ過	凝集+沈澱 +膜ろ過	凝集+前ろ過 +膜ろ過
不要	0 消毒のみ	3 凝集+急速ろ過	2-1a 凝集+沈澱 +急速ろ過	1-1a ※11 膜ろ過	2-2a 凝集+沈澱 +膜ろ過	4a 凝集+前ろ過 +膜ろ過
凝集	3 ※1 凝集 +急速ろ過	3 凝集 +急速ろ過	2-1a 凝集+沈澱 +急速ろ過	1-2a 凝集+膜ろ過	2-2a 凝集+沈澱 +膜ろ過	4a 凝集+前ろ過 +膜ろ過
粉末炭	2-1b ※2 粉末炭+凝集 +沈澱 +急速ろ過	2-1b ※6 粉末炭+凝集 +沈澱 +急速ろ過	2-1b 粉末炭+凝集 +沈澱 +急速ろ過	1-1b ※12 粉末炭 +膜ろ過	2-2b 粉末炭+凝集 +沈澱 +膜ろ過	4b 凝集+前ろ過 +粉末炭 +膜ろ過
	1-1b ※3 ※12 粉末炭 +膜ろ過	1-2b ※7 粉末炭+凝集 +膜ろ過				
粒状炭	7-1 ※4 ※13 粒状炭 +膜ろ過	5-1a ※8 凝集+沈澱 +粒状炭 +急速ろ過	5-1a 凝集+沈澱 +粒状炭 +急速ろ過	7-1 ※13 粒状炭 +膜ろ過	5-2a 凝集+沈澱 +粒状炭 +膜ろ過	8 凝集+前ろ過 +粒状炭 +膜ろ過
		7-2 ※9 凝集+粒状炭 +膜ろ過				
オゾン+ 粒状炭	7-3 ※5 ※15 オゾン +粒状炭 +膜ろ過	6-1 ※10 ※16 凝集+沈澱 +オゾン +粒状炭 +急速ろ過	6-1 ※16 凝集+沈澱+ オゾン +粒状炭 +急速ろ過	7-3 ※15 オゾン +粒状炭 +膜ろ過	6-2 ※15 凝集+沈澱 +オゾン +粒状炭 +膜ろ過	6-2 ※14 ※15 凝集+沈澱 +オゾン +粒状炭 +膜ろ過

- ※1 組み合わせプロセス群は「凝集」であるが、後段で注入した凝集ブロックの除去が必要であり、急速ろ過を付加した。
- ※2 組み合わせプロセス群は「粉末炭」であるが、後段で粉末炭の除去が必要であり、凝集+沈澱+急速ろ過を付加した。
- ※3 組み合わせプロセス群は「粉末炭」であるが、後段で粉末炭の除去が必要であり、膜ろ過を付加した。
- ※4 組み合わせプロセス群は「粒状炭」であるが、微粉炭や生物漏出対策の観点から、膜ろ過を付加した。洗浄などの維持管理を適切に行えば、「粒状炭」単独でも処理可能と考えられるが、基本システムには含めないものとした。
- ※5 組み合わせプロセス群は「オゾン+粒状炭」であるが、微粉炭や生物漏出対策の観点から、膜ろ過を付加した。
- ※6 組み合わせプロセス群は「粉末炭+凝集+急速ろ過」であるが、粉末炭の濁質負荷が大きく、急速ろ過では処理しきれない可能性があることから、沈澱を付加した。

- ※7 組み合わせプロセス群は「粉末炭＋凝集＋急速ろ過」であるが、粉末炭の濁質負荷が大きく、急速ろ過では処理しきれない可能性があることから、膜ろ過を代替とした。
- ※8 組み合わせプロセス群は「凝集＋粒状炭＋急速ろ過」であるが、粒状炭が入ることにより、急速ろ過での濁度除去が充分でなくなる可能性があることから、沈澱を付加した。
- ※9 組み合わせプロセス群は「凝集＋粒状炭＋急速ろ過」であるが、粒状炭が入ることにより、急速ろ過での濁度除去が充分でなくなる可能性があることから、膜ろ過を代替とした。
- ※10 組み合わせプロセス群は「凝集＋オゾン＋粒状炭＋急速ろ過」であるが、凝集ブロックの流入により、オゾンが適用できない可能性があることから、沈澱を付加した。
- ※11 膜の種類や透過流束等の条件によっては、凝集処理が必要な場合があり、その際の基本システムは 1-2a を選定する。
- ※12 膜の種類や透過流束等の条件によっては、凝集処理が必要な場合があり、その際の基本システムは 1-2b を選定する。
- ※13 膜の種類や透過流束等の条件によっては、凝集処理が必要な場合があり、その際の基本システムは 7-2 を選定する。
- ※14 組み合わせプロセス群は「凝集＋前ろ過＋オゾン＋粒状炭＋膜ろ過」であるが、前ろ過では、オゾンに適用可能なレベルの濁度除去が困難であることから、沈澱を代替とした。
- ※15 臭素酸生成が懸念され、オゾンが適用できない場合等に基本システム 5-2b を選定する。
- ※16 臭素酸生成が懸念され、オゾンが適用できない場合等に基本システム 5-1b を選定する。
- ※ 本表中の網掛け部分は、表中に示したプロセス群以外を基本システムとして選定しなければならない場合があり、特に注意が必要である。

表 10 選定対象基本システム

1	-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				
2	-1	a	凝集	＋	沈澱	＋	急速ろ過				
		b	粉末炭	＋	凝集	＋	沈澱	＋	急速ろ過		
	-2	a	凝集	＋	沈澱	＋	膜ろ過				
		b	粉末炭	＋	凝集	＋	沈澱	＋	膜ろ過		
3		凝集	＋	急速ろ過							
4	a	凝集	＋	前ろ過	＋	膜ろ過					
	b	凝集	＋	前ろ過	＋	粉末炭	＋	膜ろ過			
5	-1	a	凝集	＋	沈澱	＋	粒状炭	＋	急速ろ過		
		b	粉末炭	＋	凝集	＋	沈澱	＋	粒状炭	＋	急速ろ過
	-2	a	凝集	＋	沈澱	＋	粒状炭	＋	膜ろ過		
		b	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	-1				粒状炭	＋	膜ろ過				
	-2		凝集	＋	粒状炭	＋	膜ろ過				
	-3		オゾン	＋	粒状炭	＋	膜ろ過				
8		凝集	＋	前ろ過	＋	粒状炭	＋	膜ろ過			

(6) 追加設備の検討

除マンガン設備、酸注入設備、鉄系凝集剤注入設備、生物処理設備、除鉄設備について追加が必要であるか検討を行う。

1) 除マンガン設備

追加判定手順を図3に示す。

マンガンの濃度やオゾン処理の有無等の条件によって除マンガン設備の最適な設置位置は変わることから、本選定においては、その必要の有無を判定するに留め、設置位置については決定しないものとする。

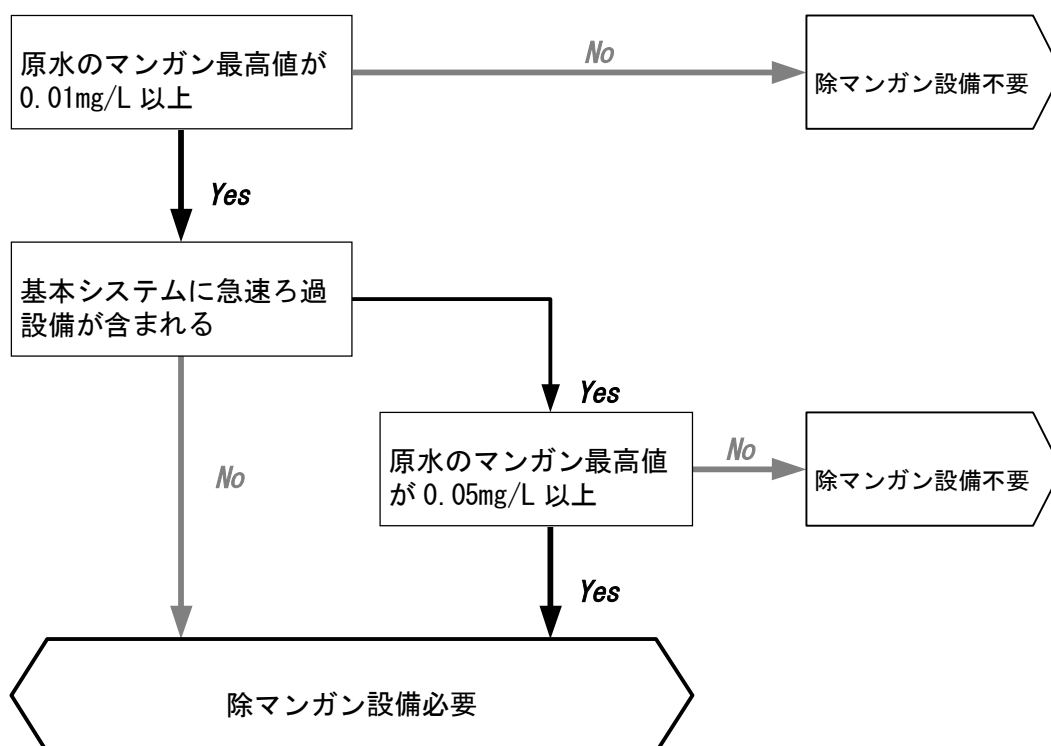


図3 除マンガン設備追加判定手順

2) 酸注入設備、鉄系凝集剤注入設備

アルミニウム対策としての酸注入設備および鉄系凝集剤注入設備の追加判定手順を図 4 に示す。

ただし、これらの設備が確実に必要かについては、実際の原水で処理試験を行って確認する必要がある。よって、本選定においては、その必要の可能性を考慮するに留め、最適浄水システムには含めないものとする。

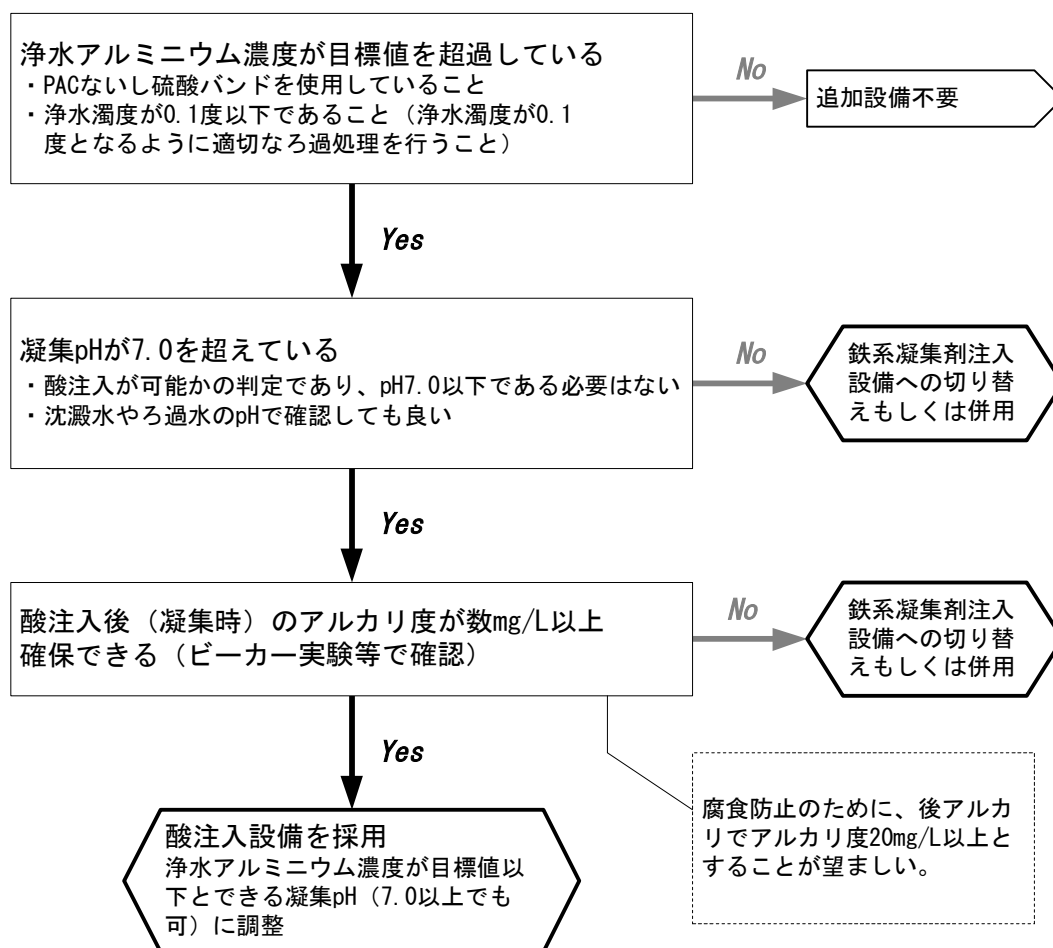


図 4 アルミニウム対策のための追加設備判定手順

3) 生物処理設備

生物処理設備の追加判定手順を図5に示す。

ただし、本委員会で収集できた生物処理に係るアンモニア態窒素のデータ数は限られ、また生物処理はアンモニア態窒素の除去のみが対象でないことから、本選定においては、その必要の可能性を考慮するに留め、最適浄水システムに含めないものとする。

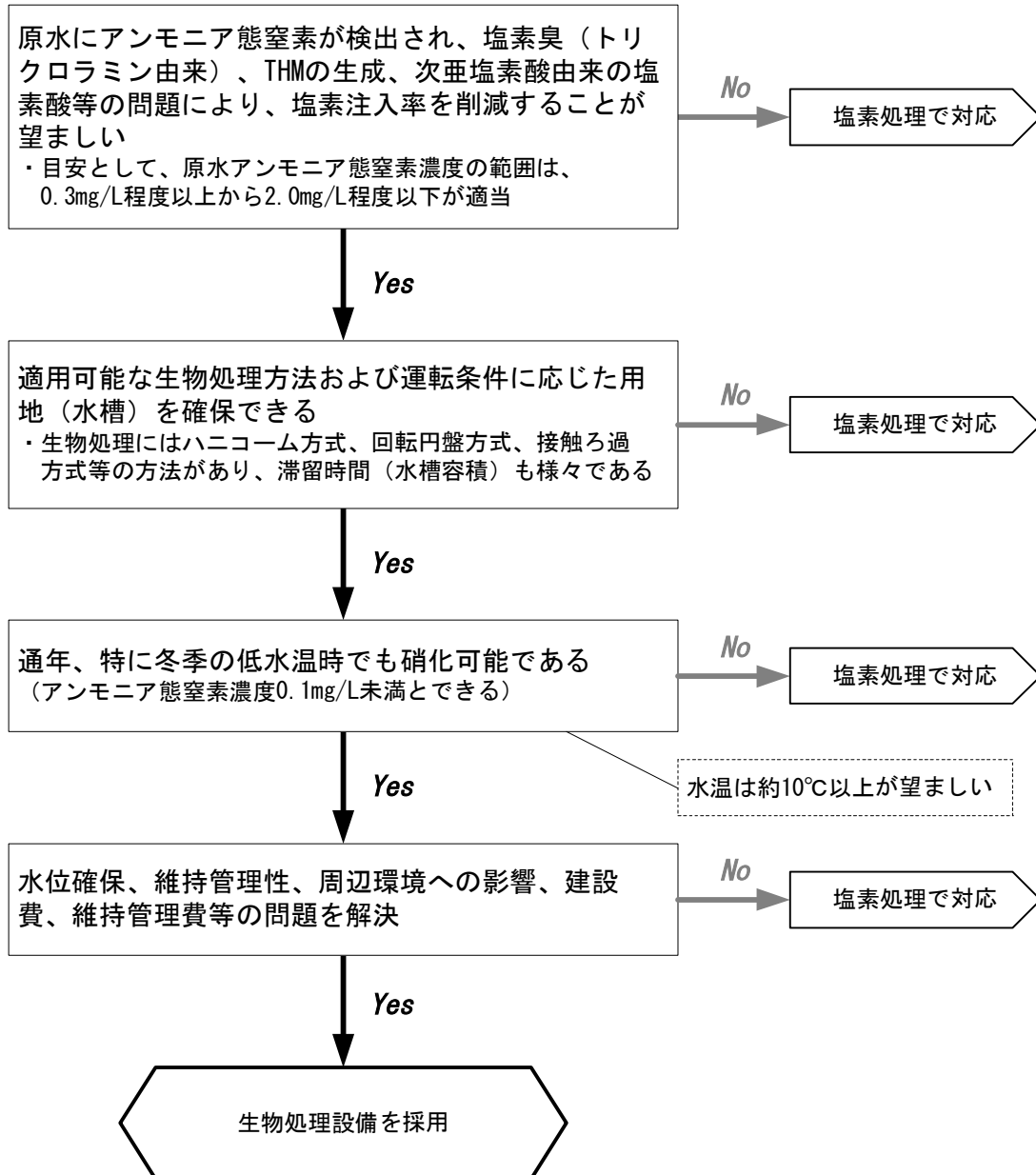


図5 生物処理設備追加判定手順

4) 除鉄設備

除鉄設備の追加判定手順を図6に示す。

除鉄処理は原則として塩素剤の注入位置のみを考慮すればよいこととなるが、本選定においては、塩素剤の注入位置の検討は対象外であることから、その必要性を考慮するに留め、最適浄水システムに含めないものとする。

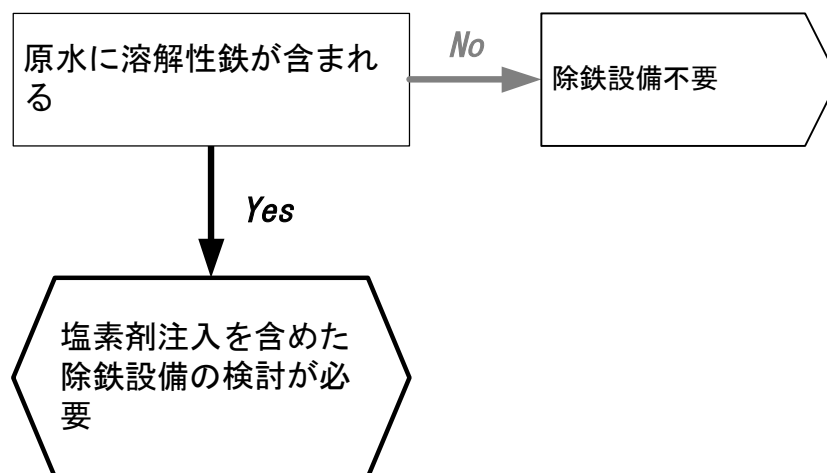


図6 除鉄設備追加判定手順

4. 1. 4 コスト・スペース・維持管理性・LCA 情報

基本システムの選定表で提示した選定対象基本システム（表10）に対し、ここでは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となるイニシャルコスト、ランニングコスト、スペース、維持管理性、LCA情報を提供する。

浄水量規模は中小事業者を対象に大規模事業者にも参考となるものとし、5,000m³/日、20,000m³/日、50,000m³/日、100,000m³/日で算出し、LCAは環境評価委員会の成果をもとに20,000m³/日のみを提示した。

コストの算出は同じフローでも異なるプロセスを選定すれば変わるものであり、システム間のコスト差がどのようなケースにもあてはまるものではない。ここで示すコスト比較はあくまでシステム選定の際の参考になるものであるが、最終的な決定段階ではそれぞれのシステムの条件に応じたコストを算出することが必要である。

図7～12に20,000m³/日のイニシャルコスト、ランニングコスト、スペース、維持管理性、LCA情報を示す。情報は維持管理性を除いて表10の2-1-a 凝集+沈澱+急速ろ過システムを1として、それに対する各システムの比率として示している。

1) イニシャルコスト

図中の英数字と略語は、表 10 選定対象基本システムの番号およびシステムフローに対応している。

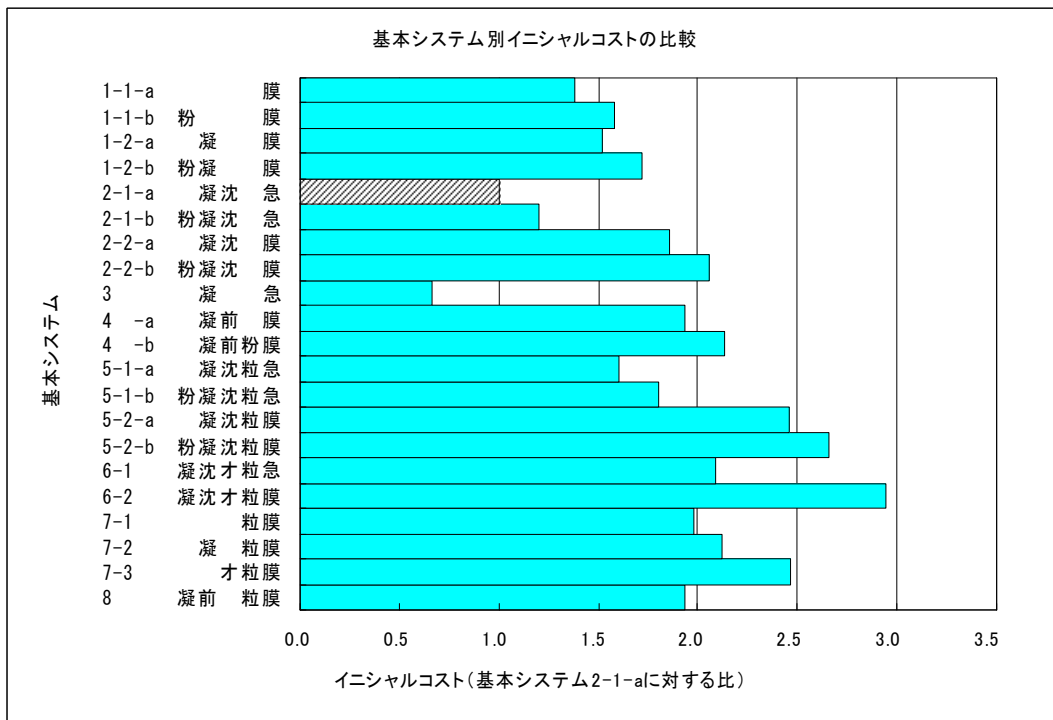


図7 イニシャルコスト比較 (20,000m³/日)

2) ランニングコスト

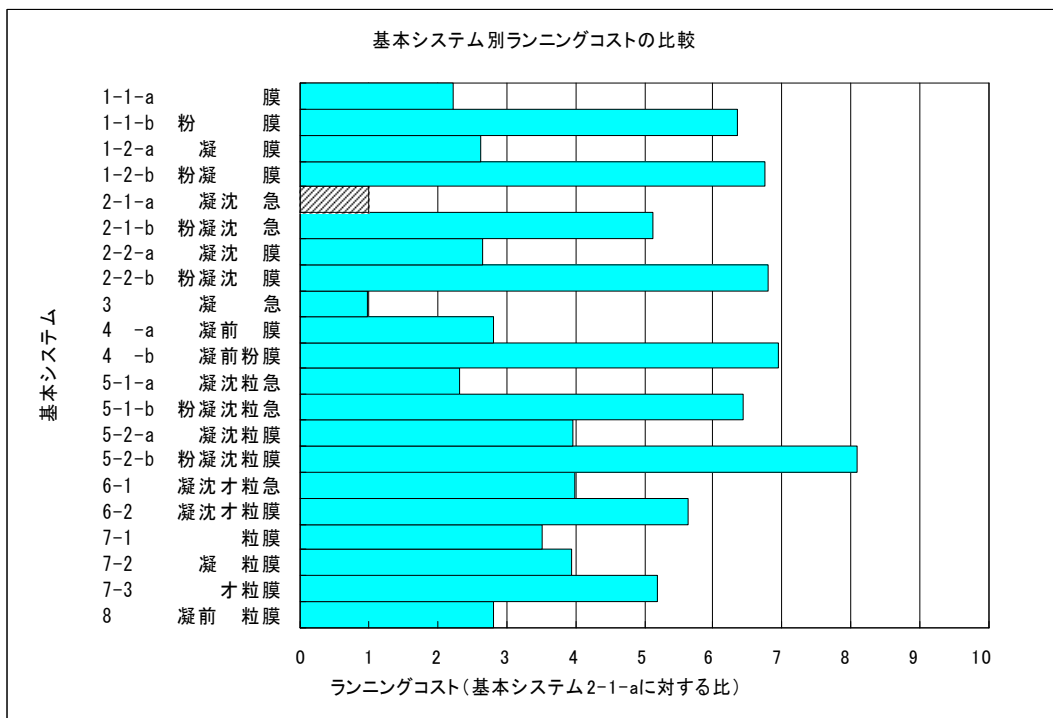


図8 ランニングコスト比較 (20,000m³/日)

3) スペース

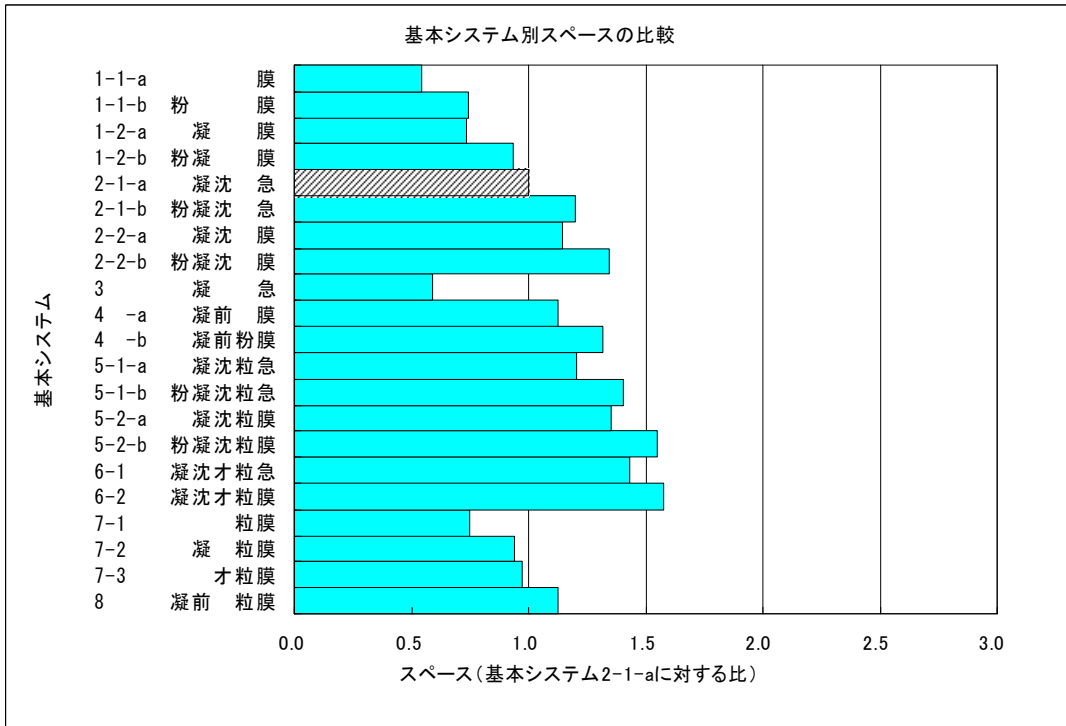


図9 スペース比較 (20,000m³/日)

4) 維持管理性

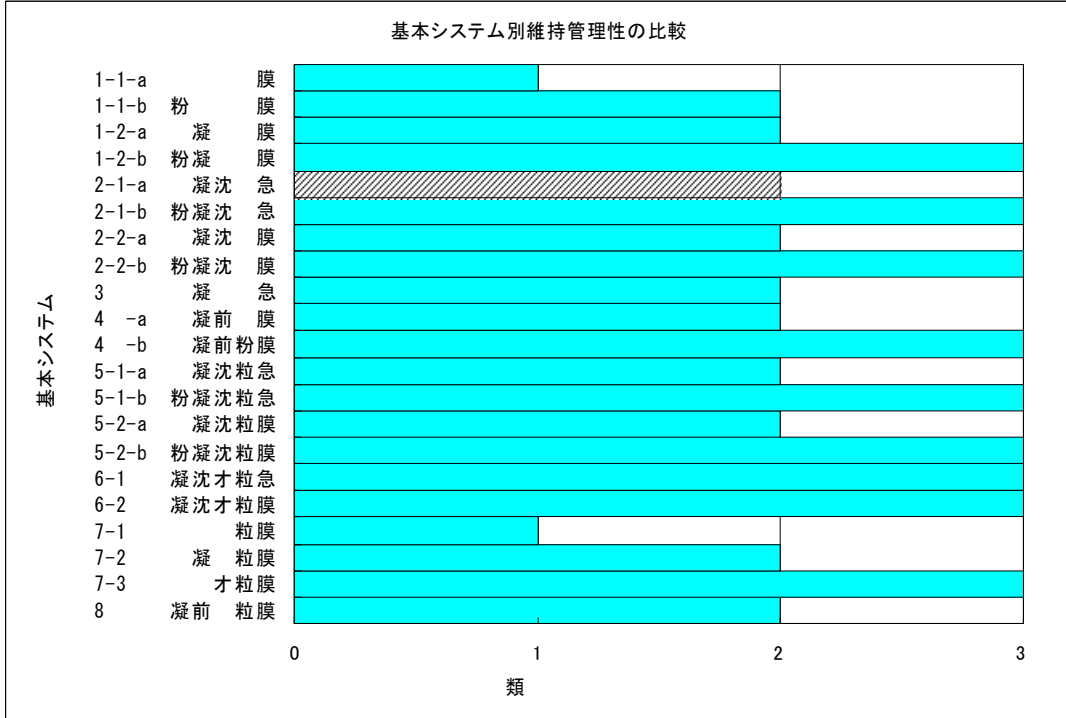


図10 維持管理性の難易度比較

5) LCA

前ろ過プロセスが入った 4-a、4-b、8 のシステムは LCA を算出していないため、比較対象外とした。

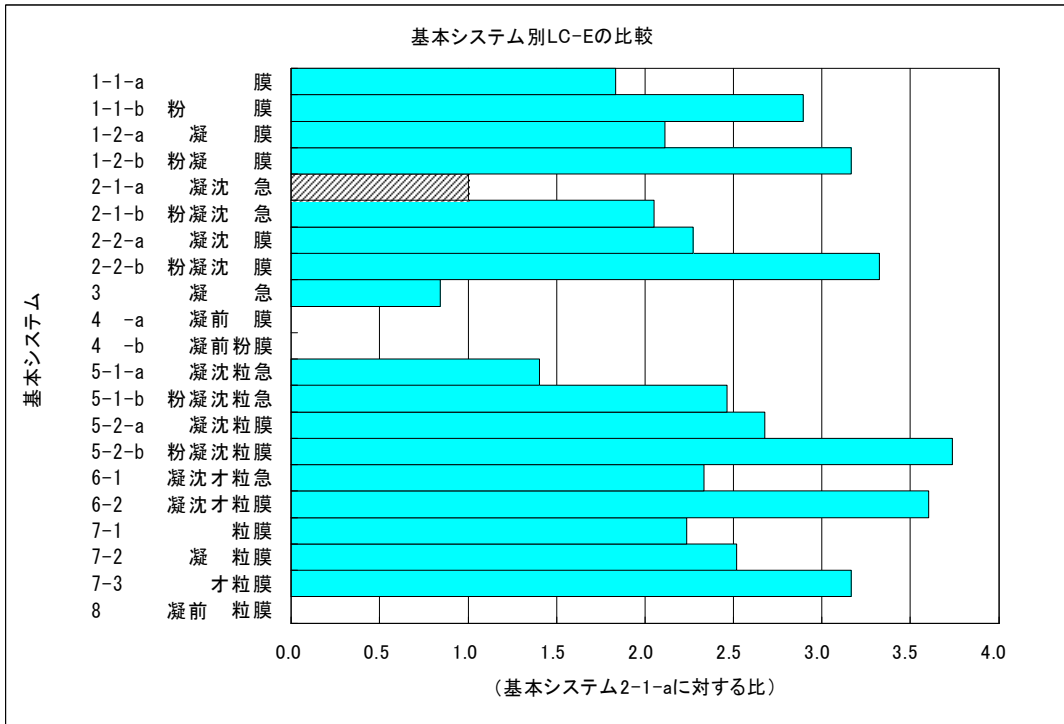


図 11 LC-E の比較 (20,000m³/日)

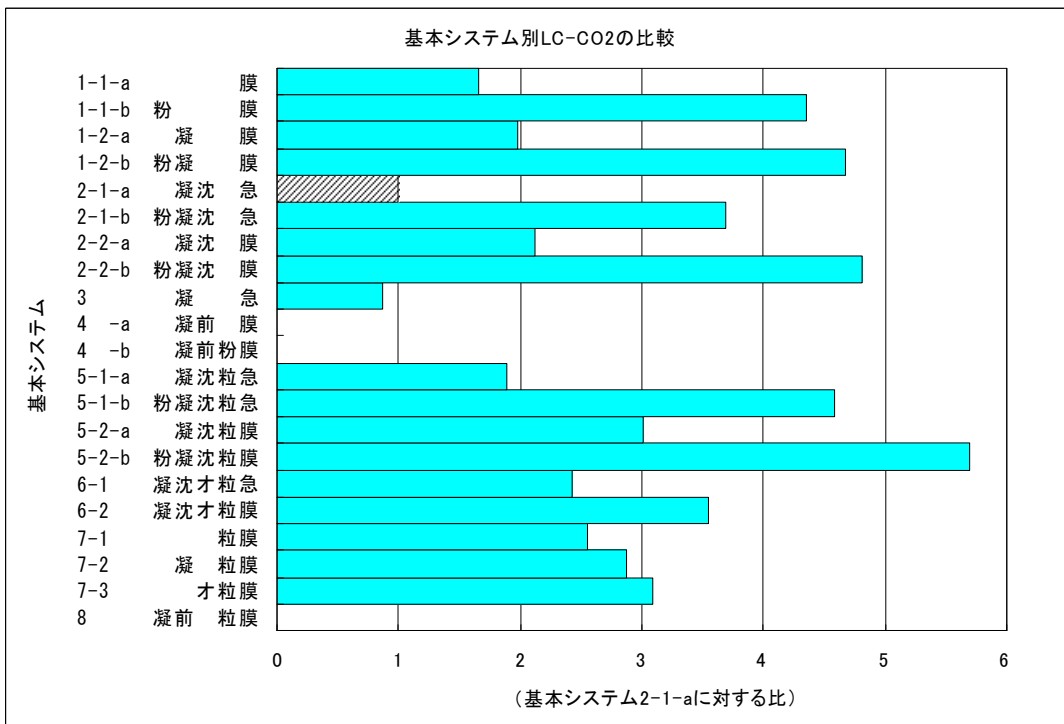


図 12 LC-CO₂ の比較 (20,000m³/日)

4. 1. 5 浄水システム選定手法のまとめと課題

浄水システム委員会では実際の浄水場の運転データをもとに、原水レベルと目標水質レベルに応じた浄水システムを選定する手法を開発した。基本的にはデータを提供いただいた浄水場は水質基準を満足しているので、「ある操作条件の範囲内で」うまく動いていることを前提としてデータ解析を行った。実際には浄水場の運転年数や稼働率が浄水場ごとに異なり、運転に関する操作因子も設計値と異なっていることが考えられる。従ってここで示した浄水システムは多くの浄水場での運転条件の範囲を超えないという、若干曖昧な条件を残している。しかし、一方で通常の浄水場の運転範囲であれば、どの程度の原水水質であれば目標とする水質をどのくらいの確率で達成できるかということ、数値として示すことができた。これにより、これまで高度処理の導入に踏み切るかどうかの判断がつきにくかったケースなどで、より信頼できる判断を下すことができるようになるものと期待される。

本研究でまとめた浄水システムは、個々の処理対象物質に対し分離プロセスを足しあわせて設計している。従って、機能としては安全側で評価しており無駄があることは否定できない。また、トリハロメタンのような反応により生成する物質の問題は前駆物質の低減化と共に、反応型の処理である塩素処理をどのようにコントロールするかということも重要な因子である。本研究では個々の単位プロセスや、システムとしての最適設計において、個々の操作条件がどう関係するかまでは言及していない。従って個々の運転条件、操作条件を適切に組み合わせることができれば、本研究で示した除去できる確率がさらに高くなる、あるいはより悪い原水条件でも対応が可能になることが考えられる。

今後の課題としては運転条件、操作条件のデータと連動した単位プロセスおよびシステムの性能評価ができると、より正確性の高い選定手法とすることができるほか、システムの適応限界等についてもより範囲を限定して示すことができると考えられる。逆に、必要な性能を出すために通常の運転条件、操作条件の範囲から外れているということは、本来の性能が出ていないことを示すものであり、プロセスやシステムの機能低下を知ることができる。これらの課題へのアプローチを通じて適切な水質管理の範囲と処理システムの対応可能範囲をさらに明確にすることを期待したい。

4. 2 合同実験

e-Water II プロジェクトでは、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 13 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。

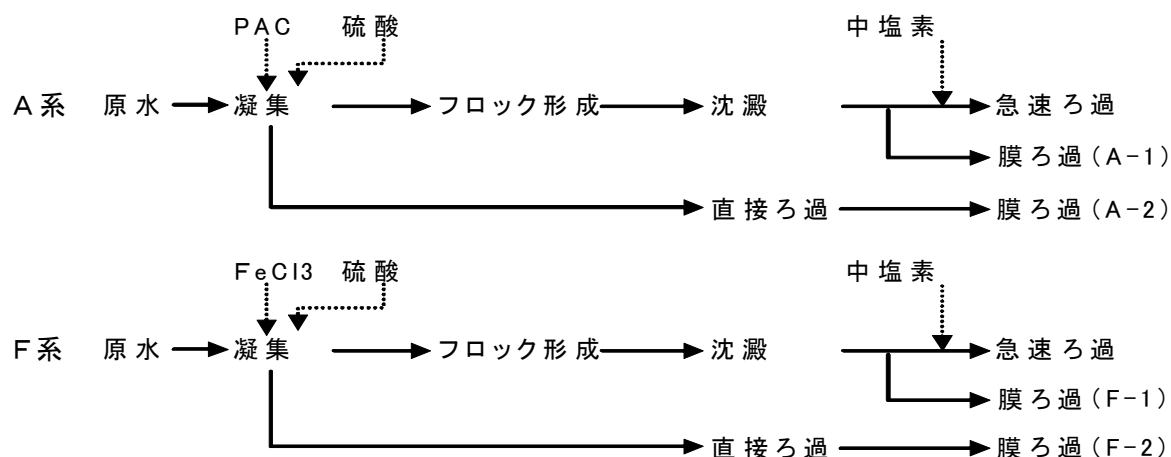


図 13 連続実験概略フロー

4. 2. 1 実験装置と実験条件

実験装置は、前プロジェクト (e-Water) から綾瀬浄水場着水井の近傍に設置してあるものを改造して利用した。主な装置仕様を表 11 に示す。

表 11 装置主仕様

凝集沈澱	処理水量	460m ³ /日
	形式	傾斜管式沈澱装置
	注入薬品	PAC 塩化第二鉄 硫酸
直接ろ過	ろ過速度	150m/日
	有効径	1.2mm
	ろ層厚	砂 600mm
砂ろ過	ろ過速度	125m/日
	有効径	0.6mm
	ろ層厚	砂 600mm
膜ろ過	膜種類	PVDF製MF膜

また、実験条件を表 12 に示す。

RUN1 はフロック形成ができ、沈澱効果を十分に発揮できる凝集条件とし、RUN2 と RUN3 は凝集剤の注入率を低減させることを目的とし、フロック形成はされないが直接ろ過の機能が優位となる注入率で実験を行った。

表 12 装置運転条件

実験工程	RUN1	RUN2	RUN3
期間	H18/9/14~12/28	H19/1/11~4/24	H19/4/24~11/19
凝集剤注入率 (濁度15度以下)	20mg/L	5mg/L	5mg/L
膜ろ過流速	9/14~10/18 ⇒2m/日 10/18~12/28 ⇒3m/日	3m/日 但し、F-1系は、3/15~4/24は2m/日	3m/日

4. 2. 2 結果

(1) 原水濁度

原水は、相模川表流水であり、沈砂池を經由し、綾瀬浄水場着水井から導入している。実験期間中の原水濁度を図 14 に示した。中央値で 5.5 度を示し、降水等の影響により一時的に濁度上昇がある。

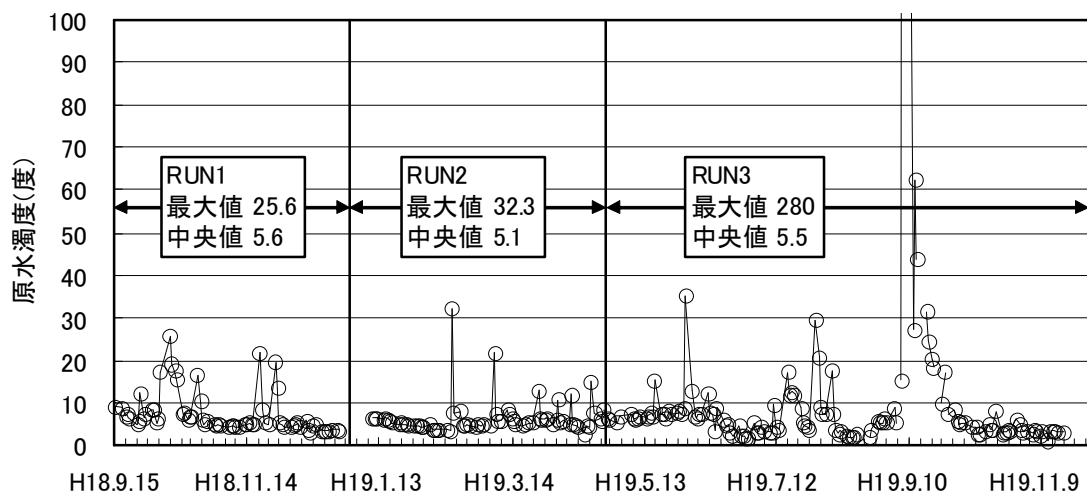


図 14 原水濁度

(2) 膜ろ過供給水濁度

膜ろ過供給水濁度を図 15 に示す。膜ろ過供給水濁度は、前処理水濁度を表しており、RUN1 のフロック形成に十分な凝集剤量がある場合には沈殿処理系が濁度値は低い値となり RUN2 と RUN3 では、凝集剤を減少させた結果、反対に直接ろ過系の濁度が低い値となった。また、同じ直接ろ過系では、凝集剤を少なくした方が処理水濁度は低減し、前処理方式に応じた適正な凝集剤量を確保する必要があることがわかった。また、累積頻度を集計し、95%値の 15 度を浄水プロセス選定で凝集+膜の条件とした。

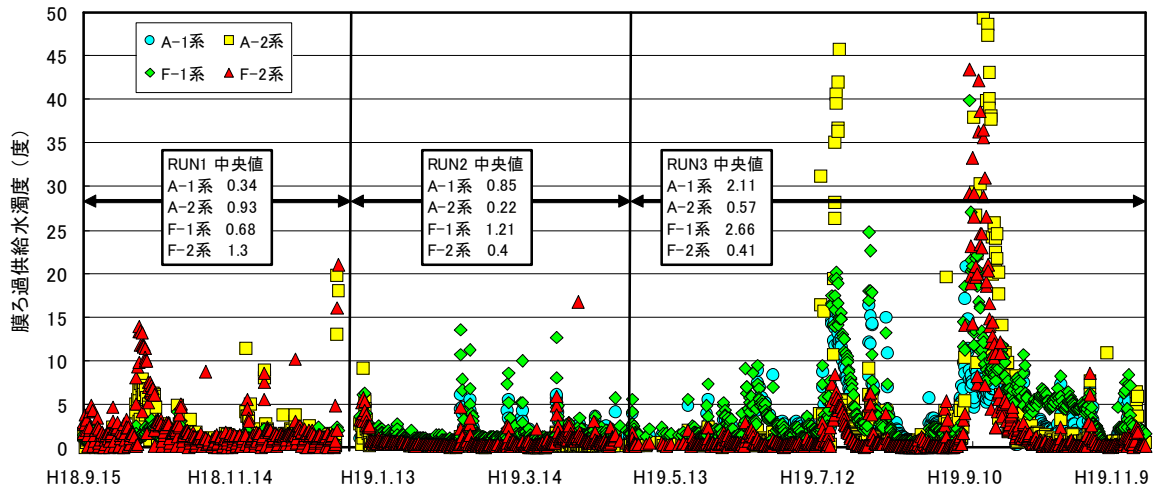


図 15 膜ろ過供給水濁度

(3) 補正流束

補正流束を図 16 に示した。RUN1 では、前処理に沈澱池を設けたほうが補正流束の低下量は少なくなり、RUN2、RUN3 では、直接ろ過を前処理とした系列の補正流束の低下量が少ない傾向にあった。また、総じて、F系のほうがA系より補正流束の低下量は少ない傾向にあった。

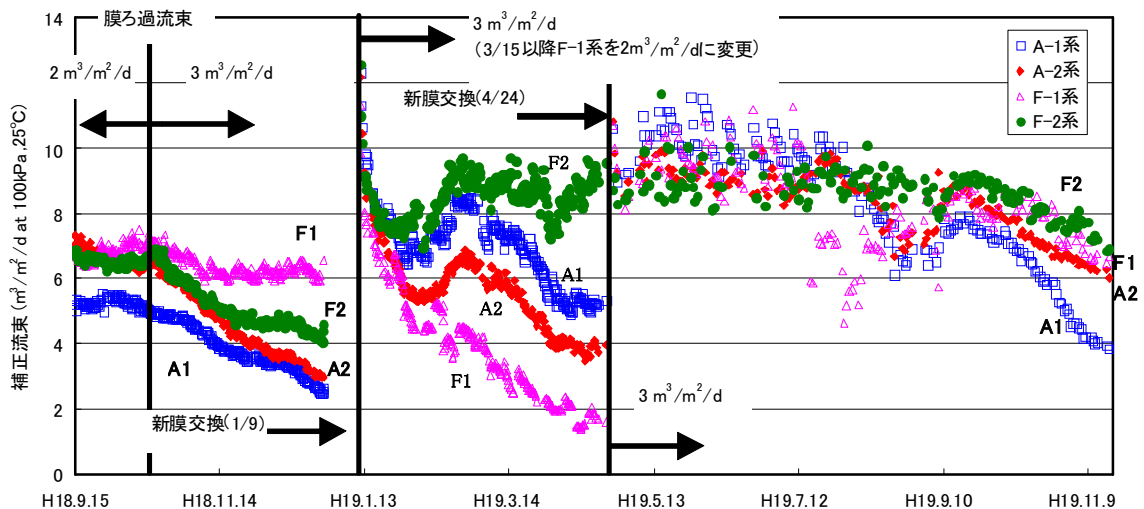


図 16 補正流束