

200501386A

[確定版]

厚生労働科学研究費補助金

健康科学総合研究事業

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 17 年度 総括研究報告書

主任研究者 藤原 正弘

平成 18 (2006) 年 3 月

目 次

はじめに

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

「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」

「管路施設の機能診断・評価に関する研究」

分担研究報告書

該当なし

はじめに

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の施設が今後10年以内に更新の時期を迎えることとなり、水源水質の悪化と相まって、それぞれの地域の実情に合った環境負荷のより少ない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事故の多発、水質劣化による多量の排水を行う必要性が懸念され、管路の更新の促進が求められている。

このため、本研究は水道事業における水循環の健全化を目指して、水道水源の監視強化によるリスクの回避、既存浄水場の原水水質に適した浄水システムへの更新、老朽管の衛生面（残留塩素の消失等）や環境面（漏水事故等）の改善、浄水システムへの負荷の低減、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共に、水道における環境影響の低減化を軸とした浄水・管路技術を高度化することにより、健全な水循環の構築を目指すものである。

研究テーマは、下記に示す「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」と「管路施設の機能診断・評価に関する研究」を実施している。なお、研究期間は平成17年度から平成20年度の3年を予定している。研究体制としては、上記の2つの研究グループに分け、平成17年度は水道部門の学識者23名、水道事業体から58名、水道関連の民間企業から114名の計195名が委員として本研究に参画した。

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 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

1) 原水条件に応じた浄水システムに関する研究

原水水質に応じた浄水処理（取水、浄水処理、排水・汚泥処理）を評価し、それらに対応する技術を確立する。

2) おいしい水を目指した浄水技術に関する研究

おいしい水を目指して、臭気原因物質等に関する検出・対策技術等を確立する

2 管路施設の機能診断・評価に関する研究

1) 老朽管における残留塩素の減少・消失などの水質変化に関する研究

老朽管における残留塩素の消失等により、不衛生な水を供給する可能性が生じるため、このような老朽管の調査を行い更新の必要性を判断し、合理的な更新計画手法に反映する。

2) 非開削による管路の老朽度診断技術に関する研究

管周辺を掘削することなく、管の物理化学的な劣化状況を診断する技術の開発を行う。

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

「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」

目 次

I 総論

1. 背景と目的	1
2. 基本方針	2
2. 1 研究課題	2
2. 2 研究期間	2
2. 3 最終成果目標	2
3. 研究実施体制	2
4. 研究区分	4

II 総合研究委員会

1. 総合研究委員会の研究概要	5
1. 1 目的	5
1. 2 研究実施体制	5
1. 3 活動報告	5
2. 平成 17 年度の研究報告	5

II-1 浄水システム委員会

1. はじめに	7
2. 浄水システム委員会の研究概要	8
2. 1 研究課題及び研究目的	8
2. 2 研究実施体制	8
2. 3 活動内容	8
2. 4 活動報告	11
3. 平成 17 年度の研究報告	12
3. 1 過去の研究事例の調査報告	12
3. 1. 1 文献項目リストと論文数	12
3. 1. 2 処理フロー毎の水質及び操作因子	13
3. 2 合同実験	14
3. 2. 1 実験施設概要	14
3. 2. 2 実験施設仕様	14
3. 2. 3 実験施設の e-Water からの改造点について	23
3. 2. 4 事前実験結果と考察	24
3. 2. 5 連続運転条件について (計画)	29
4. 平成 18 年度の研究計画	29
4. 1 水質応じた処理方式の構築	29
4. 2 合同実験	29
5. 参考資料・添付資料	29

II-2 水質評価委員会

1. はじめに	56
2. 水質評価委員会の研究概要	56
2.1 研究課題及び研究目的	56
2.2 研究実施体制	56
2.3 活動内容	57
2.4 活動報告	58
3. 平成17年度の研究報告	58
4. 平成18年度の研究計画	60
5. 参考資料・添付資料	61

II-3 機能評価委員会

1. はじめに	68
2. 機能評価委員会の研究概要	68
2.1 研究課題及び研究目的	68
2.2 研究実施体制	69
2.3 活動内容	69
2.3.1 研究内容	69
2.3.2 達成及び成果物	69
2.4 活動報告	70
3. 平成17年度の研究報告	70
3.1 日本の浄水処理の現状～水道統計の分析より～	70
3.1.1 目的	70
3.1.2 分析方法	70
3.1.3 分析結果の例	71
3.1.4 まとめ	88
3.2 個別浄水場におけるかび臭処理状況	89
3.2.1 データ整理の概要	89
3.2.2 データ整理結果	89
3.3 水道事業者へのアンケート調査	89
3.3.1 目的	89
3.3.2 アンケート方法	89
3.3.3 アンケート結果	90
4. 平成18年度の研究計画	90
5. 添付資料	91

II-4 環境評価委員会

1. はじめに	114
2. 環境評価委員会の研究概要	115
2. 1 研究課題及び研究目的	115
2. 2 研究実施体制	115
2. 3 活動内容	115
2. 4 活動報告	116
3. 平成 17 年度の研究報告	117
3. 1 LCA の計算方針	117
3. 2 原単位情報の収集	118
4. 平成 18 年度の研究計画	128
4. 1 研究の方針	128
4. 1. 1 インベントリ分析	128
4. 1. 2 情報収集	130
4. 2 LCA 積算方針	130
4. 3 スケジュール	135
5. 添付資料	136

II-5 臭気評価委員会

1. はじめに	148
2. 臭気評価委員会の研究概要	148
2. 1 研究課題及び研究目的	148
2. 1. 1 研究課題名	148
2. 1. 2 研究目的	148
2. 2 研究実施体制	148
2. 3 活動内容	149
2. 3. 1 研究内容	149
2. 3. 2 達成目標及び成果物	149
2. 3. 3 研究スケジュール	149
2. 4 活動報告	150
2. 4. 1 平成 17 年度委員会開催報告	150
3. 平成 17 年度の研究報告	151
3. 1 概括	151
3. 2 研究報告	151
3. 2. 1 過去の事例のレビュー	151
3. 2. 2 臭気原因物質等に関する検出・評価方法の検討について	152
3. 2. 3 臭気原因物質等に関する対策技術の確立について	153
4. 平成 18 年度の研究計画	153
5. 参考資料・添付資料	154

Ⅲ 持ち込み研究

1. 持ち込み研究概要	182
-------------------	-----

Ⅳ 添付資料

委員会委員名簿	184
---------------	-----

I 総論

I 総論

1. 背景と目的

新世紀を迎えた今日、わが国の水道は97%を越える高普及率を達成しており、社会の基幹施設として機能している。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して供給していくことが必要不可欠となっており、一旦事故等が発生すると大きな影響を与えるため、適切な施設の更新と維持管理が必要不可欠である。

しかし、水道ビジョンが示しているように日本の高度成長期を支えてきた浄水施設の内相当数が、今後10年以内に更新の時期を迎える。さらに、人口の減少等から水需要の伸びは期待できず、水道事業体の経営に大きな影響を及ぼしている。

一方、今後15年程度で水道事業体職員の半数以上が退職する見込みであり、技術の継承が急務であると共に、省力化・効率化が図れる施設に更新することが必要である。また、水源について考えてみると水源水質は浄水施設建設時と比較すると、河川表流水からダム貯留水やダム放流水の比率が多くなると共に、周辺の開発などにより悪化している。さらに、クリプトスポリジウムのように、塩素による消毒が効果のない病原性微生物の問題などがあり、近年のボトル・ウォーターの消費量の伸びなどを考えると、需用者のニーズは安全でおいしい水であり、これらを満足する新しい技術に対する要求は高まっている。

上記のような理由から、施設更新を行うに当たり、水道事業体ではその地域に最も適した浄水処理技術を選択するためのガイドラインが求められている。また、平成12年に施設基準が性能基準化されたことに伴い、各水道事業体は、原水水質などその地域に最も適した水道施設を設けることが可能となり、その具体的な指針が求められている。

また、退職職員の急増を考えると、浄水場の維持管理に関する技術の継承や省力化・効率化のために機械化、コンピュータ化の適切な指針が求められている。

一方、2-MIB やジェオスミンの臭気物質の濃度は水質基準が決められ、その除去が必要になっていると共に、安全でおいしい水を求める需用者のニーズに応えるため、その他の臭気原因物質等による水源汚染が水道事業にとって大きな問題となっている。

以上のような背景を受け、原水条件に応じた最適な浄水プロセスを示すことにより、水質基準への適合、消費エネルギー等の低減、排水処理施設からの汚濁物質低減、維持管理における省力化を図るとともに、未知の臭気原因物質等を特定すること及び除去方法を研究することは、安全・安心な水を安定して供給するために不可欠であり、これらにより現在更新時期を迎えている水道施設の効率的な更新を図り、安全・安心でおいしい水を安定して供給することが出来る。

本研究は、上記に示した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指すものである。

2. 基本方針

2. 1 研究課題

本研究では、次の課題につき研究を行う。

(1) 原水条件に応じた最適浄水システムに関する研究

日本全国の原水水質を水質項目によりグループ分類を行う。その後、単位浄水プロセスの組み合わせによる浄水システムについて、浄水水質の安全性、維持管理性、省エネルギー、環境負荷低減を考慮した LCA 的観点、排水、汚泥処理プロセス、監視・計装システム等の項目により評価し、最適な浄水プロセスの指針の検討を行う。

(2) おいしい水を目指した臭気原因物質等に関する研究

臭気原因物質としては、従来、2-MIB、ジェオスミンが代表的物質として挙げられているが、これらが検出されていない原水に対しても、浄水処理後、又は、給水末端にて、臭気が発生するケースがある。これは、原水中に含まれる臭気原因物質等が、塩素処理により変性し、何らかの臭気物質を生成している可能性がある。

より安全でおいしい水を供給するために、未知の臭気原因物質をできるだけ早く検出し、取水方法の変更、浄水処理の強化等により、安全性・快適性の向上を図る研究を行う。

2. 2 研究期間

本研究は平成 17 年度～平成 19 年度の 3 年間とする。

2. 3 最終成果目標

本研究の最終的な成果として、2 項の必要性に記述した施設整備及び更新に必要な指針作りを目指した、センター図書である「浄水技術ガイドライン」等を補完するための技術資料等を作成し、新技術の推進を図ると共に、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ものを目指す。

3. 研究実施体制

本研究を実施するため、下記の各委員会を設置する。

「調整委員会」

本研究の円滑な推進のための委員会で、本研究に参画する国立保健医療科学院、大学、水道事業体、企業、関連団体の代表者により構成する。

「研究評価委員会」

本研究の総合的な推進を図り、各研究課題に関する研究の基本方針、研究内容の事前審査や評価及び成果を総合的に検討するため、学識者の代表を中心とする委員会である。

「プロジェクト委員会」

具体的な研究計画の調整を図ると共に、必要な情報交換やその他本研究に関連する諸業務を行うため、参加企業の代表を中心とする委員会である。

「総合研究委員会」

研究課題に関する研究を円滑に推進するため、「調整委員会」の下に設置する委員会で、本研究に参画する国立保健医療科学院、大学、水道事業体、企業等の代表者により構成する。

また、本委員会の元に5つの研究委員会を設け研究を進めることとする。

①「浄水システム委員会」

原水水質、目標とする浄水水質、維持管理性、及びコスト等を考慮した適切なシステムの選定手法、システムの評価に関する研究を行う。

②「水質評価委員会」

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、原水水質の分類・評価・解析に関する研究を行う。

③「機能評価委員会」

浄水処理プロセスごとに水質等の面から評価を行い、浄水処理技術の確立を図ることを目的とした研究を行う。

④「環境評価委員会」

環境に優しい水道の実現に資することを目的として、上水道分野におけるライフ・サイクル・アセスメント（LCA）手法を確立するための研究を行う。

⑤「臭気評価委員会」

おいしい水を目指して、臭気原因物質等に関する検出・評価方法についての検討、対策技術の選定手法の確立に関する研究を行う。

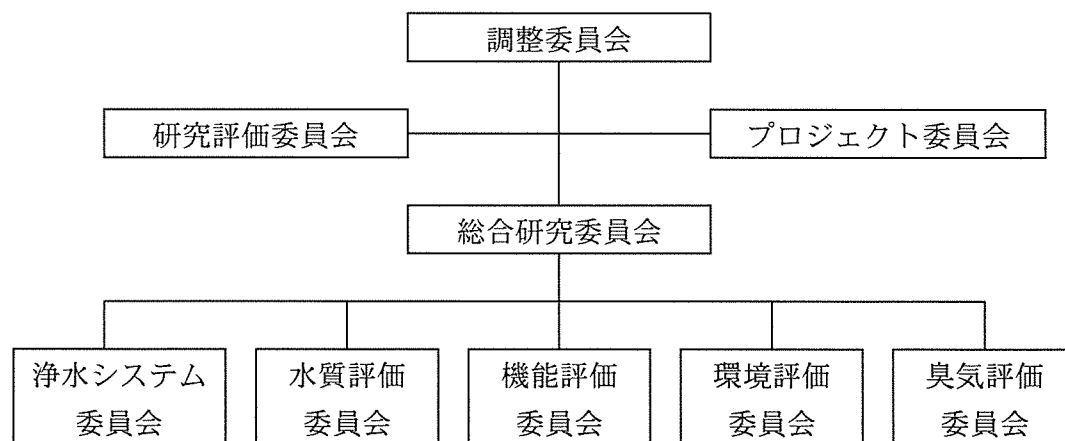


図 3-1 研究実施体制図

4. 研究区分

- ・ 合同研究

本プロジェクトに参加する全機関が共同で実施する研究を基本とし、合同研究の実験施設が必要な場合はセンターがその場所を確保し整備する。

- ・ 持込研究

本プロジェクトに参加する水道事業体・企業のそれぞれが、特定の実験場所を確保し独自の実験装置を持ち込んで行う実証実験で、水道事業体・企業が単独または共同で、それぞれの責任において実施する。

- ・ 基礎研究

本プロジェクトに参加する大学等の研究者等が、担当研究課題につき基盤技術確立を目的として行う。

Ⅱ 総合研究委員会

II 総合研究委員会

1. 総合研究委員会の研究概要

1.1 目的

本委員会の目的は、本研究の方針・計画を審議することである。本研究の具体的な活動は、総合研究委員会のもとに設置された、浄水システム委員会、水質評価委員会、機能評価委員会、環境評価委員会、臭気評価委員会の5つの委員会において、個別の課題に沿って実施されており、総合研究委員会は各委員会の研究の方向性を統一し、研究を円滑に推進させるため、総合的な視点からそれぞれの研究方針・活動内容について指導・助言を行う。

1.2 研究実施体制

委員長	大垣 眞一郎（東京大学）
副委員長	津野 洋（京都大学）、眞柄 泰基（北海道大学）
学識者委員	伊藤 禎彦（京都大学）、伊藤 雅喜（国立保健医療科学院） 大村 達夫（東北大学）、今野 弘（東北工業大学）、滝沢 智（東京大学） 長岡 裕（武蔵工業大学）、古米 弘明（東京大学） 松井 佳彦（北海道大学）、湯浅 晶（岐阜大学）
事業体委員	薄井 豊樹（仙台市水道局）、増田 武司（埼玉県企業局）、 田中 和明（川崎市水道局）、小島 克生（名古屋市上下水道局） 西本 尚文（大阪府水道部）、花元 隆司（阪神水道企業団） 岩田 孝明（広島市水道局）、姫野 良太（福岡市水道局）
企業委員	鴻野 卓（株式会社荏原製作所）、白土 雅孝（オルガノ株式会社） 石丸 豊（株式会社神鋼環境ソリューション）
アドバイザー	国包 章一（国立保健医療科学院）

以上敬称略

1.3 活動報告

活動日	会議名称	活動内容
H17.11.30	第1回総合研究委員会 (日本消防会館)	・ 研究委員会の研究計画書（案）について ・ 水道事業体へのアンケート依頼について
H18.3.14	第2回総合研究委員会 (日本消防会館)	・ 研究委員会の研究報告書（案）及び来年度の活動（案）について ・ 水道事業体へのアンケート結果について

2. 平成17年度の研究報告

総合研究委員会において研究の方針・計画が審議された後、総合研究委員会のもとに設置された、浄水システム委員会、水質評価委員会、機能評価委員会、環境評価委員会、臭気評価委員会の5つの委員会において、個別の課題に沿った研究が実施された。次項に各委員会における研究内容を記す。

Ⅱ－１ 浄水システム委員会

1. はじめに

わが国の水道は96%を超える高普及率を達成しており、社会の基幹施設として機能している。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して供給していくことが必要不可欠となっており、一旦事故等が発生すると大きな影響を与えるため、適切な施設の更新と維持管理が必要不可欠である。

しかし、水道ビジョンが示しているように日本の高度成長期を支えてきた浄水施設の内担当数が、今後10年以内に更新の時期を迎える。さらに、人口の減少等から水需要の伸びは期待できず、水道事業体の経営に大きな影響を及ぼしている。

一方、今後15年程度で水道事業体職員の半数以上が退職する見込みであり、技術の継承が急務であると共に、省力化・効率化が図れる施設に更新することが必要である。

また、水源について考えてみると水源水質は浄水施設建設時と比較すると、河川表流水からダム貯留水やダム放流水の比率が多くなると共に、周辺の開発などにより悪化している。上記のような理由から、施設更新を行うに当たり、水道事業体ではその地域に最も適した浄水処理技術を選択するためのガイドラインが求められている。

このような背景のもと、「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)」の5つの研究テーマの中の浄水システム委員会では、水質に応じた浄水処理方式の構築と評価を研究課題とする。具体的な研究内容は、原水水質や浄水水質に応じた適切な浄水技術の確立のために、水質に応じた処理方式を構築することと、新たな処理技術・方式に関する技術的裏付けのための合同実験を行うことである。

水質に応じた処理方式の構築では、原水水質、目標とする浄水水質の分類分けに対応した適切な処理システムの選定手法を開発し、施設更新等に際しより安全でおいしい水を提供することができる浄水処理システムを提示する計画である。ここでは、処理性能、維持管理性、コスト等を考慮したシステム評価手法の開発および応用の検討を行う。

これらの研究活動では実施設におけるデータや、これまで行われてきた実証実験等のデータを活用することを考えているが、十分なデータのないものについては合同実験等により実証データを収集することが必要になる。これまで鉄系凝集剤の利用に関する研究や膜ろ過の中・大規模化等の研究により、鉄系凝集剤、膜ろ過それぞれの部分での利用技術が確立している。今後それぞれが普及・拡大することが期待されるが、鉄系凝集剤を膜ろ過浄水場で使用することを想定した研究はほとんどない。本委員会では合同実験により鉄系凝集剤と膜ろ過の組合せによる処理方式の調査研究を行い、既存の処理技術・方式だけでなく新たな処理方式についても検討を行う。

総合的な処理方式選定法の確立のためには水質評価委員会、機能評価委員会をはじめとする他の委員会でもまとめられた研究成果を最大限活用することがきわめて重要であり、本委員会では他の委員会の成果も総合的に取り込み、効率的かつ効果的な研究成果のとりまとめを行い、浄水技術ガイドラインの改訂のための基礎資料の作成を行う。

2. 浄水システム委員会の研究概要

2. 1 研究課題及び研究目的

- (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。

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)
	川瀬 悦郎 (新潟市水道局)
	小山 達也 (京都市上下水道局)
	花元 隆司 (阪神水道企業団)
企業委員	古野 一治 (北九州市水道局)
	照井 竜郎 (アタカ工業)
	渋谷 真祐 (荏原製作所)
	宮ノ下 友明 (オルガノ)
	三木 一弥 (クボタ)
	今井 和夫 (栗田工業)
	西尾 弘伸 (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)
	品田 司 (西原環境テクノロジー)
	松尾 茂 (日立製作所)
	山田 雄司 (日立プラント建設)
	高橋 和孝 (富士電機システムズ)
田名部 直勝 (前澤工業)	
後藤 伸介 (三菱電機)	

2. 3 活動内容

(1) 水質に応じた処理方式の構築

原水水質、目標とする浄水水質、維持管理性、及びコスト等を考慮した適切なシステムの選定手法、システムの評価の開発を行う。

原水、対象水質、浄水システムを以下のように類型分けし、原水毎の水質変動範囲、プロセス、システムの処理性能に応じてシステムを選定できるようなシステム評価手法を開発し、事業体の更新時により信頼性のある処理方式の選定に役立つことを期待している。なお、以下に示す分類は今後の検討のために例示したものであり、今後の研究の進捗、検討により必要に応じて修正する。

1) 原水

河川水、湖沼・ダム水、地下水(浅井戸、深井戸、伏流水)、湧水

2) 水質

濁度(粘土系、藻類系)、マンガンの、消毒副生成物、臭素酸、臭気

3) 凝集剤

Al系、Fe系

4) 浄水処理システム

①膜ろ過

②凝集+沈澱+砂ろ過(膜ろ過)

③凝集+砂ろ過(膜ろ過)

④凝集+砂ろ過(粗ろ過 or 高速ろ過)+膜ろ過

⑤凝集+沈澱+GAC+砂ろ過(膜ろ過)

⑥凝集+沈澱+オゾン(AOP)+GAC+砂ろ過(膜ろ過)

⑦凝集+GAC+膜ろ過

⑧凝集+砂ろ過(粗ろ過 or 高速ろ過)+GAC+膜ろ過

⑨粉末活性炭+膜ろ過

⑩(生物処理、NF、UV)

・作業計画

a) 過去の研究事例のレビュー

b) 適切なシステムの選定手法、システムの評価の開発

(2) 合同実験

水質基準のアルミニウム濃度の引き下げが検討され、鉄系凝集剤、高分子凝集剤の仕様ガイドラインができるなど凝集剤について新たな動きが見られる。一方、膜ろ過の中大規模化など今後膜ろ過の導入が進むことが予想されるが、この両者を組み合わせた、「鉄系凝集剤+膜ろ過処理」についてはこれまで研究データがほとんど無い。本合同実験ではシステム評価のため、「鉄系凝集剤+膜ろ過処理」について、凝集剤注入率や攪拌条件、前処理方法等について、プラント実験によりシステム評価のためのデータを収集する。

1) 検討フロー

次の①～④のフローについて、塩鉄、PACそれぞれを対象に実験を行う。

①凝集+膜

②凝集+直接ろ過+膜

③凝集+沈澱+膜

④凝集+沈澱+砂ろ過(対照系)