

2) 平成 15 年度研究概要

(1) 濁質原因究明に関する研究（管路第 1 研究グループ）

① 管路内濁質に関する実情把握調査

平成 13 年度に実施した「管路内濁質等に関するアンケート」調査結果を踏まえ、同様の約 90 の水道事業体を対象とした追加アンケート調査を行った。その結果、濁質の発生原因（直接要因、間接要因）について、主として以下の回答が得られた。

a 直接要因（発生源）

無ライニング鑄鉄管、内面コーティングされていない鋼管、内面コーティングされていない異形管、使用頻度の少ない鑄鉄製バルブ付近、消火栓等の立管部。

b. 間接要因（水理面、堆積状況面）

・ 水理面

流速の遅い所、流速が遅く流速変化の無い所、停滞する所（正逆流）

・ 堆積状況面

管末端、管路の低い所、行き止まり管、分岐部、伏越部、水管橋立ち上がり部、排泥弁付近、ブロック境界（縁切バルブ）

② 濁質に関する調査

管路内濁質として、砂、鉄錆（赤水成分である細粒子も含む）、塗膜片、水質由来物質（マンガン）を選定して基礎物性調査を行い、その特性を把握した。

③ 濁質発生原因調査

濁質発生原因解明の一助となる知見を得るため、実管路において濁質の存在状況及び赤水発生状況について確認実験を行った。その結果、以下のことが確認できた。

a. 濁質存在状況の確認実験では、通常時の流速の大きさにかかわらず濁質の堆積は殆ど認められなかった。これは、実験対象とした管路が濁質発生源ではなく、他からも濁質が殆ど流れ込んでいなかったためと推察される。

b. 赤水発生状況の確認実験では、錆こぶのある管路でも常時流れがあれば、赤水はあまり発生しないことが判った。また、流速と赤水の原因物質である錆の微粒子の関係では、流速の増大と共に錆の粒子径が大きくなる傾向のあることが判った。

c. 赤水発生の可能性がある管路では、通常時の水が含む固形分量（濾過分量）が相対的に高いという示唆が得られた。

(2) 最適管網システムの研究及び未利用エネルギーの開発（管路第2研究グループ）

①最適管網システムの研究に関する研究

事前調査として平成14年度に実施した文献調査及び平成15年度分を整理すると共に、事業体に管路内濁質等に関する追加アンケートを実施した。

また最適管網システムに係る基礎実験を横浜市水道局川井浄水場実験管路にて実施し、そのデータの取りまとめを行った。

a.文献調査

平成14年度に調査した文献に本年度分を加え、内容を以下のように分類し紹介した。

- ・管内水質に関する文献（赤水、濁水（固形物）、生物、菌類、残留塩素）
- ・管路の材質に関する文献（劣化、腐食・防食、滲出等）
- ・管網の最適化に関する文献（解析、シミュレーション、ブロック、再構築等）
- ・評価方法に関する文献（AOC、費用対効果等）
- ・管網の維持管理に関する文献
- ・管内異物除去に関する文献
- ・小水力発電に関する文献
- ・その他

また事業体に追加アンケートを実施し、管網形状の影響・洗管作業・水理条件と濁質の関係等を調査した。

b.最適管網システムに係る基礎実験の実施

水資源の有効利用の観点から見た最適管網の形成に資する基礎的データ、評価指標等の収集・整理を目的に、横浜市川井浄水場の実験管路にて実験を行った。

本年度は管路基礎実験として、濁質の種類や管路条件の違いによる濁質の挙動を把握すると共に、実管路を想定した管網モデルにて最適管網形成実験に向けての管網基礎実験として分岐実験および濁質拡散実験を実施した。

平成15年度は、実験計画書に基づき、流速と濁質の移動・滞留、給水栓からの濁質流出に関する基礎実験を実施し、成果の取りまとめを行うと共に、基礎実験の成果及び実態調査を踏まえた、最適管網形成実験の計画を作成した。

②未利用エネルギーの有効利用

小水力発電装置の機器の性能評価及び、これら機器の普及に向けた導入マニュアルの作成をする目的で、埼玉県企業局庄和浄水場、山梨県北杜市高根町受水池兼第1配水池の2箇所フィールド実証試験を実施し、データの収集を行った。

(3) 管内水質改善の技術開発（管路第3研究グループ）

平成14年度に実施した、過去の事例調査・文献調査等を通じた管路内濁質および濁質除去システムの開発に関する課題の整理を行い、濁質除去用資機材の開発・評価及び非排水循環除去システムの開発を行った。

①濁質除去用資機材の開発・評価

各参画企業が有する技術・製品で対処する場合に解決すべき課題を抽出し、濁質除去用資機材の技術開発ならびに基本性能の評価を実施した。

単体としての機能確認試験

- ・通常配水による圧力損失の確認
- ・投入された濁質の捕集および洗浄の機能確認
- ・濁質除去性能の評価
- ・流量（供給水、ろ過水）
- ・ろ過水の水質（残塩、pH等）

②非排水循環除去システムの開発

濁質除去システムを開発するために、共同実験参加企業が独自に有する技術を複合化し、単独技術では成し得ない相乗効果の検討をすべく、横浜市川井浄水場の実験管路を使用し、実験を開始した。

基本的には、砂、鏽、塗膜片等の比較的大きな濁質はストレーナで除去し、微細な濁質は膜で除去することとした。

複合型濁質除去システムの機能確認試験

- ・濁質除去性能の評価
- ・ろ過水の水質（残塩、pH等）
- ・最大処理能力
- ・不断水での処理の可否

3) 平成16年度研究概要

(1) 濁質原因究明に関する研究（管路第1研究グループ）

①濁質発生の原因究明についての基礎研究

平成13年度に実施した「管路内濁質等に関するアンケート」調査結果、平成15年度の追加アンケート調査結果で苦情の原因物質の上位として挙げられた、①鉄鏽（赤水）、②塗膜片（シールコート）、③砂についての発生原因について調査を行った。

②浸漬実験

赤水等の濁質発生防止技術として有効な手段と考えられている、消石灰及び炭酸ガス注入によるランゲリア指数改善による濁質抑制効果を調査した。

試験は消石灰及び炭酸ガス注入を実施している浄水場と、一般的な水質の浄水場に浸漬用水槽を設置して、ダクタイト管の試験片を約6ヶ月浸し、以下の項目について確認を行った。

- a. 外観観察
- b. Ca被膜形成の有無
- c. 水質分析

(2) 最適管網システムの研究及び未利用エネルギーの開発（管路第 2 研究グループ）

①最適管網システムの研究に関する研究

a.T分岐の流況解析

分岐部における濁質分配実験の結果より、砂のように比重が重く管底を移動する濁質については、直進方向よりも分岐方向へ流れやすいことが確認された。そこで、汎用流れ解析ソフト FLUENT を用いて T 字分岐部の流れ解析と粒子追跡解析を行うことにより、濁質挙動のメカニズムの検討を行った。

b.流量調整による濁質の集積化実験

これまでの実験で得られた知見を基に、常時の給水時を想定し、バルブ操作により流況を変化させ、管網内に点在している濁質を一カ所に集めて洗管を行う実験を実験管路にて実施した。

c.濁質分配比の推定

平成 15 年度に行った T 字、十字管の分岐部での濁質分配比の予測式を作成するために、実験データを整理し直し、不足していると思われる実験条件について追加実験を行い、濁質分配の予測式を作成した。

d.管網における濁質分布状況の推定

濁質分配比の推定で作成した濁質分配の推定式を用いて、管網での基礎実験である枝状管網、田型管網（水平注入／取り出し）、田型管網（斜め注入／取り出し）での、濁質（砂）の挙動とその堆積箇所を推定する。また、この推定結果を検証するため、実験管路を使って実際に濁質を流し、推定結果と実験結果を比較して、推定式の有効性を確認した。

②未利用エネルギーの有効利用

小水力発電装置の機器の性能評価及び、これら機器の普及に向けた導入マニュアルの作成をする目的で、埼玉県企業局庄和浄水場、山梨県北杜市高根町受水池兼第 1 配水池の 2 箇所でフィールド実証試験を引き続き実施し、データの収集を行った。

また、本フィールド実証実験の結果とアンケート調査の結果より「管路内設置型水車発電設備導入マニュアル」を作成した。

(3) 管内水質改善の技術開発（管路第 3 研究グループ）

平成 14、15 年度に実施した、過去の事例調査・文献調査等を通じた管路内濁質および濁質除去システムの開発に関する課題の整理、川井浄水場実験管路等を用いて検証を行った濁質除去用資機材及び非排水循環除去システムについての実験データ等を整理し、それぞれの濁質除去装置の有効な設置位置等に関する提言をとりまとめた。

2. 研究方針

2. 研究方針

送・配水管網内での水質劣化の抑制は、維持管理用水の削減、水資源の有効利用に資するものであり、送・配水管網内における水質劣化の現象は、濁質等を発生させる要因と濁質等を流出（運搬／拡散）させる要因に分けられる。前者としては、管路要因（本管及びライニング材質、布設年度等）、水質要因（水の腐食性、浄水中の鉄・マンガン等の管路への蓄積）、人的要因に分けられ、後者としては、管網水理要因（管網構造、水需要状況）が上げられる。これらの複合作用により水質劣化が生じる。

これを解決し、さらに水道と水環境との関係において新たな方策を検討することにより、水環境の保全と総合的な水管理の向上を図り、環境にやさしい水道ならびに健全な水循環系の構築に貢献しなければならない。

また、水道事業では水のエネルギーを水道システム内に保有しているものの、有効活用が普及しているとは言い難い状況にある。本研究では、自然エネルギーの中で、特に小水力発電に関する研究を行い、自然エネルギーの普及促進に資するものであり、水道事業のエネルギー産業としての責務を果たすため、水およびエネルギーの有効利用を図り、環境への負荷を極力低減していくことが重要となる。

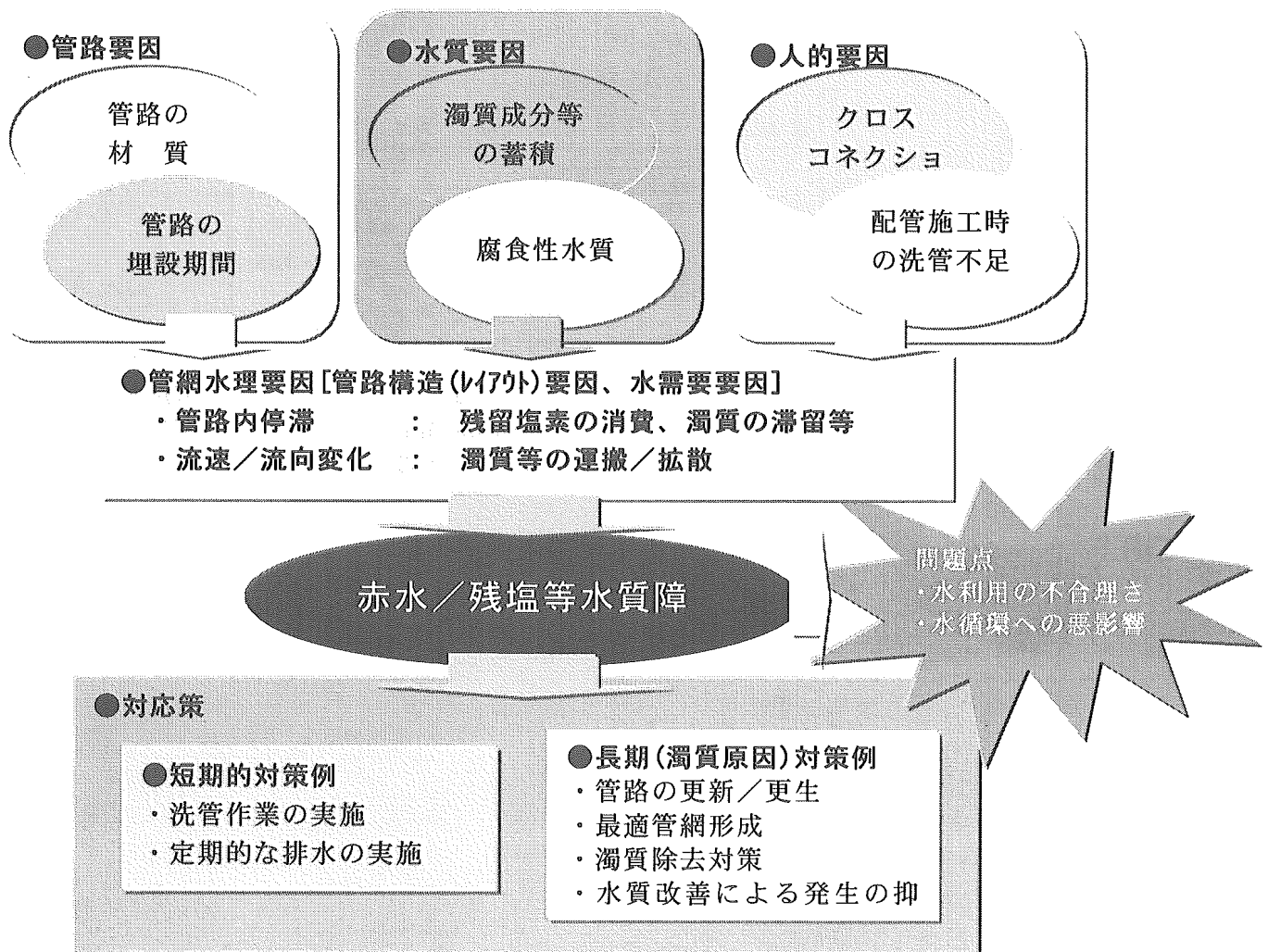


図 2.1.1 水質障害と対応策

このようなことから、本研究のテーマは、以下に示す 3 項目とした。

①濁質発生原因に関する調査研究

管路内に存在する濁質等の発生原因および機構を調査・究明する。また、老朽管路が水質・水量の両面に与える影響について調査するとともに、その評価手法について検討する。

②最適管網システムの研究及び未利用エネルギーの開発

管網水理要因に着目し、水質劣化抑制の観点から停滞部が発生しにくい管網形成について検討するとともに、作業用水を最小化するなどの洗管作業の効率化に関する研究を行う。また、小水力発電による未利用エネルギーの利用方法について開発研究を行う。

③管内水質改善の技術開発

管路内での水質改善技術について開発研究を行う。

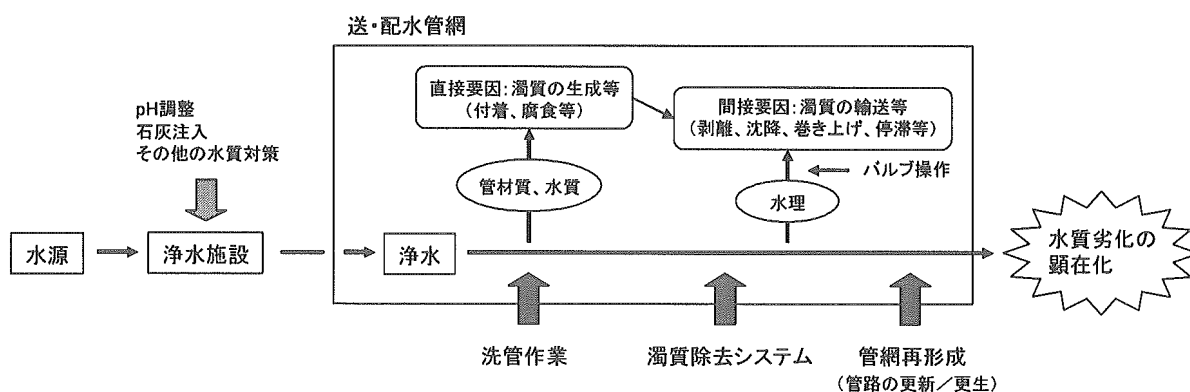


図 2.1.2 送・配水管網内での水質劣化とその対策

表 2.1.1 各テーマにおける研究内容および項目

研究テーマ	研究内容	具体的な研究項目
濁質発生原因に関する調査研究	管路内濁質に関する実態把握調査 (文献、アンケート等)	<ul style="list-style-type: none"> ● 管網内水質劣化の発生状況と発生原因 ● 水質に関する苦情と対応状況
	濁質の調査	● 濁質の種類・形状、大きさや基礎水理特性の整理
	濁質発生原因調査	<ul style="list-style-type: none"> ● 実管路における調査（夾雑物の存在状況、赤水発生）流速条件との関係、夾雑物の堆積に関する経時変化、石灰注入による効果確認 ● 管体での浸せき実験 鏽発生状況等と流速、水質（石灰注入の有無）との関係
	濁質発生予測手法の検討 (予防保全策)	● 赤水発生および夾雑物発生予測手法の検討 発生リスク要因の抽出、実管路調査でのデータ解析
最適管網システムの研究及び未利用エネルギーの開発	管路内濁質に関する実態把握調査 (文献、アンケート等)	<ul style="list-style-type: none"> ● 水質劣化と管網形状の関係 ● ブロック化と水質被害の関係 ● 洗管作業のマニュアル化等
	管路内濁質の基礎的事項の把握	<ul style="list-style-type: none"> ● 管路流速と濁質の基本挙動の把握 管路流速と濁質基礎的挙動の整理（濁質比重と移動、沈降、給水栓からの流出、伏せ越し部） ● 管網内での濁質の基本挙動の把握 分岐・合流部（T字管、十字管）における管路流速と濁質分配の整理および推定式の作成 ● 管網での濁質挙動の確認 管網内による濁質分配の推定式の適用性確認のための管網実験
	効果的な対策の検討	<ul style="list-style-type: none"> ● 管網内における流速分布と濁質が停滞しやすい箇所に関する検討 ● 効率的な洗管方法に関する検討
	最適管網（滞留のない管網）に関する研究	<ul style="list-style-type: none"> ● 最適管網に向けた基礎的事項の整理 ● 各配水形態のメリット、デメリット
	流況解析	● T字分岐部の流況解析
	小水力発電の実用化検討	<ul style="list-style-type: none"> ● フィールド実証実験 ● アンケートによる意識及び需要調査 ● 普及に向けた導入マニュアルの作成
管内水質改善の技術開発	管路内濁質除去技術に関する現状調査	<ul style="list-style-type: none"> ● 管路内濁質除去に関する先行技術の整理（文献、特許等） ● 管路末端における濁質確認調査
	濁質除去用装置の開発・評価	<ul style="list-style-type: none"> ● 装置単体機能、膜機能等の基本性能確認 ● 実験フィールド実証試験
	複合式濁質除去システムの基礎開発	<ul style="list-style-type: none"> ● 基本構想立案・検討 ● 試験機試作 ● 実験フィールド基礎機能確認試験

3. 現況調査

3. 現況調査

3.1 既往の研究のまとめ（文献調査）

水資源の有効利用に資するシステムの構築に関する研究を進めるにあたり、管路内の水質や管網の解析など管路に関する研究について現状を把握するため、文献調査を行った。

1) 調査対象

調査対象として、以下のものを取り上げることにした。

(1) 雑誌

水道協会雑誌、水道研究発表会概要集、水道公論など水道関連の雑誌を調査した。

(2) 文献検索システム（JOIS）

関連するキーワードを用いて国内外の文献を検索し、必要な文献は別途で原文を注文した。

(3) インターネット

主に海外文献等の調査を目的とした。

(4) 図書館

水道管路に関する研究を行っている大学の研究論文を対象とした。

(5) 水道事業体の研究報告書

水道事業体内部の研究報告書等を対象とした。

2) 調査結果

調査結果として*Epoch*文献調査リスト一覧を巻末の参考資料に示すとともに、個々論文の抄録、目的、手法、結論については文献調査表としてまとめた。なお、文献調査表については、平成14年度および平成15年度「水資源の有効利用に資するシステムの構築に関する研究（*Epoch*プロジェクト）報告書」を参照。

3) 調査結果の考察

調査した国内外の文献は全部で135文献にのぼった。おおよその分類とそれぞれの文献数を以下に示す。

・管内水質に関する文献（赤水、濁水（固形物）、生物、菌類、残留塩素等）	32文献
・管路の材質に関する文献（劣化、腐食・防食、滲出等）	12文献
・管網の最適化に関する文献（解析、シミュレータ、ブロック、再構築等）	34文献
・評価方法に関する文献（AOC、費用対効果等）	12文献
・管網の維持管理に関する文献	10文献
・管内異物除去に関する文献	8文献
・小水力発電に関する文献	23文献
・その他	4文献

合計 135文献

(1) 管内水質に関する文献について

管内水質に関する文献としては、管内の赤水や濁水の発生原因とその対策を調査、研究したものが多かった。

- ・東京都の調査（文献1G-3）では、赤水濁水発生 of 基本的要因として、①管路が無ライニング铸铁管で、すでに管内にかなりの鉄さびを蓄積していること、②管路における使用水量や通過水量が少なく、滞留管路となっていること、③複数の流入点を持つ管網では、末端よりむしろ管網内部に水圧均衡点が存在することを挙げられている。その抜本的な防止策は、布設替えや管更生により①の原因を取り除くことであるが、発生場所によっては、制水弁操作による配水調整、流入点の変更、連絡管路の布設によっては、②、③の状況を改善することにより赤水濁水の防止が可能となる。
- ・赤水発生の指標としてランゲリア指数を用いるのが一般的であるが、AWWA（文献1G-1）では、「赤水発生の指標としてのランゲリア指数に絶対性はない。」と述べられている。その理由は、①ランゲリア指数が0に近い水については、赤水の苦情がほとんど無い。②ランゲリア指数が正であっても、1グラム分子の水酸化物に対して、炭酸カルシウムの形成が1グラム分子以下の場合に、赤水の苦情が頻繁になるからである。
- ・細菌類等については、AWWA（文献1G-8、10、12）で、「さびこぶは細菌の増殖を助けるだけでなく、遊離残留塩素を速やかにごく低濃度まで減少させる効果があった。」一方で、「大腸菌群基準の代わりに残留塩素などの理化学基準を使用することは水の微生物学的安全性を保証する上で適当でない」との研究結果が発表されている。
- ・IWA（文献1G-21）では、カナダのモントリオール市とフランスのナンシー市において管網内の懸濁物質を調査し、「原水の循環期を除く通常期では懸濁物質の40～76%が有機性のものである」ことが明らかにされた。

(2) 管路の材質に関する文献について

管路の材質に関する文献とは、管内の析出現象や内面腐食の発生原因と調査手法、

またその防止対策を調査、研究を行ったものである。

- ・飲料水の水質悪化の原因（文献1G-22）は、腐食や材料の溶出、汚染物質の混入、構造的欠陥による長時間の滞留などである。管材質の腐食と溶出は無視できない存在である。
- ・石田（文献1G-27）は、「管の材質・用途に応じて腐食の形態・要因も様々であり、それに伴ってその対策も多岐にわたる。そのため、腐食を完全に防止することは困難であるが、設備全体及び部分的環境や条件を十分に把握し、腐食を減らすことに注意することが肝要である。」と警鐘を鳴らした。
- ・坂口ら（文献2G-19）は、エポキシ粉体樹脂塗装管路とモルタルライニング管路を比較検討し、「残留塩素濃度減少係数は粉体管の方が小さく、粉体管を用いることにより、残留塩素濃度の減少を低く抑え平準化することが可能」という結論を得た。
- ・管材の腐食を防止するため、中国の高ら（文献2G-50）は、アルカリ溶液の注入で水質安定を調節することにより、水の腐蝕性を大幅に低減させ、管網腐蝕に起因する“赤水”現象を減少または解決することが可能である。この方法を用いて、飲料水“赤水”現象を防ぐことは、投資が少なく、リスクが小さく、“標本兼治”（発生した現象と発生元をあわせて治す。－訳者注）の効果が得られる。

(3) 管網の最適化に関する文献について

管網の最適化に関する文献とは、管網シミュレーションを始め、管内残留塩素の測定調査推定手法の研究や、管網ブロック化に伴い管内水質の改善と漏水防止対策の研究など、管網に関する調査、研究したものである。このような文献は、本プロジェクトの最適管網の構築に直接関るものである。

- ・韓国のPARKら（文献2G-4）は、管網の最適設計が「2つの目的すなわち信頼性の最大化とコストの最小化になるように努力する必要がある。」と説明している。
- ・小泉ら（文献2G-10、20）は、平均誤差0.05mg/L未満のニューラルネットワークによる残留塩素濃度推定モデルを提案し、米国で実配水管網の水質シミュレーションツールとして利用されている動的管網解析モデル（EPANET）と比較検討した。その結果、ニューラルネットワークモデルは、配水管網を総体としてとらえるため、非常に簡潔なプロセスでのモデル化が可能となるとの結論であった。
- ・管網ブロック化の検討では、今田ら（文献2G-12、13）は、配水支管網の再構築について考察し、格子状の支管網については、支管の幹線を十字形に配置し、その中央から注入することが有効であるとの結論を得た。また、佐々木ら（文献2G-53）は、配水小ブロックの安定性を検討し、「流達時間は重要な要素である」ことが判明した。
- ・管網シミュレーションの手法として、青木（文献2G-14）、保野ら（文献2G-16）は圧力に注目し、より現実的な管網計算が可能となった。廣渡（文献2G-26）は、「管網計算の精度を向上するためには、個々管路の流速係数がある程度の正確さで設定し、それを比率的に調整していく方法がより有利」と提案した。
- ・管内の赤水や濁水のシミュレーションでは、窪田ら（文献2G-34）が、流速が0.1m/s以上変化し、布設後30年以上経過した鋳鉄管で赤水が発生していると推定した。
- ・濁質について、石井ら（文献1G-29）は、鉄錆、砂が管内流速0.3m/sから流動化することを確認し、山口ら（文献3G-1）は管内に滞留していた濁り物質が需要水量の

急増など流況の変化によって巻き上がり濁り水として出てくることが明らかになった。流速が0.4m/sを超えると巻き上がるのがわかった。

(4) 評価方法に関する文献について

評価方法に関する文献とは、水道施設に約7割を占める管路施設の効率的な更新計画を確立するために、費用対効果を始め、給水の安定性などの指標を用いて管路の評価方法を調査、研究を行ったものである。

- ・宮内（文献2G-33）は、機会損出費用の概念を用いて、震災による断水の市民への影響を定量化し、費用対効果を把握することで、管路更新投資の妥当性を探った。
- ・鈴木ら（文献2G-23）は、鋼管の管外面腐食程度の予測モデルと管内面閉塞率の予測モデルを用いて、管路の経年劣化の評価を試みた。
- ・小棚木ら（文献2G-55）は、「ネットワーク構造に着目した水供給システムの安定性の評価に関する研究」で、管網系の供給能力を規定する要因である管路のつながりに着目した指標により、水供給システムの安定性を評価する方法を提案した。

(5) 管網の維持管理に関する文献について

管網の維持管理に関する文献とは、管路の維持管理のみならず、管網管理の手法や管理のための水質モニタリング手法、停滞水維持管理などの調査、研究を行ったものである。

- ・AWWAの論文（文献2G-42、43）では、管網の維持管理が水質管理であり、滞留時間と残留塩素の管理が必要である。滞留時間の管理方法としては信号処理とトレーサ実験を組み合わせることにより滞留時間解析でリアルタイムに滞留時間を管理することに成功した。また、プタペストの管網管理では、必要な塩素濃度を維持すること、高濃度にならないように配水ネットワークにおいて再塩素処理を行なうことが有効である。

(6) 管内異物除去に関する文献について

管内異物除去に関する文献では、管内の赤水や濁水、濁質などを効率的な除去する方法と除去装置に関する調査、研究の報告である。

- ・大阪市の配水管の洗浄排水調査（文献3G-13）では、粘土とシルトは流速0.3m/sで排出した。2mm未満の砂は0.3m/sで流出し始め、1.0m/sで完全排出した。粒径2～6mmの礫は1.0m/sで流出しはじめ、2.3m/sで完全流出した。粒径が10mmを超える礫は完全排出が不可能であった。
- ・管路の清掃および補修方法としては、Hulsmann（文献3G-19）が、次表のようにまとめている。

表 3.1.1 Hulsmann のまとめた管路の清掃および補修方法

管清掃および補修	方法等
フラッシング	におい、色、味などの苦情を一時的に減少させる効果しかない。呼び径200mm以上の配水管には殆ど効果がない。
空気洗浄	加圧空気を加えるもので強い乱流により、微生物や沈殿物を除去する。呼び径300mmまで可能である。錆を剥離し苦情を発生する場合がある。
ピグ法	ピグを水圧で配水管内を移動させて固い付着物を除去する。長期間きれいになるが、腐食層を完全に除去するとかえって腐食が進む。
高圧ジェット	フレキホース先端のノズルから高圧水を噴射して固い付着物を除去する。管内が損傷を受ける場合があるので注意が必要である。
モルタルライニング	75～100m毎にスクレーパーにより清掃した後実施する。高価であるが恒久的である。管材質の強度が十分で、外面腐食のない場合に実施可。
その他のライニング	古い管路に新しい管路を挿入する。ポリエステルまたはエポキシ樹脂を充填し、重合して強度は増大する。
布設替え	新しい管路に取り替える。高価であるが、恒久的な解決策である。

(7) 小水力発電に関する文献について

化石燃料を用いないクリーンな再生可能エネルギーの一つである小水力発電に関する調査文献では、水車発電機の開発・技術評価、製品の構造と特長、適用事例、適用される法令等について紹介されている。

・ 水車発電機の開発・技術評価

(文献 2G-66)、(文献 2G-67) はポンプ逆転水車の開発を、(文献 2G-68) は、近年採用が増えつつあるクロスフロー水車、S 形チューブラ水車等について「中小水力発電所の新技術適用に関する調査専門委員会」が新技術の実態調査及び評価を行ったものである。

・ 製品の構造と特長

(文献 2G-58)、(文献 2G-60)、(文献 2G-76)、(文献 2G-80) は、管路内設置型水車やポンプ逆転水車の製品紹介である。スケールメリットが出にくいため見過ごされていた小流量範囲でも経済性が見込めるよう、また既設管路への設置が容易なよう、標準化やユニット化、さらに管路内設置構造の採用等の工夫がなされている。

・ 適用事例

(文献 2G-69) は、土地改良事業と農山漁村電気導入促進事業における小水力発電利用事例を紹介している。全国にそれぞれ 11ヶ所、200ヶ所の実績を持つ。

(文献 2G-74) は、神戸市における下水処理水の放流落差 65m を活用した最大 85kW の発電事例である。発電電力の一部をポンプ場内で使用し、余剰電力は売電している。

(文献 2G-75) は、浄水場での適用例である。減圧弁で無駄に消費されていた浄水場と調整池間の落差を有効利用し発電している。残留塩素の減少、油の混入等、水

質問題もなく安定した運転を続けている。売電した電気料金は水道料金の低廉化に寄与している。

(文献 2G-78) は、家庭用電源として設置したインドネシアでの事例と、長野県で砂防ダムから取水し発電電力を公園の照明に利用した事例である。

- ・ 適用される法令等

(文献 2G-79) は、小水力発電設備の設置に際して適用される諸法令と系統連系を行う場合の注意点について述べている。水車発電機の設置場所及び発電電力の利用形態によっては、河川法による水利権の変更認可が、また、10kW 以上の発電設備には電気事業法により工事計画認可申請が必要である。更に、系統と連系する場合は「系統連系要件ガイドライン」の定めるところにより電力会社との協議が必要となる。

小水力発電の普及には、これら規制の緩和、手続きの簡素化、そして太陽光・風力発電並の助成制度の適用が不可欠である。

(8) その他の文献について

その他の文献については、今話題のGIS技術を用いて管路のリアルタイム管理への応用について、また、給水ステーションのような小型装置の調査、研究をしたものである。

- ・ 大規模管網シミュレータの水道情報管理システムへの応用を題として、西川ら (文献 2G-17) では、管網シミュレータと水道情報管理システムを統合し、業務効率化を図った。
- ・ 田淵 (文献 3G-10) は、多様な機能を持った給水ステーションを開発し、検針業務の効率化を目的に、電気ガス、水道のメータ表示部を統合したようなパネルを提案した。

3.2 管網における濁質と維持管理の実態

管網における濁質および維持管理の実態を把握するため、水道事業体に対してアンケート調査を実施した。

実施にあたり、平成 13 年度に実施した「管路内濁質等に関するアンケート」調査結果を整理し、その結果を踏まえて、平成 15 年度に追加アンケートを実施した。

(1) 平成 13 年度アンケート結果

平成 13 年度「管路内濁質等に関するアンケート」は、実態の把握を目処に 90 の水道事業体に対して実施（83 事業体から回答あり）したものであり、主として以下の点が明らかになった。なおアンケート内容とその結果については、後段に添付したとおりである。

- ・ 濁度上昇へは洗管作業で対応していると回答した事業体が 8 割近くを占めていた。
- ・ 濁度上昇の原因物質としては、錆という回答が最も多く 9 割程度、次いで砂等の工事時に混入したと考えられる物質や、水質由来のマンガン、錆等が 4 割弱、さらに塗膜片が 3 割弱であった。
- ・ 管路の末端部における水質的問題は、8 割以上の事業体があると回答し、その内容については、残留塩素の確保が困難なことと回答した事業体が 8 割近くを占め、次いで赤水の発生や濁質の増加という回答が多かった。
- ・ 利用者からの濁質流出による苦情は、約 8 割の事業体で発生しており、その対応策としては、洗管が最も多く 6 割弱の事業体で実施していた。

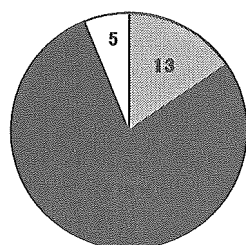


図 3.2.1 仕切弁開閉に伴う濁度上昇

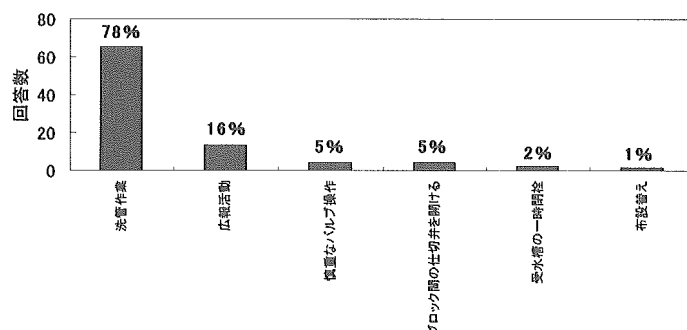


図 3.2.2 濁度上昇への対応策（複数回答あり）

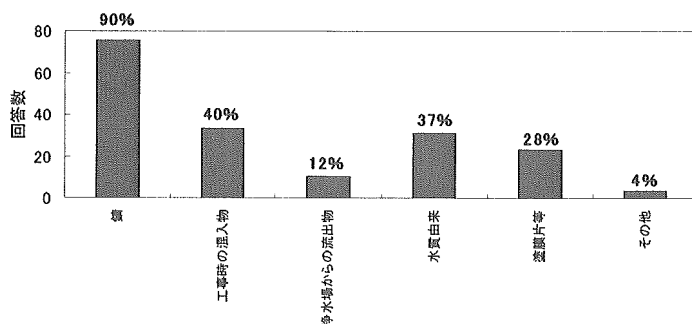


図 3.2.3 濁度等の原因（複数回答あり）

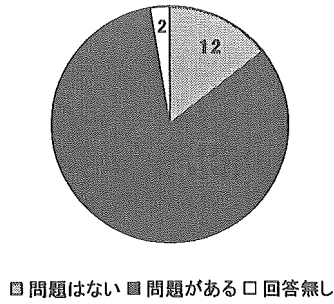


図 3.2.4 管路末端部での水質的問題の有無

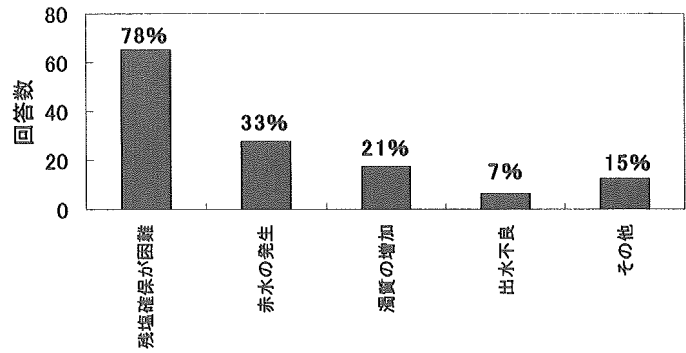


図 3.2.5 管路末端部における問題の内容

(複数回答あり)

※図 3.2.4 で、「問題がある」と回答した場合

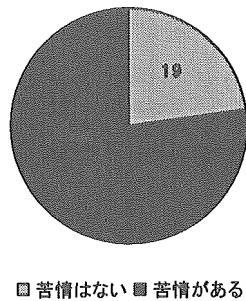


図 3.2.6 利用者からの苦情の有無

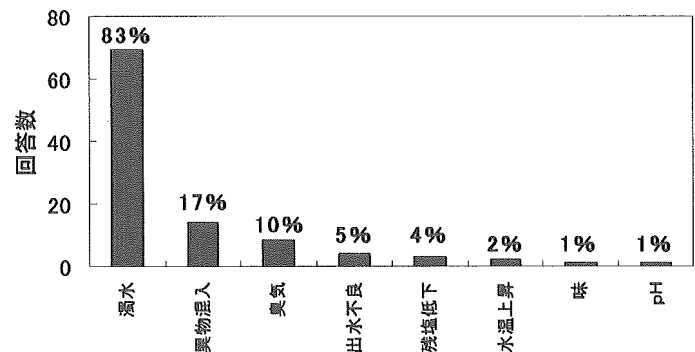


図 3.2.7 利用者からの苦情の内容

(複数回答あり)

※図 3.2.6 で、「苦情がある」と回答した場合

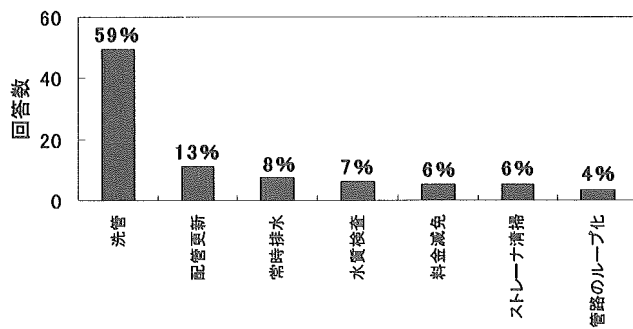


図 3.2.8 利用者からの苦情への対応 (複数回答あり)

※図 3.2.6 で、「苦情がある」と回答した場合

(2) 平成 15 年度実施追加アンケート内容および結果

平成 13 年度のアンケート結果を踏まえて、平成 15 年度にはさらに詳細なアンケート調査を行い、管路における濁水の状況や水質的問題について仔細に分析を行うこととした。

アンケートの骨子は以下のとおりとした。

① 濁質原因究明（管路研究第 1 グループ）

- ・ アンケート対象事業体の施設諸元を詳細に把握する。
- ・ 濁質・腐食発生箇所を特定するため、さらに厳密に問題箇所の情報を収集する。

② 最適管網システムの研究（管路研究第 2 グループ）

- ・ 配水系統分類やブロック化の有無等、管網形状による濁水発生状況や水質問題の違いを把握する。
- ・ 洗管作業の詳細を把握するため、洗管方法や、濁水防止のための計画的洗管について情報を収集する。
- ・ 水理的条件との関係を把握するため、流速およびその変化と、錆こぶの発生や濁質の堆積に関する情報を収集する。

(3) アンケート結果

アンケートは平成 15 年 9 月に実施し、86 の事業体に対して実施した。73 の事業体から回答が得られ回収率は 85%であった。

アンケート結果は下記のとおりである。

① 管網形状の影響について

配水系統を分けている事業体は約8割であり、事業体の規模による差は見られなかった。また配水系統を分けていると回答した60の事業体のうち、10系統未満が7割、10系統以上が3割であった。事業体の規模が大きくなるほど系統数が多くなる傾向にある。

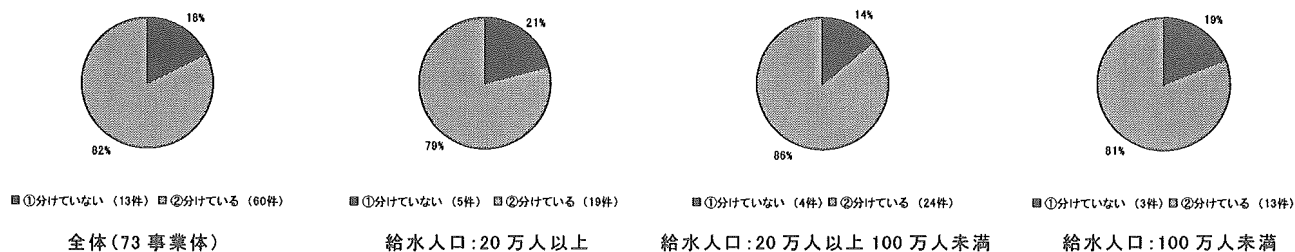


図 3.2.9 配水系統（浄水系）について

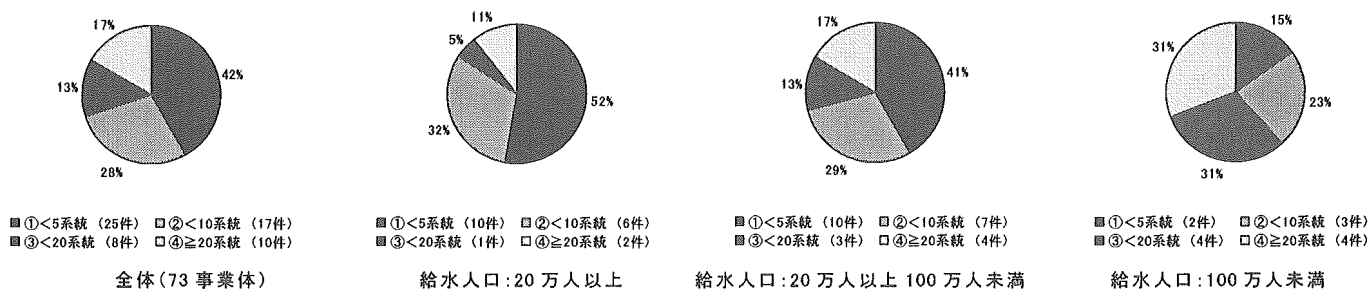
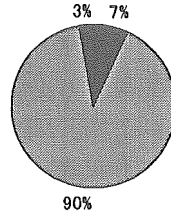


図 3.2.10 配水系統（浄水系）の数について

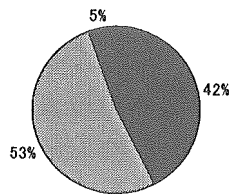
配水系統と濁質苦情発生件数との関係は、多くの事業者が関係無しと回答しているが、特定の系統で苦情が多いという回答が5件あった。浄水水質によるものか、浄水水質は同じでも、配水過程での系統分割により苦情が発生しているのか追跡調査が必要である。



■ ①特定の系統で苦情が多い (5件)
 ■ ②関係はない (66件)
 ■ ③回答なし (2件)

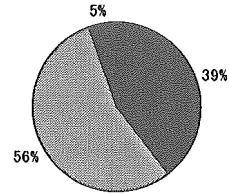
図3.2.11 配水系統と濁質苦情発生件数の関係

ブロック化は6割程度の事業者で実施している。その内水質劣化問題がある事業者が6割近くであった。水質劣化としては、残塩低下が最も多く、ブロック末端、ブロック境や水圧均衡箇所など到達時間が長くなる場所で発生している。次いで濁水発生が多く、これもブロック末端やブロック境などで発生している。



■ ①ブロック化していない (31件) ■ ②ブロック化している (38件)
 ■ ③回答なし (4件)

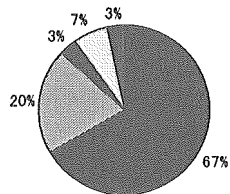
図 3.2.12 ブロック化の有無



■ ①水質劣化問題あり (21件) ■ ②水質劣化問題なし (15件)
 ■ ③回答なし (2件)

図 3.2.13 水質劣化問題の有無

※図 3.2.12 で、「ブロック化している」と回答した場合



■ ①残塩低下 (20件) ■ ②濁水発生 (6件) ■ ③異臭味 (1件)
 □ ④その他 (2件) ■ ⑤回答なし (1件)

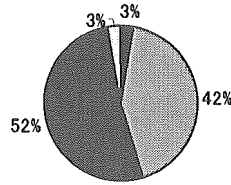
図 3.2.14 水質劣化問題の種類

※図 3.2.13 で、「水質劣化問題あり」と回答した場合

② 洗管作業について

濁水発生時の洗管作業に関して、作業をマニュアル化しているのは2事業者のみで

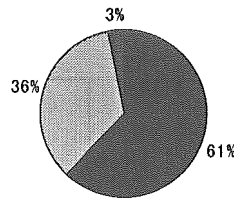
あり、その他は、マニュアルはないが留意点は心得ている、臨機応変に対応しているという回答が多かった。具体的には、濁水が発生しないよう状況に応じて排水量を調整しながら作業を行っているという回答が大半であった。



- ①マニュアルがある (2件)
- ②留意点は心得ている (31件)
- ③臨機応変に対応している (38件)
- ④回答なし (2件)

図3.2.15 濁水発生時の洗管方法について

濁水防止のための予防的な洗管を行っている事業体は36%であった。その頻度は短いもので3ヶ月、長いもので3年以下であった。年に1回という回答が最も多く、その時期は夏期の水量ピーク前に実施しているという回答が多かった。



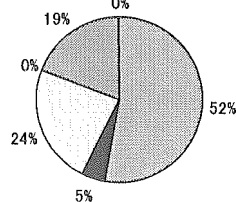
- ①行っていない (45件)
- ②定期的・計画的に行っている (26件)
- ③回答なし (2件)

図 3.2.16 濁水防止のための予防的な洗管作業について

③ 水理的条件と濁質の関係について

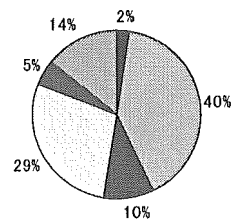
錆こぶの発生しやすいところは、流速が遅いところ及び流速変化がないところが大半であった。

また、錆、砂等の堆積しやすいところは、流速が遅いところ及び流速変化が無いところであった。また伏せ越し部、傾斜地など管路が低い箇所にも堆積が見られるという回答もあった。



- ①流速が遅い所 (22件)
- ②流速が遅い所 (10件)
- ③流速変化がある所 (8件)
- ④流速変化が無い所 (2件)
- ⑤流速が遅く、流速変化がある所 (0件)
- ⑥流速が遅く、流速変化が無い所 (0件)

図 3.2.17 錆こぶの発生しやすい場所は？
(流速条件に限定)



- ①流速が遅い所 (17件)
- ②流速が遅い所 (12件)
- ③流速変化がある所 (6件)
- ④流速変化が無い所 (2件)
- ⑤流速が遅く、流速変化がある所 (1件)
- ⑥流速が遅く、流速変化が無い所 (4件)

図 3.2.18 錆、砂等の堆積しやすい場所は？
(流速条件の限定)