

200840038A

厚生労働科学研究費補助金
健康安全・危機管理対策総合研究事業

健康リスク低減のための新たな浄水プロセス
及び管路更新手法の開発に関する研究

平成20年度 総括研究報告書

研究代表者 藤原正弘

平成 21 (2009) 年 3 月

厚生労働科学研究費補助金
健康安全・危機管理対策総合研究事業

健康リスク低減のための新たな浄水プロセス
及び管路更新手法の開発に関する研究

平成20年度 総括研究報告書

研究代表者 藤原正弘

平成 21 (2009) 年 3 月

目 次

I. 総括研究報告

健康リスク低減のための新たな浄水プロセス
及び管路更新手法の開発に関する研究

藤原正弘

(資料)

健康リスク低減のための新たな浄水プロセスに関する研究【浄水部門】

1. 水道事業者のニーズ合った浄水膜の性能・仕様等の検討
 - 1.1 将来に望まれる膜の性能・仕様等についてのアンケート調査結果
 - 1.2 膜処理現地調査結果
2. 膜ろ過施設の維持管理の高度化等
 - 2.1 膜ろ過維持管理アンケート調査結果
3. 浄水プロセスへの紫外線処理の適用
 - 3.1 紫外線処理設備維持管理状況調査結果
 - 3.2 地表水以外への適用における紫外線処理設備維持管理マニュアル(案)
 - 3.3 紫外線照射試験結果
 - 3.4 紫外線処理による返送水・排水へのクリプトスポリジウム等対策に関する研究
 - 3.5 紫外線処理による塩素代替消毒法及びマルチバリア消毒法に関する研究
4. 研究体制

基幹水道施設の機能診断及び地震による管路被害の予測等に関する研究【管路部門】

5. 基幹水道施設の機能診断手法の検討
 - 5.1 管路の機能診断マニュアル(原案)
 - 5.2 管路の機能診断マニュアル ケーススタディ結果
 - 5.3 浄水施設等の機能診断マニュアル(原案)
 - 5.4 浄水施設等の機能診断マニュアル ケーススタディ結果
6. 地震による管路被害の予測等
 - 6.1 能登半島・中越・中越沖地震の管路被害データベース作成及び被害予測手法検討に関する研究
 - 6.2 地震における管路被害予測実施済み事業者向けアンケート調査結果
 - 6.3 地震における管路被害予測未実施事業者向けアンケート調査結果
7. 研究体制

- | | |
|---------------------|--------|
| II. 分担研究報告 | (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（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
総括研究報告書

健康リスク低減のための新たな浄水プロセス及び管路更新手法の開発に関する研究

研究代表者 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

水道は社会基盤施設として重要な役割を果たしているが、多くの基幹施設が大規模な更新時期を迎えつつある。また、水系感染症の発生等の防止や地震等による断水の防止・軽減に関する手法の確立が求められており、以下の課題に取り組むことにより安全・安心な水道水の安定供給に資するものである。なお、本研究の実施予定期間は平成 20～22 年度であり、本年度（平成 20 年度）は 3 か年計画の 1 年目である。

本研究では、以下の具体的な検討課題に取り組む予定である。

(1) 健康リスク低減のための新たな浄水プロセスに関する研究【浄水部門】

- ① 水道事業体のニーズに合った浄水膜の性能・仕様等の検討
- ② 膜ろ過施設の維持管理の高度化等
- ③ 浄水プロセスへの紫外線処理の適用

(2) 基幹水道施設の機能診断及び地震による管路被害の予測等に関する研究【管路部門】

- ① 基幹水道施設の機能診断手法の検討
- ② 地震による管路被害の予測等

また、研究体制体制としては、藤原正弘（水道技術研究センター理事長）を研究代表者とし、水道技術研究センター役職員を始め、学識者、水道事業体、民間企業の技術者等を研究分担者及び研究協力者として、本研究を実施している。

平成 20 年度の研究成果の概要は次のとおりである。

(1) 浄水部門

① 水道事業体のニーズに合った浄水膜の性能・仕様等の検討

これからの膜ろ過に期待される性能などに関する情報収集を目的とし、膜ろ過施設導入事業体に対しアンケート調査及び現地調査を行った。その結果、膜素材の長寿命化、膜動力費の低減、膜建設費・膜交換費の低減、膜トラブル発生時の復旧の容易性等が課題として挙げられた。また、現状では処理が困難な臭気・色度等の溶解性物質の除去も課題として取り上げられており、これらに着目した膜の性能向上を検討する必要があることが明らかとなった。

② 膜ろ過施設の維持管理の高度化等

膜ろ過施設の維持管理に関し、維持管理高度化マニュアル案作成を目的として事業体へのアンケート調査及び現地調査を行った。その結果、維持管理上検討すべき項目及びマニュアルへの記載が必要であると考えられる事項は、膜損傷の確実な検知、膜交換時期の判断及び予測、寒冷地での凍結対策、高濁度原水への対応等であることが明らかになった。

③ 浄水プロセスへの紫外線処理の適用

紫外線処理に関し、紫外線処理設備導入事業体へのアンケート調査及び現地調査を行った。その結果、紫外線処理におけるトラブル事例として、ランプスリーブ内面結露、異物混入による自動洗浄装置への障害、また、維持管理面での留意事項として、装置入口水質の把握と水質悪化時の対応方法、照射量の常時把握などが挙げられた。これらの調査結果や既存の知見を基に対処策を取りまとめ、地表水以外の水道原水に係る紫外線処理設備維持管理マニュアル（案）を作成した。また、紫外線照射に伴う副生成物について、1,000 及び 10,000 mJ/cm² で照射実験を行ったところ、水道水質基準を超える濃度レベルのものがあり、対応を検討する必要があることが明らかとなった。さらに、浄水場の返送水・排水への紫外線処理の適用等に向けた基礎実験等も行った。

(2) 管路部門

① 基幹水道施設の機能診断手法の検討

日常の管理情報等を基に機能診断を行う「管路の機能診断手法（原案）」を提案した。基幹水道施設を対象としたケーススタディをもとに、機能診断実施の際の留意事項及び実施事例の追加等により既往機能診断手法の利用を容易にするなどの改善を図った。さらに、管路更新計画策定事業体の意見及び管路の管理情報と管理方法等の調査を基に、診断手法の作成方針や要求事項を明らかにした上で、管路別機能診断と診断結果判定の様式案を作成した。

また、ケーススタディを通じて既存の「水道施設機能診断の手引き」の改善・充実化を図り「浄水施設等の機能診断マニュアル（原案）」を作成した。

② 地震による管路被害の予測等

既存の管路被害予測式は、阪神淡路大地震の被害実績に基づくものであるが、この地震以降に発生した新潟県中越地震、能登半島地震、新潟県中越沖地震等の中山間部等における管路地震被害の知見が集積されている。そこで従来の予測式を最新化するため、これらの地震による管路被害の基礎情報（被害形態、口径、管種、継手形式、周辺地盤等）のデータベース化を実施するとともに、水道事業体を対象に既存予測式の課題等に関するアンケート調査を行った。さらに、管路被害予測に必要な地震動の強さの推計手法として、管路被害と相関の高い地表面最大速度の簡便な算出方法を提案した。

水道事業体へのアンケート調査によって、管の被害率は継手形式に応じて算出すべきであるなどの課題が判明した。また、地震被災事業体に対する管路被害に関するデータ収集及び現地調査等によれば、被害形態は石綿セメント管・铸铁管（耐震管を除く）が多い結果となった。

研究分担者氏名

安藤 茂	財団法人水道技術研究センター	常務理事兼技監
武内 辰夫	財団法人水道技術研究センター	常務理事
谷口 元	財団法人水道技術研究センター	技術顧問
鈴木 泰博	財団法人水道技術研究センター	主幹

※ A. 研究目的、B. 研究方法、C. 研究結果、D. 考察については、【浄水部門】【管路部門】のそれぞれに分けて記述し、E. 結論、F. 健康危機情報、G. 研究発表、H. 知的財産権の出願・登録情報については合わせて記述する。

【浄水部門】

A. 研究目的

水道は社会基盤施設として重要な役割を果たしているが、より安全・安心な水道水の供給が求められていることから、水系感染症の発生等を防止するための、安定的・効果的な除去・不活化技術の確立及び維持管理の高度化等、健康リスク低減のための手法の確立を目的とし、研究活動に取り組んだ。

具体的な研究活動は以下に述べる研究テーマについて実施し、平成 20 年度～平成 22 年度の 3 か年計画で実施している。

1. 水道事業者のニーズに合った浄水膜の性能・仕様等の検討

国内の水道用膜ろ過施設の設置状況は、水道技術研究センター（以下「センター」という。）の調査によると平成 19 年度末において 623 箇所(MF,UF 膜)となっており、設置数は年々増加している。

このような実績の中、膜素材自体の処理性・耐久性の向上、膜交換時の費用の軽減等、処理性能と経済性の両面での課題が指摘されている。さらに、膜処理(MF,UF 膜)だけでは対応が困難な臭気等の溶解性成分の除去についても対応が可能な新たな膜素材への要求が生じている。

一方、多様な水源水質に対しての適応性の高い膜種類の選択という課題については、現在、選定基準が明らかにはなっていない。

このような状況のもとに、膜処理のさらなる効率化、最適化を図るためには、膜自体の処理性能の向上、膜種類による処理特性の把握等を追求していく必要がある。

よって、本研究では、多様な水源に対し

実験的研究を中心として、浄水膜の処理特性を把握し、水源水質に対する適応性のある浄水膜の性能・仕様等の検討を行うことにより、水道事業者への最適な膜処理の導入を支援することを目的とする。

2. 膜ろ過施設の維持管理の高度化等

水道における膜ろ過施設は、1. で述べたように年々増加しており、今後も浄水施設の増設・更新に併せて広く普及していくことが見込まれている。

また、膜ろ過施設の導入初期は、数十～数百 m^3 /日規模の簡易水道や専用水道への適用がほとんどであったが、膜ろ過施設の研究・開発が積極的に行われたことで施設の大規模化が進み、数万 m^3 /日規模の中大規模浄水場への導入が進みつつある。

本研究では、水道事業者から課題を収集し、得られた課題について対応策を検討するとともに、留意事項、具体例についても整理する。その成果を維持管理高度化マニュアル（案）としてとりまとめ、水道事業者、維持管理の指針、あるいは参考資料として利用していただくことで、水道事業者における維持管理の高度化を目的としている。

3. 浄水プロセスへの紫外線処理の適用

紫外線処理は、平成 19 年 4 月に、地表水以外を原水とする施設へのクリプトスポリジウム等対策として位置付けられ、導入が進んでいる。クリプトスポリジウム等を安定的に不活化するためには、設備を適切に維持管理することが必要不可欠であり、具体的な維持管理方法を示すマニュアルが必要とされている。

一方、紫外線処理を、地表水を原水とし急速ろ過を採用している施設や膜ろ過洗浄排水等へ適用することで、より確実性の高いクリプトスポリジウム等の処理ができる。しかし、地表水や膜ろ過洗浄排水等は、紫外線照射を阻害する物質の濃度も高いと想定され、紫外線処理の適用性について十分に検討が必要である。

また、塩素消毒と紫外線処理を併用することで、従来よりも塩素注入量を低減し、副生成物による健康リスクのより少ない安

全性の高い水道水を供給できる可能性がある。

本研究ではこのような課題に取り組み、その成果を紫外線処理導入・維持管理マニュアル（案）としてまとめ、水道事業者への紫外線処理の導入・普及を支援することを目的としている。

B. 研究方法

研究代表者、研究分担者のもと、学識者、水道事業者、民間企業の技術者等で構成される研究協力者により浄水研究班を設置し、そのもとに研究課題に応じて、2つのワーキンググループ（膜処理ワーキンググループ、紫外線処理ワーキンググループ）を設け、3つのテーマについて研究を進めた。

以下、テーマごとに具体的な研究方法を示す。

1. 水道事業者のニーズに合った浄水膜の性能・仕様等の検討

1.1 浄水膜ニーズのアンケート調査

将来に望まれる膜の性能・仕様等について、既に膜処理(MF,UF 膜)を導入している事業者に対してアンケート調査を実施した。

（アンケートの送付先は、国内の施設能力500 m³/日以上膜施設を対象とした。）

アンケートでは、将来に望まれる膜の性能・仕様について、①膜の機能、②膜素材、③維持管理性、④膜交換方法、⑤コスト、⑥環境対策、に分類し調査を実施した。

1.2 膜施設と研究機関の現地調査

アンケート調査と並行して、さらに広範囲でのニーズに対する情報収集を目的として、実際の浄水施設及び研究機関の現地調査を行った。

① MF・UF 膜について

- ・長幌水道企業団(浸漬セラミック MF 膜)
- ・西空知水道企業団（ケーシング UF 膜）
- ・福井県(モノリスセラミック MF 膜)

② 低圧 RO・NF 膜について

- ・多度津町（低圧 RO 膜）硝酸態窒素対策
- ・米原市（低圧 RO 膜、NF 膜）硬度対策

③ 研究機関への現地調査と協議

神戸大学先端膜工学センターの現地調査を実施した。次年度以降の研究計画に反映

させることを目的として、各種膜の製造が可能な設備の調査及び実施中の研究状況のヒアリングを行った。

2. 膜ろ過施設の維持管理の高度化等

維持管理状況に関するアンケート調査票を160事業者へ送付し、48事業者（浄水場数では86件）から回答を得た。

アンケートでは、浄水場全体に関する事項（水源種類、施設能力、処理フロー等）、膜処理に関する事項（施設諸元、運転条件等）、及び維持管理に関する事項（膜損傷検知、膜交換、薬品洗浄等）について、現状認識の検証及び事業者の抱える課題の調査を行った。

また、膜損傷検知については、膜損傷検知方法並びに検知基準が詳細に記述されている『米国 EPA 膜ろ過ガイドンスマニュアル』により情報の収集も行った。

3. 浄水プロセスへの紫外線処理の適用

3.1 維持管理状況調査

維持管理マニュアルを作成するための情報収集を目的として、当センターで把握している紫外線処理設備導入済みの19件の施設の内、13件に対しアンケート調査を実施し、その内3件の施設の現地調査を実施した。

3.2 地表水以外への適用における維持管理マニュアル（案）の作成

維持管理状況調査結果や米国環境保護庁の「紫外線消毒ガイドンスマニュアル」、当センターがとりまとめた「紫外線消毒ガイドライン」等の既存の文献を参考にマニュアルの構成を検討し、原案を作成した。

3.3 紫外線照射試験

既往の研究では、紫外線照射による副生成物として臭素酸、亜硝酸性窒素等が報告されている。本研究では、紫外線を過照射した状況での副生成物生成の有無を確認するための試験を実施した。

3.4 紫外線処理による返送水・排水へのクリプトスポリジウム等対策に関する研究

モデル濁質として標準カオリン及び試薬グレードのベントナイト、実河川水の濃縮濁質を添加して、MS2ファージの不活化速度を実験的に求めた。

3.5 紫外線処理による塩素代替消毒法及び

マルチバリア消毒法に関する研究

塩素注入の副生成物に対する UV による分解、およびその反応生成物に関して文献調査を行った。

蛍光分析法を用いることにより、UV 照射に応じた有機物の変化を測定した。また粒径の異なる二酸化チタン製光触媒粉末（径 5nm～5μm）を共存させ、有機物の反応を促進させることも試みた。

C. 研究結果

1. 水道事業体のニーズに合った浄水膜の性能・仕様等の検討

1.1 浄水膜ニーズのアンケート調査

アンケート調査結果について、以下に示す項目で集計を行い、その内容を把握した。

- ・望まれる膜性能の指摘項目の集計
- ・望まれる膜性能のアンケート調査結果の詳細

1.1.1 望まれる膜性能の指摘項目の集計

アンケートの回答状況は総数で 48 事業体（浄水場数で 86 箇所）となった。水量ベースでは、回答を得られた施設規模の合計は約 37 万 m³/日となり、国内の現在導入済膜処理施設の総合計水量約 80 万 m³/日の半量とみることができる。

アンケート調査の結果より、将来に望まれる膜の性能・仕様等について、回答の多い指摘内容は図 1 のとおりである。（グラフ内の数値は指摘の事業体数を示す。）

- ①膜素材の長寿命化、
- ②建設費の低減、
- ③膜交換費の低減、
- ④膜トラブル発生時の復旧の容易性、
- ⑤動力費の低減、
- ⑥薬品洗浄方法の簡易化、
- ⑦低動力化（ろ過圧力の低減）、
- ⑧環境対策（膜材量の再利用等）

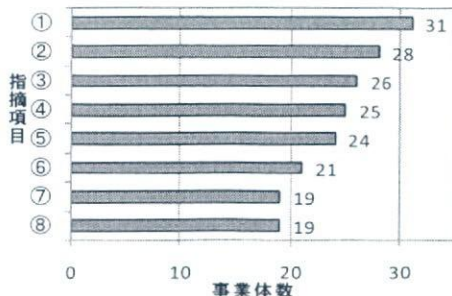


図 1 将来に望まれる膜性能・仕様さらに、水質面では、現在の膜処理では

除去が困難な溶解性成分に対する除去性能の向上対策が望まれている。（図 3 参照）特に、臭気・色度・硝酸態窒素等を除去することによって水質を一層改善したいとの要求がある。

1.1.2 望まれる膜性能のアンケート調査結果の詳細

(1) 膜の機能

① 透過性

透過性の設問内容として、低動力化（ろ過圧力の低減化）と施設のコンパクト化を挙げたが、両項目ともほぼ同数であった。

低動力化の内容は、膜設備の動力費の低減に加え、自然圧による膜処理方式の採用の可能性が多くなることが望まれている。

コンパクト化については、従来の急速砂ろ過法に比較し設置スペースが少なくなり、この面において膜ろ過は大きな優位性を示していると考えられるが、更なるコンパクト化への要求が示されている。

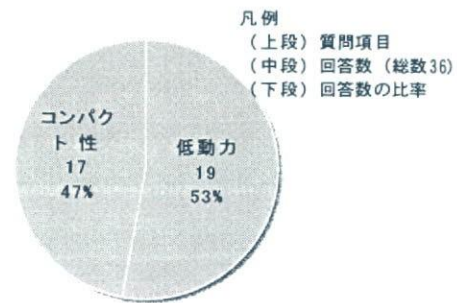


図 2 膜の透過性への要望

② 濁度以外の水質改善

回答の総数が 70 と多いことから、現在導入している膜（MF,UF）の能力よりもさらに高度な処理を求めている事業体が多い。最も多い項目は臭気であるが、既に活性炭処理と膜処理の両方を導入している浄水場では、これらの施設のコンパクト化あるいは省略が可能になるような方向での膜の機能向上を求めている。

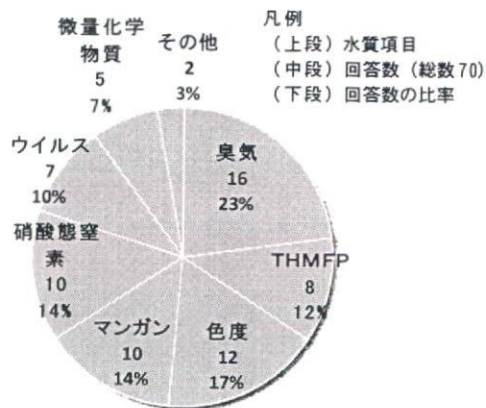


図3 濁度以外の水質改善要望

(2)膜素材

回答の総数が67であり、その中の31が膜の長寿命化となっている。これは、膜素材以外の他の項目を含めて最多の指摘の数になっている。

また、小規模な事業体ほど膜交換による水単価への影響が大きいことから、長寿命化が求められていると考えられる。

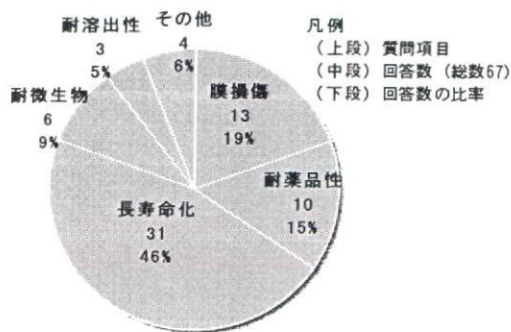


図4 膜素材への要望

(3)維持管理性

① 運転管理性

回答数の多い項目は、トラブル発生時の復旧までの容易性と膜損傷時の確実な検知方法となっている。

トラブル発生時の普及までの容易性の指摘の中では、対応処置(原因の特定及び修理、交換等)に時間がかかることが挙げられている。

膜損傷時の確実な検知方法では、損傷検知の現状を認識されているが、今後の精度向上と自動化等の期待が大きい。

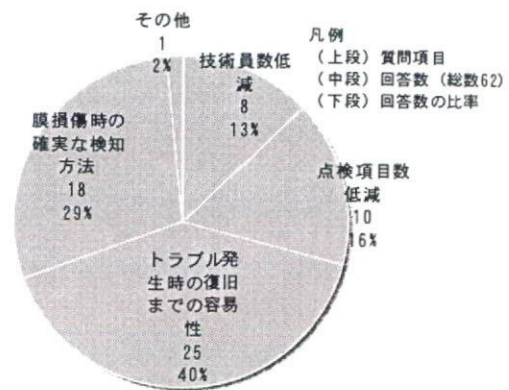


図5 膜の運転管理性への要望

② 薬品洗浄方法

薬品洗浄方法については、膜エンジニアリング及び素材メーカーへの対応力の強化と簡易化を期待する内容がほとんどである。

さらに、施工(洗浄)期間の短縮化による浄水処理への影響の軽減化を求めているところもある。

また、物理洗浄と同じような手軽さで、薬品洗浄を行えるような仕組みを求めているところがあり、この理由として、ファウリングが発生しても素早い対応が可能のためと指摘している。

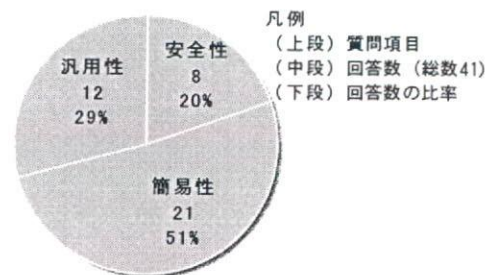


図6 膜薬品洗浄方法への要望

(4)膜交換

回答数の多い順に、リサイクル性、簡易性、汎用性が挙げられている。

リサイクル性については、一般的な環境負荷の低減を指摘しているものから、ケーシングのリサイクルのような具体的な指摘もある。

簡易性の点では、施工期間の短縮による浄水処理への影響の軽減化が挙げられている。また、汎用性(互換性)については、膜の運転実績を踏まえた、新しい膜への交

換時期での選択肢が広がることが期待されている。

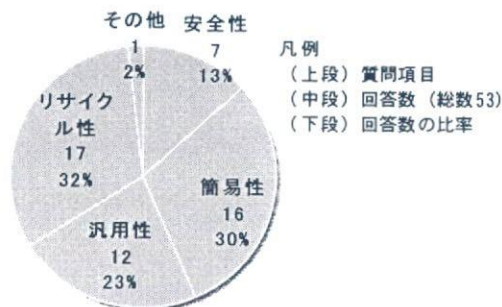


図7 膜交換への要望

(5) コスト

建設コストの削減を求める指摘が最も多い。ランニングコストの中では、膜の交換費の低減の指摘が最も多く、さらに、膜の交換費に動力費を加えたコスト負担は料金に直結するものであり、この点からも膜寿命の長期化を望むことにつながっていると考えられる。

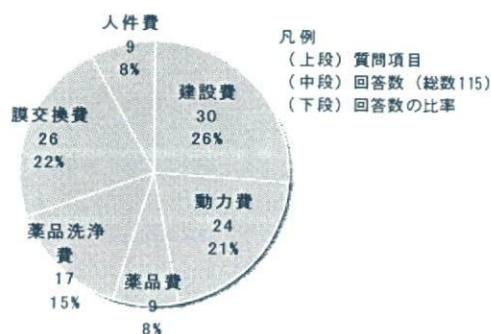


図8 膜コストへの要望

(6) 環境対策

回答の多いものは省エネルギーであるが、これはコストの削減と同様の意義があり、今後、技術開発の最も重要な視点になってくると考えられる。

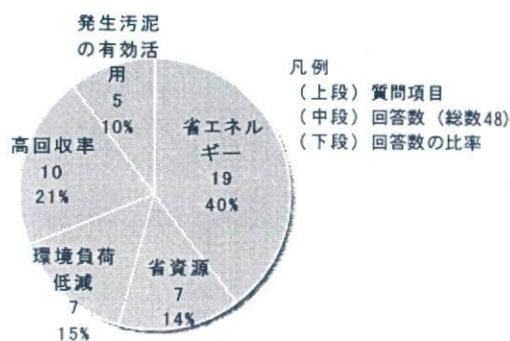


図9 膜の環境対策への要望

1.2 既存膜施設等の現地調査

① 膜交換を実施した浄水場の指摘内容

調査対象とした事業体では、既に膜の交換を実施した所があり、以下のような内容の指摘があった。

- ・ 膜の交換基準の明確化 (交換年数、交換時の適正水処理条件等)
- ・ 膜の交換時には、他の膜の種類 (他のメーカー) との交換が容易に行えるような設備仕様・設備構造になることを望む。当該浄水場では、膜の更新種類を2種類として、次回更新の参考データを蓄積している。(導入時は酢酸セルロース膜<CA>であり、更新時はCAを2/3、ポリエーテルスルホン<PES>を1/3とした。)
- ・ 膜を導入することで、水質分析をする項目が少なくなる等のメリットを期待する。

② 神戸大学先端膜工学センター

実験用の膜の製造を行える装置を備えており、1つの膜材料から多様な孔径の膜を抽出作成が可能である。これを応用し、孔径とファウリングとの関連の基礎的研究を行うことが可能である。次年度からの研究に適用し、処理特性の解明に生かす予定である。

2. 膜ろ過施設の維持管理の高度化等

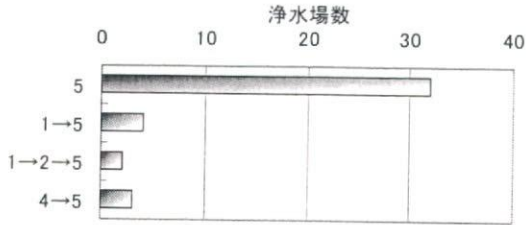
2.1 現状把握

2.1.1 膜損傷

アンケート調査の結果、全86件の浄水場のうち10件の浄水場から膜損傷を起こしたことがあるとの回答を得た。このことから、膜損傷は通常に起りうるものであることが明らかとなった。

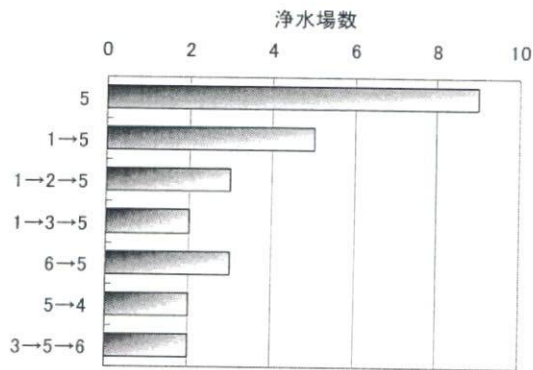
2.1.2 水源別にみた処理フローの分布状況

地下水系の水源における処理フローの分布状況を図10に示す。地下水系では膜ろ過単独による処理を行っている場合が多い。



※1凝集、2沈殿、4除マンガン、5膜ろ過
図10 処理フロー分布状況（地下水系）

表流水系の水源における処理フローの分布状況を図11に示す。表流水系でも膜ろ過単独の場合が多いが、凝集、沈殿等の前処理、除マンガン等の後処理を行っている割合も多く、これらの処理についても維持管理を適切に行う必要がある。



※1凝集、2沈殿、3急速ろ過、4除マンガン、5膜ろ過、6粒炭

図11 処理フロー分布状況（表流水系）

2.1.3 水量別にみた薬品洗浄方法の分布状況

図12に示すように、水量が少ない場合には、オンサイトオンライン洗浄を採用する浄水場は少ないが、水量が多くなるに従って、オンサイトオンライン洗浄が主流となっている。オンサイトオンライン洗浄は、オンサイトでを行うため、特に薬液の浄水系への漏洩防止対策を十分に行う必要がある。

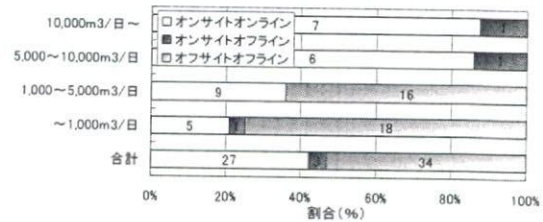


図12 薬品洗浄方式の分布状況

2.2 維持管理上の課題

アンケート調査・現地調査及び国内外の文献調査により課題の把握も行った結果、図13に示すように、①膜損傷の確実な検知基準、②膜交換の判断の目安、③膜交換計画時期の予測方法、④膜交換後の運転方法、⑤寒冷地での凍結対策、⑥トラブルシューティングの作成、⑦原水濁度が運転可能上限値を超えたときの対応、等を課題に挙げる事業体が多いことが明らかとなった。

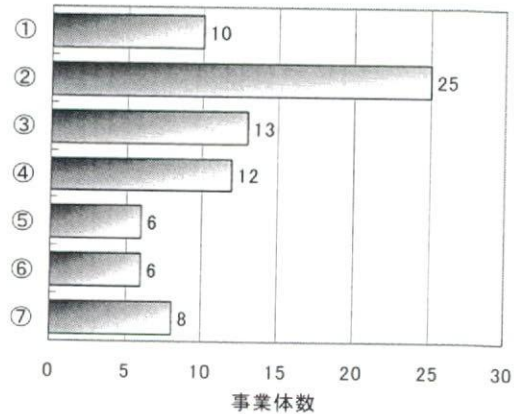


図13 維持管理の課題

各々の課題について、具体的な内容を以下に示す。

① 膜損傷の確実な検知基準

我が国における膜損傷検知方法は図14に示すように間接法単独で行っている浄水場が61%であり、直接法単独の4%、間接法と直接法の併用の35%と比べると、最も多くなっている。

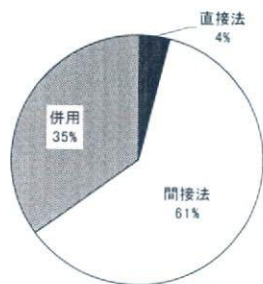


図 14 膜損傷検知方法内訳

直接法では、図 15 に示すように、圧力保持試験（PDT：86%、2 次側吸引減圧保持試験：7%）が多く採用されている。圧力保持試験の実施頻度は表 1 に示すように 24 時間以内に行っている浄水場は 46% に留まっている。

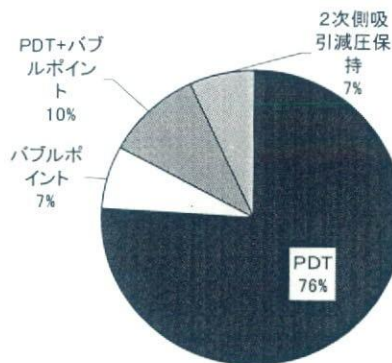


図 15 直接法内訳

表 2 圧力保持試験の実施頻度

頻度(周期)	浄水場数	比率
10時間	1	5%
12時間	1	5%
24時間	8	36%
7日	4	18%
14日	1	5%
6ヶ月	2	9%
12ヶ月	4	18%
2年	1	5%
合計	22	100%

間接法では図 16 に示すように、濁度検知方法を採用する浄水場は 92% となっている。

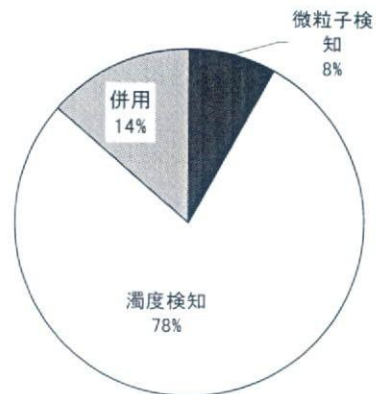


図 16 間接法内訳

一方、米国の膜損傷検知方法は、稼働中のクリプトスポリジウムの除去率を保証する手段として位置づけ、直接法と間接法は併用することが原則となっている。

直接法では、

- ・ 検出精度：膜に 3 μ m の損傷が生じたときに応答できるような試験であり、その膜ろ過施設に設定された log 除去率を検証できる能力を持っていないといけない。
- ・ 実施頻度：少なくとも 1 回/日行わなければならない

間接法では、

- ・ 実施頻度：連続計測（15 分に 1 回以上）を行わなければならない。
- ・ 間接法で異常を検知した場合には、直ちに直接法を行わなければならない。

としている。

我が国においては、膜損傷検知は各事業体に対応が任されているのが現状であり、間接法・直接法の適用方法、検出精度、実施頻度等を決める際の手引きが求められている。

② 膜交換の判断の目安

膜交換の判断は、薬品洗浄後の回復が十分に認められなくなった場合や、膜の伸度が製造時の 50% となる時期となった場合や、メーカーの機能保証期間で行う場合等、多種多様であり、膜交換の判断は個別対応となっている。

③ 膜交換計画時期の予測方法

膜交換計画時期の予測方法は、膜損傷の増加する割合から予測する場合や、1 本/年膜メーカーへ点検（透過水性能、リーク検

査、バーストテスト)を委託し、膜の劣化状態を確認し判断する場合等、多種多様であり、膜交換判断は個別対応となっている。膜交換は高額であることから、事業者にとって予算申請時期を把握する手段が必要である。

④ 膜交換直後の運転方法

膜交換直後の運転方法は多種多様であり、事業者にも周知されたものはない。

⑤ 寒冷地での凍結対策

寒冷地での凍結対策は建屋暖房で行う事業者が多いが、膜ろ過装置休止中に室内温度が設定値以下となったときに物理洗浄や循環運転等を実施して凍結防止を図っている場合もある。このような対策については事業者にもあまり知られてはいない。

⑥ トラブルシューティングの作成

トラブルシューティングは事業者にも広く周知されておらず、リスク管理・危機管理に生かされていない。

また、図 17 に示すように、水源によって、異なった膜ろ過流束を設定している場合が多い。また、膜ろ過流束以外にも、前処理設備等に違いが生じる場合もある。トラブルシューティング作成時には、これらの違いを考慮することを考えている。

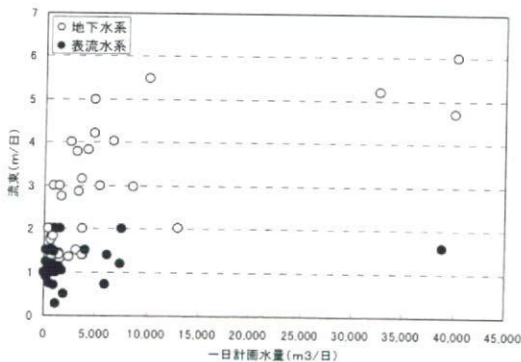


図 17 水源別の膜ろ過流束分布状況

⑦ 原水濁度が運転可能上限値を超えたときの対応

高濁度原水への対応策は、原水濁度が設定値を超えた場合に、取水停止やクロスフロー運転への切替や逆洗間隔の短縮等によって行っているが、このような対策については事業者にもあまり知られてはいない。

3. 浄水プロセスへの紫外線処理の適用

3.1 維持管理状況調査

紫外線処理設備を導入済みの 13 施設に対しアンケート調査を実施し、その内 3 件に対して現地調査を実施した結果、次のことが分かった。

- ・ 日常点検は 1 回/週から 1 回/日程度、1 人から 2 人で実施されており、漏れや異常な振動が無いかな等の目視点検、紫外線強度計等の計器の確認等を点検表に基づいて実施している。装置内点検清掃は年に 1~2 回実施している施設が多い。
- ・ ランプ寿命は 1~2 年程度、ランプスリーブの寿命は 3~5 年程度を予定している施設が多い。
- ・ 設計面での不具合事例として、ランプスリーブ内の結露による紫外線照射強度不足、装置内への異物混入による自動洗浄装置の動作不良が挙げられている。
- ・ ランプスリーブへのスケール付着については現状では問題となっていない。ただし運用後間もない施設が多く、今後も注意が必要である。

3.2 地表水以外への適用における維持管理マニュアル(案)の作成

上述の維持管理状況調査結果や既存の文献を参考に、水道事業者の実務担当者が設備を適切に維持管理するためのマニュアルを作成した。マニュアルの構成は次のとおりである。

1. 基本的事項

- 1.1 本書の目的
- 1.2 紫外線による不活化の特徴
- 1.3 紫外線とは
- 1.4 紫外線による不活化の機構

2. 紫外線照射装置

- 2.1 対策指針で必要とされる機器
- 2.2 対策指針で望ましいとされる機器

3. 地表水以外の水への適用における紫外線処理設備

- 3.1 紫外線照射量
- 3.2 適用水質
- 3.3 設計上の留意点

4. 維持管理

- 4.1 基本事項

- 4.2 日常管理
- 4.3 定期点検
- 4.4 異常時の対応
- 4.5 予備品
- 4.6 紫外線ランプの廃棄及び回収
- 4.7 安全管理

3.3 紫外線照射試験

表3に照射試験の条件を示す。調査対象とする副生成物は既往の研究等からトリハロメタン、アルデヒド、臭素酸、亜硝酸態窒素とした。

表3 紫外線照射試験条件

項目	条件
試験方法	循環照射式
紫外線ランプ	低圧、中圧
照射量	0mJ/cm ² 、1,000mJ/cm ² 、10,000mJ/cm ²
条件1	残留塩素: 2mg/L、臭化物イオン: 1,000μg/L、TOC: 10mg/L以下、pH: 7.0
条件2	残留塩素: 2mg/L、臭化物イオン: 1,000μg/L、TOC: 0mg/L、pH: 7.0、硝酸態窒素: 10mg/L

図18～図21に紫外線照射試験の結果を示す。なお、図中の対照1時間及び5時間は、紫外線を照射しない場合の試験結果である。

紫外線照射試験の結果から、対象水中の前駆物質濃度が今回の試験条件のように高い場合には、1,000mJ/cm²、10,000mJ/cm²といったクリプトスポリジウム等対策で用いる照射量よりも非常に高い照射量で紫外線照射を行うと、臭素酸、亜硝酸態窒素、アセトアルデヒド及びホルムアルデヒドが生成され、トリハロメタンは分解されることが分かった。

通常の設備は、水量、水温、紫外線強度等が一定の範囲を超えると運転できないように設計されており、通常はこのような照射量になることはないと考えられるが、例えば、頻繁な運転停止を避ける目的で、水を流さずにランプを点灯し続けるような運転をする場合には、紫外線が過照射とならないような配慮が必要である。

臭素酸については、水道水質基準を超えていたが、今回の試験条件は、前駆物質である臭化物イオンの濃度が通常の水道原水の数倍～十倍程度と非常に高いことによるものと考えられる。

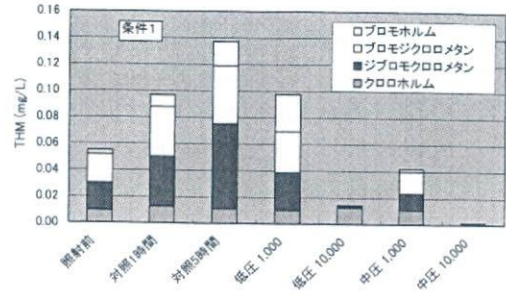


図18 UV照射によるTHMの挙動

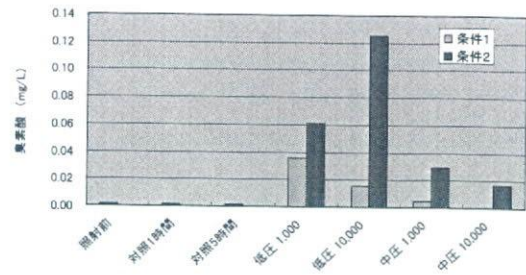


図19 UV照射による臭素酸の生成

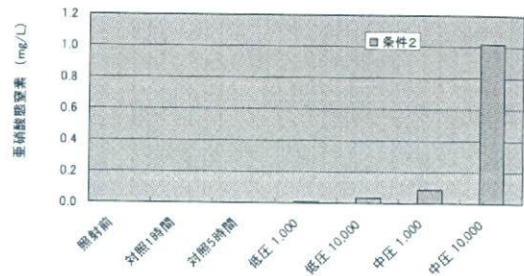


図20 UV照射による亜硝酸態窒素の生成

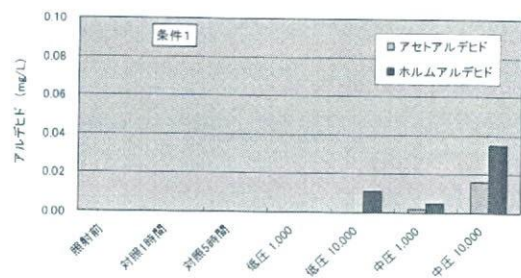


図21 UV照射によるアルデヒドの生成

3.4 紫外線処理による返送水・排水へのクリプトスポリジウム等対策に関する研究

標準カオリン及びベントナイトを最大100mg/L添加し、MS2ファージの紫外線による不活化実験を行った。照射は、水深1.5cm、内径4.2cmのペトリ皿に攪拌子を入れ、空気が入らないように石英ガラス板で

封をした完全混合条件で行った。光源としては低圧紫外線ランプを用いた。試料表面の紫外線照度は約0.3mW/cm²であった。その結果、濁質の添加濃度増大に応じて254nm吸光度及び濁度が増大した。すなわち、濁質添加により、透過光の微生物への到達量が減少したことになる。そこで、透過光紫外線量当たりのMS2ファージのlog不活化をそれぞれの濁質投入条件の実験結果から算出したところ、用いたモデル濁質においてはほぼ一定であった。

3.5 紫外線処理による塩素代替消毒法及びマルチバリア消毒法に関する研究

UV照射による塩素副生成物への影響に関しては、RED値を基準として、中圧ランプと低圧ランプを比較した研究があり、炭素間二重結合及び臭素を含むものは中圧ランプにおける分解率が高いこと、いずれも数%域であること、副生成物としては塩化物イオンが主なものとして考えられることなどが調査結果として分かった。

実験結果に関しては、対象水として地下水、河川水、湖沼水、フミン質溶液を用いた結果、いずれの場合も紫外光照射によって蛍光強度には変化が見られなかった。また、水道水においては蛍光強度が増加する傾向が見られたが、その反応は一定ではなかった。続いて二酸化チタン光触媒粉末を共存させた場合、蛍光強度の変化が観察され、共存濃度が高くなれば、変化量も増えていた。また粒径5μmの二酸化チタン粉末を用いた場合、最も高い効果を示した。

(図22参照)

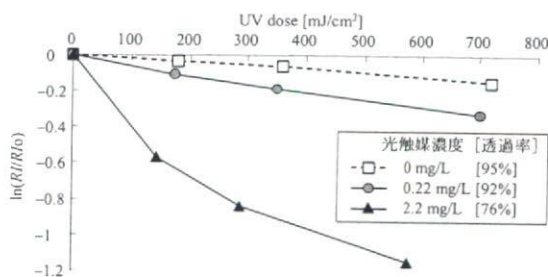


図22 UV照射によるフミン溶液の蛍光相対強度変化(光触媒(粒径5μm)共存下)

D. 考察

1. 水道事業者のニーズに合った浄水膜の性能・仕様等の検討

国内の膜処理導入済み事業者に対するアンケート調査結果及び浄水場でのヒアリング調査等から得られた課題を整理すると、以下のとおりである。

- ① 膜素材の長寿命化
- ② 膜処理に必要なエネルギーの低減
- ③ 現在製品化されている膜では除去できない溶解性成分の除去(臭気・色度等)
- ④ 膜選択の自由度の増加(互換性等)

以上の結果から、浄水用に用いる膜設備の課題は多様であるが、最重要課題は膜の性能向上であり、特に膜素材のファウリング特性の解明である。

したがって、ファウリングの原理、膜構造とファウリング特性の解明等の研究を進めることが重要となる。

2. 膜ろ過施設の維持管理の高度化等

本年度は研究の初年度に当たり、アンケート調査および国内外の文献調査により現状把握と維持管理上の課題の抽出を行った。

現状把握に関しては、膜損傷は通常に起こりうるものであることが明らかとなった。処理フローについては、地下水系では膜ろ過単独が多いが、表流水系では膜ろ過以外にも設備を付加する割合が多く、これらの処理についても維持管理が必要であると考えられる。また、薬品洗浄は水量規模が大きくなるにつれ、オンサイトオンラインで洗浄する割合が増加することから、薬液の漏洩には特に注意する必要があると考えられる。

維持管理上の課題に関しては、①膜損傷の確実な検知基準、②膜交換の判断の目安、③膜交換計画時期の予測方法、④膜交換後の運転方法、⑤寒冷地での凍結対策、⑥トラブルシューティングの作成、⑦原水濁度が運転可能上限値を超えたときの対応、を課題に挙げる事業者が多いことが明らかとなった。特に、①については、現状把握で確認したように膜損傷は通常に起こるものであるにもかかわらず、膜損傷検知は各事業体に個別に対応が任されていることから、間接法・直接法の適用方法、検出精度、実

施頻度等を決める際の手引きが必要であると考えられる。

3. 浄水プロセスへの紫外線処理の適用

本年度は、紫外線処理導入済み事業者へのアンケート調査及び現地調査結果や既存の知見を基に対処策を取りまとめ、地表水以外の水道原水に係る紫外線処理設備維持管理マニュアル（案）を作成した。

紫外線照射試験結果によると、対象水中の前駆物質濃度が今回の試験条件のように高い場合には、 $1,000\text{mJ}/\text{cm}^2$ 、 $10,000\text{mJ}/\text{cm}^2$ といったクリプトスポリジウム等対策で用いる照射量よりも非常に高い照射量で照射すると、臭素酸、亜硝酸態窒素、アルデヒドが生成され、トリハロメタンは分解されることが分かった。一般には、このような照射量とならないように設計されるが、例えば、頻繁な運転停止を避ける目的で、水を流さずにランプを点灯し続けるような運転をする場合には、紫外線が過照射とならないような配慮が必要であることが示唆され、条件を変えて試験を実施する必要がある。

返送水・排水への紫外線処理の適用に関しては、モデル濁質と同様の性質を持つ濁度成分の場合には、その濃度の増大とともに紫外線吸光度が増大し、透過光紫外線量を減少させることで消毒速度を小さくするが、それは紫外線吸光度からおおむね予測可能であることが分かった。実河川水における濁質成分が同様に働くのか、あるいは $3\log$ を越える不活化を行った場合に防護効果が生じるかどうかについては今後の課題である。

対象水への紫外線照射実験結果から分かったことは、水道水のような低レベルの有機物変化も蛍光強度で測定することができるということである。ただし、透過率95%を保持しつつ、蛍光強度の変化が大きく生じるような条件にするためには、より反応効率の高い光触媒粉末の模索が必要と考えられる。

【管路部門】

A. 研究目的

水道は社会基盤施設として重要な役割を果たしており、より安全・安心な水道水の供給が求められている。このような背景の中、老朽化に伴う更新が必要となる基幹水道施設への対策や、近年頻発する地震等への対策が急務といえる。具体的には、老朽化や地震被害による断水・漏水等の健康リスクを防止・軽減するための手法の確立が求められており、これらを実現するべく、基幹水道施設の機能診断手法の検討、地震による管路被害の予測等、健康リスク低減のための手法の確立を目的とし、研究活動に取り組んだ。

具体的な研究活動は以下に述べる研究テーマについて実施し、平成20年度～平成22年度の3か年計画で実施している。

1. 基幹水道施設の機能診断手法の検討

国内の基幹水道施設（取水・導水・浄水・送水・配水施設）は、高度成長期にその多くが整備され、以後40年余りが経過し現在に至っている。こうした中、多くの基幹水道施設において老朽化が顕在化し、更新を迫られている。一方、水道事業者の経営環境は、給水人口減少による料金収入の減少、少子化に伴う人的資源の減少等、厳しい状況が続いている。このような背景の中、老朽化した基幹水道施設の機能について効果的な診断を行い、シビルミニマムを満たしかつ効率的な更新構想を立案できる手法が求められている。

したがって、本研究では、多様な水道事業運営環境における水道施設の更新に関するニーズをヒアリングやケーススタディによって把握し、大規模から中小規模のすべての水道事業者において利用可能な水道施設の機能診断手法の検討を行うことにより、水道事業者の確実かつ効果的な更新構想立案を支援することを目的とする。

2. 地震による管路被害の予測等

兵庫県南部地震（阪神淡路大地震）における水道施設の甚大な被害を契機に、水道施設における地震対策の重要性が注目され

ることとなった。同地震以後も、新潟県中越地震、能登半島地震、新潟県中越沖地震等、各地で地震が頻発しており、その重要性はますます高まっている。水道施設の内、管路に対する地震被害に着目すると、継手の抜けや管体破損による断水、漏水が発生しており、阪神淡路大地震の管路被害実績をもとに、管路の地震被害予測手法が開発されてきた。

このような背景のもと、現状では以下に挙げるような課題が顕在化してきている。

- ・近年の地震被害は阪神淡路大地震における都市部の過密管路被害ではなく、中小規模都市、山間部の非過密地域における管路被害が多発している。
- ・前述の背景により、大規模水道事業体だけではなく、中小規模事業体においても地震による管路被害を予測し、適切な対策を講じることが求められている。
- ・従来の地震による管路被害予測手法は、管種別にその被害率が算出されるものであるが、近年の地震被害実績の解析により、管種だけではなく、継手構造にも大きく影響されることが明らかになっており、これらへの対応が求められている。

本研究では、上述の課題を解決するべく、水道事業体から被害予測手法のニーズをアンケート等により収集し、その対応策を検討するとともに、近年の地震（新潟県中越・能登半島・新潟県中越沖地震）による管路被害を解析し、水道事業体的確な地震対策を実施可能とする新たな被害予測手法を開発することを目的とする。

B. 研究方法

研究代表者、研究分担者のもと、学識者、水道事業体、民間企業の技術者等で構成される研究協力者により管路研究班を設置し、そのもとに研究課題に応じて、2つのワーキンググループ（機能診断ワーキンググループ、地震ワーキンググループ）を設け、2つのテーマについて研究を進めた。

以下、2つのテーマごとに具体的な研究方法を示す。

1. 基幹水道施設の機能診断手法の検討

1.1 管路の機能診断マニュアル原案の作成

浄水施設等と同様に管路についても機能改善が必要とされるが、前述の「水道施設機能診断の手引き」においては管路の診断手法が確立されていない。したがって、浄水施設等の機能診断マニュアル（原案）の作成に並行して、管路版の機能診断手法の開発を試み、水道施設の総合的な機能診断手法の構築を図った。具体的には、既に管路更新計画を策定済みの水道事業体（神戸市、岡山市、長崎市、豊中市）から成る研究協力者の意見及び提供事例を参考にするとともに、中小事業体における管路管理情報量と管理方法等の調査を基にして、浄水施設等と同様の手法による管路の機能診断手法の開発と管路の機能診断マニュアル原案の作成を試みた。

また、同マニュアルの妥当性を確認するべく、多様な管種・布設環境下にある宇部市、長崎市、佐世保市において平成21年度にかけてケーススタディを実施することとしている。

○宇部市

西が丘配水ブロック（広瀬浄水場系統）、マッピングシステムによる配管図管理

○長崎市

道ノ尾水系、CAD図による配管図管理

○佐世保市

北部水系（山の田・大野）、CAD図による配管図管理

1.2 浄水施設等の機能診断マニュアル原案の作成

基幹水道施設の機能診断手法は、厚生労働省からの委託研究において水道技術研究センターにより開発され、平成17年に「水道施設機能診断の手引き」としてとりまとめられている。同手引きは管路を除く水道施設全般に対して運営管理面及び維持管理面の観点から機能診断評価を可能とするツールであるが、主として大規模水道事業体向けのものという性格を有している。こうしたことから、この手引きを基に、中小規模水道事業体においても使いやすいツールへの改良を図って浄水施設等の機能診断マニュアル（原案）を作成した。

具体的には、宇部市の基幹水道施設として広瀬浄水場系統の取水・導水・浄水・送水・配水施設を対象としたケーススタディを実施し、同手引きの課題点の抽出及びその改

善を行った。

- ・宇部市におけるケーススタディの実施対象

取水施設：取水堰・沈砂池・原水ポンプ井
導水施設：原水ポンプ

浄水施設：着水井・沈澱池・急速ろ過池・
薬注設備・浄水池・粉末活性炭
吸着設備 等

送水施設：送水ポンプ

配水施設：配水池

2. 地震による管路被害の予測等

2.1 被害予測手法の課題に関するアンケート調査

すべての水道事業者が利用し易い管路の地震被害予測式の構築及びマッピングシステムへの拡張性を検証するため、現在、実際に管路の被害予測を実施している水道事業者と未実施の水道事業者に対して、それぞれ被害予測手法の課題に関するアンケート調査を行った。

被害予測を実施している事業者へのアンケートは、現在利用している既存予測式や使用環境及びデータの保有管理状況に関する実態調査を行い、未実施の事業者については、被害予測実施の阻害要因や必要性の有無等を調査し、問題点や改善事例等について抽出・分析することにより、使い易い被害予測式の構築を目指している。

また、被害予測を実施している事業者へのアンケートの対象事業者は、センターにより被害予測を実施していることが確認された37事業者を対象とした。被害予測を実施していない事業者に対するアンケートは、センター会員264事業者を対象とした。

2.2 想定地震動の評価

管路の被害予測式を構築するに当たり、想定地震動強さを決定する必要がある。地方自治体の地震防災計画において想定地震動が既に策定されている場合はそれを用いるケースが考えられる。また、水道事業者で独自に設定する場合は、簡易で精度のよい手法を提供する必要がある。そこで、全国の自治体の地震防災計画で採用されている想定地震動の策定方法を調査・分析した。

2.3 管路被害データベースの構築

管路の被害予測式を構築するに当たっては、想定地震動強さとともに、管路被害状

況についても整理しておく必要がある。そこで、平成16年新潟県中越地震、平成19年能登半島地震、新潟県中越地震の水道管路被害データを収集するとともに、地震動強さ、地盤条件に関する資料も収集し、GISデータベースの構築を行った。表4に対象とした地震とその被害状況をまとめる。すなわち、管路被害についてはGIS上の管路図に被害地点をプロットするとともに、管路属性である管種、口径、布設年度、継手種類などを入力するとともに、メッシュごとの地震動強さ、各種地盤条件を入力し、データベースを構築した。

表4 対象地震と水道の被害状況

地震名	発生日	最大震度	断水戸数(戸)
新潟県中越地震	H16.10.23	7	約130,000
能登半島地震	H19.3.25	6強	約13,000
新潟県中越沖地震	H19.7.16	6強	約59,000

C. 研究結果

1. 基幹水道施設の機能診断手法の検討

1.1 管路の機能診断マニュアル原案の作成

中小規模都市でも利用可能な機能診断マニュアルを作成するため、管路更新計画策定事業者の意見及び管路の管理情報量と管理方法等の調査を基に、診断手法の作成方針や要求事項を明らかにした上で、「管路別機能評価」と「評価結果判定」の記入様式案を作成した。

(1) 管路別機能評価の様式案

管路別機能評価については、機能分類を「耐漏水性」「水質安全性」「水量・水圧」「耐震性」「維持管理性」の5種類として設定し、それぞれについて「良い」「普通」「悪い」の回答を選択する方法によって簡便に回答可能な設問を4~5問作成した。また、設問は回答必須項目とそれ以外の項目としてそれぞれ作成し、管路の管理レベルが低い水道事業者においても評価可能な工夫を施した。

(2) 評価結果判定の様式案

前述の管路別機能評価の結果に加えて、評価区間の断水・漏水事故による影響度や重要度について反映させた上で、「改善必

要度」を算出し、機能改善の優先順位づけを行う手法を開発した。

管路別機能評価の結果については、機能分類の中で特に重要視する項目をユーザー（水道事業者等）に選択させ、その項目について改善必要度算出時において重み付けができる仕組みとした。

断水・漏水事故による影響度については、事故リスクを「管種別の老朽度ランク」から求め、影響度合は水量（管路口径）から算出できる仕組みとした。また、重要度については、病院・避難所等の重要施設への接続数と事故後の浸水被害の影響度合から算出できる仕組みとした。

なお、「管種別の老朽度ランク」は、平成17～19年度の厚生労働科学研究費補助金による研究「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（水道技術研究センター）」の成果の一部である。

(3) ケーススタディから判明した課題

管路の機能診断マニュアル原案の妥当性を評価するため、平成21年度にかけて宇部市、長崎市、佐世保市においてケーススタディを実施し、以下の課題を抽出したところであり、今後の研究において改善を図ることとしている。

○ 管路別機能評価の様式案

- ・設問の一部において、回答困難な場合がある。
- ・耐震性の設問において、耐震管であっても評価区間の地盤条件などの環境次第で耐震性が不良となる場合がある。
- ・「水質安全性」や「水量・水圧」の機能分類において、「0点」の評価と「50点」の評価の場合において、評価結果に差が出ないことがある。

○ 評価結果判定の様式案

- ・石綿セメント管の評価区間より、普通鋳鉄管の評価区間の方が改善必要度の高くなる場合がある。
- ・同種管路、類似口径の評価区間では、改善必要度に差が現われない場合がある。
- ・事業者が独自で抱える課題（鉛製給水管が多く接続されている配水管の評価区分、事業者が重要視する布設範囲における評価区分等）が「改善必要度」に反映できない。
- ・改善必要度の算出結果から、管路更新計

画へのつながりが明らかになっていない。

1.2 浄水施設等の機能診断マニュアル原案の作成

既存の「水道施設機能診断の手引き」を用いたケーススタディを実施し、これによって見出された課題を解決するため、用語の定義、使用上の留意事項、使用方法の解説及び実施事例の追加等の充実化を図って改善・改良し、中小都市水道事業者においても使いやすいものとして浄水施設等機能診断マニュアル（原案）を作成した。その主な構成は以下のとおりである。

1. 総説

1.1 総論

1.1.1 基本的な考え方

1.1.2 水道施設の機能とは

1.1.3 水道施設に要求される機能

1.1.4 機能の低下

1.1.5 機能評価と機能診断

1.1.6 機能評価及び機能診断の手法

1.1.7 機能診断において考慮すべき事項

1.1.8 機能診断に基づく計画的な機能改善

1.1.9 既存情報の活用整理

2. 機能診断・改善構想策定の基本事項

2.1 実施手順

2.2 実施方法

3. 機能評価

3.1 施設全体機能評価

3.1.1 取水施設の施設全体機能評価

3.1.2 導水施設の施設全体機能評価

3.1.3 浄水施設の施設全体機能評価

3.1.4 送水施設の施設全体機能評価

3.1.5 配水施設の施設全体機能評価

3.1.6 簡易耐震性評価

3.1.7 施設全体機能評価におけるデータシート、様式-1等の記載例

3.2 設備別機能評価

3.2.1 設備別機能評価の手順と実施方法

3.2.2 設備別機能評価における様式-2の記載例

3.3 詳細な機能評価の必要性の検討

3.4 評価結果の表示と考察方法

4. 機能診断

4.1 機能基本事項と実施手順

4.1.1 機能診断の基本事項

4.1.2 機能診断の実施手順

4.2 機能診断（様式-3）の記載例

5. 改善構想策定

5.1 機能改善目標の設定

5.2 機能改善手法の選定

5.3 改善構想策定（様式-4 及び様式-5）の記載例

なお、主要改良箇所は、2 部構成から 1 部構成への変更、「3.1.6 簡易耐震性評価」における解説の充実、及び「3.1.7 施設全体機能評価におけるデータシート、様式-1 等の記載例」の追加記載などである。

2. 地震による管路被害の予測等

2.1 被害予測手法の課題に関するアンケート調査

(1) 被害予測実施済み事業体向けアンケート

アンケート調査 37 事業体の内、34 事業体から回答を得た。

回答結果を整理し、以下に示す項目で現在の状況や問題点を抽出した。その内容の主な特徴を示す。

- 1) 被害予測の対象管路を任意に設定している場合、ほとんどが管径によって対象管路を設定している。
- 2) 配水支管等、応急復旧等で十分対応が可能である管については、被害予測を行っていない事業体が多い。
- 3) 被害予測式の繁雑さから地盤情報等の補正を考慮しないで被害予測を実施している事業体も確認された。
- 4) 被害予測式を構築するに当たり改善してほしい要望が多くあった項目は以下のとおりである。
 - ①各管種の継手の取り扱い（DIP、鋼管、塩ビ管の継手別の扱い）
 - ②地盤区分の扱い
 - ③液状化区分の扱い
- 5) 現在、各事業体が使用している被害予測式の改善対策例としては、管種や管径及び地形や地盤に関する補正係数と液状化について別途、係数を設定し対応付けを行い、被害予測式に適用できるように独自にカテゴリ化するという意見があった。
- 6) 被害予測評価のメッシュサイズは「250 mメッシュ」「500mメッシュ」が多く使用されている。これは、地形・地盤、液状化に関する情報を県や市町村の防災計画

から入手しており、そのメッシュサイズに合わせているためである。

7) 被害予測の利用形態としては、管路更新計画や内部資料、議会説明用として主に活用している。

8) ほぼすべての事業体において、被害予測結果はマッピングシステムとは別のシステムを構築している。

(2) 被害予測未実施事業体向けアンケート アンケート調査対象である、センター会員 264 事業体の内、171 事業体から回答を得た。

回答結果を整理し、以下に示す項目で現在の状況や問題点を抽出した。その内容の主な特徴を示す。

- 1) 管路属性の管理については、事業体規模を問わず、多くの事業体において、管種・口径・継手・布設年について管理されていることが確認された。また、管種別継手の管理状況については、DIP の継手については約 85% の割合で管理されている。
- 2) 管路の耐震化計画等を実施している事業体は全体の 2 割弱であるが、約 8 割の事業体で策定予定中や将来的に実施したいという要望が確認された。
- 3) 被害予測を実施していない場合の更新の優先順位は、「管種」「経過年数」「事故歴」「重要管路」を基準に決めている。
- 4) 被害予測の実施範囲については、「基幹管路となる導送配水本管レベル」「配水支管レベル」まで必要との意見が多くあった。

2.2 想定地震動の評価

想定地震断層が与えられた場合の各地点における想定地震動強さの評価手法は、既に多くの研究者によって提案されているが、自治体の地震防災計画に用いられている手法について整理、分析した。表 5 にその整理結果をまとめる。この結果、以下のことが明らかとなった。

- ・ 工学的基盤面における地震動強さをまず求め、そこから地表面までの増幅特性を考慮して地表面における地震動強さを求める手法を用いている場合がほとんどである。
- ・ それぞれ、詳細法と簡易法の 2 とおりがあるが、近年、計算に必要なパラメータが多くなく簡易に求められる手法が多く用いられている。