

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

小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究
(20LA1005)

令和4年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 浅見 真理

令和5年(2023)年3月

研究報告書 目次

I. 総括研究報告

小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究	-----	1
浅見 真理・伊藤 禎彦・増田 貴則・牛島 健・小熊 久美子・中西 智宏		

II. 分担研究報告

1. 小規模水道・水供給システムの維持管理に関する経営シミュレーション3	-----	31
浅見 真理・伊藤 禎彦・木村 昌弘		
2. 持続可能な小規模水供給の課題と対策に関する研究	-----	47
浅見 真理・金田 修司		
3. 小規模水供給施設の実態と現実的な水質管理	-----	57
伊藤 禎彦		
4. 小規模水供給施設における衛生問題と微生物的安全確保法	-----	76
伊藤 禎彦・中西 智宏・曾 潔		
5. 管路の維持管理方法に関する検討	-----	89
伊藤 禎彦・中西 智宏・福岡 早紀		
6. 小規模水供給システム向け浄水処理装置の試行と維持管理モデル	-----	96
浅見 真理		
7. 小型紫外線消毒装置の基礎的知見の収集と実際への適用に関する研究	-----	108
小熊 久美子		
8. 小規模集落が管理する水供給システムに関する住民の金銭的負担と 給水規模別維持管理状況の実態, および, 外部団体からの支援の可能性	-----	118
増田 貴則・堤 晴彩		
9. 地域のプレイヤーが自律的に管理する小規模水供給システムのケーススタディ および実践的取り組みを通じた支援体制の検討	-----	146
牛島 健・長谷川 祥樹		

III. 研究成果の刊行に関する一覧表

-----	159
-------	-----

小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究

研究代表者 浅見 真理 国立保健医療科学院生活環境研究部 上席主任研究官
研究分担者 伊藤 禎彦 京都大学大学院工学研究科 教授
増田 貴則 国立保健医療科学院 統括研究官
牛島 健 北海道立総合研究機構北方建築総合研究所 研究主幹
小熊 久美子 東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 准教授
中西 智宏 京都大学大学院工学研究科 助教

研究要旨：

高齢化及び人口減少等により、上水道や簡易水道では水道事業の維持が大きな課題の一つであるが、給水人口が減少しつつある簡易水道や給水人口が100人以下の飲料水供給施設等の小規模水供給システムにあっては、影響が特に大きく、飲料水を含む生活用水を供給する水道の施設・財政・維持管理・衛生確保の様々な面で多くの問題を抱え、水道の維持が困難となりつつある。このような水供給維持困難地域を含む地域においても、衛生的な水を持続的に供給可能とするための具体的な方策を提案すべく、様々な分野において検討を行った。

簡易水道におけるデータを基に、人口が減少しつつある簡易水道や小規模な水供給の今後のあり方を検討するため、将来シミュレーションモデルの構築を行った。また、全国の簡易水道のデータから費用削減策の効果を検討するとともに、モデル地区での今後の整備のあり方を検討した。

将来も通常給水を行う場合は、見直しにおける管路延長減の効果が大きく、運搬給水を行う場合では使用水量減の効果が大きいことが明らかとなった。小規模な水供給については使用水量や管路延長の削減、運搬給水等の導入に加え、地域の活性化による人口確保等多様で多角的な対応が必要であるが、今回の手法を用いたモデル地区での検討では、3地区を施設統合し運搬給水を導入することが費用負担的には有利となった。

小規模な水道においては、家庭により近い地点で浄水水質を確保する分散型の水道システムが、管路整備の負担軽減、水源における浄水施設管理の簡略化等に有効であると考えられた。

高知県が推進した「高知県版生活用水モデル開発事業」は、社会ニーズにマッチした新技術を創出することに成功しており、県が果たした役割はきわめて大きい。特に、2槽式緩速ろ過装置は、各地の小規模集落のニーズに対応できる新技術であることから、国内で広く普及していくのが望ましい。水質検査の負担が大きい場合が有り、公的補助や助言のしくみが必要と考えられた。

限定的な情報の下であるが、微生物的な安全性を確保するためのアプローチ方法を提示した。

病原細菌種の一斉検出における同定の正確性を高めるために、分析手法の改良を行った。小規模水供給施設の原水に適用した結果、13属24種の病原細菌の検出に成功し、土壌・水環境中の常在菌が主な病原細菌である可能性を示した。得られた知見をリスク評価に活用することで、微生物的な安全性を確保するために必要な浄水処理レベルを精緻に評価できることを示した。

管内の堆積物の分析から、地域特有の管路維持管理作業が配水管内環境の制御に寄与できることを示した。

小型浄水処理について、濁度除去に関する実験及び実地に設置した試行を実施した。実験室内ではろ層が安定した後は、濁度、微粒子残存率は安定し、濁度ではほぼ90%、3 μ m以上の粒子で95%以上の安定した除去率が得られた。一方で1~3 μ mの粒子については30%程度の除去率しか得られなかつ

た。実地の実証実験では原水濁度の上昇（～50度）により、処理水の濁度上昇が確認された。また、ろ過機に気泡が入ることで捕捉した濁質が流出する可能性が示唆された。紫外線照射によりろ過水の大腸菌を不活化できていることが確認されたが、ろ材支持部材に堆積物が確認された。静岡市の簡易水道、飲料水供給施設及びその水源の調査を行った。関係者らの尽力により、水源取水装置、処理装置の改善が行われ、濁度が低く、安全性が高い水が安定的に供給されるようになった。研究が生かされ、UV-LED装置が実際に導入された事例などで維持管理体制の検討を行うことができた。

山間の集落規模の飲料水供給施設を対象に実証試験を実施した。大腸菌の検出があったが、UV-LED装置による処理水では、調査したすべての微生物項目（大腸菌、一般細菌、従属栄養細菌）で濃度が低下し、水道水質基準の定める大腸菌数、一般細菌数および水質管理目標として示された従属栄養細菌数の暫定目標値の全てを、大腸菌陽性となった1回を除いて2年間の試験期間を通じて継続的に満たした。本研究により、小規模施設で利用可能な消毒技術としてUV-LED装置の有効性と長期的な安定性が示された。

集落外の団体との維持管理作業における連携・協力状況、および、集落役員が点検や清掃などの管理作業に感じている負担感や作業負担の重い項目、外部団体からの支援についての集落側の意向、支援を利用する場合の価格帯について調査を行った。水供給システムに関する住民の金銭的負担として施設を敷設する際の財源や水道料金体系について整理・分析するとともに、集落規模別の維持管理状況の実態を分析した。

水供給システム敷設時は、集落や個人負担と回答した集落が最も多く、半数を超える集落が水道料金を定額制と回答し、メーター制を含む集落では定額制より高い料金負担であった。これらのことよりいずれの料金制においても住民自らが管理している小規模水供給システムの場合、同規模の簡易水道事業と比較すると安価な料金負担となっているケースが多いことがわかった。

また、少数ではあるが地方自治体の中には積極的な支援を行っているケースやNPO団体を活用しているケースがあることがわかった。国が最近創設した特定地域づくり事業協同組合制度は、人口急減地域の小規模水道の維持管理作業を支援する枠組みとなる可能性がある。

民間組織や水道事業体等と連携・協働した小規模水供給システム維持管理手法についてケーススタディの蓄積を行うとともに、地域と需要者に根ざした自律的で持続性の高い水道の一つのモデルを提示し、実践を通じてその有効性を検討した。今回確認された「中間的」な地域自律管理型を含む広義の地域自律管理型モデルは、今後水道運営の再編が必要となる地域に対し、それぞれの状況に合わせた多様な選択肢を提供することにつながると思われる。

「自律的な水供給システム」のモデルとしては、北海道富良野市をフィールドとした6年間の試行錯誤の結果、水道利用組合等による地域自律管理を前提とした。地元高校生による運営支援体制として「富良野モデル」を構築し、必要なコスト、人口、普及の方策について整理することができた。さらに、令和4年度には、実際に北海道日高町にある富川高校の「総合的な探求の時間」の授業として富良野モデルを適用し、富良野市同様の成果を地域に提供できることを確認した。

これらの知見から、小規模水供給の地域では、地域の状況に合わせ、広域化、施設統合、維持管理の容易な装置の導入、分散型装置設置、運搬給水等を検討するとともに、住民や各種団体等と連携した維持管理、貸借や維持管理と組み合わせた民間との協力等を検討し、取り組むことが必要と考えられた。県や近隣の自治体等との情報共有、連携の必要性も多く指摘されており、今後とも多様な事例の共有、連携が重要と考えられた。

A. 研究目的

高齢化及び人口減少等により、給水人口が数万人以下の比較的小規模な上水道、計画給水人口5,000人以下の簡易水道及び同100人以下の飲料水供給施設等（以下、小規模水供給システム）を維持することが困難となりつつある。そのような水供給維持困難地域を含む地域において衛生的な水を持続的に供給可能とするための具体的検討を実施すべく、その技術上及び支援体制等を含めた維持管理体制強化方策等について統合的方法を提案する。

具体的には、小規模水供給システムを対象に、

- 1) 水源や人口、地理状況等を踏まえた小規模水供給システムの維持管理手法に関する検討
- 2) 取水・送水・給水における取水方法、管路の維持管理方法に関する検討
- 3) 簡便なる過設備及びその維持管理方法に関する検討
- 4) 小型紫外線消毒装置の国内小規模水供給システムへの適用
- 5) 効率的な水質管理・水質検査のあり方に関する研究
- 6) 住民・民間等との連携による水供給システムの維持管理手法に関する検討
- 7) 小規模水供給システムの持続的な管理・支援体制に関する検討
- 8) 効果的な情報収集・共有のあり方に関する検討を実施し、施設・技術（ハード）を維持管理・支援（ソフト）の仕組みで支える水供給システムを強化する維持管理体制強化方策等の統合的方法を提案する。

B. 研究方法

1. 小規模水道・水供給システムの維持管理に関する経営シミュレーション③

これまで特に経営環境が厳しい人口5千人未満の過疎町村にある簡易水道事業を選定し、施設統合や運搬給水など様々なシステムや多様な給水形態を導入した場合について、簡易な経営シミュレーション等を行い、給水システムについて施設統合や自立分散型、運搬給水や非飲用水給水の導入などの優位性を評価し、今後これらの地区で導入すべき最適なシステムについて検討してきた。

今年度は、こうした評価手法を一部の簡易水道や小規模水供給システムの今後の最適なシステムや給水形態についての検討に利用できるように、金利や人件費などの維持管理費を含むより現実に即した詳細なシミュレーション手法を構築し、実績値との比較によりその妥当性を検討した。

また、この手法を用いて地方公営企業法非適用

の簡易水道事業や水道法の適用を受けない飲料水供給施設等の小規模な水供給における今後の費用削減策とその効果について検討した。更に、これをモデル地区にも適用し、施設更新や維持管理の今後の課題を抽出し、これらを踏まえて、小規模な水供給の今後のあり方を検討した。

2. 持続可能な小規模水供給の課題と対策に関する研究

小規模水供給の課題の把握するため、飲料水供給施設のデータが多く入手可能な秋田県を例に、小規模な水道における今後の給水人口の見通しについて検討を行った。人口予測は以下の資料に基づき実施した。

- 1) 秋田県水道現況調査
- 2) 国土数値情報（国交省）
 - ・ 上水道関連施設データ；上水道及び簡易水道の給水区域と浄水場の位置情報
 - ・ 500m メッシュ別将来推計人口（H30 国政局推計）
- 3) 人口等予測（社人研）
 - ・ 日本の地域別将来推計人口（平成30（2018）年推計）
 - ・ 日本の世帯数の将来推計（都道府県別推計）（2019年推計）

また、既存研究成果等から小規模な水道事業における課題を把握するとともに、令和3年度厚生労働科学研究「小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究（20LA0501）」で実施したアンケート調査結果を基に、課題とその背景の関係を分析することとした。

これらの分析から得られた課題に対する対応策について、検討を行った。

3. 小規模水供給施設の実態と現実的な水質管理

3.1 高知県に対するヒアリング実施と訪問調査

高知県中山間振興・交通部鳥獣対策課に対して、主として「高知県版生活用水モデル開発事業」に関するヒアリングを行った。また、高知県吾川郡いの町、長岡郡大豊町、長岡郡本山町を訪問し、いの町吾北（ごほく）総合支所建設課、大豊町住民生活課、本山町政策企画課に対してヒアリングや関連施設への視察を行った。（訪問日：2022年5月16日～5月18日）また、「高知県版生活用水モデル開発事業」のもとで簡易緩速ろ過装置および表流水取水柵を新規に開発した企業にも現地立会や訪問に関して協力を得られた。さらに、各水供給施設においては、利用者からも直接ヒアリングすることができた。

3.2 福島県県南保健所と西郷村に対するヒアリング実施と訪問調査

県南保健所（県南保健福祉事務所）生活衛生部に対して、福島県水道の概要、小規模水供給シス

テムの実状、保健所の役割等についてのヒアリングを行った。また、西白河郡西郷(にしごう)村上下水道課に対しては、西郷村における上水道事業の状況や未普及地域等に対する施策についてヒアリングを行った。さらに、地元管理されている由井ヶ原水路会、報徳水路会への訪問調査を行い(訪問日:2022年8月10日)、管理者や利用者から直接ヒアリングすることができた。

3.3 島根県雲南(うんなん)市および飯南(いいなん)町に対するヒアリング実施と訪問調査

島根県雲南市に対して、市によって管理されている上水道事業についてのヒアリングと訪問調査を行った。

4. 小規模水供給施設における衛生問題と微生物的安全確保法

4.1 滋賀県長浜市寺院への訪問調査

滋賀県長浜市内の大吉寺(だいきちじ)(長浜市野瀬町)の水供給施設への訪問調査を行い、以前膜ろ過施設を設置していた企業の立会いのもと、住職からヒアリングを行った。また、企業側からも、これまでの経緯等についてのヒアリングを行った。加えて、原水(溪流)、および寺院への供給水を採水し水質測定を行った。

4.2 京都帝釋天水供給施設の調査

京都帝釋天(京都府南丹市)の寺務所である福寿寺の住職から、水利用状況および南丹市との関わりの有無についてのヒアリングを行った。

4.3 京都市内における原水調査

京都市西京区にあるトロッコ保津峡駅(嵯峨野観光鉄道株式会社)の駅舎と売店に水供給している施設を調査対象とした原水調査を行った。採水場所は保津川を挟んで、北側の施設(売店へ水供給)と南側の施設(駅舎へ水供給)の2か所で、定期的に採水し、水質測定を行った。

4.4 病原細菌群の網羅的検出

トロッコ保津峡駅の北側施設で採取した水試料に対して、病原細菌の網羅的検出を行った。なお、今年度は次世代シーケンサーの解読エラーを補正するため、Karstらが開発したUnique Molecular Identifier(UMI)法を導入した。また、同様の操作を既知の細菌が混合された標準試料にも適用し、エラー補正の妥当性を別途検証した。

環境水から得られたコンセンサス配列をrrnオペロン配列のデータベースMIRORに対してBLAST検索し、各クエリ配列について、トップヒットのビットスコアの95%値を上回るスコアを持つ全ヒットを用いて最小共通祖先を推定した。これを1409種からなる病原種リストと照合し、病原種を含む属として推定された配列を抽出した。さらに16S rRNA配列データベースSILVAの基準株/培養株のエントリーに対してBLAST検索

し、病原種の参照配列に対して99%以上の配列類似性を示すトップヒットの分類群を割り振った。

5. 管路の維持管理方法に関する検討

5.1 中部地方Y市k浄水場配水区域

以前は簡易水道であったが、現在は上水道として統合されている配水区域における管路の維持管理作業についてヒアリングを行った。ここでは、「排泥作業」と称する放水作業が行われており、「排泥作業」は毎年実施されているものの、その洗管効果は明らかではない。そこで、「排泥作業」を強化し、管内流速を0.4m/sec程度以上に確保して、管内に蓄積した懸濁物質等を積極的に排出するというシナリオを設定することとした。

5.2 東北地方A市n浄水場・t浄水場配水区域

両浄水場は、ともにクリプトスポリジウム等対策を理由の一つとして膜ろ過(UF)設備が導入されており、この配水地域における管路の維持管理作業についてヒアリングを行った。n浄水場配水区域の末端には「排流装置」が設置され、稼働している。この「排流装置」によって水道水を常時放水している目的は、配水区域内の残留塩素とpHの管理を容易にすることにある。本配水区域における以上の特徴をふまえて、制御性の検討における設定予定条件を示し、検討を行った。すなわち、この区域では、膜ろ過の導入と排流装置が特徴的であることから、それぞれの導入効果を定量的に評価するためのケース設定とした

6. 小規模水供給システム向け浄水処理装置の試行と維持管理モデル

小規模水供給システム向けに維持管理の簡便な装置による除去性の実験と、南日本のある離島の2地区において、実際の設置に関する検討を行うこととした

6.1 実験プラントにおける実験及び現場実証試験

(1) 国立保健医療科学院浄水処理実験プラントにおける上向きろ過による実験

維持管理の簡便な浄水処理のため、上向きろ過装置(三菱ケミカルアクア・ソリューションズ社製)を依頼作成し、処理実験を行った。浄水処理実験プラント内に設置した同機について、2021~23年に断続的に通水試験を実施した。原水は浄水処理実験プラント内の水道水に、白とう土(カオリン)及び粉末活性炭を50:50で添加し、濁度約1度に調整、流速0.5L/minで通水した。

(2) 実地試験B

(1)と同型の装置を用い、南日本のある島の個別に井戸を利用しているB地区で、実地の試行を行った。実地試験において、支持体はステンレス網とベルイーター(PVA樹脂系スポンジ)を用いた。また、消毒性能の確認のため、後段にUVLED

装置を設置した。

当該の水源は、井戸下部に砂等が堆積しており、雨後に濁度が上昇する。水源は、ゴムシートのみでの養生であり、雨水、表流水、小動物混入の恐れがある。揚水管が複数設置されているが、実際に利用しているのは2世帯であった。

(3) 実地試験 E

同様の装置を用い、同じ島の個別に井戸を利用している E 地区で、実地の試行を行った。水源は一般道から 150m 程度離れた草地にあり、特段の管理の形跡がなかった。貯水槽内は晴天時でも目視で確認できる程度濁っており、蓋の劣化により落ち葉等が貯水槽内部に混入していた。

6.2 実地調査

小規模水供給の持続的な維持管理に関する取り組みを続ける地域について、実地の調査を行った。

7. 小型紫外線消毒装置の基礎的知見の収集と実際への適用に関する研究

7.1 実証試験の概要

実証試験の場として、国内の飲料水供給施設を選定した。当該施設は、昭和 25 年から民営簡易水道事業（水道組合）として住民主体で運営してきたが、人口減少を踏まえ簡易水道から飲料水供給施設に 2020 年に認可変更を受けた施設である（給水人口 18 戸 44 名；2022 年現地ヒアリング時点）。原水は山間の沢水（湧水が地表を流下したものをせき止めたものであり、例年冬の渇水期には原水流量が著しく低下する傾向がある。

実証試験では、実際に住民に供給される浄水プロセスの原水を分岐し、実験装置に導水するフローとした。UV-LED 装置の単独での性能評価に特化するため、また、一般に小規模施設ではできるだけシンプルなプロセスが望ましいため、実証試験ではろ過等の前処理をせずに原水を直接 UV-LED 装置に導水するフローとした。

試験は 2020 年 8 月から開始し、2022 年 7 月までの 2 年間、概ね毎月 2 回（隔週）の頻度で採水した。試料は UV-LED 装置前（原水）、UV-LED 点灯で装置を通過した水（処理水）、UV-LED 消灯で装置を通過した水（対照試料）の 3 つの試料を採水し、微生物測定項目並びに物理化学的水質項目の分析を行った。ただし、2021 年 1 月から 5 月および 2022 年 2 月から 6 月まで、渇水に伴う原水流量の低下を受けて試験を中断した。試験中断の間に装置内に生物膜が発生することを懸念し、中断の間も UV-LED 装置は点灯状態を維持した。

7.2 装置の概要

集落規模で利用可能な UV-LED 装置の候補として、発光ピーク波長 280nm の表面実装型 UV-LED を搭載した流水殺菌装置（DWM1、日機装技研）を

選定した。試験地の原水流量の制約から、30L/min を設定流量として実証試験を実施した。

7.3 試験実施方法

(1) 2020 年 8 月末より実験を開始した。水消毒装置を定格電流 350mA（LED パッケージあたり）で点灯し、以降、消灯条件での採水時を除いて点灯状態を維持した。

(2) 装置の処理流量は 30L/min で一定とした。ただし、原水量の低下や落ち葉等による閉塞が原因と推定される流量低下の傾向がみられたため、採水の都度 30L/min に調整し、流量の安定を確認してから採水した。

(3) UV-LED 装置前（原水）、UV-LED 点灯で装置を通過した水（処理水）、UV-LED 消灯で装置を通過した水（対照試料）の 3 つの試料を採水し、東京大学へ冷蔵輸送の後、採水後 24 時間以内に細菌数を培養法で測定した。検水量は、大腸菌と大腸菌群は 100mL、一般細菌は 50mL、従属栄養細菌は 1mL とした。

7.4 物理化学的水質項目

以下の項目を採水時または実験室で測定した。

濁度、色度、硬度、鉄、マンガン、水温、pH、電気伝導率、流量、紫外域吸光スペクトル（220-400nm）

8. 小規模集落が管理する水供給システムに関する住民の金銭的負担と給水規模別維持管理状況の実態、および、外部団体からの支援の可能性

西日本（岐阜県、京都府、奈良県、和歌山県、鳥取県、島根県、岡山県、山口県、徳島県、高知県、佐賀県、大分県）について、行政が WEB 開示している情報をもとに飲料水供給施設等の水供給システムを管理し使用している集落を特定し、水供給システムの維持管理や断水等トラブル発生の現状を把握するとともに、実際に管理している集落役員が水供給システムに対して感じている不満や、点検・清掃などに対して感じている負担感、行政や他集落との連携状況について実態を把握するための質問紙調査を行った。

質問紙は 2019 年 2 月～3 月および 2019 年 11 月～2020 年 3 月に郵便にて送付し、集落の飲料水供給施設等を管理している組合や役員の代表者に回答をお願いした。合計 564 の集落に発送し、253 の集落より回答を得た。白紙回答や戸別給水の集落からの回答を無効回答とし、有効回答数は 241、有効回収率は 42.7%であった。このうち上水道や簡易水道を併用している集落が 8 集落、数年前あるいはちょうど上水道や簡易水道に切り替えを行ったばかりという集落が 4 集落、上水道や簡易水道に切り替え予定という集落が 4 集落、集落やゴルフ場管理の簡易水道を使用している集落が 2 集落であった。以下、これらの集落を含

めた状態で集計を行い、分析を行った。なお、その集計結果については大部分を昨年度までの報告書において報告済みであるが、本年度は既報では報告をしていない水供給施設を敷設する際の金銭的負担・水道料金体系、住民の金銭的負担、および、集落規模別（給水戸数別）の維持管理実態について焦点をあて分析を行った。

また、外部団体からの支援の事例と可能性については、上記のアンケート調査および昨年度までのアンケート調査やヒアリング調査等の過程で得た情報をもとに、文献調査や現地調査を実施することで、事例の概要や詳細をとりまとめた。

9. 地域のプレイヤーが自律的に管理する小規模水供給システムのケーススタディおよび実践的取り組みを通じた支援体制の検討

9.1 小規模水供給施設の運営に関与している民間組織等へのヒアリング調査

これまでに実施した北海道の全 179 市町村を対象とした調査では、地域住民らが管理する「地域自律管理型水道」は少なくとも 64 市町村に計 237 か所存在することが確認されている。この中から、令和 2～3 年度は「地域自律管理型水道」が数多く確認されている 7 市町を対象に、役所または役場の水道部局担当者に聞き取り調査を行った。本年度はこれに加え、3 町において、同じく役場の担当者に聞き取り調査を行った。各町が確認している地域自律管理型水道の概要、市役所及び町役場の役割、運営状況および運営にかかる情報の入手方法、当該水道の抱える課題などを話題とし、半構造化インタビューによって適宜話題を掘り下げながら聞き取りを行った。

9.2 富良野市における自律型モデルの実践的とりくみ

日本の農山村地域の水道の中には、行政ではなく地域住民が自律的に管理を行う地域自律管理型水道が数多く存在するが、各種統計調査の対象にもならないことから、その実態はよくわかっていない部分が多い。そのため、北海道においてこうした地域自律管理型水道の実態調査を行い、地域自律管理型の強みと課題を整理した結果、多くの事例では、良質な水源や農家の存在を背景に、低コストで無理のない運営が実現している反面、水質リスク管理体制やアセット情報管理に課題があることがわかった。

そうした地域自律管理型水道の特性を踏まえ、北海道富良野市と合同で、地元高校生との連携による地域自律管理型水道の支援体制づくりを行ってきた。富良野高校科学部のクラブ活動と連携し、地域自律管理型水道を対象に、水質リスク管理体制支援として簡易の水質調査、アセット情報管理支援として管路地図の GIS 化、そして一連の

成果の報告会を実施してきた。

本年度もこれまでと同様の方法で、4 つの地域自律管理型水道を対象に水質調査を、3 つの地域自律管理型水道を対象に管路地図の GIS 化をそれぞれ実施し、1 月には報告会を行った。さらに、昨年度に引き続き、地元高校生らのモチベーションを高めるとともに、外部支援者を巻き込む試みとして、札幌国際大学と連携し、地元高校生と札幌の大学生が地域の水について議論するワークショップを 1 回開催した。（本年度は札幌国際大学で開催）

9.3 他地域展開の可能性検討と適用検証

富良野市において試行錯誤の上に構築された現在の取組を一つのモデル（以降、富良野モデルと呼ぶ）と捉え、他地域への展開可能性を検討するため、取り組みに必要な機材、コスト、人員について整理を行った。また、コンタクトすることができた 1 つの小学校、3 つの高等学校の校長または教頭に対し、聞き取りによるニーズ調査を行うとともに、賛同が得られた学校において話題提供としての授業および富良野モデルの実際の適用を行い、適用可能性を検証した。

（倫理面への配慮）

本研究には、医学研究関連の倫理指針に関する研究は含まれていない。実地調査等においては、各機関の規定を順守し、個人情報保護及び調査に係る対象者を含む安全性に配慮し実施した。実験作業における安全性については、各機関の規定に従い実施した。

C. 研究結果及び D. 考察

1. 小規模水道・水供給システムの維持管理に関する経営シミュレーション 3

1.1 簡便化シミュレーション手法の汎用一般化に向けた検討

(1) 支払い利息人件費等を加味した詳細一般化式について

1) 支払利息と維持費等の検討

水道事業の建設にかかる費用は、一般的に補助金等（国庫補助金、県補助金）と地方債で賄われている。ここでは、地方債の償還期間を各施設の耐用年数とし、地方公共団体金融機構の過去 10 年間の平均支払利息率を用いた。

維持管理費については、比較的相関が高い 1 / 給水人口（千人）と浄水場数 / 給水人口（千人）及び単位管延長（管路延長(m) / 給水人口（人））の 3 つの要因と維持費負担額との関係から重回帰により算定式を設定した。

2) 詳細一般化式によるケース別年度毎の費用負担額（評価 1）の算定

給水形態に関する各検討ケースの経過年度毎の維持費及び支払利息を考慮した詳細一般化式を示した。これらによればケース①cに対してケース②では、塩素消毒費や水質検査費が減少し、新たに宅配水費が加わる。ケース③では、浄水施設や水質検査が不要になる一方、各戸ろ過膜装置や宅配水費が追加される。また、運搬給水ケース④c1では、送水配水管路が不要となる一方で、運搬給水のための車両費や運転人件費が必要となる。ケース④c2は、2トンタンク車による運搬給水であり、車両費が安くなる一方、運搬頻度が増え人件費が増加する。ケース⑤は、配水池までの運搬給水であり、不要となる管路は送水管に限られるが、運搬時間は減少し人件費が減少することになる。

3) 詳細一般化式による計算値と実績値の比較

詳細一般化式における通常給水ケース①cの算定式から、施設数等についてはR2年度の実績値、建設改良費に対する地方債割 γ は過去10年間の平均値を用いて、R2年度における費用負担額を算定し、実績値と比較した。これによれば、負担額全体平均で見れば、実績値と計算値の差異は10%以内であり、個々に見ても最大で20%程度であり一定の実用性はあると考えられる。

4) 詳細一般化式によるケース別30年平均費用負担額(評価2)の算定

年度ごとの費用負担額(評価1)の算定式から、世代間の公平性を考慮した費用負担の評価指標とする今後30年間の一人一月平均費用負担額(評価2)の算定式を求めた。

5) 詳細一般化式3を用いたケース別優位性の比較

ケース別の費用負担額(評価2)の給水人口や管路延長による優位性は、各評価値の比較により求められ以下の通りとなった。

i) 通常給水ケース①cと非飲用水給水ケース②、③の場合

これらのケースでは、管路の建設費は同じであるため、それらを除く費用を給水人口との関係で比較すると、給水人口が50人を下回ると通常供給ケース①cより無処理の水を供給し各戸浄水器と宅配水で対応するケース③が優位となる。また、給水人口が30人を下回ると簡易処理した非飲用水を供給し飲用は宅配水で対応するケース②が優位となる結果となった。

ii) 通常給水ケース①と運搬給水ケース④c1、④c2、⑤cの場合

α_3 、 α_4 を1とした場合の管路延長と給水人口と関係を給水形態ケース別の優位性の境界線と同じグラフで示した。地理的地形的な条件等から各戸に運搬給水が可能な場合には、運搬給水と通

常給水ケース①との境界線は4トンタンク車で、一人当たりの送・配水管路延長が約30m、2トンタンク車では40mとなる。浄水施設から配水池まで運搬給水するケース⑤cの場合は送水管の延長が一人当たり20~30mがケース①cとの境界となった。

(2) 今後の簡易水道事業の推移

1) 検討ケース

今後の簡易水道事業の費用削減へ向け5種類の検討を行った。現状ベースは一人一日当たりの最大給水量(q_1)、管路延長(L)、各施設数(n_i, n_t, n_d)をR2年度の実績で固定し、人口の推移は国立社会保障・人口問題研究所(以下「社人研」)の「日本の地域別将来推計人口(平成30年推計)」(移動型)とし、P00は補助金等がない場合、P01は補助金がある場合である。P10は、 q_1 を300L/人/日に減じた場合、P20はLを給水人口に合わせて減じた場合、P30は、人口減少抑制策により域内の人口流入流出が均衡する場合(社人研推計人口参考(封鎖型))である。

2) 今後の費用削減に向けた方策とその効果

現状ベースで、R2年度とR27年度の費用負担額を比較した。現状ベースでは、今後25年間で給水人口の減少により4.6千円/人/月の費用増となる。補助金等を考慮した場合には、この増加額は2.6千円/人/月に止まるが、それでも現状の補助金を考慮しない場合と同程度となる。

25年後のR27年度に補助金等を考慮しない場合の対策別の効果を比較した。一人一日最大給水量を現状の683Lから簡易水道の補助基準である300Lまで減少させれば、運搬給水での負担額を4千円/人/月減じることができる。また、管路延長を給水人口に合わせて削減できれば、通常給水ケース①cでは、3.9千円/人/月の減と大きな効果が得られる。更に、地域活性化策等により人口減少を抑制することによっても、2.6千円/人/月の減の効果が得られることが明らかとなった。

これら3つの対策をすべて実施すれば、現状の11.4千円/人/月から7.1千円/人/月に4.3千円/人/月、減じることができる結果を得た。

1.2 詳細一般化式によるモデル地区での検討

(1) K1モデル地区での検討

R3年度に簡便式で検討したK1村のモデル地区を対象に、3地区の施設統合効果等を検討した。3種類の給水システムを設定し、5種類の給水形態について、詳細一般化式を用いて一人一か月当たりの費用負担額で比較評価を行った。

1) 検討のフロー

詳細一般化式から示すフローによって、モデル3地区の給水人口と計画施設数、水源種別などから、将来の費用負担額が計算され、事業の統合効

果等が評価できる。ここでは、このフローから補助金等を考慮しない場合について、給水人口の推移、水道施設数を用いて分散型と統合型の優位性について検討した。

2) 現在の使用水量を用いた検討結果

i) 管路による給水ケース①②③の優位性の比較

R27年度の評価2による検討結果をまとめた。これによれば管路による3つの給水ケースを比較すると3地区統合型Ⅱと自立分散型Ⅲのe地区ではケース①cの費用負担が最も低いが、分散型Ⅲの3地区計、f地区、g地区ではケース③が最も低い結果となった。この結果、総合的には3地区統合型Ⅱが有利であるが、地区別の優位性を考慮し自立分散型Ⅲとする場合は、e地区ではケース①cが、f地区、g地区ではケース③が優位という結果となる。

ii) 運搬ケース④⑤を含む優位性の比較

水道法上の課題を除けば運搬給水は、地理的地形的状況から運搬車の進入路が確保できる場合に実施可能である。また、運搬給水を含む給水形態の検討フローを示した。

今回のモデル地区は、山地部に民家が張り付いているところも多く、4トンタンク車による各戸への運搬給水は困難であるので、2トンタンク車による各戸への給水ケース④c2と配水池まで運搬給水するケース⑤cについて検討した。

運搬給水を含む検討結果のまとめ(R32評価2)によれば、最も費用負担的に有利なケースは、3地区統合型Ⅱの運搬給水④c2となる。

2. 持続可能な小規模水供給の課題と対策に関する研究

2.1 小規模な水道の将来給水人口の見通し

公表データ(秋田県水道現況調査)に基づき、水道給水区域や給水区域外人口等の予測を行った結果、小規模な水道のエリアでは、上水道・簡易水道区域と比較して、人口減少の進行がより速いことが推測された。人口減少に伴い、小規模な水道一か所あたりの給水人口はさらに小さくなる。事業ごとの給水人口が減少することは、給水面積当たりの人口が減少することとなり、結果として、給水人口一人当たり管路延長が長くなることが予想される。

水道統計(令和2年版)より、給水人口規模が小さいほど給水原価が高くなる傾向がみられ、また、給水原価に対する減価償却費の構成比率は、それ以外の費用と比べて一人当たり管路延長が長くなった場合の影響が大きい(散布図の傾きが大きい)。

既設管路により供給ができていた間は問題ないが、老朽化が進行し、布設替えとなった場合における費用負担は非常に大きな問題となること

から、小規模水供給における管路整備については、そもそも布設替えが行われないこと(多少の漏水は許容するなど)、更新するにしても延長を短くすること(小規模分散)等、少なくとも既存施設と同様の管路整備は行われる可能性は低いことを前提する必要があると考えられる。

2.2 既存研究等による小規模水供給の課題の整理

小規模水供給をめぐる課題とそれによる問題点をヒト、モノ、カネの視点で整理した。課題としては、維持管理の負担大きいこと、飲用水としての安全性、供給の安定性、資金不足等があげられ、このうち、小規模水供給ならではの課題としては、主に、飲用水の安全性、料金徴収方法による資金不足が考えられる。この課題への対策としては、以下の方策が考えられる。

1) 人手不足に起因する問題

維持管理作業、集金等、従来人手をかけていた作業等について、デジタル化により労力の軽減を図る。

2) 資金不足に起因する問題

従来(水道料金、補助金等)とは異なる資金調達(異業種協業等)や、低コスト化。

3) 従来とは異なる方法(法的な問題は別として)での対応が必要な問題

水源での浄水処理(ろ過、消毒等)に頼らない安全性の確保、低コストかつ簡略化された機器(法定耐用年数を満たさなくてもよいなど)により計測、監視等を行うもの等。

2.3 維持管理負担の要因

これまでに示した課題のうち、特に、小規模水供給ならではの維持管理に関する負担の要因、解決に向けた有効策等について、令和3年度厚生労働科学研究「小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究(20LA0501)」において実施したアンケート調査結果を基に、次の6項目の質問についてクロス集計を行うことにより考察を行った。

1) 小規模な水道の状況(経営種別)

2) 小規模な水道の状況(原水種別)

3) 小規模な水道の状況(処理方法)

4) 小規模な水道を持続させるために他機関からの協力(相談、助言等も含む)を得たいと思いますか?

5) 小規模な水道に関する事項で困りごとを聞いたことはありますか?

6) 情報提供を受けるのであれば、どのような内容に関心がありますか?

アンケート調査結果より、調査対象において最も多かった処理方法は「消毒のみ」であったことから、「消毒のみ」の浄水方法としていると考え

られる地下水水源（浅井戸、深井戸、その他地下水（井戸の種類不明））に注目し、「原水種別」と「困りごと」に関するクロス集計を行った。結果、「水量が足りない」、「水質が悪い」、「市町村等の水道から水を引きたい」といった回答において、原水種別が地下水水源である比率が大きく、通常、維持管理手間が少ないと考えられる地下水水源についても、小規模な水道では維持管理労力が大きいことが示唆された。

また、地下水水源における維持管理手間の要因を考察するため、浄水処理方法と水源種別に関するクロス集計を行った。地下水を水源とする事業において最も多い浄水方法は「消毒のみ」であるが、地下水を対象に、ろ過処理を行っている事業も多くみられることが分かる。

さらに、「困りごと」と「浄水処理方法」のクロス集計結果として、ろ過処理を行っている事業では、降雨時の濁水発生、ろ層の閉塞、（ろ過）砂の補填が難しいとの回答が多く、維持管理に多くの労力を要していることが想定された。また、浄水処理が消毒のみである事業でも、施設の老朽化、維持管理する人が足りないとの回答が多く、維持管理手間が少ないわけではないことが示唆される。

これらのことから、現状の問題として、ろ過設備がある場合の維持管理手間は大きく、降雨時の濁度上昇、砂の補填が難しい、ろ過池が詰まりやすいとの問題から、適切なるろ過処理が行えているかといった懸念がある。一方で、消毒のみの場合でも、人は足りないし維持管理は大変であるとの現状が示唆される。今後、小規模な水道事業では、ますます給水人口の減少が予測されることから、水道施設の維持管理については、困難さを増していくことが予想される。

2.4 対策

小規模な水道事業において、施設の維持、浄水の安全性確保にどう対応するかについては、利用者自らがどこまで対応可能であるか（維持管理の容易さ）は大きな要素であるが、処理方法に関わらず維持管理手間が大きいことが考えられる。今後の水道施設の適切な維持は大きな問題であり、加えて、水道施設は浄水施設だけではなく、他の送・配水施設等が多い、管路が長い等の小規模水供給においては、さらに問題が大きいと言える。

以上を踏まえ、事業者からの支援に対する期待の大小、小規模水供給自らの施設の維持管理の手間の大小により、小規模水供給の課題に対する対応方針は異なると考えられ、それぞれの対応方針を考えた。今後の検討の方向性としては、維持管理に関する負担軽減、ヒトに代わる技術、従来の手法とは異なる手法の検討が必要と考えられる。

これらについて、すで実現している手法、検討が進められている手法等を整理した。

浄水処理に関しては、地理的条件や投資効果、事業数（箇所数）の多さ等により、行政の関与には限界があり、小規模水供給事業者自らが対応せざるを得ない状況が多く、さらに、ろ過処理等への適切な対応が困難な状況も見られる。よって、特に「従来の手法とは異なる水供給システム」については、より小規模な集落単位での飲用水供給システムや、場合によっては、水源における浄水処理に頼らない、戸別の浄水装置による対応（小規模分散型システム）等も有効と考えられる。小規模分散については、管路更新が困難であることを考慮しても有効な手段と考えられる。

また、料金徴収や資金調達に関しては、これらの浄水装置のメンテナンスと抱き合わせたサブスクリプション等による収入化の可能性も考えられ、資金調達方法の工夫や低コスト化等により、事業者の支援が期待できる状況にできる可能性も考えられる。

3. 小規模水供給施設の実態と現実的な水質管理

3.1 高知県に対するヒアリング実施と訪問調査

(1) 高知県中山間振興・交通部鳥獣対策課に対するヒアリング

高知県中山間地域対策課は、中山間地域への対策を重視する知事のイニシアティブを受け、「高知県版生活用水モデル開発事業」を推進した。令和4年度からは、担当課が鳥獣対策課に変更されている。なお、高知県における簡易水道事業の担当課は薬務衛生課である。

事業の背景として、高知県内の中山間地域では、生活用水を住民自らが確保し管理する給水施設が多く存在しており、この整備には高額な費用がかかるため、住民及び市町村にとって経費負担が大きな課題となる。今後さらに人口減少や高齢化が進み、住民一人一人への費用や労務の負担が高まる中、共同利用の施設整備や老朽施設の更新が求められており、早急な課題解決の対策が必要である。

一連の給水施設のうち、特に水源地からの取水方法や、浄化に必要なろ過施設について、県内企業からの技術提案（プロポーサル方式）により、安価で管理の簡易な施設の試作品の製作、検証を行う。こうして高知県オリジナルの小規模給水施設を提案することにより、中山間地域の住民が安心して暮らし続けるための仕組みづくりにつながることを「高知県版生活用水モデル開発事業」の目的としている。

これまでの直面する課題として、①取水装置（スクリーン）やろ過施設の多くは、県外メーカーによるもので高額、②少数世帯対象の製品がな

い、③操作方法が高齢者には難しく、また、清掃時の作業に危険が伴う恐れがある、④県外にお金が流出する、がある。

平成 26 年度に委託業務を実施（プロポーザル方式）し、四国水道工業株式会社の提案を採択した。委託内容は、取水施設とろ過施設の製作であり、試作品が製作され、その後、モデル地区に設置、検証が行われた。

事業効果として、県・市町村、住民等に対する①コスト削減：建設費を抑え、住民や市町村の財政負担を減らすことが可能、②労務の削減：定期的な洗浄や、見回りを要する住民の労務負担を減らすことが可能、が挙げられる。また、企業に対しては、県内企業による製品開発を促進する効果をもたらす。これらを高知県版モデルとして確立することを目指した。

(2)いの町・大豊町・本山町に対するヒアリング実施と水供給施設への訪問調査

高知県吾川郡いの町、長岡郡大豊町、長岡郡本山町を訪問し、各町の水道事業や小規模水供給施設の概況と現況についてヒアリングを実施した。併せて簡易水道事業や小規模水供給施設への視察も行った。また、県のモデル事業として整備された地区へも訪問し、県のプロポーザル方式に採択された企業からも聞き取りを行うことが出来た。この企業は従来から水道施設の施工を行ってきた実績を有するが、水処理装置の製作は行っておらず、浄水処理装置と表流水取水柵を新規に開発できたのは、既存の浄水処理装置がもつ技術的な課題を認識できていたこと、および県が本事業を推進したことによるところが大きいことが分かった。

3.2 福島県県南保健所と西郷村に対するヒアリング実施と訪問調査

(1)福島県水道の概要

福島県における水道事業の広域化推進は、食品生活衛生課と市町村財政課が担当している。県では地域の実情を加味した福島県広域化推進プラン策定に向けて検討を進めており、市はある程度独自に対応しているが、町・村は人材が少ないため技術的内容を事業体の中で解決するのが困難な状況である。郡山市ですら、他の市町村に対して技術支援を行うのは難しいのが実状で、一部の市は独自に対応しているが、町・村は、技術的内容を保健所に相談または支援を求めている。

水道普及率が低水準である市町村も存在し、70%以下である市町村が4つある（令和2年度末時点。東日本大震災の影響を受けた相双地方を除く）。これまでに整備が進まなかった地域が残されているため、今後も整備を進めるのは難しく、保健所としては、公営水道の普及を進めてきたが、

今以上の水道普及率の向上を進めることは困難になっている。

(2)小規模水供給システムの実状

水の量・質ともに良好である地域に人が住み着いてきた歴史があり、このため、水源条件が悪い地域はない。未普及地域は、以前は公営水道に接続し、これを解消することを目指していたが、10年程前からは、国として、公営企業としての経営原則が要請されるように変容してきたため、事業経営にとっての条件不利地域には必ずしも対応する必要はないと考えられるようになった。

県条例により、（計画給水人口ではなく）利用人口が50人を超えるものを「給水施設」と定義し、管理や水質検査等を義務付けている。また、利用人口50人以下で、市町村営のものは「飲料水供給施設」と呼んでいる。

保健所は、認可および整備に当たっての（コンサルタント業務を含む）助言・指導を行ってきたが、設置・整備のための保健所としての予算があるわけではない。なお、県南保健所が対応している専用水道は約20か所ある（専用水道は福島県全体で約160か所あり）。

一方、市町村営ではない地元施設は飲用井戸の扱いであり、保健所は福島県飲用井戸等衛生対策要領に基づき、相談があったものについて管理方法や水質検査の助言等を行っている。市町村は実態を積極的に把握していない。

(3)西郷村役場に対するヒアリング実施

西白河郡西郷（にしごう）村上下水道課にて、西郷村における上水道事業の状況や未普及地域等に対する施策についてヒアリングを行った。

西郷村は、近隣市町村である白河市と広域化・共同化に対して、何が可能かの協議、検証を行い、県に対して要望を提出した（「広域推進プラン個別案の検証要望について」（2022.6.16））。将来、単独での経営が困難になることも予想しており、経営統合も含めた検討が必要とあると認めていることが背景にある。項目は、経営統合、施設の共同化、共同委託からなる。経営統合には、白河広域圏と受水水道事業との垂直統合と、白河市と西郷村との水平統合の可能性が含まれる。これは、白河市からの呼びかけによるもので、現在のところ、白河市の事業内容や経営実態が不明という状況のため、今後情報交換の場が必要と考えている。

西郷村では、給水区域内で上水道が整備されていない戸数は現在約345戸あるが、上水道整備を進める方針はない。これに対して、「西郷村家庭用飲用井戸等給水施設整備事業補助金交付要綱」を定め、補助対象経費の1/2以内の額で100万円を限度として補助を行っている。井戸の新設ももちろん含まれるが、各戸はすでに井戸を所有して

いるので、更新時や故障の修繕時に要望が寄せられる。また、井戸の新設時には水質検査費用も補助の対象としており、この場合必要とされる検査項目は15項目である。実態としては、年間1～2件程度に補助している程度であり、複数戸で1井戸という例もある。なお、塩素消毒は行われていない。また、給水区域外の地域を担当するのは環境保全課であり、井戸設置に関する補助内容は給水区域内井戸と同一である。

(4) 由井ヶ原水路会、報徳水路会への訪問調査

由井ヶ原水路会は、戦前、人がほとんど住んでいなかった地域であり、昭和21年から食料増産を目的とした開拓が始まった。以前は湧水（湧水割合高い）を砂ろ過した水を使用し、竹樋で水輸送していた。やがて湧水を利用することに変更し、専用水道となった。また、平成24年の台風による破断事故が発生し、断水被害が生じたことから、保健所が、新設水源として深井戸設置の指導を行った。給水区域外であるため、環境保全課による補助を得て整備された。（全額が役場補助、地元負担なし。）しかしながら、以前は計画給水人口が100人超だったので「専用水道」であったが、居住人口が100人未満となり、専用水道に該当しないことから給水施設として確認を受けた。

報徳水路会は、現在利用者が82戸、約120人の専用水道であるが、配水は自然流下によることから技術管理者は不要の施設である。

旧水源がダム建設により水没することが明らかとなったため、村の上水道加入への問い合わせを行ったが、役場からは給水予定区域ではないとの回答があった。県のダム建設事務所は井戸の設置を提案したが、地元住民が現在の湧水地を見出し、提案、この湧水の取水施設がダム建設補償工事として平成6年に整備された。また、配水管の敷設などは業者への発注が高額となることから、住民自らが施工した。

管理運営状況は、水路会としての組織体があり、総会、役員会を開催するなどしっかりした運営がなされている。会長、管理部長、会計、書記、監事、班長といった役職があり、役員手当として42万円が支出されている。支出には、例えば水源地の清掃の実施で1万円/日など、後継者育成のための支出も含んでいる。

3.3 島根県雲南市に対するヒアリング実施と訪問調査

雲南市は、平成29年度に「雲南市水道事業」として、2上水道事業+16簡易水道事業+8飲料水供給施設を統合した。現在の水道普及率は95.3%。水道料金は、平成19年度から、上水道事業・簡易水道事業間で統一済みであり、令和5年度に料金改定を予定している。

また、同市内の旧飲料水供給施設としてはもっとも小さい3か所（給水戸数1～7戸）への訪問調査を行った。これらの旧飲料水供給施設は、事業統合の結果、上水道事業における1配水区域であることから、当然、通常の水質検査が要求される。すなわち、毎月+年4回+年1回検査が行われており、年間合計40万円を要する（島根県環境保健公社による検査費用）。このほか、委託業者によって毎日検査が行われている。この結果、竹之尾旧飲料水供給施設のランニングコストは1,800円/m³に達している。

3.4 新技術の創出と高知県の役割について

「高知県版生活用水モデル開発事業」のもと、プロポーザル方式によって県内企業に対して施設・装置の製作が委託された。県は、中山間地域におけるニーズを把握し、それに対応可能な施設・装置の姿を示し、開発されるべき技術を具体的に提示した。

これにより、企業としては、求められた施設・装置を開発すれば、少なくとも県内各所に納品できビジネスが展開できるという見通しを得ることができ、新規開発に着手することができる。実際、受託した企業は、この県事業がなければ、施設・装置を新規開発することはなかったと語っている。もちろん、県内の事情には精通しているので、社会的ニーズがあることは認識されていたものの、ビジネス化の見通しがないため新技術を開発しようとはされなかったのである。

このように、高知県が推進した事業は、社会ニーズにマッチした新技術を創出することに成功しているとみることができる。高知県が果たした役割はきわめて大きいといえる。

なお、本装置は、極小規模、メンテナンスが容易、低コストといった、各地の小規模集落のニーズに対応できる新技術である。現在は高知県内のみに入納されているようであるが、国内で広く普及していくのが望ましいといつてよい。

3.5 水供給システムの整備と塩素消毒について

上記水供給システムの整備にかかる費用は、高知県と役場が補助している。水供給システム整備の中心になるのは、浄水処理装置の新設であるが、このとき、塩素消毒の実施が要件とされていないことに注目する。従来から塩素消毒を行っていない地域も多いが、補助事業であるにもかかわらず、塩素消毒装置の設置を強制していないのである。

3.6 “最終消毒装置”としての極小規模浄水処理装置の性能について

上記のように、引き続き塩素消毒を行う予定がないことから、たとえば前出の2槽式緩速ろ過装置は、“最終消毒装置”とみなすこともできる。

欧州では、浄水処理の最終プロセスが緩速ろ過

であることがしばしばある。そして、オランダでは、塩素消毒が行われていないことから、この緩速ろ過処理は最終消毒処理プロセスであるとみなされている。このため緩速ろ過処理による微生物の除去・不活化能が丹念に調査研究されてきている。

新規に開発された2槽式緩速ろ過装置も、懸濁物質の除去だけではなく最終消毒装置としての役割も有することから、その微生物に対する除去性能を定量的に表示できることが望ましいといえる。

この観点からすると、ろ過マット使用についても評価の対象になりうる。つまり、微生物除去のためには、いうまでもなくろ過層が成熟している方が有利である。ろ過マットを使用した場合、ろ過層の成熟を遅らせてしまうが、一方、ろ過マットだけを洗浄しつつ、成熟したろ過層を長期間使用することもできるだろう。ろ過マットを使用することによるメンテナンスの容易さと、ろ過層の性能発現とのバランスという課題を見出すことができる。

3.7 福島県県南保健所が果たした役割

福島県県南保健所は、歴史的に専用水道や給水施設における衛生的な施設整備を推奨してきており、実際に整備が進んできた。この結果、「表流水―浄水処理施設なし―消毒なし」といった水供給施設は福島県内には存在しないという。保健所としても、このような小規模水供給システムの整備に貢献してきたという自負がある。設置・整備のための予算枠をもっているわけではないが、同保健所が果たしてきた役割はきわめて大きいとみることができる。

3.8 専用水道の管理運営について

福島県西郷村において、特に、報徳水路会の管理運営がしっかりしている点は特筆される。これは同会会長の力量によるところも大きいとみられるが、集落規模がある程度の大きさ（給水区域内人口516人、現在利用人口約120人）であることが組織体の形成を可能にしているといえよう。後継者育成のために必要な支出も行われている。また、配水管敷設等の工事の一部が住民によって実施可能である点も有利である。これらは、北海道においてみられる地域自律型水供給システムが持続可能な形で成立している事例との共通点が多い。

3.9 地元管理されている水供給システムにおける飲用水の安全保証について

専用水道における水質検査は、法が求める検査項目、頻度で行う必要がある。報徳水路会ではこれに年間74万円を要しており、現在は、基本料金1500円/月の収入の範囲内でまかなわれて

いるものの、高額な地元負担になっているといえる。一方、給水施設に格下げした由井ヶ原水路会ではこの水質検査費用を大幅に削減できている。実際、他県では、高額な水質検査費用の削減を主たる理由として、民営の簡易水道を飲料水供給施設に格下げした事例も存在する。専用水道に対する法的要件とされている事項であるにもかかわらず、地元住民の全額負担になっている点には課題が残されているともいえる。水質検査とは、いうまでもなく飲用水としての安全保証が目的であることから、公的補助のしくみがあってもよいのではないかと考える。

3.10 小規模水供給システムにおける現実的な水質管理へ向けて

島根県雲南市の旧飲料水供給施設を対象に行われている水質検査の頻度および検査項目は明らかに過剰で不必要である。その真の必要性を精査すれば、検査費用を何分の1にすることは簡単とみられる。このような施設は雲南市内にいくつも存在し、市で統一されている水道料金の給水原価を押し上げている。

現状を改善するための最初のアプローチは、現行の「水質検査の頻度減・省略の判断フロー」に従って、どこまで可能かを精査することである。これを実行するだけで検査頻度を大幅に減らすとともに、検査項目の削減も可能である。全国の事業・施設の多くで、本来可能であるはずの水質検査の頻度減・省略が実施されていない。まずは現行で可能な内容を精査することが望まれる。

さらに、今後の方向性としては、水質検査・管理に係る要件について、運用面での柔軟性を現行よりもさらに付与することが考えられる。そして「水質検査計画」策定時に、その内容をオーソライズする仕組みを導入するのである。これによって提案できる例を以下にリストアップする。

- ・毎日検査→1週間に1回で十分
- ・地質に由来する物質：3年に1度→5年に1度で十分
- ・消毒副生成物：ジクロロ酢酸、トリクロロ酢酸のみで十分
- ・混合検体を可能とする（米国での事例あり）

なお、国は上記のような具体的内容を示す必要はなく、「飲料水としての安全性を保証でき、かつ、その内容をオーソライズできるなら、柔軟に運用してよい」と言うだけで良いだろう。この措置によって、各地で続く水道料金の上昇傾向を緩和することができる。

4. 小規模水供給施設における衛生問題と微生物的安全確保法

4.1 滋賀県長浜市寺院及び京都帝釋天水供給施設への調査

小規模水供給施設における設置経緯、施設の現況、施設管理の状況、管理体制や利用状況、水質測定結果についての聞き取り、訪問調査を行った。また、長浜市の専用水道所管課である市民生活部環境保全課生活衛生係に対してヒアリングを実施した。専用水道の使用開始時に手続きを行うほかは、未普及地域に対する施策や改善方策等もっているわけではなく、市としての課題や県・国に対する要望事項も特にない。なお、当該地域の上水道事業、簡易水道事業は長浜水道企業団が行っている。ヒアリングの結果、未普及地域については関与していないことが分かった。

4.2 原水調査の結果

大吉寺、京都帝釋天、トロッコ保津峡駅施設（北側、南側）で採水した試料について、これまでの原水試験結果のとりまとめを行った。

4.3 病原細菌群の網羅的検出

トロッコ保津峡駅の北側施設で採取した水試料に対して、次世代シーケンサーによって病原細菌を一斉検出した結果、3つの検体から、合計13属24種の病原細菌が検出された。昨年度の分析手法とは、1)シーケンサーによる解読エラーをUMI法によって軽減した点、2)種レベルの分類群推定のための必要条件として「16S配列の類似性99%以上」を採用した点、3)照合先の配列データベースを種名の信頼性が高い基準株・単離株のみから構築した点が異なり、推定の信頼性を向上させることができた。検出結果から、特に、*Aeromonas* 属や *Mycobacterium* 属、*Bacillus* 属、*Pseudomonas* 属といった水環境や土壌中の常在菌が多数検出された。これらは免疫の低い人々に感染性を示す日和見感染菌として一般的なものである。また、*Clostridium* 属のような動物の糞便由来と思われる病原菌も散発的に検出されたが、上記のような環境常在菌よりは検出されにくい傾向にあった。以上の傾向は昨年度の検出結果とも大まかには整合していた。

4.4 微生物的安全確保へ向けたアプローチ方法

小規模水道では、まずは微生物的な安全確保が優先される。このため、ここでは、定量的微生物リスク管理（Quantitative Microbial Risk Assessment; QMRA）手法によって、原水の微生物リスクを定量したうえで、必要な浄水処理レベルについて考察する。

ここでは、地元管理されている水供給施設を含めた小規模水道施設において、特定の病原微生物（カンピロバクター、ロタウイルス、クリプトスポリジウム、ジアルジアなど）の原水中の濃度が把握されていることは皆無であると想定され、浄水処理や消毒が不十分である場合も少なくない。

そのような施設において、微生物的な安全性を

確保しようとする場合、どのようなアプローチ方法をとればよいか検討を行い、そのための枠組みを示した。

飲用井戸等衛生対策要領は、給水開始前に、消毒副生成物11種類を除く40項目の検査を求めている。これにより、一般細菌と大腸菌については検査結果が存在するはずである。万一、存在しなければ、これら2項目の検査を行うものとする。すなわち、原水の一般細菌と大腸菌の検査結果が存在することを前提とする。

原水において一般細菌のみが検出（大腸菌は不検出）され、利用できる情報がこれしかない場合、既存の文献情報を参照しつつ日和見菌等の病原性細菌濃度を推定する。また、適用すべき用量—反応モデルも不明なので、適当と考えられる日和見菌の感染確率モデルを使用する。なお、最大感染確率モデルや逆に低確率モデルを使用することも考えられる。これより算出される、浄水処理において必要な除去・不活化能は大きな値となり、実際のリスクよりも極めて安全側の評価をすることになるだろう。

これに対して、原水に対する追加調査を実施できる場合を考える。網羅的検出（一斉検出）試験や病原種を特定する試験などを実施できる場合には、対象微生物を限定できる。また種によっては、特定の用量—反応モデルを使用できる場合がある。これによって、安全側に過ぎる評価が緩和され、必要な除去・不活化能も小さな値で済むことになるだろう。

次に、大腸菌が検出された場合を考える。追加調査を行わない場合、大腸菌「検出」という定性結果のみであるので、病原性微生物の濃度としては安全側の値に設定することになる。これは、対象となる病原微生物の原水中濃度に関するデータがない、または不足している場合にも、類似した原水に関する文献値から設定する方法としてしばしば採用される方法である。

これに対して、追加調査を行える場合を考える。まず、大腸菌や嫌気性芽胞菌といった指標細菌の濃度を測定できた場合には、これに既存文献に基づいた比率を乗じることによって、細菌、ウイルス、原虫の濃度を設定する。さらに、もっとも望ましい追加調査とは、各病原微生物の濃度を実測できることである。こうして推定または実測した病原微生物の濃度に基づいて、必要な除去・不活化能の導出を進める。

重要な点は、原水に対する既存データのみでは、安全側の評価とせざるを得ず、必要な除去・不活化能も大きくなるのに対して、追加調査を詳しく行えば行うほど、制御すべきリスクを限定することができるので、必要除去・不活化能の大きさも

適切に設定できるということである。

4.5 一般細菌数を用いた必要除去・不活化能の試算

測定数が多い京都帝釋天施設およびトロッコ保津峡駅施設の測定結果に基づいて試算する。今回の原水試験の結果から、ここではまず、一般細菌のみ検出され大腸菌が検出さなかった場合を考える。

文献に見られる比率等を取りまとめた結果、25文献をレビューしたが、それらは、浄水処理の有無、消毒の有無等を含む各種の報告である。このうち、原水が表流水（河川、貯水池、湖沼）である場合のデータを抽出した。文献を参照して設定した比率等は、一般細菌/全細菌=0.075%、一般細菌/全生菌=0.18%、病原性生菌/全病原性細菌=50.6%。また、全細菌の約3%は病原性細菌とした。以上より、病原性生菌数の算定式は、

病原性生菌数

$$= \text{一般細菌数} \div 0.075\% \times 3\% \times 50.6\%$$

と示す。なお、病原性生菌はすべて日和見菌等であるとみなす。用量-反応モデルとしては、日和見菌のうち指数モデルの γ が最小である *Staphylococcus aureus* のモデル ($\gamma = 7.64E-08$) を適用した。

必要除去・不活化能の試算結果を表6に示す。測定した一般細菌数をもとに、病原細菌による感染確率 10^{-4} /人/年以下を満たすのに必要な除去・不活化 log 数を算定したものである。

4.6 大腸菌数を用いた必要除去・不活化能の試算

一般細菌に加えて大腸菌が検出された場合を想定する。大腸菌については、水質検査機関による検査結果の報告は、「不検出」または「検出」の定性的結果のみであり、検査結果が「検出」であった場合、濃度は独自に測定する必要がある。

各試料水の大腸菌濃度測定値に基づいて、各種病原微生物に対する必要除去・不活化能を試算した。このような、細菌、ウイルス、原虫を対象としてリスク評価を行った場合、カンピロバクターに対する必要除去・不活化能がもっとも大きい結果となる場合が多い。また、本例のように大腸菌や嫌気性芽胞菌が検出された場合、クリプトスポリジウムに対する除去・不活化能として、例えば 3 log 程度以上の処理能が必要とされてしまう場合が多いが、不確実性分析の結果では 1.3 log でよいと見積られている。このように、簡単な QMRA を行うだけで、過剰処理を回避し、必要十分な浄水処理プロセスを提示することができる。

4.7 不確実性分析

Staphylococcus aureus の用量-反応モデル ($\gamma = 7.64E-08$) を適用した場合をベースケースとし、トロッコ保津峡駅北側施設を対象として不確実

性分析を行った。ベースケースにおける 4.7 log に対して必要除去・不活化能の差が 1 log を超える項目を朱書している。これらはリスク評価において不確実性が高い項目であるということが出来る。このように、不確実性分析を行うことによって、今後、重点的な調査の実施や知見の集積を行うべき項目を抽出することができる。

今後は、調査データを集積しつつ、微生物的安全確保へ向けたアプローチ方法の枠組みを構築していくこととする。

4.8 病原細菌群の網羅的検出とそれに基づいたリスク評価

次世代シーケンサーによる病原細菌の網羅的検出にも取り組んだ結果、*Mycobacterium* や *Aeromonas*, *Bacillus* 属といった環境常在菌が頻繁に検出され、都市部の大河川で問題となるような糞便由来の病原細菌は散発的な検出にとどまった。今回対象としたような山間部の地表水に糞便汚染が発生することは稀であることは想像にも難しくなく、水道原水としては清浄な水質であると推察される。

一方で、これらの日和見感染菌が存在していることも事実であるため、高齢者など免疫の弱い人々が水利用の主体となる場合には、適切な浄水操作が必要となるであろう。この一斉検出結果を QMRA 手法に入れ込むことで、病原体によって適切な濃度や用量-反応関係を設定することができ、より精緻な評価が可能となる。今後、今回の分析手法によってデータをさらに蓄積し QMRA 手法に統合することが望ましい。

5. 管路の維持管理方法に関する検討

5.1 中部地方 Y 市 k 浄水場配水区域

(1) 管路の維持管理作業

k 浄水場では上向流緩速ろ過施設が導入されている（現在給水戸数は 250 戸）。この配水区域における管路の維持管理作業についてヒアリングを行った。この配水区域の末端では、「排泥作業」と称する放水作業が行われている。1年に1回、主としてお盆の時期に人口が急激に増加し、配水区域の下流域で水量が不足する。この時期の必要水量は平時の 1.5 倍程度に達するようである。この不足水量を補うため、この時期に限り、隣接する e 浄水場配水区域（東北方面に広がる地域）から配水を受ける。e 浄水場配水区域からの水は末端から流入し、上流方向 4 分の 1 程度まで到達すると推定されている。このとき、水は平時とは逆方向に流れることになり、この流向の変化に伴って濁水が発生するのを未然に防止するために行われているのが、「排泥作業」と称する放水作業である。これまでに濁水発生によって苦情が発生するなどの例はないようである。

この「排泥作業」の目的は、配水管内で滞留傾向にある水を排出することである。作業は経験的に行われており、数時間内に終了する。放水時の流量や管内で確保される流速などは把握されておらず、その洗管効果は明らかではない。

この事例を参考にして、次節では洗管シナリオを設定し定量的な評価を試みた。

(2) 懸濁物質等の蓄積とその制御

管網解析を行い、配水区域内における懸濁物質等の蓄積量とその分布を推定した。測定した濁度から、配水される浄水のSSは $12\mu\text{g/L}$ と推定し、浄水場から20年間配水を継続した場合の平均蓄積量は 0.68g/m^2 と推定された。

ついで制御性に関する評価を行った。「排泥作業」は毎年実施されているものの、その洗管効果は明らかではない。そこで、ここではこの「排泥作業」を強化し、管内流速を 0.4m/sec 程度以上に確保して、管内に蓄積した懸濁物質等を積極的に排出するというシナリオを設定することとする。

放水による洗管作業はそれぞれの水道事業者で少しずつ異なる方法で行われるが、ここでは実際に行われている洗管時管路延長を考慮して $30\text{m}^3/\text{h}$ で排泥作業を行う場合を設定した。配水を10年間継続した後、排泥作業強化シナリオを適用した。すなわち、10年後から、毎年 $30\text{m}^3/\text{h}$ で排泥作業を実施することとし、管内流速 0.4m/s 以上が出現する管路に対し、除去率100%を与えた。蓄積期間（評価期間）は20年とし、排泥作業を行わない場合（ベースケース）とを比較した。

比較結果から、排泥作業強化シナリオでは、ベースケースと比較して総蓄積量に大きな低減効果が得られ、後者は62%減少し 0.26g/m^2 となった。この結果から、現在経験的に行われている排泥作業について、手法とその効果を定量的に示しつつこれを強化することによって、配水管内環境の大きな改善が期待できると指摘できる。また、実際の運用にあたっては、有収率低下への影響等にも配慮する必要がある。

5.2 東北地方 A 市 n 浄水場・t 浄水場配水区域

(1) 施設概要

計器表示値及び水質測定結果の確認、並びに2つの配水区域の管路図の作成を行った。n 浄水場配水区域の末端節点と t 浄水場配水区域の上流側節点とは管路で連結されている。

(2) 管路の維持管理作業

当該配水地域における管路の維持管理作業についてヒアリングを行った。n 浄水場配水区域の末端には「排流装置」が設置され、稼働している。この「排流装置」によって水道水を常時放水して

いる目的は、配水区域内の残留塩素・pH 管理を容易にすることにある。n 浄水場・t 浄水場の運転管理は、M 浄水場での遠隔監視、及び業者への外部委託により浄水場への定期巡回（月、水、金の週3回）が行われている。さらに、給水末端の毎日検査は私人への委託により実施されており、水質が最も劣化する可能性がある給水末端で残留塩素濃度等の測定が行われている。

水道事業者としては、浄水場での塩素注入率は低くしたいが、配水区域内での残留塩素は確保する必要がある。これを常にモニタリングしなくても確実に（自動的に）達成できているようにするために行われるのが「排流装置」を用いた放水である。

放水流量は、約 $20\text{L/min}=28.8\text{m}^3/\text{日}$ であり、これは n 浄水場における配水量 $50\text{m}^3/\text{日}$ の実に58%に達している。調査時（2018/8/27）の残留塩素濃度は 0.32mg/L であった。

洗管の考え方について、A 市に対してヒアリングを行った。計画的に順次行っていくという洗管作業は実施されておらず、配水区域の切り替え作業時などに濁水発生が予想される管を特定し、当該管路に対して普段とは異なる流向や、流速が発生する場合に、あらかじめ想定しうる流速で洗管しておくという目的で放水が実施されている。また、流速確保の考え方としては、出現しうる流量・流速を予測した上で放水を実施している。例えば、 $2\text{m}^3/\text{min}$ が予想されるなら、事前に $2.5\text{m}^3/\text{min}$ の流量を与えておく、などである。

なお、n 浄水場・t 浄水場配水区域のような旧簡易水道エリアでは、配水区域の変更や流速が大きく変化することがあまりないためこのような放水洗管を実施していない。

排流装置による放水が行われているのは n 浄水場配水区域であるが、t 浄水場配水区域においても排流装置は末端2か所に設置されており、そこで、t 浄水場配水区域においても、この2箇所から配水量のそれぞれ29%が放水される場合を想定した。

(3) 管内環境に対する効果の定量化

シナリオ比較結果から、膜ろ過の導入によって（CASE2）配水管内蓄積量が低く抑制されていることがわかった。一方、CASE2（膜ろ過有り、排流装置無し）とCASE3（膜ろ過有り、排流装置有り）を比較すると、排流装置を設置することによる効果は小さく、その削減率は0（n 旧簡水）～7%（t 旧簡水）であった。一方、総蓄積量は減少しており、たとえば n 旧簡水では 110g が 93g となった。総蓄積量の変化と単位面積あたり蓄積量の変化が必ずしも一致しないのは、蓄積量が定常に達するまでに要する期間が管内流速に依

存し、それが管網内で分布しているためである。総蓄積量でみると排流装置がその低減にも効果があるといえるが、その効果は大きいとはいえない。すなわち、排流装置による放水は、配水管内を清浄に保つのに寄与するというよりは、配水管網内の滞留時間が短縮されることによって管路末端での残留塩素・pH 濃度を安定して保つ役割を果たしているかと推察できる。

5.3 考察

今年度の研究では、2 地域における旧簡水施設を対象として、配水管内環境を評価するとともに、これを制御するための方法について論じた。

配水管内における懸濁物質等の管理・制御のための考え方としては、①浄水処理における懸濁物質等の除去、②配水管網における水理条件の管理・制御、③洗管の3つの段階がある。それぞれの効果と手法間の比較については、これまでに論じてきたが、これに対して今回は、地域特有で行われている管路維持管理作業を取り上げ、それが配水管内環境の大きな改善に寄与できることを定量的に示すことができた。

6. 小規模水供給システム向け浄水処理装置の試行と維持管理モデル

6.1 実験プラント及び実地実証実験について

(1) 実験プラントにおける実験結果

維持管理の簡便な浄水処理のため、上向式のろ過装置（三菱ケミカルアクア・ソリューションズ社製）を依頼作成し、処理実験を行った。処理装置は、本体：塩ビ製、直径：30cm、支持体：ステンレス網、2mm メッシュネット、砂利（5mm～1cm）、ろ過層：平均粒径 0.30～0.45mm、厚さ：30cm（均等係数：2.0 以下、最大径：2.0mm 以下、最小径：0.18mm 以上）を用いて実験を行った。また、実験時の原水の代表的な平均濁度、微粒子カウンタによる粒子数を測定した。0.5～1 μ m のカウントは水中の気泡等の影響を受けやすく、誤差が大きいため、解析から除外することとした。

実験プラントにおける実験において、上向式ろ過装置では処理前の砂ろ過の砂が安定するまで濁度及び微粒子の除去率が安定しなかった。一方、ろ層が安定した後は、濁度、微粒子残存率は安定し、濁度でほぼ 90%、3 μ m 以上の粒子で 95%以上の安定した除去率が得られた。また、1～3 μ m の粒子については 30%程度の除去率しか得られなかった。

クリプトスポリジウムなど 5 μ m 程度の粒子についてはある程度十分な除去ができると考えられるが、大腸菌、一般細菌の除去については十分な除去が難しい可能性があるため、消毒装置との組み合わせについても検討の必要性があることが分かった。

(2) 実地実証実験の原水水質

実地の実証実験における原水水質は、いずれの地区においても、一般細菌が 300 個以上、大腸菌が検出され、原水としては厳しい状況であった。

(3) 実地実証実験（B 地区）の実験結果

現地では降雨などにより時折濁度が上昇し、10 度を超えることもあった。ポンプで送水しているため、流量は一定であったが、原水濁度の上昇と共に処理水濁度も上昇し、高濁度時の除去率は 50%程度であった

当初アンスラサイトで実験を実施したため漏出が多く、気泡の影響も受けやすかったため、ろ材を緩速ろ過用の砂に変更したが、その後も原水濁度上昇により処理水濁度が上昇した。

(4) 実地実証実験（E 地区）の実験結果

E 地区においても、現地では降雨などにより時折濁度が上昇し、10 度を超えることもあった。一般的に除去率が低く、濁度除去率で 20%となることがあった。また、渇水により流量が不足し、捕捉した成分が流出し、原水より処理水の濁度が高くなる現象もみられた。E 地区においても、ろ材を緩速ろ過用の砂に変更後も、原水濁度上昇により処理水濁度が上昇する現象が見られた

(5) 実地実証実験の処理水水質結果

B、E 地区ともに、ろ過後の一般細菌が残留のみならず増加する場合もあり、捕捉物の流出が懸念された。また、大腸菌についてもろ過水において陽性とされる場合があり、十分な微生物除去が難しいことが示された。

一方で、紫外線（UV）処理水では、一般細菌は概ね水質基準以内であった。一時的に UV 処理水でも水質基準の 100 個/ml 以上の 150 個/ml が検出された場合があったが、この際は原水より処理水の一般細菌濃度が上昇しており、捕捉物が流出するような状況下であり、通常の処理の状況でなかったことが推測された。

そのような状況下にあった場合も含め、UV 処理水では、大腸菌は全て陰性であり、実験期間を通じて原水の水質若しくは装置内の気泡等により捕捉物が流出した際も十分な不活化が行われていることが示された。

使用日数に換算して一般細菌と大腸菌の濃度を算出したところ、平均的には 400 日相当の使用においてもろ過水でも基準値以内の値を確保することができ、UV 処理水では十分な不活化が行われることが分かった。

(6) 支持体の閉塞について

実験終了時にろ材支持部材の下側（流入側）を確認したところ、アルミ、シリカ、有機物から構成される堆積物が蓄積して、閉塞が起りやすい状況になっていることが確認された。

(7) 実験まとめ

実験室内のプラントにおいて濁度 1 程度程度の原水を用いて、濁度及び微粒子除去率の実験を実施したところ、ろ層が安定した後は、濁度、微粒子残存率は安定し、濁度でほぼ 90%、3 μ m 以上の粒子で 95%以上の安定した除去率が得られた。一方で 1~3 μ m の粒子については 30%程度の除去率しか得られなかった。

実地の実証実験では原水濁度の上昇(~50 度)により、処理水の濁度上昇が確認された。また、ろ過機に気泡が入ることで捕捉した濁質が流出する可能性が示唆された。紫外線照射によりろ過水の大腸菌を不活化できていることが確認されたが、ろ材支持部材に堆積物が確認された。

6.2 実地聞き取り調査

(1) 簡易水道から飲用水供給施設に変更し、給水を実施する事例

2022 年現在 18 戸 44 名に給水するため、簡易水道から飲用水供給施設に変更した。冬から春にかけて 1-5 月は取水する水源貯水堰の水位が下がることがあり、集落内の組合長が節水呼び掛け、バルブを閉めるため毎日水源および配水池の水位を確認に来ていた。2020 年 2 月に自動凝集ろ過装置と UV を設置し、処理を開始した。イノシシ除け鉄条網の枠の中の市販物置の中に設置した。濁度は完全には下がらないが、10 度以下を保っている。自動凝集ろ過装置の濁度除去が十分でないことを踏まえて、後段に MF 膜を入れたが、設置 3 日で膜閉塞を生じたため、MF 膜は撤去して代わりに微生物リスク対策として UV-LED 装置を導入した。更に濁度管理の補完として原水貯水池にプレフィルターとして浸漬型平膜を導入した。原水では大腸菌が検出されるが、紫外線消毒で大腸菌、一般細菌がほぼ検出されなくなり、十分な水質を保っている。本格的な UVLED が稼働した施設である。

配水池水位については研究班の東大小熊先生の研究室が、組合長の自宅でモニターできるように簡単なセンサーと通信機器を取り付けた。電波が届きにくいいため、途中でソーラーパネル給電式の中継機器を柱に取り付けたところ、安定して見られるようになった。

(2) 簡易型フィルターと小規模向け凝集ろ過装置

ディスクフィルター(イスラエル製)→塩素注入→小規模向け凝集ろ過装置→紫外線照射装置→配水池出口に塩素注入を行う装置を設置した。住民がフロート式の水位計を作り、通りから竿の印で水位が把握できるように改良がなされた。

平成 29(2021)年には土石流による被害が発生し、幸い施設には損傷がなかったが、激甚災害に指定され、砂防堤を 2 つ建設することとなった。

砂防堤建設時に、水脈が切れたため、農林事務所の管理経費で防水シートとモルタルで取水場所を作り、沈砂池に送るようにした。上流の受水槽で勢いよくオーバーフローするほど水量が取れるようになった。

なお、近くに市の浄水場があるが、水位が低く水道としては上流に送水できず、給水区域に入っていない。

(3) 水源を統合し水質検査を効率化し、処理装置を導入した事例

水源 3ヶ所の水を一つの水槽に入れ、水質検査を 1 つにしている。小規模水供給システム向けの凝集ろ過装置 3 台、UV 2 台、塩素消毒 1 台で処理を実施しているが、全てを一つの建物に入れると建築認可が必要で時間がかかるため、3 つの物置を並べて設置した。

タイマーで塩素を注入しているが、塩素はほぼ 0.1 で維持されている。夏冬、昼夜同量注入にすると塩素臭がすることがあるため、冬場は注入時間を昼のみ、夏場は少し塩素注入の時間を長くして、注入量を維持している。毎年当番を交代し毎月数回チェックを実施する。今のところ当番は 5~10 年に 1 回位回ってくる。毎年集会を開いて当番を決めるが、住民の連携、意識が高く、先達が維持してくれていたため、住民としては維持することが当然と思っている。

この地域は、若者も積極的に関与しており、以前より水に苦勞することがなくなったので、住民が戻る可能性もある。水源量が少なく、苦勞していたが、UVLED の実装が認可を受けて設置された貴重な事例であった。

(4) 簡易な施設改良を行った事例

住民がホームセンターで材料を調達し、整流壁 2 枚を手作りし、沈砂池の改良を行った結果、水質が安定するようになった。上澄みだけ迂流して流れるしくみとした。

本施設では、UF 膜ろ過機が実証試験として導入され、試験完了を経て、現在は住民管理のもと運用されている。1 年に一回薬品洗浄をすることとし、薬品洗浄時は住民が膜モジュールを外して交換することができる。その後に濁度を感知すると遮断弁が動く装置がある。センサーが外に出ていると結露すると誤動作するため、水の中にセンサーをつけている。濁度が高い時は三方コックが閉じて水が止まる。流量が下がると膜の装置も停止する。オーバーフローの水量が多いので小水力発電を導入する可能性がある。雨がずっと落ち葉のようなものが入るため、UF 膜ユニット前にディスクフィルターが付いていても濁度 30 度位になることがある。塩素は配水池でも注入している。

(5) 取水口のスクリーン設置事例

上流の取水堰、取水口において、小型ウォータースクリーンを導入した事例が複数あった。特注の比較的安価な 25cm 幅の小型ウォータースクリーンコンクリートで堰を作りその下に防水下地を入れて少量の水でも取水できるように改良されたため、取水が安定した。補助金が 7 割あり、管理もしやすくなり、確実に取水を行うことができるようになった。

(6) その他の事例

宿泊施設を伴う小規模水供給施設で MF 膜を備えた装置 + PAC 注入機が設置された事例などがあつた。聞き取りにおいては、小規模水供給施設のうち、恒常的に塩素を入れていない施設が多くあり、UVLED 装置が安くなれば検討対象に入る可能性があるとの指摘もあつた。

また、中国地区において、市による補助金も活用して各戸または数軒に給水する小型浄水器(手動または自動による逆洗機能付き膜処理装置)を設置し、別事業で巡回する担当者がメンテナンスを行う事業が行われているほか、現在複数の民間会社で、膜を用いた装置のリース契約による設置、メンテナンスを実施する検討が行われている。今後も引き続き、このような事例の推進や好事例の共有が有効であると考えられた。

7. 小型紫外線消毒装置の基礎的知見の収集と実際への適用に関する研究

小型紫外線消毒装置の実証試験結果は、以下のとおりとなった。

7.1 原水の物理化学的水質

実証試験原水の物理化学的水質項目(濁度、色度、硬度、鉄、マンガン、水温、pH、電気伝導率)の測定を行った(2020年8月~2022年7月、うち2021年1月~5月および2022年2月~3月に中断、n=33)。その間、原水の紫外線(280nm)透過率の幾何平均値は96.1%、中央値は95.7%であつた。

紫外線処理に適した処理対象水として、紫外線の水中への透過を過度に阻害しないことの見安は、濁度2度以下、色度5度以下、紫外線透過率75%以上、紫外線装置内に着色やスケールを生じないことの見安は全鉄0.1mg/L以下、全マンガン0.05mg/L以下、硬度140mg/L以下、が推奨されている。これらの見安値に対して今回の測定結果は、濁度の最大値を除いていずれも適合しており、すなわち紫外線処理の対象水として概ね適した水質と判定された。

濁度の最大値(3.1度)は2020年10月20日の試料、色度の最大値(4.1度)は2022年7月5日の試料でそれぞれ計測されたが、これら試料の紫外線透過率(280nm)は順に98.6%、92.7%であり、他の採水日の試料に比べて突出して低い透

過率とは言えなかつた。一方、紫外線透過率の最小値(91.3%)を記録したのは2021年9月28日であるが、当該試料の濁度と色度は順に1.1度、1.5度であつた。紫外線消毒の性能は、紫外線がどれだけ水中の微生物に到達するか、すなわち紫外線透過率に大きく依存するが、濁度など電氣的に常時監視が容易な水質指標だけでは紫外線透過率を推定しがたいことが示された。なお、紫外線透過率最小値91.3%を記録した2021年9月28日のUV-LED装置による微生物不活化率(大腸菌で1.4log以上、大腸菌群で2.6log、一般細菌で1.8log、従属栄養細菌で0.9log)は、他の採水日の試料に比べて遜色なく、紫外線処理の効果を損なうほどの透過率低下ではなかつた。

7.2 UV-LED 処理による微生物濃度の変化

原水、UV-LED 処理水(UV-LED 点灯)、対照試料(UV-LED 消灯)における微生物測定項目(大腸菌、一般細菌、従属栄養細菌)の微生物濃度測定を行った。原水について、採水33回のうち24回で大腸菌を検出した(陽性率73%)。また、一般細菌と従属栄養細菌は全ての原水中に検出され、原水の一般細菌は常に水道水質基準値(100cfu/mL)を下回ったものの、従属栄養細菌は暫定水質管理目標値(2000CFU/mL以下)を8回超過した(超過率24%)。

当該施設は地表水を原水とし、大腸菌が高頻度で陽性であることから、公共水道を対象に厚生労働省の定める「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」に照らすと、クリプトスポリジウム汚染リスクが高いとされる「レベル4」に該当する。厚生労働省指針では、「レベル4」に該当する施設での有効なクリプトスポリジウム対策として、ろ過設備による厳密な濁度管理、または、ろ過と紫外線照射による消毒を挙げており、当該施設において実際に住民に供給される浄水の処理プロセス(塩素+砂ろ過+紫外線)はこれを満たしている。測定結果から、総じて、原水の微生物濃度は変動が大きく、特に2022年7月5日に大腸菌で観察された突発的な濃度上昇は顕著であつた。すなわち、未処理の原水は微生物学的安全性の観点から常時飲用には不適であり、消毒処理が必要と判断された。

大腸菌の挙動と一般細菌の挙動は必ずしも類似せず、この差異は、大腸菌が野生動物の糞便汚染由来である一方で一般細菌は土壌細菌等も含む多様な細菌類を含むものであり、すなわち汚染起源が異なることが原因と考えられた。試験期間を通じて、12月から1月に原水中の大腸菌不検出が連続したことから、季節的な影響(冬期の水温・気温の低下による微生物活性の低下、野生動物の活動低下など)が示唆された。一方、原水中

の一般細菌や従属栄養細菌の濃度変化に明確な季節性は見られなかった。なお、大腸菌濃度と水温・気温の関係を調べた結果、概して、水温が17℃を超えると、あるいは気温が23℃を超えると、高濃度の大腸菌を検出する頻度が高いことが示された。また、いずれの微生物項目でも、UV-LED 消灯で装置内を通水した対照試料は原水とほぼ同等の微生物濃度を示した。よって、UV-LED 点灯試料(処理水)で見られた濃度低下は、装置内への吸着等によるものではなく、紫外線による不活化の効果であることが裏付けられた。

UV-LED 処理水では、いずれの微生物項目も濃度が低下し、大腸菌はUV-LED 処理水の1回を除く試料で100mL中に不検出となった。処理水中に大腸菌を検出した1試料も0.5CFU/100mLと定量下限値であり、総じて紫外線処理が大腸菌の不活化に継続して効果を発揮したことが確認された。また、処理水では一般細菌の水道水質基準値(100cfu/mL)および従属栄養細菌の暫定水質管理目標値(2000cfu/mL)を全ての試料で継続的に下回った。

対数不活化率は、大腸菌は最大値2.41log以上(処理後不検出試料多数のため定量不能)、一般細菌は最大値2.81log(中央値1.51log)、従属栄養細菌は最大値2.21log(中央値1.11log)であった。本研究の範囲では、不活化性能に経時的な低下は見られず、また、渇水による運転停止(2021年1月~5月、2022年2月~3月)からの復帰直後から、停止前と遜色ない性能を発揮した。

本実証試験では、ろ過等の前処理を経ずに原水を直接UV-LED装置に通水した。これは、UV-LED装置単独での性能を評価するため、また、人的資源や資金に制約がある小規模施設ではできるだけシンプルなプロセスが望ましいと判断したため、設定した処理フローである。本研究の結果から、仮にろ過設備なくUV-LED装置を単独で導入した場合でも、水の微生物学的な安全性を有意に向上できることが示された。一方、実装に向けては、紫外線消毒には残留効果がないことを十分に考慮した給水システムの構築と、利用者への周知が必須である。一案として、できるだけ給水末端に近い位置に紫外線装置を設置すること、給水栓から得た水は長期保管せずできるだけ速やかに消費するよう周知すること、などが挙げられる。あるいは、塩素消毒を併用することで、給水システム内の再増殖・再汚染リスクを抑制することも有効である。本研究と同じUV-LED装置による紫外線消毒をすでに導入した小規模水供給施設では、紫外線消毒と塩素消毒を併用しており、浄水の微生物学的安全性を担保する観点から極めて効果的である。

集落規模で運営する水供給施設で新しい技術を導入する場合、各地域の実情、特に、運営と維持管理に要する費用と労力に応じて、住民自らが技術を選択する必要がある。行政や学識者は、技術の選択に際し必要十分な情報を提供することで住民を支援し、さらに、技術導入後も長期的に技術的アドバイスを提供することが求められる。

8. 小規模集落が管理する水供給システムに関する住民の金銭的負担と給水規模別維持管理状況の実態、および、外部団体からの支援の可能性

8.1 水供給システムに関する住民の金銭的負担

(1) 水供給システムを敷設する際の財源について

水供給システム敷設当初の財源について尋ねた結果、個人・集落のみで負担と回答した集落が52集落(総集落の約22%)、個人・集落と行政等で負担と回答した集落が49集落(約20%)、個人・集落の負担はないと回答した集落が55集落(約23%)、無回答の集落が63集落(約26%)確認できた。個人・集落の負担があった集落は101集落となり全体の約4割に及んだ。

(2) 水道料金体系について

水道利用に関する料金体系について尋ねた結果、定額制と回答した集落は無料と回答した集落40集落を含め138集落(総集落の約57%)、メーター制を含むと回答した集落は74集落(約31%)、その他と回答した集落は12集落(約5%)、不明・無回答であった集落は17集落(約7%)確認できた。このうち定額制のみを採用している集落について、1か月分の水道料金を尋ねたところ、1世帯当たり500円以下との回答が最も多く73集落(対象集落の約57%)、500~1000円以下との回答が27集落(約31%)であった。他方、メーターを活用している集落では20円/m³以下との回答が14集落(メーター制および定額制とメーター制を併用している集落の約19%)、20~50円/m³以下との回答が25件あり、50円/m³以下が約53%を占めた。同規模(現在給水人口100人以下)の簡易水道事業の料金体系と比較したところ、飲料水供給施設は安価な料金設定がなされていることがわかった。

(3) 水供給システム敷設当初の財源と水道料金体系の関係

水供給システム敷設当初の財源と水道料金体系の関係について分析を行った。水供給システム敷設当初の財源については、「個人・集落のみで負担」「個人・集落と行政等で負担」「個人・集落の負担なし」の3区分、水道料金体系については、「定額制のみと回答」「メーター制を含む」の2区分について両者の関係を整理した。

水道料金体系について定額制のみと回答した138集落の水供給システム敷設当初の財源につ

いて整理した結果、個人・集落のみで負担が 28 集落（対象集落の約 20%）、個人・集落と行政等で負担が 25 集落（約 18%）、個人・集落の負担なしが 36 集落（約 26%）、無回答が 38 集落（約 28%）であった。少しでも個人・集落の負担があった集落は合わせて 53 件（約 38%）確認できた。

水道料金体系についてメーター制を含むと回答した 74 集落の水供給システム敷設当初の財源について整理した結果、個人・集落のみで負担が 15 集落（対象集落の約 20%）、個人・集落と行政等で負担が 21 集落（約 28%）、個人・集落の負担なしが 18 集落（約 24%）、無回答が 12 集落（約 16%）であった。少しでも個人・集落の負担があった集落は合わせて 36 件（約 49%）となり、メーター制を含む集落の約半数が個人・集落負担があることがわかった。

水道敷設当初の財源は個人・集落のみで負担と回答した集落の水道料金体系について整理した結果、定額制との回答が最も多く 28 集落（対象集落の 54%）、次いで多いのがメーター制を含む集落で 15 集落（約 29%）であった。個人・集落と行政等で負担と回答した集落の水道料金体系について整理した結果、定額制との回答が 25 集落（対象集落の約 51%）、メーター制を含む集落が 21 集落（約 43%）であった。また、個人・集落の負担なしと回答した集落についての結果は、定額制と回答した集落が 36 集落（対象集落の約 65%）、メーター制を含む集落が 18 集落（約 33%）であった。

(4) 世帯ごとの水道料金負担の特徴

集落ごとに 1 ヶ月に 20m³を使用した場合を基準とし水道料金を計算し水源種別に整理した結果、表流水（渓流水）を使用している集落の中央値は 296 円、湧水を使用している集落の中央値は 550 円、地下水・井戸水を使用している集落の中央値は 1271 円、伏流水を使用している集落の中央値は 1000 円であった。総集落のうち水道料金を計算することのできた 198 集落の水道料金の分布をみると、167 円～1819 円の集落が約半数となり、中央値は 905 円、平均値と中央値の差は 512 円であった。

8.2 集落規模別（給水戸数区分別）の維持管理等の実態の分析

(1) 現在給水戸数について

現在給水戸数についての回答結果は、6 戸～10 戸の集落が最も多く 67 集落（総集落の約 28%）、次いで多いのが 11 戸～15 戸の集落 59 集落（約 24%）であった。10 戸以下の集落が 101 集落となり総集落の約 4 割となることがわかった。

給水戸数による違いを分析するため、給水戸数別に集落が 3 分割となるよう分割し、戸数で分け

た結果どのような違いがあるかを調べた。分割した結果、違いの顕著であった項目について報告する。

(2) 現在給水戸数別の塩素消毒施設有無

塩素消毒施設の有無について整理した結果、塩素消毒施設があるとの回答では、16 戸以上の集落が最も多く 43 集落、次いで 9 戸～15 戸の集落が 31 集落、1 戸～8 戸の集落が 23 集落であった。集落が増すごとに塩素消毒施設があると回答した集落が増える結果となった。塩素消毒施設がないと回答した集落について、水源別（表流水（渓流水）・湧水・地下水井戸水・伏流水）に集計した結果、表流水（渓流水）を使用している集落は、1 戸～8 戸の集落で 17 集落、9 戸～15 戸の集落で 12 集落、16 戸以上の集落で 9 集落となり、1 戸～8 戸の集落で他の戸数に比べ多いことがわかった。

(3) 現在給水戸数別の水質検査実施状況

水質検査を行っているかどうかの回答を整理した結果、水質検査を行っているとの回答は、1 戸～8 戸の集落で 18 集落（対象集落の約 32%）、9 戸～15 戸の集落で 35 集落（約 47%）、16 戸以上の集落で 37 集落（約 60%）であった。

(4) 現在給水戸数別の停断水トラブルの発生と記録状況

過去に起きたトラブルの記録をとっているかを整理した結果、毎回必ずとっている集落とある程度記録をとっている集落を合わせると、1 戸～8 戸の集落で 12 集落（約 16%）、9 戸～15 戸の集落で 33 集落（約 38%）、16 戸以上の集落で 35 集落（対象集落の約 45%）が記録をとっていることがわかった。また、全く記録をとっていないとの回答が、1 戸～8 戸の集落では 38 集落（約 51%）となり他の戸数に比べて多いことがわかった。

(5) 現在給水戸数別の維持管理の連携状況

管理を行政や他の集落と連携・協力して行っているかを整理した結果、行っているとの回答は、1 戸～8 戸の集落で 17 集落（対象集落の約 23%）、9 戸～15 戸の集落で 28 集落（約 33%）、16 戸以上の集落で 45 集落（約 58%）であり、戸数が増すごとに行っていると回答する集落も増えることがわかった。

管理に関する講習会や研修会の実施については、全くないとの回答が 1 戸～8 戸の集落で 63 集落（対象集落の約 85%）、9 戸～15 戸の集落で 65 集落（約 76%）、16 戸以上の集落で 49 集落（約 64%）であった。1 戸～8 戸の集落では、講習会や研修会がない集落の割合が高いことがわかった。

(6) 現在給水戸数別の管路に関する記録、維持管

理マニュアルの有無状況

管路敷設図（配管図）の記録の有無について整理した結果、1戸～8戸の集落で記録があると回答した集落は20集落、9戸～15戸の集落では31集落、16戸以上の集落では38集落であった。

また、維持管理マニュアルの有無について整理した結果、1戸～8戸の集落でマニュアルがあると回答した集落は6集落、9戸～15戸の集落では23集落、16戸以上の集落では16集落であった。1戸～8戸の集落では、他の戸数に比べてマニュアルがある集落が少ないことがわかった。

(7) 現在給水戸数別の水供給システム敷設財源と水道料金体系

水供給システム敷設当初の財源について整理した結果、3区分した結果を比較したところ、1戸～8戸の集落では、補助金と回答した集落が多く10集落、行政設置・行政補償と回答した集落は少なく6集落であった。9戸～15戸の集落では、個人負担と回答した集落が他の集落よりも多く23集落であった。

水道料金体系について3区分した結果を比較したところ、1戸～8戸の集落で無料と回答した集落が24集落、9戸～15戸の集落で12集落、16戸以上の集落で4集落であった。メーター制と回答した集落は、1戸～8戸の集落で7集落、9戸～15戸の集落で15集落、16戸以上の集落で19集落であった。1戸～8戸の集落では他の戸数に比べて無料の集落が多く、メーター製の集落が少ないことがわかった。

(8) 現在給水戸数別・水源種別の水道料金の分布

給水戸数別に区分したうえで、水道料金体系について水源別（表流水（渓流水）・湧水・地下水井戸水・伏流水）に水道料金を計算した。

給水戸数1～8戸の集落の水道料金は、0円～1000円の集落が約半数となり、中央値は250円、平均値と中央値の差は517円であった。

給水戸数9戸～15戸の集落の水道料金は、277円～2000円の集落が約半数、中央値は1000円、平均値と中央値の差は831円となり、1戸～8戸の集落の水道料金より高い結果となった。

給水戸数16戸以上の集落の水道料金は、413円～2000円の集落が約半数、中央値は1000円、平均値と中央値の差は579円となり、1戸～8戸の集落の水道料金より高い結果となった。また、地下水・井戸水を使用している集落の中央値は1850円で平均値は2338円となり、他の給水戸数規模の集落と比較して高い結果となった。

8.3 外部組織による支援の可能性

(1) 外部組織からの支援や人的支援が求められる事例

E県K町において簡易水道と飲料水供給施設の

維持管理について、町職員に対してヒアリングを行った。平成16年に1町3村が合併して構成、現在人口8000人余りで高齢化率は48%、2030年の人口は5000人余りと予測されている。K町の水源は表流水であり、地下水を利用した事例はない。簡易水道は15の事業があり、そのうち6事業は直営、9事業は委託である。飲料水供給施設も町営であり、私営・組合営はない。旧K町部分の簡易水道・飲料水供給施設はすべて直営、旧3村部分は2施設を除き57の水道管理組合に管理運営を委託している。直営に関する業務は町職員2名で担当しており、簡易水道の水質検査は月に1～2回行い、飲料水供給施設は各月で水質検査を行う。また、地元からの相談等の連絡があった場合は、点検等に行く。水量等を監視する遠隔システムの設置にも努めており、15の施設に採用し設置している。

林業や農業の補助金を活用し、管理組合での運営が費用面で成り立つように整備された施設ではあるが、昭和40年～50年代に整備された施設が多く、ほとんどが緩速ろ過方式である。町は各集落に要望を聞き、取りまとめて緩速濾過の砂などを一括で購入している。この頃に作られた施設は特に老朽化が進んでいるが、更新については、国や県の補助金が得られず、過疎債・企業債に頼らざるを得ないため、町としては更新に注力しているが、年に2～3施設しか更新できていない。なお、平成27年度以降の更新では膜濾過を導入しており、膜ろ過施設は維持管理が比較的簡単であり、慣れると高齢者でも可能である。

戸数の少ない組合では、修繕費や外部委託費が不足し、住民に水道利用料以外の経済的負担や労務負担が発生している。水道管理組合の構成員の減少や高齢化により、これまでのように構成員で作業を行うことが困難となってきた。比較的新しく施設を更新したところでは、膜ろ過方式や取水スクリーンを採用しており、メンテナンスが楽になっているものの、施設更新がされていないところでは施設のほとんどが緩速ろ過方式であるため、砂のかき取りや洗浄、入れ替え作業などが重労働で大変との声が多い。これ以上、組合で管理を継続するのは、経済面、作業面で困難であるとの相談が徐々に増加しており、高齢者の多い管理組合では継続困難と想定している。そのため、令和4年度より、管理委託料等を見直し、修繕費と電気代は町が全額負担している。施設規模に応じた必要な労務費を積算し、管理委託料としている。これにより水道使用料以外の経済的負担をなくし、外部に再委託する経費を確保できる見込みとなっている。しかし、現状ではK町内でこのような作業を請け負う会社は1社（従業員2名の個

人事業主)のみである。他に水道業者や工事組合加盟業者は6社あるものの、いずれも小規模で、通常業務で多忙であることから、新たに作業を請け負うのは困難な状況である。再委託に係る経費は確保できると見込まれているが、実際に作業を担う人員の確保が課題であり、人的な支援や外部組織からの支援が必要な状況にあると考えられる。

(2) 市町村からの支援について

過年度の一連のアンケート調査の結果、行政を含む外部団体から維持管理作業における支援や連携協力を受けている事例は、こういった集落全体の20%程度に過ぎず、また、その内容も研修や水質検査といったものであり、取水設備やろ過設備の点検・清掃、あるいは、漏水や断水トラブル発生時などの非常時対応といった集落では負担が重いと考えられている作業についての支援を行政や水道事業体から受けているケースはほとんど見られなかった。集落自らが運営している水道であり、水道法の規制対象外でもあるため、自己責任が原則であるかもしれないが、都市部等における一般の水道利用者が市町村等の水道事業者へ維持管理等の作業など一切を任せておける状況と比べると、大きな作業負担を抱えている状況である。

一方で、こういった小規模な水道を運営している集落や個別井戸を有している個人等に対して、積極的な支援を行っている地方自治体も存在している。簡易水道事業など一部の公営の水道事業には税金を原資とした一般会計等別会計からの繰入金が入っていることを考慮に入れると、同程度の財政支援・人的支援を行うことが妥当であるといった考え方によると思われる。ここでは、行政からの積極的な支援の事例いくつかについて提示する。

1) 静岡県A市、B市の事例

A市では、年に1回、水道未普及地域の水道管理者を集めて研修会を実施している。また、水道未普及地域支援事業、あるいは、生活用水応援事業制度等により、施設整備や修繕工事に対して80%の助成や、水質検査や施設維持管理に対し50%の助成を行うとともに、小規模水道に特化した簡易ろ過池を考案し紹介することなどを通して管理面・技術面の支援を行っている。加えて、集落の水道が断水した際には要請により給水車によって水道水を宅配するサービスを行っており、水量従量料金+定額の運搬費にて応急給水を行うといった支援を行っている。

同じ静岡県のB市では市内に100カ所以上の飲料水供給施設が存在していることから、飲料水供給施設等整備事業補助金を設け、3戸以上または

10人以上の団体について整備費の7/10を補助するといった財政支援を行っている。この補助金制度を利用し、取水口閉塞対策のスクリーンを設置すること等で維持管理負担の軽減に対して大きな効果を上げている。

2) 鳥取県C町の事例

C町では、町内の複数の公営簡易水道事業の消毒剤の点検・補充を町外の民間業者に委託している。町からの声掛けにより、集落営の飲料水供給施設についても同時に消毒剤の点検・補充ができるよう協力している。

3) 宮崎県椎葉村の事例

宮崎県椎葉村では、飲料水供給施設管理サービス支援事業を実施している。これは、未普及地域の高齢世帯・障がい者世帯の飲料目的施設が断水したときを対象に、支援対象者からの依頼を受け付けた村が、村に登録された支援隊に支援を依頼するといった仕組みである。依頼を受け付けた日から3日以内に支援サービスを開始し飲料水を確保することとしている。支援完了後に支援者は、村からの作業料金(日当や経費)および依頼者の負担金(1000円/日)を受領するといった有償での支援の仕組みである。

(3) 民間企業・民間団体からの支援

アンケート調査において、外部団体と連携協力を行ったことがあると回答した23集落のなかには、少数ではあるが民間企業の協力を得て維持管理作業を行ったことがある集落があった。そのほとんどは地元の工務店など水道に関連する技術をもったところとの協力であり、協力内容は機器の修理や部品交換に関するものであった。他方、ボランティアやNPO団体からの支援・協力を受けた事例はわずかに3件に過ぎず、農山村地域の農作業を支援しているNPO団体やボランティア団体は多数存在している状況であるが、生活基盤でもある飲料水供給施設の維持に関連する作業には民間支援団体が入り込んでいない状況にあることが想定される。

これは、一般の水道事業は市町村による経営を原則としているため、集落営の小規模水道があることが広く認知されていないことが要因の一つだろうと考えられる。アンケート調査の結果から、集落側には外部から民間団体が支援に入ることに心理的な抵抗感はないと考えられるため、民間団体側の認識や理解が深まりさえすれば、農作業の場合と同様に支援の輪が広がっていくことが期待できる。ここでは、NPO団体が支援や関わっている事例として、北海道D町および大分県の事例をとりまとめる。

1) 北海道D町の事例

北海道のD町の場合は、水道未普及地域の水道

ではなく、簡易水道事業に対する事例で、町内 NPO 団体を活用することで、住民の高齢化により維持管理作業の継続が困難となった水道に対応した。以前は地元集落の住民を臨時雇用し維持管理作業の一部を行っていたが、高齢となり作業の継続が難しくなっていた。地域活性化や地域運営を目指す NPO 団体の地元での設立にあわせて、簡易水道の一部管理を当該 NPO 団体への委託に切り替えることで、地元住民、行政ともに作業負担が軽減される事例となった。NPO にとって委託額は一人分の工賃に足りないが、拘束時間は短く隙間の時間にて対応が可能で、NPO の経営を支える安定的な収入源だとみなしている。また町役場にとっては、高齢者の個人に任せていたときよりも、複数人で対応できる NPO の方が安心感を得られるといったメリットがある。

2) 大分県の事例

大分市新町にある NPO 法人おおいの水と生活を考える会を対象にヒアリングを行った。NPO 法人「おおいの水と生活を考える会」は、現在までに大分県内で 80 地区以上の活動実績があり、このうち、52 地区は浄水施設の整備、30 地区は水源調査（ボーリングの協力）を行っている。NPO 法人は、小規模集落における生活環境の整備に取り組むため、水源確保施設の整備や維持管理に力を入れている。

H19（2007）年から H20（2008）年にかけて、大分県で小規模集落対策の調査が行われ、その結果、「水」に関する課題が第 4 位に位置づけられた。その後、小規模集落の生活環境の整備を目的として、「生活用水確保のための代替水源開発や維持管理が容易な施設の整備」に取り組むことが決定された（H24.3 小規模集落対策推進指針）。

また、H21～H22 に大分県（環境保全課）が「水と生活の調査隊」「水と生活の調査団」を組織し、技術士などの技術者に現地を見てもらい、対策案等についてアドバイスをもらうなどの調査検討を行った。その後、この取り組みに賛同した技術者の有志グループが誕生し、後に NPO 法人「おおいの水と生活を考える会」として設立された。

NPO では、調査、測量、計画、設計を受託する以外に、地元のみで維持管理できるような緩速濾過式の浄水施設や配水施設の開発と設計も実施している。また、年間 3～10 件程度の案件を手掛け、これまでは、入札ではなく随意契約で受けている。非営利団体であり収益をあげることは目的としてはないが、案件が多い時は年間受注総額が 1000 万円を超えることもある。NPO の収入は、設計調査費用のほか、会費 1 人あたり年 5000 円、協賛企業による協賛費などである。

NPO が抱える課題は以下のとおりである。NPO

は設計を行なっているが、施工管理には携わっていない。事業主体は市町村であり、施工管理も市町村が担当している。そのため、うまく機能せずに集落から苦情がくるといったこともある。施工並びにメンテナンスも任せてくれた方がうまく進むと考えている。

(4) 国による支援制度の活用可能性

令和 2 年 6 月に施行された「地域人口の急減に対処するための特定地域づくり事業の推進に関する法律」を根拠とし、令和 2 年度より特定地域づくり事業協同組合制度が運用されている。総務省によると、令和 4 年 6 月 1 日の時点で 36 道府県の 126 市町村が制度の活用意向を示し、うち 25 道府県の 55 市町村の組合がすでに認定済みとなっている。

この制度は、単に人手不足の解消を目的とした人材派遣の制度ではなく、「本制度を活用することで、安定的な雇用環境と一定の給与水準を確保した職場を作り出し、地域内外の若者等を呼び込むことができるようになる」とともに、地域事業者の事業の維持・拡大を推進することができる。」ことを目的とした制度であることに注意が必要である。実際この制度を活用した町村では地域外からの若者の移住定住につながっており、令和 4 年 12 月時点における総務省の調査（特定地域づくり事業活用意向調査）によると、派遣職員の約 7 割が地域外からの移住者であり、全体の約 6 割が 20 代・30 代の職員である。

これまでの調査からは、本制度を活用して集落の水供給システムの維持管理に従事したという事例は把握できていない。また、本制度の事業協同組合として認定されるには、人口急減地域であるかどうかや市町村から補助金などの支援が得られるかなど地方自治体の協力が重要となることから、制度活用のためのハードルは高いものの、前年度までに整理したアンケート調査の結果からは有償であっても外部団体の支援を利用したいという集落が一定数あったことから、こういった制度を活用して水供給システムを維持していく方策を展開していくは可能と考えられる。

8.4 考察

これまでの調査結果から、調査対象とした集落では、収支記録について、点検や事故・修繕結果の記録に比べるとより多くの集落で記録を保管しており、比較的長年の収支記録を有していることが確認できている。今後は、これらの収支記録の情報をもとに、同規模の簡易水道事業と比較し安価な料金設定となっている理由や今後の経営の安定性について分析をしていく必要があるものと思われる。

また、昨年度までの報告書において示してきた

ように、質問紙調査にて回答を得た集落の約半数は水供給システムの管理作業に負担を感じていること、架空の支援策ではあるが集落側における支援の利用意向は低くないことが確認できている。本年度までの調査により、現状では行政も含め外部の団体から支援や協力を受けている集落や事例は少数ではあるが、外部との協力連携や支援により効果をあげている事例が確認できたことと、さらには人口急減地域の後押しともいえる国による新たな制度ができ、拡まりつつあることなどを考えると、集落の水供給システムを外部団体との協力によって維持管理していくことを実現していくことは実現不可能なものではないと思われる。今後は、支援に関する需給がうまくマッチングするかどうかを把握することが課題だと思われる。これまでの研究で把握してきた集落水道の実態や支援ニーズなどを支援の可能性をもつ団体に対して提示することなどにより支援意向や支援の供給可能性を調査すること、ならびに活用できそうな国や地方自治体の支援制度等を併せて検討していくことなどにより、小規模な水供給施設を外部団体との協力により維持する仕組みの実現可能性を調査検討していく必要があると考えられる。

9. 地域のプレイヤーが自律的に管理する小規模水供給システムのケーススタディおよび実践的取り組みを通じた支援体制の検討

9.1 小規模水供給施設の運営に関与している民間組織等へのヒアリング調査結果

市町村の担当者へのヒアリング調査の結果を、令和2～3年度の調査結果と合わせて整理した。

(1) アセットの帰属

B町、D町、E町の一部、F町、G市の一部、H町、I町、J町では、地域自律管理型水道のアセットは市町村に帰属しており、維持管理を地元の水道利用組合に委託する形式をとっていた。いずれのケースも無償での委託であり、一部のケースでは市町と水道利用組合の間で覚書等を交わして実施していた。一方、A市、C市、E町の一部、G市の一部では、アセットも水道利用組合に属しており、修繕、施設更新もすべて水道利用組合によって行われていた。ただし、A市、C市、E町ともに、大規模改修および水質分析に対する助成制度（50～75%補助）を設けていた。

(2) 行政の担当部署と情報収集体制

A市、B町、D町、E町、I町、J町では、水道担当部署が地域自律管理型水道の担当となっていたのに対し、F町、G市では営農飲雑用水であるという理由で産業担当部署が地域自律管理型水道の担当となっていた。H町では、住民生活課が担当となっていたが、技術的な支援は水道部署

が担っていた。自治体がアセットを所有し、水道利用組合への管理委託の形をとっているA市、C市、E町の一部、G市の一部では、年に1回の報告を水道利用組合に求めており、運営実績や役員の連絡先などの運営情報が蓄積されていた。中でも、B町およびD町では水道利用組合の総会に役場職員が可能な限り参加し、会計情報等を含めた運営状況が記載された総会資料が蓄積されていた。

(3) その他

D町では、1つの簡易水道の管理が地域運営NPOに委託されていた。当該簡易水道の地区は、本市街地から約13km（車で15分程度）の場所にあるため、役場にとって維持管理の負担が大きく、以前は当該地区の一般住民を臨時採用職員として雇用し、この簡易水道の管理に当てていた。この形式は、広い意味でとらえれば地域自律管理型に近いものであったと言える。ただ、その住民が高齢となり、作業の継続が難しくなったため、ちょうど当該地区において地域維持にかかる「よろず屋」的な活動を行うNPOが設立されたのに合わせて、同NPOへの委託に切り替えられた。

簡易水道管理の委託額は、同NPOにとって1人工（にんく、必要人員・作業量）分の収入には届かないが、主な作業内容は毎朝の水質および配水量チェックであり、拘束される時間はかなり短い。もともと地域の細かい仕事を組み合わせて実施している同NPOにとっては、他事業の隙間時間での対応が可能であり、むしろ、細かい事業を集めているために不安定になりがちなNPOの経営を、下支えする安定収入源と見なされていた。

9.2 小規模水供給施設の運営に関与している民間組織等へのヒアリング調査

令和2～4年度にわたって行った調査の対象は、10市町と数的には限られたものではあったが、それだけでも、市町村と地域自律管理型水道の関係に多様なパターンが存在することが分かった。今回確認できた事例の中には、ほぼ100%地域住民らが自力で管理している地域自律管理型水道もあれば、行政がアセットを保有したり、修繕まですべて行政が行うなど行政の関与が濃いものもあった。これは、それぞれの地域の事情や条件に合わせて、行政と住民の間の作業と責任のバランスをとった結果であり、裏を返せば、ほかの市町村にとっては、この中間的な運営体制のバリエーションの中から、自らの市町村や地域の状況に近いものを参考にすることができるといことになる。また、それぞれの市町では水道利用組合との覚書や、役割分担の根拠となる条例の整備などが行われていた。状況の似た市町村においてこうしたノウハウが活用できるようにすることが、

今後の小規模給水施設の持続性を高める上で重要であるが、一方で、個々の資料は、完全オープン形で提供することが難しいものもある。そのため、現実的には、担当者が自分の市町村に適したノウハウを持つ市町村に、個別にアクセスできるようなネットワークづくりが重要と思われる。

また、B町で確認された地域運営NPOへの管理委託は、新たな地域インフラ維持のモデルになると考えられる。人口減少の進む地域では、店舗や生活サービス等が単独では成り立たなくなっており、それを補完する「よろず屋」的な事業に取り組む「地域運営組織」が各地ででき始めている。こうした組織はB町のNPO同様、地域の極小規模の事業を組み合わせるため、1人工に満たない仕事も引き受けられる一方で、経営はどうしても不安定になりがちである。そうした中で、水道管理を市町村から受託することは、1つの安定財源を得られることになる。

9.3 富良野市における自律型モデルの実践的とりくみの実施結果

(1) 富良野高校のフィールドでの活動

北海道富良野高校科学部と連携した地域自律管理型水道の支援策として、採水分析(7/18, 8/8の全2回)と管路地図のGIS化(8/10～部活動の中で継続的に実施)を行った。

(2) 富良野高校の報告会

本年度は、活動報告の機会として、高大連携イベントと水道利用組合向けの報告会を設けた。

1) 高大連携イベント「ふらのの水と観光プロジェクト・ワークショップ」

札幌国際大学において、令和4年11月12日に高大連携のワークショップを開催した。富良野高校科学部員は、話題提供として令和4年度の成果(速報)を報告し、その後、3つのグループに分かれて、昨年度のワークショップで出されたアイデアをビジネスとして成立させるための方策について、大学生らと共に検討を行い、最後にその結果を発表した。

2) 水道利用組合向け報告会「富良野のおいしい水を守る活動結果報告会」

富良野高校視聴覚室において、令和5年1月28日に報告会を開催した。富良野高校科学部からの報告に続き、小規模水道向け技術の紹介が行われた。

(3) 富良野モデルの他地域への展開可能性検討

平成29年度から富良野市において試行錯誤を重ねた上で構築された取り組みを富良野モデルと呼ぶこととし、この富良野モデルの他所での展開を考え、これまでの試行錯誤に要した時間やコストをいったん取り除き、新規で同様の取り組みを始める際に何が必要となるかという視点で、必

要機材、コスト、人員について整理した。

1) 水質分析に係る機材

2) アセット情報管理支援(GIS化)に係る機材

3) 活動に係るその他のコストおよび人員

(4) 富良野モデルの他地域展開の実践

研究分担者がコンタクトすることができた1つの小学校、3つの高等学校の校長または教頭に対し、聞き取りによるニーズ調査を行った。結果、小学校では第4学年社会科の小単元「水はどこから」において、市町村独自教材によって上水道や簡易水道の紹介はされているものの、地域自律管理型水道の情報は無く、それらを含めた出前授業に関して一定のニーズが見込めることがわかった。一方、高校では、令和4年度から必修化された「総合的な探求の時間」において、富良野モデル適用の可能性があることが確認された。また、「総合的な探求の時間」では、生徒たちが探究課題を見つけ、自主的に取り組むこととなっているが、実際には、課題の自主的な設定は難しい場合が多いため、あらかじめ生徒たちにいくつか話題を提供し、そこから選んだテーマを掘り下げるといった形がとられていた。よって、「総合的な探求の時間」において生徒たちに話題を提供する場で、富良野モデルの話題を提供することができれば、適用拡大の可能性があることがわかった。

こうしたニーズ調査の結果を受け、実際に富良野モデルに関心を示し、かつ授業の枠を提供いただけた1つの小学校、2つの高等学校において、富良野モデルをベースとした地域自律管理型水道の授業を実施した。さらに、このうちの1つの高校(北海道富川高等学校)については、実際に令和4年度の「総合的な探求の時間」の授業の1つのテーマとして実施することが決まり、富良野市モデルを適用して、日高町役場の協力の下、日高町内3カ所の地域自律管理型水道について水質分析と管路地図のGIS化を実施した。結果は、報告会を通じて日高町役場に提供されるとともに、日高町役場を通じて水道利用組合にも提供された。

9.4 富良野市における自律型モデルの実践的とりくみ

本年度は、例年通りの活動を継続しつつ、これまでの試行錯誤によって構築された富良野市における取り組みを一つのモデルとして捉え、他地域展開を模索した。

ニーズ調査を通じて、①小学校では第4学年の社会科の単元において地域水道に関する授業のニーズがあること、②高校では生徒が自らテーマを決めて取り組む「総合的な探究の時間」において連携ニーズがあり、③生徒が各自の探究テーマを検討する際の話題提供においてに富良野モデ

ルを紹介することで、それを契機に住民・民間等との連携・協働による体制づくりが促進されることが明らかとなった。また、富川高校における適用実践においては、結果として、富良野高校での実践方法をほぼそのまま適用することができた。

今後、状況の異なる別の地域への適用も試みていく必要はあるが、少なくとも富良野モデルは他地域においても適用の可能性があること、さらに、富良野高校では部活動での実施であったが、「総合的な探求の時間」の授業としても適用可能であることが確認された。

E. 結論

高齢化及び人口減少等により、小規模な上水道や簡易水道では水道事業の維持が大きな課題の一つであるが、給水人口が減少しつつある簡易水道や給水人口が100人以下の飲料水供給施設等の小規模水供給システムにあっては、影響が特に大きく、飲料水を含む生活用水を供給する水道の施設・財政・維持管理・衛生確保の様々な面で多くの問題を抱え、水道の維持が困難となりつつある。このような水供給維持困難地域を含む地域においても、衛生的な水を持続的に供給可能とするための具体的方策を提案すべく、様々な分野において検討を行った。

1. 特に経営環境が厳しい人口5千人未満の過疎町村にある簡易水道におけるデータを基に、一部の簡易水道や小規模な水供給の今後のあり方を検討するため、将来シミュレーションモデルの構築を行った。また、全国の簡易水道のデータから費用削減策の効果を検討するとともに、モデル地区での今後の整備のあり方を検討した。

通常の給水を行う場合は、見直しにおける管路延長減の効果が大きく、運搬給水を行う場合では使用水量減の効果が大きいこと、給水人口の抑制策も一定の効果を有することが明らかとなった。小規模な水供給については使用水量や管路延長の削減、運搬給水等の導入に加え、地域の活性化による人口確保等多様で多角的な対応が必要であるが、今回の詳細一般化式による個別事業に対する給水システム・形態の選定手法を用いたモデル地区での検討では、3地区を施設統合し運搬給水を導入することが費用負担的には有利となった。

2. 小規模な水道においては、給水人口の減少率が上水道等の地区と比較するとより大きく、管路はじめとした既存施設の維持は非常に困難になること、浄水処理に係る維持管理手間の軽減と飲用水としての水質の安全性の確保、投資に対するコストの低減化、人手をかけないメンテナンス等が非常に重要となること等を把握した。これらについては、家庭により近い地点で浄水水質を確保

する分散型の水道システムが、管路整備の負担軽減、水源における浄水施設管理の簡略化等に有効であると考えられた。

3. 高知県が推進した「高知県版生活用水モデル開発事業」は、社会ニーズにマッチした新技術を創出することに成功しており、県が果たした役割はきわめて大きい。特に、2槽式緩速ろ過装置は、極小規模、メンテナンスが容易、低コストといった、各地の小規模集落のニーズに対応できる新技術であることから、国内で広く普及していくのが望ましいと指摘した。水質検査の負担が大きい場合が有り、飲用水としての安全保証が目的であることから、公的補助や助言のしくみがあってもよいのではないかと考えられた。

4. 限定的な情報の下であるが、微生物的な安全性を確保するためのアプローチ方法を提示した。

病原細菌種の一斉検出における同定の正確性を高めるために、分析手法の改良を行った。小規模水供給施設の原水に適用した結果、13属24種の病原細菌の検出に成功し、土壌・水環境中の常在菌が主な病原細菌である可能性を示した。得られた知見をリスク評価に活用することで、微生物的な安全性を確保するために必要な浄水処理レベルを精緻に評価できることを示した。

5. 管内の堆積物の分析から、地域特有の管路維持管理作業が配水管内環境の制御に寄与できることを示した。

6. 小型浄水処理について、濁度除去に関する実験及び実地に設置した試行を実施した。実験室内ではろ層が安定した後は、濁度、微粒子残存率は安定し、濁度ではほぼ90%、3 μ m以上の粒子で95%以上の安定した除去率が得られた。一方で1~3 μ mの粒子については30%程度の除去率しか得られなかった。実地の実証実験では原水濁度の上昇（~50度）により、処理水の濁度上昇が確認された。また、ろ過機に気泡が入ることで捕捉した濁質が流出する可能性が示唆された。紫外線照射によりろ過水の大腸菌を不活化できていることが確認されたが、ろ材支持部材に堆積物が確認された。静岡市の簡易水道、飲料水供給施設及びその水源の調査を行った。関係者らの尽力により、水源取水装置、処理装置の改善が行われ、濁度が低く、安全性が高い水が安定的に供給されるようになった。研究が生かされ、UV-LED装置が実際に導入された事例などで維持管理体制の検討を行うことができた。

7. 山間の集落規模の飲料水供給施設を対象に実証試験を実施した。大腸菌の検出があったが、UV-LED装置による処理水では、調査したすべての微生物項目（大腸菌、一般細菌、従属栄養細菌）で濃度が低下し、水道水質基準の定める大腸菌数、

一般細菌数および水質管理目標として示された従属栄養細菌数の暫定目標値の全てを、大腸菌陽性となった1回を除いて2年間の試験期間を通じて継続的に満たした。本研究により、小規模施設で利用可能な消毒技術としてUV-LED装置の有効性と長期的な安定性が示された。

8. 集落外の団体との維持管理作業における連携・協力状況、および、集落役員が点検や清掃などの管理作業に感じている負担感や作業負担の重い項目、外部団体からの支援についての集落側の意向、支援を利用する場合の価格帯について調査を行った。水供給システムに関する住民の金銭的負担として施設を敷設する際の財源や水道料金体系について整理・分析するとともに、集落規模別の維持管理状況の実態を分析した。

水供給システム敷設時は、集落や個人負担と回答した集落が最も多く、半数を超える集落が水道料金を定額制と回答し、メーター制を含む集落では定額制より高い料金負担であった。これらのことよりいずれの料金制においても住民自らが管理している小規模水供給システムの場合、同規模の簡易水道事業と比較すると安価な料金負担となっているケースが多いことがわかった。

また、少数ではあるが地方自治体の中には積極的な支援を行っているケースやNPO団体を活用しているケースがあることがわかった。国が最近創設した特定地域づくり事業協同組合制度は、人口急減地域の小規模水道の維持管理作業を支援する枠組みとなる可能性がある。

9. 民間組織や水道事業者等と連携・協働した小規模水供給システム維持管理手法についてケーススタディの蓄積を行うとともに、地域と需要者に根ざした自律的で持続性の高い水道の一つのモデルを提示し、実践を通じてその有効性を検討した。今回確認された「中間的」な地域自律管理型を含む広義の地域自律管理型モデルは、今後水道運営の再編が必要となる地域に対し、それぞれの状況に合わせた多様な選択肢を提供することにつながると思われる。

「自律的な水供給システム」のモデルとしては、北海道富良野市をフィールドとした6年間の試行錯誤の結果、水道利用組合等による地域自律管理を前提とした。地元高校生による運営支援体制として「富良野モデル」を構築し、必要なコスト、人工（にんく、必要人員・作業量）、普及の方策について整理することができた。さらに、令和4年度には、実際に北海道日高町にある富川高校の「総合的な探求の時間」の授業として富良野モデルを適用し、富良野市同様の成果を地域に提供できることを確認した。

これらの知見から、小規模水供給の地域では、

地域の状況に合わせ、広域化、施設統合、維持管理の容易な装置の導入、分散型装置設置、運搬給水等を検討するとともに、住民や各種団体等と連携した維持管理、貸借や維持管理と組み合わせた民間との協力等を検討し、取り組むことが必要と考えられた。県や近隣の自治体等との情報共有、連携の必要性も多く指摘されており、今後とも多様な事例の共有、連携が重要と考えられた。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

・伊藤禎彦, 中山信希: 情報提供による水道料金評価の改善効果に関する分析, 水道協会雑誌, 91(10), 2-15, 2022.

・小熊久美子, UV-LEDを利用した消毒技術, 応用電子物性分科会誌, 29(1), 31-36, 2023

・Jack Jia Xin Song, Kumiko Oguma, Satoshi Takizawa, Inactivation kinetics of 280 nm UV-LEDs against Mycobacterium abscessus in water, Scientific Reports 13, 2186, 2023. <https://www.nature.com/articles/s41598-023-29338-w>

・渡邊真也, 小熊久美子, 省電力長距離通信を利用した簡易無線モジュールによる小規模水供給施設の遠隔監視, 水環境学会誌, Vol. 46, No. 1, pp. 11-19, 2023.

・小熊久美子, 海外における小規模水供給施設の実態と課題, 保健医療科学, 71(3), 234-240, 2022.

・Shinya Watanabe, Kumiko Oguma, A Simple and Practical Method for Fluence Determination in Bench-Scale UV-LED setups. Photochemistry and Photobiology, 99(1), 19-28, 2022. <https://doi.org/10.1111/php.13668>

・増田貴則, 堤晴彩. 小規模集落が経営する水供給システムの維持管理作業の支援ニーズと展望. 保健医療科学. 71(3):241-253, 2022.

・牛島健, 増田貴則. 自律的に管理する小規模水供給システムと実践的取り組み. 保健医療科学. 71(3):254-263, 2022.

2. 学会発表

・浅見真理, 人口減少社会における持続可能な水供給システムとまちづくりの動向, 水道実務技術指導者研究集会, 2023/2/20.

・木村昌弘, 浅見真理、伊藤禎彦; 小規模水道・水供給システムの維持管理に関する経営シミュ

レーション2：令和4年度全国水道研究発表会。2022.10.19-21；名古屋。同講演集。p.84-85。

- ・原彩斗、曾潔、中西智宏、伊藤禎彦：小規模水供給施設における病原細菌のスクリーニング調査を踏まえた定量的微生物リスク評価，環境衛生工学研究，Vol.36，No.3，pp.21-23，2022.7
- ・Jie Zheng, Ayato Hara, Takuya Kubo, Tomohiro Nakanishi, Sadahiko Itoh：Potential of Nanopore Sequencing of Full-length 16S rRNA for Identification of Pathogenic Bacteria in Small-scale Water Supply Systems, Water and Environment Technology Conference, WET2022-online PROGRAM and ABSTRACT, p.57, 2022.7
- ・伊藤禎彦，曾潔，中西智宏：小規模水道供給システムの実態と微生物学的安全確保法，2022年度第35回日本リスク学会年次大会講演論文集，p.90，2022.11.
- ・S. Itoh, S. Fukuoka, J. Kishimoto, T. Nakanishi: Controlling the Quality inside Distribution Pipes of Small Water Supply Facility, IWA World Water Congress and Exhibition, 11-15 September 2022, Copenhagen, Denmark.
- ・木村昌弘，浅見真理，伊藤禎彦：小規模水道・水供給システムの維持管理に関する経営シミュレーション，令和3年度全国会議（水道研究発表会）講演集，pp.100-101，2022.2.
- ・寫田泰彦，須田康司，下岡隆，三宮豊，市川学，川瀬優治，大瀧雅寛，伊藤禎彦：将来を見据えたスマートな浄水システムに向けた浄水場の課題解決技術・手法の調査-A-Dreamsプロジェクトの取組-，令和3年度全国会議（水道研究発表会）講演集，pp.132-133，2022.2.
- ・伊藤禎彦，中山信希：料金値上げに対する市民の容認度増大に係る要因分析，令和3年度全国会議（水道研究発表会）講演集，pp.26-27，2022.2.
- ・久保章，市川学，清塚雅彦，伊藤禎彦：水道が抱える課題と解決技術に関するアンケート調査結果と考察，環境衛生工学研究，Vol.36，No.3，pp.33-34，2022.7
- ・松本幸太郎，伊藤禎彦：ミャンマー・バゴー地域における将来の人口減少を見据えた水供給計画の立案，環境衛生工学研究，Vol.36，No.3，pp.38-40，2022.7
- ・久保章，山西陽介，田中広樹，山村寛，大滝雅寛，伊藤雅喜，伊藤禎彦，清塚雅彦：水道の基盤強化に資する浄水システムの更新・再構築に関する研究-A-MODELSプロジェクト-，令和4年度全国会議（水道研究発表会）講演会，pp.288-289，2022.10.

- ・小熊久美子，小規模水供給施設に適した消毒技術の検討，厚生労働科学研究シンポジウム「小規模水供給システム研究の進展」，2023/2/22.
- ・小熊久美子，小規模水供給施設の実態と消毒技術の検討，水道実務技術指導者研究集会，2023.2.21.
- ・LIU Xinyue and Kumiko Oguma, Disinfection by-products formation and dissolved organic matter alteration by UV/chlorine treatment of a river water sample, 日本水環境学会紫外線を利用した水処理技術研究委員会ワークショップ，2023/2/16.
- ・Jack Jia Xin Song and Kumiko Oguma, Inactivation kinetics of 280 nm UV-LEDs against Mycobacterium abscessus in water, 日本水環境学会紫外線を利用した水処理技術研究委員会ワークショップ，2023.2.16.
- ・鶴野葉月，小熊久美子，水道水への紫外線照射が塩素消毒副生成物に及ぼす影響，日本水環境学会紫外線を利用した水処理技術研究委員会ワークショップ，2023/2/16.
- ・小熊久美子，UV-LEDを利用した消毒技術，応用電子物性分科会研究例会，公衆衛生と安全・安心を守る材料デバイス技術，2023.1.27.（招待講演）
- ・Surapong Rattanakul, Kumiko Oguma, Data analysis of virus sensitivity to ultraviolet (UV) radiation, 第13回 東南アジア水環境国際シンポジウム，2022.12.14.
- ・Jack Jia Xin Song, Kumiko Oguma, Satoshi Takizawa, Fluence rate modeling using ray tracing simulation for water disinfection reactors with ultraviolet light-emitting diodes, 第13回 東南アジア水環境国際シンポジウム，2022.12.14.
- ・Shunsuke Oka, Shinobu Kazama, Kumiko Oguma, Satoshi Takizawa, Identification of fecal contamination source and enteric viruses in groundwater in the special region of Yogyakarta province, Indonesia, 第13回 東南アジア水環境国際シンポジウム，2022.12.13.
- ・Kumiko Oguma. Innovative UV-LED applications to drinking water and wastewater treatment systems for sustainable water management in future communities. JST-CONCERT UV Workshop. 2022.11.17.
- ・渡邊真也，小熊久美子，山間集落における水供給施設の管理負担軽減に関する検討-LPWA 通信モジュール活用による施設の遠隔監視-，第101回水道研究発表会，2022.10.20.
- ・増田貴則. 条件不利地域等におかれた小規模水

供給システムの維持管理・経営のこれから. 土木学会第 33 回環境技術思想小委員会・臨床環境技術小委員会合同講演会. 2022. 4. 12. オンライン.

・増田貴則, 堤晴彩, 桐林有花, 高部祐剛, 浅見真理. 小規模集落が管理する飲料水供給システムの敷設財源と料金体系の実態. 令和 4 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集. 2022. 10. 19-21. 名古屋. p. 86-87.

・Ushijima, K., Sintawardani, N. (2022) Challenge to involve young generation into local water and sanitation management: A stimulating event SaniCamp 2021, International Society for Sanitation Studies, Annual Conference 2022, 19th December 2022, Online.

・Ken Ushijima (2022) A participatory approach for community-based water system management with high school students in Hokkaido, Japan, SRI 2022, 20th June 2022, Online.

・Sintawardani, N., Ushijima, K. (2022) SANICAMP: an event to stimulate young people's interest and curiosity about water and sanitation, The 6th International Symposium on Green Technology for Value Chains 2022, 22-23 November 2022, Online.

3. その他

(1) 著書

・伊藤禎彦: 公益財団法人水道技術研究センター, 多様な社会・技術に適応した浄水システムに関する研究 (A-Dreams), 将来を見据えたスマートな浄水システムの構築～要素技術・システムによる課題解決事例集～, 197p., 2022. 3

(2) 総説・解説

・浅見真理. 連載: 小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究. 人口減少社会における持続可能な水供給システムとまちづくりの動向. 水道. 2023:68(3):1-10.

・浅見真理, 沢田牧子, 西田継. 人口減少社会における持続可能な水供給システムとまちづくりの動向. 保健医療科学. 71(3):194-207. 2022.

・木村昌弘, 浅見真理. 将来の費用負担予測を元にした小規模な水道への対応. 保健医療科学. 71(3):216-224. 2022.

・伊藤禎彦, 中西智宏, 曾潔: 小規模な水供給でどう安全な水を確保するか, 特集: 人口減少社会における持続可能な水供給システムとまちづくり, 保健医療科学, 71(3):225-233. 2022.

・伊藤禎彦: 脱炭素と上水道, 環境衛生工学研究, 36(3):9-13. 2022.

(3) 講演等

・浅見真理, 人口減少社会における持続可能な水供給システムとまちづくりの動向, 水道実務技術指導者研究集会, 2023. 2. 20.

・浅見真理, 木村昌弘. 将来人口を踏まえた今後の水供給. シンポジウム「小規模水供給システム研究の進展」. 国立保健医療科学院生活環境研究部・東大水フォーラム・土木学会・臨床環境技術小委員会共催. 東京. 2023. 2. 22.

・伊藤禎彦: 地元管理されている小規模水道の実態と課題, 島根大学生物資源科学部, 2022. 10. 25.

・伊藤禎彦: 小規模水供給施設における衛生問題と微生物的安全確保, 令和 4 年度市町村等水道担当者連絡会 (第 21 回), 公益財団法人島根県環境保健公社主催, ホテル白鳥, 2022. 10. 26

・伊藤禎彦: 小規模水供給施設の実態と微生物的安全確保, シンポジウム「小規模水供給システム研究の進展」, 東京大学 HASEKO-KUMA HALL, 2023. 2. 22.

・伊藤禎彦: 水道料金値上げに対する容認度を高めるためのコミュニケーション手法, 名古屋市上下水道局経営に関する研修会, 名古屋市役所西庁舎, 2022. 1. 11

・伊藤禎彦: 多様な社会・技術に適応した浄水システムに関する研究 (A-Dreams) 第 1 研究委員会 将来を見据えたスマートな浄水システムに関する研究最終報告会, 飯田橋レインボービル, 東京, 2022. 3. 9.

・伊藤禎彦: 第 1 研究委員会 将来を見据えたスマートな浄水システムに関する研究, 多様な社会・技術に適応した浄水システムに関する研究 (A-Dream) 成果報告会, (公財) 水道技術研究センター主催, える大阪 6F 大会議室 (大阪市), 2022. 5. 27.

・伊藤禎彦: 第 1 研究委員会 将来を見据えたスマートな浄水システムに関する研究, 多様な社会・技術に適応した浄水システムに関する研究 (A-Dream) 成果報告会, (公財) 水道技術研究センター主催, JMR アステールプラザ (広島市), 2022. 6. 2.

・伊藤禎彦: 第 1 研究委員会 将来を見据えたスマートな浄水システムに関する研究, 多様な社会・技術に適応した浄水システムに関する研究 (A-Dream) 成果報告会, (公財) 水道技術研究センター主催, ウィンク愛知 (名古屋市), 2022. 6. 24.

・伊藤禎彦: 脱炭素化と上水道, 企画セッション「脱炭素化と都市代謝系社会インフラ」, 京都大学環境衛生工学研究会第 44 回シンポジウム, 京都大学時計台記念館, 2022. 7. 29.

・伊藤禎彦: 第 1 研究委員会 将来を見据えたスマートな浄水システムに関する研究, 多様な社

会・技術に適応した浄水システムに関する研究 (A-Dream) 成果報告会, (公財) 水道技術研究センター主催, さいたま市民文化センター (さいたま市), 2022. 9. 29.

・伊藤禎彦: 水道料金値上げに対する容認度を高めるためのコミュニケーション技術, ダクマイル鉄管協会セミナー, キャンパスプラザ京都, 2022. 11. 15.

・伊藤禎彦: 浄水施設の更新・再構築, 第 34 回水道技術セミナー, (公財) 水道技術研究センター主催, 京都市勧業館みやこめっせ特別展示場, 2022. 12. 1.

・増田貴則. 条件不利地域におかれた簡易水道事業の経営とサービス水準のこれからを案じて月刊下水道. 45(11): 44-49, 2022

・増田貴則. 小規模水道の現状 ~条件不利地域等におかれた小規模飲料水供給システムの現状~. 令和 4 年度水道事業担当者研修. 兵庫県まちづくり技術センター. 2022. 11. 15. 神戸.

・増田貴則. 小規模水供給システムの維持管理と住民協力. シンポジウム「小規模水供給システム研究の展望」. 2023. 2. 22. 東京.

・「住民管理の水道 おいしく 富良野高生水質調査のデータ報告」, 北海道新聞 (富良野版),

2023. 2. 1. (記事掲載)

・「富良野の水 価値再認識」, 北海道新聞 (道北版), 2022. 4. 1. (記事掲載)

4. 受賞

・富良野高校、富川高校、北海道立総合研究機構、白石航希. 「地域の水は自分たちで守る 地域ぐるみの水道維持管理支援」第 25 回日本水大賞厚生労働大臣賞受賞. 2023. 3. 31.

https://www.japanriver.or.jp/taisyo/no25/jyusyou_itiran.htm

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定も含む。)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

令和4年度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）
小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究（20LA1005）
分担研究報告書

小規模水道・水供給システムの維持管理に関する経営シミュレーション3

研究代表者 浅見 真理 国立保健医療科学院生活環境研究部 上席主任研究官
研究分担者 伊藤 禎彦 京都大学大学院工学研究科 教授
研究協力者 木村 昌弘 国立保健医療科学院 客員研究員

研究要旨：

高齢化及び人口減少等により、小規模な上水道や簡易水道では水道事業の維持が大きな課題の一つであるが、給水人口が減少しつつある簡易水道や給水人口が100人以下の飲料水供給施設等にあつては、影響が特に大きく、飲料水を含む生活用水を供給する水道の施設・財政・維持管理・衛生確保の様々な面で多くの問題を抱え、水道の維持が困難となりつつある。このような水供給維持困難地域を含む地域においても衛生的な水を持続的に供給できる体制作りが必要である。

本研究では、特に経営環境が厳しい人口5千人未満の過疎町村にある簡易水道事業を選定し、施設統合や運搬給水など様々なシステムや多様な給水形態を導入した場合について、簡易な経営シミュレーションの構築を行い、給水システムについて施設統合や自立分散型、運搬給水や非飲用水給水の導入などの優位性を評価し、今後これらの地区で導入すべき最適なシステムについて検討した。こうした評価手法が類似の状況の小規模な水供給において今後の最適なシステムや給水形態についての検討に利用できるように、金利や人件費などの維持管理費を含むより現実に即した詳細なシミュレーション手法を構築し、実績値との比較によりその妥当性を検討した。また、この手法を用いて今後の地方公営企業法非適用の簡易水道事業や水道法の適用を受けない飲料水供給施設等の小規模な水供給における今後の費用削減策とその効果について検討した。更に、これをモデル地区にも適用し、施設更新や維持管理の今後の課題を抽出し、これらを踏まえて、今後の小規模な水供給の今後のあり方を検討した。

その結果、通常の給水を行う場合は、管路延長減の効果が大きく、運搬給水を行う場合では使用水量減の効果が大きいこと、給水人口の抑制策も一定の効果を有することが明らかとなった。小規模な水供給については使用水量や管路延長の削減、運搬給水等の導入に加え、地域の活性化による人口確保など多様で多角的な対応が必要であるが、今回の詳細一般化式による個別事業に対する給水システム・形態の選定手法を用いたモデル地区での検討では、3地区を施設統合し運搬給水を導入することが費用負担的には有利となった。

A. 研究目的

昭和 32 年の水道法制定後、水道の普及に伴い、水道法で規制されている水道の全国普及率は約 98%を達成しているが、一方で、水道法適用外の飲料水供給施設（以下、小規模水供給システム）や飲用井戸等により生活用水を確保している水道未普及地域等が存在している。

また、現在水道法の適用を受ける簡易水道も将来は給水人口が 100 人以下となるものも多く、小規模水供給システムと同様の課題を抱えることとなる。このことから、水道統計等から得られるデータを基に様々なシミュレーション等を行い、詳細なシミュレーション手法を構築することで、これらの小規模な水供給の持続可能性について検討を行うこととする。なお、本章では、簡易水道であっても人口が減少し、将来的な給水人口が 100 人程度を下回る可能性のある水道を含め、「小規模な水供給」または「小規模水供給システム」と記述する。

B. 研究方法

本研究では、これまで特に経営環境が厳しい人口 5 千人未満の過疎町村にある簡易水道事業を選定し、施設統合や運搬給水など様々なシステムや多様な給水形態を導入した場合について、簡易な経営シミュレーション等を行い、給水システムについて施設統合や自立分散型、運搬給水や非飲用水給水の導入などの優位性を評価し、今後これらの地区で導入すべき最適なシステムについて検討してきた。今年度は、こうした評価手法を一部の簡易水道や小規模水供給システムの今後の最適なシステムや給水形態についての検討に利用できるように、金利や人件費などの維持管理費を含むより現実に即した詳細なシミュレーション手法を構築し、実績値との比較によりその妥当性を検討した。また、この手法を用いて地方公営企業法非適用の簡易水道事業や水道法の適用を受けない飲料水供給施設等の小規模な水供給における今後の費用削減策とその効果について検討した。更に、これをモデル地区にも適用し、施設更新や維持管理の今後の課題を抽出し、これらを踏まえて、小規模な水供給の今後のあり方を検討した。

C. 研究結果及びD. 考察

1. 簡便化シミュレーション手法の汎用一般化へ向けた検討

1.1 支払い利息人件費等を加味した詳細一般化式について

(1) 支払利息と維持費等の検討

水道事業の建設にかかる費用は、一般的に補助金等（国庫補助金、県補助金）と地方債で賄われている。ここでは、地方債の償還期間を各施設の耐用年数とし、地方公共団体金融機構の過去 10 年間の平均支払利息率を用いた。

維持管理費については、比較的相関が高い 1 / 給水人口（千人）と浄水場数 / 給水人口（千人）及び単位管延長（管路延長(m) / 給水人口（人））の 3 つの要因と維持費負担額との関係

から重回帰により算定式を設定した。

(2) 詳細一般化式によるケース別年度毎の費用負担額（評価1）の算定

給水形態に関する各検討ケース（表 1.1 参照）の経過年度毎の維持費及び支払利息を考慮した詳細一般化式を表 1.2～表 1.5 に示す。これらによればケース①c に対してケース②では、塩素消毒費や水質検査費が減少し、新たに宅配水費が加わる。ケース③では、浄水施設や水質検査が不要になる一方、各戸ろ過膜装置や宅配水費が追加される。また、運搬給水ケース④c1 では、送水配水管路が不要となる一方で、運搬給水のための車両費や運転人件費が必要となる。ケース④c2 は、2 トンタンク車による運搬給水であり、車両費が安くなる一方、運搬頻度が増え人件費が増加する。ケース⑤は、配水池までの運搬給水であり、不要となる管路は送水管に限られるが、運搬時間は減少し人件費が減少することになる。

表 1.1 検討ケース別の給水形態

ケース	水道の給水形態
① c	浄水処理した飲用水を管路で各戸に供給する現在の給水形態
②	簡易処理した無塩素の非飲用水を管路で各戸に供給し飲用水は宅配
③	無処理水を各戸に供給し、非飲用水は各戸浄水装置で処理、飲用水は宅配
④c1	送・配水管を敷設せず浄水施設から飲用水を各戸に運搬給水（4 t 車）
④c2	〃 〃 (2 t 車)
⑤c	送水管を敷設せず浄水施設から飲用水を配水池まで運搬給水

ここで、添え字 c で表示するケース①c、④c1、④c2 は、浄水処理に安価な簡易処理装置を用いたケースを示す。ケース②は塩素処理なし。

表 1.2 各ケース別の建設費と支払利息を合わせた一人一月当たり建設費の算定式

ケース	算定式
① c、②、	$y = (78.356 \cdot L / Ni + 444.7 \cdot Qi_{20} / Ni + 1,345.7 \cdot Qi_{30} / Ni + (5,090.8 \cdot ni + 1,828.1 \cdot nt + 1,796.7 \cdot nd) / Ni) \cdot \gamma$
ケース③	$y = (78.356 \cdot L / Ni + 1,345.7 \cdot Qi_{30} / Ni + (5,090.8 \cdot ni + 1,796.7 \cdot nd) / Ni) \cdot \gamma$
④c1.2	$y = (78.356 \cdot \alpha_1 \cdot L / Ni + 444.7 \cdot Qi_{20} / Ni + 1,345.7 \cdot Qi_{30} / Ni + (5,090.8 \cdot ni + 1,828.1 \cdot nt + 1,796.7 \cdot nd) / Ni) \cdot \gamma$
ケース⑤c	$y = (78.356 \cdot \alpha_2 \cdot L / Ni + 444.7 \cdot Qi_{20} / Ni + 2,691.4 \cdot Qi_{30} / Ni + (5,090.8 \cdot ni + 1,828.1 \cdot nt + 3,593.4 \cdot nd) / Ni) \cdot \gamma$

y : 一人一月当たり費用 (円/人/月)、L : 総管路延長 (m)、Ni : 給水人口 (人)

Qi_i (20)、Qi (30) : 耐用年数 20 年、30 年の施設の i 年後の施設能力 (m³/日)

ni : 取水施設数、nt : 浄水施設数、nd : 配水池数、γ : 地方債の充填率 (地方債/建設費)

$\alpha_1=L_1/L$ 、 $\alpha_2=(L_1+L_3)/L$ 、 L_1 :導水管延長(m)、 L_2 :送水管延長(m)、 L_3 :配水管延長(m)

表 1.3 各ケース別の一人一月当たり維持費の算定式

ケース	算定式
① c	$y=17.068 \cdot L/Ni+91,554 \cdot nt/Ni+143,127/Ni+751.6$
②	$y=16.739 \cdot L/Ni+86,561 \cdot nt/Ni+139,660/Ni+720.2$
③	$y=16.739 \cdot L/Ni+139,660/Ni+662.0$
④ c1, c2	$y=17.068 \cdot \alpha_1 \cdot L/Ni+91,554 \cdot nt/Ni+143,127/Ni+751.6$
⑤ c	$y=17.068 \cdot \alpha_2 \cdot L/Ni+91,554 \cdot nt/Ni+143,127/Ni+751.6$

表 1.4 一人一月当たり水質検査及び宅配水その他の費用の算定式 (単位:円/人/月)

ケース	水質検査費	宅配水費	各戸浄水器	各戸タンク
① c	$49,151 \cdot nt/Ni$			
②	$773 \cdot nt/Ni$	3,000		
③		3,000	1,989	
④ c1, c2	$49,151 \cdot nt/Ni$			342
⑤ c	$49,151 \cdot nt/Ni$			

表 1.5 運搬給水費用の算定式

ケース	運搬車両費	運搬人件費
④c1	$y=65,068 \cdot T_n \textcircled{4}1 / N_i$	$y=(12.84+0.000428 \cdot L / n d \cdot (1-\alpha_1) \cdot \alpha_3) \cdot q_3$
④c2	$y=52,055 \cdot T_n \textcircled{4}2 / N_i$	$y=(19.26+0.000856 \cdot L / n d \cdot (1-\alpha_1) \cdot \alpha_3) \cdot q_3$
⑤c	$y=65,068 \cdot T_n \textcircled{5} / N$	$y=(6.42+0.000856 \cdot L / n d \cdot (1-\alpha_2) \cdot \alpha_4) \cdot q_3$

T_n : 給水車台数、 $\alpha_1=L_1/L$ 、 $\alpha_2=(L_1+L_3)/L$ 、

L_1 : 導水管延長(m)、 L_2 : 送水管延長(m)、 L_3 : 配水管延長(m)

α_3 : 平均運搬距離とその代替えとなる送・配水管路延長の比

α_4 : 平均運搬距離とその代替えとなる送水管路延長の比

(3) 詳細一般化式による計算値と実績値の比較

詳細一般化式における通常給水ケース①cの算定式から、施設数等についてはR2年度の実績値、建設改良費に対する地方債割 γ は過去10年間の平均値を用い、R2年度における費用負担額を算定し、実績値と比較した結果を図1.1に示す。これによれば、負担額全体平均でみれば、実績値と計算値の差異は10%以内であり、個々に見ても最大で20%程度であり一定の実用性はあると考えられる。

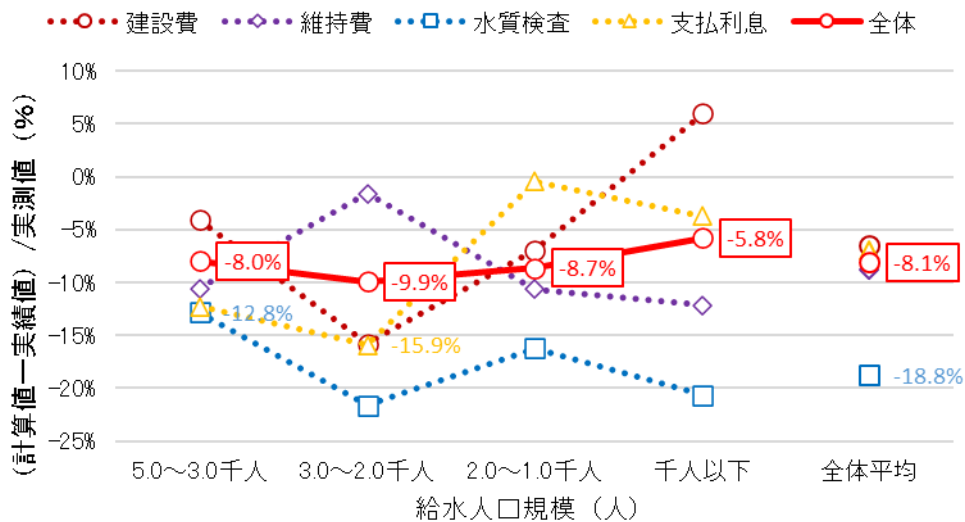


図 1.1 計算値の実績値に対する誤差の率

(4) 詳細一般化式による各ケース別 30 年平均費用負担額 (評価 2) の算定

表 1.6 は年度ごとの費用負担額 (評価 1) の算定式から求めた、世代間の公平性を考慮した費用負担の評価指標とする今後 30 年間の一人一月平均費用負担額 (評価 2) の算定式である。なお、ここでは、一人一日使用水量 q_3 を 200L として、水源は表流水、施設は 1 系列、運搬給水のタンク車は 1 台としている。

表 1.6 詳細一般化式による 30 年間の平均費用負担額 (評価 2) 算定式

ケース	30 年間平均費用負担額 (評価 2) 算定式
① c	$y_{301} = 153.542 \cdot L / NO + 1,479.8 + 470,724 / NO$
②	$y_{302} = 153.013 \cdot L / NO + 4,448.4 + 379,269 / NO$
③	$y_{303} = 153.013 \cdot L / NO + 6,222.6 + 235,802 / NO$
④ c1	$y_{3041} = 153.542 \cdot \alpha_1 \cdot L / NO + 4,389.8 + 575,421 / NO + 0.0856 \cdot L_{t23}$
⑤ c2	$y_{3042} = 153.542 \cdot \alpha_1 \cdot L / NO + 5673.8 + 554,483 / NO + 0.1712 \cdot L_{t23}$
⑥ c	$y_{305} = 153.542 \cdot \alpha_2 \cdot L / NO + 3335.5 + 578,312 / NO + 0.1712 \cdot L_{t2}$

y : 30 年間平均費用負担額 (円/人/月)、NO: 初期の給水人口 (人)、L: 総管路延長 (m)

L_1 : 導水管延長 (m)、 L_2 : 送水管延長 (m)、 L_3 : 配水管延長 (m)、

$\alpha_1 = L_1 / L$ 、 $\alpha_2 = (L_1 + L_3) / L$

L_{t23} : ケース④の平均運搬距離 (m) = $L \cdot (1 - \alpha_1) \cdot \alpha_3$ 、

L_{t2} : ケース⑤の平均運搬距離 (m) = $L \cdot (1 - \alpha_2) \cdot \alpha_4$

α_3 : 平均運搬距離とその代替えとなる送・配水管路延長の比

α_4 : 平均運搬距離とその代替えとなる送水管路延長の比

(5) 詳細一般化式 3 を用いたケース別優位性の比較

各ケース別の費用負担額 (評価 2) の給水人口や管路延長による優位性は、各評価値の比較により求められ以下の通りとなった。

1) 通常給水ケース① c と非飲用水給水ケース②、③の場合

これらのケースでは、管路の建設費は同じであるため、それらを除く費用を給水人口との関係で比較すると、図 1.2 の通り、給水人口が 50 人を下回ると通常供給ケース① c より無処理の水を供給し各戸浄水器と宅配水で対応するケース③が優位となる。

また、給水人口が 30 人を下回ると簡易処理した非飲用水を供給し飲用は宅配水で対応するケース②が優位となる結果となった。

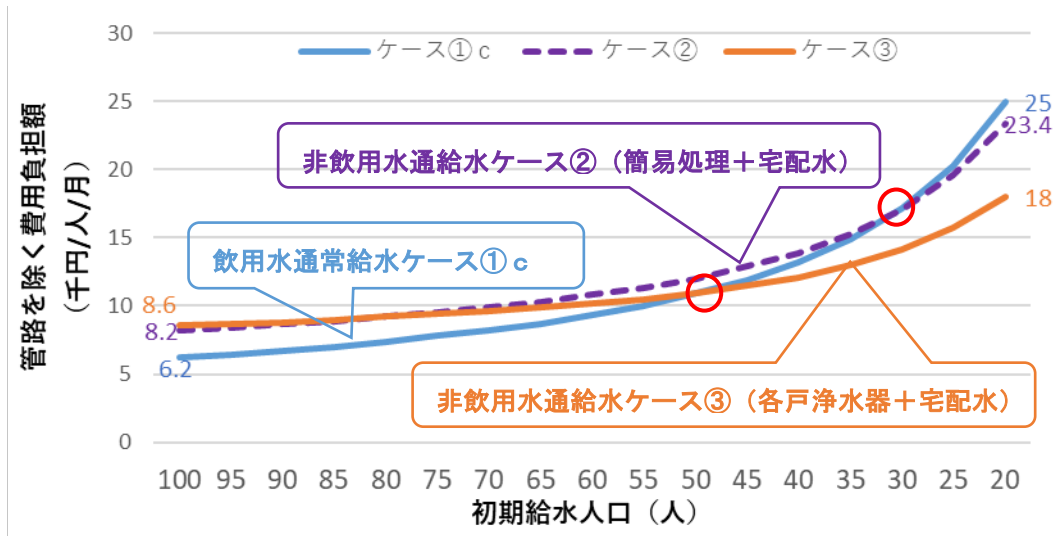


図 1.2 通常給水ケース①cと非飲用水給水ケース②、③の費用負担額の比較

2) 通常給水ケース①と運搬給水ケース④c1、④c2、⑤cの場合

図 1.3～1.5 は、 α_3 、 α_4 を1とした場合の管路延長と給水人口と関係を各給水形態ケース別の優位性の境界線と同じグラフで示したものである。

地理的地形的な条件等から各戸に運搬給水が可能な場合には、運搬給水と通常給水ケース①との境界線は4tタンク車で、一人当たりの送・配水管路延長が約30m、2トンタンク車では40mとなる。浄水施設から配水池まで運搬給水するケース⑤cの場合は送水管の延長が一人当たり20～30mがケース①cとの境界となった。

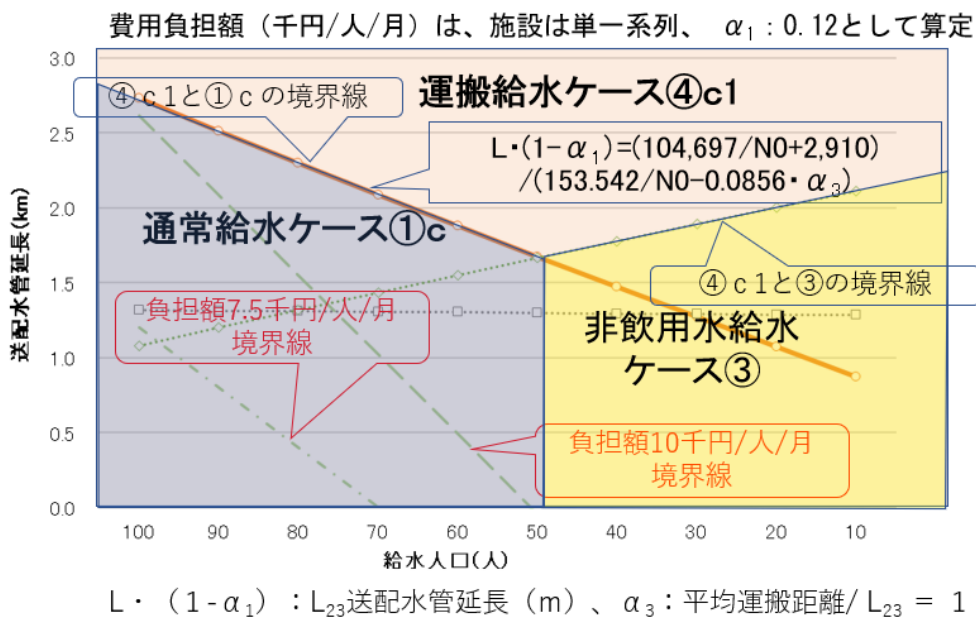
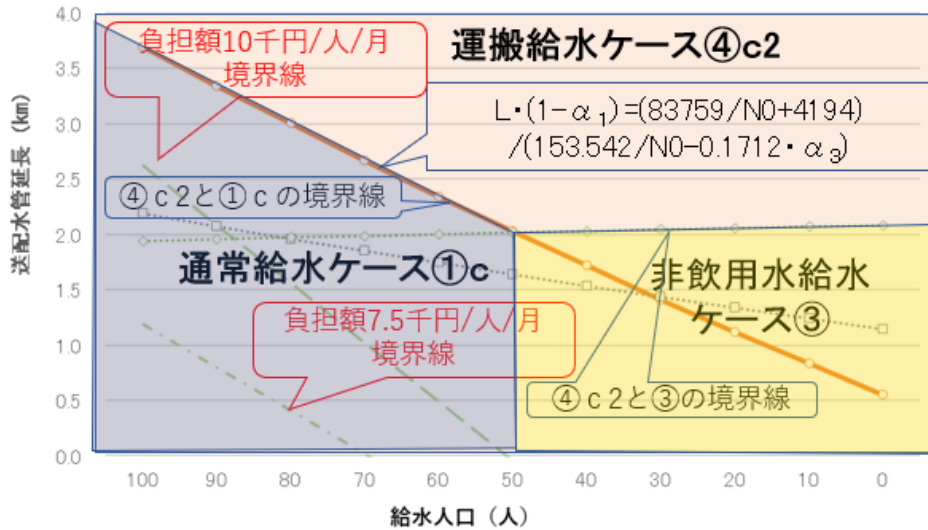


図 1.3 送・配水管延長と給水人口に対する給水ケース④c1の境界線と負担額との関係

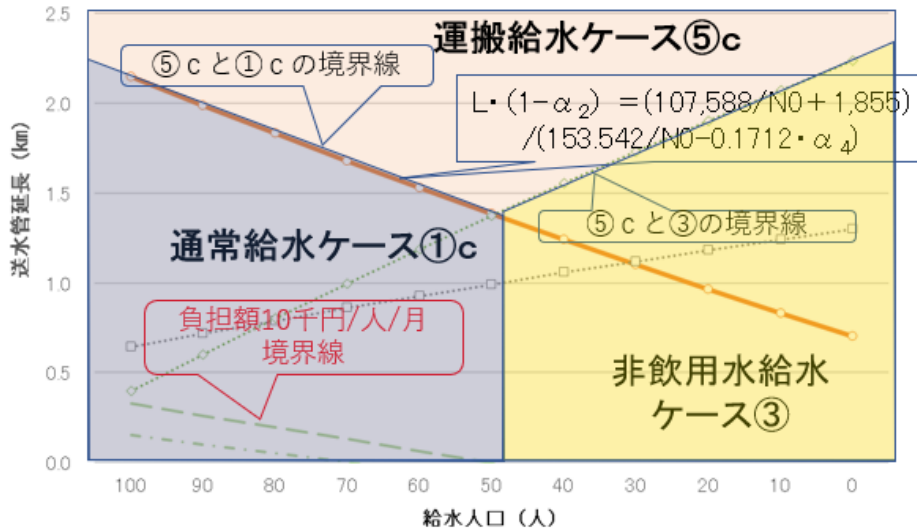
費用負担額 (千円/人/月) は施設は単一系列、 $\alpha_1 : 0.12$ として算定



$L \cdot (1 - \alpha_1)$: (送水管+配水管) 延長 (m)、 α_3 : 平均運搬距離/ L_2

図 1.4 送・配水管延長と給水人口に対する給水ケース④c2の境界線と負担額との関係

費用負担額 (千円/人/月) は、施設は単一系列、 $\alpha_2 : 0.89$ として算定



$L \cdot (1 - \alpha_2)$: 送水管延長 (m)、 α_4 : 平均運搬距離/ $2L_2 = 1$

図 1.5 水管延長と給水人口に対する給水ケース⑤cの境界線と負担額との関係

1.2 今後の簡易水道事業の推移

(1) 検討ケース

今後の簡易水道事業の費用削減へ向けた検討は表 1.7 に示す 5 種類で行った。現状ベースは一人一日当たりの最大給水量 (q_1)、管路延長(L)、各施設数(n_i, n_t, n_d)を R2 年度の実績で固定し、人口の推移は国立社会保障・人口問題研究所（以下「社人研」）の「日本の地域別将来推計人口（平成 30 年推計）」（移動型）とし、P00 は補助金等がない場合、P01 は補助金がある場合である。P10 は、 q_1 を 300L/人/日に減じた場合、P20 は管路延長を給水人口に合わせて減じた場合、P30 は、人口減少抑制策により域内の人口流入流出が均衡する場合（社人研推計人口参考（封鎖型））である。

表 1.7 簡易水道事業の費用削減へ向けた対策一覧表

	補助金等	一人当たり給水量	管路延長	将来給水人口
P00：現状ベース	なし	実績	現状固定	移動型
P01：現状ベース	あり	補助基準		
P10：給水量減	なし			
P20：管路長減			管路長縮小	
P30：人口減少抑制				封鎖型

(2) 今後の費用削減に向けた方策とその効果

図 1.6 は、現状ベースで、R2 年度と R27 年度の費用負担額を比較したものである。これから現状ベースでは今後 25 年間で給水人口の減少により 4.6 千円/人/月の費用増となる。補助金等を考慮した場合には、この増加額は 2.6 千円/人/月に止まるが、それでも現状の補助金を考慮しない場合と同程度となる。図 1.7 は、25 年後の R27 年度に補助金等を考慮しない場合について、対策別の効果を比較したものである。これから一人一日最大給水量を現状の 683L から簡易水道の補助基準である 300L まで減少させれば、運搬給水では、負担額を 4 千円/人/月減じることができる。また、管路延長を給水人口に合わせて削減できれば通常給水ケース①c では、3.9 千円/人/月の減と大きな効果が得られる。更に地域活性策等により人口減少を抑制することによっても、2.6 千円/人/月の減の効果が得られることが明らかとなった。

これら 3 つの対策をすべて実施すれば、現状の 11.4 千円/人/月から 7.1 千円/人/月に 4.3 千円/人/月、減じることができる結果を得た。

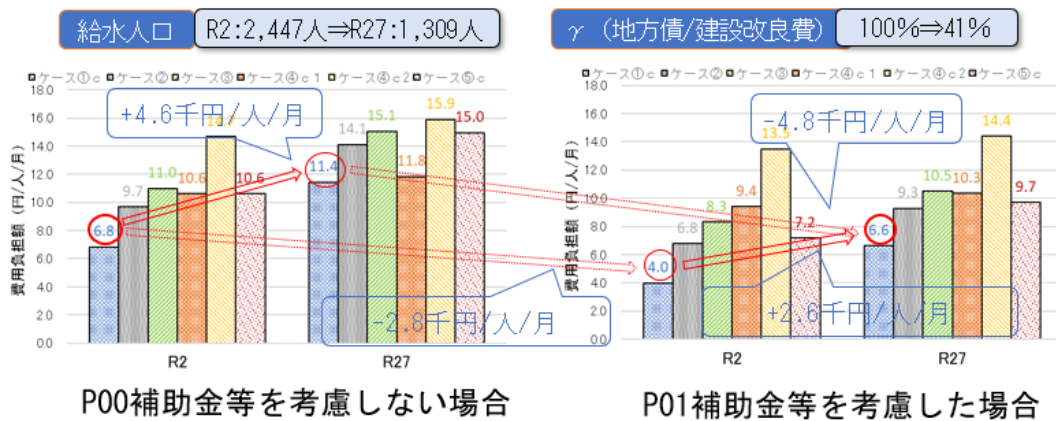


図 1.6 現状ベースにおける R2 年度と R27 年度の費用負担額の比較

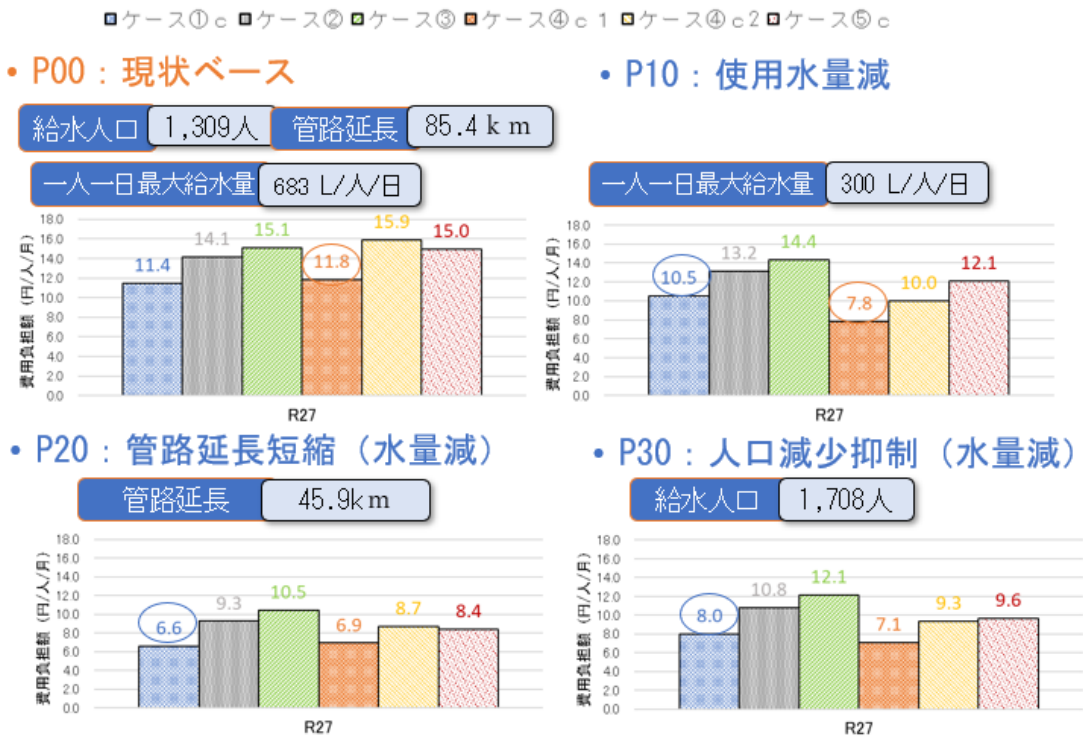


図 1.7 R27 年度の対策別の検討結果(過疎簡水、補助金等なし)

2. 詳細一般化式によるモデル地区での検討

2.1 K1 モデル地区での検討

ここでは、R3 年度に簡便式で検討したK₁村のモデル地区を対象に、3 地区の施設統合効果等を検討するために表 2.1、図 2.2～2.4 に示す 3 種類の給水システムを設定し、表 1.1 で示した 5 種類の給水形態について、詳細一般化式を用いて一人一か月当たりの費用負担額で比較評価を行った。

表 2.1 給水システムの種類

	供給システム	システム名
I	3 地区個別に分散して供給する現状のシステム	現状分散型
II	3 地区の施設を統合して供給するシステム	施設統合型
III	直近の水源から個別に取水して給水するシステム	自立分散型



図 2.1 モデル 3 地区の位置図



図 2.2 現状の水道システム (I)



図 2.3 地区統合型システム (II)

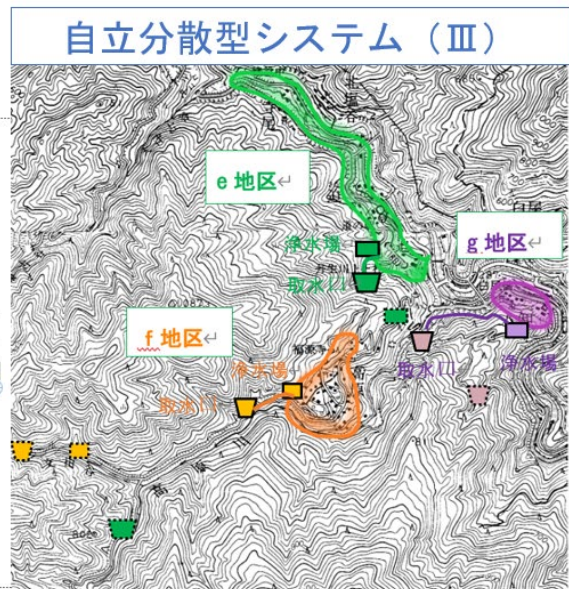


図 2.4 自立分散型システム (III)

(1) 検討のフロー

詳細一般化式から図 2.5 に示すフローにより、モデル 3 地区の給水人口と計画施設数、水源種別などから、将来の費用負担額が計算され、事業の統合効果等が評価できる。

ここでは、このフローから補助金等を考慮しない場合について表 2.2、表 2.3 に示す給水人口の推移、水道施設数を用いて分散型と統合型の優位性について検討した。

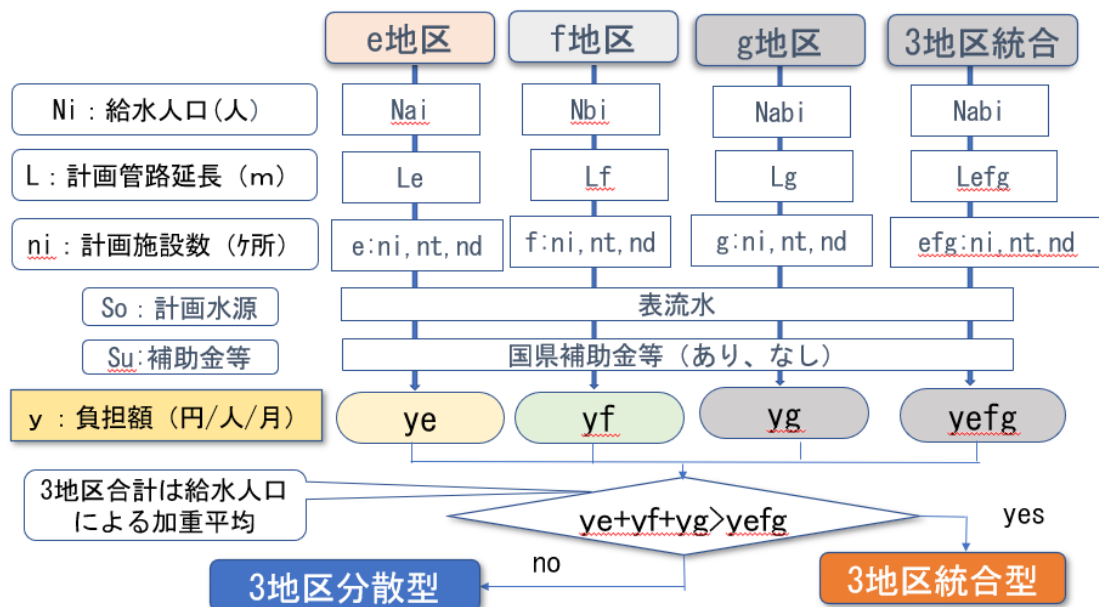


図 2.5 3地区統合IIと自立分散型IIIとの優位性の検討フロー

表 2.2 モデル 3 地区の給水人口の推移

(単位：人)

経過年数	0	5	10	15	20	25	30
K 村全体	1,046	798	610	465	355	271	207
3 地区統合型	203	155	118	90	69	53	40
e 地区	94	72	55	42	32	24	19
f 地区	80	61	47	36	27	21	16
g 地区	29	22	17	13	10	8	6

表 2.3 モデル 3 地区の水道施設の概要 (3 地区統合型Ⅱと自立分散型Ⅲ)

施設内容	導水管	送水管	配水管	総管路長	取水施設	浄水施設	配水池
	L ₁ (m)	L ₂ (m)	L ₃ (m)	L(m)	nii(ヶ所)	nt(ヶ所)	nd(ヶ所)
3 地区統合型	530	5,700	10,220	16,450	1	1	3
e 地区	500	0	5,220	5,720	1	1	1
f 地区	100	500	3,800	4,400	1	1	1
g 地区	820	170	1,200	2,190	1	1	1

(2) 現在の使用水量を用いた検討結果

1) 管路による給水ケース①②③の優位性の比較

表 2.4 は R27 年度の評価 2 による検討結果のまとめである。これによれば管路による 3 つの給水ケースを比較すると 3 地区統合型Ⅱと自立分散型Ⅲの e 地区ではケース① c の費用負担が最も低いが、分散型Ⅲの 3 地区計、f 地区、g 地区ではケース③が最も低い結果となった。この結果、総合的には 3 地区統合型Ⅱが有利であるが、地区別の優位性を考慮し自立分散型Ⅲとする場合は、e 地区ではケース① c が、f 地区、g 地区ではケース③が優位という結果となる。

表 2.4 検討結果のまとめ (R32 評価 2)

(単位：千円/人/月)

		ケース①c ¹⁾	ケース② ²⁾	ケース③ ³⁾
3 地区統合型Ⅱ		26	28.2	28.7
自立分散型Ⅲ	e 地区	25.2	26.6	25.8
	f 地区	25.1	26.2	25
	g 地区	45.7	43.7	37.6
	3 地区計	28.1	28.9	27.2

1) ケース①c: 浄水処理した飲用水を管路で各戸に給水する通常の給水

2) ケース②: 簡易処理した無塩素の非飲用水を管路で各戸に給水し、飲用水は宅配水

3) ケース③: 無処理の非飲用水を管路で各戸に給水し、飲用水は宅配水

2) 運搬ケース④⑤を含む優位性の比較

水道法上の課題を除けば運搬給水は、地理的地形的状況から運搬車の進入路が確保できる場合に実施可能である。図 2.6 に運搬給水を含む給水形態の検討フローを示す。

今回のモデル地区は、山地部に民家が張り付いているところも多く、4 トンタンク車による各戸への運搬給水は困難であるので、2 トンタンク車による各戸への給水ケース④ c 2 と配水池まで運搬給水するケース⑤ c について検討した。

表 2.5 に運搬給水を含む検討結果のまとめ (R32 評価 2) 示す。これによれば、最も費用負担的に有利なケースは、3 地区統合型Ⅱの運搬給水④ c 2 となる。

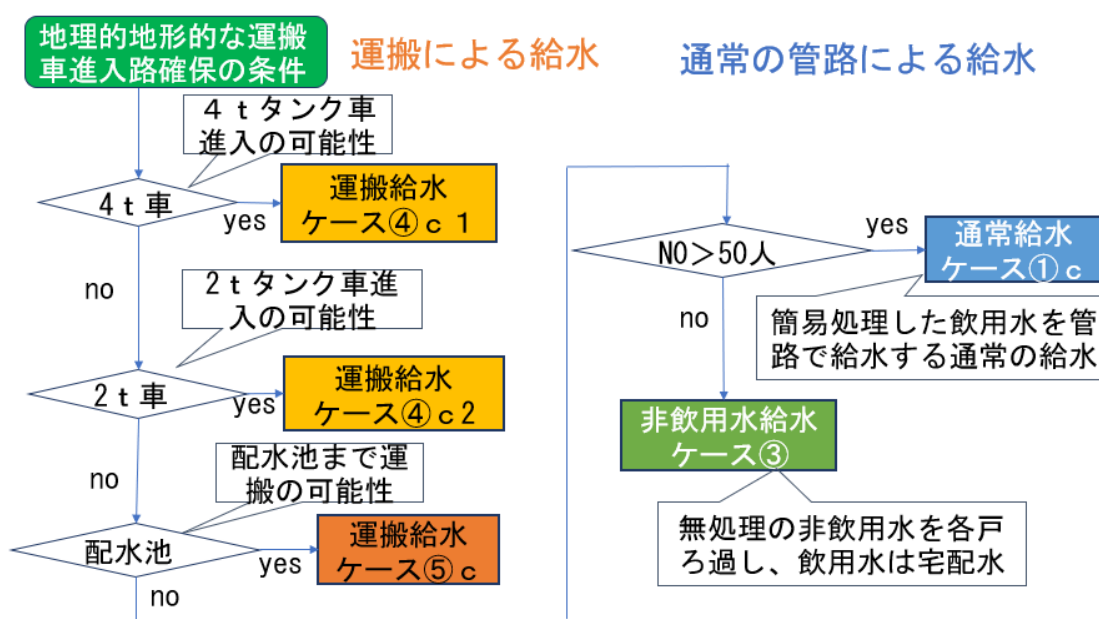


図 2.6 運搬給水を含む給水形態の検討フロー

表 2.5 運搬給水を含む検討結果のまとめ (R32 評価 2) (単位：千円/人/月)

		ケース①c	ケース②	ケース③	ケース④c2 ⁴⁾	ケース⑤c ⁵⁾
3 地区統合型Ⅱ		26	28.2	28.7	18.9	23.2
自立分散型Ⅲ	e 地区	25.2	26.5	25.8	21.8	30.5
	f 地区	25.1	26.2	25	22.2	29.3
	g 地区	45.7	43.7	37.6	46.5	53.6
3 地区計		28.1	28.9	27.2	25.6	33.4

⁴⁾ ケース④c2: 送水管を敷設せず 2tタンク車で各戸に運搬給水

⁵⁾ ケース⑤c: 送水管を敷設せず 4tタンク車で浄水施設から配水施設まで運搬給水

E. 結論

本研究では、特に経営環境が厳しい人口 5 千人未満の過疎町村にある簡易水道におけるデータを基に、一部の簡易水道や小規模な水供給の今後のあり方を検討するため、将来シミュレーションモデルの構築を行った。また、全国の簡易水道を対象に費用削減策の効果を検討するとともに、モデル地区での今後の整備のあり方を検討した。本研究では、これまで特に経営環境が厳しい人口 5 千人未満の過疎町村にある簡易水道事業を選定し、施設統合や運搬給水など様々なシステムや多様な給水形態を導入した場合について、簡易な経営シミュレーションの構築を行い、給水システムについて施設統合や自立分散型、運搬給水や非飲用水給水の導入などの優位性を評価し、今後これらの地区で導入すべき最適なシステムについて検討してきた。今年度は、こうした評価手法が他の類似の状況に簡易水道や小規模な水供給小規模水道の今後の最適なシステムや給水形態についての検討に利用できるように、金利や人件費などの維持管理費を含むより現実に即した詳細なシミュレーション手法を構築し、実績値との比較によりその妥当性を検討した。また、この手法を用いて今後の企業会計法非適用の簡易水道事業や水道法の適用を受けない飲料水供給施設等の小規模な水供給における小規模水道事業の今後の費用削減策とその効果について検討した。更に、これをモデル地区にも適用し、施設更新や維持管理の今後の課題を抽出し、これらを踏まえて、今後の小規模な水供給の今後のあり方を検討した。

その結果、通常の給水を行う場合は、見直しにおける管路延長減の効果が大きく、運搬給水を行う場合では使用水量減の効果が大きいこと、給水人口の抑制策も一定の効果を有することが明らかとなった。小規模な水供給については使用水量や管路延長の削減、運搬給水等の導入に加え、地域の活性化による人口確保など多様で多角的な対応が必要であるが、今回の詳細一般化式による個別事業に対する給水システム・形態の選定手法を用いたモデル地区での検討では、3 地区を施設統合し運搬給水を導入することが費用負担的には有利となった。

人口が減少する簡易水道や小規模水供給システムが多く存在する地域は、国土の保全や健全な水循環の形成に重要な役割を担っており、人口減少や高齢化の先行地域であるこれらの集落の抱える水道等の問題に対して積極的に対処していく必要がある。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

木村昌弘、浅見真理、伊藤禎彦；小規模水道・水供給システムの維持管理に関する経営シミュレーション 2：令和 4 年度全国水道研究発表会. 2022. 10. 19-21；名古屋. 同講演集. p. 84-85.

3. その他

(1) 総説・解説

- 浅見真理, 沢田牧子, 西田継. 人口減少社会における持続可能な水供給システムとまちづくりの動向. 保健医療科学. 2022;71(3):194-207.
- 木村昌弘, 浅見真理. 将来の費用負担予測を元にした小規模な水道への対応. 保健医療科学. 2022;71(3):216-224.

(2) 講演等

- 浅見真理, 人口減少社会における持続可能な水供給システムとまちづくりの動向, 水道実務技術指導者研究集会, 2023/2/20.
- 浅見真理, 木村昌弘. 将来人口を踏まえた今後の水供給. シンポジウム「小規模水供給システム研究の進展」. 国立保健医療科学院生活環境研究部・東大水フォーラム・土木学会・臨床環境技術小委員会共催. 東京. 2023/2/20.

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む。）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

令和4年度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）
小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究（20LA1005）
分担研究報告書

持続可能な小規模水供給の課題と対策に関する研究

研究代表者 浅見 真理 国立保健医療科学院生活環境研究部 上席主任研究官
研究協力者 金田 修司 株式会社日水コン
コンサルティング本部 九州・広島水道部

研究要旨：

本研究では、省力化や自動化の検討にてヒトやモノに代わる、DXをはじめとした技術と、従来の手法によらない資金調達の方策を研究することでカネの問題にもアプローチし、小規模な水供給を取り残さないための方策を検討した。

まず、小規模水供給の課題について、公表データによる人口減少の影響、既存研究や経験等から把握している課題等について整理した。

公表データによる人口減少の影響に関しては、小規模水供給のデータが充実している秋田県を例に、上水道、簡易水道、飲料水供給施設の給水人口等の予測を試み、小規模な水道のエリアほど人口減少の幅が大きいとの結果を得た。水道統計によると、給水人口一人当たりの管路延長が長いほど給水原価が高くなる傾向である。小規模水供給における給水人口減少は、既設管路更新において大きな負担となり、水道の持続における非常に大きな課題であると考えられた。

小規模水供給の課題については、一般的な維持管理、老朽化等に加え、小規模特有のものとして、飲用水の安全性、調査等が行われず状況が把握できないこと、問題が何か分からないこと、定額料金等により運営に必要な収入を得られていないこと等があげられる。特に問題が問題として認識されないことは、飲用水の安全性や断水リスクの増大につながるものと考えられ、対応の必要性が高いと考えられる。

小規模水供給の課題に対し、有効な対策を検討するため、本研究において実施されたアンケート調査の回答をもとに、課題とその背景の関係を分析することとした。

結果として、ろ過設備がある場合の維持管理手間は大きく、適切なる過処理が行えているか懸念があり、また、維持管理が比較的容易と考えられる「消毒のみ」でも、人は足りないし維持管理は大変であるとの現状が示唆された。

このような状況を鑑み、小規模な水道に有効な対策としては、維持管理に関する負担軽減（ヒトに代わる技術）、従来の手法とは異なるシステム（施設形態、資金調達等）が考えられる。

「従来の手法とは異なるシステム」に対しては、新たな管路整備は困難である状況も踏まえ、より小規模な集落単位での飲用水供給システムや、戸別の浄水装置による対応（小規模分散型システム）等が有効と考えられた。また、資金調達に関しては、これらの浄水装置等のメンテナンスと合わせた収入化の可能性も考えられた。

A. 研究目的

「人がいない、施設の維持・更新・管理が大変、金がない」という、所謂ヒト、モノ、カネの問題を解決すべく、更新・耐震化計画、再構築、官民連携、広域化といった検討が行われている一方、山間部、離島等に点在する小規模水供給では、主に費用対効果の観点から、これら検討の対象外、又は優先順位が非常に低くなることが多い。さらに小規模水供給では、漏水や故障の頻発、設備投資費用の不足、さらには安全な飲用水の確保等、問題は山積で、言ってみれば、「取り残された状態」となっており、事業をいかに持続させられるかは大きな問題と考えられる。

このような課題を抱えていると考えられる小規模水道は、例えば給水人口 500 人未満の事業であれば、令和元年で 1,684 事業と、非常に多く存在している。加えて、H10 には 5,053 事業、H20 には 3,785 事業であったことを考慮すると、現在までに減少した分は上水道への経営統合が行われたと考えられ、経営は上水道であっても、実態は小規模水供給と変わらない事業も依然として非常に多く存在していると考えられる。(事業数は簡易水道統計による)

そこで本研究では、省力化や自動化の検討にてヒトやモノに代わるDXを始めたとした技術と、従来の手法によらない資金調達の方策を研究することでカネの問題にもアプローチし、小規模水供給を取り残さないための方策を検討する。

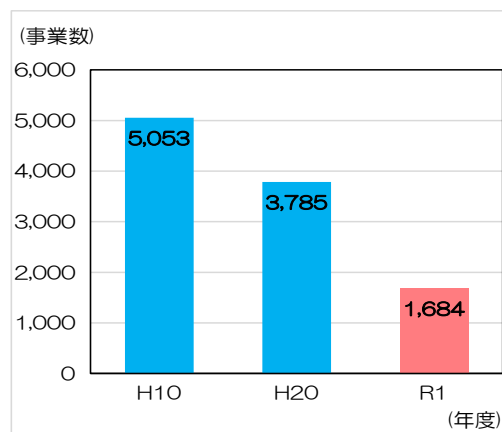


図1 500人以下簡易水道事業数
(出典：簡易水道統計)

B. 研究方法

まず、小規模水供給の課題の把握するため、飲料水供給施設のデータが多く入手可能な秋田県を例に、小規模な水道における今後の給水人口の見通しについて検討を行った。なお、人口予測は以下の資料に基づき実施した。

- 秋田県水道現況調査
- 国土数値情報 (国交省)
 - ・ 上水道関連施設データ；上水道及び簡易水道の給水区域と浄水場の位置情報
 - ・ 500mメッシュ別将来推計人口 (H30 国政局推計)
- 人口等予測 (社人研)
 - ・ 日本の地域別将来推計人口 (平成 30 (2018) 年推計)
 - ・ 日本の世帯数の将来推計 (都道府県別推計) (2019 年推計)

次に、既存研究成果等をもとに、小規模な水道事業における課題を把握するとともに、令和3年度「厚生労働科学研究 小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究(20LA0501)」において実施されたアンケート調査の回答をもとに、課題とその背景の

関係を分析することとした。

最後に、以上の分析から得られた課題に対する対応策について、検討を行った。

C. 研究結果及びD. 考察

1. 小規模な水道の将来給水人口の見通し

公表データ（秋田県水道現況調査）に基づく、秋田県、上水道区域、簡易水道区域、これらの給水区域外人口等の予測結果を表1に示す。

表1 人口予測結果（単位：人）

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
秋田県 行政区以内人口	942,190	885,285	814,295	744,014	672,617	601,649	538,656
上水+簡水 給水区域内人口	913,540	859,329	790,937	723,103	654,223	585,729	524,947
上水+簡水 給水区域外人口	28,650	25,956	23,358	20,911	18,394	15,920	13,709
うち、飲料水供給施設	4,091	3,639	3,213	2,826	2,446	2,059	1,723

対2020年度比率

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
秋田県 行政区以内人口	100%	94.0%	86.4%	79.0%	71.4%	63.9%	57.2%
上水+簡水 給水区域内人口	100%	94.1%	86.6%	79.2%	71.6%	64.1%	57.5%
上水+簡水 給水区域外人口	100%	90.6%	81.5%	73.0%	64.2%	55.6%	47.8%
うち、飲料水供給施設	100%	89.0%	78.5%	69.1%	59.8%	50.3%	42.1%

結果は以下に示すとおりであり、小規模な水道のエリアは、上水道、簡易水道の区域と比較して、人口減少の進行が速いことが考えられる。

- 秋田県の人口は、2020年の94.2万人から、2050年には53.9万人（約43%減）に減少する。
- 上水道・簡易水道の給水区域より、給水区域外は人口減が大きい。
- 飲料水供給施設の給水区域は、2020年の4.1千人から、2050年には1.7千人（約58%減）に減少する。

人口減少に伴い、小規模な水道一か所あたりの給水人口はさらに小さくなる。事業ごとの給水人口が減少することは、給水面積当たりの人口が減少することとなり、結果として、給水人口一人当たり管路延長が長くなることが予想される。

ここで、水道統計（令和2年版）より、給水人口別に給水原価の費用構成をみると、図2に示すとおり、給水人口規模が小さいほど給水原価が高くなる傾向がみられる。また、給水原価に対する減価償却費の構成比率は、それ以外の費用と比べて一人当たり管路延長が長くなった場合の影響が大きい（散布図の傾きが大きい）。

既設管路により供給ができていた間は問題ないが、老朽化が進行し、布設替えとなった場合における費用負担は非常に大きな問題となることから、小規模水供給における管路整備については、そもそも布設替えが行われないこと（多少の漏水は許容するなど）、更新する

にしても延長を短くすること（小規模分散）等、少なくとも既存施設と同様の管路整備が行われる可能性は低いことを前提とする必要があると考えられる。

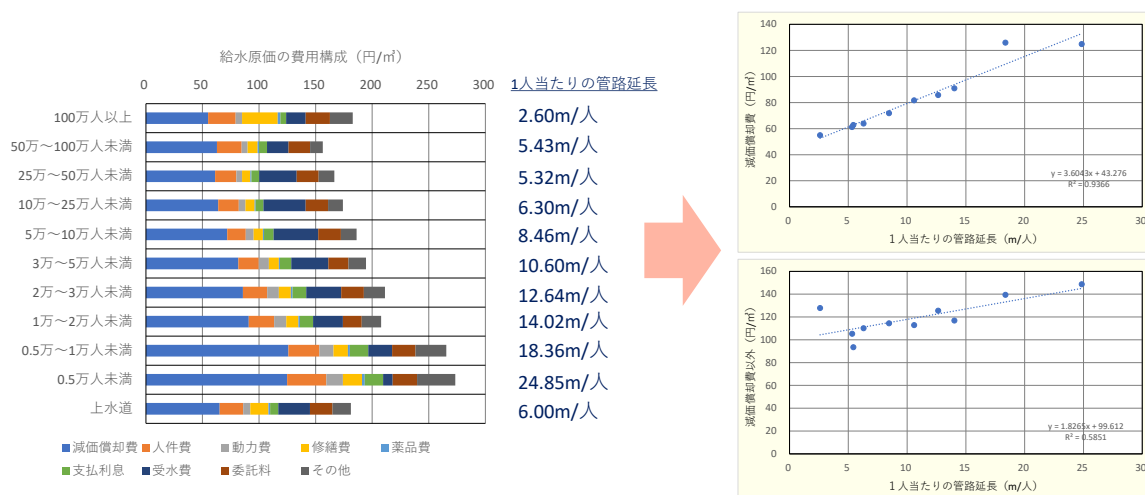


図2 給水人口別給水原価の費用構成

2. 既存研究等による小規模水供給の課題の整理

小規模水供給をめぐる課題とそれによる問題点をヒト、モノ、カネの視点で整理し、表2に示す。課題としては、維持管理の負担大きいこと、飲用水としての安全性、供給の安定性、資金不足等があげられ、このうち、小規模水供給ならではの課題としては、主に、飲用水の安全性、料金徴収方法による資金不足が考えられる。

表2 小規模水供給における課題及び問題点

分類	課題	顕在化している問題
ヒト	人口減少、過疎化、高齢化、給水量減少の進行	集落にとって負担が重い維持管理作業 (設備の点検、清掃、薬液補充、検針、集金等)
	上水道事業への統合、現況把握が十分にできていない等の要因により、状況把握が難しい	行政側・自らが、何が問題なのかが把握できない 問題であることが分からない
モノ	漏水、高濁度時等、非常時の対応	飲用水の安全性に関するリスク、断水リスク
	施設の老朽化が進んでいるの、資金不足(組合営等)、優先順位が低い(公営)等の理由により、計画的な更新は行われない。	故障してから対応する等の事後対応であることが多い。 上水や簡水の基準で整備を考えると過大設備にならないか?
	安定的、衛生的な水供給が行われていない (適切な維持管理が行われていない、水質が良好で無消毒等)	飲用水の安全性に対するリスク 非常時対応が脆弱
カネ	料金が無料、定額等(本来必要な料金収入がない)	更新費が確保されない さらに人口減少が進んだらどうなるか?
	上水道への統合等今後の方針が決まっていないために放置状態	いつまでも状況が改善しない

上記課題への対策としては、以下の方策が考えられる。

① 人手不足に起因する問題

維持管理作業、集金等、従来人手をかけていた作業等について、デジタル化により労力の軽減を図るもの。

② 資金不足に起因する問題

従来（水道料金、補助金等）とは異なる資金調達（異業種協業等）や、低コスト化。

③ 従来とは異なる方法（法的な問題は別として）での対応が必要な問題

水源での浄水処理（ろ過、消毒等）に頼らない安全性の確保、低コストかつ簡略化された機器（法定耐用年数を満たさなくてもよいなど）により計測、監視等を行うもの等。

3. 維持管理負担の要因

これまでに示した課題のうち、特に、小規模水供給ならではの維持管理に関する負担の要因、解決に向けた有効策等について、「厚生労働科学研究 小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究(20LA0501)」において実施されたアンケート調査結果のクロス集計を行うことにより考察した。分析を行った質問内容は以下に示すとおりである。

表4 【アンケート調査結果】クロス集計分析に選定した質問内容

No	質問内容	選択項目
6-2	小規模な水道の状況 (経営種別)	1_公営 2_民営 3_組合営 4_地元管理 5_非公営 6_民間委託 7_経営種別は把握していない
6-3	小規模な水道の状況 (原水種別)	1_表流水(河川水) 2_沢水 3_湧水 4_地下水(浅井戸) 5_地下水(深井戸) 6_地下水(井戸の詳細は不明) 7_雨水 8_その他 9_原水種別は把握していない
6-4	小規模な水道の状況 (処理方法)	1_消毒のみ 2_簡易ろ過 3_緩速ろ過 4_急速ろ過 5_除マンガン・除鉄 6_膜ろ過 7_紫外線処理 8_その他 9_処理方法は把握していない

No	質問内容	選択項目
16	小規模な水道を持続させるために他機関からの協力（相談、助言等も含む）を得たいと思いますか？	1_国からの情報を得たい 2_都道府県や近隣市町村と協力したい 3_同一自治体の他部署と協力したい 4_地元のNPO等の民間団体と協力したい 5_大学や研究機関等の専門家と協力したい 6_他からの協力は必要ない 7_協力を得たいかどうかわからない（判断がつかない） 8_管内に施設がないためわからない 9_その他
17	小規模な水道に関する事項で困りごとを聞いたことはありますか？	1_水量が足りない 2_雨が降ると濁りが発生する 3_水質が悪い 4_水源がつまりやすい 5_施設が老朽化している 6_漏水が多い 7_ろ過池がつまりやすい 8_砂の補填が難しい 9_予算がない 10_維持管理をする人が足りない 11_市町村等の水道から水を引きたい 12_近くの小規模な水道と管理等を一緒にしたい 13_近くの小規模な水道と施設を統合したい 14_その他
20	情報提供を受けるのであれば、どのような内容に関心がありますか？	1_水道行政制度の活用に関する情報 2_衛生確保対策に関する情報 3_施設の維持管理方法等の技術的な情報 4_水質検査に関する情報 5_他の小規模な水道についての情報 6_その他

まず、「厚生労働科学研究 小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究(20LA0501)」において実施されたアンケート調査結果より、調査対象において最も多かった処理方法は「消毒のみ」であったことから、「消毒のみ」の浄水方法としていると考えられる地下水水源（浅井戸、深井戸、その他地下水（井戸の種類不明））に注目し、「原水種別」と「困りごと」に関するクロス集計を行った。結果を以下に示す。

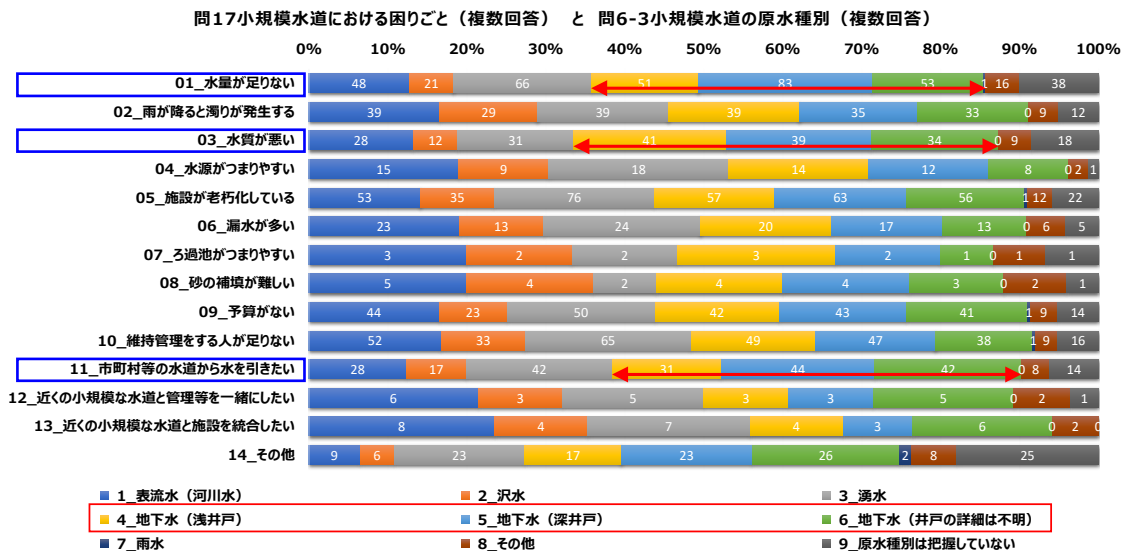


図2 「困りごと」と「原水種別」クロス集計結果

図2の凡例で、赤枠で囲っている地下水水源の回答比率が大きい「困りごと」を青枠で囲っている。「水量が足りない」、「水質が悪い」、「市町村等の水道から水を引きたい」といった回答において、原水種別が地下水水源である比率が大きく、通常、維持管理手間が少ないと考えられる地下水水源についても、小規模な水道では維持管理労力が大きいことが示唆される。

ここで、地下水水源における維持管理手間の要因を考察するため、浄水処理方法と水源種別に関するクロス集計を行った。結果を図3に示す。

同図によると、地下水を水源とする事業において最も多い浄水方法は「消毒のみ」であるが、地下水を対象に、ろ過処理を行っている事業も多くみられることが分かる。

さらに、「困りごと」と「浄水処理方法」のクロス集計結果を図4に示す。

ろ過処理を行っている事業では、降雨時の濁水発生、ろ層の閉塞、(ろ過)砂の補填が難しいとの回答が多く、維持管理に多くの労力を要していることが想定される。また、浄水処理が消毒のみである事業でも、施設の老朽化、維持管理する人が足りないとの回答が多く、維持管理手間が少ないわけではないことが示唆される。

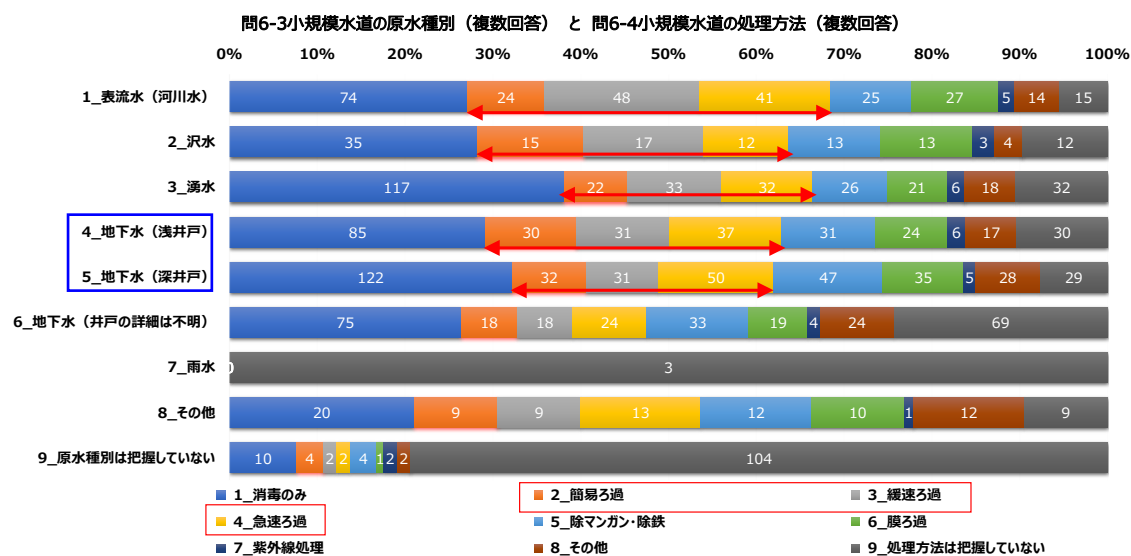


図3 「水源種別」と「浄水処理方法」クロス集計結果

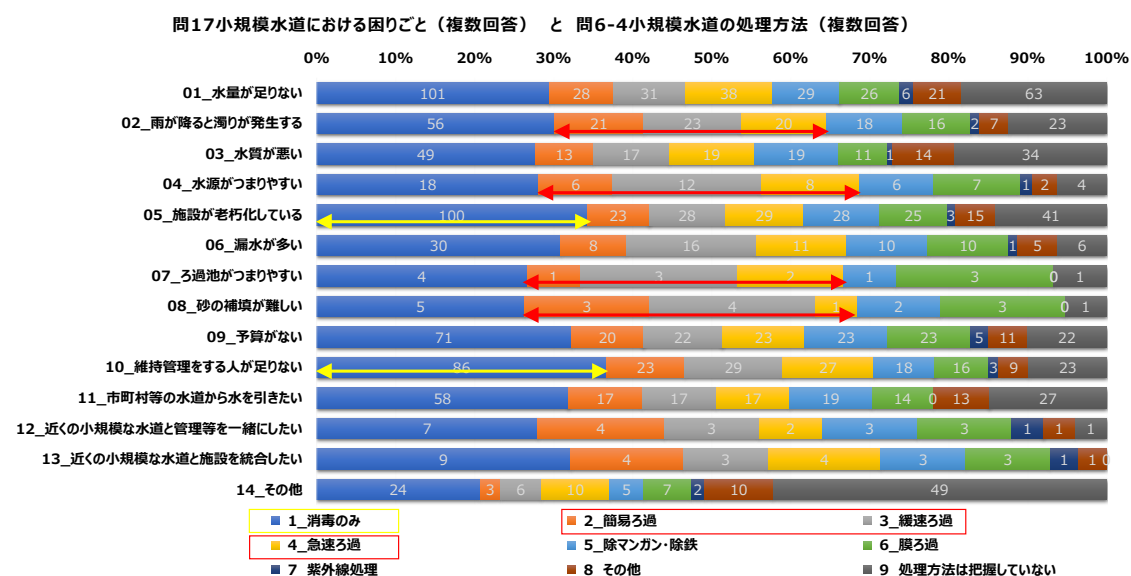


図4 「困りごと」と「浄水処理方法」クロス集計結果

以上まとめると、現状の問題としては、ろ過設備がある場合の維持管理手間は大きく、降雨時の濁度上昇、砂の補填が難しい、ろ過池が詰まりやすいといった状況から、適切なろ過処理が行えているかの懸念がある。一方で、消毒のみの場合でも、人は足りないし維持管理は大変であるとの現状が示唆される。

冒頭で示したとおり、今後、小規模な水道事業では、ますます給水人口の減少が予測されることから、水道施設の維持管理については、困難さを増していくことが予想される。

4. 対策

ここまで把握した課題については、本来であれば、事業者（上水道事業等）からの支援が期待するものの、財政状況に余裕がない、地理条件が悪い等により、支援を期待できない事業もあることが考えられる。

このような小規模な水道事業において、施設の維持、浄水の安全性確保にどう対応するかについては、利用者自らがどこまで対応可能であるか（維持管理の容易さ）は大きな要素であるが、処理方法に関わらず維持管理手間が大きいことが考えられることから、今後の水道施設の適切な維持は大きな問題であり、加えて、水道施設は浄水施設だけでなく、他の送・配水施設等が多い、管路が長い等の小規模水供給においては、さらに問題が大きいと言える。

以上を踏まえ、事業者からの支援に対する期待の大小、小規模水供給自らの施設の維持管理の手間の大小により、小規模水供給の課題に対する対応方針は異なると考えられ、それぞれの対応方針を以下のように考えた。

- ① 所属事業者の支援を期待でき、自らの水道施設維持管理が「容易」な小規模水供給
⇒支援を受けることが基本
ただし「維持管理が容易」と思ってるだけの可能性もあり、支援側との認識の相違に留意する必要がある、以下の②と同様になることも考えられる。
- ② 所属事業者の支援を期待でき、自らの水道施設維持管理が「困難」な小規模水供給
⇒支援を受けることが基本だが、負担軽減対策が重要となる。ただし、対策費用によつては④と同様になることも考えられる。
- ③ 所属事業者の支援を期待できず、自らの水道施設維持管理が「容易」な小規模水供給
⇒ヒトの問題が解決できれば、対応可能である可能性がある。
- ④ 所属事業者の支援を期待できず、自らの水道施設維持管理が「困難」な小規模水供給
⇒従来の手法によらない水供給システムが必要

以上のことより今後の検討の方向性としては、③、④を前提とした、維持管理に関する負担軽減、ヒトに代わる技術、従来の手法とは異なる手法の検討が必要と考えられる。

これらについて、すでに実現している手法、検討が進められている手法等を整理して表

5に示す。

この中で浄水処理に関しては、前述のとおり地理的条件や投資効果、事業数（箇所数）の多さ等により、行政の関与には限界があり、小規模水供給事業者自らが対応せざるを得ない状況が多く、さらに、ろ過処理等への適切な対応が困難な状況も見られる。これらのことより、特に「従来の手法とは異なる水供給システム」については、より小規模な集落単位での飲用水供給システムや、場合によっては、水源における浄水処理に頼らない、戸別の浄水装置による対応（小規模分散型システム）等も有効と考えられる。小規模分散については、管路更新が困難であることを考慮しても有効な手段と考えられる。

また、料金徴収や資金調達に関しては、これらの浄水装置のメンテナンスと抱き合わせたサブスクリプション等による収入化の可能性も考えられ、上記の③、④の場合でも、資金調達方法の工夫や低コスト化等により、①、②（事業体の支援が期待できる）の状況にできる可能性も考えられる。

表5 課題と従来とは異なる対応策

項目	実際の課題	対策として使えるもの/可能性のあるもの	実現に向けた主な課題	
ヒト	ヒトに代わる	検針手間 集金手間	スマートメーター等による自動検針システム スマートフォン決済等 分散型浄水システム等と組み合わせたサブスク等	費用負担・普及 システム構築 利用者の理解
		漏水対応	AIで水道管路の劣化診断 衛星画像データとAIを活用した漏水検知システム	費用負担 必要性（小規模水供給でここまで必要か？）
	設備点検、維持管理	ウェアラブルカメラによる現場と遠隔地映像のリアルタイム共有	実施主体 （誰がやるか？）	
		異業種コラボ、外部団体等の連携（ヒトの確保） 維持管理手間を改善するツール	探索（幅広い調査） 普及	
モノ	簡略化	浄水施設の維持管理・安全な水 無消毒	小規模浄水施設（膜、UV）（ユニット型） 維持管理面のデジタル化 家庭用浄水装置（浄水場、消毒設備の代替）	費用負担 メンテナンス実施者 法との関連
		上水道、簡易水道の施設 基準では過剰投資となる	従来とは異なる給水方法（運搬給水、拠点給水） 安価で簡便な製品の採用	適用条件の制約 周知・普及・製品開発
		設備投資の抑制	簡易な監視装置 小規模分散型浄水処理	設備の開発等 探索（幅広い調査）
カネ	新たな資金調達	老朽化施設の更新費用がない 維持管理費の負担が大きい	発電事業等異業種活用による資金調達 クラウドファンディング、その他	実施主体 （誰がやるか？）

下線は特に有効と考えた対策

E. 結論

小規模な水道に関しては、「取り残された」状態であることが多く、公表データ等での情報も限られることから、その問題について外部から把握することは困難であるが、本研究において、一部地域における公表データ、既存資料の分析等を通して、小規模水供給特有の課題について把握を試みた。

小規模な水道においては給水人口の減少率が、上水道等の地区と比較して大きく、管路はじめとした既存施設の維持は非常に困難になること、浄水処理に係る維持管理手間の軽減と飲用水としての水質の安全性の確保、投資に対するコストの低減化、人手をかけないメンテナンス等が非常に重要となること等を把握した。これらについては、家庭により近

い地点で浄水水質を確保する分散型の水道システムが、管路整備の負担軽減、水源における浄水施設管理の簡略化等に有効であると考えられる。

今後、表5で有効な対策としたもの（下線）を中心に検討を続けることが必要であると考えられた。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

3. その他

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む。）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

小規模水供給施設の実態と現実的な水質管理

研究分担者 伊藤禎彦 京都大学大学院工学研究科教授

研究要旨：

高知県が推進した「高知県版生活用水モデル開発事業」は、社会ニーズにマッチした新技術を創出することに成功しているとみることができ、県が果たした役割はきわめて大きい。特に、2槽式緩速ろ過装置は、極小規模、メンテナンスが容易、低コストといった、各地の小規模集落のニーズに対応できる新技術であることから、国内で広く普及していくのが望ましいと指摘した。福島県西郷村において、管理運営がしっかりしている専用水道の事例を示しその要因を考察した。一方、高額な水質検査費用の全額が地元住民の負担になっている課題を指摘した。上水道事業に統合された島根県雲南市において、旧飲料水供給施設を対象に行われている水質検査の内容は、明らかに過剰であり不必要である。これは給水原価を押し上げる要因になっている。改善のためのアプローチとして、水質検査・管理に係る要件について、運用面での柔軟性を現行よりもさらに付与することが考えられた。

A. 研究目的

簡易水道や飲料水供給施設の中には水道事業体が管理できておらず、地元の住民組織または個人が管理している水供給施設がある。本研究課題の目的のひとつは、そのような小規模水供給システムの実態と課題を把握しつつ、その持続可能性について考察を行うことである。

ここでは高知県のいの町・大豊町・本山町、福島県西郷村、および市の管理下にあるが島根県雲南市を対象として、担当行政部局でヒアリングするとともに、施設を訪問調査した。水道利用者に対する対面調査を実施できたケースもある。調査内容は、施設設置の経緯、管理組織の構成、規約、管理実態、水道料金設定法、行政による教育の有無、利用者としての満足度やニーズ、将来見通し等である。収集した情報をもとに、現実的な水質管理についても考察を行った。

B. 方法

1. 高知県におけるヒアリングと訪問調査

高知県中山間振興・交通部鳥獣対策課において、主として「高知県版生活用水モデル開発事業」に関するヒアリングを行った。

高知県吾川郡いの町、長岡郡大豊町、長岡郡本山町を訪問し、いの町 ^{ごほく}吾北 総合支所建設課、大豊町住民生活課、本山町政策企画課においてヒアリングを行った。訪問日：2022年5月16日～5月18日。

いの町 ^{かわくぼなろ}川窪奈呂 地区、^{てどり}手取 地区における水供給施設の訪問調査を行った。浄水施設とその原水取水点の視察を行った。大豊町 ^{つげ}津家 地区における水供給施設の訪問調査を行った。対象は、浄水施設とその原水取水点。本山町 ^{うりうの}瓜生野 地区における水供給施設の訪問調査を行った。対象は、浄水施設

とその原水取水点。

いの町手取地区、大豊町津家地区においては、「高知県版生活用水モデル開発事業」のもとで簡易緩速ろ過装置および表流水取水柵を新規に開発した四国水道工業株式会社に立ち会っていただくことができた。また、四国水道工業株式会社を訪問し、ろ過材を入れる前の簡易緩速ろ過装置の構造について説明を受けた。さらに、各水供給施設においては、利用者からも直接ヒアリングすることができた。

2. 福島県県南保健所と西郷村におけるヒアリングと訪問調査

県南保健所（県南保健福祉事務所）生活衛生部において、福島県水道の概要、小規模水供給システムの実状、保健所の役割等についてヒアリングを行った。

西白河郡西郷^{にしごう}村上下水道課においてヒアリングを行った。ヒアリング内容は以下のとおり。

（1）西郷村における上水道事業について

経営状況とその見通し、職員の状況（水道技術管理者の確保状況や育成等）、広域化や周辺水道事業者との連携等、民間事業者の活用状況。

（2）未普及地域等に対する施策について

普及率と未普及地域の実態、方針と施策内容、利用者からの要望、維持管理作業の実際、利用料金、将来見通し等。

さらに、地元管理されている由井ヶ原水路会、報徳水路会への訪問調査を行った。訪問日：2022年8月10日。特に管理者や利用者から直接ヒアリングすることができた。

3. 島根県雲南^{うんなん}市および飯南^{いひなん}町におけるヒアリングと訪問調査

島根県雲南市においてヒアリングと訪問調査を行った。ただし、上記の高知県と福島県の事例とは異なり、市によって管理されている上水道事業である。また、飯南町においてもヒアリングと訪問調査を行ったが、本稿では省略する。

（倫理面への配慮）

本調査研究の内容は、京都大学大学院工学研究科工学研究倫理委員会における審査非該当であることを確認した上で、個人情報の保護及び調査に係る対象者を含む安全性に配慮して実施した。ヒアリング調査における具体的な配慮事項は以下のとおりである。1) ヒアリングでは個人情報に関する設問を含まない、2) 得られた情報は本研究実施以外の目的には使用しない、3) 得られたデータに含まれる情報は適切に管理し、第三者には開示しない。また、同情報は研究担当者のみが扱い、研究終了後に適切に廃棄する。

C. 結果

1. 高知県におけるヒアリング

高知県中山間振興・交通部鳥獣対策課においてヒアリングを行った。高知県中山間地域対策課は、「高知県版生活用水モデル開発事業」を推進した。これは、中山間地域への対策を重視する知事のイニシアティブを受けたもの。なお、令和4年度からは、担当課が鳥獣対策課に変更されている。なお、高知県における簡易水道事業の担当課は薬務衛生課である。

事業の背景は以下の通り。高知県内の中山間地域では、生活用水を住民自らが確保し管理する給水施設が多く存在する。これを整備しようとする、費用が高額となりやすく、住民及び市町村にとつ

て経費負担が大きな課題となってしまう。今後さらに人口減少や高齢化が進むにしたいが、住民一人一人への費用や労務の負荷が高まる中であって、共同利用の施設整備や老朽施設の更新が求められている。早急な課題解決の対策が必要である。

「高知県版生活用水モデル開発事業」の目的は以下の通り。一連の給水施設のうち、特に水源地からの取水方法や、浄化に必要なろ過施設について、県内企業からの技術提案（プロポーサル方式）により、安価で管理の簡易な施設の試作品の製作、検証を行う。こうして高知県オリジナルの小規模給水施設を提案することにより、中山間地域の住民が安心して暮らし続けるための仕組みづくりにつなげる。

直面していた課題は以下の通り。①取水装置（スクリーン）やろ過施設の多くは、県外メーカーによるものだが、高額である。②少数世帯対象の製品がない。③操作方法が高齢者には難しかったり、清掃時の作業に危険が伴う恐れ。④県外にお金が出てしまう。先進例として、平成 25 年、大分県の小規模ろ過装置を視察している（ただし、現在、近隣県等との連携や情報交換を行っているわけではない）。

平成 26 年度に委託業務を実施（プロポーサル方式）。四国水道工業株式会社の提案が採択された。委託内容は、取水施設とろ過施設の製作であり、試作品が製作された。モデル地区に設置され、検証が行われた。

事業効果は以下の通り。

- 1) 県・市町村、住民等に対しては、①コスト削減：建設費を抑え、住民や市町村の財政負担を減らすことが可能。②労務の削減：定期的な洗浄や、見回りを要する住民の労務負担を減らすことが可能。
- 2) 企業に対しては、県内企業による製品開発を促進する効果をもたらす。

以上を、高知県版モデルとして確立することを目指した。

2. いの町・大豊町・本山町におけるヒアリングと水供給施設への訪問調査

(1) いの町

概況と現況^{1, 2, 3)}

平成 29 年、簡易水道事業を水道事業へ経営統合。現在給水人口：20,351 人、普及率：92.12%、1 か月 20m³あたり家庭料金：2,414 円、給水原価：122.97 円、料金回収率：98.57%。

平成 29 年度から収益的収支が赤字化。適正な料金水準を検討し、赤字解消に向けた経営健全化の取り組みが必要な状況とされた。令和元年度に値上げを実施したが、令和 5 年度からは再び赤字になる見込み。

施設数 19 を有する。本川地区では 3 か所に膜ろ過施設が導入されている。

上記のほかに飲料水供給施設や専用水道を有する。なお、視察した以下の川窪奈呂地区および手取地区は、これらにも属さない小規模水供給施設。

川窪奈呂地区

現在、3戸3人に配水している。

水源に円筒形の取水桝あり（写真1）。桝上部に網がかぶせてあり、内部には炭が詰められている。塩素消毒は行われていない。取水がこの位置であれば原水が清澄であることから選択された。これより下流側では水が濁りやすいことが経験的に把握されている。

取水桝



写真1 水源地と取水桝

1か月に1度、および大雨の後に清掃を行っている。歴史的に、個人単位で取水桝および導水管を整備し、維持管理を行ってきた。これまでは水道組合などが組織されることはなかった。このため、清掃作業も、役員等が行うのではなく、各戸がそれぞれの施設に対して個別に行っている。取水施設が閉塞することなく、断水することもない。

各戸は、500L容の貯水タンクを所有している。供給水は飲用に使用している。一般に、各家庭では蛇口に浄水器を付けている。健康上の不安はない。

必要な費用は、管の接合部が抜けた際その修繕、上部の網の交換。各戸がそれぞれ負担している。

水質検査は行われていない。これまでにに行ったこともない。取水桝流出水の濁度：1.59度（3回測定平均値、測定日2022年5月16日）。

難点は、大雨の後に濁りが発生すること、および清掃作業を実施する負担が大きいこと。実際、取水地点に至る山道の足場は悪い。将来にわたる維持管理の持続性について懸念されている。

県が策定している令和6年度までの整備計画のうち、いの町ではこの地区のみが未整備となっている（令和5年度に整備予定）。上記の3戸を含め、計10戸に配水可能とするもの。さらに標高が高い位置に新水源を求める計画。

総事業費は1,060万円。地元では水道組合が新たに組織される予定。地元負担は1/6。ただし各戸10万円までであり、それを超過した額は補助される。 $1,060 \text{万円} \times 1/6 \div 10 \text{戸} = 17.7 \text{万円}$ であり、10万円を超過している。事業費の5/6は、県および町が半分ずつを補助する。

新水源地を視察。新たに取水堰を築造する予定である。湧水が主体なので、降雨があっても濁ることはないのが大きな特徴であるという。原水濁度：0.69度（3回測定平均値、測定日2022年5月16日）。

浄水処理装置を新設することになっている。簡易ろ過による。緩速ろ過ではないというが、処理方式の詳細は不明。なお、補助事業であるものの、塩素消毒を付加する予定はない。

手取地区

もともと6戸であったが、現在の配水戸数は3戸、給水人口7人。

この地区の取水している谷川は、四季を通し濁りの発生する頻度が多いため、原水の水質が良好でない。また、水源との高低差が5~6mと小さい。

整備前は、貯水タンクで原水を受けていた。タンク内には砂袋を入れて浄化していた。砂袋は取り出して清掃する必要があった。しかし、これによる浄化作用はないと実感されている。実際、濁水が発生したり、特に降雨後には濁度が高くなっていた。なお、本貯水タンクは現在でも使用されている（浄水処理装置と配水池の間に位置している）。このため、町に整備を申し入れた。予算上の制約があり、整備されるまでには3年待つ必要があった。

令和3年度（2021年10月）に完成したばかり。後述する大豊町津家地区に設置されたのと同じ簡易緩速ろ過装置が設置された。総事業費570万円（簡易緩速ろ過装置本体は130万円）。地元負担は1戸あたり10万円（10万円×3戸＝30万円）。

砂ろ過層の表面にはろ過マットが敷かれている（写真2）。ろ過マットだけを洗浄することもでき、維持管理を容易にする効果を有する。要望があれば使用することとしているが、使用例は多いようである。市販されており、1.8m×10mで3万円。ろ過池での必要面積から単純計算すると700円程度となる。



写真2 簡易緩速ろ過装置とろ過マット

設置されている1基の浄水量を現場で測定したところ12m³/日。濁度測定値は以下の通り（いずれも3回の平均値、測定日2022年5月18日）。原水（ホースから採水）：1.35度、一次ろ過水（装置内で採水）：0.59度、処理水（貯水タンク流入水）：0.07度。

塩素消毒は行われていないが、整備計画の中でも塩素消毒は予定されていない。補助事業ではあるが、塩素消毒が必須とされていない点は注目される。

（2）大豊町

概況と現況^{4, 5)}

10か所の簡易水道施設で構成。現在給水人口：2,041人、普及率：60.08%、1か月20m³あたり家庭料金：2,530円、給水原価：450.5円、料金回収率：39.50%。

浄水処理方式はすべて緩速ろ過（上向流式2か所を含む）。

町内には、簡易水道施設に属さない簡易給水施設が合計25箇所ある。以下の津家地区はそのひとつ。

津家地区

平成26年度、県によるプロポーザル実施。この結果、平成27年度、県のモデル事業として整備された地区である。7戸15人に配水（H26年5月時点）。

整備前は、各戸で谷水を直接取水していた。取水地が300m～800m離れており、維持管理に苦労していた。降雨時に濁水することや、水源地がイノシシなどに荒らされることがあり、衛生面でも不安があった。

整備計画としては、取水地を水質が安定した場所に集約するとともに、地区で共同の施設を整備することで安定した水供給を実現することとした。県のプロポーザル事業にて取水施設1基、ろ過池2基を製作（事業費3,310千円）し、製品は大豊町に譲与された。

住民の負担は、各戸10.8万円（×7戸＝75.6万円）。県の補助は2/3（整備当時の補助割合）だが、上限は3,000万円。町の補助は1/3。

水道料金は1,000円/月の定額。ただし、使用水量が30m³/月未満であれば無料。7戸のうち大部

分は無料であるのが実態で、料金を支払っているのは1戸だけのようなのである。

本事業によって、小規模集落対応型の簡易緩速ろ過装置が新規に開発された。従来、国内他メーカーが保有する上向流式緩速ろ過装置を設置してきた。本装置は、維持管理が容易な装置として広く知られているが、実際にはメンテナンス作業の負担は大きいという。すなわち、砂利層—砂層間に閉塞が発生するので、これを洗浄する必要がある。年2回程度、2～3人による作業となり、業者に委託すると約10万円/回が必要であった。このため新規の浄水処理装置を開発するニーズが存在していた。

開発された簡易緩速ろ過装置の構造を図1に示す。2槽からなり、砂利層と砂層を分離している点が大きな特徴である。砂利層（層厚43cm）は上向流であり粗ろ過（一次ろ過）が行われる。処理水は次の砂層（層厚52cm）に送られ、下降流によってろ過される。このように各ろ過層を単純化したことで、主なメンテナンス作業である洗浄操作を容易にすることに成功している。電源は不要。装置外形および装置内の逆流洗浄管をそれぞれ写真3、写真4に示す。

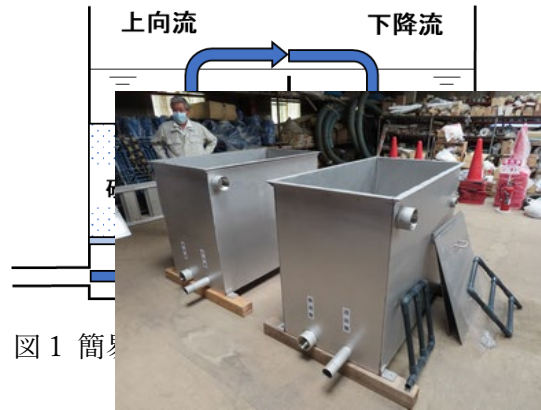


図1 簡易

写真3 装置外形

計画給水人口は15人。ろ過速度4m/日を想定し、浄水能3m³/日の装置を2基設置した。運転開始後、データを蓄積したところ、ろ過速度8m/日程度までは処理水質に支障がないことを確認。これにより、1基で6m³/日を生産できることがわかった。使用生活用水量350L/人/日であれば、17人程度に十分配水可能であることを意味する。装置本体は1基130万円（令和3年度末時点）。

平成27年3月～平成28年9月に行われた6回の水質（濁度）試験の概要は以下の通り。原水：0.5～11.8度、一次ろ過水：0～0.4度、処理水：0～0.1度。ただしろ過速度は各回で異なる。なお、原水には6度程度の色度があるが、処理後は2度程度に低減する。

運転後1.5カ月経過したろ過槽に対して逆流洗浄を実施した。写真5に示すように、手前の砂ろ過層表面には泥が堆積していることがわかる。初めに、砂ろ過層を逆流洗浄。ろ層内部に設置されている洗浄パイプから水を噴射し、砂層内の泥を排出する。このとき、上部から人が手を入れ、表層砂をかき混ぜる操作を併用する。装置の高さは95cmなので、この作業は容易。次いで、砂利層を逆流洗浄。洗浄に要する時間は15分程度。洗浄頻度は2～3カ月に1回程度。運転再開後、初期濁度が高い水は捨て水を行う。目視で確認し、清澄になってきたら配水池へ送水する。



写真4 装置内の逆流洗浄管

写真5 逆流洗浄前のろ過槽の様子

当初、緩速ろ過としての機能を発揮させるため、太陽光が入るようオープンにしていたが、藻が生えることからステンレス製の覆蓋を設けるように変更した。また、要望に応じて、砂層の上にもろ過マットを敷くこともある。これによって、さらに洗浄作業が容易になる。

塩素注入のための小屋も新設された。費用は、小屋 6 万円、塩素注入装置 9 万円、パルス発信式流量計（φ50）20 万円。塩素貯留槽への塩素の補充は設置業者が行っている。（写真 6 参照）

浄水処理装置に加えて、表流水取水柵（スクリーン）も新規に開発された（写真 7）。一般に、取水設備が、多孔構造を有する集水管を、沢水や渓流水の流水中に横たえただけのものであることも数多い。この場合、葉などによって取水口が閉塞することがしばしば起き、その都度住民の方が清掃する必要がある。これが水供給システム上の主な困りごとの一つとなっている⁶⁾。水はスクリーン表面から柵内部へ取り込まれる。スクリーン表面の目は、水流と同方向なので、落ち葉等が付着しても水流で流れ落ちるため閉塞することがない。スクリーンの天端は本体の天端より 0～1 cm 高い位置となるよう設計されている（特許の対象）。これによって、水が内部に流入しやすくなるとともに、葉が流れ落ちる効果を生んでいる。水の取り出し口は、原則として左右いずれかの方向。写真 7 では、左手に流出管（導水管）が設置されていることがわかる。表流水取水柵本体は 110 万円。本案件の場合、取水堰の築造を含めて総額 250 万円。

町は住民に管理を委託している。1 年に 1 回、9 項目の水質試験を行い報告することを求めている。この検査費用は約 5,000 円。その他、維持管理にかかる費用も住民負担。主な負担項目は、電気、塩素剤、補充する砂。

県によるプロポーザル方式に採択された四国水道工業株式会社は、従来から水道施設の施工を行ってきた実績を有する（水処理装置自体は製作していなかった）。浄水処理装置と表流水取水柵を新規に開発できたのは、既存の浄水処理装置がもつ技術的な課題を認識できていたこと、および県が本事業を推進したことによるところが大きい。

（3）本山町

概況と現況^{7, 8)}

平成 28 年度までは 6 か所の簡易水道で構成していたが、平成 29 年度からは、各簡易水道は名称統合して本山町簡易水道となった。現在給水人口：2,882 人、普及率：85.39%、1 か月 20m³あたり家庭料金：2,680 円、給水原価：204.9 円、料金回収率：80.04%。

6 か所の浄水処理方式はすべて緩速ろ過（上向流式 2 か所を含む）。

生活用水確保支援事業整備計画のもと、町内 24 地区のうち、未普及地区が存在する 7 地区の区長を通じて整備要望の調査を行った（令和 3 年）。前回の 5 か年計画策定時の調査以外にも要望が上ってきており、整備が必要な地区は 12。そのなかで老朽化対応、緊急性を勘案し、5 地区について、

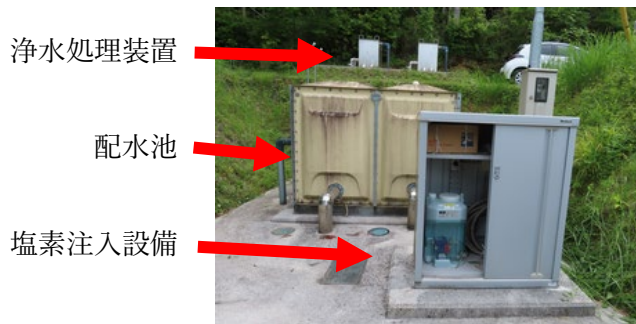


写真 6 配水池と塩素注入設備



写真 7 表流水取水柵
(左手に導水管が見える)

整備に向け検討し実施することとした。訪問した瓜生野地区は、この5地区のうちのひとつ。

瓜生野地区

給水戸数 24～25 戸、給水人口 40～50 人。

水源地では、集水管（ヒューム管）が埋設されている。閉塞することはないものの、清掃を通常年 2 回行うこととしている。石を移動させ、埋設されている管を清掃する。導水管は数本あり。

取水桝へは、導水管 5 本から導水されている。桝の上面に網がかぶせてあり、網に対して散水されている。うち 1 本は、別途湧水を導水しているもの。桝からの流出管（導水管）は 1 本。浄水処理施設が設置されている場所までの距離は約 1 km。取水桝も、同様に年 2 回清掃を実施。

浄水処理施設は、第 1 タンクと第 2 タンクの 2 槽からなる。設置から約 60 年が経過。第 1 タンクは着水井であり、第 2 タンクはろ過槽。緩速ろ過であるが、砂のメンテナンスが負担であることから、約 30 年前に砂を撤去してしまった。第 2 タンク内にはかなり大きめ（数 cm 程度以上とみられる）の碎石が敷き詰められているのみ。その層厚は 40～50 cm あるという（写真 8）。清掃は、毎月および大雨後に実施。導水した原水を用いて、上部から碎石に対して散水して洗浄するという方法。処理水は、処理槽直下の配水池へ流入。



写真 8 ろ過砂が撤去されたる過槽

木造の小屋内に塩素注入設備が備えられている。しかし、約 30 年前から注入していない。電源も来ていない。

塩素消毒も行われていないことから、実質的に浄水処理が機能していない。碎石の上にもろ過マットを敷く方法はあるとみられる。

料金は 300 円/月の定額。メンテナンスのレベルや供給水質は、輪番制の担当者によって変動する。小屋内に、管理記録ノートが備えられている。水質検査は行っていない。少なくとも 30 年前以降は行ったことがない。流入水（原水）濁度：0.13 度（3 回測定平均値、測定日 2022 年 5 月 17 日）。

複数水源をもっており、別にもうひとつの水源がある。これによって、土砂災害、地滑りなど緊急時の対応が可能となっている。

配水管の径 50 mm。途中、消火栓が設置されていた。管路図などは作成されていない。

本地区に対しては整備計画がある。取水施設、導水管、浄水処理施設、配水管などをすべて全面更新するもの。令和 4 年度に設計業務を行い、令和 5 年度に施工する。総事業費は 9,500 万円。設計業務に必要な 1,000 万円を含む。1 戸当たりの負担額は 15 万円までとされているが、これは簡易水道加入負担金と同額としたもの。県による補助割合は 1/2 だが、上限額は 3,000 万円。町の補助割合は 1/2。このように、高知県と本山町による補助事業であるが、塩素消毒を要件とはしていない。

整備される施設・装置は、その後地元住民によって維持管理されることになる。そのため、当該水供給システムは長期間にわたって持続可能なものである必要があるだろう。

（参考）本山町内旅館給水栓水：濁度 0.00 度、残留塩素 0.07 mg/L（2 回測定平均値、測定日 2022 年 5 月 16 日）。

（参考）高知市内ホテル給水栓水：濁度 0.01 度、残留塩素 0.32 mg/L（2 回測定平均値、測定日 2022 年 5 月 17 日）。

3. 福島県県南保健所におけるヒアリング^{9, 10, 11, 12)}

（１）福島県水道の概要

福島県における水道事業の広域化推進は、食品生活衛生課と市町村財政課が担当している。【注釈 1：県では地域の実情を加味した福島県広域化推進プラン策定に向けて検討を進めている。市はある程度独自に対応しているが、町・村は人材が少ないため技術的内容を事業者の中で解決するのが困難である。】ただし、郡山市ですら、他の市町村に対して技術支援を行うのは難しいのが実状。一部の市は独自に対応しているが、町・村は、技術的内容を保健所に相談または支援を求めてくる。

普及率が低水準である市町村も存在する。例えば、70%以下であるのは以下の4市町村（東日本大震災の影響を受けた相双地方を除く）。田村市 57.0%、平田村 50.9%、小野町 49.5%、鮫川町 53.4%（令和2年度末時点）。これまでに整備が進まなかった地域が残されているので、今後も整備を進めるのは難しい。保健所では公営水道の普及を進めてきたが、今以上の水道普及率の向上を進めることは困難になっている。【注釈 2：川内村では公営水道が整備されておらず、自己水源を利用している。】

（２）小規模水供給システムの実状

水の量・質ともに良好である地域に人が住み着いてきた歴史がある。このため、水源条件が悪い地域はない。

未普及地域は、以前は公営水道に接続し、これを解消することを目指していた。しかし、10年くらい前から、国として、公営企業としての経営原則が要請されるように変容してきた。このため、事業経営にとっての条件不利地域には必ずしも対応する必要はないと考えられるようになった。

県条例により、（計画給水人口ではなく）利用人口が50人を超えるものを「給水施設」と定義し、管理や水質検査等を義務付けている。利用人口50人以下で、市町村営のものは「飲料水供給施設」とよんでいる。由井ヶ原水路会は、以前は計画給水人口が100人超だったので「専用水道」だったが、人口減のため給水施設となった例である。

保健所は、認可および整備に当たっての（コンサルタント業務を含む）助言・指導を行ってきた。但し、設置・整備のための保健所としての予算があるわけではない。県南保健所が対応している専用水道は約20か所（専用水道は福島県全体で約160か所あり）。

一方、市町村営ではない地元施設は飲用井戸の扱いであり、保健所は福島県飲用井戸等衛生対策要領に基づき、相談があったものについて管理方法や水質検査の助言等を行っている。市町村は実態を積極的に把握していない。

4. 西郷村役場におけるヒアリング^{13, 14, 15, 16)}

（１）現況

・概要

この地方の6市町村を受水事業者とする白河地方水道用水供給事業がある。水源は堀川^{ほっかわ}ダムであり、芝原浄水場を有する。西郷村における一日最大給水量8,140 m³/日（令和3年度実績）のうち、同用水供給事業からの受水量は1,600 m³/日で、19.7%を占める。残り6,540 m³/日は自己水源である。自己水源は地下水（7井）と湧水（4井）であり、消毒のみで配水しており、浄水施設は保有していない。

・普及率

普及率（現在給水人口/行政区域内人口）は 96.73%（令和 3 年度）。これには専用水道、給水施設、飲料水供給施設を含まない。なお、西郷村内に専用水道は 11 箇所あり、飲料水供給施設は 3 箇所ある。

・職員の状況

上水道施設係一下水道施設係一業務係の 3 つの係があり、課長以下 8 名の職員で執務を行っている。村全体の水道技術管理者資格保持者は 6 名いる。

（2）広域化や周辺水道事業者との連携等

福島県における広域化は、食品生活衛生課と市町村財務課が担当している。県に対して、「広域推進プラン個別案の検証要望について」（2022. 6. 16）は近隣市町村である白河市と広域化・共同化に対し、何が可能かの協議、検証を行ったところである。将来、単独での経営が困難になることも予想しており、経営統合も含めた検討が必要とあると認めていることが背景にある。項目は、経営統合、施設の共同化、共同委託からなる。経営統合には、白河広域圏と受水水道事業との垂直統合と、白河市と西郷村との水平統合の可能性が含まれる。これは、白河市からの呼びかけによるもの。現在のところ、白河市の事業内容や経営実態が不明という状況であり、情報交換の場が必要と考えている。

（3）未普及地域への施策について

給水区域内にあって、上水道が整備されていない戸数は現在約 345 戸あるが、上水道整備を進める方針はない。これに対して、「西郷村家庭用飲用井戸等給水施設整備事業補助金交付要綱」を定め、補助対象経費の 1/2 以内の額で 100 万円を限度として補助を行っている。井戸の新設ももちろん含まれるが、各戸はすでに井戸を所有しているので、更新時や故障の修繕時に要望が寄せられる。井戸の新設時には水質検査費用も補助の対象。この場合必要とされる検査項目は 15 項目。年間 1～2 件程度に補助している程度。複数戸で 1 井戸という例もある。なお、塩素消毒は行われていない。

給水区域外の地域を担当するのは環境保全課である。井戸設置に関する補助内容は上記と同一。

（4）将来見通し

人口は現在も緩やかに微増しているが、今後は横ばいもしくは微減が予測されている。配水管については、経年化管路（法定耐用年数の 1.0~1.5 倍）が 0.6%、老朽化管路（法定耐用年数の 1.5 倍超）が 0.0%とほぼ健全管路である。給水原価の上昇傾向があるわけでもない。したがって、当面は料金値上げは予定されていない。

ただ、料金値上げは、いずれ管路更新が本格化する時期を考慮し、事前に検討しておく必要はあると考えている。

（5）要望等

維持管理に対する補助、および補助率のアップを要望したい。

（参考）西郷村内旅館（新^{かし}甲子温泉地区専用水道に属する）給水栓水濁度 0.06 度、残留塩素 0.03 mg/L、硬度 75 mg/L（測定日 2022 年 8 月 9 日）

5. 由井ヶ原水路会、報徳水路会への訪問調査

（1）由井ヶ原水路会

・専用水道としての設置経緯

戦前は人はほとんど住んでいなかった。昭和 21 年、食料増産を目的として、由井ヶ原の大地への

開拓が始まった。以前は湧水（湧水割合高い）を砂ろ過した水を使用していた。竹樋で水輸送。配水池は昭和 36 年に設置。やがて湧水を利用することに変更し、専用水道になっていった。

・新設水源（深井戸）の設置経緯

既設水源である湧水点（未視察）及び導水管埋設箇所は、年に 1 回草刈を行う必要がある。漏水箇所を見つけやすくするため、埋設位置が草で覆われてしまわないようにする作業。新設水源（深井戸）地点（写真 9）からは、車で 1 時間かけて途中まで行き、そこからさらに徒歩で 1 時間を要する。途中、崖もあり、高齢者はアクセスできない。



写真 9 新設水源である深井戸

平成 24 年 6 月、台風 4 号が襲来。岩が落下し、導水管ごと流されるという破断事故が発生。3 日間の断水が発生。水道工事店と住民自らが復旧に当たった。

保健所は、新設水源として深井戸の設置を指導。給水区域外であるため、（現）環境保全課による補助を得て整備された。本件は、全額が役場補助となり、地元負担はなかった。平成 27 年 1 月に給水開始。

・利用状況

専用水道の時は計画給水人口 168 人。現在利用人口 32 戸、60 人弱。専用水道であったが、居住人口が 100 人未満となり専用水道に該当しないことから給水施設として確認を受けた。

一般家庭の他、酪農家が 3 軒ある。牛の飲水量は 40 L/頭・日であり、主としてこのために衛生的な水道水を供給することが重要である。3 軒のうち 2 軒は個人井戸も所有している。



写真 10 水ポンプ作動時の配水池からのオーバーフロー

日常的には既設水源である湧水を使用している。地元としては、メンテナンスが可能である限り湧水の使用を継続したいという意志がある。これに対して、今冬には、雪と樹木がともに移動することによって導水管が破断するという事故が発生。復旧までに約 1 か月を要した。

井戸をフル稼働させると 4~5 万円/月の電気代が必要になる。井戸は、1 日 3 回、各 15 分ポンプ作動させて揚水しているのみであり、限定的な利用形態である。これに対して保健所は、1 日 1 回で十分であると助言。

揚水ポンプ作動時の配水池からのオーバーフロー水（写真 10）：濁度 0.52 度、残留塩素 0.24 mg/L、硬度 15 mg/L。

・料金

50m³/月まで基本料金 1500 円/月。超過分は 40 円/m³。通常、基本料金内におさまる。

・水質検査等

専用水道の場合、法が求める検査項目と頻度が必要になる。給水施設に変更したことで、年間、9 項目検査と 21 項目検査を各 1 回行えばよいこととなった。塩素購入費用、検便などにかかる費用と併せて 5 万 9 千円/年と低コストとなり好都合となった。

配水池の清掃・管理と併せて株式会社那須環境技術センターに委託している。

・住民意識

住民は、深井戸は災害用に整備してもらったという認識がある。バックアップ水源を保有することができ安心感が得られた意義が大きい。要望等は特にない。

(2) 報徳水路会

・設置経緯

旧水源を使用していたときは、夏季の使用水量が多い時には断水が発生することもあった。この水源は、堀川ダム建設にともなって水没することが明らかとなった。村の上水道に加入することになるかを問い合わせたが、役場からは、給水予定区域ではないとの回答があった。

県の堀川ダム建設事務所は井戸の設置を提案した。安価で安定しているためと思われる。これに対して、猟師も務める地元住民のひとりが現在の湧水地を見出し、提案した。この湧水の取水施設は堀川ダム建設の補償工事として整備された（平成6年）。

配水管の敷設などは住民自らが施工した。必要経費3千万円。これを業者に発注すると5倍の1.5億円かかるとされる。

・取水施設（写真11）の構造

取水地点までは途中、溪流を横切る必要があるなど、悪路をたどって行き着かなければならない。

山腹に集水管を10本程度挿入。集められた湧水を取水柵で受けている（写真12）。配水池まで自然流下で導水。途中、減圧槽が2か所あり。

保健所は、溪流中に集水管を横たえただけのタイプの取水施設は不可であるとして、整備を推奨してきた。福島県における湧水の取水施設はこのタイプである。

取水施設からのオーバーフロー水：濁度0.27度、硬度20mg/L。

・利用状況

専用水道であるが、配水は自然流下によることから技術管理者は不要。利用者は現在、82戸、約120人。

配水池地点で塩素を注入。電源は塩素注入のためだけに使用。電気代57000円/年。配水池からの配水も自然流下。

塩素剤は6カ月ごとに入荷。1カ月に1回継ぎ足し、使い切るようにしているので古い塩素剤の在庫が発生することはない。塩素注入率は24時間変化しない。したがって、朝の残留塩素濃度は高く、昼間の濃度は低くなる。夏季に水使用量が増える時には注入率を高めるなど、きめ細かい注入制御が行われている。

・料金

30m³/月まで基本料金1500円/月。超過分は30円/m³。通常、基本料金内におさまる。住民は正会員であるが、別荘所有者、事業者などは準会員であり料金は割高となっている。一般家庭の他、川谷小学校、川谷中学校がある。それぞれ18000円/月を請求しており、432,000円/年の収入となる。地元では、これは役場からの補助を得られているものともみなされている。水路会としての年間予算は253万円。

・水質検査等

法が求める検査項目、頻度で行う必要があり、年間74万円を要する。ただし、これには塩素購入



写真11 取水施設

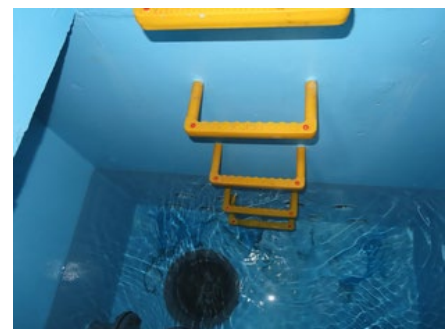


写真12 取水柵内部
壁面に集水管からの流入口が見える。下部に見えるのは排泥管。

費用なども含まれる。基本料金 1500 円／月の範囲内でまかなわれているものの、高額な地元負担になっている。

個人宅給水栓水：濁度 0.04 度、残留塩素 0.11 mg／L。

・管理運営状況

水路会としての組織体があり、総会、役員会を開催するなどしっかりした運営がなされている。会長、管理部長、会計、書記、監事、班長といった役職があり、役員手当として 42 万円が支出されている。工事費 58 万円。これには後継者育成のための支出を含む。たとえば、水源地の清掃に当たった場合には 1 万円／日など。事業計画、収支決算書、水質検査日程表などの写真有。

・要望等

役場管理を求めたいなどの要望があるわけではない。

6. 島根県雲南市におけるヒアリングと訪問調査

雲南市は、平成 29 年度に「雲南市水道事業」として統合した。その内訳は、2 上水道事業+16 簡易水道事業+8 飲料水供給施設である。現在の水道普及率は 95.3%。

水道料金は、平成 19 年度から、上水道事業・簡易水道事業間で統一済みである。令和 5 年度に料金改定を予定している。ランニングコスト（給水原価とは異なる）には 20 円/m³~1,800 円/m³の格差が存在する。

訪問した旧飲料水供給施設を表 1 に示す。これらは同市内の旧飲料水供給施設としてはもっとも小さい 3 か所である。

竹之尾旧飲料水供給施設の様子を写真 13、14 に示す。配水されているのは、2022 年 10 月現在 1 戸だけとなっている。しかしながら、上水道事業における 1 配水区域であることから、当然、通常の水質検査が要求される。すなわち、毎月+年 4 回+年 1 回検査が行われており、年間合計 40 万円を要する（島根県環境保健公社による検査費用）。このほか、委託業者によって毎日検査が行われている。この結果、本施設のランニングコストは 1,800 円/m³に達しているという。

表 1 訪問した旧飲料水供給施設

事業名称	給水戸数	配水量 (m ³ /日)	水源	浄水処理
できやま 出来山第1(旧) 飲料水供給施設	3	2~3	深層地下水	塩素殺菌
出来山第2(旧) 飲料水供給施設	7	5~6	河川水	緩速ろ過
たけのお 竹之尾(旧)飲料 水供給施設	1	1未満	深層地下水	塩素殺菌

深井戸



写真 13 竹之尾旧飲料水供給施設 深井戸



写真 14 竹之尾旧飲料水供給施設 配水方向

D. 考察

(1) 新技術の創出と高知県の役割について

「高知県版生活用水モデル開発事業」のもと、プロポーザル方式によって県内企業に対して施設・装置の製作が委託された。県は、中山間地域におけるニーズを把握し、それに対応可能な施設・装置の姿を示し、開発されるべき技術を具体的に提示した。

これによって、企業としては、求められた施設・装置を開発すれば、少なくとも県内各所に納品できビジネスが展開できるという見通しを得ることができ、新規開発に着手することができている。実際、受託した企業は、このような県による事業がなければ、施設・装置を新規開発することはなかったと語っている。もちろん、県内の事情には精通しているので、社会的ニーズがあることは認識されていたものの、ビジネス化の見通しがないために新技術を開発しようとはされなかったのである。

このように、高知県が推進した事業は、社会ニーズにマッチした新技術を創出することに成功しているとみることができる。高知県が果たした役割はきわめて大きいといえる。

本装置は、極小規模、メンテナンスが容易、低コストといった、各地の小規模集落のニーズ¹⁷⁾に対応できる新技術である。現在までのところ高知県内のみならず国内に納入されているようであるが、国内で広く普及していくのが望ましいといえる。

(2) 水供給システムの整備と塩素消毒について

上記水供給システムの整備にかかる費用は、もちろん、高知県と町役場が補助している。そして、水供給システム整備の中心になるのは、いうまでもなく浄水処理装置の新設である。しかるに、このとき、塩素消毒の実施が要件とされていないことには注目される。従来から塩素消毒を行っていない地域も多いが、補助事業であるにもかかわらず、塩素消毒装置の設置を強制していないのである。

(3) “最終消毒装置”としての極小規模浄水処理装置の性能について

上記のように、引き続き塩素消毒を行う予定がないことから、たとえば前出の2槽式緩速ろ過装置は、“最終消毒装置”とみなすこともできる。

欧州では、浄水処理の最終プロセスが緩速ろ過であることがしばしばある。そして、オランダでは、塩素消毒が行われていないことから、この緩速ろ過処理は最終消毒処理プロセスであるとみなされている¹⁸⁾。このため緩速ろ過処理による微生物の除去・不活化能が丹念に調査研究されてきている。たとえば、Schijvenら¹⁹⁾は、緩速ろ過池におけるウイルスの除去性を5年間にわたって定量し、除去能の中央値が0.92 log₁₀であり、その変動はベータ分布で表されることを示している。わが国でこのような研究を行った事例は皆無であろう。

新規に開発された2槽式緩速ろ過装置も、懸濁物質の除去だけではなく最終消毒装置としての役割も有することから、その微生物に対する除去性能を定量的に表示できることが望ましいといえる。

この観点からすると、ろ過マット使用についても評価の対象になりうる。つまり、微生物除去のためには、いうまでもなくろ過層が成熟している方が有利である。ろ過マットを使用した場合、ろ過層の成熟を遅らせてしまうが、一方、ろ過マットだけを洗浄しつつ、成熟したろ過層を長期間使用することもできるだろう。ろ過マットを使用することによるメンテナンスの容易さと、ろ過層の性能発現とのバランスという課題を見出すことができる。

(4) 福島県県南保健所が果たした役割

福島県県南保健所は、歴史的に専用水道や給水施設における衛生的な施設整備を推奨してきており、実際に整備が進んできた。この結果、たとえば、「表流水—浄水処理施設なし—消毒なし」といった水

供給施設は福島県内には存在しないという。保健所としても、このような小規模水供給システムの整備に貢献してきたという自負がある。設置・整備のための予算枠をもっているわけではないが、同保健所が果たしてきた役割はきわめて大きいとみることができる。

(5) 専用水道の管理運営について

福島県西郷村において、特に、報徳水路会の管理運営がしっかりしている点は特筆される。これは同会会長の力量によるところも大きいとみられるが、集落規模がある程度の大きさ（給水区域内人口516人、現在利用人口約120人）であることが組織体の形成を可能にしているといえよう。後継者育成のために必要な支出も行われている。また、配水管敷設等の工事の一部が住民によって実施可能である点も有利である。これらは、北海道においてみられる地域自律型水供給システムが持続可能な形で成立している事例²⁰⁾と共通点が多い。

(6) 地元管理されている水供給システムにおける飲用水の安全保証について

専用水道においては、水質検査を、法が求める検査項目、頻度で行う必要がある。報徳水路会ではこれに年間74万円を要している。現在のところは、基本料金1500円/月の収入の範囲内でまかなわれているものの、高額な地元負担になっているといえる。一方、給水施設に格下げした由井ヶ原水路会ではこの水質検査費用を大幅に削減できている。実際、他県では、高額な水質検査費用の削減を主たる理由として、民営の簡易水道を飲料水供給施設に格下げした事例も存在する²¹⁾。専用水道に対する法的要件とされている事項であるにもかかわらず、地元住民の全額負担になっている点には課題が残されているともいえる。水質検査とほいうまでもなく飲用水としての安全保証が目的であることから、公的補助のしくみがあってもよいのではないか。

(7) 小規模水供給システムにおける現実的な水質管理へ向けて

島根県雲南市の旧飲料水供給施設を対象に行われている水質検査の頻度および検査項目は明らかに過剰で不必要である。その真の必要性を精査すれば、検査費用を何分の1かにするのは簡単とみられる。このような施設は雲南市内にいくつも存在し、市で統一されている水道料金の給水原価を押し上げている。

現状を改善するための最初のアプローチは、現行の「水質検査の頻度減・省略の判断フロー」に従って、どこまで可能かを精査することである。これを実行するだけで検査頻度を大幅に減らすとともに、検査項目の削減も可能である。全国の事業・施設の多くで、本来可能であるはずの水質検査の頻度減・省略が実施されていない。まずは現行で可能な内容を精査するのが望まれる。

さらに、今後の方向性としては、水質検査・管理に係る要件について、運用面での柔軟性を現行よりもさらに付与することが考えられる。そして「水質検査計画」策定時に、その内容をオーソライズする仕組みを導入するのである。これによって提案できる例を以下にリストアップする。

- ・毎日検査→1週間に1回で十分
- ・地質に由来する物質：3年に1度→5年に1度で十分
- ・消毒副生成物：ジクロロ酢酸、トリクロロ酢酸のみで十分
- ・混合検体を可能とする（米国に例あり²²⁾）

なお、国は上記のような具体的内容を示す必要はなく、「飲料水としての安全性を保証でき、かつ、その内容をオーソライズできるなら、柔軟に運用してよい」と言うだけで良いだろう。この措置によって、各地で続く水道料金の上昇傾向を緩和することができる。

E. まとめ

(1) 社会ニーズにマッチした新技術創出の成功事例

高知県が推進した「高知県版生活用水モデル開発事業」は、社会ニーズにマッチした新技術を創出することに成功しているとみることができ、県が果たした役割はきわめて大きい。特に、2槽式緩速ろ過装置は、極小規模、メンテナンスが容易、低コストといった、各地の小規模集落のニーズに対応できる新技術であることから、国内で広く普及していくのが望ましいと指摘した。

一方、塩素消毒が要件となっていないことから、本装置は“最終消毒装置”とみなすこともできる。したがって、懸濁物質の除去だけではなく、その微生物に対する除去性能を定量的に表示できることが望ましいことを指摘した。

(2) 専用水道の管理運営と飲用水の安全保証

福島県西郷村において、特に、報徳水路会の管理運営がしっかりしている点は特筆される。これは、集落規模がある程度の大きさであることが組織体の形成を可能にしているとみられる。これらは、北海道においてみられる地域自律型水供給システムが持続可能な形で成立している事例と共通点が多い。

専用水道である報徳水路会では、水質検査のために年間74万円を要しており、高額な地元負担になっている。一方、給水施設に格下げした由井ヶ原水路会ではこの水質検査費用を大幅に削減できている。実際、他県では、高額な水質検査費用の削減を主たる理由として、民営の簡易水道を飲料水供給施設に格下げした事例も存在する。専用水道に対する法的要件であるにもかかわらず、地元住民の全額負担になっている点には課題が残されている。水質検査とはいうまでもなく飲用水としての安全保証が目的であることから、公的補助のしくみがあってもよいのではないか。

(3) 小規模水供給システムにおける現実的な水質管理へ向けて

島根県雲南市の旧飲料水供給施設を対象に行われている水質検査の内容は、明らかに過剰であり不必要である。このような施設は雲南市だけではなく全国各地に数多く存在し、各地の給水原価を押し上げている。

改善のための最初のアプローチは、現行の「水質検査の頻度減・省略の判断フロー」に従って、どこまで可能かを精査することである。これを実行するだけで検査費用を大幅に削減できる。さらに、今後の方向性としては、水質検査・管理に係る要件について、運用面での柔軟性を現行よりもさらに付与することが考えられる。そして「水質検査計画」策定時に、その内容をオーソライズする仕組みを導入するのである。この際に提案できる内容を例示した。この場合、国は具体的内容を示す必要はなく、「飲料水としての安全性を保証でき、かつ、その内容をオーソライズできるなら、柔軟に運用してよい」と言うだけで良いだろう。この措置によって、各地で続く水道料金の上昇傾向を緩和することができる。

F. 研究発表

1. 論文

伊藤禎彦, 中山信希: 情報提供による水道料金評価の改善効果に関する分析, 水道協会雑誌, Vol.91, No.10, pp.2-15, 2022.

2. 学会発表

S. Itoh, S. Fukuoka, J. Kishimoto, T. Nakanishi: Controlling the Quality inside Distribution Pipes of Small Water

Supply Facility, IWA World Water Congress and Exhibition, 11-15 September 2022, Copenhagen, Denmark.

木村昌弘, 浅見真理, 伊藤禎彦: 小規模水道・水供給システムの維持管理に関する経営シミュレーション, 令和3年度全国会議(水道研究発表会)講演集, pp.100-101, 2022.2.

畷田泰彦, 須田康司, 下岡隆, 三宮豊, 市川学, 川瀬優治, 大瀧雅寛, 伊藤禎彦: 将来を見据えたスマートな浄水システムに向けた浄水場の課題解決技術・手法の調査-A-Dreams プロジェクトの取組-, 令和3年度全国会議(水道研究発表会)講演集, pp.132-133, 2022.2.

伊藤禎彦, 中山信希: 料金値上げに対する市民の容認度増大に係る要因分析, 令和3年度全国会議(水道研究発表会)講演集, pp.26-27, 2022.2.

久保章, 市川学, 清塚雅彦, 伊藤禎彦: 水道が抱える課題と解決技術に関するアンケート調査結果と考察, 環境衛生工学研究, Vol.36, No.3, pp.33-34, 2022.7

松本幸太郎, 伊藤禎彦: ミャンマー・バゴ地域における将来の人口減少を見据えた水供給計画の立案, 環境衛生工学研究, Vol.36, No.3, pp.38-40, 2022.7

木村昌弘, 浅見真理, 伊藤禎彦: 小規模水道・水供給システムの維持管理に関する経営シミュレーション(II), 令和4年度全国会議(水道研究発表会)講演会, pp.84-85, 2022.10.

久保章, 山西陽介, 田中広樹, 山村寛, 大滝雅寛, 伊藤雅喜, 伊藤禎彦, 清塚雅彦: 水道の基盤強化に資する浄水システムの更新・再構築に関する研究-A-MODELS プロジェクト-, 令和4年度全国会議(水道研究発表会)講演会, pp.288-289, 2022.10.

伊藤禎彦, 曾潔, 中西智宏: 小規模水道供給システムの実態と微生物学的安全確保法, 2022年度第35回日本リスク学会年次大会講演論文集, p.90, 2022.11.

3. 著書

伊藤禎彦: 公益財団法人水道技術研究センター, 多様な社会・技術に適応した浄水システムに関する研究(A-Dreams), 将来を見据えたスマートな浄水システムの構築～要素技術・システムによる課題解決事例集～, 197p., 2022.3

4. 総説・解説

伊藤禎彦: 脱炭素と上水道, 環境衛生工学研究, Vol.36, No.3, pp.9-13, 2022.7

伊藤禎彦, 中西智宏, 曾潔: 小規模な水供給でどう安全な水を確保するか, 特集: 人口減少社会における持続可能な水供給システムとまちづくり, 保健医療科学, Vol.71, No. 3, pp.225-233, 2022.8

5. 講演

伊藤禎彦: 水道料金値上げに対する容認度を高めるためのコミュニケーション手法, 名古屋市上下水道局経営に関する研修会, 名古屋市役所西庁舎, 2022.1.11

伊藤禎彦: 多様な社会・技術に適応した浄水システムに関する研究(A-Dreams)第1研究委員会 将来を見据えたスマートな浄水システムに関する研究最終報告会, 飯田橋レインボービル, 東京, 2022.3.9.

伊藤禎彦: 第1研究委員会 将来を見据えたスマートな浄水システムに関する研究, 多様な社会・技術に適応した浄水システムに関する研究(A-Dream)成果報告会, (公財)水道技術研究センター主催, える大阪6F大会議室(大阪市), 2022.5.27

伊藤禎彦: 第1研究委員会 将来を見据えたスマートな浄水システムに関する研究, 多様な社会・技術に適応した浄水システムに関する研究(A-Dream)成果報告会, (公財)水道技術研究センター主催, JMR アステールプラザ(広島市), 2022.6.2

- 伊藤禎彦：第1研究委員会 将来を見据えたスマートな浄水システムに関する研究，多様な社会・技術に適応した浄水システムに関する研究（A-Dream）成果報告会，（公財）水道技術研究センター主催，ウイंक愛知（名古屋市），2022.6.24
- 伊藤禎彦：脱炭素化と上水道，企画セッション「脱炭素化と都市代謝系社会インフラ」，京都大学環境衛生工学研究会第44回シンポジウム，京都大学時計台記念館，2022.7.29
- 伊藤禎彦：第1研究委員会 将来を見据えたスマートな浄水システムに関する研究，多様な社会・技術に適応した浄水システムに関する研究（A-Dream）成果報告会，（公財）水道技術研究センター主催，さいたま市民文化センター（さいたま市），2022.9.29
- 伊藤禎彦：地元管理されている小規模水道の実態と課題，島根大学生物資源科学部，2022.10.25
- 伊藤禎彦：小規模水供給施設における衛生問題と微生物的安全確保，令和4年度市町村等水道担当者連絡会（第21回），公益財団法人島根県環境保健公社主催，ホテル白鳥，2022.10.26
- 伊藤禎彦：水道料金値上げに対する容認度を高めるためのコミュニケーション技術，ダクティル鉄管協会セミナー，キャンパスプラザ京都，2022.11.15
- 伊藤禎彦：浄水施設の更新・再構築，第34回水道技術セミナー，（公財）水道技術研究センター主催，京都市勧業館みやこめっせ特別展示場，2022.12.1
- 伊藤禎彦：小規模水供給施設の実態と微生物的安全確保，シンポジウム「小規模水供給システム研究の進展」，東京大学 HASEKO-KUMA HALL，2023.2.22.

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

【参考文献】

- 1) いの町水道事業経営戦略 平成30年3月，18p.，2018.
- 2) 第1回いの町水道事業経営審議会 資料①，令和2年7月20日，2020.
- 3) 高知県いの町：経営比較分析表（令和2年度決算）
- 4) 大豊町産業建設課：令和2年度水道水質検査計画 令和2年3月，12p.，2020.
- 5) 高知県大豊町：経営比較分析表（令和2年度決算）
- 6) 伊藤禎彦，堀さやか：地元管理されている小規模水道の実態と課題、平成31年度（令和元年度）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） 小規模水供給システムの安定性及び安全性確保に関する統合的研究（H29-健危-一般-004）分担研究報告書，pp.108-141，2020.3
- 7) 本山町建設課：令和4年度水道水質検査計画 令和4年3月，11p.，2022.
- 8) 高知県本山町：経営比較分析表（令和2年度決算）
- 9) 福島県水道ビジョン2020、令和3年3月

- 10) 福島県保健福祉部食品生活衛生課：令和 2 年度福島県の水道
- 11) 福島県給水施設等条例
- 12) 福島県飲用井戸等衛生対策要領
- 13) 西郷村水道事業経営戦略, 2019.
- 14) 西白河郡西郷村：令和 4 年度水質検査計画
- 15) 白河地方水道用水供給事業経営戦略, 2018.
- 16) 西郷村家庭用飲用井戸等給水施設整備事業補助金交付要綱、令和元年 11 月 1 日告示、改正令和 3 年 9 月 1 日告示
- 17) 伊藤禎彦：人口減少下における浄水処理装置・施設に関する課題とニーズ, 環境衛生工学研究, pp.3-10, Vol.33, No.2, 2019.
- 18) 伊藤禎彦：オランダにおける塩素を使用しない水道システムの管理, 水道協会雑誌, Vol.79, No.10, pp.12-22, 2010.
- 19) Schijven, J. F., *et al.*; Slow sand filtration process model for removal of microorganisms: Nakamoto, N., Graham, N., Collins, M. R., Gimbel, R. eds., Progress in Slow Sand and Alternative Biofiltration Processes – Further Developments and Applications-, IWA Publishing, London, UK, Chapter 18, pp. 141-146, 2014.
- 20) 牛島健、石井旭、福井淳一、松村博文：実態調査に基づいた人口減少地域における地域自律型水インフラシステムの可能性、土木学会論文集 G (環境) (環境工学研究論文集第 55 巻)、Vol.74, No.7, III_143-III_152, 2018.
- 21) 5.2.29 静岡市保健所：公益財団法人水道技術研究センター、将来を見据えたスマートな浄水システムに関する研究(A-Dreams) 将来を見据えたスマートな浄水システムの構築～要素技術・システムによる課題解決事例集～, 2022.
- 22) National Research Council 著、浅野孝、眞柄泰基監訳、財団法人水道技術研究センター訳. 1999. 安全な水道水の供給 小規模水道の改善. 技報堂出版. 222p.

小規模水供給施設における衛生問題と微生物的安全確保法

研究分担者 伊藤禎彦 京都大学大学院工学研究科教授
研究分担者 中西智宏 京都大学大学院工学研究科助教
研究協力者 曾 潔 京都大学大学院工学研究科博士後期課程

研究要旨：

小規模水供給施設を調査対象とし、原水の微生物リスクを推定したうえで、必要な浄水処理レベルについて考察を行った。さらに、限定的な情報の下で、微生物的な安全性を確保するためのアプローチ方法を提示した。さらに、より精緻なリスク評価にむけて、次世代シーケンサーを用いた病原細菌の一斉検出手法を改良した。これを対象施設の3検体に適用した結果、計13属24種が病原種として抽出された。基準株の16S rDNA配列と99%以上の配列類似性をもつことから、検出結果の高い信頼性が確認された。

A. 研究目的

本研究課題のひとつは、小規模水供給システムにおける衛生的な水の持続的供給を目的とした技術的検討を行うことである。飲料水供給施設等の小規模水供給施設においては、浄水処理や消毒が不十分である場合も少なくない^{1,2)}。特に、地元管理されている施設では、塩素消毒の必要性が認識されていない場合や、意図的に忌避される場合がある。

微生物的安全性の面では、たとえ塩素消毒が行われていなくても、利用者は、もちろん清浄な水を使用できていると考えているし、通常、感染症の流行などが起きるわけでもない。このような状況下において、都会に出た人が帰省した際、しばらく滞在していると、同行した子供(孫にあたる)がおなかをこわすことがあるという。渓流水や沢水を手ですくって飲んだ場合、“おなかをこわす本体”とはいったい何か、興味あるところである。しかし、そのような水道原水について病原微生物に関する検査が行われることは皆無と言ってよい。ここでは、限定的な情報の下で、微生物的な安全性をいかに確保すればよいか、その具体的アプローチ方法を定量的微生物リスク評価手法によって検討した。

上記の「限定的な情報」とは一般細菌などの指標微生物に関する水質項目を指すが、これをリスク評価の出発点とする場合、リスクを過大評価してしまう問題がある。一方、原水中の病原微生物を次世代シーケンサーによって網羅的に検出・同定できれば、対象微生物を限定できるためより精緻なリスク評価が可能となると期待される。令和3年度は最新のロングリード型次世代シーケンサーによって病原細菌を一斉検出し、検出結果を定量的微生物リスク評価(QMRA)手法に利用することで必要な浄水処理レベル(病原細菌の除去・不活化能)を推定した。しかし、検出結果には一部偽陽性の疑われるものも見られたため、令和4年度は分析手法を改善し検出精度を向上させることを目的とした。

B. 方法

1. 滋賀県長浜市寺院への訪問調査

滋賀県長浜市内の ^{だいきちじ} 大吉寺（長浜市野瀬町）の水供給施設への訪問調査を行った。以前膜ろ過施設を設置していた企業（株式会社清水合金製作所）立会いのもと、ご住職からヒアリングすることができた。また、株式会社清水合金製作所からも、これまでの経緯等についてヒアリングを行った。原水、および寺院への供給水を採水し水質測定を行った。原水は溪流である。

2. 京都 ^{たいしゃくてん} 帝釋天 水供給施設の調査

京都帝釋天（京都府南丹市）の寺務所になっている福寿寺のご住職から、水利用状況についてヒアリングすることができた。南丹市との関わりの有無についてもヒアリングした。

3. 京都市内における原水調査

京都市西京区において、トロッコ保津峡駅（嵯峨野観光鉄道株式会社）の駅舎と売店に水供給している施設があり、これを調査対象とした。保津川を挟んで、北側の施設と南側の施設の2か所があり、前者は売店へ、後者は駅舎へ水供給しているものである。定期的に採水を行い、水質測定を行った。

4. 病原細菌群の網羅的検出

上記のトロッコ保津峡駅の北側施設で採取した水試料に対して、病原細菌の網羅的検出を行った。今年度は次世代シーケンサーの解読エラーを補正するため、Karst ら³⁾の開発した Unique Molecular Identifier (UMI)法を導入した。孔径 0.22 μm のろ紙で検水をろ過濃縮後、PowerSoil kit (Qiagen 社)で核酸抽出した。これを鋳型として 16 塩基の縮重塩基を含む UMI 配列が付加されたプライマー対 (27F/1492R)で 2 サイクルの PCR 反応を行い、16S rDNA 分子の両末端に UMI 配列を付加させた。精製後、さらに PCR 増幅とライブラリ調製を行い、MinION Mk1B と Flow Cell R10.4.1(共に Oxford Nanopore Technologies 社)を用いて配列データを取得した。PCR 反応液の組成や反応条件、ライブラリ調製は既報^{3,4)}に従った。得られたデータを Guppy ver. 6.3.4 でベースコールした後、Karst ら³⁾の解析パイプラインを用いて UMI 配列ごとにリードをまとめ、解読エラーの補正されたコンセンサス配列を生成した。以上の操作を既知の細菌が混合された標準試料 (DNA-Mock-001; NBRC) にも適用し、エラー補正の妥当性を別途検証した。

環境水から得られたコンセンサス配列を *rrn* オペロン配列のデータベース MlrROR⁵⁾ に対して BLAST 検索した。各クエリ配列について、トップヒットのビットスコアの 95%値を上回るスコアを持つ全ヒットを用いて最小共通祖先を推定した。これを 1409 種からなる病原種リスト⁶⁾と照合し、病原種を含む属として推定された配列を抽出した。これをさらに 16S rRNA 配列データベース SILVA⁷⁾ の基準株/培養株のエントリーに対して BLAST 検索し、病原種の参照配列に対して 99%以上の配列類似性を示すトップヒットの分類群を割り振った。

(倫理面への配慮)

本調査研究の内容は、京都大学大学院工学研究科工学研究倫理委員会における審査非該当であることを確認した上で、個人情報の保護及び調査に関係する対象者を含む安全性に配慮して実施した。ヒアリング調査における具体的な配慮事項は以下のとおりである。1)ヒアリングでは個人情報に関する設問を含まない、2)得られた情報は本研究実施以外の目的には使用しない、3)得られたデータに含ま

れる情報は適切に管理し、第三者には開示しない。また、同情報は研究担当者のみが扱い、研究終了後に適切に廃棄する。

C. 結果

1. 滋賀県長浜市寺院への訪問調査

(1) 経緯

以前は砂ろ過施設が設置されていた（写真資料あり）。これに対し、観光地でもあることから、旧浅井町から対策の必要性を指摘され、2005年に、膜ろ過装置を設置した（写真資料あり）。クリプトスポリジウム対策の意味もあったとみられる。導入されたのは、株式会社清水合金製作所のアクアレスキュー類似装置（初期モデル、MF、50 m³/日）。旧浅井町が発注したもの（2006年市町村合併により長浜市に移管）。2013年、長浜市は、地元自治会に管理を移管した。その後も、長浜市は水質検査を行っていたようである。

導入したシステムは、原水流量の減少により、ポンプが作動しなくなるなどのトラブルがしばしば発生した。給水栓からしばらく水を流していると、水量が減少することがしばしばあった。断水もよく起きるので困っていた。ただし、これらは膜ろ過装置に原因があるのではなく、取水設備が不良だったことに原因があるとみられる。

このため3～4年前に膜ろ過装置は撤去し、現有設備に変更した。これは長浜市が業者に設計を依頼し、長浜市が設置したものと思われる。

(2) 水供給施設の現況

原水は渓流水。雪解け水の割合が高く、水温は低い。水面に、目開き数 mm のスクリーンが設置されている。この下部に集水管＝導水管があるものとみられる。原水槽（柵）に導入。これは沈砂池の役割あり。設置後3～4年が経過し、砂が堆積している。流入管および流出管がほぼ埋まっている状態。数年に一度程度の頻度で除去・清掃を行う必要があるとみられる。槽内に目開き数 mm のストレーナを備えた集水管（流出管）あり。流出管は、溪流岸の石の下に埋設され、溪流水面に沿って下流へと延伸されている。取水施設の写真は本報告書別報⁸⁾に掲載した。

下流には防火水槽兼原水槽があり、原水はここに流入。直前にドレンがあり、ここで捨水および採水が可能。防火水槽からの流出管は、槽下部に設置されているので、防火水槽は沈砂池にはなっていない。ポンプアップして寺内に供給。塩素は注入されていない。

ポンプ室内には、以前砂ろ過装置があったが、その後、膜ろ過装置に置き換えられた。

下流位置に以前から防火水槽とポンプ施設があったため、これらを活用したものとみられる。ただし、寺内に供給するためには、下流側からポンプアップする必要がある状況となっている。

大吉寺のみの水供給施設であり、他に供給を受けている住宅等はない。

(3) 施設管理の状況

メンテナンスは特に行っていない。費用も不要。ただし、原水槽には砂が堆積しているので、数年に一度程度の頻度で除去・清掃を行う必要があるとみられる。

現在、市の関与があるわけではなく、補助等も特にあるわけではない。

(4) 管理体制、利用状況

定期的な水質検査を行っているわけではない。自費で 8000 円を負担し、検査してもらったことがある。市が発行する広報で水質検査の希望を募っていたので、これに申し込んだもの。保健所に依頼。11 項目検査とみられる。大腸菌も不検出であって、特に問題はなかった。

降雨時には濁ることがある。浴槽に水を張ったとき濁りがあることがわかる。水を抜いた後に、底に懸濁物質が残っていることもある。飲用しているが、おなかをこわすなどの問題は全くない。上流域に住居など、汚染源はない。周辺で、シカが死んでいたこともあるが、問題とは思っていない。

(5) 水質測定結果

2021 年 5 月 19 日採水試料について、原水 40 項目の検査を厚生労働大臣登録検査機関に依頼した(既報)。その他の独自水質測定結果は次節に示す。原水濁度は高くないが、浄水メカニズムがないため、濁度は低減していない。細菌の測定結果をみても、低減しているとはいえない。

一方、防火水槽内の滞留時間が長いとみられるので、コンクリートのアルカリ分が溶出し、高 pH、高硬度になる可能性がある。しかし、今回測定した範囲では特にそのような傾向は認められなかった。

(6) その他

長浜市内には 10 の寺院があるが、他寺院には水道が普及しており、独自施設をもつのは大吉寺だけである。水道普及地域から大吉寺までは距離があり、配水管を敷設することはできないため、寺独自の施設となっている。

長浜市市民生活部環境保全課生活衛生係へのヒアリングを実施した。専用水道の使用開始時に手続きを行うほかは、未普及地域に対する施策や改善方策等をもっているわけではない。長浜市としての課題や県・国に対する要望事項も特にない。なお、当該地域の上水道事業、簡易水道事業は長浜水道企業団が行っている。ヒアリングしたが、未普及地域については関与していない。

2. 京都 帝釋天^{たいしゃくてん} 水供給施設の調査

(1) 水供給施設の概要

水源は、奥の院礼拝所(すぐ上手に天降石あり)近くにあり。湧き水であるが、原水としては表流水とみなされる。原水受水槽(榭)で受けた後、境内に供給されている。古くから利用されてきている水である。

(2) 水利用の状況

飲み水としても利用されている。茶所^{ちやしよ}において、参拝者にふるまわれる。水を汲みに来る人もいる。ほかには、トイレの手洗い。手水舎^{ちょうずや}2 か所(寺院石段下と、奥の院礼拝所への石段手前)あり。防火用水としての役割もある。

(3) 施設管理の状況

管理は地元の方が行っている。湧き水なので水量変化が少なく(なく)、これまでに枯れたことはない。

(4) 水質管理の状況

南丹市との関わりはなく、水質検査も行われていない。

(5) その他

奥の院礼拝所への石段手前の蛇口から採水。2021 年 4 月 16 日採水試料について、原水 40 項目の検査を厚生労働大臣登録検査機関に依頼(既報)。

社団法人 船井青年会議所社会開発委員会は、1992 年、京都府北部地域において 6 か所の水を調査

し、資料「^{ふないりくすい}船井六水」⁹⁾としてとりまとめている。6か所の水は、神社や鍾乳洞における湧き水、および、寺院、地蔵、滝においてみられる水である。水質試験機関に依頼し、13項目にわたる水質検査が実施されている（平成4年7月採水）。さらに、“味くらべ”が行われ、その指標は「甘さ」、「辛さ」、「マイルドさ」、「ドライさ」、「総合比較」の5項目である。

3. 原水調査の結果

(1) 大吉寺施設の原水試験結果

2021年3月～2022年12月に行った原水試験の結果を表1に示す(n=6)。

表1 大吉寺施設の原水試験結果(2021年3月～2022年12月、n=6)

	採水日	pH	電気伝導度 μS/cm	濁度 度	一般細菌 CFU/mL	従属栄養細菌 CFU/mL	大腸菌群 MPN/100mL	大腸菌 MPN/100mL	嫌気性芽胞菌 CFU/L
原水	2021/03/09	7.62	60.5	0.68	5.6	653	≥240	1.5	12.0
	2021/05/19	7.78	63.5	1.02	8.2	100	≥240	2.3	14.0
	2021/08/30	7.77	66.6	1.49	13.3	560	≥240	24	1.3
	2021/12/08	7.69	68.5	1.74	11.0	453	46	4.3	18.0
	2022/07/11	7.95	75.2	1.21	12.0	128	≥240	24	44.7
	2022/12/08	7.96	72.7	1.14	2.3	497	≥240	9.3	84.7
給水栓水	2021/03/09	7.68	59.8	0.49	2.1	963	24	0.9	4.0
	2021/05/19	7.83	66.9	0.44	1.7	32	110	0.9	2.0
	2021/08/30	7.75	63.6	0.52	4.0	443	110	4.3	15.3
	2021/12/08	7.61	73.9	0.29	4.3	657	110	2.3	2.0
	2022/07/11	7.94	76.2	0.36	3.0	104	≥240	4.3	8.7
	2022/12/08	8.00	75.8	0.69	1.3	96.3	110	4.3	33.3

(2) 京都帝釋天施設の原水試験結果

2021年3月～2023年2月に行った原水試験の結果を表2に示す(n=29)。

表2 京都帝釋天施設の原水試験結果(2021年3月～2023年2月、n=29)

	pH	電気伝導度 μS/cm	濁度 度	一般細菌 CFU/mL	従属栄養細菌 CFU/mL	大腸菌群 MPN/100mL	大腸菌 MPN/100mL	嫌気性芽胞菌 CFU/L
平均値(算術/幾何)	7.84	57.6	10.5	29.6	304	-	9.1	21.2
最大値	7.99	99.8	21.4	167	887	≥2400	110	102
最小値	7.49	37.0	1.6	1.3	72.0	4.3	0.4	2.7
中央値	7.89	56.0	9.9	28.0	360	-	15.0	22.3

(3) トロッコ保津峡駅施設の原水試験結果

北側施設について、2020年11月～2023年2月に行った原水試験の結果を表3に示す(n=33)。また、南側施設について、2020年11月～2023年2月に行った原水試験の結果を表4に示す(n=30)。

南側施設の方が、濁度、一般細菌、従属栄養細菌の値は小さいが、電気伝導度は大きい。

表3 トロッコ保津峡駅北側施設の原水試験結果(2020年11月～2023年2月、n=33)

	pH	電気伝導度 μS/cm	濁度 度	一般細菌 CFU/mL	従属栄養細菌 CFU/mL	大腸菌群 MPN/100mL	大腸菌 MPN/100mL	嫌気性芽胞菌 CFU/L
--	----	----------------	---------	----------------	------------------	-------------------	------------------	-----------------

平均値 (算術/幾何)	7.75	63.7	4.90	29.6	245	-	8.2	11.8
最大値	7.97	90.5	10.6	300	1210	>=2400	1100	76.0
最小値	6.66	25.2	0.14	5.3	11.0	29.0	0.4	1.3
中央値	7.89	59.5	5.03	30.0	360	-	9.3	12.7

表4 トロッコ保津峡駅南側施設の原水試験結果(2020年11月~2023年2月、n=30)

	pH	電気伝導度 μS/cm	濁度 度	一般細菌 CFU/mL	従属栄養細菌 CFU/mL	大腸菌群 MPN/100mL	大腸菌 MPN/100mL	嫌気性芽胞菌 CFU/L
平均値 (算術/幾何)	7.68	91.7	1.08	9.9	125	-	8.9	12.6
最大値	7.97	122	3.94	65.7	653	>=2400	240	120
最小値	6.46	60.6	0.21	0.3	7.7	4.3	0.4	0.7
中央値	7.80	90.9	0.81	12.0	165	-	9.3	17.0

4. 病原細菌群の網羅的検出

トロッコ保津峡駅の北側施設で採取した水試料に対して、次世代シーケンサーによって病原細菌を一斉検出した結果を図1に示す。昨年度の分析手法とは、1)シーケンサーによる解読エラーを UMI 法によって軽減した点、2)種レベルの分類群推定のための必要条件として「16S 配列の類似性 99%以上」を採用した点、3)照合先の配列データベースを種名の信頼性が高い基準株・単離株のみから構築した点が異なり、推定の信頼性を向上させることができた。トロッコ保津峡駅北側施設の3つの検体

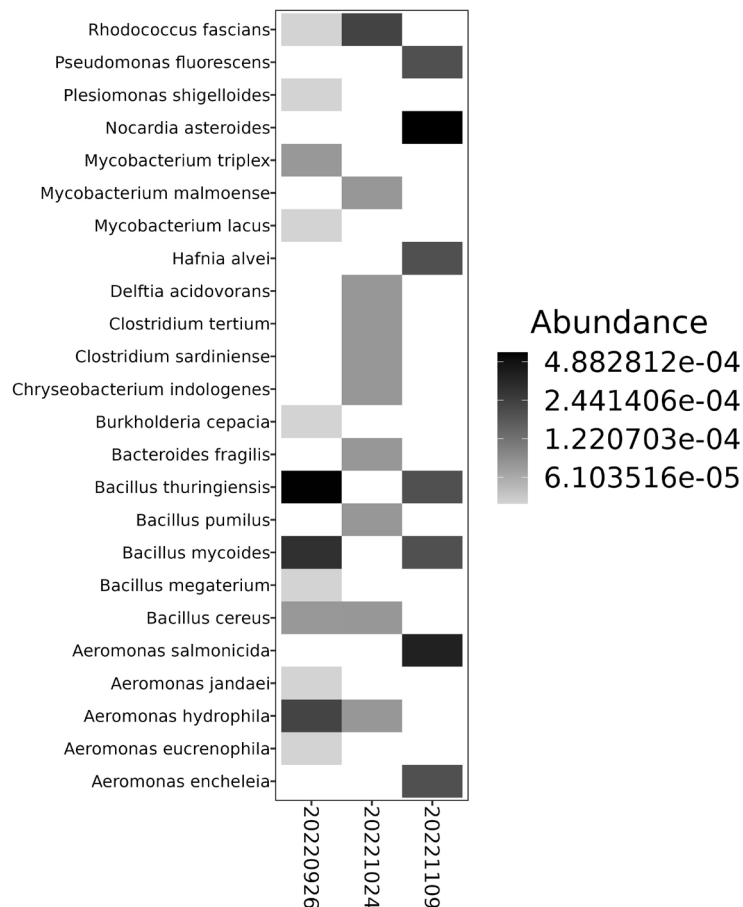


図1 トロッコ保津峡駅(北側施設)における病原細菌種の一斉検出結果(図中の Abundance は全細菌に占める相対割合を、横軸は採水日を示す)

から、合計 13 属 24 種の病原細菌が検出された。特に、*Aeromonas* 属や *Mycobacterium* 属、*Bacillus* 属、*Pseudomonas* 属といった水環境や土壌中の常在菌が多数検出された。これらは免疫の低い人々に感染性を示す日和見感染菌として一般的なものである。また、*Clostridium* 属のような動物の糞便由来と思われる病原種も散発的に検出されたが、上記のような環境常在菌よりは検出されにくい傾向にあった。また、以上の傾向は昨年度の検出結果とも大まかには整合していた。

D. 考 察

小規模水道においては、まずは微生物的な安全確保が優先される¹⁰⁾。ここでは、定量的微生物リスク管理 (Quantitative Microbial Risk Assessment; QMRA) 手法によって、原水の微生物リスクを定量したうえで、必要な浄水処理レベルについて考察する。

1. 微生物的安全確保へ向けたアプローチ方法¹¹⁾

ここでは、地元管理されている水供給施設を含めた小規模水道施設を扱っている。そのような施設の場合、特定の病原微生物、すなわちカンピロバクター、ロタウイルス、クリプトスポリジウム、ジアルジアなどの原水中の濃度が把握されているのは皆無であろう。また、浄水処理や消毒が不十分である場合も少なくない。そのような施設において、微生物的な安全性を確保しようとする場合、どのようなアプローチ方法をとればよいのだろうか。図 2 は、そのための枠組みを示したものである。

飲用井戸等衛生対策要領は、給水開始前に、消毒副生成物 11 種類を除く 40 項目の検査を求めている。これより、一般細菌と大腸菌については検査結果が存在するはずである。万一、存在しなければ、これら 2 項目の検査を行うものとする。すなわち、図 2 では、原水について、一般細菌と大腸菌の検査結果が存在することを前提とする。

原水において一般細菌のみが検出 (大腸菌は不検出) され、利用できる情報がこれしかない場合、既存の文献情報を参照しつつ日和見菌等の病原性細菌濃度を推定する。また、適用すべき用量-反応モデルも不明なので、適当と考えられる日和見菌の感染確率モデルを使用する。なお、最大感染確率モデルや逆に低確率モデルを使用することも考えられる。これより算出される、浄水処理において必要な除去・不活化能は大きな値となり、実際のリスクよりも極めて安全側の評価をすることになるだろう。

これに対して、原水に対する追加調査を実施できる場合を考える。網羅的検出 (一斉検出) 試験や病原種を特定する試験などを実施できる場合には、対象微生物を限定できる。また種によっては、特定の用量-反応モデルを使用できる場合がある。これによって、安全側に過ぎる評価が緩和され、必要な除去・不活化能も小さな値ですむことになるだろう。

次に、大腸菌が検出された場合を考える。追加調査を行わない場合、大腸菌「検出」という定性結果のみであるので、病原性微生物の濃度としては安全側の値に設定することになる。これは、対象となる病原微生物の原水中濃度に関するデータがない、または不足している場合にも、類似した原水に関する文献値から設定する方法としてしばしば採用される方法である。例えば、カンピロバクター：1/10 L、クリプトスポリジウム：1/m³ など。

これに対して、追加調査を行える場合を考える。まず、大腸菌や嫌気性芽胞菌といった指標細菌の濃度を測定できた場合には、これに既存文献に基づいた比率を乗じることによって、細菌、ウイルス、原虫の濃度を設定する。さらに、もっとも望ましい追加調査とは、各病原微生物の濃度を実測できることである。こうして推定または実測した病原微生物の濃度に基づいて、必要な除去・不活化能の導出を進める。

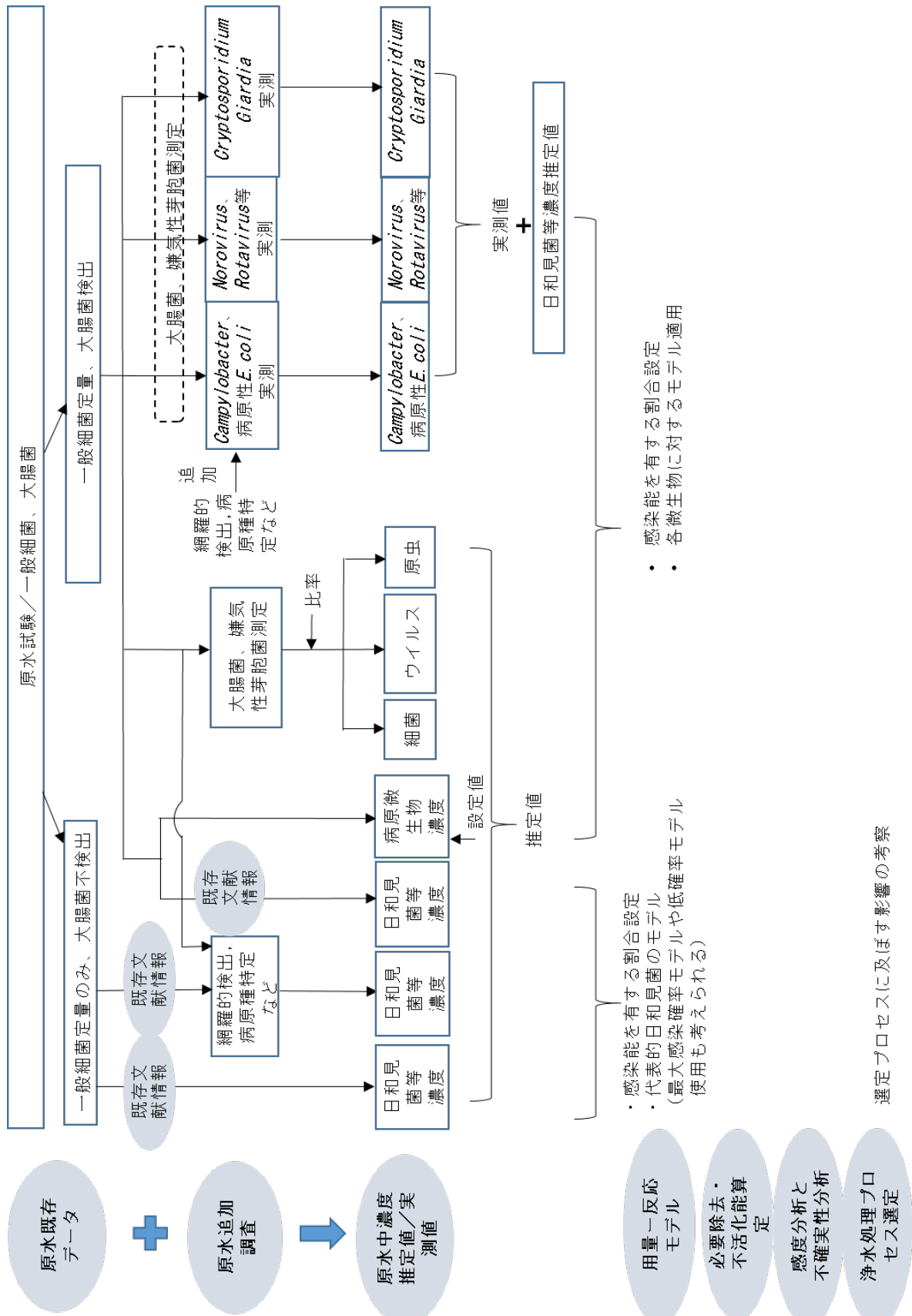


図 2 微生物的安全確保へ向けたアプローチ方法

重要な点は、原水に対する既存データのみでは、安全側の評価とせざるを得ず、必要な除去・不活化能も大きくなるのに対して、追加調査を詳しく行えば行うほど、制御すべきリスクを限定することができるので、必要除去・不活化能の大きさも適切に設定できるということである。

2. 一般細菌数を用いた必要除去・不活化能の試算^{11,12,13,14)}

測定数が多い京都帝釈天施設およびトロッコ保津峡駅施設の測定結果に基づいて試算する。今回の原水試験の結果は表 2、表 3、表 4 に示す通りであるが、ここではまず、一般細菌のみ検出され大腸菌が検出さなかった場合を考える。

表 5 は、文献に見られる比率等を取りまとめたものである。25 文献をレビューしたが、それらは、浄水処理の有無、消毒の有無等を含む各種の報告である。このうち、原水が表流水（河川、貯水池、湖沼）である場合のデータを抽出した。表の N は、報告数を意味する。なお、ここでは、HPC について一般細菌と従属栄養細菌を区別していない。

表 5 文献に見られる比率等のまとめ

	HPC/全細菌	HPC/全生菌	全生菌/全細菌
表流水における値 (各ケースについての中央値を算出。その後、全体の中央値を算出。)	N=12 9.82E-06 ~ 3.10E-01 Median=7.47E-04	N=8 3.31E-04 ~ 7.75E-01 Median=1.81E-03	N=8 3.08E-01 ~ 9.55E-01 Median=0.506

表 5 を参照して設定した比率等は以下の通り。一般細菌/全細菌=0.075%、一般細菌/全生菌=0.18%、病原性生菌/全病原性細菌=50.6%。また、全細菌の約 3%は病原性細菌とした。以上より、病原性生菌数の算定式は以下の通り。

$$\text{病原性生菌数} = \text{一般細菌数} \div 0.075\% \times 3\% \times 50.6\%$$

病原性生菌はすべて日和見菌等であるとみなす。用量-反応モデルとしては、日和見菌のうち指数モデルの γ が最小である *Staphylococcus aureus* のモデル($\gamma=7.64E-08$)を適用した。

必要除去・不活化能の試算結果を表 6 に示す。測定した一般細菌数をもとに、病原細菌による感染確率 10^{-4} /人/年以下を満たすのに必要な除去・不活化 log 数を算定したものである。

表 6 一般細菌数に基づく必要除去・不活化能の試算

	トロッコ保津峡駅 北側施設	トロッコ保津峡駅 南側施設	京都帝釈天施設
日和見菌等推定濃度(cells/mL)	5.99E+02	2.00E+02	5.99E+02
必要除去・不活化 log 数	4.7	4.3	4.7

3. 大腸菌数を用いた必要除去・不活化能の試算

つぎに、一般細菌に加えて大腸菌が検出された場合を想定する。大腸菌については、水質検査機関による検査結果の報告は、「不検出」または「検出」の定性的結果のみである。したがって、検査結果が「検出」であった場合、濃度は独自に測定する必要がある。

各試料水の大腸菌濃度測定値に基づいて、各種病原微生物に対する必要除去・不活化能を試算した結果を表 8 に示す。まず、大腸菌測定値に対して比率を乗じ各種病原微生物濃度を設定した。その後、感染確率 10^{-4} /人/年以下を満たすのに必要な除去・不活化 log 数を算定したものである。

「WHO 定量的微生物リスク評価ガイドブック」¹⁰⁾に記載されている大腸菌 : E. coli O157:H7、大腸菌 : ロタウイルス、大腸菌 : クリプトスポリジウム、大腸菌 : カンピロバクターの比率はそれぞれ 1:0.08、1:5.00E-06、1:1.00E-06、1:0.66 である。用量—反応モデルについては、E. coli O157:H7 は $\gamma=0.0093$ 、ロタウイルスは $\gamma=0.59$ を適用した。

このような、細菌、ウイルス、原虫を対象としてリスク評価を行った場合、カンピロバクターに対する必要除去・不活化能がもっとも大きい結果となる場合が多い。表7の結果も同様であることがわかる。また、本例のように大腸菌や嫌気性芽胞菌が検出された場合、クリプトスポリジウムに対する除去・不活化能として、例えば3 log 程度以上の処理能が必要とされてしまう場合が多いが、表8では1.3 log でよいと見積られている。このように、簡単なQMRAを行うだけで、過剰処理を回避し、必要十分な浄水処理プロセスを提示することができる。

表7 大腸菌濃度測定値に基づく各種病原微生物に対する必要除去・不活化能の試算

病原微生物	条件/パラメータ	トロッコ北側施設 log 数	トロッコ南側施設 log 数	京都帝釈天施設 log 数
病原大腸菌 E. coli O157:H7	大腸菌×0.08 ; γ=0.0093	4.9 (6.56E-03)	4.9 (7.12E-03)	4.9 (7.28E-03)
カンピロバクター	大腸菌×0.66; γ=0.686	7.6 (5.41E-02)	7.7 (5.87E-02)	7.7 (6.01E-02)
ロタウイルス	大腸菌×5.00E-06 ; γ=0.59	2.5 (4.10E-07)	2.5 (4.45E-07)	2.5 (4.55E-07)
クリプトスポリジウム	大腸菌×1.00E-06 ; γ=0.2	1.3 (8.20E-08)	1.3 (8.90E-08)	1.3 (9.10E-08)

カッコ内は原水中推定濃度(cells/mL)

4. 不確実性分析

表6で、*Staphylococcus aureus* の用量-反応モデル(γ=7.64E-08)を適用した場合をベースケースとして不確実性分析を行った。トロッコ保津峡駅北側施設を対象とした場合の結果を表8に示す。

表5に示した文献情報を精査し、極端な報告値を除外すると、一般細菌/全細菌:0.00681%~1.75%、一般細菌/全生菌:0.0595%~5.93%、全生菌/全細菌:32%~65.5%の範囲とみなせる。これらを参考として、一般細菌/全細菌の割合、病原性細菌/全細菌の割合、病原性生菌/病原性細菌の割合の上限値および下限値を表9のように設定した。また、日和見菌等生菌/全生菌、病原性細菌/全細菌、日和見菌等/病原性生菌の割合の最小値は、とりあえず、それぞれ0.01%、0.01%、0.1%と仮定する。これより、日和見菌等/病原性生菌の割合の下限値として0.1%を設定した。感染能を有する割合は10%~100%に設定することが多いことから、下限値を10%とした。用量-反応モデルは*Staphylococcus aureus* のモデル(r=7.64E-08)に対して、*Legionella* のモデル(r=5.99E-02)を適用した。非加熱飲料水消費量327 mLは大阪市で得られた値であるが、WHO 飲料水水質ガイドラインに記載されている1 Lを設定した。

ベースケースにおける4.7 log に対して必要除去・不活化能の差が1 log を超える項目を朱書している。これらはリスク評価において不確実性が高い項目であるということができる。このように、不確実性分析を行うことによって、今後重点的に調査を行ったり知見の集積を行うべき項目を抽出することができる。

今後は、調査データを集積しつつ、図2に示した枠組みを構築していくこととする。

表8 不確実性分析の結果(トロッコ保津峡駅北側施設対象)

必要除去・不活化能に対する不確実性項目	必要除去・不活化 log 数
ベースケース	
一般細菌数: 29.6 CFU/ml ; 一般細菌/全細菌の割合=0.075% ; 病原性細菌/	4.7

全細菌の割合=3% ; 病原性生菌/病原性細菌の割合=50.6% ; 日和見菌等/病原性生菌の割合=100%; 感染能を有する割合=100% ; 非加熱飲料水消費量=327 ml; <i>Staphylococcus aureus</i> 用量反応モデルを借用 $\gamma=7.64E-08$		
一般細菌/全細菌の割合	0.001%	6.6
	10%	2.6
病原性細菌/全細菌の割合	0.01%	2.3
	10%	5.3
病原性生菌/病原性細菌の割合	10%	4.0
	80%	4.9
日和見菌等/病原性生菌の割合	0.1%	1.7
感染能を有する割合	10%	3.7
非加熱飲料水消費量	1 L	5.2
用量-反応モデル <i>Legionella</i> : $\gamma=5.99E-02$		10.6

*赤字 : 必要除去・不活化 log 数の差が 1 を超える項目

5. 病原細菌群の網羅的検出とそれに基づいたリスク評価

本研究では次世代シーケンサーによる病原細菌の網羅的検出にも取り組んだ。その結果、*Mycobacterium* や *Aeromonas*、*Bacillus* 属といった環境常在菌が頻繁に検出され、都市部の大河川で問題となるような糞便由来の病原細菌は散発的な検出にとどまった。今回対象としたような山間部の地表水に糞便汚染が発生することは稀であることは想像にも難しくなく、水道原水としては清浄な水質であると推察される。一方で、これらの日和見感染菌が存在していることも事実であるため、高齢者など免疫の弱い人々が水利用の主体となる場合には、適切な浄水操作が必要となるであろう。この一斉検出結果を上記 2～4 で示したような QMRA 手法に入れ込むことで、病原体によって適切な濃度や用量-反応関係を設定することができ、より精緻な評価が可能となる¹⁵⁾。今後、今回の分析手法によってデータをさらに蓄積し QMRA 手法に統合することが望ましい。

E. まとめ

(1) 小規模水供給施設における定量的微生物リスク評価と安全確保へ向けたアプローチ方法

滋賀県長浜市寺院、京都府南丹市寺院、および京都市西京区における水供給施設を調査対象とした。原水の微生物リスクを推定したうえで、必要な浄水処理レベルについて考察を行った。

また、限定的な情報の下で、微生物的な安全性を確保するためのアプローチ方法を提示した。

(2) 小規模水供給施設における原水中の病原細菌群の網羅的検出

病原細菌種の一斉検出における同定の正確性を高めるために、分析手法の改良を行った。小規模水供給施設の原水にそれを適用した結果、13 属 24 種の病原細菌の検出に成功し、土壌・水環境中の常在菌が主な病原細菌である可能性を示した。得られた知見をリスク評価に活用することで、微生物的な安全性を確保するために必要な浄水処理レベルを精緻に評価できることを示した。

謝辞：トロッコ保津峡駅施設（京都市西京区）における調査にご協力いただいている嵯峨野観光鉄道株式会社、採水調査を受け入れていただいている京都帝釈天（京都府南丹市）、および大吉寺（滋賀県長浜市）に謝意を表す。

F. 研究発表

1. 学会発表

原彩斗、曾潔、中西智宏、伊藤禎彦：小規模水供給施設における病原細菌のスクリーニング調査を踏まえた定量的微生物リスク評価，環境衛生工学研究，Vol.36, No.3, pp.21-23, 2022.7

Jie Zheng, Ayato Hara, Takuya Kubo, Tomohiro Nakanishi, Sadahiko Itoh：Potential of Nanopore Sequencing of Full-length 16S rRNA for Identification of Pathogenic Bacteria in Small-scale Water Supply Systems, Water and Environment Technology Conference, WET2022-online PROGRAM and ABSTRACT, p.57, 2022.7

伊藤禎彦，曾潔，中西智宏：小規模水道供給システムの実態と微生物学的安全確保法，2022年度第35回日本リスク学会年次大会講演論文集，p.90, 2022.11.

2. 総説・解説

伊藤禎彦，中西智宏，曾潔：小規模な水供給でどう安全な水を確保するか，特集：人口減少社会における持続可能な水供給システムとまちづくり，保健医療科学，Vol.71, No. 3, pp.225-233, 2022.8

3. 講演

伊藤禎彦：地元管理されている小規模水道の実態と課題，島根大学生物資源科学部，2022.10.25

伊藤禎彦：小規模水供給施設における衛生問題と微生物的安全確保，令和4年度市町村等水道担当者連絡会（第21回），公益財団法人島根県環境保健公社主催，ホテル白鳥，2022.10.26

伊藤禎彦：小規模水供給施設の実態と微生物的安全確保，シンポジウム「小規模水供給システム研究の進展」，東京大学 HASEKO-KUMA HALL，2023.2.22.

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

【参考文献】

- 1) 伊藤禎彦，堀さやか：住民との連携による水供給システムの維持管理手法とそれらの知見共有方策に関する検討、平成30年度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）小規模水供給システムの安定性及び安全性確保に関する統合的研究（H29-健危-一般-004）総括研究報告書，pp.82-89, 2019.3.
- 2) 伊藤禎彦，堀さやか：地元管理されている小規模水道の実態と課題、平成31年度（令和元年度）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）小規模水供給システムの安定性及び安全性確保に関する統合的研究（H29-健危-一般-004）分担研究報告書，pp.108-141, 2020.3
- 3) Karst, S.M., Ziels, R.M., Kirkegaard, R.H., Sørensen, E.A., McDonald, D., Zhu, Q., Knight, R., Albertsen, M., 2021. High-accuracy long-read amplicon sequences using unique molecular identifiers with Nanopore or PacBio sequencing. *Nat. Methods* 18, 165–169.
- 4) Oxford Nanopore Technologies, Protocol CPU_910 7_v109_revD_09Oct2020（2023年3月閲覧）

- 5) Seol, D., Lim, J. S., Sung, S., Lee, Y. H., Jeong, M., Cho, S., Kwak W. and Kim, H.: Microbial identification using rRNA operon region: database and tool for metataxonomics with long-read sequence. *Microbiology Spectrum*, 10(2), e02017-21, 2022.
- 6) 中西智宏, 曾潔, 久保拓也, 原彩斗, 伊藤禎彦: 水道原水中の病原細菌種の一斉検出を目的とした DNA メタバーコーディング手法の確立, 第 56 回日本水環境学会年会講演集, p.122, 富山, 2022 年 3 月.
- 7) Quast, C., Pruesse, E., Yilmaz, P., Gerken, J., Schweer, T., Yarza, P., Peplies, J. and Glockner, F. O. : The SILVA ribosomal RNA gene database project: improved data processing and web-based tools, *Nucleic acids research*, Vol. 41, No. D1, pp. D590- D596, 2012.
- 8) 伊藤禎彦, 中西智宏: 表流水取水装置および管内環境制御からみた浄水処理方法、令和 3 年度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）小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究（20LA1005）分担研究報告書、2021.12.
- 9) 社団法人 船井青年会議所社会開発委員会: 船井六水、12 p, 1992.
- 10) 岸田直裕, 松本悠, 山田俊郎, 浅見真理, 秋葉道宏; 我が国における過去 30 年間の飲料水を介した健康危機事例の解析（1983～2012 年）、*保健医療科学*, 64(2), 70-80, 2015.
- 11) 国立保健医療科学院; 定量的微生物リスク評価-水安全管理への適用-, 235p., 2020.
- 12) QMRA wiki, <http://qmrwiki.org/>.
- 13) World Health Organization; Guidelines for Drinking-water Quality, Fourth Edition Incorporating the First Addendum, 2017.
- 14) 伊藤禎彦, 曾潔, 武藤陽平: 小規模水供給施設における衛生問題と微生物的安全確保法, 令和 2 年度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）小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究（20LA1005）分担研究報告書, 2022.3.
- 15) 伊藤禎彦, 中西智宏, 曾潔: 小規模水供給施設における衛生問題と微生物的安全確保法、令和 3 年度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）小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究（20LA1005）分担研究報告書、2021.12.

管路の維持管理方法に関する検討

研究分担者 伊藤禎彦 京都大学大学院工学研究科教授
研究分担者 中西智宏 京都大学大学院工学研究科助教
研究協力者 福岡早紀 京都大学大学院工学研究科修士課程

研究要旨：

小規模化が進む水道システムでは、配水管内での滞留時間が増大する傾向にあり、水道水質が劣化することが懸念される。このため配水管内環境の管理を高度化させ、これを制御する必要がある。本研究では、中部地方Y市内、東北地方S市内を対象とし、小規模な水道施設をとりあげた。それぞれの配水区域において、まずは配水管内に蓄積する重量(g/m^2)とその分布を推定した。ついで、対象地域で行われている特有の管路維持管理作業が配水管内環境の制御に寄与できることを示した。ここで得られた知見をもとに、今後当該水道事業体と議論しつつ、対象地域に適した浄水処理方法、及び配水システムの管理・制御方法を提示・策定することができる。

A. 研究目的

小規模化が進む水道システムでは、配水管内での滞留時間が増大する傾向にあり、水道水質が劣化することが懸念される。このため配水管内環境の管理を高度化させ、これを制御する必要がある。配水管内における懸濁物質等の管理・制御のための考え方としては、①浄水処理における懸濁物質等の除去、②配水管網における水理条件の管理・制御、③洗管があり実務上はこれら3つの段階を組み合わせる必要がある。

本研究では、中部地方Y市内、東北地方A市内を対象とし、小規模な水道施設をとりあげた。それぞれの配水区域において、まずは配水管内に蓄積する重量(g/m^2)とその分布を推定する。それぞれの地域では、浄水処理方法や管路の維持管理方法などに特徴があり、それをふまえた解析や考察を行った。

B. 方法

1. 中部地方Y市k浄水場配水区域

本配水区域は、以前は簡易水道であったが、現在は上水道として統合されている。この配水区域における管路の維持管理作業についてヒアリングを行った。ここでは、「排泥作業」と称する放水作業が行われている。この「排泥作業」は毎年実施されているものの、その洗管効果は明らかではない。そこで、ここではこの「排泥作業」を強化し、管内流速を0.4m/sec程度以上に確保

して、管内に蓄積した懸濁物質等を積極的に排出するというシナリオを設定することとした。

2. 東北地方 A 市 n 浄水場・t 浄水場配水区域

両浄水場の概要を表 1 に示す。ともに、クリプトスポリジウム等対策を理由の一つとして膜ろ過 (UF) 設備が導入されている。

- ・ n 浄水場 湧き水—自然流下—UF 膜 (4 ユニット×2 モジュール) —塩素消毒—50 軒 (給水人口 150 人以内) に配水
- ・ t 浄水場 湧き水—ポンプ圧送—UF 膜 (3 ユニット×2 モジュール) —塩素消毒—100 軒に配水

表 1 n 浄水場、t 浄水場の概要

水

事業主体名		基本計画			
市町村名	浄水場名	施設能力 (m ³ /day)	原水種別	浄水施設種別	配水方式種別
A 市	n 浄水場	190	湧き水	膜ろ過	自然流下
	t 浄水場	160	湧き水	膜ろ過	自然流下

この配水地域における管路の維持管理作業についてヒアリングを行った。n 浄水場配水区域の末端には「排流装置」が設置され、稼働している。この「排流装置」によって水道水を常時放水している目的は、配水区域内の残留塩素と pH の管理を容易にすることにある。

本配水区域における以上の特徴をふまえて、制御性の検討における設定予定条件を表 2 に示す。すなわち、この区域では、膜ろ過の導入と排流装置が特徴的であることから、それぞれの導入効果を定量的に評価するためのケース設定とした。

表 2 設定シナリオ

	CASE 1	CASE 2	CASE 3
膜	×	○	○
排流装置	×	×	○

C. 結果

1. 中部地方 Y 市 k 浄水場配水区域

(1) 管路の維持管理作業

k 浄水場では上向流緩速ろ過施設が導入されており、現在の給水戸数は 250 戸となっている。

この配水区域における管路の維持管理作業についてヒアリングを行った。ここでは、配水区域の末端において、「排泥作業」と称する放水作業が行われている。すなわち、1 年に 1 回、主としてお盆の時期に人口が急激に増加し、配水区域の下流域で水量が不足するという。この時期の必要水量は平時の 1.5 倍程度に達するようである。この不足水量を補うため、この時期に限り、隣接する e 浄水場配水区域 (東北方面に広がる地域) から配水を受ける。e 浄水場配水区域からの水は末端から流入し、上流方向 4 分の 1 程度まで到達すると推定されている。ただし、このとき、水は平時とは逆方向に流れることになる。この流向の変化に伴って濁水が発生するのを未然に防止するために行われているのが、「排泥作業」と称する放水作業である。ただ、これまでに濁水発生によって苦情が発生するなどの例はないようである。この「排泥作業」の目的は、配水管内で滞留傾向にある水を排出するのが目的である。作業は経験的に行われており、数時間内に

終了する。放水時の流量や管内で確保される流速などは把握されておらず、その洗管効果は明らかではない。

この事例を参考にして、次節では洗管シナリオを設定し定量的な評価を試みた。

(2) 懸濁物質等の蓄積とその制御

管網解析を行い、配水区域内における懸濁物質等の蓄積量とその分布を推定した。測定した濁度から、配水される浄水のSSは $12\mu\text{g/L}$ と推定した。浄水場から20年間配水を継続した場合の平均蓄積量は 0.68 g/m^2 と推定された。

ついで制御性に関する評価を行った。本検討の目的は、「排泥作業」のような特徴ある管路維持作業の効果を定量的に評価することにあること、および、浄水処理については、導入されている上向流緩速ろ過施設によって除去能は十分確保されていることから、新たなシナリオは設定しないこととした。また、縮径についても、とりあえず取り上げないこととした。

上記「排泥作業」は毎年実施されているものの、その洗管効果は明らかではない。そこで、ここではこの「排泥作業」を強化し、管内流速を 0.4m/sec 程度以上に確保して、管内に蓄積した懸濁物質等を積極的に排出するというシナリオを設定することとする。

放水による洗管作業はそれぞれの水道事業者で少しずつ異なる方法で行われるが、例えば神戸市における洗管作業は、 $25\sim 50\text{ m}^3/\text{h}$ を下流側節点から引き出し、管内流速を 0.4m/s 程度以上に確保することによって行われている。また、1回の作業で洗管される区画の管路総延長は約 $2\sim 4\text{km}$ である。この事例を参考にして対象区域のシナリオを設定することにする。ここでは実際に行われている洗管時管路延長を考慮して $30\text{ m}^3/\text{h}$ で排泥作業を行う場合を設定する。

配水を10年間継続した後、排泥作業強化シナリオを適用した。すなわち、10年後から、毎年 $30\text{ m}^3/\text{h}$ で排泥作業を実施することとし、管内流速 0.4m/s 以上が出現する管路に対し、除去率100%を与えた。蓄積期間（評価期間）は20年とし、排泥作業を行わない場合（ベースケース）とを比較した。

結果をまとめて図1に示す。ベースケースとは、洗管を実施せず、配水開始から20年後の蓄積量(g/m^2)などを求めた結果を意味する。

排泥作業強化シナリオでは、ベースケースと比較して総蓄積量に大きな低減効果が得られ、後者は62%減少し 0.26 g/m^2 となった。

この結果から、現在経験的に行われている排泥作業について、手法とその効果を定量的に示しつつこれを強化することによって、配水管内環境の大きな改善が期待できると指摘できる。もちろん上述のように、図1はひとつの設定条件で得られた結果であり、さまざまなシナリオを設定してその効果を推定・比較することもできる。ま

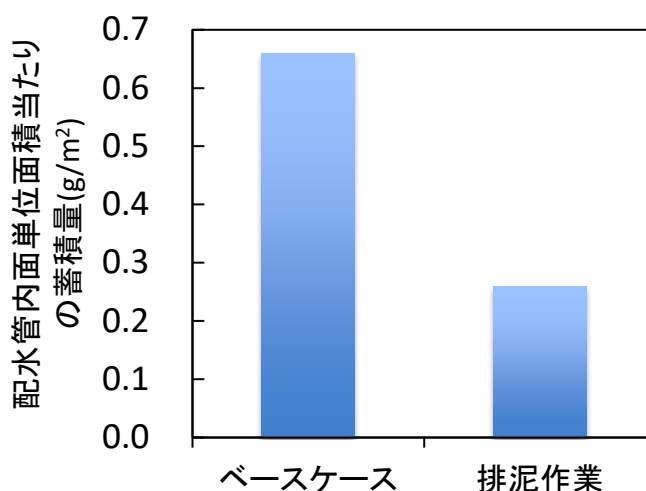


図1 配水管内面単位面積当たり蓄積量の比較

た、実際の運用にあたっては、有収率低下への影響等にも配慮する必要がある。

2. 東北地方 A 市 n 浄水場・t 浄水場配水区域

(1) 施設概要

・計器での表示値 (2018/8/27)

項目	t 浄水場	n 浄水場
原水濁度	0.005	0.028
膜ろ過水濁度	0.000	0.009
配水残塩 (mg/L)	0.76	0.74

・水質測定結果

粒径 (μm)	t 原水	t 浄水	n 原水	n 浄水	排流装置
0.5-1.0	13096	199	8419	184	683
1.0-3.0	990	15	607	5	2
3.0-7.0	102	1	95	3	1
7 \leq	422	6	230	0	4
濁度	0.1086	0.0008	0.0048	0.0006	0.0014
TOC (mg/L)	0.140	0.135	0.102	0.088	0.094

2つの配水区域の管路図を作成した。n 浄水場配水区域の末端節点と t 浄水場配水区域の上流側節点とは管路で連結されている。

(2) 管路の維持管理作業

ついで、この配水地域における管路の維持管理作業についてヒアリングを行った。

n 浄水場配水区域の末端には「排流装置」が設置され、稼働している。この「排流装置」によって水道水を常時放水している目的は、配水区域内の残留塩素・pH 管理を容易にすることにある。

n 浄水場・t 浄水場の運転管理は、M 浄水場での遠隔監視によって行っている。また、業者への外部委託により、週 3 回 (月水金) の浄水場への定期巡回が行われている。さらに、給水末端の毎日検査は私人への委託により実施されており、水質がもっとも劣化する可能性がある給水末端において残留塩素濃度等が測定されている。

水道事業体としては、浄水場での塩素注入率は低くしたいが、配水区域内での残留塩素は確保する必要がある。これを常にモニタリングしなくても確実に (自動的に) 達成できているようにするために行われるのが「排流装置」を用いた放水である。

放水流量は、約 20 L/min=28.8 m³/日であり、これは n 浄水場における配水量 50 m³/日の実に 58% に達している。調査時 (2018/8/27) の残留塩素濃度は 0.32 mg/L であった。

その他、A 市における洗管の考え方についてヒアリングを行った。まず、計画的に順次行っていくという洗管作業は実施されていない。配水区域の切り替え作業時などにおいて、濁水発生が予想される管を特定する。当該管路に対して普段とは異なる流向や、流速が発生する場合に、あらかじめ想定しうる流速で洗管しておくという目的で放水が実施されている。

流速確保の考え方としては、出現しうる流量・流速を予測した上で放水を実施している。例えば、 $2 \text{ m}^3/\text{min}$ が予想されるなら、事前に $2.5 \text{ m}^3/\text{min}$ の流量を与えておく、などである。

なお、n 浄水場・t 浄水場配水区域のような旧簡易水道エリアでは、配水区域の変更や流速が大きく変化することがあまりないためこのような放水洗管を実施していない。

本配水区域における以上の特徴をふまえて、制御性の検討における設定予定条件を表 2 に示す。すなわち、この区域では、膜ろ過の導入と排流装置が特徴的であることから、それぞれの導入効果を定量的に評価するためのケース設定となっている。

排流装置による放水が行われているのは n 浄水場配水区域であるが、t 浄水場配水区域においても排流装置は末端 2 か所に設置されている。そこで、t 浄水場配水区域においても、この 2 箇所から配水量のそれぞれ 29% が放水される場合を想定した。その合計量 58% は、n 浄水場配水区域における放水量と一致させたものである。

(3) 管内環境に対する効果の定量化

結果を図 2 に示す。膜ろ過を導入することによって (CASE 2) 配水管内蓄積量が低く抑制されていることがわかる。一方、CASE 2 と CASE 3 を比較すると、排流装置を設置することによる効果は小さく、その削減率は 0 (n 旧簡水) ~ 7% (t 旧簡水) であった。一方、総蓄積量は減少しており、たとえば n 旧簡水では 110 g が 93 g となった。総蓄積量の変化と単位面積あたり蓄積量の変化が必ずしも一致しないのは、蓄積量が定常に達するまでに要する期間が管内流速に依存し、それが管網内で分布しているためである。総蓄積量で見ると排流装置がその低減にも効果があるといえるが、その効果は大きいとはいえない。すなわち、排流装置による放水は、配水管内を清浄に保つのに寄与するというよりは、配水管網内の滞留時間が短縮されることによって管路末端での残留塩素・pH 濃度を安定して保つ役割を果たしていると推察できる。

D. 考察

本研究では、2 地域における旧簡水施設を対象として、配水管内環境を評価するとともに、これを制御するための方法について論じた。A. 研究目的に記したように、配水管内における懸濁物質等の管理・制御のための考え方としては、①浄水処理における懸濁物質等の除去、②配水管網における水理条件の管理・制御、③洗管の 3 つの段階がある。それぞれの効果と手法間の比較につ

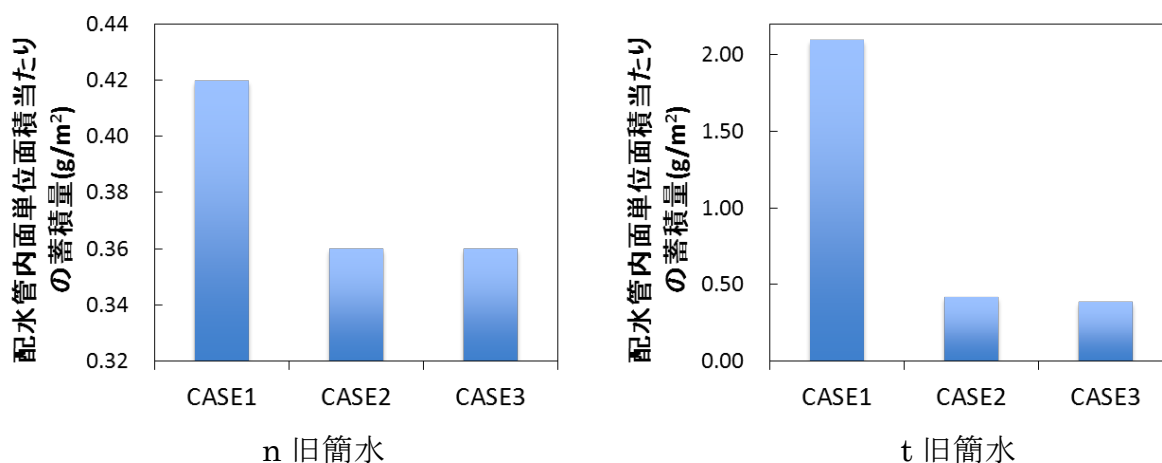


図 2 シナリオ比較結果

いては既報で論じてきたところである²⁾。

これに対して本研究では、地域特有で行われている管路維持管理作業を取り上げ、それが配水管内環境の大きな改善に寄与できることを定量的に示すことができた。

E. 結論

地域特有の管路維持管理作業が配水管内環境の制御に寄与できることを示した。それぞれの配水管網の特徴や課題を踏まえつつ複数のシナリオを設定することによって、小規模水道における配水管内環境を制御する手法とその効果を提示できた。ここで得られた知見をもとに、今後当該水道事業体と議論しつつ、対象地域に適した浄水処理方法、及び配水システムの管理・制御方法を提示・策定することができる。

F. 研究発表

1. 学会発表

S. Itoh, S. Fukuoka, J. Kishimoto, T. Nakanishi: Controlling the Quality inside Distribution Pipes of Small Water Supply Facility, IWA World Water Congress and Exhibition, 11-15 September 2022, Copenhagen, Denmark.

木村昌弘, 浅見真理, 伊藤禎彦: 小規模水道・水供給システムの維持管理に関する経営シミュレーション, 令和3年度全国会議(水道研究発表会)講演集, pp.100-101, 2022.2.

松本幸太郎, 伊藤禎彦: ミャンマー・バゴ地域における将来の人口減少を見据えた水供給計画の立案, 環境衛生工学研究, Vol.36, No.3, pp.38-40, 2022.7

久保章, 山西陽介, 田中広樹, 山村寛, 大滝雅寛, 伊藤雅喜, 伊藤禎彦, 清塚雅彦: 水道の基盤強化に資する浄水システムの更新・再構築に関する研究-A-MODELS プロジェクト-, 令和4年度全国会議(水道研究発表会)講演会, pp.288-289, 2022.10.

2. 著書

伊藤禎彦: 公益財団法人水道技術研究センター, 多様な社会・技術に適応した浄水システムに関する研究(A-Dreams), 将来を見据えたスマートな浄水システムの構築～要素技術・システムによる課題解決事例集～, 197p., 2022.3

3. 講演

伊藤禎彦: 浄水施設の更新・再構築, 第34回水道技術セミナー, (公財)水道技術研究センター主催, 京都市勧業館みやこめっせ特別展示場, 2022.12.1

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

【参考文献】

- 1) van der Kooij, D., van der Wielen, P. eds. : Microbial Growth in Drinking-Water Supplies, 453p., IWA Publishing, London, UK, 2014.
- 2) 中西智宏, 岸本如水, 小坂浩司, 伊藤禎彦 : 浄水中微粒子による配水管内環境の形成過程のモデル化とその制御性, 土木学会論文集 G (環境) (環境工学研究論文集第 56 卷) , Vol.75, No.7, pp.III_53-III_63, 2019.

令和4年度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）
小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究（20LA1005）
分担研究報告書

小規模水供給システム向け浄水処理装置の試行と維持管理モデル

研究代表者 浅見 真理 国立保健医療科学院生活環境研究部 上席主任研究官

研究要旨：

小規模水供給システムに適した小型浄水処理について、濁度除去に関する実験及び実地に設置した試行を実施した。実験室内のプラントにおいて濁度1度程度の原水を用いて、濁度及び微粒子除去率の実験を実施したところ、ろ層が安定した後は、濁度、微粒子残存率は安定し、濁度でほぼ90%、3 μ m以上の粒子で95%以上の安定した除去率が得られた。一方で1~3 μ mの粒子については30%程度の除去率しか得られなかった。

実地の実証実験では原水濁度の上昇（～50度）により、処理水の濁度上昇が確認された。また、ろ過機に気泡が入ることで捕捉した濁質が流出する可能性が示唆された。紫外線照射によりろ過水の大腸菌を不活化できていることが確認されたが、ろ材支持部材に堆積物が確認された。

小規模水供給システムの持続的な維持管理に関する取り組みを続ける地域について、実地の調査を行った。維持管理の簡便な装置等の導入状況の聞き取り調査も行い、今後の設置及び維持管理に関するモデルに関する検討を行った。静岡市の簡易水道、飲料水供給施設及びその水源の調査を行った。関係者らの尽力により、水源取水装置、処理装置の改善が行われ、濁度が低く、安全性が高い水が安定的に供給されるようになった。研究が生かされ、UV-LED装置が実際に導入された事例などで維持管理体制の検討を行うことができた。

A. 研究目的

厚生労働省では簡易水道の統合政策を平成19（2007）年度から開始し、1）水道施設の管理体制の効率化・強化、2）公営企業会計適用による経営状況の明確化（見える化）、3）水道料金体系の統一による料金負担の均てん化、4）会計一元化による会計事務処理の効率化、5）浄水場・配水池等の統廃合による効率化、6）緊急時体制の強化、水源の多元化によるバックアップ体制の強化が進められた。簡易水道の中でも人口減少は徐々に進んでおり、給水人口が100人を下回る場合も散見される。

また水道に組み入れられない、水道未普及地域における水の供給は、飲用井戸や水道法適用外の小規模水供給システムによりなされており、これらの水供給施設に対しては、一部の自治体で条例等を求めているが、法的な規制はなく、需要者への水の供給にあたっては、ほとんどが自主的な管理に任されている状況である。また、このような小規模水供給システムを有する地域は、様々な水源や人口規模、地理状況等であるため抱える課題は地域によって様々であるが、小規模水供給システムの維持が困難となっている状況は多くの小規模水供給システムにおいて生じている大きな課題である。

水道未普及地域にあつて、上水道や簡易水道等の水道との接続や事業統合が難しい状況にある給水人口が100人以下の飲料水供給施設や集落水道、飲用井戸等では、一層条件が厳しいところが多く、飲料水を含む生活用水を供給するために多くの問題を抱え、維持が

困難となりつつある。

このような状況の中でも、どのような地域においても生命維持や生活に必要な水を確保し供給し続けること、また、供給する水の衛生対策を図り、安全な水の供給を続けることが必要であり、将来にわたり小規模水供給システムを維持し続けるための方策を多方面から検討することが必要である。

このため、小規模水供給システム向けに維持管理の簡便な装置による除去性の実験と、南日本のある離島の2地区において、実際の設置に関する検討を行うこととした。後者の2地区では、一般細菌、大腸菌のみ水道水質基準を超過しており、①ろ過機の除濁性能と長期安定性及び②UV装置による微生物不活化性能の評価を行うこととした。

また、その他の事例も収集し、小規模水供給システムの対策の展開に関する検討を実施した。

B. 研究方法

1. 実験プラントにおける実験及び現場実証試験

1) 国立保健医療科学院浄水処理実験プラントにおける上向式ろ過による実験

維持管理の簡便な浄水処理のため、上向式のろ過装置（三菱ケミカルアクア・ソリューションズ社製）を依頼作成し、処理実験を行った。

処理装置は、本体：塩ビ製、直径：30cm、支持体：ステンレス網、2mmメッシュネット、砂利（5mm～1cm）、ろ過層：平均粒径0.30～0.45mm、厚さ：30cm（均等係数：2.0以下、最大径：2.0mm以下、最小径：0.18mm以上）を用いて実験を行った。

浄水処理実験プラント内に設置した同機について、2021～23年に断続的に通水試験を実施した。原水は浄水処理実験プラント内の水道水に、白とう土（カオリン）及び粉末活性炭を50：50で添加し、濁度約1度に調整した。流速0.5L/minで通水した。

濁度、微粒子数は、日本電色工業 高感度微粒子カウンタ NP-7700（0.5～1 μ m、1～3 μ m、3～7 μ m、7～12 μ m、12～15 μ m、15 μ m～の6チャンネル）を用いて計測を行った。



写真1 浄水プラントにおける実験装置



写真2 微粒子カウンタ

2) 実地試験 B

1)と同型の装置を用い、南日本のある島の個別に井戸を利用しているB地区で、実地の試行を行った。実地試験において、支持体はステンレス網とバルイーター（PVA樹脂系スポンジ）を用いた。また、消毒性能の確認のため、後段にUVLED装置を設置した。実験条件は表1のとおりである。

当該の水源は、井戸下部に砂等が堆積しており、雨後に濁度が上昇する。水源は、ゴムシートのみ養生であり、雨水、表流水、小動物混入の恐れがある。揚水管が複数設置されているが、実際利用しているのは2世帯であった。

3) 実地試験 E

同様の装置を用い、同じ島の個別に井戸を利用している E 地区で、実地の試行を行った。水源は一般道から 150 m 程度離れた草地にあり、特段の管理の形跡がなかった。貯水槽内は晴天時でも目視で確認できる程度濁っていた。蓋の劣化により落ち葉等が貯水槽内部に混入していた。

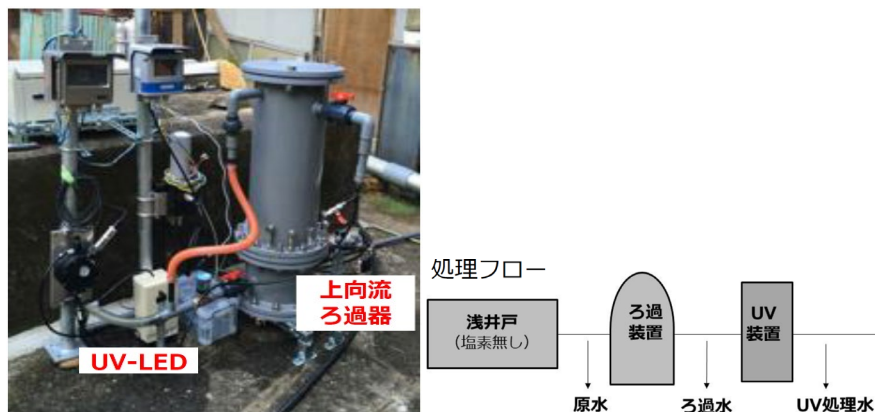


写真 3 実証実験装置の概観

表 1 実験条件

上向流ろ過装置及び試験条件	
ろ過装置	UV-LED装置
上向流式ろ過器 ろ材：アンスラサイト →緩速ろ過砂に変更	波長：280 nm
照射線量	13 mJ/cm ²
流速	LV 10 m/d (0.5 L/min)
逆洗頻度	1回/2 week

2. 実地調査

小規模水供給の持続的な維持管理に関する取り組みを続ける地域について、実地の調査を行った。

3. 倫理面への配慮

安全性を考慮し、念のため実地試験の処理水は利用せず廃棄した。
その他倫理指針等には該当しなかった。

C. 研究結果及びD. 考察

1. 実験プラント及び実地実証実験について

1) 実験プラントにおける実験結果

実験時の原水の代表的な平均濁度、微粒子カウンタによる粒子数を表 2 に示す。

0.5~1 μ m のカウントは水中の気泡等の影響を受けやすく、誤差が大きいいため、解析から除外することとした。

表2 実験時の原水の平均濁度、微粒子カウンタによる粒子数

Turb.	Total	S 1um	S 3um	S 7um	S 12um	S 15um
濁度	0.5~1 μm を含む	1~3 μm	3~7 μm	7~12 μm	12~15 μm	15 μm~
0.822	4.79×10^5	2.89×10^5	1.17×10^5	1.74×10^4	1.83×10^3	7.63×10^2

実験プラントにおける実験において、上向式ろ過装置では処理前の砂ろ過の砂が安定するまで濁度及び微粒子の除去率が安定しなかった（図1、図2）。

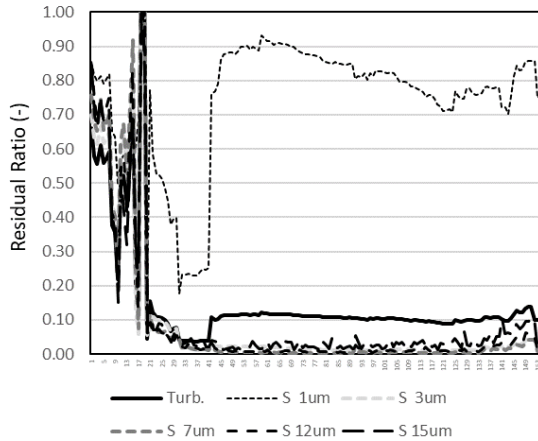


図1 ろ層安定前の濁度、微粒子残存率の変動

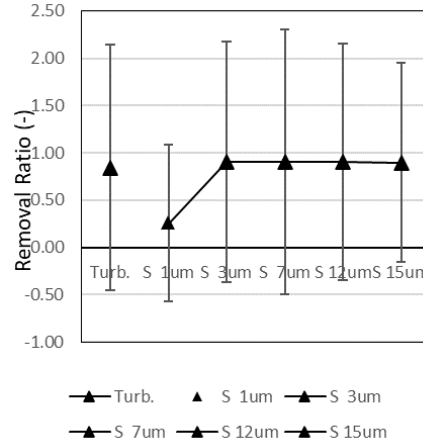


図2 濁度、微粒子除去率の変動
(最大値~最小値)

一方、ろ層が安定した後は、濁度、微粒子残存率は安定し、濁度ではほぼ90%、3μm以上の粒子で95%以上の安定した除去率が得られた。一方で1~3μmの粒子については30%程度の除去率しか得られなかった（図3、4）。

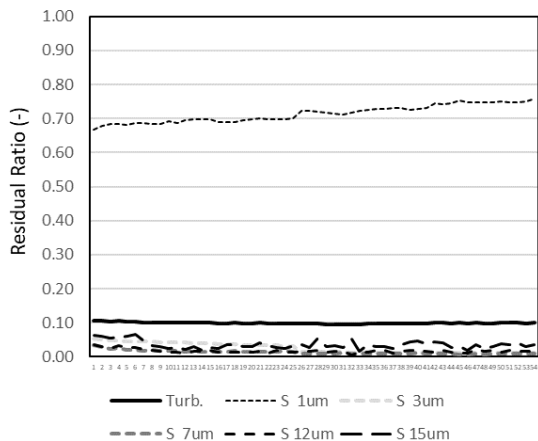


図3 ろ層安定後の濁度、微粒子残存率の変動

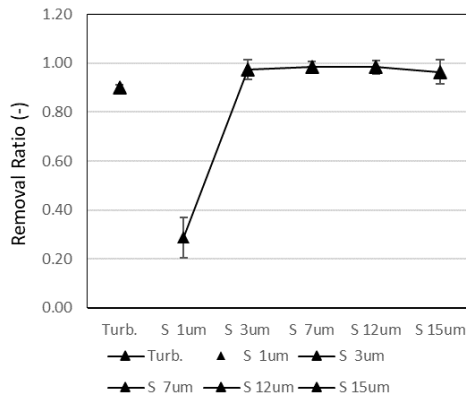


図4 濁度、微粒子除去率の変動
(最大値~最小値)

クリプトスポリジウムなど5μm程度の粒子についてはある程度十分な除去ができると考えられるが、大腸菌、一般細菌の除去については十分な除去が難しい可能性があるため、消毒装置との組み合わせについても検討の必要性があることが分かった。

2) 実地実証実験の原水水質

実地の実証実験においては、以下の表 3 に示される原水水質であった。いずれの地区においても、一般細菌が 300 個以上、大腸菌が検出され、原水としては厳しい状況であった。

表 3 実地実証試験 (B 地区及び E 地区) における原水水質

試験項目名	原水(B地区)	原水(E地区)	水道水質基準	単位名
一般細菌	300個以上	300個以上	100個以下	個/mL
大腸菌	陽性	陽性	検出されないこと	-
六価クロム化合物	0.004	(-)	0.02	mg/L
硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	1	0.3	10	mg/L
亜鉛及びその化合物	(-)	0.01	0.04	mg/L
アルミニウム及びその化合物	0.06	0.07	0.2	mg/L
鉄及びその化合物	0.04	0.06	0.3	mg/L
銅及びその化合物	0.02	(-)	1.0	mg/L
ナトリウム及びその化合物	19	17	200	mg/L
塩化物イオン	27	30	200	mg/L
カルシウム、マグネシウム等(硬度)	89	39	300	mg/L
蒸発残留物	188	119	500	mg/L
有機物(全有機炭素(TOC)の量)	(-)	0.4	3	mg/L
pH値	7	6.4	5.8-8.6	-
臭気	異常なし	異常なし	異常でないこと	-
色度	1.9	2.6	5	度
濁度	0.7	1.4	2	度

3) 実地実証実験 (B 地区) の実験結果

現地では降雨などにより時折濁度が上昇し、10 度を超えることもあった。

ポンプで送水しているため、流量は一定であったが、原水濁度の上昇と共に処理水濁度も上昇し、高濁度の場合は除去率は 50%程度であった (図 5)。

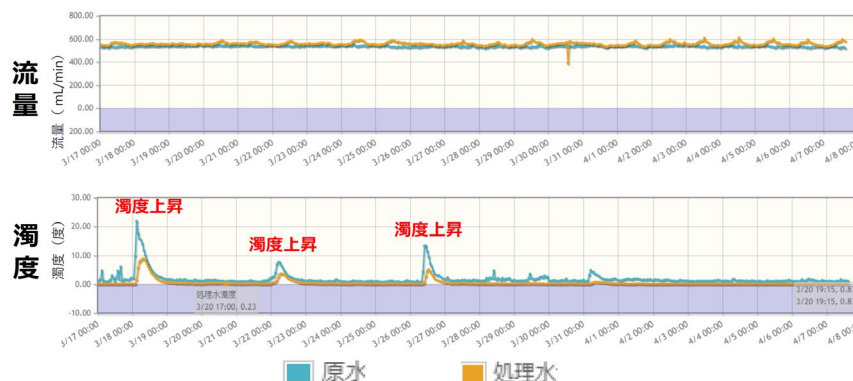


図 5 B 地区の実地実証実験における流量及び濁度の推移

当初アンスラサイトで実験を実施したため漏出が多く、気泡の影響も受けやすかったためろ材を緩速ろ過用の砂に変更したが、その後も原水濁度上昇により処理水濁度が上昇した。

4) 実地実証実験 (E 地区) の実験結果

E 地区においても現地では降雨などにより時折濁度が上昇し、10 度を超えることもあった。全般的に除去率が低く、濁度除去率で 20%となることがあった。また、濁水により流量が不足し、捕捉した成分が流出し、原水より処理水の方が濁度が高くなる現象もみられた。また、E 地区においてもろ材を緩速ろ過用の砂に変更後も、原水濁度上昇により処理水濁度が上昇する現象が見られた (図 6)。

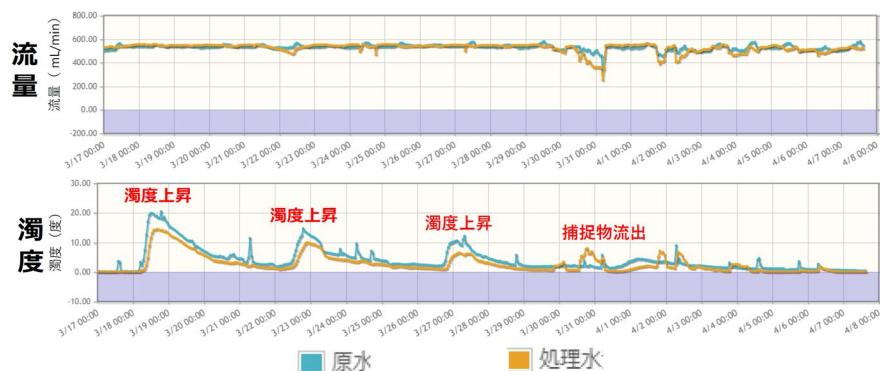


図6 E地区の実地実証実験における流量及び濁度の推移

5) 実地実証実験の処理水水質結果

表4に示すように、B、E地区ともろ過後の一般細菌が残留のみならず増加する場合もあり、捕捉物の流出が懸念された。また、大腸菌についてもろ過水において陽性とされる場合があり、十分な微生物除去が難しいことが示された。

一方で、紫外線 (UV) 処理水においては一般細菌は概ね水質基準以内であった。一時的にUV処理水でも水質基準の100個/ml以上の150個/mlが検出された場合があったが、この際は原水より処理水の一般細菌濃度が上昇しており、捕捉物が流出するような状況下であり、通常の処理の状況でなかったことが推測された。

そのような状況下にあった場合も含め、UV処理水では、大腸菌は全て陰性であり、実験期間を通じて原水の水質若しくは装置内の気泡等により捕捉物が流出した際も十分な不活化が行われていることが示された。

使用日数に換算して一般細菌と大腸菌の濃度を算出したところ、平均的には400日相当の使用においてもろ過水でも基準値以内の値を確保することができた(表5)。UV処理水では十分な不活化が行われることが分かった。

表4 B地区及びE地区における原水及び処理水の水質

採水月	B地区					
	一般細菌 (個/mL)			大腸菌		
	原水	ろ過水	UV処理	原水	ろ過水	UV処理
21' 8月	-	-	-	陽性	陽性	陰性
21' 10月	8300	150	15	陽性	陽性	陰性
22' 1月	55	65	3	陽性	陽性	陰性
22' 3月	56	106	7	陰性	陰性	陰性
採水月	E地区					
	一般細菌 (個/mL)			大腸菌		
	原水	ろ過水	UV処理	原水	ろ過水	UV処理
21' 8月	300	80	45	陽性	陰性	陰性
21' 10月	550	25	0	陽性	陽性	陰性
22' 1月	33	289	150	陽性	陽性	陰性
22' 3月	47	459	78	陽性	陽性	陰性

6) 支持体の閉塞について

実験終了時にろ材支持部材の下側(流入側)を確認したところ、写真5に示されるようなアルミ、シリカ、有機物から構成される堆積物が蓄積して、閉塞が起こりやすい状況になっていることが確認された。

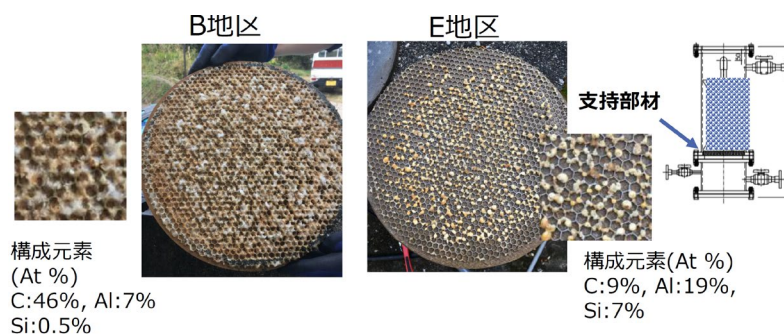


写真4 実地実証実験における支持部材への堆積物の状況

7) 実験まとめ

実験室内のプラントにおいて濁度1度程度の原水を用いて、濁度及び微粒子除去率の実験を実施したところ、ろ層が安定した後は、濁度、微粒子残存率は安定し、濁度でほぼ90%、3 μm 以上の粒子で95%以上の安定した除去率が得られた。一方で1~3 μm の粒子については30%程度の除去率しか得られなかった。

実地の実証実験では原水濁度の上昇(～50度)により、処理水の濁度上昇が確認された。また、ろ過機に気泡が入ることで捕捉した濁質が流出する可能性が示唆された。紫外線照射によりろ過水の大腸菌を不活化できていることが確認されたが、ろ材支持部材に堆積物が確認された。

現地では逆洗付き膜ろ過(MF)とUV-LEDを用いた処理装置についても検討が行われており、本項の最後に参考としてその結果を掲載する。

2. 実地聞き取り調査

1) 簡易水道から飲用水供給施設に変更し給水を実施する事例

2022年現在18戸44名に給水するため、簡易水道から飲用水供給施設に変更した。冬から春にかけて1-5月は取水する水源貯水堰の水位が下がることがあり、集落内の組合長が節水と呼び掛け、バルブを閉めるため毎日水源および配水池の水位を確認に来ていた。2020年2月に自動凝集ろ過装置とUVを設置し、処理を開始した。イノシシ除け鉄条網の枠の中の市販物置の中に設置した。濁度は完全には下がらないが、10度以下を保っている。自動凝集ろ過装置の濁度除去が十分でないことを踏まえて、後段にMF膜を入れたが、設置3日で膜閉塞を生じたため、MF膜は撤去して代わりに微生物リスク対策としてUV-LED装置を導入した。更に濁度管理の補完として原水貯水槽にプレフィルターとして浸漬型平膜を導入した。原水では大腸菌が検出されるが、紫外線消毒で大腸菌、一般細菌がほぼ検出されなくなり、十分な水質を保っている。本格的なUVLEDが稼働した施設である。

配水池水位については研究班の東大小熊先生の研究室が、組合長の自宅でモニターできるように簡単なセンサーと通信機器を取り付けた。電波が届きにくいため、途中でソーラーパネル給電式の中継機器を柱に取り付けたところ、安定して見られるようになった。

(写真5)



写真5 小規模向け凝集ろ過装置及び水位計を設置した覆蓋

2) 簡易型フィルターと小規模向け凝集ろ過装置

ディスクフィルター（イスラエル製）→塩素注入→小規模向け凝集ろ過装置→紫外線照射装置→配水池出口に塩素注入を行う装置を設置した。住民がフロート式の水位計を作り、通りから竿の印で水位が把握できるように改良がなされた。平成29(2021)年、上流から下の三叉路まで土石流が流れた。幸い施設は損傷がなかったが、激甚災害に指定され（佐野氏が書類作成支援）、砂防堤を2つ建設。現在も静岡県中部農林事務所の事業でのり面の補強工事中。砂防堤建設時に、水脈が切れたため、現場の管理経費で防水シートとモルタルで取水場所を作り、沈砂池に送るようにした。上流の受水槽で勢いよくオーバーフローするほど水量が取れるようになった。

近くに市の浄水場があるが、水位が低く水道としては上流に送水できず、給水区域に入っていない。

3) 水源を統合し水質検査を効率化し、処理装置を導入した事例

水源3ヶ所の水を一つの水槽に入れ、水質検査を1つにしている。小規模水供給システム向け凝集ろ過装置3台、UV2台、塩素消毒1台で処理を実施している。全てを一つの建物に入れると建築認可が必要で時間がかかるため、3つの物置を並べて設置した。吸引ろ過した水をタンクの中に入れることができる。1つのポンプで逆洗もできる。10mほどの水圧があるので大型タンクの中に水が入る。ろ過器はエルボーの下10センチより下だと砂を補充することになっており住民が交替で管理を実施している。

料金は月に3,000円。以前前は水量が足りなかったところ、安定してきれいな水質が確保できるようになった。その他に工場は別途従量制料金を徴収している。水量が足りなくなり、バルブを少し絞ることもあるが、現在のところ各戸にメーターを設置していない。山の中だと凍結防止のためなどもあり、流水することも多い。モーターの電気代がかかっているので従量制を検討する可能性もあるが現状では固定料金としている。タイマーで塩素を注入しているが、塩素はほぼ0.1で維持されている。夏冬、昼夜同量注入にすると塩素臭がすることがあるため、冬場は注入時間を昼のみ、夏場は少し塩素注入の時間を長くして、注入量を維持している。毎年当番を交代し毎月数回チェックを実施する。今のところ当番は5~10年に1回位回ってくる。毎年集会を開いて当番を決めるが、住民の連携、意識が高く、先達が維持してくれていたため、住民としては維持することが当然と思っている。

濁度は過去のデータをロガーで取り出すことができる。そのコンピュータは静岡市から貸与された。残留塩素タンクが15から20L位になったら塩素(6%)を原液のまま入れるように表示されていた。古くなった塩素の液体は手足の洗浄等に使うように表示されていた。この地域は、若者も積極的に関与しており、以前より水に苦勞することがなくなった。

ので、住民が戻る可能性もある。水源量が少なく、苦勞していたが、UVLEDの実装が認可を受けて設置された貴重な事例であった（写真6）。

凝集ろ過装置 + UVパッケージ



写真6 水源を統合し処理装置を並列設置した施設

4) 簡易な施設改良を行った事例

沈砂池は住民がホームセンターで材料を調達し、整流壁2枚を手作りし、水質が安定するようになった。上澄みだけ迂流して流れるしくみとした（写真7）。モルタル壁とセラミック壁をステンレスのH鋼でつけたもの。それぞれの池に汚泥抜き排水溝があり、3ヶ所に設置されたバルブから、沈砂ごとに砂抜きをすることができる。沈砂池から膜ろ過施設に流下する途中でイスラエル製のディスクフィルターがついているが、杉の葉のくずなど細かいものなどを取ることができる。農業用メッシュで、目詰まりの際は住民が容易に解体して洗い再装着することができる。

本施設では、UF膜ろ過機が実証試験として導入され、試験完了を経て現在は住民管理のもと運用されている。1年に一回薬品洗浄をすることとし、薬品洗浄時は住民が膜モジュールを外して交換することができる。その後濁度を感知すると遮断弁が動く装置がある。センサーが外に出ていると結露すると誤動作するため、水の中にセンサーをつけている。濁度が高い時は三方コックが閉じて水が止まる。流量が下がると膜の装置も停止する。オーバーフローの水量が多いので小水力発電を導入する可能性がある。

雨が続きと落ち葉のようなものが入るため、UF膜ユニット前にディスクフィルターが付いていても濁度30度位になることがある。塩素は配水池でも注入している。



写真7 UF膜処理装置と住民制作の整流壁

5) 取水口のスクリーン設置事例

上流の取水堰、取水口において、小型ウォータースクリーンを導入した事例が複数あった。特注の比較的安価な25cm幅の小型ウォータースクリーンコンクリートで堰を作りその下に防水下地を入れて少量の水でも取水できるように改良されたため、取水が安定し

た。補助金が7割あり、管理もしやすくなり、確実に取水を行うことができるようになった。

6) その他の事例

上記の他にも宿泊施設を伴う小規模水供給施設でMF膜を備えた装置+PAC注入機が設置された事例などがあつた。聞き取りにおいては、小規模水供給施設のうち、恒常的に塩素を入れていない施設が多くあり、UVLED装置が安くなれば検討対象に入る可能性があるとの指摘もあつた。

また、中国地区において、市による補助金も活用して各戸または数軒に給水する小型浄水器（手動または自動による逆洗機能付き膜処理装置）を設置し、別事業で巡回する担当者がメンテナンスを行う事業が行われているほか、現在複数の民間会社で、膜を用いた装置のリース契約による設置、メンテナンスを実施する検討が行われている。今後も引き続き、このような事例の推進や好事例の共有が有効であると考えられた。

E. 結論

小規模水供給システムに適した小型浄水処理について、濁度除去に関する実験及び実地に設置した試行を実施した。実験室内のプラントにおいて濁度1度程度の原水を用いて、濁度及び微粒子除去率の実験を実施したところ、ろ層が安定した後は、濁度、微粒子残存率は安定し、濁度でほぼ90%、3 μm 以上の粒子で95%以上の安定した除去率が得られた。一方で1~3 μm の粒子については30%程度の除去率しか得られなかった。

実地の実証実験では原水濁度の上昇（~50度）により、処理水の濁度上昇が確認された。また、ろ過機に気泡が入ることで捕捉した濁質が流出する可能性が示唆された。紫外線照射によりろ過水の大腸菌を不活化できていることが確認されたが、ろ材支持部材に堆積物が確認された。

小規模水供給システムの持続的な維持管理に関する取り組みを続ける地域について、実地の調査を行った。維持管理の簡便な装置等の導入状況の聞き取り調査も行い、今後の設置及び維持管理に関するモデルに関する検討を行った。静岡市の簡易水道、飲料水供給施設及びその水源の調査を行った。関係者らの尽力により、水源取水装置、処理装置の改善が行われ、濁度が低く、安全性が高い水が安定的に供給されるようになった。研究が生かされ、UV-LED装置が実際に導入された事例などで維持管理体制の検討を行うことができた。

謝辞

実地実証実験結果及び参考資料は、三菱ケミカルアクア・ソリューションズ株式会社浦幸久氏らの協力及び情報提供によるものであり、記して謝意を表す。

F. 研究発表

1. 論文発表

○浅見真理, 沢田牧子, 西田継. 人口減少社会における持続可能な水供給システムとまちづくりの動向. 保健医療科学. 2022;71(3):194-207.

2. 学会発表

○浅見真理, 人口減少社会における持続可能な水供給システムとまちづくりの動向, 水道実務技術指導者研究集会, 2023/2/20.

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定も含む。）

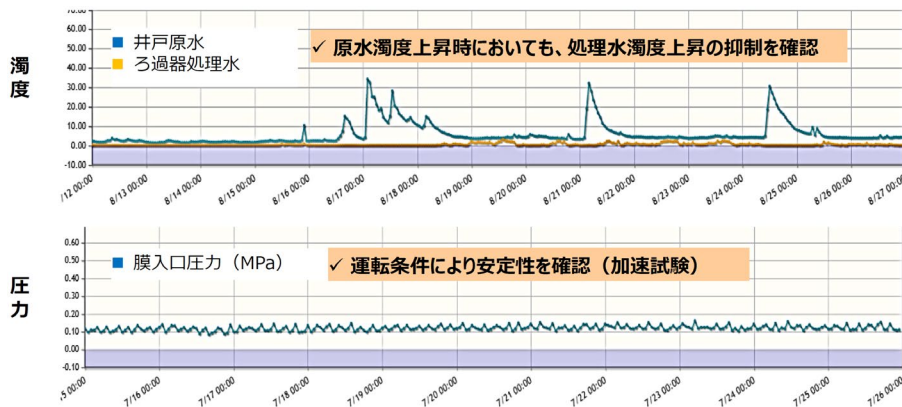
- 1. 特許取得
なし
- 2. 実用新案登録
なし
- 3. その他
なし

<参考資料：シンポジウム「小規模水供給システム研究の進展」（2023年2月22日）にて発表>
実証実験において、以下の膜実験も行われている。

半年分相当の処理をした膜に高濁度水を通水しても処理水濁度は0度であり、膜の除濁性能、長期安定性に問題なく、原水濁度の上昇時においても、処理水の濁度上昇、処理水への大腸菌リークを安定的に抑制できることが確認できた。使用日数に換算して一般細菌と大腸菌の濃度を算出したところ、平均的には400日相当の使用においてもろ過水でも基準値以内の値を確保することができた（参考3）。UV処理水では実験期間を通じて原水の水質悪化時も十分な不活化が行われることが分かった（参考4）。逆洗条件や流量の最適化を行い、安定性能の検証、装置仕様改善を検討し、リース等による設置、維持管理に関する検討を実施している。



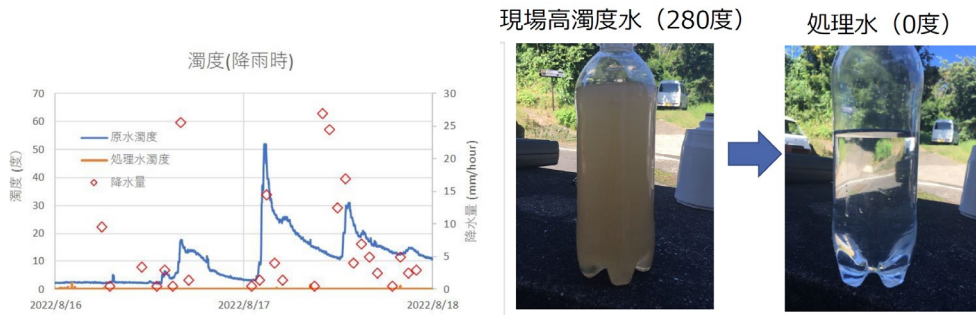
参考1 各戸における小型所濁膜ろ過、UV-LED装置及び試験条件



参考2 ろ過膜の除濁能力と運転安定性

参考3 使用日数換算の一般細菌及び大腸菌結果

使用日数換算	一般細菌 (個/mL)			大腸菌 (個/mL)		
	原水	ろ過水	UV処理	原水	ろ過水	UV処理
0日相当	340	0	14	15	0	0
300日相当	670	81	72	8	0	0
400日相当	455	55	11	5	0	0



参考4 膜の除濁性能

令和4年度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）
小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究（20LA1005）
分担研究報告書

小型紫外線消毒装置の基礎的知見の収集と実際への適用に関する研究

研究分担者 小熊 久美子 東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 准教授

研究要旨：

小規模水供給システムに適した小型消毒装置の候補として、紫外発光ダイオード（UV-LED）を光源とする流水殺菌装置を検討した。集落規模で運営する飲料水供給施設でのUV-LED装置実証試験（2020年8月開始）を継続し、長期的な性能を追跡したうえで、2022年7月に試験を完了した。設定処理流量は30L/minとし、ろ過等の前処理を経ずに原水を直接UV-LED装置に導水し処理する方式とした。装置前後の試料を毎月概ね2回採水し、大腸菌、一般細菌、従属栄養細菌の変化を調べた。2年間の試験期間中、二度にわたり渇水に伴う原水枯渇で試験中断を余儀なくされたものの、累計の採水回数は33回に上った。その間、原水中に大腸菌を頻繁に検出（24/33回、陽性率73%）した一方、UV-LED処理水で100mL中に大腸菌を検出したのは1回（陽性率3%）で、検出濃度は0.5CFU/100mL（定量下限値）であった。また、一般細菌と従属栄養細菌はいずれも原水中に常に検出されたものの、UV-LED処理水では水道水質基準値（一般細菌100cfu/mL）および水質管理目標値（従属栄養細菌2000cfu/mL）を全ての試料で継続的に下回った。UV-LED処理による微生物の対数不活化率は、大腸菌は最大値2.4log以上、一般細菌は最大値2.8log（中央値1.5log）、従属栄養細菌は最大値2.2log（中央値1.1log）であった。原水の濁度・色度と不活化率に関する性は見られず、これらの水質項目から紫外線消毒の効果を推定することは困難と推察された。装置の連続運転に伴う不活化性能の経時的な低下は試験終了まで認められなかった。本研究により、小規模分散型の水処理技術としてのUV-LED装置の有効性と長期的な安定性が示された。

A. 研究目的

飲み水の微生物学的な安全性を担保するうえで消毒は欠かせないが、小規模な水供給施設、特に飲用水供給施設や私設井戸等では塩素消毒を「する」または「しない」の二者択一を迫られるケースが多く、塩素以外の消毒技術が十分に検討されていない。塩素消毒剤（次亜塩素酸ナトリウム溶液）の補充や当番制での薬剤管理が高齢の住民の負担になるほか、塩素のにおいに抵抗感を持つ住民が少なからず存在するため、消毒をしないという選択をする施設が未だ散見される現状にある。そのような住民管理型の小規模施設に対し、塩素消毒以外の消毒技術を提示することは、安全な水供給システムの実現に極めて重要である。

本研究では、電力があれば導入可能で、薬剤を必要とせず、維持管理が容易で、水の味やにおいに一切影響しない紫外線消毒技術に注目し、国内の小規模水供給施設に紫外線消毒を適用する可能性と課題を調査した。特に、小型、無水銀でオンデマンド運転が可能な紫外発光ダイオード（UV light-emitting diode, UV-LED）が小規模施設での利用に適していると考え、UV-LED水処理装置の小規模施設への適用に注目した。

本年度は、2020年度に開始した集落水道（飲料水供給施設）での実証試験を継続し、処理性能を長期的に追跡し、2022年7月に完了した。得られたデータを整理し、原水水質の変動、UV-LED装置の不活化性能の経時変化、一般的な水質項目と不活化性能の関係などについて解析した。これにより、UV-LED水消毒装置の小規模施設への適用性と課題について、実証規模で明らかにすることを研究の目的とした。

B. 研究方法

1. 実証試験の概要

実証試験の場として、国内の飲料水供給施設を選定した。当該施設は、昭和 25 年の導入以降長年にわたり民営の簡易水道事業（水道組合）として住民主体で運営してきたが、人口減少を踏まえ簡易水道から飲料水供給施設に 2020 年に認可変更を受けたものであり、給水人口は 18 戸 44 名である（2022 年現地ヒアリング時点）。集落の記録によれば 1994 年時点では給水人口 102 名であり、約 30 年で給水人口が 57%減少したことになる。原水は山間の沢水（湧水が地表を流下したもの）をせき止めたものであり、例年冬の渇水期には原水流量が著しく低下する傾向がある。実証試験では、実際に住民に供給される浄水プロセスの原水を分岐し、実験装置に導水するフローとした。なお、UV-LED 装置の単独での性能評価に特化するため、また、一般に小規模施設ではできるだけシンプルなプロセスが望ましいため、実証試験ではろ過等の前処理をせずに原水を直接 UV-LED 装置に導水するフローとした。

試験は 2020 年 8 月から開始し、2022 年 7 月までの 2 年間、概ね毎月 2 回（隔週）の頻度で採水した。試料は UV-LED 装置の前後で採水し、また対照実験として、UV-LED を消灯した状態で UV-LED 装置を通過した試料についても採水し分析に供した。ただし、2021 年 1 月から 5 月および 2022 年 2 月から 6 月まで、渇水に伴う原水流量の低下を受けて試験を中断した。試験中断の間に装置内に生物膜が発生することを懸念し、中断の間も UV-LED 装置は点灯状態を維持した。

2. 装置の概要

集落規模で利用可能な UV-LED 装置の候補として、発光ピーク波長 280nm の表面実装型 UV-LED を搭載した流水殺菌装置（DWM1、日機装技研）を選定した。試験地の原水流量の制約から、30L/min を設定流量として実証試験を実施した。

3. 試験実施方法

- (1) 2020 年 8 月末より実験を開始した。水消毒装置を定格電流 350mA（LED パッケージあたり）で点灯し、以降、消灯条件での採水時（以下詳述）を除いて点灯状態を維持した。
- (2) 装置の処理流量は 30L/min で一定とした。ただし原水量の低下や落ち葉等による閉塞が原因と推定される流量低下の傾向がみられたため、採水の都度 30L/min に調整し、流量の安定を確認してから採水した。
- (3) UV-LED 装置前（原水）、UV-LED 点灯で装置を通過した水（処理水）、UV-LED 消灯で装置を通過した水（対照試料）の 3 つの試料を採水し、東京大学へ冷蔵輸送の後、採水後 24 時間以内に表 1 に従い細菌数を培養法で測定した。検水量は、大腸菌と大腸菌群は 100mL、一般細菌は 50mL、従属栄養細菌は 1mL とした。

表 1. 微生物測定項目と測定方法

項目	検水量	測定方法
大腸菌	100mL	メンブレン・ディスク法、m-coli blue 培地、37°Cで一晩培養後にコロニーを計数、青～深紫のコロニーを大腸菌と定義
大腸菌群	100mL	メンブレン・ディスク法、m-coli blue 培地、37°Cで一晩培養後にコロニーを計数、赤～赤紫のコロニーを大腸菌以外の大腸菌群と判定、青+赤のコロニー総数を大腸菌群数と定義
一般細菌	50mL	メンブレン・ディスク法、Merck アンプル培地 (TCC 添加) 一般生菌用、37°Cで一晩培養の後に赤色のコロニーを計数
従属栄養細菌	1mL	R2A 寒天培地、25°Cで7日間培養後に乳白色のコロニーを計数

(4) 以下の物理化学的水質項目について、採水時または実験室で測定した。
濁度、色度、硬度、鉄、マンガン、水温、pH、電気伝導率、
流量、紫外域吸光スペクトル (220-400nm)

4. 倫理面への配慮

該当しない

C. 研究結果及びD. 考察

1. 原水の物理化学的水質

表 2 に、実証試験原水の物理化学的水質項目の変動幅を示す (2020 年 8 月～2022 年 7 月、うち 2021 年 1 月～5 月および 2022 年 2 月～3 月に中断, n=33)。また、その間、原水の紫外線 (280nm) 透過率の幾何平均値は 96.1%、中央値は 95.7%であった。紫外線処理に適した処理対象水として、紫外線の水中への透過を過度に阻害しないことの見安として、濁度 2 度以下、色度 5 度以下、紫外線透過率 75%以上が、また、紫外線装置内に着色やスケールを生じないことの見安として全鉄 0.1mg/L 以下、全マンガン 0.05mg/L 以下、硬度 140mg/L 以下が、それぞれ推奨されている¹⁾。これらの見安値に対し、表 2 の結果は濁度の最大値を除いていずれも適合しており、すなわち紫外線処理の対象水として概ね適した水質と判定された。濁度の最大値 (3.1 度) は 2020 年 10 月 20 日の試料、色度の最大値 (4.1 度) は 2022 年 7 月 5 日の試料でそれぞれ計測されたが、これら試料の紫外線透過率 (280nm) は順に 98.6%、92.7%であり、他の採水日の試料に比べて突出して低い透過率とは言えなかった。一方、紫外線透過率の最小値 (91.3%) を記録したのは 2021 年 9 月 28 日であるが、当該試料の濁度と色度は順に 1.1 度、1.5 度であった。紫外線消毒の性能は、紫外線がどれだけ水中の微生物に到達するか、すなわち紫外線透過率に大きく依存するが、濁度など電氣的に常時監視が容易な水質指標だけでは紫外線透過率を推定しがたいことが示された。なお、紫外線透過率最小値 91.3%を記録した 2021 年 9 月 28 日の UV-LED 装置による微生物不活化率 (大腸菌で 1.4log 以上、大腸菌群で 2.6log、一般細菌で 1.8log、従属栄養細菌で 0.9log) は、他の採水日の試料に比べて遜色なく (以下 2 に詳述、図 2, 3 を参照)、紫外線処理の効果を損なうほどの透過率低下ではなかった。

表 2. 実証試験原水の水質変動幅
(2020年8月～2022年7月のまとめ, n=33)

		最小-最大	中央値	標準偏差
濁度	度	0.2 - 3.1	0.7	0.7
色度	度	0.7 - 4.1	1.1	0.7
硬度	mg/L	31.0 - 38.0	34.0	1.9
鉄	mg/L	0.01 未満 - 0.18	0.02	0.04
マンガン	mg/L	0.005 未満	-	-
水温 (採水時)	°C	5.2 - 20.0	15.7	4.3
pH	-	7.3 - 7.9	7.6	0.13
電気伝導率	mS/m	8.5 - 11.5	9.4	0.60
紫外線 280nm 透過率	%	91.3 - 99.9	95.7	3.31

2. UV-LED 処理による微生物濃度の変化

原水、UV-LED 点灯で装置を通過した水 (UV-LED 処理水)、UV-LED 消灯で装置を通過した水 (対照試料) の微生物濃度を図 2 に示す。

原水について、採水 33 回のうち 24 回で大腸菌を検出した (陽性率 73%)。また、一般細菌と従属栄養細菌は全ての原水中に検出され、原水の一般細菌は常に水道水質基準値 (100cfu/mL) を下回ったものの、従属栄養細菌は暫定水質管理目標値 (2000CFU/mL 以下) を 8 回超過した (超過率 24%)。当該施設は地表水を原水とし、大腸菌が高頻度で陽性であることから、公共水道を対象に厚生労働省の定める「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」¹⁾に照らせば、クリプトスポリジウム汚染リスクが高いとされる「レベル 4」に該当する。厚生労働省指針では、「レベル 4」に該当する施設での有効なクリプトスポリジウム対策として、ろ過設備による厳密な濁度管理、または、ろ過と紫外線照射による消毒を挙げており、当該施設において実際に住民に供給される浄水の処理プロセス (塩素+砂ろ過+紫外線) はこれを満たしている。

総じて、原水の微生物濃度は変動が大きく、特に 2022 年 7 月 5 日に大腸菌で観察された突発的な濃度上昇は顕著であった。すなわち、未処理の原水は微生物学的安全性の観点から常時飲用には不適であり、消毒処理が必要と判断された。大腸菌の挙動と一般細菌の挙動は必ずしも類似せず、例えば 2020 年 9 月後半から 10 月にかけて、一般細菌は濃度が上昇したが大腸菌は顕著な濃度増加は見られなかった。この差異は、大腸菌が野生動物の糞便汚染由来である一方で一般細菌は土壌細菌等も含む多様な細菌類を含むものであり、すなわち汚染起源が異なることが原因と考えられた。試験期間を通じて、12 月から 1 月に原水中の大腸菌不検出が連続したことから、季節的な影響 (冬期の水温・気温の低下による微生物活性の低下、野生動物の活動低下など) が示唆された。一方、原水中の一般細菌や従属栄養細菌の濃度変化に明確な季節性は見られなかった。なお、大腸菌濃度と水温・気温の関係を調べると図 3 となった。概して、水温が 17°C を超えると、あるいは気温が 23°C を超えると、高濃度の大腸菌を検出する頻度が高いことが示された。

また、図 2 より、いずれの微生物項目でも、UV-LED 消灯で装置内を通水した対照試料は原水とほぼ同等の微生物濃度を示した。よって、UV-LED 点灯試料 (処理水) で見られた濃度低下は、装置内への吸着等によるものではなく、紫外線による不活化の効果であることが裏付けられた。UV-LED 処理水では、いずれの微生物項目も濃度が低下し、大腸菌は UV-LED 処理水の 1 回を除く試料で 100mL 中に不検出となった。処理水中に大腸菌を検出した 1 試料も 0.5CFU/100mL と定量下限値であり、総じて紫外線処理が大腸菌の不活化に継続して効果を発

揮したことが確認された。また、処理水では一般細菌の水道水質基準値 (100cfu/mL) および従属栄養細菌の暫定水質管理目標値 (2000cfu/mL) を全ての試料で継続的に下回った。

対数不活化率は、大腸菌は最大値 2.4log 以上 (処理後不検出試料多数のため定量不能)、一般細菌は最大値 2.8log (中央値 1.5log)、従属栄養細菌は最大値 2.2log (中央値 1.1log) であった。本研究の範囲では、不活化性能に経時的な低下は見られず、また、濁水による運転停止 (2021年1月~5月、2022年2月~3月) からの復帰直後から、停止前と遜色ない性能を発揮した。

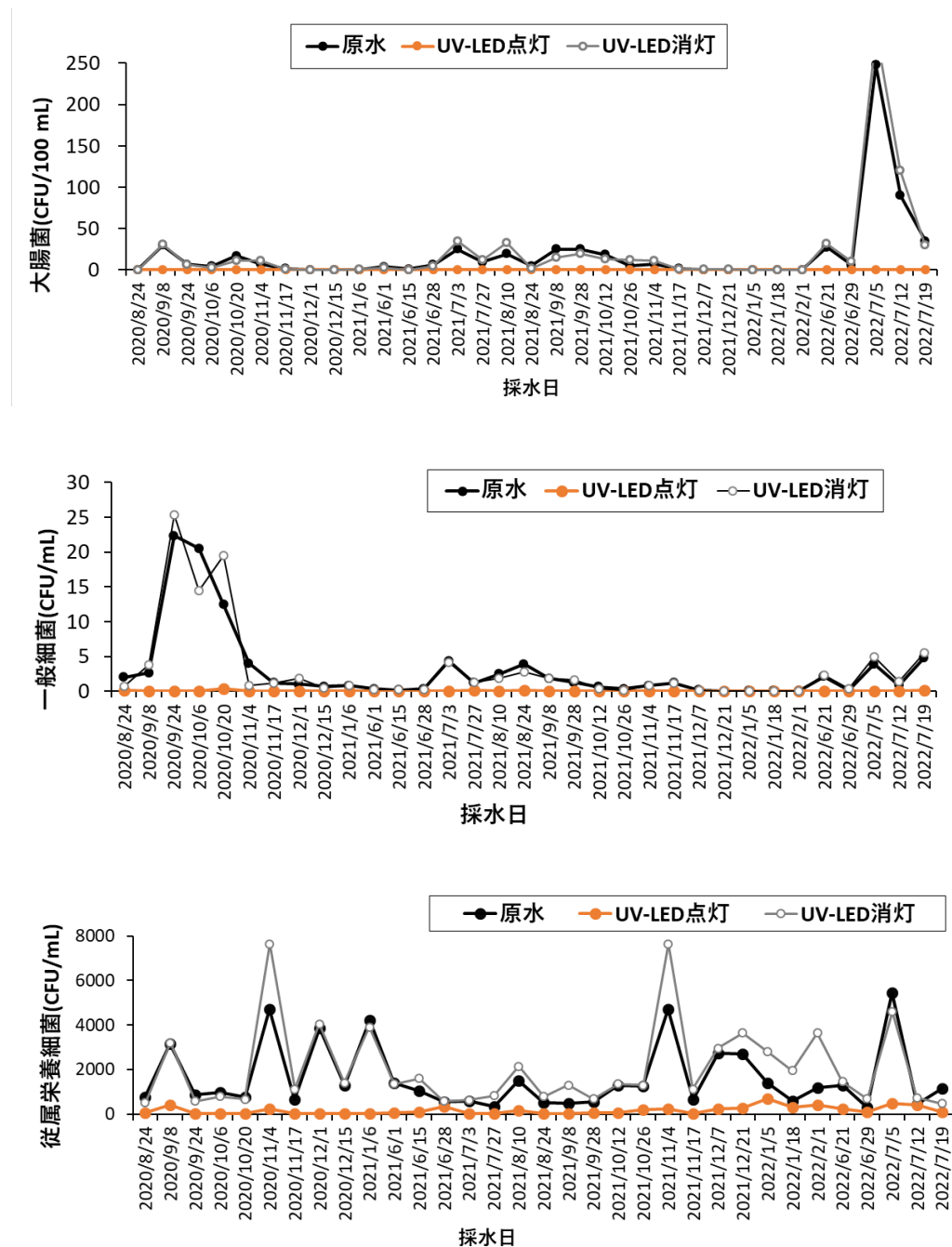


図2. 原水、UV-LED 処理水 (UV-LED 点灯)、対照試料 (UV-LED 消灯) の微生物濃度

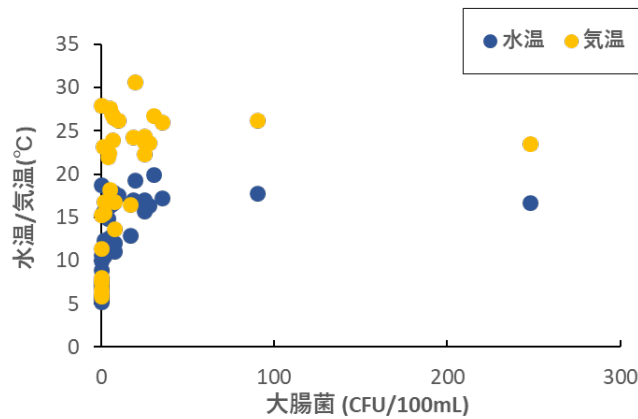


図3. 原水中の大腸菌濃度と水温または気温の関係

図4に、原水の濁度と色度の経時変化を示す。いずれも大きな変動を示し、濁度と色度の相関性は高かった（最小二乗法による決定係数 $R^2=0.855$ ）。ただし、微生物濃度の挙動（図2）と濁度色度の挙動（図4）は必ずしも類似せず、すなわち濁度色度が増加しても微生物濃度は平時と変わらないケースが散見された。ただし、図5より、濁度3度、色度4.1度の試料で大腸菌と従属栄養細菌も高い濃度を示し、当該施設においては、これらの値を閾値として微生物汚染を疑うことは一定の合理性があると考えられた。

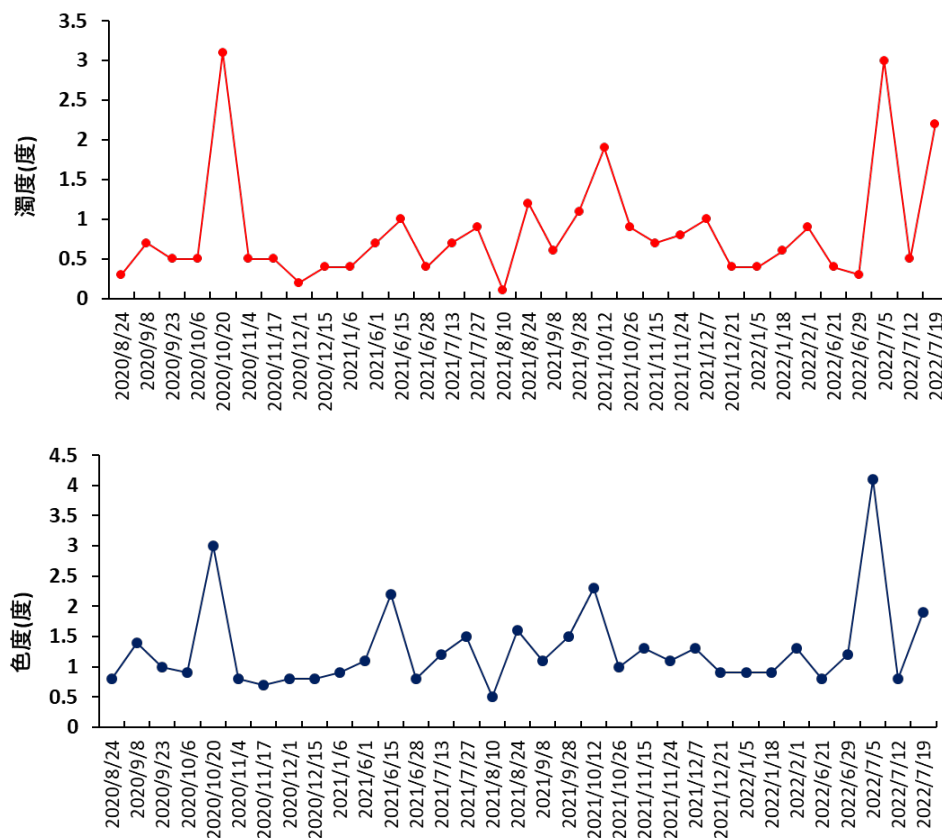


図4. 原水の濁度（上）および色度（下）の経時変化

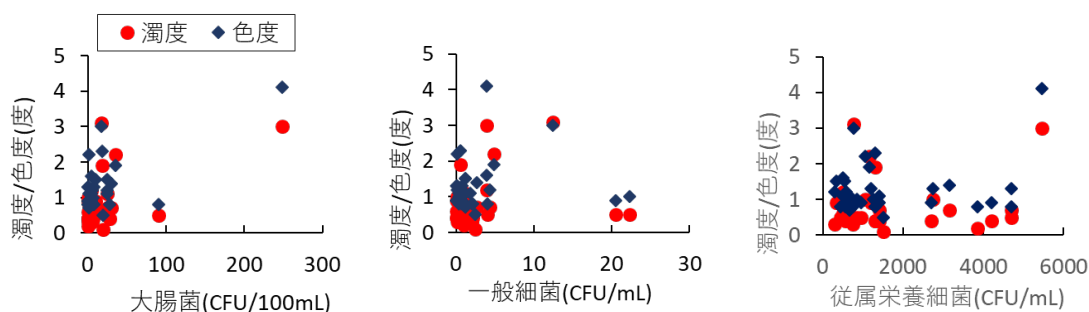


図5. 原水の微生物濃度と濁度および色度の関係

図6に、従属栄養細菌の対数不活化率と濁度および色度の関係を示す。ここで従属栄養細菌に注目したのは、大腸菌や一般細菌は処理後不検出となった試料が散見され、相関解析に不適切と判断したためである。図6より、濁度および色度と不活化性能に相関性は見いだせなかった。特に、概ね濁度1度未満、色度2度未満では不活化率の変動が大きく、すなわち、比較的モニタリングが容易なこれらの水質項目を頼りに不活化性能（消毒効果）を推定することは難しいことが示された。類似の傾向は小熊らが他の施設で実施した実証試験でも観測されており（未公開）、紫外線消毒の実装に際し監視が望ましい水質項目について、いっそうの知見の蓄積が望まれる。

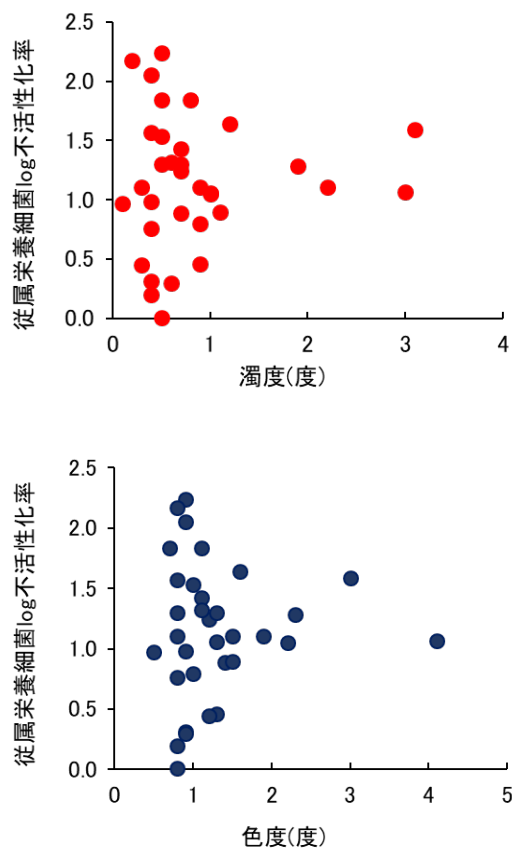


図6 濁度（上）および色度（下）と従属栄養細菌の対数不活化率の関係

本実証試験では、ろ過等の前処理を経ずに原水を直接 UV-LED 装置に通水した。これは、UV-LED 装置単独での性能を評価するため、また、人的資源や資金に制約がある小規模施設ではできるだけシンプルなプロセスが望ましいと判断したため、設定した処理フローである。本研究の結果から、仮にろ過設備なく UV-LED 装置を単独で導入した場合でも、水の微生物学的な安全性を有意に向上できることが示された。一方、実装に向けては、紫外線消毒には残留効果がないことを十分に考慮した給水システムの構築と、利用者への周知が必須である。一案として、できるだけ給水末端に近い位置に紫外線装置を設置すること、給水栓から得た水は長期保管せずできるだけ速やかに消費するよう周知すること、などが挙げられる。あるいは、塩素消毒を併用することで、給水システム内の再増殖・再汚染リスクを抑制することも有効である。本研究と同じ UV-LED 装置による紫外線消毒をすでに導入した小規模水供給施設では、紫外線消毒と塩素消毒を併用しており、浄水の微生物学的安全性を担保する観点から極めて効果的である。

集落規模で運営する水供給施設で新しい技術を導入する場合、各地域の実情、特に、運営と維持管理に要する費用と労力に応じて、住民自らが技術を選択する必要がある。行政や学識者は、技術の選択に際し必要十分な情報を提供することで住民を支援し、さらに、技術導入後も長期的に技術的アドバイスを提供することが求められる。

E. 結論

山間の集落規模の飲料水供給施設を対象に実証試験を実施した。2020年8月から2022年7月まで、途中2回の中断を経たものの累計33回にわたる採水・分析を実施した。その結果、主に以下の結論を得た。

- (1) 原水では、散発的ながら大腸菌陽性の場合（33回中24回、陽性率73%）や従属栄養細菌が水道水質管理目標値（暫定値として2000CFU/mL）を超過する場合（33回中8回、超過率24%）があったことから、常時飲用には消毒を要することが示された。
- (2) 処理流量30L/minのUV-LED装置による処理水では、調査したすべての微生物項目（大腸菌、一般細菌、従属栄養細菌）で濃度が低下した。処理水は、水道水質基準の定める大腸菌数（100mL中に不検出）、一般細菌数（1mL中に100CFU以下）および水質管理目標として示された従属栄養細菌数の暫定目標値（1mL中に2000CFU以下）の全てを、大腸菌陽性となった1回を除いて2年間の試験期間を通じて継続的に満たした。大腸菌陽性となった1回も、定量下限値（0.5CFU/100mL）であった。
- (3) 当該UV-LED装置による微生物の対数不活化率は、最大値として大腸菌は2.4log以上（処理後不検出試料多数のため定量不能）、一般細菌は最大値2.8log（中央値1.5log）、従属栄養細菌は最大値2.2log（中央値1.1log）であった。
- (4) 本研究の試験期間では、UV-LED装置の不活化性能に経時的な低下は認められず、また、濁水による運転停止（2021年1月～5月、2022年2月～3月）からの復帰直後から、停止前と遜色ない性能を発揮した。

本研究により、小規模施設で利用可能な消毒技術としてUV-LED装置の有効性と長期的な安定性が示された。

参考文献

- 1) 厚生労働省. 2019. 水道施設の技術的基準を定める省令の一部を改正する省令（令和元年厚生労働省令第6号. <https://www.mhlw.go.jp/content/000587119.pdf>

F. 研究発表

1. 論文発表

- ・ 小熊久美子, UV-LED を利用した消毒技術, 応用電子物性分科会誌, 29(1), 31-36, 2023
- ・ Jack Jia Xin Song, Kumiko Oguma, Satoshi Takizawa, Inactivation kinetics of 280 nm UV-LEDs against *Mycobacterium abscessus* in water, Scientific Reports 13, 2186, 2023.
<https://www.nature.com/articles/s41598-023-29338-w>
- 渡邊 真也, 小熊 久美子, 省電力長距離通信を利用した簡易無線モジュールによる小規模水供給施設の遠隔監視, 水環境学会誌, Vol.46, No.1, pp.11-19, 2023.
- 小熊久美子, 海外における小規模水供給施設の実態と課題, 保健医療科学, 71(3), 234-240, 2022.
- ・ Shinya Watanabe, Kumiko Oguma, A Simple and Practical Method for Fluence Determination in Bench-Scale UV-LED setups. Photochemistry and Photobiology, 99(1), 19-28, 2022.
<https://doi.org/10.1111/php.13668>

2. 学会発表

- 小熊久美子, 小規模水供給施設に適した消毒技術の検討, 厚生労働科学研究シンポジウム「小規模水供給システム研究の進展」, 2023/2/22.
- 小熊久美子, 小規模水供給施設の実態と消毒技術の検討, 水道実務技術指導者研究集会, 2023/2/21.
- ・ LIU Xinyue and Kumiko Oguma, Disinfection by-products formation and dissolved organic matter alteration by UV/chlorine treatment of a river water sample, 日本水環境学会紫外線を利用した水処理技術研究委員会ワークショップ, 2023/2/16.
- ・ Jack Jia Xin Song and Kumiko Oguma, Inactivation kinetics of 280 nm UV-LEDs against *Mycobacterium abscessus* in water, 日本水環境学会紫外線を利用した水処理技術研究委員会ワークショップ, 2023/2/16.
- ・ 鶴野葉月, 小熊久美子, 水道水への紫外線照射が塩素消毒副生成物に及ぼす影響, 日本水環境学会紫外線を利用した水処理技術研究委員会ワークショップ, 2023/2/16.
- ・ 小熊久美子, UV-LED を利用した消毒技術, 応用電子物性分科会研究例会, 公衆衛生と安全・安心を守る材料デバイス技術, 2023/1/27. (招待講演)
- ・ Surapong Rattanakul, Kumiko Oguma, Data analysis of virus sensitivity to ultraviolet (UV) radiation, 第13回 東南アジア水環境国際シンポジウム, 2022/12/14.
- ・ Jack Jia Xin Song, Kumiko Oguma, Satoshi Takizawa, Fluence rate modeling using ray tracing simulation for water disinfection reactors with ultraviolet light-emitting diodes, 第13回 東南アジア水環境国際シンポジウム, 2022/12/14.
- ・ Shunsuke Oka, Shinobu Kazama, Kumiko Oguma, Satoshi Takizawa, Identification of fecal contamination source and enteric viruses in groundwater in the special region of Yogyakarta province, Indonesia, 第13回 東南アジア水環境国際シンポジウム, 2022/12/13.
- ・ Kumiko Oguma. Innovative UV-LED applications to drinking water and wastewater treatment systems for sustainable water management in future communities. JST-CONCERT UV Workshop. 2022/11/17.
- 渡邊 真也, 小熊久美子, 山間集落における水供給施設の管理負担軽減に関する検討-LPWA通信モジュール活用による施設の遠隔監視-, 第101回水道研究発表会, 2022/10/20.

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

令和4年度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）
小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究
（20LA1005）分担研究報告書

小規模集落が管理する水供給システムに関する住民の金銭的負担と
給水規模別維持管理状況の実態，および，外部団体からの支援の可能性

研究分担者 増田貴則 国立保健医療科学院 統括研究官
研究協力者 堤 晴彩 鳥取大学地域価値創造研究教育機構

研究要旨：

高齢化と人口減少、施設の老朽化等により、全国数千の地域において水道管路等で構成される水道及び飲料水供給施設等を維持することが困難となりつつある。水供給の維持が困難となると想定される地域において衛生的な水を今後も持続的に供給可能とするためには、当該地域のみで問題解決を図るだけでなく、集落同士や外部の団体との連携による維持を前提とした管理システムを検討していくことも重要と思われる。

これまで、飲料水供給施設相当規模及び給水人口 50 人未満の水供給システム（以下、水供給システムと呼ぶ）の維持管理の実態や作業負担を明らかにし水供給の安定性や安全性を確保するための諸研究を行ってきた。本年度の研究では飲料・生活用水供給施設を敷設する際の住民の金銭的負担や水道料金体系、給水戸数別の維持管理実態について調査分析した。また、調査の過程において地方自治体の中に積極的な支援を行っているケースや NPO 団体を活用しているケースがあることがわかったため、外部団体からの支援の事例と可能性についてとりまとめを行った。

A. 研究目的

一連の研究において、飲料水供給施設相当規模及び給水人口 50 人未満の水供給システム（以下、水供給システムと呼ぶ）を利用・管理している集落を対象に、他集落や外部の団体との連携状況を把握するとともに、水供給システムの維持管理の現状や集落役員が点検や清掃などの管理作業に対して感じている負担感、負担が重いと感じている作業項目、管理作業の一部を支援団体に協力してもらいたいかなどについて調査を行ってきた。これらにより、集落住民自らが管理している水供給システムにおける維持管理の実態と作業負担の現状や、外部団体からの有償の支援に対する集落の支払い意向が把握できたが、集落住民の金銭的負担の現状や集落規模別の状況については未把握のままとなっていた。そこで、飲料・生活用水供給施設を敷設する際の金銭的負担や水道料金体系の実態について分析するとともに、集落規模別の維持管理状況の実態を明らかにすることを本年度の研究の目的とした。また、外部団体と集落との連携によって水供給システムの維持管理が実現可能かを検討す

るための基礎資料として提示するために、調査の過程で得た外部団体からの支援の事例やニーズ、支援の可能性についてとりまとめることを目的とした。

B. 研究方法

西日本（岐阜県、京都府、奈良県、和歌山県、鳥取県、島根県、岡山県、山口県、徳島県、高知県、佐賀県、大分県）について、行政がWEB 開示している情報をもとに飲料水供給施設等の水供給システムを管理し使用している集落を特定し、水供給システムの維持管理や断水等トラブル発生の現状を把握するとともに、実際に管理している集落役員が水供給システムに対して感じている不満や、点検・清掃などに対して感じている負担感、行政や他集落との連携状況について実態を把握するための質問紙調査を行った。質問紙は2019年2月～3月および2019年11月～2020年3月に郵便にて送付し、集落の飲料水供給施設等を管理している組合や役員の代表者に回答をお願いした。合計564の集落に発送し、253の集落より回答を得た。白紙回答や戸別給水の集落からの回答を無効回答とし、有効回答数は241、有効回収率は42.7%であった。このうち上水道や簡易水道を併用している集落が8集落、数年前あるいはちょうど上水道や簡易水道に切り替えを行ったばかりという集落が4集落、上水道や簡易水道に切り替え予定という集落が4集落、集落やゴルフ場管理の簡易水道を使用している集落が2集落であった。以下、これらの集落を含めた状態で集計を行い、分析を行った。なお、その集計結果については大部分を昨年度までの報告書において報告済みであるが、本年度は既報では報告をしていない水供給施設を敷設する際の金銭的負担・水道料金体系、住民の金銭的負担、および、集落規模別（給水戸数別）の維持管理実態について焦点をあて分析を行った。

また、外部団体からの支援の事例と可能性については、上記のアンケート調査および昨年度までのアンケート調査やヒアリング調査等の過程で得た情報をもとに、文献調査や現地調査を実施することで、事例の概要や詳細をとりまとめた。

C. 研究結果

1. 水供給システムに関する住民の金銭的負担

1-1. 水供給システムを敷設する際の財源について

水供給システム敷設当初の財源について尋ねた結果を図1に示す。個人・集落のみで負担と回答した集落が52集落（総集落の約22%）、個人・集落と行政等で負担と回答した集落が49集落（約20%）、個人・集落の負担はないと回答した集落が55集落（約23%）、無回答の集落が63集落（約26%）確認できた。個人・集落の負担があった集落は101集落となり全体の約4割に及んだ。

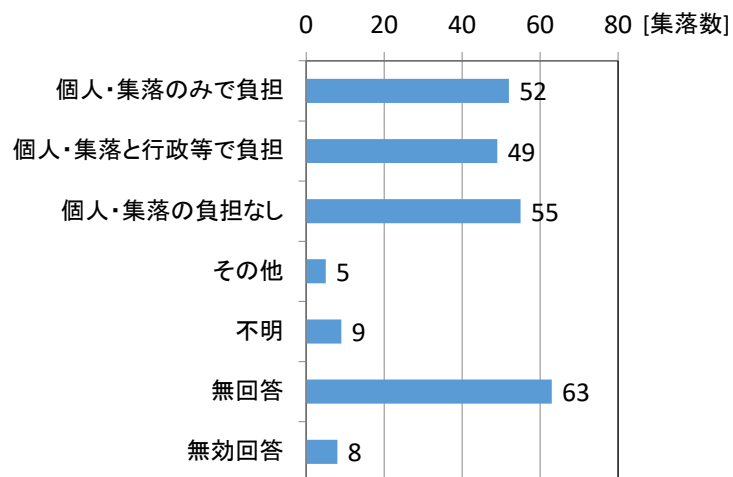


図1 水供給システム敷設当初の財源

1-2. 水道料金体系について

水道利用に関する料金体系について尋ねた結果を図2に示す。定額制と回答した集落は無料と回答した集落40集落を含め138集落（総集落の約57%）、メーター制を含むと回答した集落は74集落（約31%）、その他と回答した集落は12集落（約5%）、不明・無回答であった集落は17集落（約7%）確認できた。このうち定額制のみを採用している集落について、1か月分の水道料金を尋ねた結果を図3に示す。1世帯当たり500円以下との回答が最も多く73集落（対象集落の約57%）、500～1000円以下との回答が27集落（約31%）であった。他方、メーターを活用している集落（図4）では20円/m³以下との回答が14集落（メーター制および定額制とメーター制を併用している集落の約19%）、20～50円/m³以下との回答が25件あり、50円/m³以下が約53%を占めた。同規模（現在給水人口100人以下）の簡易水道事業の料金体系と比較したところ、飲料水供給施設は安価な料金設定がなされていることがわかった。

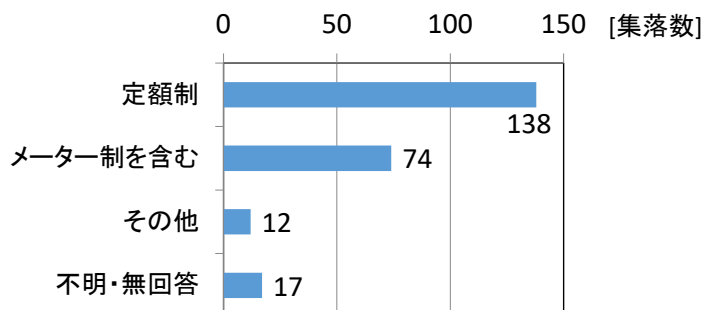


図2 水道料金体系

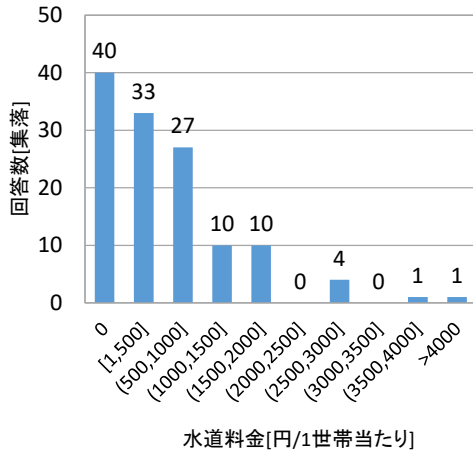


図3 定額制の水道料金（1ヵ月あたり）

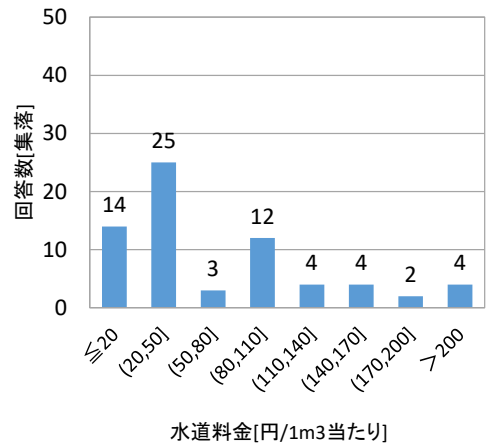


図4 メーター制を活用集落の従量単価

1-3. 水供給システム敷設当初の財源と水道料金体系の関係

水供給システム敷設当初の財源と水道料金体系の関係について分析を行った。水供給システム敷設当初の財源については、「個人・集落のみで負担」「個人・集落と行政等で負担」「個人・集落の負担なし」の3区分、水道料金体系については、「定額制のみと回答」「メーター制を含む」の2区分について両者の関係を整理した。

水道料金体系について定額制のみと回答した138集落の水供給システム敷設当初の財源について整理した結果を図5に示す。個人・集落のみで負担が28集落（対象集落の約20%）、個人・集落と行政等で負担が25集落（約18%）、個人・集落の負担なしが36集落（約26%）、無回答が38集落（約28%）であった。少しでも個人・集落の負担があった集落は合わせて53件（約38%）確認できた。

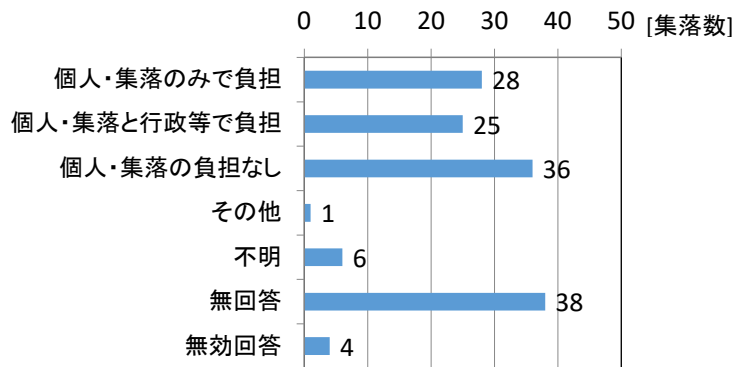


図5 定額制のみの集落の敷設当初の財源

水道料金体系についてメーター制を含むと回答した74集落の水供給システム敷設当初の財源について整理した結果を図6に示す。個人・集落のみで負担が15集落（対象集落の約20%）、個人・集落と行政等で負担が21集落（約28%）、個人・集落の負担なしが18集落（約24%）、無回答が12集落（約16%）であった。少しでも個人・集落の負担があ

った集落は合わせて 36 件（約 49%）となり、メーター制を含む集落の約半数が個人・集落負担があることがわかった。

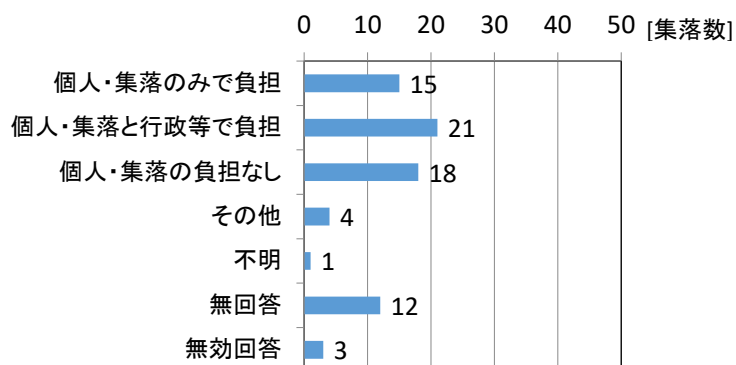


図 6 メーター制を使用集落の敷設当初の財源

水道敷設当初の財源は個人・集落のみで負担と回答した集落の水道料金体系について整理した結果を図 7 に示す。定額制との回答が最も多く 28 集落（対象集落の 54%），次いで多いのがメーター制を含む集落で 15 集落（約 29%）であった。個人・集落と行政等で負担と回答した集落の水道料金体系について整理した結果を図 8 に示す。定額制との回答が 25 集落（対象集落の約 51%），メーター制を含む集落が 21 集落（約 43%）であった。個人・集落の負担なしと回答した集落についての結果を図 9 に示す。定額制と回答した集落が 36 集落（対象集落の約 65%），メーター制を含む集落が 18 集落（約 33%）であった。

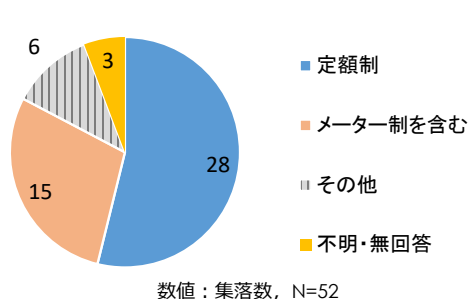


図 7 個人・集落のみで負担した集落の水道料金体系

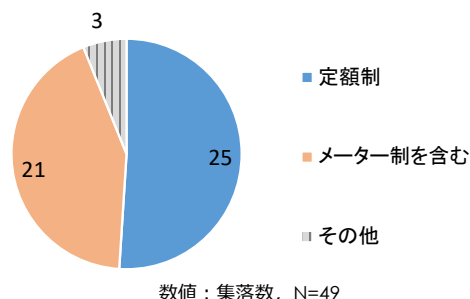


図 8 個人・集落と行政等で負担した集落の水道料金体系

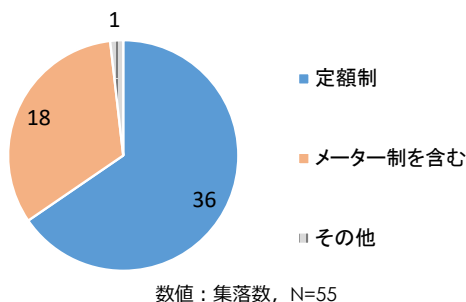


図 9 個人・集落の負担なし集落の水道料金体系

1-4. 世帯ごとの水道料金負担の特徴

集落ごとに1ヶ月に20m³を使用した場合を基準とし水道料金を計算し水源種別に整理した結果を図10に示す。表流水（渓流水）を使用している集落の中央値は296円、湧水を使用している集落の中央値は550円、地下水・井戸水を使用している集落の中央値は1271円、伏流水を使用している集落の中央値は1000円であった。総集落のうち水道料金を計算することのできた198集落の水道料金の分布をみると、167円～1819円の集落が約半数となり、中央値は905円、平均値と中央値の差は512円であった。

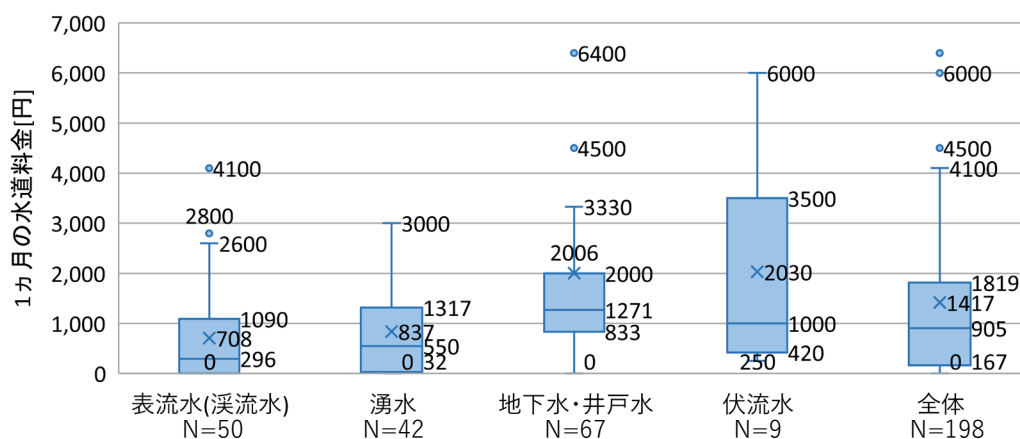


図10 水源別の集落の水道料金の分布

水道料金体系別に区分し、水源種別（表流水（渓流水）・湧水・地下水井戸水・伏流水）に水道料金を計算し箱ひげ図を作成した。定額制のみと回答した集落の箱ひげ図を図11に示す。定額制のみと回答した集落の水道料金は、7割を超える集落で1000円以下となり、中央値は500円、平均値と中央値の差は404円であった。表流水（渓流水）を使用している集落の中央値は167円、湧水を使用している集落の中央値は379円、地下水・井戸水を使用している集落の中央値は1000円、伏流水を使用している集落の中央値は1592円であった。

メーター制を含むと回答した集落の箱ひげ図を図12に示す。メーター制を含むと回答した集落の水道料金は、859円～2550円の集落が約半数となり、中央値は1800円、平均値と中央値の差は634円であった。表流水（渓流水）を使用している集落の中央値は1900円、湧水を使用している集落の中央値は1500円、地下水・井戸水を使用している集落の中央値は1950円、伏流水を使用している集落の中央値は1000円であった。定額制のみと回答した集落の水道料金より全体的に高い結果となった。特に表流水（渓流水）を使用している集落については、定額制のみと回答した集落の中央値が167円であるのに対し、メーター制を含むと回答した集落の中央値は1900円となり差があることがわかった。

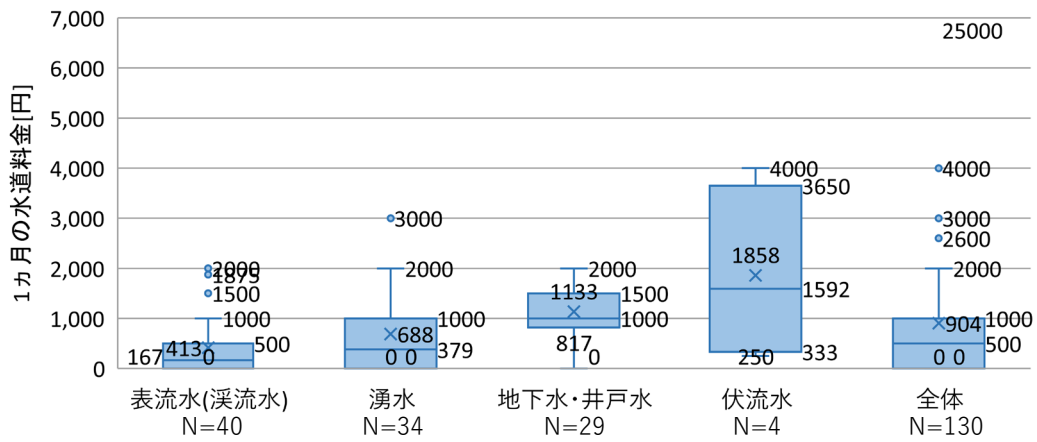


図 11 定額制のみと回答した集落の水道料金の分布

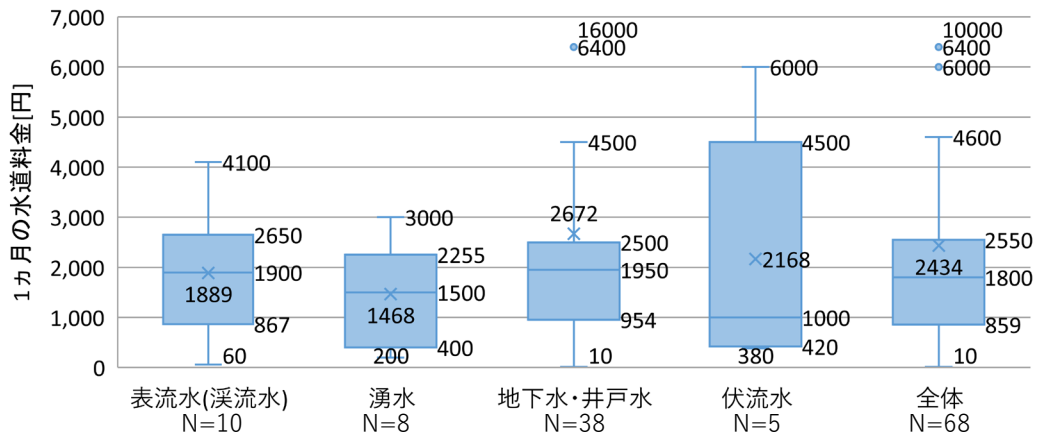


図 12 メーター制を含むと回答した集落の水道料金の分布

水道敷設当初財源別に区分し、水源別（表流水（渓流水）・湧水・地下水井戸水・伏流水）に水道料金を計算し箱ひげ図を作成した。個人・集落のみで負担した集落の箱ひげ図を図 13 に示す。個人・集落のみで負担した集落の水道料金は、0 円～1850 円の集落が約半数となり、中央値は 817 円、平均値と中央値の差は 1036 円であった。表流水（渓流水）を使用している集落の中央値は 0 円、湧水を使用している集落の中央値は 250 円、地下水・井戸水を使用している集落の中央値は 1500 円、伏流水を使用している集落の中央値は 460 円であった。地下水・井戸水を使用している集落の平均値と中央値の差は 2776 円あり分布にばらつきがあることがわかった。

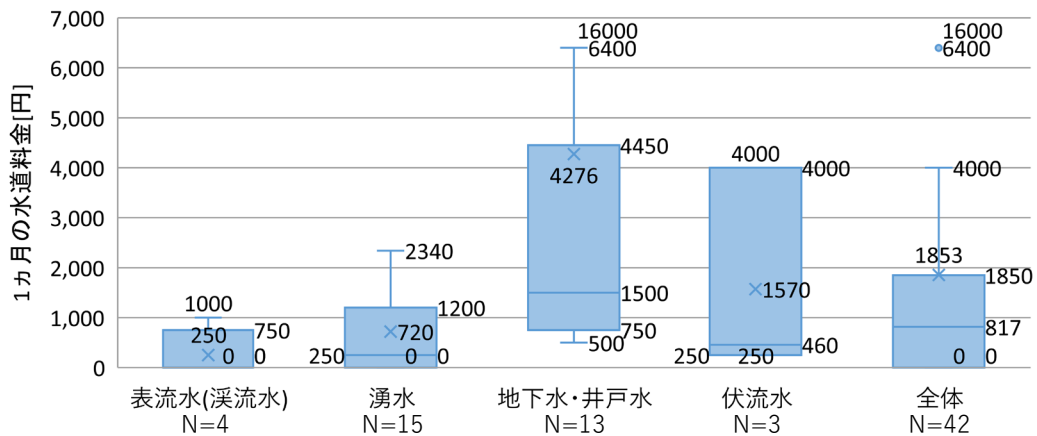


図 13 水道敷設当初に個人・集落のみで負担した集落の水道料金の分布

個人・集落と行政等で負担した集落の箱ひげ図を図 14 に示す。個人・集落と行政等で負担した集落の水道料金は、417 円～2056 円の集落が約半数となり、中央値は 1000 円、平均値と中央値の差は 608 円であった。表流水（渓流水）を使用している集落の中央値は 530 円、湧水を使用している集落の中央値は 1000 円、地下水・井戸水を使用している集落の中央値は 1500 円、伏流水を使用している集落の中央値は 3190 円であった。

個人・集落の負担のない集落の箱ひげ図を図 15 に示す。個人・集落の負担がないと回答した集落の水道料金は、32 円～1500 円の集落が約半数となり、他の集落と比較して最も低い結果となった。中央値は 500 円、平均値と中央値の差は 424 円であった。表流水（渓流水）を使用している集落の中央値は 417 円、湧水を使用している集落の中央値は 458 円、地下水・井戸水を使用している集落の中央値は 1750 円であった。伏流水を使用している集落は 1 集落の 1000 円のみでの回答であった。

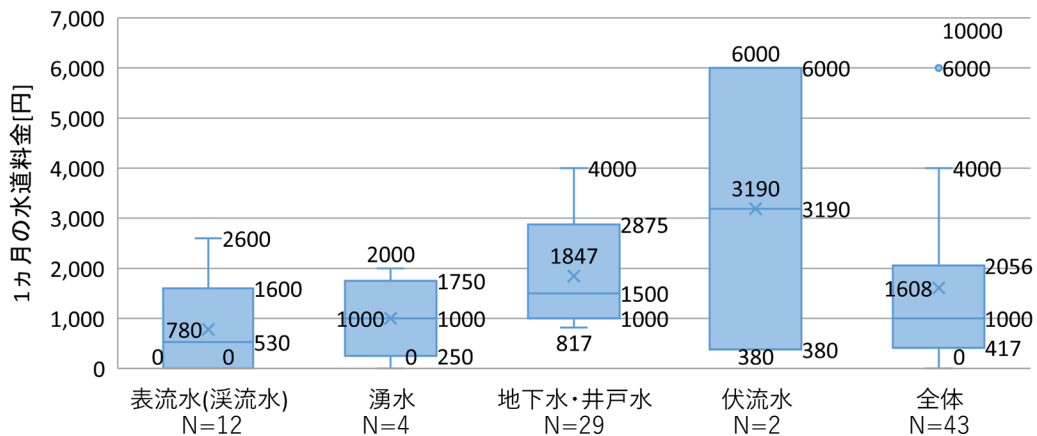


図 14 水道敷設当初に個人・集落と行政等で負担した集落の水道料金の分布

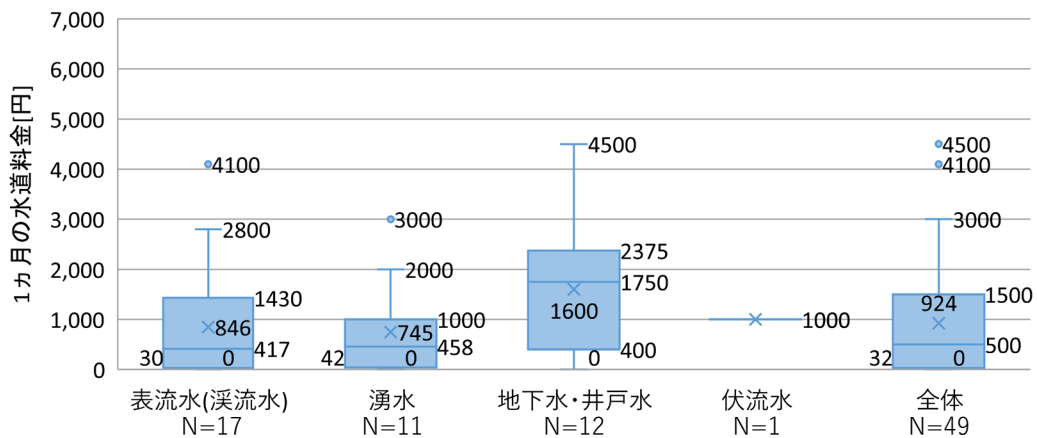


図 15 水道敷設当初に個人・集落の負担がない集落の水道料金の分布

2. 集落規模別（給水戸数区分別）の維持管理等の実態の分析

2-1. 現在給水戸数について

現在給水戸数についての回答結果を図 16 に示す。6 戸～10 戸の集落が最も多く 67 集落（総集落の約 28%）、次いで多いのが 11 戸～15 戸の集落 59 集落（約 24%）であった。10 戸以下の集落が 101 集落となり総集落の約 4 割となることがわかった。

給水戸数による違いを分析するため、給水戸数別に集落が 3 分割となるよう分割し（図 17）、戸数で分けた結果どのような違いがあるかを調べた。分割した結果、違いの顕著であった項目について報告する。

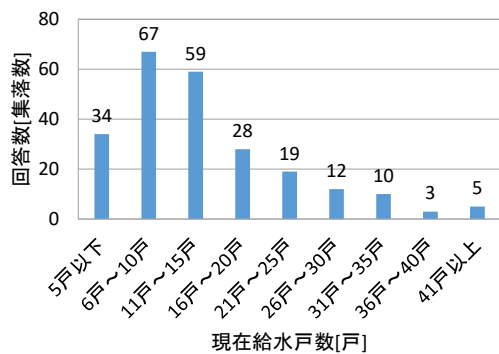


図 16 現在給水戸数

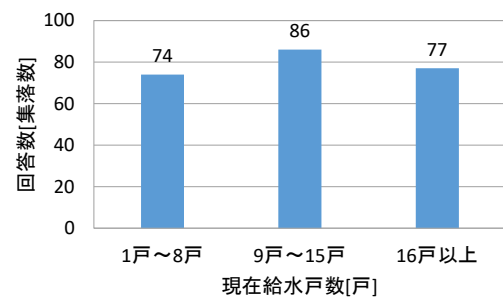


図 17 3 分割した場合の現在給水戸数

2-2. 現在給水戸数別の塩素消毒施設有無

塩素消毒施設の有無について整理した結果を図 18 に示す。塩素消毒施設があるとの回答では、16 戸以上の集落が最も多く 43 集落、次いで 9 戸～15 戸の集落が 31 集落、1 戸～8 戸の集落が 23 集落であった。集落が増すごとに塩素消毒施設があると回答した集落が増える結果となった。塩素消毒施設がないと回答した集落について水源別（表流水（渓流

水)・湧水・地下水井戸水・伏流水)に集計した結果、表流水(渓流水)を使用している集落は、1戸～8戸の集落で17集落、9戸～15戸の集落で12集落、16戸以上の集落で9集落となり、1戸～8戸の集落で他の戸数に比べ多いことがわかった。

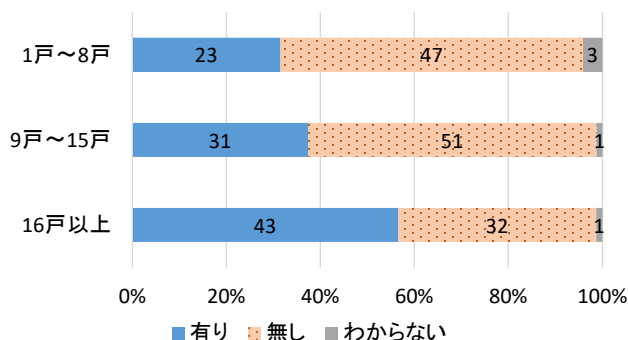


図 18 給水戸数別の塩素消毒施設の有無 (グラフ内の数値は集落数を示す)

2-3. 現在給水戸数別の水質検査実施状況

水質検査を行っているかどうかの回答を整理した結果を図 19 に示す。行っているとの回答では、1戸～8戸の集落で18集落(対象集落の約32%)、9戸～15戸の集落で35集落(約47%)、16戸以上の集落で37集落(約60%)であった。

水質検査を行っているとは回答した集落について水源別(表流水(渓流水)・湧水・地下水井戸水・伏流水)に整理した結果、井戸水・地下水を使用している集落は、1戸～8戸の集落で7集落、9戸～15戸の集落で17集落、16戸以上の集落で21集落であった。水質検査を行っていない集落について水源別(表流水(渓流水)・湧水・地下水井戸水・伏流水)に整理した結果、表流水(渓流水)を使用している集落は、1戸～8戸の集落で12集落、9戸～15戸の集落で14集落、16戸以上の集落で8集落、湧水を使用している集落は、1戸～8戸の集落で3集落、9戸～15戸の集落で13集落、16戸以上の集落で6集落であった。9戸～15戸の集落では、他の戸数に比べて湧水を使用している集落が多いことがわかった。

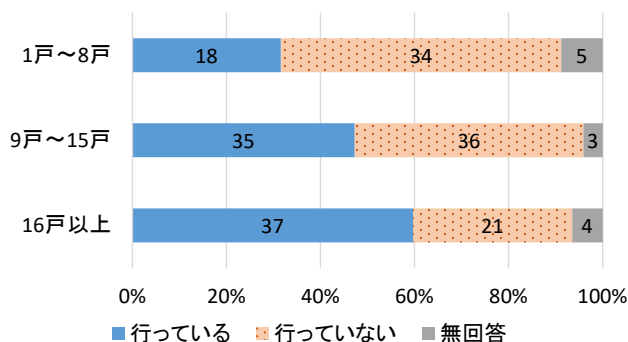


図 19 水質検査を行っているかどうかを尋ねた結果 (グラフ内の数値は集落数を示す)

2-4. 現在給水戸数別の停断水トラブルの発生と記録状況

過去に起きたトラブルの記録をとっているかを整理した結果を図 20 に示す。毎回必ずとっている集落とある程度記録をとっている集落を合わせると、1 戸～8 戸の集落で 12 集落（約 16%）、9 戸～15 戸の集落で 33 集落（約 38%）、16 戸以上の集落で 35 集落（対象集落の約 45%）が記録をとっていることがわかった。全く記録をとっていないとの回答が、1 戸～8 戸の集落では 38 集落（約 51%）となり他の戸数に比べて多いことがわかった。トラブルの発生頻度を整理した結果、数年に 1 回との回答では、1 戸～8 戸の集落で 16 件、9 戸～15 戸の集落で 32 件、16 戸以上の集落で 43 件であった。数年に 1 回と回答した件数は全体で 92 件あり、そのうち約半数が 16 戸以上の集落で起こっていることがわかった。

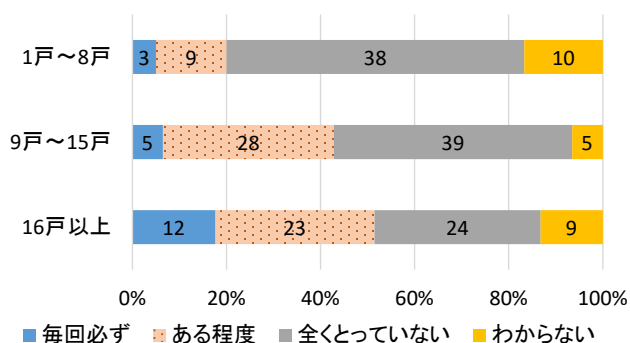


図 20 過去に起きたトラブルの記録をとっているか尋ねた結果
（グラフ内の数値は集落数を示す）

2-5. 現在給水戸数別の維持管理の連携状況

管理を行政や他の集落と連携・協力して行っているかを整理した結果を図 21 に示す。行っているとの回答では、1 戸～8 戸の集落で 17 集落（対象集落の約 23%）、9 戸～15 戸の集落で 28 集落（約 33%）、16 戸以上の集落で 45 集落（約 58%）であった。戸数が増すごとに行っていると回答する集落も増えることがわかった。

管理に関する講習会や研修会の実施について整理した結果、全くないとの回答では、1 戸～8 戸の集落で 63 集落（対象集落の約 85%）、9 戸～15 戸の集落で 65 集落（約 76%）、16 戸以上の集落で 49 集落（約 64%）であった。1 戸～8 戸の集落では、講習会や研修会がない集落の割合が高いことがわかった。

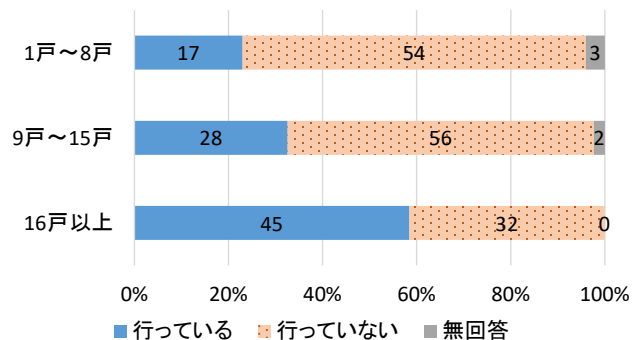


図 21 管理を行政や他の集落と連携・協力しているか尋ねた結果
(グラフ内の数値は集落数を示す)

2-6. 現在給水戸数別の管路に関する記録，維持管理マニュアルの有無状況

管路敷設図（配管図）の記録の有無について整理した結果を図 22 に示す。1 戸～8 戸の集落で記録があると回答した集落は 20 集落，9 戸～15 戸の集落では 31 集落，16 戸以上の集落では 38 集落であった。

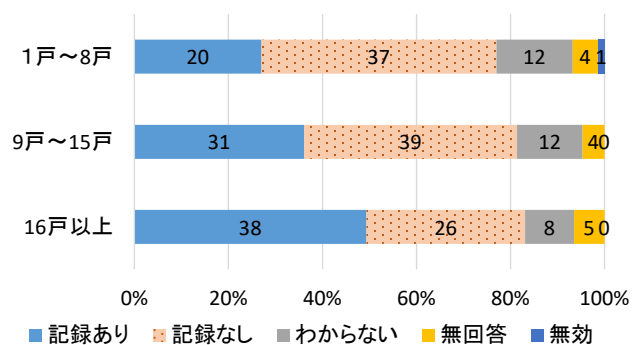


図 22 管路敷設図（配管図）の記録の有無（グラフ内の数値は集落数を示す）

管路の更新状況の有無について整理した結果を図 23 に示す。1 戸～8 戸の集落で記録がないと回答した集落は 51 集落，9 戸～15 戸の集落では 48 集落，16 戸以上の集落では 39 集落であった。1 戸～8 戸の集落では，他の戸数に比べて記録がある集落の割合が低いことがわかった。また，維持管理マニュアルの有無について整理した結果を図 24 に示す。1 戸～8 戸の集落でマニュアルがあると回答した集落は 6 集落，9 戸～15 戸の集落では 23 集落，16 戸以上の集落では 16 集落であった。1 戸～8 戸の集落では，他の戸数に比べてマニュアルがある集落が少ないことがわかった。

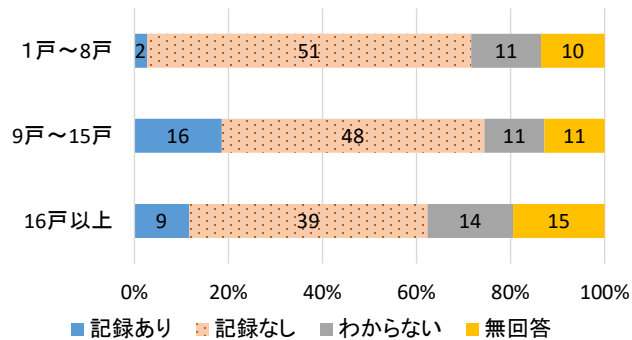


図 23 管路の更新状況の記録の有無（グラフ内の数値は集落数を示す）

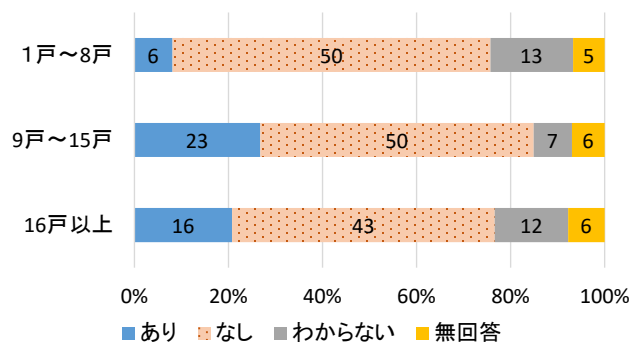


図 24 維持管理マニュアルの有無（グラフ内の数値は集落数を示す）

2-7. 現在給水戸数別の水供給システム敷設財源と水道料金体系

水供給システム敷設当初の財源について整理した結果を図 25・図 26・図 27 に示す。3 区分した結果を比較したところ、1 戸～8 戸の集落では、補助金と回答した集落が多く 10 集落、行政設置・行政補償と回答した集落は少なく 6 集落であった。9 戸～15 戸の集落では、個人負担と回答した集落が他の集落よりも多く 23 集落であった。

水道料金体系について 3 区分した結果を比較したところ、1 戸～8 戸の集落で無料と回答した集落が 24 集落、9 戸～15 戸の集落で 12 集落、16 戸以上の集落で 4 集落であった。メーター制と回答した集落は、1 戸～8 戸の集落で 7 集落、9 戸～15 戸の集落で 15 集落、16 戸以上の集落で 19 集落であった。1 戸～8 戸の集落では他の戸数に比べて無料の集落が多く、メーター制の集落が少ないことがわかった。

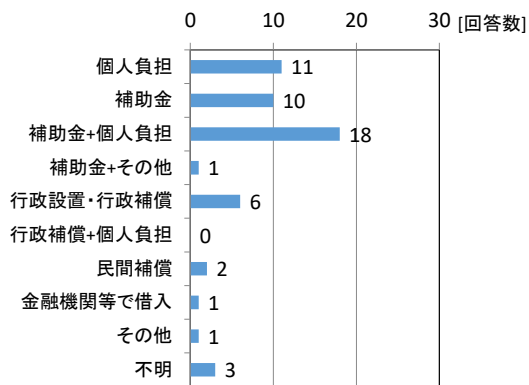


図 25 1戸～8戸の敷設当初の財源

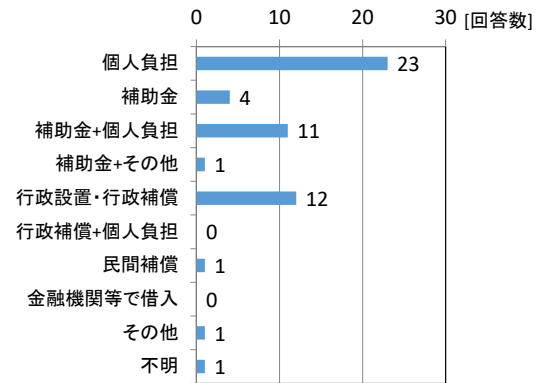


図 26 9戸～15戸の敷設当初の財源

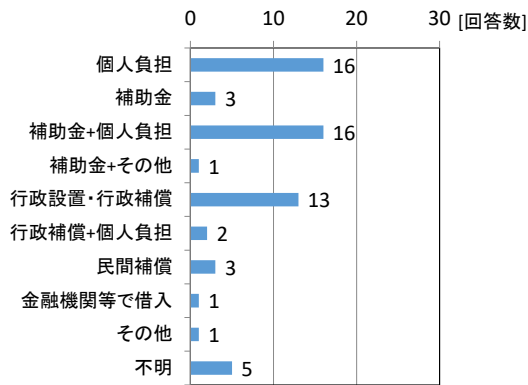


図 27 16戸以上の敷設当初の財源

収支の記録状況について整理した結果を図 28 に示す。1戸～8戸の集落で記録があると回答した集落は 24 集落、9戸～15戸の集落では 48 集落、16戸以上の集落では 56 集落であった。

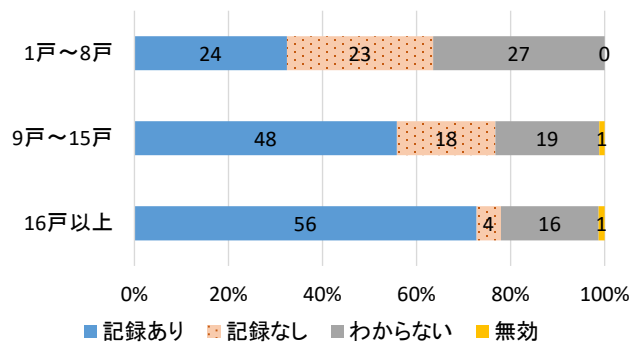


図 28 収支の記録の有無（グラフ内の数値は集落数を示す）

2-8. 現在給水戸数別・水源種別の水道料金の分布

給水戸数別に区分したうえで、水道料金体系について水源別（表流水（渓流水）・湧水・地下水・井戸水・伏流水）に水道料金を計算し箱ひげ図を作成した。給水戸数1～8戸の集落の箱ひげ図を図29、9～15戸の集落の箱ひげ図を図30、16戸以上の集落の箱ひげ図を図31に示す。

給水戸数1～8戸の集落の水道料金は、0円～1000円の集落が約半数となり、中央値は250円、平均値と中央値の差は517円であった。表流水（渓流水）を使用している集落の中央値は0円、湧水を使用している集落の中央値は200円、地下水・井戸水を使用している集落の中央値は1000円、伏流水を使用している集落の中央値は380円であった。

給水戸数9～15戸の集落の水道料金は、277円～2000円の集落が約半数、中央値は1000円、平均値と中央値の差は831円となり、1戸～8戸の集落の水道料金より高い結果となった。表流水（渓流水）を使用している集落の中央値は900円、湧水を使用している集落の中央値は800円、地下水・井戸水を使用している集落の中央値は1271円、伏流水を使用している集落の中央値は1800円であった。特に、地下水・井戸水を使用している集落については、他の水源と比較して料金のばらつきは小さいものの中央値と平均値の差が大きいことが見てとれた。

給水戸数16戸以上の集落の水道料金は、413円～2000円の集落が約半数、中央値は1000円、平均値と中央値の差は579円となり、1戸～8戸の集落の水道料金より高い結果となった。表流水（渓流水）を使用している集落の中央値は400円、湧水を使用している集落の中央値は667円、地下水・井戸水を使用している集落の中央値は1850円、伏流水を使用している集落は2集落のみの回答であった。地下水・井戸水を使用している集落の中央値は1850円で平均値は2338円となり他の給水戸数規模の集落と比較して高い結果となった。

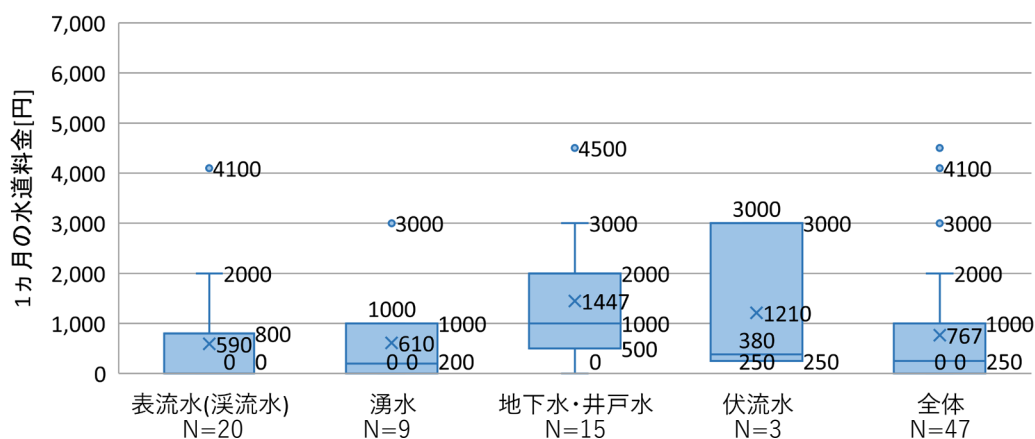


図29 給水戸数1戸～8戸の集落の水道料金の分布

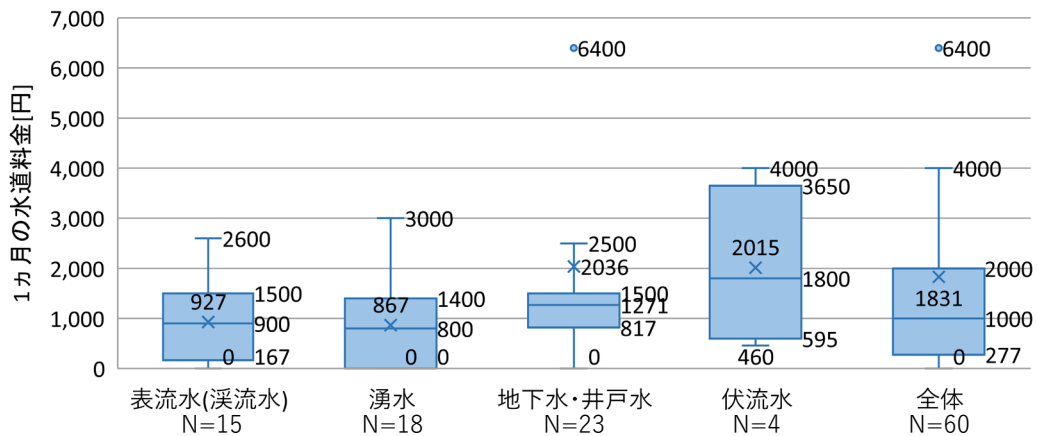


図 30 給水戸数 9 戸～15 戸の集落の水道料金の分布

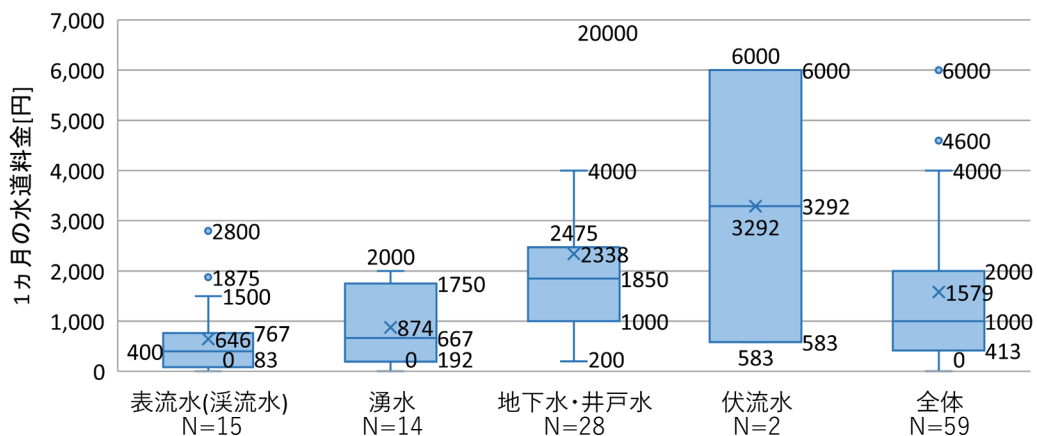


図 31 給水戸数 16 戸以上の集落の水道料金の分布

3. 外部組織による支援の可能性

3-1. 外部組織からの支援や人的支援が求められる事例

E 県 K 町において簡易水道と飲料水供給施設の維持管理について、町職員にヒアリングを行った。平成 16 年に 1 町 3 村が合併して構成。現在人口 8000 人余りで高齢化率は 48%。2030 年の人口は 5000 人余りと予測されている。K 町の水源は表流水であり、地下水を利用した事例はない。簡易水道は 15 の事業があり、そのうち 6 事業は直営、9 事業は委託である。飲料水供給施設も町営であり、私営・組合営はない。旧 K 町部分の簡易水道・飲料水供給施設はすべて直営。旧 3 村部分は 2 施設を除き 57 の水道管理組合に管理運営を委託している。直営に関する業務は町職員 2 名で担当しており、簡易水道の水質検査は月に 1～2 回行い、飲料水供給施設は各月で水質検査を行う。また、地元からの相談等の連絡があった場合は、点検等に行く。水量等を監視する遠隔システムの設置にも努めており、15 の施設に採用し設置している。

林業や農業の補助金を活用し、管理組合での運営が費用面で成り立つように整備された施設ではあるが、昭和40年～50年代に整備された施設が多く、ほとんどが緩速ろ過方式。町は各集落に要望を聞き、取りまとめをして、緩速濾過の砂などを一括で購入している。この頃に作られた施設は特に老朽化が進んでいる。更新について国や県の補助金が得られず、過疎債・企業債に頼らざるを得ない。町としては更新に注力しているが、年に2～3施設しか更新できていない。平成27年度以降の更新では膜濾過を導入し、現時点では膜ろ過を使用している集落は5ヶ所ある。維持管理が比較的簡単であり、慣れると高齢者でも可能である。最近導入したところではフィルターの自動洗浄機能もついておりメンテナンスが楽になった。また、導入した膜濾過施設のメリットの一つとして、万が一、機器を利用しなくなった場合でも、撤去が可能であり、別の集落で利用できることである。緩速濾過と膜濾過の費用比較はしていないが、更新がきた場合は膜濾過に変えていく予定であり、急速濾過の採用は考えていない。

戸数の少ない組合では、修繕費や外部委託費が不足し、住民に水道利用料以外の経済的負担や労務負担が発生している。水道管理組合の構成員の減少や高齢化により、これまでのように構成員で作業を行うことが困難となってきている。比較的新しく施設を更新したところでは膜ろ過方式や取水スクリーンを採用しており、メンテナンスが楽になっているものの、施設更新がされていないところでは施設のほとんどが緩速ろ過方式であり、砂のかき取りや洗浄、入れ替え作業などが重労働で大変との声が多い。これ以上、組合で管理を継続するのは、経済面、作業面で困難との相談が徐々に増加しており、高齢者の多い管理組合では継続困難と想定している。そのため、令和4年度より、管理委託料等を見直し、修繕費と電気代は町が全額負担している。施設規模に応じた必要な労務費を積算し、管理委託料に。これにより水道利用料以外の経済的負担をなくし、外部に再委託する経費を確保できる見込み。しかし、現状ではK町内でこのような作業を請け負っている1社（従業員2名の個人事業主）のみ。他に水道業者や工事組合加盟業者は6社あるものの、いずれも小規模で、通常業務で多忙であり、新たに作業を請け負うのは困難な状況。再委託に係る経費は確保できると見込まれているが、実際に作業を担う人員の確保が課題であり、人的な支援や外部組織からの支援が必要な状況にあると考えられる。

3-2. 市町村からの支援について

過年度の一連のアンケート調査の結果、行政を含む外部団体から維持管理作業における支援や連携協力を受けている事例は、こういった集落全体の20%程度に過ぎなかったことがわかっている。また、その内容も研修や水質検査といったものであり、取水設備やろ過設備の点検・清掃、あるいは、漏水や断水トラブル発生時などの非常時対応といった集落では負担が重いと考えられている作業についての支援を行政や水道事業者から受けているケースはほとんど見られなかった。集落自らが運営している水道であり、水道法の規制対象外でもあるため、自己責任が原則であるかもしれないが、都市部等における一般の水道

利用者が市町村等の水道事業者に維持管理等の作業など一切を任せておける状況と比べると、大きな作業負担を抱えている状況である。

一方で、こういった小規模な水道を運営している集落や個別井戸を有している個人等に対して、積極的な支援を行っている地方自治体も存在している。簡易水道事業など一部の公営の水道事業には税金を原資とした一般会計等別会計からの繰入金が入っていることを考慮に入れると、同程度の財政支援・人的支援を行うことが妥当であるといった考え方によると思われる。ここでは、行政からの積極的な支援の事例いくつかについて提示する。

(1) 静岡県 A 市, B 市の事例 :

A 市では、年に 1 回、水道未普及地域の水道管理者を集めて研修会を実施している。水道未普及地域支援事業、あるいは、生活用水応援事業制度等により、施設整備や修繕工事に対して 80%の助成や、水質検査や施設維持管理に対し 50%の助成を行うとともに、小規模水道に特化した簡易ろ過池を考案し紹介することなどを通して管理面・技術面の支援を行っている。加えて、集落の水道が断水した際には要請により給水車によって水道水を宅配するサービスを行っており、水量従量料金＋定額の運搬費にて応急給水を行うといった支援を行っている。また、同じ静岡県の B 市では市内に 100 カ所以上の飲料水供給施設が存在している状況にあり、飲料水供給施設等整備事業補助金を設け、3 戸以上または 10 人以上の団体について整備費の 7/10 を補助するといった財政支援を行っている。この補助金制度を利用し、取水口閉塞対策のスクリーンが設置されるなどし、維持管理負担の軽減に対して大きな効果を上げている。

(2) 鳥取県 C 町の事例 :

C 町では、町内の複数の公営簡易水道事業の消毒剤の点検・補充を町外の民間業者に委託している。町からの声掛けにより、集落営の飲料水供給施設についても同時に消毒剤の点検・補充ができるよう協力している。

(3) 宮崎県椎葉村の事例 :

宮崎健椎葉村では、飲料水供給施設管理サービス支援事業を実施している。未普及地域の高齢世帯・障がい者世帯の飲料目的施設が断水したときを対象に、支援対象者からの依頼を受け付けた村が、村に登録された支援隊に支援を依頼するといった仕組みである。依頼を受け付けた日から 3 日以内に支援サービスを開始し飲料水を確保することとしている。支援完了後に支援者は、村からの作業料金（日当や経費）および依頼者の負担金（1000 円/日）を受領するといった有償での支援の仕組みである。



図 32 飲料水供給施設管理サービス支援事業の WEB ページ（宮崎県椎葉村）

3-3. 民間企業・民間団体からの支援

アンケート調査において、外部団体と連携協力を行ったことがあると回答した 23 集落のなかに、少数ではあったが民間企業の協力をえて維持管理作業を行ったことがあるといった回答が存在していた。そのほとんどは地元の工務店など水道に関連する技術をもったところとの協力であり、協力内容は機器の修理や部品交換に関するものであった。他方、ボランティアや NPO 団体からの支援・協力を受けた事例はわずかに 3 件にすぎなかった。農山村地域の農作業を支援している NPO 団体やボランティア団体は多数存在している状況であるが、一方の生活基盤でもある飲料水供給施設の維持に関連する作業には民間支援団体が入り込んでいない状況にあることが想定される。一般の水道事業は市町村による経営を原則としているため、集落営の小規模水道があることが広く認知されていないことが要因の一つだろうと考えられる。過年度までのアンケート調査の結果から、集落側には外部から民間団体が支援に入ること的心理的な抵抗感はないと考えられるため、民間団体側の認識や理解が深まりさえすれば、農作業の場合と同様に支援の輪が広がっていくことが期待できる。ここでは、NPO 団体が支援したり関わっている事例として、北海道 D 町および

大分県の事例をとりまとめる。

(1) 北海道 D 町の事例

北海道の D 町の場合は、水道未普及地域の水道ではなく、簡易水道事業に対する事例ではあるが、町内 NPO 団体を活用することで、住民の高齢化により維持管理作業の継続が困難となった水道に対応した事例がある。以前は地元集落の住民を臨時雇用する形で維持管理作業の一部をまかっていたが、高齢となり作業の継続が難しくなっていた。地域活性化や地域運営を目指す NPO 団体の地元での設立にあわせて、簡易水道の一部管理を当該 NPO 団体への委託に切り替えることで、地元住民、行政ともに作業負担が軽減される事例となっている。NPO にとっては委託額は一人分の工賃に足りないが、拘束時間は短く隙間の時間にて対応が可能なことと、NPO の経営を支える安定的な収入源とみなしている。また町役場にとっては高齢者の個人に任せていたときよりも、複数人で対応できる NPO の方が安心感があるといったメリットがある。



図 33 水道を担当している NPO への聞き取りの様子

(2) 大分県の事例

大分市新町にある NPO 法人おおいたの水と生活を考える会を対象にヒアリングを行った。NPO 法人「おおいたの水と生活を考える会」は、現在までに大分県内において 80 地区以上での活動実績がある。このうち、52 地区は浄水施設の整備、30 地区は水源調査（ボーリングの協力）を行っている。NPO 法人は、小規模集落における生活環境の整備に取り組むため、水源確保施設の整備や維持管理に力を入れている。

H19（2007）年から H20（2008）年にかけて、大分県で小規模集落対策の調査が行われ、その結果、「水」に関する課題が第 4 位に位置づけられた。その後、小規模集落の生活環境の整備を目的として、「生活用水確保のための代替水源開発や維持管理が容易な施設の整備」に取り組むことが決定された（H24.3 小規模集落対策推進指針）。また、H21～H22

に大分県（環境保全課）が「水と生活の調査隊」「水と生活の調査団」を組織し、技術士などの技術者に現地を見てもらい、対策案等についてアドバイスをもらうなどの調査検討を行った。その後、この取り組みに賛同した技術者の有志グループが誕生し、後に NPO 法人「おおいたの水と生活を考える会」として設立された。NPO 法人の設立は、H23（2011）年 5 月に行われ、設立時は構成員 13 名、現在はメンバーが 23 名（専任の事務の 1 名）で構成されている。

大分県では H21～H24 に地域給水施設整備支援（モデル）事業として、地域の実情にあった生活用水給水施設の整備を行う市町村に対し補助を行った（実績：7 市 12 地区）。補助率は県が 50/100、市町村が 40-50/100、地元が 0-10/100 である。その後は、「小規模給水施設普及支援整備事業（H25～H30）」「小規模給水施設水源確保等支援事業（R 元～R3）」「小規模集落等水源整備支援事業（R4～R6（予定）」として県が水道未普及地域に対し補助金をつける施策を行ってきた。

NPO では、調査、測量、計画、設計を受託する以外に、地元のみで維持管理できるような緩速濾過式の浄水施設や配水施設の開発と設計も実施。当初、大手企業に施設施工の見積もりをしたところ、1 槽 300 万円と高額であった。その後、別府市の FRP をオーダーメイドで作っている企業に依頼したところ、1 槽あたり数十万円～100 万円以下を達成した。1 人 1 日 300L の原単位を想定した浄水施設であり、改良を重ねている（設置例を図 34、図 35 に示す。FRP 製ろ過ユニットは軽量な為、持ち運びで設置可能。万が一、湧水などの原水が枯れても別の場所への移動も可能）。NPO は、浄水施設の設計の他に、（表流水を使用しており、条件が悪い集落に対して）FRP 製の取水堰の開発・設計に携わったりしている。2、3 年前に考案し、3 か所に設置済み。設置例を図 36 に示す。FRP 製取水堰のメリットは、現場でのコンクリート打設工事が困難な場所でも設置できる点である。例えば、山間部の林道（幅 800mm）約 800m を徒歩でしか行けない場所において、小さな川の流れを FRP 製の取水堰（15mm 厚）で現場固定、止水処理後、FRP 製の取水柵を取付けして設置した例がある（図 37）。

NPO は年間 3～10 件程度の案件を手掛ける。これまでは、入札ではなく随意契約で受けている。非営利団体であり収益をあげることは目的としてはいないが、案件が多い時は年間受注総額が 1000 万円を超えることもある。NPO の収入は、設計調査費用のほか、会費 1 人あたり年 5000 円、協賛企業による協賛費などである。

NPO が抱える課題は以下である。NPO は設計を行なっているが、施工管理には携わっていない。事業主体は市町村であり、施工管理も市町村が担当。そのため、うまく機能せずに集落から苦情がくるといったこともある。施工並びにメンテナンスも任せてくれた方がうまく進むと考えている。



図 34 FRP 製ろ過ユニット設置状況



図 35 沈砂池 1 基，粗ろ過 1 基，緩速ろ過 2 基
寒冷地仕様断熱 FRP 製配水池 2 トン 2 基
2 世帯，6 人 1.8m³/日（別府市 T 地区）



図 36 FRP 取水堰・集水弁設置事例（大分市 K 地区）



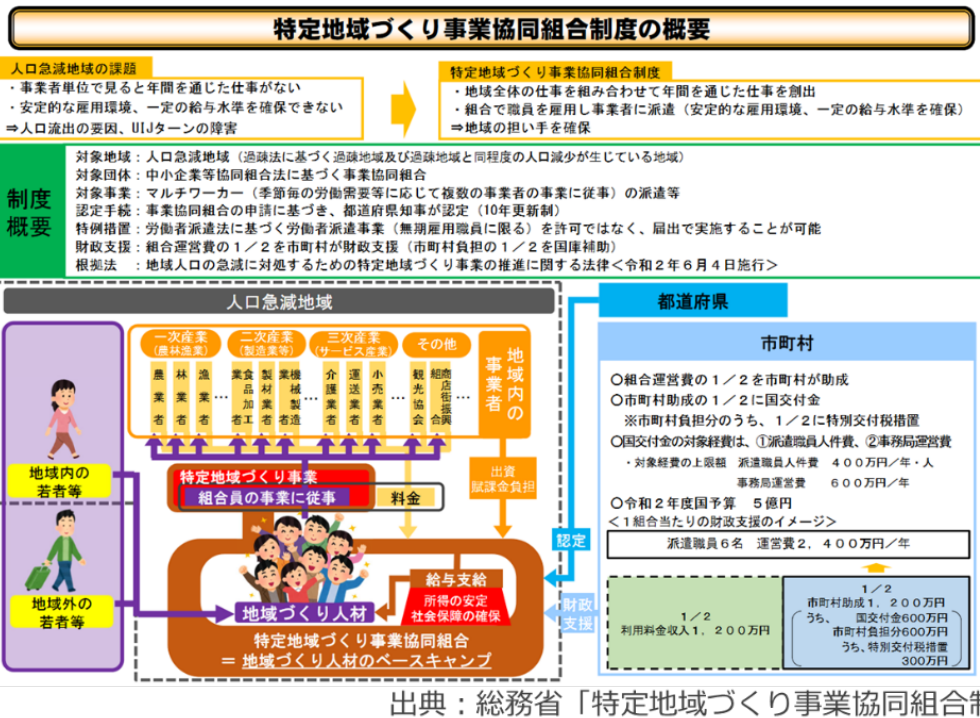
図 37 工事困難な場所での設置例（左図：着工前，右図：完成後）

3-4. 国による支援制度の活用の可能性

令和 2 年 6 月に施行された「地域人口の急減に対処するための特定地域づくり事業の推進に関する法律」を根拠とし、令和 2 年度より特定地域づくり事業協同組合制度が運用されている（図 38）。総務省によると、令和 4 年 6 月 1 日の時点で 36 道府県の 126 市町村が制度の活用意向を示し、うち 25 道府県の 55 市町村の組合がすでに認定済みとなっている。

この制度は、過疎地域に限らず人口急減に直面している地域において、複数の中小の事業者が共同して組合を設立し（中小企業等協同組合法に基づく事業協同組合を設立し）、季節ごとの労働需要等に応じて複数の事業者の事業に従事するワーカー（マルチワーカー）を雇用し派遣する事業（特定地域づくり事業）を行う場合に対し、財政的、制度的な支援を行うといったものである。労働者派遣法に規定される労働者派遣事業にあたるが、許可ではなく届出で実施することを可能ともしている（ただし、無期雇用職員に限る）。

単独の事業者単位でみると年間を通しての仕事が十分になく、一定の給与水準での雇用を確保できないような農山漁村地域において、地域全体の複数の事業者の仕事に従事してもらうことで、一定の給与水準と安定的な雇用を確保でき、地域の活性化や地域社会の持続のための地域づくり人材の確保ができるといったことを主目的としている。つまり、単に人手不足の解消を目的とした人材派遣の制度ではなく、「本制度を活用することで、安定的な雇用環境と一定の給与水準を確保した職場を作り出し、地域内外の若者等呼び込むことができるようになる」とともに、地域事業者の事業の維持・拡大を推進することができる。」ことを目的とした制度であることに注意が必要である。実際この制度を活用した町村では地域外からの若者の移住定住につながっており、令和 4 年 12 月時点における総務省の調査（特定地域づくり事業活用意向調査）によると、派遣職員の約 7 割が地域外からの移住者であり、全体の約 6 割が 20 代・30 代の職員である。



特定地域づくり事業協同組合制度の概要

対象・要件

人口急減地域において、**①**マルチワーカー（季節毎の労働需要等に応じて複数の事業者の事業に従事）**②**に係る労働者派遣事業等を行う事業協同組合**③**であって、都道府県知事の認定を受けたもの**④**

- ①** → 人口急減地域とは、過疎地域自立促進特別措置法に基づく過疎地域又は過疎地域と同程度の人口減少が生じている地域です。 ※予定されている地域が該当するかどうかは、お住まいの市町村に確認下さい。
- ②** → マルチワーカーは事業協同組合で無期雇用される者に限ります。
- ③** → 事業協同組合の組合員には、地域の一般的な法人はもちろん、社会福祉法人や農家などの個人事業者もなれます。
- ④** → 都道府県知事の認定は、事業計画の実現可能性や職員の就業条件への配慮、市町村や関係事業者との連携等を判断して行われることとなります。

図 38 特定地域づくり事業協同組合制度の概要、および、制度の要件

本研究が対象とした自ら水供給システムを経営しているような小規模集落は、多くが中山間地域など中心市街地から離れた地域に立地しており、その数も多くなく点在して存在していることから、民間企業など一般には営利をあげることを目的とした事業者がこれらの地域に入り込み、水供給システムの維持管理・運営に関する業務を請け負うことはあま

り期待できないと考えられる。小規模水供給システムの維持管理作業は業務量が少なく経済規模も小さいと考えられるが、一方で一定量の業務は継続して発生するという特徴をもつため、特定地域づくり事業協同組合制度にて雇用されるマルチワーカーの従事対象・派遣対象となる可能性があると考えられる。特定地域づくり事業協同組合制度を活用する協働組合にとっては、小規模水供給システムの維持管理業務のようにたとえ業務量が少なく経済の規模が小さい業務であっても、収入と雇用の安定につながるような仕事とみなされる可能性がある。なお、本制度で派遣される労働者は、労働者派遣法第4条により、港湾運送業務、建設業務、警備業務等が派遣禁止業務として規定されていることから、水道施設の工事等業務にあたることはできないものの、事務作業や維持管理作業等にあたることは可能と思われる。また、組合員となるための資格は中小企業等協同組合法に規定されるものとなるため、自治体は法人格を有していないことから組合員になることはできないが、事業協同組合の活動地域内に事業所を有している水道組合や水道を管理している個人が法人格を有する場合には、事業協同組合の組合員になることができると考えられる。したがって、市町村や公営の水道事業体がこの制度を利用して飲料水供給施設等小規模な水供給システムを管理する水道組合を支援する場合、金銭の流れは以下の図39の通りになるかと思われる。

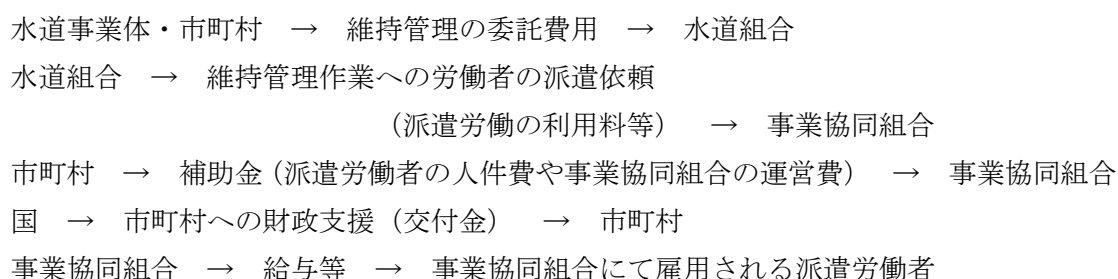


図39 水道事業体・水道組合が特定地域づくり事業協同組合を利用する場合に
想定される金銭の流れ

これまでの調査の範囲では、本制度を活用して集落の水供給システムの維持管理に従事したという事例は把握できていない。また、本制度の事業協同組合として認定されるには、人口急減地域であるかどうかや市町村から補助金などの支援が得られるかなど地方自治体の協力が重要となることから、制度活用のためのハードルは高いものの、前年度までに整理したアンケート調査の結果からは有償であっても外部団体の支援を利用したいという集落が一定数あったことから、こういった制度を活用して水供給システムを維持していく方策を展開していくは可能と考えられる。

D. 考察

水供給システム敷設時の集落住民の金銭的負担については、集落や個人負担と回答した集落が最も多い結果となった。また、水道料金については、2割弱の集落が無料としており、それを含めると約56%の集落が定額制と回答し、そのうち約6割の集落で1世帯当たり500円/月以下の料金であることが確認できた。メーター制を活用している集落では、メーター制および定額制とメーター制を併用している集落の半数以上が50円/m³以下の料金であることもわかった。同規模の簡易水道事業と比較し安価な料金設定・住民負担を実現していることがわかった。

水道料金体系別に水供給システム敷設当初の財源を分析した結果、個人・集落の負担なしと回答した集落が、定額制のみの集落では約26%、メーター制を含むとした集落については約28%確認できた。敷設当初の財源別に水道料金体系を分析した結果、個人・集落のみで負担したと回答した集落では、定額制の集落は約54%、個人・集落と行政等で負担したと回答した集落で約51%、個人・集落の負担なしと回答した集落で約65%確認できた。水供給システム敷設当初の財源と水道料金体系について明らかな相関関係は認められなかった。

現在給水戸数別に集落を3区分し戸数による違いを調べた結果、塩素消毒施設の有無については、戸数が増すごとに塩素消毒施設があると回答した集落が増すことがわかった。塩素消毒施設の有無以外にも、水道が使用できなくなったトラブルの記録の有無・行政や他の集落と連携協力の有無・水質検査の有無・収支の記録の有無・管路敷設図（配管図）の記録の有無についても同様の結果となった。

1戸～8戸の集落は他の戸数に比べて、水道料金が無料と回答した集落が多く、メーター制を使用している集落は少ないことがわかった。また、管路の更新状況の記録・維持管理マニュアルの有無については、記録がないとの回答が他の戸数に比べて多く確認できた。特に、管理に関する講習会や研修会について、約85%の集落が全くないと回答しており高い割合となった。

水源別に1ヵ月の水道料金の分布を整理した結果、表流水（渓流水）を使用している集落では、定額制のみの集落の中央値が167円、メーター制を含む集落の中央値が1900円となり大きな差が生じていた。また、敷設財源が個人集落のみ負担した集落と1戸～8戸の集落の中央値は0円となり、メーター制を含む集落の中央値1900円が最大となった。湧水を使用している集落では、1戸～8戸の集落の中央値200円が最小となり、メーター制を含む集落の中央値1500円が最大となった。地下水・井戸水を使用している集落では、定額制のみの集落と1戸～8戸の集落の中央値1000円が最小となり、メーター制を含む集落の中央値1950円が最大となった。1戸～8戸の集落の水道料金はどの水源においても低く、メーター制を含む集落の水道料金は高い傾向にあることがわかった。

収支記録については、点検や事故・修繕結果の記録に比べるとより多くの集落で記録を保管しており、比較的長年の収支記録を有していることが確認できている。今後は、これらの収支記録の情報をもとに、同規模の簡易水道事業と比較し安価な料金設定となっている理

由や今後の経営の安定性について分析をしていく必要があるものと思われる。

また、昨年度までの報告書において示してきたように、質問紙調査にて回答を得た集落の約半数は水供給システムの管理作業に負担を感じていること、架空の支援策ではあるが集落側における支援の利用意向は低くないことが確認できている。本年度までの調査により、現状では行政も含め外部の団体から支援や協力を受けている集落や事例は少数ではあるが、外部との協力連携や支援により効果をあげている事例が確認できたことと、さらには人口急減地域の後押しともいえる国による新たな制度ができ広まりつつあることなどを考えると、集落の水供給システムを外部団体との協力によって維持管理していくことを実現していくことは実現不可能なものではないと思われる。今後は、支援に関する需給がうまくマッチングするかどうかを把握することが課題だと思われる。これまでの研究で把握してきた集落水道の実態や支援ニーズなどを支援の可能性をもつ団体に対して提示することなどにより支援意向や支援の供給可能性を調査すること、ならびに活用できそうな国や地方自治体の支援制度等を併せて検討していくことなどにより、小規模な水供給施設を外部団体との協力により維持する仕組みの実現可能性を調査検討していく必要があると考えられる。

E. 結論

集落外の団体との維持管理作業における連携・協力状況、および、集落役員が点検や清掃などの管理作業に感じている負担感や作業負担の重い項目、外部団体からの支援についての集落側の意向、支援を利用する場合の価格帯について整理することを目的に、西日本（岐阜県、京都府、奈良県、和歌山県、鳥取県、島根県、岡山県、山口県、徳島県、高知県、佐賀県、大分県）において飲料水供給施設等の小規模水供給システムを管理し使用している集落を対象に行った質問紙調査の結果から、水供給システムに関する住民の金銭的負担として施設を敷設する際の財源や水道料金体系について整理・分析するとともに、集落規模別の維持管理状況の実態を分析した。

本調査により、水供給システム敷設時の集落住民の金銭的負担については、集落や個人負担と回答した集落が最も多く確認できた。また、水道料金については、半数を超える集落が定額制と回答し、そのうちの約7割の集落が無料を含め1世帯当たり月1000円以下の料金であることが把握できた。一方、メーター制を含む集落の1世帯当たり一か月の水道料金中央値は1800円と高くなっており、定額制より高い料金負担であった。これらのことよりいずれの料金制においても住民自らが管理している小規模水供給システムの場合、同規模の簡易水道事業と比較すると安価な料金負担となっているケースが多いことがわかった。

また、少数ではあるが地方自治体の中には積極的な支援を行っているケースやNPO団体を活用しているケースがあることがわかった。国が最近創設した特定地域づくり事業協同組合制度は、人口急減地域の小規模水道の維持管理作業を支援する枠組みとなる可能性がある。

F. 研究発表

1. 論文発表

増田貴則, 堤晴彩. 小規模集落が経営する水供給システムの維持管理作業の支援ニーズと展望. 保健医療科学. 2022;71(3):241-253.

牛島健, 増田貴則. 自律的に管理する小規模水供給システムと実践的取り組み. 保健医療科学. 2022;71(3):254-263.

2. 学会発表

増田貴則. 条件不利地域等におかれた小規模水供給システムの維持管理・経営のこれから. 土木学会第33回環境技術思想小委員会・臨床環境技術小委員会合同講演会. 2022.4.12. オンライン.

増田貴則, 堤晴彩, 桐林有花, 高部祐剛, 浅見真理. 小規模集落が管理する飲料水供給システムの敷設財源と料金体系の実態. 令和4年度全国会議(水道研究発表会)講演集. 2022.10.19-21.名古屋. p.86-87.

3. その他講演等

増田貴則. 条件不利地域におかれた簡易水道事業の経営とサービス水準のこれからを案じて. 月刊下水道. 2022;45(11):44-49, 2022

増田貴則. 小規模水道の現状 ～条件不利地域等におかれた小規模飲料水供給システムの現状～. 令和4年度水道事業担当者研修. 兵庫県まちづくり技術センター. 2022.11.15. 神戸.

増田貴則. 小規模水供給システムの維持管理と住民協力. シンポジウム「小規模水供給システム研究の展望」. 2023.2.22. 東京.

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

令和4年度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）
小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究（20LA1005）
分担研究報告書

地域のプレイヤーが自律的に管理する小規模水供給システムの
ケーススタディおよび実践的取り組みを通じた支援体制の検討

研究分担者 牛島 健 北海道立総合研究機構 北方建築総合研究所 研究主幹
研究協力者 長谷川 祥樹 北海道立総合研究機構 エネルギー・環境・地質研究所 研
究主任

研究要旨：

本研究では、民間組織や水道事業者等と連携・協働した小規模水供給システム維持管理手法についてケーススタディの蓄積を行うとともに、地域と需要者に根ざした自律的で持続性の高い水道の一つのモデルを提示し、実践を通じてその有効性を検討した。

ケーススタディについては、令和3年度までの成果に3つのケースを追加し、多様な運営形態、行政との役割分担の仕方を整理した。研究分担者らはこれまで「地域住民らが管理する水道」を「地域自律管理型水道」と呼んできたが、実際には、市町村経営との中間的な地域自律管理の形や、NPOへの委託を含めた多様な「地域自律管理型モデル」が存在することがわかった。今回確認された「中間的」な地域自律管理型を含む広義の地域自律管理型モデルは、今後水道運営の再編が必要となる地域に対し、それぞれの状況に合わせた多様な選択肢を提供することにつながる。

自律的な水供給システムのモデルについては、北海道富良野市をフィールドとし、水道利用組合等による地域自律管理を前提に、地元高校生による運営支援体制の検証を継続した。本年度は、例年通りの活動を継続して4カ所の水質分析、3カ所の管路図GIS化を行った。また、これまでの富良野での取り組みを1つのモデルとして日高町および北海道富川高校と連携して同様の取り組みを行い、同モデルが他地域にも応用可能であることを確認した。

A. 研究目的

小規模でも持続可能な水供給システムを実現し全国で展開していくためには、個々の地域の特性や事情に合わせた施設や維持管理体制および支援体制を選択できるよう、多様なモデルのバリエーションが必要となる。本研究では、水道事業者と地域住民および民間組織が連携・協働した小規模水供給システム維持管理手法についてケーススタディの蓄積を

行うとともに、地域と需要者に根ざした自律的で持続性の高い水道の一つのモデルを提示し、その有効性を検証することを目的とする。

B. 研究方法

1. 小規模水供給施設の運営に関与している民間組織等へのヒアリング調査

1-1. 市町村の担当者へのヒアリング調査

北海道と筆者らが実施した、北海道の全179市町村を対象とした調査では、地域住民らが管理する「地域自律管理型水道」は少なくとも64市町村に計237か所存在することが確認されている。この中から、令和2～3年度は「地域自律管理型水道」が数多く確認されている7市町を対象に、役所または役場の水道部局担当者に取り組み調査を行っている。本年度はこれに加え、3町において、同じく役場の担当者に取り組み調査を行った。各町が確認している地域自律管理型水道の概要、市役所及び町役場の役割、運営状況および運営にかかる情報の入手方法、当該水道の抱える課題などを話題とし、半構造化インタビューによって適宜話題を掘り下げながら取り組みを行った。

表1 行政ヒアリング調査概要（令和2年度実施分も含む）

	調査実施日	市町村内で確認されている地域自律管理型水道の数*	備考
A市	令和2年7月17日	18か所	
B町	令和2年10月2日	9か所	鳥取大と共同調査
C市	令和2年6月18日	15か所	
D町	令和2年10月2日	7か所	鳥取大と共同調査
E町	令和3年3月23日	20か所	
F町	令和3年7月30日	5か所	
G市	令和3年7月30日	4か所	
H町	令和4年7月5日	4か所**	
I町	令和4年9月21日	13カ所	
J町	令和4年10月6日	11カ所	

*制度上の枠組みに関係なく、地域住民らが管理している水道を「地域自律管理型水道」と呼び、北海道総合政策部の協力により実施した北海道内全179市町村へのアンケート結果から得られた数（2019年6月時点）。

**同アンケート調査ではなく、個別の聞き取りによって把握した数。

2. 富良野市における自律型モデルの実践的とりくみ

2.1. 富良野市における取り組みの経緯と特徴

日本の農山村地域の水道の中には、行政ではなく地域住民が自律的に管理を行う地域自律管理型水道が数多く存在するが、各種統計調査の対象にもならないことから、その実態はよくわかっていない部分が多い。研究分担者らは、北海道においてこうした地域自律管

理型水道の実態調査を行い、地域自律管理型の強みと課題を整理した結果、多くの事例では、良質な水源や農家の存在を背景に、低コストで無理のない運営が実現している反面、水質リスク管理体制やアセット情報管理に課題があることがわかった。そうした地域自律管理型水道の特性を踏まえ、北海道富良野市と筆者らは、地元高校生との連携による地域自律管理型水道の支援体制づくりを行ってきた。富良野高校科学部のクラブ活動と連携し、地域自律管理型水道を対象に、水質リスク管理体制支援として簡易の水質調査、アセット情報管理支援として管路地図のGIS化、そして一連の成果の報告会を実施してきた。

北海道富良野市では、市内に少なくとも18か所確認されている地域自律管理型水道について、その持続性を高めるための支援体制づくりが進められてきた。これまで富良野市では、水質検査費用や大規模改修費用の半額補助を行う制度を活用しながら、地域自律管理型水道の運営実態把握に努め、維持管理支援を行ってきた。平成29年からは、研究分担者らも参画し、地域ぐるみの水道維持管理支援体制づくりの実践を通じたアクションリサーチ的研究に取り組んでいる。この取り組みの一つの特徴は、地元高校（北海道富良野高等学校）と連携し、そこをハブとした支援体制づくりを進めている点である。

最初の入口は、富良野高校科学部のクラブ活動との連携（平成29年夏～）であり、水道利用組合等が管理する地域自律管理型水道（富良野市内に18か所）を対象に、毎年、科学部の生徒たちが、管路地図のGIS化と水質分析（それぞれ、毎年1～4か所程度）、および水道利用組合向けの報告会をこれまで実施してきた（表2）。水道利用組合は、組合長が同校の卒業生というケースが多いこともあり、高校生の活動に対して非常に協力的であり、また、高校生を応援するような場面もしばしば見られている。また、市民向け報告会（平成30年度に実施）では、高校生の家族（親兄弟だけでなく祖父母も）の参加もみられ、一般市民への情報発信、意識啓発を行う上でも高校を通じたアプローチがプラスになっていると考えられる。富良野高校は、周辺4町村を含めた富良野圏域（人口約4万人）から生徒が通学しており、必然的に、その卒業生のネットワークは富良野圏域全域にわたる。そして、市役所職員や、水道利用組合幹部など、地域のキーマンとなる人材がこのネットワークでつながっていることから、地域ぐるみの連携体制を作る際に、地元高校をハブとして取り組むアプローチは効果的であると考えられる。

表2 地元高校による水道支援のこれまでの経緯

	水質調査	管路図 GIS 化	報告会
平成 29 年度	1 か所	5 か所	11 月（水道利用組合向け）
平成 30 年度	4 か所	3 か所	11 月（水道利用組合向け）、 3 月（一般市民向け）
令和元年度	1 か所	1 か所	11 月（水道利用組合向け）
令和 2 年度	2 か所	2 か所	1 月（水道利用組合向け）
令和 3 年度	2 か所	2 か所	12 月（高大連携プロジェクト） 1 月（国際交流イベント Sani-Camp） 2 月（一般市民向け）

2.2.本年度の取り組み

本年度も、これまでと同様の方法で、4つの地域自律管理型水道を対象に水質調査を、3つの地域自律管理型水道を対象に管路地図のGIS化をそれぞれ実施し、1月には報告会を実施した。さらに、昨年度に引き続き、地元高校生らのモチベーションを高めるとともに、外部支援者を巻き込む試みとして、札幌国際大学と連携し、地元高校生と札幌の大学生が地域の水について議論するワークショップを1回開催した。本年度は札幌国際大学での開催とした。

2.3.他地域展開の可能性検討と適用検証

富良野市において試行錯誤の上に構築された現在の取組を、一つのモデル（以降、富良野モデルと呼ぶ）と捉え、他地域への展開可能性を検討するため、取り組みに必要な機材、コスト、人員について整理を行った。また、研究分担者がコンタクトすることができた1つの小学校、3つの高等学校の校長または教頭に対し、聞き取りによるニーズ調査を行うとともに、賛同が得られた学校において話題提供としての授業および富良野モデルの実際の適用を行い、適用可能性を検証した。

C. 研究結果

1. 小規模水供給施設の運営に関与している民間組織等へのヒアリング調査

1-1. 市町村の担当者へのヒアリング調査

以下、令和2~3年度の調査結果と合わせて整理する。

表3 調査対象市町村における地域自律管理型水道との関わり方

	担当部署	施設の 帰属	市町村と水道組合の関係	備考
A市	上下水道課	組合	組合による自律管理を基本とする が、緊急時等は市が技術的に支援	水質検査、大規模改修に対し1/2助成
B町	建設水道課	町	原則、地域による自律運営 緊急時等は町が技術的に支援	「給水施設設置条例」「給水施設設置条例 施行規則」に基づき運営
C市	上下水道課 ／環境課	組合	助成の申請があれば対応	「自家用水道施設費等助成金交付条例」 により、新設、増設、改修費用の最大2/3 を助成
D町	建設水道課	町	組合への維持管理委託（無償）	「営農飲雑用水施設の設置及び管理に関 する条例」 簡易水道の管理を地域運営NPOに委託
E町	経済建設課	町/組合	原則、地域による自律運営	大規模改修に対し最大75%助成
F町	産業振興課	町	修繕、定期水質検査は町、毎日水質検査、 水源管理、料金回収等は組合	専水のみ、毎日検査も町で実施
G市	農政林務課	市/組合	町からの委託（有償）によって組合が 管理	
H町	住民生活課	町	草刈り、除雪、水源清掃等を組合が町 からの受託で実施、水道施設自体の 管理は町の水道部署が請負	
I町	建設水道課	町	町からの委託契約により、組合が原則 自律管理	修繕費負担はケースバイケース
J町	上下水道課	町	原則、地域による自律運営（1カ所のみ 町直営）	費用は原則組合負担だが、実際には、消 耗品は組合負担、修繕費は町負担となっ ている

(1)アセットの帰属

B町、D町、E町の一部、F町、G市の一部、H町、I町、J町では、地域自律管理型水道のアセットは市町に帰属しており、維持管理を地元の水道利用組合に委託する形式をとっていた。いずれのケースも無償での委託であり、一部のケースでは市町と水道利用組合の間で覚書等を交わして実施していた。施設更新は原則として市町が行うが、修繕費は市町がすべて負担するものもあれば、委託契約等に基づき、一部またはすべてを水道利用組合が負担もしくは自前で修理するものも確認された。

一方、A市、C市、E町の一部、G市の一部では、アセットも水道利用組合に属しており、修繕、施設更新もすべて水道利用組合によって行われていた。ただし、A市、C市、E町ともに、大規模改修および水質分析に対する助成制度（50～75%補助）を設けていた。

(2)行政の担当部署と情報収集体制

A市、B町、D町、E町、I町、J町では、水道担当部署が地域自律管理型水道の担当となっていたのに対し、F町、G市では営農飲雑用水であるという理由で産業担当部署が地域自律管理型水道の担当となっていた。H町では、住民生活課が担当となっていたが、技術的な支援は水道部署が担っていた。自治体がアセットを所有し、水道利用組合への管理委託の形をとっているA市、C市、E町の一部、G市の一部では、年に1回の報告を水道利用組合に求めており、運営実績や役員の連絡先などの運営情報が蓄積されていた。中でも、B町およびD町では水道利用組合の総会に役場職員が可能な限り参加し、会計情報等を含めた運営状況が記載された総会資料が蓄積されていた。

A市とC市では、アセットはすべて各水道利用組合に帰属するため、地域自律管理型水道の情報を管理する担当部署は存在しないが、両市とも大規模修繕および水質検査の補助金申請窓口は水道担当部署が担っており、インタビューを申し込んだ際も、対応は水道担当者であった。そして、A市では過去に補助金申請を行った水道利用組合の情報を蓄積・整理するとともに、毎年、水道利用組合向けの補助金申請意向に関するアンケート調査を実施し、地域自律管理型水道の基礎情報を常に把握していた。また、A市、B町、F町では、水道利用組合から技術的な相談があった際に、職員が助言をしたり、場合によっては実際の維持管理作業の手伝いを行っていた。

(3)その他

D町では、1つの簡易水道の管理が地域運営NPOに委託されていた。当該簡易水道の地区は、本市街地から約13km（車で15分程度）の場所にあり、役場にとって維持管理の負担は大きい。そのため、以前は当該地区の一般住民を臨時採用職員として雇用し、この簡易水道の管理に当たっていた。この形式は、広い意味でとらえれば地域自律管理型に近いものと言える。ただ、その住民が高齢となり、作業の継続が難しくなったため、ちょうど当該地区において地域維持にかかる「よろず屋」的な活動を行うNPOが設立されたのに合わせて、同NPOへの委託に切り替えられた。

簡易水道管理の委託額は、同NPOにとって1人工（にんく、必要人員・作業量）分の収入には届かないが、主な作業内容は毎朝の水質および配水量チェックであり、拘束される時

間はかなり短い。もともと地域の細かい仕事を組み合わせて実施している同 NPO にとっては、他事業の隙間時間での対応が可能であり、むしろ、細かい事業を集めているために不安定になりがちな NPO の経営を、下支えする安定収入源と見なされていた。

2. 富良野市における自律型モデルの実践的とりくみ

(1) 富良野高校のフィールドでの活動

北海道富良野高校科学部と連携した地域自律管理型水道の支援策として、採水分析（7/18, 8/8 の全2回）と管路地図の GIS 化（8/10～部活動の中で継続的に実施）を行った（写真1～2）。



写真1 組合水道の給水施設付近からの採水



写真2 水道利用組合長宅での採水・分析

(2) 富良野高校の報告会

本年度は、活動報告の機会として、高大連携イベントと、水道利用組合向けの報告会が設けられた。

1) 高大連携イベント「ふらのの水と観光プロジェクト・ワークショップ」

札幌国際大学において、令和4年11月12日に高大連携のワークショップを開催した。札幌国際大学観光学部からは池見准教授の他に学生10名、富良野高校科学部員からは部員10名と卒業生1名、顧問教諭1名、富良野市役所上下水道課から係長1名、道総研から1名が参加した。富良野高校科学部員は、話題提供として令和4年度の成果（速報）を報告した（写真3～4）。その後、3つのグループに分かれて、昨年度のワークショップで出されたアイデアをビジネスとして成立させるための方策について、大学生らと共に検討した。最後にその結果を発表した。

2) 水道利用組合向け報告会「富良野のおいしい水を守る活動結果報告会」

富良野高校視聴覚室において、令和5年1月28日に報告会を開催した。富良野高校科学部からの報告に続き、小規模水道向け技術の紹介が行われた（写真5～6、表4）



写真 3 富良野の水と観光プロジェクトの様子



写真 4 富良野の水と観光プロジェクトの様子



写真 5 富良野のおいしい水を守る活動結果報告会の様子



写真 6 富良野のおいしい水を守る活動結果報告会の様子

表 4 富良野のおいしい水を守る活動結果報告会のプログラム

	発表内容／発表者
報告 1	「おいしい水を求めて 2023 水質とおいしさの関係」 富良野高校科学部
報告 2	「富良野から始まった地域自律管理型水道による持続可能な水インフラ運営の検討」 道総研 北方建築総合研究所 牛島健研究主幹 元・日高町水・くらしサービスセンター職員 白石航希氏
小規模水道向け 技術の紹介 1	「地域の水源を知る「水資源ナビ」の紹介」 道総研 エネルギー環境地質研究所 森野祐助主査
小規模水道向け 技術の紹介 2	「「水インフラ運営・再編支援システム」の開発について」 道総研 北方建築総合研究所 牛島健研究主幹

(3) 富良野モデルの他地域への展開可能性検討

平成29年度から富良野市において試行錯誤を重ねた上で構築された取り組みを富良野モデルと呼ぶことにする。ここでは、富良野モデルの他所での展開を考え、これまでの試行

錯誤に要した時間やコストをいったん取り除き、新規で同様の取り組みを始める際に何が必要となるかという視点で、必要機材、コスト、人員について整理した。

1)水質分析に係る機材

令和4年度時点で、富良野高校科学部が水質分析に使用している機材は、試行錯誤の経緯の中で、ややオーバースペックなものを使っていたり、測定可能な項目が重複していたりする部分もある。そこで、それらの重複や冗長性を排除した場合に想定される代替方法を整理すると表5のようになる。これらの代替方法を選択した場合について、初期費用と毎年の消耗品費を算出すると、それぞれおよそ7.3万円および5万円/年と考えられた(表6)。毎年の消耗品費については、富良野高校での活動実績を参考に、年間15サンプル程度を分析(練習を含む)すると仮定し、操作ミスによるロスも含めて年間18~20セット使用する条件で計算した。単価はメーカー提示の税込定価(2022年6月27日時点)を元に算出した。

表5 分析項目と対応する代替機材

測定項目	現在富良野高校で使用している機材	代替方法に必要な機材
全硬度	パックテスト (WAK-TH) +デジタルパックテスト (DPM2-TH)	パックテスト (WAK-TH) +スマートパックテスト
遊離炭酸	ドロップテスト (WAD-AC-M+WAD-AC-P)	左に同じ
過マンガン酸 カリウム消費量	パックテスト (WAK-COD(D)-2) にて 代用+スマートパックテスト	パックテスト (WAK-PMD-2) +スマ ートパックテスト
臭気強度	複数生徒による簡易官能試験	左に同じ
残留塩素	パックテスト (WAK-CIO-DP) +デジタルパックテスト (DPM2-CIO- DP)	パックテスト (WAK-T-CIO) +スマートパックテスト
水温	pHメーターにて計測	一般的な理科室にある水温計
大腸菌/大腸菌群数	ニッスイ・ECブルーMPNプレート ※培地はニッスイECブルー100	左に同じ
pH	HORIBA D-210P-S(pH/ORP)	pH試験紙またはパックテスト (WAK- pH※スマートパックテスト未対応)
鉄	パックテスト (WAK-Fe(D)) +デジタルパックテストマルチ (DPM- Fe-D)	パックテスト (WAK-Fe(D)) +スマートパックテスト
マンガン	パックテスト (WAK-Mn) +デジタルパックテストマルチ (DPM- MTSP)	パックテスト (WAK-Mn) +スマートパックテスト
硝酸態窒素	パックテスト (WAK-NO3) +デジタルパックテスト (DPM2- NO3)	パックテスト (WAK-NO3) +スマートパックテスト
亜硝酸態窒素	パックテスト (WAK-NO2) +デジタルパックテスト (DPM2- NO2)	パックテスト (WAK-NO2) +スマートパックテスト
アンモニウム態窒 素	パックテスト (WAK-NH4-4) +デジタルパックテスト (DPM2- NH4)	パックテスト (WAK-NH4-4) +スマートパックテスト
リン酸態リン	パックテスト (WAK-PO4 (D)) +デジタルパックテスト (DPM2- PO4)	パックテスト (WAK-PO4(D)) +スマートパックテスト

表6 想定されるコスト

初期費用*	概算額*(円)	備考
UVランプ	25,000	大腸菌検査用
インキュベーター	48,000	大腸菌検査用
計**	223,000	

毎年の消耗品		
バックテスト	20,000	20回分
大腸菌・大腸菌群数テスト	23,400	18回分
滅菌ボトル*	4,300	20本
採水ボトル*	3,400	20本
計	51,100	

*実購入額から算出（100円未満四捨五入）

**スマートバックテスト用のスマートフォン、水質データ入力用のPCは、すでに高校にあるもの（または生徒個人が所有するもの）が利用可能と想定した。

なお、代替方法では、吸光度計の代わりに、スマートフォンのカメラを利用する「スマートバックテスト（共立理化製，無料）」の使用を想定している。今日の高校生へのスマートフォン普及状況を鑑み、スマートフォンは新たに購入する必要は無いと考え、追加コストはゼロと見なした。

2)アセット情報管理支援に係る機材

令和4年度時点で、富良野高校科学部がアセット情報管理支援（GIS化）に使用している機材は、一般的なラップトップPC1台のみである。すでに利用可能なPCがあると想定すれば、GISのための新規購入は不要である。なお、GISソフトウェアは活動開始当初は有料のものを利用していたが、令和2年度からはフリーのGISソフトウェアに変更し、使用上問題は無いことを確認している。

3)活動に係るその他のコストおよび人員

上記の他に、一連の活動に要するその他コストおよび人員について、表4に示したスケジュールに沿って整理しておく。フィールド調査に先立ち、水質分析研修を6月頃に実施している。富良野高校に研究分担者ら（1～2名）が出向いて、主に新入生向けに半日程度のプログラムで実施している。続いて、富良野高校が夏休みに入り、農家も農繁期が一段落する8月頃を狙って、2日間程度のフィールド調査を実施している。例年、研究分担者ら研究者は1～2名程度参加している。訪問先（例年2～4カ所程度）との調整は研究分担者らが電話等で行っている。通常は、午前中にフィールドを回り、午後は高校に戻って水質分析等を実施している。フィールド調査の参加人数は、年によってばらつきはあるものの、近年は顧問教諭1人を含め10人前後である。このとき、地域自律管理型水道の水源は、通常、市街地からは離れているため、フィールドへの移動には自動車が必要となる。富良野高校のケースでは、富良野市上下水道課の協力により、富良野市のマイクロバスやワゴン車に乗せてもらえることが多かったが、車に空きがない場合などはレンタカー等の手配が必要となる。

9月以降は管路地図づくりに入る。GISについても、事前研修を実施している。研究分担

者ら（1名程度）が富良野高校に出向き、2～3時間程度のプログラムで実施している。その後は、日々の部活動の中で、科学部の生徒たちがGIS入力作業を進め、必要に応じて顧問教諭経由で研究分担者らに質問がメールまたは電話で届き、適宜対応している。

報告会は、農閑期に入る11月以降（令和2年度以降は、農閑期に入るのが遅いミニトマト農家に配慮して、1月以降の実施とした）に開催している。報告会の内容は概ね毎年ルーチンとなっており、企画作成作業はほとんど発生しないが、話題提供をいただく専門家の手配、水道利用組合への案内送付、生徒たちが作成した報告プレゼンのチェックなどを研究分担者らが行っている。会場は、高校の視聴覚室で実施する場合には費用はかからないが、イベントスペースなどを使用する場合は、費用が発生する場合がある。当日運営は、研究分担者ら研究者1～2名と、顧問教諭1名で対応することができている。拘束時間はおおむね丸1日（移動込みで8時間程度）となる。

以上、現状では、まだ研究分担者らが細々と手を動かさなければならない場面は多いが、上記の作業を積算しても、概算で、およそ6人日程度の作業負担であり、研究者がこれによってローカルデータ（水質分析結果や管路情報）を得られることを考えると、大きな負担では無いと言える。

(4)富良野モデルの他地域展開の実践

研究分担者がコンタクトすることができた1つの小学校、3つの高等学校の校長または教頭に対し、聞き取りによるニーズ調査を行った。結果、小学校では第4学年社会科の小単元「水はどこから」において、市町村独自教材によって上水道や簡易水道の紹介はされているものの、地域自律管理型水道の情報は無く、それらを含めた出前授業に関して一定のニーズが見込めることがわかった。一方、高校では、令和4年度から必修化された「総合的な探求の時間」において、富良野モデル適用の可能性があることが確認された。また、「総合的な探求の時間」では、生徒たちが探究課題を見つけ、自主的に取り組むこととなっているが、実際には、課題の自主的な設定は難しい場合が多いため、あらかじめ生徒たちにいくつか話題を提供し、そこから選んだテーマを掘り下げるという形がとられていた。よって、「総合的な探求の時間」において生徒たちに話題を提供する場で、富良野モデルの話題を提供することができれば、適用拡大の可能性があることがわかった。

こうしたニーズ調査の結果を受け、実際に富良野モデルに関心を示し、かつ授業の枠を提供いただけた1つの小学校、2つの高等学校において、富良野モデルをベースとした地域自律管理型水道の授業を実施した。さらに、このうちの1つの高校（北海道富川高等学校）については、実際に令和4年度の「総合的な探求の時間」の授業の1つのテーマとして実施することが決まり、富良野市モデルを適用して、日高町役場の協力の下、日高町内3カ所の地域自律管理型水道について水質分析と管路地図のGIS化を実施した。結果は、報告会を通じて日高町役場に提供されるとともに、日高町役場を通じて水道利用組合にも提供された。

D. 考察

1. 小規模水供給施設の運営に関与している民間組織等へのヒアリング調査

令和2～4年度にわたって行った調査の対象は、10市町と数的には限られたものではあったが、それだけでも、市町村と地域自律管理型水道の關係に多様なパターンが存在することが分かった。今回確認できた事例の中には、ほぼ100%地域住民らが自力で管理している地域自律管理型水道もあれば、行政がアセットを保有したり、修繕まですべて行政が行うなど行政の関与が濃いものもあった。これは、それぞれの地域の事情や条件に合わせて、行政と住民の間の作業と責任のバランスをとった結果であり、裏を返せば、ほかの市町村にとっては、この中間的な運営体制のバリエーションの中から、自らの市町村や地域の状況に近いものを参考にすることができるということになる。また、それぞれの市町では水道利用組合との覚書や、役割分担の根拠となる条例の整備などが行われていた。状況の似た市町村においてこうしたノウハウが活用できるようにすることが、今後の小規模給水施設の持続性を高める上で重要であるが、一方で、個々の資料は、完全オープンで提供することが難しいものもある。そのため、現実的には、担当者が自分の市町村に適したノウハウを持つ市町村に、個別にアクセスできるようなネットワークづくりが重要と思われる。

また、B町で確認された地域運営NPOへの管理委託は、新たな地域インフラ維持のモデルになると考えられる。人口減少の進む地域では、店舗や生活サービス等が単独では成り立たなくなっており、それを補完する「よろず屋」的な事業に取り組む「地域運営組織」が各地ででき始めている。こうした組織はB町のNPO同様、地域の極小規模の事業を組み合わせるため、1人工に満たない仕事も引き受けられる一方で、経営はどうしても不安定になりがちである。そうした中で、水道管理を市町村から受託することは、1つの安定財源を得られることになる。

2. 富良野市における自律型モデルの実践的とりくみ

本年度は、例年通りの活動を継続しつつ、これまでの試行錯誤によって構築された富良野市における取り組みを一つのモデルとして捉え、他地域展開を模索した。ニーズ調査を通じて、①小学校では第4学年の社会科の単元において地域水道に関する授業のニーズがあること、②高校では生徒が自らテーマを決めて取り組む「総合的な探究の時間」において連携ニーズがあり、③生徒が各自の探究テーマを検討する際の話題提供においてに富良野モデルを紹介することで、それを契機に住民・民間等との連携・協働による体制づくりが促進されることが明らかとなった。また、富川高校における適用実践においては、結果として、富良野高校での実践方法をほぼそのまま適用することができた。今後、状況の異なる別の地域への適用も試みていく必要はあるが、少なくとも富良野モデルは他地域においても適用の可能性があり、さらに、富良野高校では部活動での実施であったが、「総合的な探究の時間」の授業としても適用可能であることが確認された。

E. 結論

本研究では、民間組織や水道事業者等と連携・協働した小規模水供給システム維持管理手法についてケーススタディの蓄積を行うとともに、地域と需要者に根ざした自律的で持続性の高い水道の一つのモデルを提示し、実践を通じてその有効性を検討した。

ケーススタディについては、地域自律管理型水道が多く確認されている市町を対象に、令和2～3年度に実施した7市町に加えて、3町で調査を行い、多様な運営形態、行政との役割分担の仕方を整理した。研究分担者らはこれまで「地域住民らが管理する水道」を「地域自律管理型水道」と呼んできたが、実際には、市町村経営との中間的な地域自律管理の形や、NPOへの委託を含めた多様な「地域自律管理型モデル」が存在することがわかった。行政の人員、財源ともに縮小されていく中、地域と行政の両者にとって無理のないインフラ管理の役割分担が、いま求められている。今回確認された「中間的」な地域自律管理型を含む広義の地域自律管理型モデルは、今後水道運営の再編が必要となる地域に対し、それぞれの状況に合わせた多様な選択肢を提供することにつながると思われる。

「自律的な水供給システム」のモデルについては、北海道富良野市をフィールドとした6年間の試行錯誤の結果、水道利用組合等による地域自律管理を前提とした、地元高校生による運営支援体制として「富良野モデル」を構築し、必要なコスト、人工（必要人員・作業量）、普及の方策について整理することができた。さらに、令和4年度には、実際に北海道日高町にある富川高校の「総合的な探求の時間」の授業として富良野モデルを適用し、富良野市同様の成果を地域に提供できることを確認した。

F. 研究発表

1. 論文発表

牛島健, 増田貴則 (2022) 自律的に管理する小規模水供給システムと実践的取り組み〈総説〉, 保健医療科学, 71(3):254-263

2. 学会発表

Ushijima, K., Sintawardani, N. (2022) Challenge to involve young generation into local water and sanitation management: A stimulating event SaniCamp 2021, International Society for Sanitation Studies, Annual Conference 2022, 19th December 2022, Online.

Ken Ushijima (2022) A participatory approach for community-based water system management with high school students in Hokkaido, Japan, SRI 2022, 20th June 2022, Online.

Sintawardani, N., Ushijima, K. (2022) SANICAMP: an event to stimulate young people's interest and curiosity about water and sanitation, The 6th International Symposium on Green Technology for Value Chains 2022, 22-23 November 2022,

Online.

3. その他講演等

「住民管理の水道 おいしく 富良野高生水質調査のデータ報告」, 北海道新聞（富良野版）, 2023年2月1日（記事掲載）

「富良野の水 価値再認識」, 北海道新聞（道北版）, 2022年4月1日（記事掲載）

4. 受賞

・富良野高校、富川高校、北海道立総合研究機構、白石航希. 「地域の水は自分たちで守る 地域ぐるみの水道維持管理支援」第25回日本水大賞厚生労働大臣賞受賞. 2023.3.31.

https://www.japanriver.or.jp/taisyo/no25/jyusyou_itiran.htm

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む.）

なし

研究成果の刊行に関する一覧表

1. 論文発表

- ・伊藤禎彦, 中山信希: 情報提供による水道料金評価の改善効果に関する分析, 水道協会雑誌, 91(10), 2-15, 2022.
- ・小熊久美子, UV-LED を利用した消毒技術, 応用電子物性分科会誌, 29(1), 31-36, 2023
- ・Jack Jia Xin Song, Kumiko Oguma, Satoshi Takizawa, Inactivation kinetics of 280 nm UV-LEDs against *Mycobacterium abscessus* in water, Scientific Reports 13, 2186, 2023. <https://www.nature.com/articles/s41598-023-29338-w>
- ・渡邊真也, 小熊久美子, 省電力長距離通信を利用した簡易無線モジュールによる小規模水供給施設の遠隔監視, 水環境学会誌, Vol.46, No.1, pp.11-19, 2023.
- ・小熊久美子, 海外における小規模水供給施設の実態と課題, 保健医療科学, 71(3), 234-240, 2022.
- ・Shinya Watanabe, Kumiko Oguma, A Simple and Practical Method for Fluence Determination in Bench-Scale UV-LED setups. Photochemistry and Photobiology, 99(1), 19-28, 2022. <https://doi.org/10.1111/php.13668>
- ・増田貴則, 堤晴彩. 小規模集落が経営する水供給システムの維持管理作業の支援ニーズと展望. 保健医療科学. 71(3):241-253, 2022.
- ・牛島健, 増田貴則. 自律的に管理する小規模水供給システムと実践的取り組み. 保健医療科学. 71(3) : 254-263. 2022.

2. 学会発表

- ・浅見真理, 人口減少社会における持続可能な水供給システムとまちづくりの動向, 水道実務技術指導者研究集会, 2023/2/20.
- ・木村昌弘, 浅見真理、伊藤禎彦 ; 小規模水道・水供給システムの維持管理に関する経営シミュレーション 2 : 令和 4 年度全国水道研究発表会. 2022.10.19-21; 名古屋. 同講演集. p.84-85.
- ・原彩斗、曾潔、中西智宏、伊藤禎彦 : 小規模水供給施設における病原細菌のスクリーニング調査を踏まえた定量的微生物リスク評価, 環境衛生工学研究, Vol.36, No.3, pp.21-23, 2022.7
- ・Jie Zheng, Ayato Hara, Takuya Kubo, Tomohiro Nakanishi, Sadahiko Itoh : Potential of Nanopore Sequencing of Full-length 16S rRNA for Identification of Pathogenic Bacteria in Small-scale Water Supply Systems, Water and Environment Technology Conference, WET2022-online PROGRAM and ABSTRACT, p.57, 2022.7
- ・伊藤禎彦, 曾潔, 中西智宏 : 小規模水道供給システムの実態と微生物学的安全確保法, 2022 年度第 35 回日本リスク学会年次大会講演論文集, p.90, 2022.11.
- ・S. Itoh, S. Fukuoka, J. Kishimoto, T. Nakanishi: Controlling the Quality inside Distribution Pipes of Small Water Supply Facility, IWA World Water Congress and

Exhibition, 11-15 September 2022, Copenhagen, Denmark.

- 木村昌弘, 浅見真理, 伊藤禎彦: 小規模水道・水供給システムの維持管理に関する経営シミュレーション, 令和3年度全国会議(水道研究発表会)講演集, pp.100-101, 2022.2.
- 鴫田泰彦, 須田康司, 下岡隆, 三宮豊, 市川学, 川瀬優治, 大瀧雅寛, 伊藤禎彦: 将来を見据えたスマートな浄水システムに向けた浄水場の課題解決技術・手法の調査-A-Dreams プロジェクトの取組-, 令和3年度全国会議(水道研究発表会)講演集, pp.132-133, 2022.2.
- 伊藤禎彦, 中山信希: 料金値上げに対する市民の容認度増大に係る要因分析, 令和3年度全国会議(水道研究発表会)講演集, pp.26-27, 2022.2.
- 久保章, 市川学, 清塚雅彦, 伊藤禎彦: 水道が抱える課題と解決技術に関するアンケート調査結果と考察, 環境衛生工学研究, Vol.36, No.3, pp.33-34, 2022.7
- 松本幸太郎, 伊藤禎彦: ミャンマー・バゴー地域における将来の人口減少を見据えた水供給計画の立案, 環境衛生工学研究, Vol.36, No.3, pp.38-40, 2022.7
- 久保章, 山西陽介, 田中広樹, 山村寛, 大瀧雅寛, 伊藤雅喜, 伊藤禎彦, 清塚雅彦: 水道の基盤強化に資する浄水システムの更新・再構築に関する研究-A-MODELS プロジェクト-, 令和4年度全国会議(水道研究発表会)講演会, pp.288-289, 2022.10.
- 小熊久美子, 小規模水供給施設に適した消毒技術の検討, 厚生労働科学研究シンポジウム「小規模水供給システム研究の進展」, 2023/2/22.
- 小熊久美子, 小規模水供給施設の実態と消毒技術の検討, 水道実務技術指導者研究集会, 2023.2.21.
- LIU Xinyue and Kumiko Oguma, Disinfection by-products formation and dissolved organic matter alteration by UV/chlorine treatment of a river water sample, 日本水環境学会紫外線を利用した水処理技術研究委員会ワークショップ, 2023/2/16.
- Jack Jia Xin Song and Kumiko Oguma, Inactivation kinetics of 280 nm UV-LEDs against *Mycobacterium abscessus* in water, 日本水環境学会紫外線を利用した水処理技術研究委員会ワークショップ, 2023.2.16.
- 鶴野葉月, 小熊久美子, 水道水への紫外線照射が塩素消毒副生成物に及ぼす影響, 日本水環境学会紫外線を利用した水処理技術研究委員会ワークショップ, 2023/2/16.
- 小熊久美子, UV-LED を利用した消毒技術, 応用電子物性分科会研究例会, 公衆衛生と安全・安心を守る材料デバイス技術, 2023.1.27. (招待講演)
- Surapong Rattanakul, Kumiko Oguma, Data analysis of virus sensitivity to ultraviolet (UV) radiation, 第13回 東南アジア水環境国際シンポジウム, 2022.12.14.
- Jack Jia Xin Song, Kumiko Oguma, Satoshi Takizawa, Fluence rate modeling using ray tracing simulation for water disinfection reactors with ultraviolet light-emitting diodes, 第13回 東南アジア水環境国際シンポジウム, 2022.12.14.
- Shunsuke Oka, Shinobu Kazama, Kumiko Oguma, Satoshi Takizawa, Identification of fecal contamination source and enteric viruses in groundwater in the special region of Yogyakarta province, Indonesia, 第13回 東南アジア水環境国際シンポジウム, 2022.12.13.

- Kumiko Oguma. Innovative UV-LED applications to drinking water and wastewater treatment systems for sustainable water management in future communities. JST-CONCERT UV Workshop. 2022.11.17.
- 渡邊真也, 小熊久美子, 山間集落における水供給施設の管理負担軽減に関する検討-LPWA通信モジュール活用による施設の遠隔監視-, 第101回水道研究発表会, 2022.10.20.
- 増田貴則. 条件不利地域等におかれた小規模水供給システムの維持管理・経営のこれから. 土木学会第33回環境技術思想小委員会・臨床環境技術小委員会合同講演会. 2022.4.12.オンライン.
- 増田貴則, 堤晴彩, 桐林有花, 高部祐剛, 浅見真理. 小規模集落が管理する飲料水供給システムの敷設財源と料金体系の実態. 令和4年度全国会議(水道研究発表会)講演集. 2022.10.19-21.名古屋. p.86-87.
- Ushijima, K., Sintawardani, N. (2022) Challenge to involve young generation into local water and sanitation management: A stimulating event SaniCamp 2021, International Society for Sanitation Studies, Annual Conference 2022, 19th December 2022, Online.
- Ken Ushijima (2022) A participatory approach for community-based water system management with high school students in Hokkaido, Japan, SRI 2022, 20th June 2022, Online.
- Sintawardani, N., Ushijima, K. (2022) SANICAMP: an event to stimulate young people's interest and curiosity about water and sanitation, The 6th International Symposium on Green Technology for Value Chains 2022, 22-23 November 2022, Online.

3. その他

(1) 著書

- 伊藤禎彦: 公益財団法人水道技術研究センター, 多様な社会・技術に適応した浄水システムに関する研究(A-Dreams), 将来を見据えたスマートな浄水システムの構築~要素技術・システムによる課題解決事例集~, 197p., 2022.3

(2) 総説・解説

- 浅見真理. 連載: 小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究. 人口減少社会における持続可能な水供給システムとまちづくりの動向. 水道. 2023:68(3):1-10.
- 浅見真理, 沢田牧子, 西田継. 人口減少社会における持続可能な水供給システムとまちづくりの動向. 保健医療科学. 71(3):194-207. 2022.
- 木村昌弘, 浅見真理. 将来の費用負担予測を元にした小規模な水道への対応. 保健医療科学. 71(3):216-224. 2022.
- 伊藤禎彦, 中西智宏, 曾潔: 小規模な水供給でどう安全な水を確保するか, 特集: 人口減少社会における持続可能な水供給システムとまちづくり, 保健医療科学, 71(3):225-233. 2022.
- 伊藤禎彦: 脱炭素と上水道, 環境衛生工学研究, 36(3):9-13. 2022.

(3) 講演等

- 浅見真理, 人口減少社会における持続可能な水供給システムとまちづくりの動向, 水道実務

- 技術指導者研究集会, 2023.2.20.
- ・浅見真理, 木村昌弘. 将来人口を踏まえた今後の水供給. シンポジウム「小規模水供給システム研究の進展」. 国立保健医療科学院生活環境研究部・東大水フォーラム・土木学会・臨床環境技術小委員会共催. 東京. 2023.2.22.
 - ・伊藤禎彦: 地元管理されている小規模水道の実態と課題, 島根大学生物資源科学部, 2022.10.25.
 - ・伊藤禎彦: 小規模水供給施設における衛生問題と微生物的安全確保, 令和4年度市町村等水道担当者連絡会(第21回), 公益財団法人島根県環境保健公社主催, ホテル白鳥, 2022.10.26
 - ・伊藤禎彦: 小規模水供給施設の実態と微生物的安全確保, シンポジウム「小規模水供給システム研究の進展」, 東京大学 HASEKO-KUMA HALL, 2023.2.22.
 - ・伊藤禎彦: 水道料金値上げに対する容認度を高めるためのコミュニケーション手法, 名古屋市上下水道局経営に関する研修会, 名古屋市役所西庁舎, 2022.1.11
 - ・伊藤禎彦: 多様な社会・技術に適応した浄水システムに関する研究(A-Dreams)第1研究委員会 将来を見据えたスマートな浄水システムに関する研究最終報告会、飯田橋レインボービル、東京、2022.3.9.
 - ・伊藤禎彦: 第1研究委員会 将来を見据えたスマートな浄水システムに関する研究, 多様な社会・技術に適応した浄水システムに関する研究(A-Dream)成果報告会, (公財)水道技術研究センター主催, える大阪6F大会議室(大阪市), 2022.5.27.
 - ・伊藤禎彦: 第1研究委員会 将来を見据えたスマートな浄水システムに関する研究, 多様な社会・技術に適応した浄水システムに関する研究(A-Dream)成果報告会, (公財)水道技術研究センター主催, JMRアステールプラザ(広島市), 2022.6.2.
 - ・伊藤禎彦: 第1研究委員会 将来を見据えたスマートな浄水システムに関する研究, 多様な社会・技術に適応した浄水システムに関する研究(A-Dream)成果報告会, (公財)水道技術研究センター主催, ウィンク愛知(名古屋市), 2022.6.24.
 - ・伊藤禎彦: 脱炭素化と上水道, 企画セッション「脱炭素化と都市代謝系社会インフラ」, 京都大学環境衛生工学研究会第44回シンポジウム, 京都大学時計台記念館, 2022.7.29.
 - ・伊藤禎彦: 第1研究委員会 将来を見据えたスマートな浄水システムに関する研究, 多様な社会・技術に適応した浄水システムに関する研究(A-Dream)成果報告会, (公財)水道技術研究センター主催, さいたま市民文化センター(さいたま市), 2022.9.29.
 - ・伊藤禎彦: 水道料金値上げに対する容認度を高めるためのコミュニケーション技術, ダクタイル鉄管協会セミナー, キャンパスプラザ京都, 2022.11.15.
 - ・伊藤禎彦: 浄水施設の更新・再構築, 第34回水道技術セミナー, (公財)水道技術研究センター主催, 京都市勧業館みやこめっせ特別展示場, 2022.12.1.
 - ・増田貴則. 条件不利地域におかれた簡易水道事業の経営とサービス水準のこれからを案じて月刊下水道. 45(11): 44-49, 2022
 - ・増田貴則. 小規模水道の現状 ~条件不利地域等におかれた小規模飲料水供給システムの現状~. 令和4年度水道事業担当者研修. 兵庫県まちづくり技術センター. 2022.11.15.神戸.
 - ・増田貴則. 小規模水供給システムの維持管理と住民協力. シンポジウム「小規模水供給シス

テム研究の展望」. 2023.2.22.東京.

- ・「住民管理の水道 おいしく 富良野高生水質調査のデータ報告」, 北海道新聞 (富良野版), 2023.2.1. (記事掲載)
- ・「富良野の水 価値再認識」, 北海道新聞 (道北版), 2022.4.1. (記事掲載)

4. その他

- ・富良野高校、富川高校、北海道立総合研究機構、白石航希、「地域の水は自分たちで守る 地域ぐるみの水道維持管理支援」第25回日本水大賞厚生労働大臣賞受賞. 2023.3.31.

https://www.japanriver.or.jp/taisyo/no25/jyusyou_itiran.htm

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立保健医療科学院

所属研究機関長 職 名 院長

氏 名 曾根 智史

次の職員の令和4年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業

2. 研究課題名 小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究

3. 研究者名 (所属部署・職名) 生活環境研究部・上席主任研究官

(氏名・フリガナ) 浅見 真理・アサミ マリ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査の場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

国立保健医療科学院長 殿

機関名 京都大学

所属研究機関長 職名 大学院工学研究科長

氏名 榎木 哲夫

次の職員の令和4年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業

2. 研究課題名 小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究

3. 研究者名 (所属部署・職名) 大学院工学研究科・教授

(氏名・フリガナ) 伊藤 禎彦・イトウ サダヒコ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査の場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立大学法人東京大学

所属研究機関長 職名 学長

氏名 藤井 輝夫

次の職員の令和4年度厚生労働科学研究費補助金の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業

2. 研究課題名 小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究

3. 研究者名 (所属部署・職名) 大学院工学系研究科・准教授

(氏名・フリガナ) 小熊 久美子・オグマ クミコ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。

・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立保健医療科学院

所属研究機関長 職 名 院長

氏 名 曾根 智史

次の職員の令和4年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業

2. 研究課題名 小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究

3. 研究者名 (所属部署・職名) 統括研究官

(氏名・フリガナ) 増田 貴則・マスダ タカノリ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査の場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

国立保健医療科学院長 殿

機関名 地方独立行政法人北海道立総合研究機構

所属研究機関長 職 名 理事長

氏 名 小高 咲

次の職員の令和4年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
2. 研究課題名 小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究
3. 研究者名 (所属部署・職名) 北方建築総合研究所・研究主幹
(氏名・フリガナ) 牛島 健・ウシジマ ケン

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査の場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

国立保健医療科学院長 殿

機関名 京都大学

所属研究機関長 職名 大学院工学研究科長

氏名 榎木 哲夫

次の職員の令和4年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業

2. 研究課題名 小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究

3. 研究者名 (所属部署・職名) 大学院工学研究科・助教

(氏名・フリガナ) 中西 智宏・ナカニシ トモヒロ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査の場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。