

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、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方策を提案すべく、様々な分野において検討を行った。

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づくりに寄与することを目的として、小規模水供給システム等の水道法の適用を受けない「小規模な水道」の衛生確保対策を行う全国の地方自治体（都道府県、市、特別区）を対象に「小規模な水道」の実態把握状況や指導體制等についてのアンケート調査を実施した。調査結果を基に、全国の「小規模な水道」に係る衛生確保対策の実態を把握し、これからの水供給の安全性確保や持続的な維持管理のための課題を整理し、今後の方策を検討する研究を行った。

調査結果からは、小規模な水道であっても都道府県条例部分は手上げ方式での移譲を行っているため、同一の都道府県内でも一部の市に対してのみ移譲しており、他の市においては条例対象施設のみ都道府県が事務を行っていること等、小規模な水道に係る権限が細分化され都道府県ごとに非常に複雑な状況であるとの意見が複数寄せられ、飲用井戸等が多数あることは認識されているが、届出等の義務がないため、都道府県だけでなく市町村であっても全数を把握することは困難な状況であるとのことが明らかとなった。これらのことから、小規模水供給システムに係る集約的な相談体制や厚生労働省や地方自治体、研究機関との間で共通する情報の共有化や情報提供体制の確立が重要であると考えられた。

また、過疎化地域においては、最も基本的な社会基盤となる小規模水道の問題がさらに重要性を増している。そのため、過疎化地域等での小規模水道に焦点を当て、モデル地区での将来の経営シミュレーション等を行うとともに今後の最適な給水形態等を評価する一般的な手法を検討した。

長野県松本市および愛知県豊根村・東栄町・設楽町を対象として、担当行政部局へのヒアリング並びに施設への訪問調査を実施した。また、可能な場合には、水道利用者に対する対面調査を実施した。松本市入山辺地区飲料水供給施設においては、高齢化に伴って維持管理上の困難さが増してきており、市に上水道接続を要望しているが、市単独で整備を行うことは現実的ではなく、地域への人的支援や維持修繕に対する補助金交付が現実的な施策であると考えられた。愛知県設楽町における未普及地域では、住民の理解により個別井戸の新設が受け入れられており、水供給形態が持続可能な形で成立している好例とみることができ、その要因について考察を行った。小規模水供給施設に設置された膜ろ過装置について、その維持管理費の高さが負担になっている事業体は少なくない。豊根村において、膜ろ過から井戸へ変更することを検討している事例を示した。

小規模水供給施設を調査対象として、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を可能とするために、次世代シーケンサー(NGS)を用いて病原細菌を一斉検出することを試みた。対象施設から計22属37種が病原細菌として抽出された。検出された全病原種を対象としたリスク評価を行い、浄水処理に要求される除去・不活化能について考察した。

取水設備は、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く、この場合、取水口の閉塞が発生し、住民の維持管理上の負担となっている。そのような背景とニーズから生み出された小規模水供給施設向け表流水取水装置の事例と、過去の経験を踏まえて技術的に適切な設計がなされた施設例を示した。一方、浄水処理で十分に濁質を除去できない場合、浄水中に残存する懸濁物質が配水管内に蓄積することで、管内環境の悪化が懸念される。そこで、除濁処理として砂ろ過と膜ろ過に着目し、ろ材や膜孔径を変化させながら濁質除去能を定量的に評価することで小規模水供給システムにおいて望ましい除濁処理について考察した。

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ている。本年度は、前年度に開始した飲料水供給施設(給水18戸50名未満)での装置実証試験を継続し、長期的な性能を追跡した。装置前後の試料を毎月概ね2回採水し、大腸菌、大腸菌群、一般細菌、従属栄養細菌の変化を調べた。2020年8月の試験開始以降、二度にわたり濁水による試験中断を余儀なくされたものの、これら中断期間を除く累計の採水回数は27回に上った。また、連続運転に伴う性能の経時的な低下は現在まで認められず、原水を前処理なくUV-LED装置で処理する方式でも微生物制御に有効であることが示された。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。

給水人口100人以下の水供給システムを利用・管理している集落を対象に、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や作業負担の重い項目について整理し、実作業量を把握することを目的とした質問紙調査を行った。加えて、集落外の団体との維持管理作業における連携・協力状況、民間団体からの支援に関する利用意向を把握することを目的とした質問紙調査を行った。回答結果より、集落外の団体と連携・協力をして維持管理作業を行っている集落は20%弱にすぎず、施設の維持管理に負担感を抱えていることが把握できた。また、維持管理において負担の重い作業項目・作業頻度や作業に要する時間、外部団体からの支援に対するニーズや集落が支援を利用したいと思う価格帯について把握することができた。

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。

ケーススタディについては、令和2年度の成果に2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。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、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つつ、活動報告の場を広げ、札幌の大学生や海外の高校生および若者との交流の機会を兼ねて実施した。高校生らの積極的な参加が見られ、参加の様子は地元新聞に取り上げられた。市民の意識啓発とともに高校生のモチベーション向上につながる流れを作ることができた。

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. 地方自治体における水道法の適用を受けない「小規模な水道」の実態把握状況に関する検討

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づくりに寄与することを目的として、小規模水供給システム等の水道法の適用を受けない「小規模な水道」の衛生確保対策を行う全国の地方自治体（都道府県、市、特別区）を対象に「小規模な水道」の実態把握状況や指導體制等についてのアンケート調査を実施した。調査結果を基に、全国の「小規模な水道」に係る衛生確保対策の実態を把握し、これからの水供給の安全性確保や持続的な維持管理のための課題を整理し、今後の方策を検討する研究を行った。

2. 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

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、近接した3集

落の独立した小規模水道を対象に、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、今後60年間の経営シミュレーション等を行った。これらの結果を基に一人一月当たりの平均費用負担額を評価基準として、今後の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。

さらに、こうした評価手法が他の多くの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、簡易で汎用的な評価手法を検討した。

3. 小規模水供給施設の管理実態と課題

行政部局並びに水道管理者等へのヒアリング並びに訪問調査を実施した。

3.1 長野県松本市保健所および上下水道局に対し、松本市における飲料水供給施設および簡易給水施設についてのヒアリングを行った。

3.2 松本市入山辺（いりやまべ）地区において地元管理されている3か所の飲料水供給施設（大和合東村（おおわごうひがしむら）飲料水供給施設、大和合中央飲料水供給施設、大仏（おおぼとけ）飲料水供給施設）への訪問調査を行い直接管理する方からヒアリングを行った。

3.3 愛知県の三河山間地域とよばれる愛知県豊根（とよね）村・東栄（とうえい）町・設楽（したら）町各役場におけるヒアリングを行った。

3.4 愛知県豊根村・東栄町・設楽町簡易水道施設および水供給施設への訪問調査を行った。対象施設は、浄水場とその原水取水点、簡易給水施設、配水区域における減圧水槽および減圧弁等とした。また、設楽町の未普及地区である沖駒地区において各戸設置型深井戸の訪問調査を行い、利用者から直接ヒアリングを行った。

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 滋賀県長浜市寺院並びに、京都帝釋天の水供給施設への訪問調査を行った。また、京都市内の水供給施設（トロッコ保津峡駅北側、南側の2箇所）における原水調査を行った。

4.2 トロッコ保津峡駅の北側施設と南側施設で採取した水試料に対して、最新型シーケンサーを用いて水中の細菌群を種レベルまでの高い解像度で分類し、病原細菌の網羅的検出を行った。

4.3 病原細菌群の網羅的検出により得られたデータを用いて定量的微生物リスク評価（QMRA）を行い、当該地域に必要とされる病原細菌の除去・不活化能を推定した。

5. 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

5.1 静岡市由比(ゆい)地区、愛知県東栄町、滋賀県長浜市寺院(大吉寺(だいきちじ))への訪問調査、並びに、民営簡易水道施設と飲料水供給施設を所掌する静岡市保健所や施設の管理を行う東栄町事業課からヒアリングも行った。また、施設的设计・設置企業に対しても資料収集やヒアリングを実施した。

5.2 複数のろ材を用いた砂ろ過・膜ろ過による濁質除去能の定量比較を行った。砂ろ材として、ケイ砂、均等化ケイ砂、アンスラサイト、ガーネット、膜ろ材としてMF膜、大孔径膜(孔径1 μ m、2 μ m)、セラミック基材(孔径約13 μ m)を選定し、濁質除去実験を行った。原水は桂川由来の河川水(京都市内の浄水場から採水)とし、凝集剤(PAC)を注入率0.16mg-Al/Lでインライン注入しながら直接ろ過を行った。ろ過水濁度を時間的に測定し、濁度-微粒子濃度の回帰直線からろ過水中の濁質濃度を推定し、log除去能で評価した。

6. 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

実証試験の場として、国内の飲料水供給施設を選定した(給水人口18戸50名未満、原水は山間の表流水(沢水))。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、実証試験ではあえて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。集落規模で利用可能なUV-LED装置の候補として、設計処理流量50L/minの流水殺菌装置(DWM1、日機装技研)を選定した。ただし、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。

試験は2020年8月末から開始し、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3月現在まで、濁水に伴う原水流量の低下を受けて試験を中断している。

7. 小規模集落が管理する水供給システムの維持管理負担の実態および民間団体との連携・支援に関する意向調査

7.1 維持管理および作業負担に関する調査方法

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)において、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実態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。集計結果については大部分を既報にて報告済みであるが、既報では報告をしていない実作業負荷や水供給施設を敷設する際の金銭的負担・水道料金体系について焦点をあて集計並びに分析を行った。

7.2 外部団体との連携状況と連携意向に関する調査

7.1の調査において継続調査への協力意向を示した集落(岐阜県、京都府、和歌山県、鳥取県、島根県、岡山県、山口県、高知県、佐賀県、大分県)を対象に、集落外部の団体との連携状況を把握するための質問紙調査を行った。調査では、近年の外部団体との連携・協力の状況を明らかにするために、平成27年以降の状況について聞いた上で、八つの架空の支援策A~Hのそれぞれについて利用するかどうか、有償の場合いくら支払うかを質問した。また、支援を利用したいと思う価格を調査するため、簡便な価格調査手法として知られるPSM分析(価格感度分析、Price Sensitivity Measurement)の手法を用いることとした。

8. 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

8.1 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

以前、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。令和2年度は「地域自律管理型水道」が数多く確認されている5市町村を対象に、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、2町に対して、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。なお、今後も他市町村に対する同様の調査を実施予定であるが、本報告では現時点で得られている結果に基づいて考察する。

8.2 富良野市における自律型モデルの実践的とりくみ

北海道富良野市では、市内に少なくとも19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おり、これまで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、維持管理支援が行われてきた。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おり、この取り組みの一つの特徴として、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がある。

本年度は、これまでと同様に、2つの地域自律管理型水道を対象に水質調査、管路地図の GIS 化および報告会を実施した。また、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 2 回開催した。例年開催している水道利用組合向けの報告会は、同ワークショップの 2 回目と合同開催とした。さらに、海外の高校生らと交流するイベントにも参加し、これまでの活動の報告を行った。

令和 2 年度に、試験的に GIS システム導入を行った市内の水道利用組合については、導入・運用の支援を継続した。

(倫理面への配慮)

本研究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. 地方自治体における水道法の適用を受けない「小規模な水道」の実態把握状況に関する検討

1.1 アンケート調査の実施及び回答

水道法の適用を受けない小規模水供給システム等の衛生確保対策を行う全国の地方自治体(都道府県、市、特別区)計 772 件(A 調査、B 調査併せて送信)に対してメールにて調査を依頼した(うちメールエラー件数 106 件)。2 種類の調査(A 調査、B 調査)を実施し、A 調査(概要調査)は都道府県から 47 都道府県中 42 件(Web 回答 26 件、Excel ファイル回答 16 件の回答)、B 調査(詳細調査)は都道府県・市及び特別区から 623 件(Web 回答 405 件、Excel ファイル回答 195 件、該当施設なしの回答(メール等) 23 件)の回答

を得た。また、調査回答の件数には、管内に該当する施設等がない「該当なし」といった回答も含むこととした。

なお、回収率は A 調査で 89.4%、B 調査については、都道府県(本庁)から都道府県(出先機関)に対して周知し、都道府県(出先機関)から直接回答があったものも含むため、回収率は考慮しないものとした。

A 調査並びに B 調査の全ての調査回答の集約を行い、回答のあった項目について、集計及び分析を行った。

1.2 A 調査(概要調査)結果について

(1) 都道府県(本庁)における小規模な水道に対する衛生確保対策業務の状況

「都道府県(本庁)として直接所管する区域はない」(35 件)との結果となり、多くの都道府県において都道府県(本庁)では直接所管する区域・業務はなく、都道府県(出先機関)や市が所管する区域毎に業務を行っていることが明らかとなった。都道府県(本庁)に直接相談等のあった場合は、都道府県(本庁)が対応する場合もあるようだが、基本的には所管する都道府県(出先機関)や市等が主な対応を行っている。また、中には町村の区域も含めて都道府県から町村へ事務委任を行い、都道府県(本庁・出先機関共に)として該当する事務は行っていないといった回答が 3 件あった。

(2) 水道行政を行う都道府県の出先機関の状況

水道行政を行う都道府県(出先機関)の設置数は、2~23 箇所であった。(都道府県が設置する施設のみ計上。市が設置する保健所等は含まない。)都道府県の面積、人口等によるが、保健所等の都道府県出先機関数が減少した中で、小規模な水道に係る業務を積極的に行うには負担が生じている。さらに、現在コロナ禍であることから保健所等における感染対策等の業務が膨大になっており、感染症対策の専門外の職員であっても、保健所等における従来業務を行うための時間、員数が限られてきているものと想定される。

都道府県(出先機関)において小規模な水道に係る業務を所管する部署としては、ほとんどが保健所、保健福祉センターや保健福祉事務所、健康福祉事務所等といった衛生分野が所管しており(約 9 割)、生命維持や生活に必要な飲料水に係る業務は公衆衛生の観点から取り組むべき業務の一つと考えられたことが要因であると考えられる。衛生部局以外の分野では、水質については環境部局、それ以外については政策部局が担当しているといった、専門性の高い役割分担を行っている都道府県もあり、今後小規模な水道を持続させていくためには、分担だけではなく他分

野との連携・協力も今後は考えていく必要があると考えている。

また、都道府県内における水道法の適用を受けない小規模な水道に対する衛生確保対策業務の状況としては、管内に該当施設がある場合は出先機関が業務を行う場合がほとんどであり、地域の状況が分かりやすい体制が取られていることが分かった

1.3 小規模な水道に関する意見等

A 調査（概要調査）に伴い、本調査や小規模な水道等に関する事について、都道府県（本庁）所管部署に意見を求めたところ様々な意見が寄せられた。特に、小規模な水道に対する業務について、市への移譲と共に一部町村への事務移譲が行われていること、小規模な水道であっても都道府県条例部分は手上げ方式での移譲を行っているため、同一の都道府県内でも一部の市に対してのみ移譲しており、他の市においては条例対象施設のみ都道府県が事務を行っていること等、小規模な水道に係る権限が細分化され都道府県ごとに非常に複雑な状況となっていることについての意見が複数寄せられた。飲用井戸等が多数あることは認識されているが、届出等の義務がないため、都道府県だけでなく市町村であっても全数を把握することは困難な状況であるとのことであった。また、都道府県における水質検査については、都道府県の管轄範囲の広さの問題もあり、水道法第20条の検査機関による検査の方が利便性及び経済性において優位であることから、都道府県の機関に検査依頼はないとの意見もあった。

1.4 A 調査（概要調査）の結果について

平成25年4月1日以降、実務執行体制の整備や移譲先の市との情報共有や連携等が課題であると考えられたが、権限移譲から約9年経過し、都道府県（本庁、出先機関）と市の間での業務分担や連絡体制といった一定の関係性は整っているものと感じられた。権限移譲を機に、小規模な水道に係る業務を現場の状況が把握しやすい町村へも事務委任している都道府県も複数あり、各地域の実態に基づく体制整備がより進められているケースがあることが分かった。また、これらの改正に伴い都道府県から新たに事務を移譲された市における個々の課題については、B 調査（詳細調査）において確認することができた。

1.5 B 調査（詳細調査）結果について

B 調査では、地方自治体における小規模な水道に係る状況、小規模な水道における水質検査の状況、自治体としての対応等についての質問を行った。

(1) 区域内（管内）の小規模な水道の把握状況

回答のあったもののうち441件（約75%）の

自治体で「小規模な水道がある」と把握していた。

「小規模な水道がない」と把握している自治体は49件（約8%）あり、「小規模な水道がある」と把握していたものを合わせると、回答のあったもののうち約85%の自治体で小規模な水道の状況が把握されており、法規制が定められていない施設であるにも関わらず、かなりの割合で自治体での把握状況が明らかとなった。調査回答数から考えると、全国で約半数の自治体において小規模な水道について把握がなされていた。

施設数の把握は各自治体により異なっており、施設の探知にあってはこれまでの届出や相談、過去からの記録により把握しているものや国が行う調査等の際に把握しているものが多くみられた。ただ、特に一般用飲用井戸に関しては、管内に施設があると把握しているものの件数までは把握していないものが多く、個人所有の施設であるため把握自体が困難であるとの回答があった。

(2) 小規模な水道の台帳等の有無

小規模な水道のリスト、台帳の有無といった情報の把握状況について質問をしたところ、378件（約70%）が台帳やリスト・一覧表など施設についての何らかの情報を把握していると回答があった。回答の中には、「把握する施設の台帳がある（代表者、施設の位置図、図面等を含む）」と回答のあった自治体が79件（15%）あり、これは一定規模の施設であって飲料水供給施設または条例等で定める施設についての情報であると推測するが、水道法適用外の小規模な水道であっても明確な施設台帳が存在する施設があることが分かった。

(3) 水質検査の指導

管内に該当施設があるもののうち、「問題があれば水質検査を実施するよう求めている」といった回答が198件と一番多く、続いて「定期的な水質検査の実施を求めている」との回答が161件と続いた。その他水質検査実施を求めるものとしては、「試料の持ち込みを求める」としたものが27件、「定期的な水質検査の実施及び結果の提出を求めるもの」が78件と、何らかの形で水質検査の実施を求めている結果をまとめると計464件となった。反対に、管内に施設があっても水質検査の実施については「指導していない」といった回答が104件あり、水質検査の実施は安全性確保の観点から重要であると認識されていても法的に規制されている部分ではないため、水道法適用外の小規模な水道に対する水質検査実施の指導は難しい問題であることが伺える。

その他の意見として、行政が定期的に検査を実施している自治体や、水質検査に対する補助制度の周知、ホームページ上で水質検査についての周

知、相談時に水質検査結果の内容説明や水質検査機関の紹介等を行っているといった意見もあった。

(4) 実施する水質検査項目

水質検査項目を把握しているもののうち、「飲用井戸等衛生対策要領で示されている 11 項目」が 137 件と最も多く、次いで「水道法に定められている 51 項目」が 96 件であった。実施している水質検査項目は小規模な水道の規模(飲用井戸から飲料水供給施設)によって異なると想定される。その他として、2 項目(一般細菌、大腸菌)、水道法施行規則第 15 条第 1 項第 3 号イに掲げる 9 項目、食品衛生法(食品製造用水)に基づく 26 項目、原水の水質基準項目検査(水質基準項目から消毒副生成物、味を除いた 39 項目)、条例等で定める項目を実施しているものもあった。また、水源周辺の土壌によっては追加で有機リン、鉄、マンガン、カルシウム・マグネシウム等(硬度)、蒸発残留物、アンモニア態窒素、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンを追加している場合もあった。

(5) 自治体としての対応(協力・支援等)

小規模な水道に対して、概ね 3 年以内に自治体として協力・支援等の対応をしたことがあるかどうか質問したところ、回答結果から、管内に施設のある自治体の半数程度では、小規模な水道に対して何らかの対応をとっている状況が明らかとなった。主な対応としては「相談等対応(電話相談等も含む)」が 195 件、「現地調査等」が 150 件、「事故や相談対応」が 101 件といった結果であった。反対に、「管内に施設があるが対応したことがない」が 171 件あった。小規模な水道の規模にもよるが、多数ある飲用井戸等では能動的な対応は難しく、比較的規模の大きい飲料水供給施設等に対しては定期的な監視・調査や自治体への相談体制等が一定整備されているものからこの結果となったのではないかと推測される。

小規模な水道への対応は自治体の規模や方針によって様々であるが、事故時や災害時には管内の施設に対して対応できる体制づくりや連絡体制の整備について平時から準備を進めておくべきと思われた。

1.6 小規模な水道に関する要望や本調査に関する意見

B 調査に関する意見や今後に関する要望等を質問したところ多くの自治体から様々な意見が寄せられた。小規模な水道に関する要望については、自治体が抱える問題は様々あるが、国や都道府県に対して小規模な水道への統一した規制の制定や指導方法を明確にして欲しいといったものや小規模な水道に関する実態等の情報開示を

求めるもの、指導する側の知識を情報共有したいとの意見があった。また、市への権限移譲に際して抱える問題として、専門知識や専門職員の確保が難しいこと、小規模な水道に関する相談先が無いことが挙げられていた。

本調査に関する意見として、研究の目的の「小規模な水道」の持続可能性について、国が水道事業との統合を進めている施策との関係性に関するものや、なぜ小規模な水道を持続させる必要があるのかといった意見もあった。

本調査においては、生活の場が水道給水区域外にあり、また水道との接続が物理的・経済的に難しい地域にある水供給維持困難地域において、飲み水を含む生活用水として衛生的な水を供給できる体制づくりに寄与することを目的としている。調査においては分かりやすく「小規模な水道」という用語を用いたが、種々の選択肢の中から衛生的な水の供給を必要な場所に持続的に供給できる方策を検討するための調査である。本調査のフィードバック時も含めて、本研究並びに調査の結果を活用していきたい。

2. 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

2.1 モデル地区での検討

今回対象としたモデル 3 地区(e, f, g)の施設統合効果や今後の望ましい給水形態等を検討するために以下のケースについて検討した。

- 1) 供給システム：現状分散型(I)、3 地区統合型(II)、自立分散型(III)の 3 種
- 2) 給水形態：通常飲用水供給ケース①、簡易処理した非飲用水を供給し飲用水は宅配するケース②、無処理水を供給し非飲用生活用水は各戸浄水装置で処理、飲用水は宅配するケース③、送配水管路を敷設せず飲用水を各戸に運搬給水するケース④の 4 種
- 3) 管路パターン：耐用年数 60 年と 30 年の 2 種
- 4) 補助金等：ある場合、ない場合の 2 種

また、今回の経営シミュレーションでは、モデル地区の給水人口の推移や管路状況を踏まえて、一人一月当たりの平均費用負担額を算定した。各費用の算定は、前年度と同じく厚生労働省報告、一人当たりの給水量は、K1 村の給水実績、将来人口は国立社会保障・人口問題研究所の推計値を基に設定した。

2.2 モデル地区でのシミュレーション結果のまとめ

(1) 現状の給水システムを統合型(II)や自立分散型(III)に移行することにより費用負担は減少する。

(2) これらの地区においては、補助金がなく管路の耐用年数 30 年のパターン A では、当初は自立

分散型(Ⅲ) ケース①cで整備し、35年以降は統合型(Ⅱ) 運搬給水ケース④cへ移行することが最適なシステムとなった。ただし、この管路パターンAでは60年間の一人一月平均負担額は9.1千円となり、当初の負担額の倍近くになると想定される。

(3) 管路の耐用年数が60年のパターンBの場合には、最適なシステムは、当初は同じく自立分散型(Ⅲ) ケース①cで整備し、35年以降はe, f地区では同じ自立分散型(Ⅲ) で通常給水ケース①cを継続することとなるが、給水人口が少ないg地区では自立分散型(Ⅲ) で非飲用水を給水し飲用水は宅配するケース②となった。

(4) 補助金がある場合には、すべての期間で3地区を統合する統合型(Ⅱ) で簡易な浄水装置を用いる通常給水ケース①cが費用的に望ましい結果となった。

2.3 シミュレーションの一般化へ向けた検討

(1) シミュレーションの簡便化手法

これまで厚労省報告で用いられた手法を基に、2町村5地区で経営シミュレーションを実施してきたが、これらを一般化するために、より簡便で汎用的な手法について検討した。

簡便化では、将来人口推計モデルの設定、安価な浄水装置への絞り込み、費用関数の設定、運搬給水の多様化、一人当たりの給水量の基準化等を行った。

運搬給水は、地理的地形的条件を加味して、これまでの4tタンク車で各戸に運搬給水するケース④c①に加え、より小型の2tタンク車で各戸に給水するケース④c2、及び4tタンク車で配水池まで運搬給水するケース⑤cを追加した。

(2) 今後30年間の一人一月平均費用負担額の評価結果について

1) 給水人口が100人の場合は単位配管延長が10m/人では、通常給水ケース①cが2.4千円人/月と最も費用負担が少なく、これが100m/人になると運搬給水ケース④c1が7.1千円人/月と最も少なくなった。

2) 総管路延長を5.0kmとすると、給水人口が運搬給水ケース④c1では95人、ケース④c2では65人より少ない場合に、通常給水ケース①cより有利となった。

3) 通常給水ケース①より非飲用ケース②が有利となる条件は給水人口が24人以下の場合で、非飲用ケース②より非飲用ケース③が有利となる条件は給水人口が2人以下となった。

4) 各戸に運搬給水するケース④c1.2が、すべて管路で給水するケース①②③より有利となる境界は、給水人口と送・配水管路延長で判断できる。初期給水人口が100人の場合は、ケース④c1で

は送配水管延長が約4.6kmより短いと、通常給水ケース①cが有利であるが、それ以上長くなると運搬給水が有利となる。

2tタンク車を用いるケース④c2では、この境界は約6.7kmとなる。これは4t車に比べ運搬の回数が増え、人件費等が増加するためである。

5) 配水池まで運搬給水するケース⑤cが運搬給水以外のケースより有利となる境界は、給水人口と送水管路延長で判断できる。初期給水人口が100人では、送水管延長が約3.6km以上となるとこの運搬給水が優位となる。

地区周辺に水源がなく、遠方から送水管で配水池まで給水する必要がある場合に、この運搬給水方式は優位になる可能性がある。

6) 30年間の個人の平均負担額が1万円/人/月を超える条件は、運搬給水ケース④c1では、給水人口が30人の場合に送配水管延長が1.9km(総管路延長では2.2km)、ケース④c2では、2.8km(総管路延長では2.2km)、ケース⑤cでは、送水管延長が0.8km(総管路延長で7.2km)より長い場合となる。

2.4 今後の課題と考察

今回の検討で、小規模水道の課題解決に向けては、施設の統合や補助金の確保だけでなく、近くに水源を確保する自立分散型システムや運搬給水や非飲用水の給水など多様な給水形態の導入が有効となることが明らかとなった。また、今後の望ましいシステムの汎用的な評価手法についても検討したが、今回の検討では金利や人件費などの維持管理費は考慮しておらず、これらが評価結果に及ぼす影響の検討を行う必要がある。さらに、支払い限度額などを設定し、適正な費用負担額となるよう制度面や技術面での対応案を検討していく必要がある。

3. 小規模水供給施設の管理実態と課題

長野県松本市および愛知県豊根村・東栄町・設楽町を対象として、ヒアリング並びに施設への訪問調査を実施した。

3.1 松本市保健所および上下水道局とのヒアリング

小規模水道地域における水供給については、中核市移行に伴い令和3年度から市保健所が引き継いだ。市の水道普及率は約99.6%。5か所の飲料水供給施設、1か所の簡易給水施設及び1か所の簡易水道を有する。いずれも民間で管理されている。そのほか、上記水道組合に組み入れられていない数人規模の個人水道施設、および個人の飲用井戸が存在する。訪問対象となった大和合東村飲料水供給施設、大和合中央飲料水供給施設は、良く管理されている方の施設であった。

入山辺地区では、平成9年に市長に対して水道

整備の陳情があったが、地区全体での合意には至らず、住民による管理を継続したが、平成21年に水道整備が再度陳情された。平成29年、市は住民に対する説明会を開催し、整備案を提示しつつ、市としては、地元負担を含む、地区全体での合意が得られれば整備が可能との立場を表明した。地元が上水道整備を希望する理由としては、高齢化に伴い維持管理が困難になってきていること、飲用水としての水質安全性が担保されていないこと、布設管の位置も詳細は不明であり漏水等事故時対応が容易ではないこと、などがある。上下水道局としては、これまで水道整備に関する調査を行い、住民に提示してきた。整備には数億円（あるいはそれ以上）が必要であり、コストがかかりすぎる。入山辺地区は給水区域外であるが、給水区域内であっても個人水道や個人飲用井戸のままとなっている箇所もあり、そのバランスも考慮する必要があり、上下水道局としての整備は難しい。整備へ向けた現実的な案は①松本市として整備したのち、上下水道局に寄附採納してもらう。②地元自ら開発・整備を行う、の2つだろうと考える。技術的に見て、市としては、市上水道から水をポンプ圧送する方式が適切と考えているが、一方で地元が管理する水供給施設として存続させる道もあると考える。また、一般に、全国の各水道事業体がそれぞれ補助制度を設けている。これに対して、国や県としての補助制度が必要であると考え。小規模水供給施設を含む水道事業の存続という観点から、必須と考えるが、これがなかなか提示されない。水質安全性確保の観点からは、県が水質検査のための公社などを設立し、人的支援等を行うことが望ましい。

3.2 入山辺地区飲料水供給施設への訪問調査

大和合東村飲料水供給施設、大和合中央飲料水供給施設、大仏飲料水供給施設への訪問調査を実施し、現地で管理を行う方々から、水道施設の現況や施設管理状況、管理体制やそれぞれの課題、要望等について聞き取りを行った。現在、維持管理の困難さ等から、すべての地区において市に対して上水道整備の要望がされている状況である。

3.3 豊根村・東栄町・設楽町でのヒアリング並びに簡易水道施設・水供給施設への訪問調査の実施

豊根村生活課、東栄町事業課、設楽町生活課において、各町村内の水道施設の概況、普及率や管理状況、将来展望と課題等についてヒアリングを行った。その中で、設楽町未普及地域における施策として、様々な検討の結果、上水道接続や運搬給水ではなく、補助金を交付しつつ各戸井戸を新設する方針を選択したのものがある。平成21年に「設楽町飲料水安定確保対策事業補助金交付要綱」を策定（補助額上限は300万円。）し、深井

戸掘削のための費用として交付されている。この費用には、給水開始前に行う水質検査費（初回に限る）も含まれている。原水試験は40項目検査を行うのが一般的であるが、ここでは、食品衛生法が定める29項目検査が行われており、この結果、水質検査費は5万円で済んでいる。これは、不適切では決してないものの、水質判定を行う際には、食品衛生法「食品製造用水」基準を参照するのではなく、水道水質基準値を参照するのが望ましいといえる（水道水質基準値の方が厳しい値である項目がいくつか含まれるため）。

各町村の浄水場等の訪問調査を行い、施設の状況や管理状況についての状況を把握した。設楽町では、平成21年以降に町補助によって個別井戸の新設が行われた個人宅を訪問し、施設の状況を調査した。ここでは塩素注入器があり当初は塩素を注入していたが、塩素がなくなった後は注入しておらず、井戸水をそのまま飲用している。従来から塩素を注入する習慣がなく、区域内で塩素を注入している家庭はないとみられる。また、水質検査も行っていない。したがって、ランニングコストは電気代だけであった。将来ポンプ設備等が故障した場合も役場の補助によって修繕・交換が可能であり、現在困りごとや要望は特にないとのことであった。

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

寺院における水供給施設の経緯並びに施設や管理の状況について調査を行った。定期的な水質検査は実施しておらず、降雨時に濁りが生じることもあるが、健康被害等は発生していない。また、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ところ、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く、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おり、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。

4.2 京都帝釋天水供給施設の調査

水供給施設の概要並びに施設や管理の状況について調査を行った。水源は、奥の院礼拝所近くにある湧き水であるが、原水としては表流水とみなされる。原水受水槽（柵）で受けた後、境内に供給され、飲み水としても利用されている。地元

管理の施設であり、市との関わりはなく、水質検査も実施していない状況であった。

4.3 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、これまでの水質検査結果のとりまとめ並びに登録検査機関へ依頼し40項目の原水水質検査を実施した。

4.4 原水中の病原細菌群の網羅的検出

次世代シーケンサーを用いて病原細菌を一斉検出した結果、合計で22属37種の病原細菌が検出された。頻繁に検出された病原細菌として、*Legionella pneumophila* や *Legionella hackeliae* などの *Legionella* 属、*Coxiella burnetii*、*Aeromonas salmonicida* や *Aeromonas hydrophila* 等の *Aeromonas* 属が挙げられる。*Legionella* や *Aeromonas* は水環境や土壌中の常在菌として知られており、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。一方、*Coxiella* は家畜哺乳類や爬虫類、ダニなど多くの動物を宿主としており、対象地域ではこれらの動物を排出源とする細菌汚染が発生していることが分かる。他にも、*Klebsiella* や *Enterococcus*、*Acinetobacter* など糞便由来の細菌として有名なものが散発的に検出されており、やはり僅かながら糞便由来の細菌によって水が汚染されていることが分かった。

4.5 QMRA 手法による細菌の要求除去・不活化能の推定

トロッコ保津峡駅施設（北側、南側）の原水について推算した必要除去不活化 log 数を病原細菌種ごとに示した。感染経路がエアロゾル吸入の病原種に対しては概ね1~2 log 程度の除去・不活化 log 数となったのに対して、経口感染を仮定した病原種の要求処理能は5~7 log 程度と高く推算された。これより、経口感染の細菌を十分に除去・不活化できればエアロゾル感染の細菌リスクも制御できるため、対象地域における必要除去・不活化能としては5~7 log 程度であることが推察された。なお、感染経路による要求処理能の違いが出た理由として、エアロゾル吸入を介した曝露量が飲水による曝露よりも大幅に小さいことに起因する。

4.6 微生物的安全確保へ向けたアプローチ方法

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。
4.7 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を行った。今回の原水試験結果はあるが、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た。文献に見られる比率等のまとめを参照して比率等を設定し、病原性生菌数の算定式は以下の通りである。

病原性生菌数

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

この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。また、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、必要除去・不活化能の試算結果を示した。

4.8 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、試算では1.2~1.4 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。

4.9 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て、トロッコ保津峡駅北側施設を対象とした場合の不確実性分析を行った。ベースケースにおける4.8 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た。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、今後重点的に調査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。
4.10 原水中の病原細菌群の網羅的検出結果に基づいた要求処理能

4.7～4.9 で示した内容は、原水中の微生物濃度として一般細菌や大腸菌のみが利用できる場合のリスク評価結果である。一方、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結果も用いてリスク評価を行い、必要除去・不活化 log 数を推定した。その結果、トロッコ保津峡施設で検出された 22 属 37 種の病原種のうち、感染経路がエアロゾル吸入とした病原種については概ね 1～2 log 程度、経口感染を仮定した病原種に対しては 5～7 log 程度という除去・不活化能が推定された。特に後者の値は算定値よりも大きいことが多く、今回の検討範囲では、一斉検出によってリスク評価の対象菌種を限定したとしても、必ずしも必要な除去・不活化能が小さくなるということにはなかった。

病原種の一斉検出からリスク評価に至る一連の分析・解析手法には、改善の余地が多く残されており、解決すべき具体的な課題として、1) 一斉検出された病原種の分類群や原水中濃度の妥当性の検証、2) 水系感染を引き起こす病原種だけに絞った評価を行うこと、3) 曝露シナリオや用量-反応関係が明らかでない細菌種に対する適切な評価手法の立案、が挙げられる。今後も引き続きこれらの項目に取り組み、微生物的安全確保へ向けたアプローチ方法における「追加調査ができる場合」のリスク評価手順も整備する予定である。

5. 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

5.1 静岡市由比地区における調査

静岡市では、平成 8 年度以降、民営簡易水道施設と飲料水供給施設は衛生部局（保健所）が所掌している。2017 年に市内に存在する民営簡易水道施設と飲料水供給施設に関する実態調査を行い、施設整備補助の対象となる施設数等の把握を行った。その結果、民営簡易水道施設が 6 施設（給水戸数 280 戸、給水人口 747 人）、飲料水供給施設が 168 施設（給水戸数 1576 戸、給水人口 3805 人）であった（現在は前者 4 施設、後者 146 施設）。

これらの施設のうち、特に困りごとがあったとした施設は 25 施設あり、困りごととしては「水質」、「日頃の管理」、「高齢化」、「台風・大雨」、「負担額」、「老朽化」が上位にリストアップされた。これらの諸課題は、静岡市だけではなく、各地の小規模水供給施設に共通すると言ってよい。静岡市保健所では、この結果を受けて、安定水源の確保、メンテナンスフリーの取水・浄水処理装置の設置、確実な消毒の実施などにより、将来にわたって持続可能な水道施設とすることを目標とする施策

を精力的に進めており、特に、住民の代表的な困りごとになっている①取水口閉塞、②濁り、③日常の水質管理（消毒）を解消するための施設整備を目指している。また、様々な困りごとの解決のために、施設統合を重要施策として推進しようとしている。

これらの背景とニーズから、小規模水供給施設向けの表流水を取水するためのスクリーンを備えた装置（ウォータースクリーン）が開発された。静岡市由比地区の飲料水供給施設において、取水口閉塞対策として、目開き約 1 mm の表流水取水装置（ウォータースクリーン）を設置した結果、詰まりが解消され、非常に優れていると高く評価されている。

5.2 愛知県東栄町における調査

浄水場とその水源地（原水；渓流水）を訪問した。浄水場水源地には 10 年程度前からステンレス製スクリーン（ウォータースクリーン）が堰に埋め込まれて設置されている。静岡市のものとは異なり、取水装置内部の側面から取水する構造となっており、導水管は埋設されている。施設は役場によって管理されているが、取水地点の維持管理がきわめて容易になったと評価されている。

5.3 滋賀県長浜市寺院への訪問調査

大吉寺には、以前は砂ろ過施設が設置されており、その後クリプトスポリジウム対策の意味もあって膜ろ過装置が設置されたが、度々トラブルが生じたため、3～4 年前に膜ろ過装置を撤去し、現有設備に変更された。現在は、渓流水面にスクリーン（スクリーンの目開きは数 mm）が設置されており、この下部に集水管が設置されている。原水は、原水槽（柵）に導入され、水槽中の水位は渓流水の水位と一致している。これは沈砂池の役割を有している。実際、設置後 3～4 年が経過し、砂が堆積しており、流入管および流出管がほぼ埋まっている状態である。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、渓流水面に沿って下流へと延伸されている。居住者（ご住職）によるメンテナンスは特に行われておらず、費用も不要であるが、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。

5.4 複数のろ材を用いた砂ろ過・膜ろ過による濁質除去能の定量比較

各ろ材からのろ過水濁度の変化の一例から、PAC 注入率 0.16 mg-Al/L の条件では、砂ろ過水の濁度範囲が 0.1～0.6 度程度であったのに対して、膜ろ過水の濁度は 0～0.005 度と極めて低かった。砂ろ過材の中では、有効径の最も大きいアンストライトでのろ過水濁度が最も高く、次い

でケイ砂、均等化ケイ砂、ガーネットの順番で濁度が大きかった。一方、膜ろ過材の中では、最も孔径が大きいセラミック基材で0.008~0.039度と他の膜ろ材(0.005度未満)よりもやや濁度が高いものの、他の孔径のろ材間では顕著な違いは見られなかった。各ろ材による濁質除去log数を3回分の実験結果から推定した結果、砂ろ材と膜ろ過材の間には約1logほどの除去能の違いが見られた。また、砂ろ過材の中ではアンストラサイトとガーネットの間のみ統計的な有意差が見られたものの、他の砂ろ材や膜ろ過材の間では有意差は見られなかった。

5.5 表流水取水装置について

取水設備は、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く、この場合、落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。ここで取り上げた小規模水供給施設向け表流水取水装置は、そのような背景とニーズから生み出された取水装置である。長浜市寺院の事例は、過去の経験を踏まえて技術的に適切な設計がなされたものであり、スクリーン機能と沈砂池機能を備えつつ、安定した取水を可能にした施設の好例とみることができる。

5.6 管内環境制御からみた浄水処理方法について

濁質の除去log数で見た場合は統計的な有意差は見られなかったが、各試行回でのろ過水濁度はガーネットが最も低く、通常のケイ砂よりも高い濁質除去能を持つ可能性が示された。大孔径膜は通常のMF膜に比べてエネルギー消費量が小さく時間当たりの処理水量が大きいという利点があり、小規模水供給システムに適している可能性がある反面、膜孔径が大きいために処理水質が悪く管内環境管理の観点からは望ましくない可能性が考えられた。しかしながら、本実験では膜孔径を0.1~約13 μm と大きく変化させたにも関わらず除去能に顕著な差は見られなかった。すなわち、少量でも凝集剤を注入すれば、大孔径膜でも良好な処理水質が得られる可能性が示された。

6. 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。

6.1 原水水質

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1月、うち2021年1月~5月および2022年2月~3月に

中断、累計試料数n=27)。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。濁度・色度の最大値(順に3.1度、3.0度)を示したのは2020年10月20日の採水試料であるが、当該試料の紫外線透過率(280nm)は98.6%であり、紫外線処理の効率に影響を及ぼすほどの透過率低下は発生しなかった。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可能性が示された。

今後は、他の水質項目を含めた重回帰分析などにより、紫外線透過率を推定する方法を検討する予定である。また、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った。

6.2 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)において微生物測定項目(大腸菌、大腸菌群、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、採水回数n=27のうち19回で大腸菌を検出した(陽性率70%)。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7回超過した(超過率26%)。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。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、また大腸菌群数も同時期にごく低濃度で推移したことから、季節的な影響(気温・水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。原水中の一般細菌と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。

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 処理水の全てで 100mL 中に不検出となった。また、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。

本研究で採用したUV-LED 装置による不活化率(いずれも n=27)は、最大値として大腸菌は1.5log以上、大腸菌群は3.2log以上であった(処理後不検出のため不活化率は初期濃度に依存)。一方、一般細菌の不活化率は最大値 2.8log、中央値 1.4log、最小値 0.5log であり、従属栄養細菌の不活化率は最大値 2.2log、中央値 1.3log、最小値 0.2log であった。なお、不活化率と物理化学的水質項目の関連性について、今後相関分析を予定している。

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。これまでの結果から、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、微量の塩素を併用することで、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現実的な選択肢と考えられる。これらの方策を具体的に示し、紫外線消毒の有効性だけでなく課題や対策も併せて示すことを、本研究の最終目標としたい。

7. 小規模集落が管理する水供給システムの維持管理負担の実態および民間団体との連携・支援に関する意向調査

7.1 維持管理および作業負担に関する調査

(1) 質問紙の回収数

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との併用、数年前に上水道や簡易水道への切り替えの実施や今後切り替えの予定とする集落等が複数あるが、これらの集落を含めて集計し、分析を行った。

(2) 水源別の塩素消毒施設の有無・水質検査項目使用する水源の種類は、地下水・井戸水を使用

していると回答した集落が最も多く 83 集落(総集落の約 34%)で、次いで表流水(渓流水) 58 集落(約 24%)、湧水 50 集落(約 21%)であった。

塩素消毒施設の有無については、表流水(渓流水)を水源とする集落では、塩素消毒施設ありは 18 集落(対象集落の 31%)、塩素消毒施設なしは 38 集落(約 66%)となり、半数以上の集落で塩素消毒施設がないことがわかった。地下水・井戸水を水源とする集落では、塩素消毒施設ありは 51 集落(対象集落の約 61%)、塩素消毒施設なしは 29 集落(約 35%)であった。

ろ過の種類は、ろ過施設ありと回答した集落は 86 集落(総集落の約 36%)、わからないのは 54 集落(約 22%)、無回答が 101 集落(約 42%)であった。水質検査項目について複数回答ありで質問した結果、一般細菌・大腸菌とした回答が最も多く 84 件、次いで塩素消毒と濁りが 50 件、色が 42 件であった。水質検査頻度は、年 1 回検査が 50 件、年 4 回との回答が 14 件、月に 1 回との回答が 13 件であった。

(3) 維持管理の負担感・実作業時間

水供給施設の管理を組合や役員等で行うことに対する負担感は、とても負担に感じていると少し負担に感じている、を合わせて 102 集落(総集落の約 42%)の回答があった。

また、少しでも負担に感じていると回答した集落に対し、作業負担が重いと感じている作業項目、作業頻度、および作業人数について尋ねたところ、作業負担が重い項目として、取水設備の管理(点検、清掃、増水後の堆積物除去)と回答した集落が最も多く 42 集落であった。

負担に感じる作業項目ごとの具体的な作業人数と作業時間、作業頻度について、1 回あたりの作業負荷(人数×時間)と 1 年あたりの作業負荷(人数×時間)の平均値と中央値を計算した。平均値を見るとデータ件数が少なく、極端な回答の影響を受けていることから、中央値で解釈する方が妥当であると判断した。1 回あたりの作業負荷については、停電・断水・水圧低下対応や作業場所への移動、漏水・管路破損・更新対応、ろ過池清掃やタンク清掃が大きくなっており、1 年あたりの作業負荷については、検針やろ過池作業、タンク清掃、取水設備管理などが大きいことがわかった。負担が重いと感じている作業の頻度について分類した結果、1 年に 1 回程とした回答が最も多く 37 件(総回答数の約 22%)、ついで 1 年に 2 回~3 回が 28 件(約 17%)、月に 1 回程が 22 件(約 13%)であった。また、作業頻度ごとの 1 回あたりの作業負荷と 1 年あたりの作業負荷の平均値と中央値を計算した。負担が重いと感じてい

る作業の作業人数ごとに分類をし、さらに参考として、各作業項目の1回あたりの作業人数と作業時間、および、1年あたりの作業頻度を集計した結果を示した。

(4) 水供給施設を敷設する際の金銭的負担

水供給システム敷設当初の財源は、個人負担(集落負担)と回答した集落が最も多く50集落(総集落の約21%)、次いで補助金と個人負担の併用45集落(約19%)、行政設置・行政補償31集落(約13%)、補助金17集落(約7%)であった。少しでも個人負担(集落負担)のあった集落は99集落となり全体の約4割に及んだ。管理・運営における収支の記録状況は、記録ありが129集落(総集落の約54%)であり、半数以上の集落で収支の記録を有していることがわかった。収支の記録の保管年数については、10年以下との回答が38集落(対象集落の約29%)、15~20年が26集落(約20%)であった。

(5) 水道料金体系

利用に関する料金体系については、定額制と回答した集落は94集落(総集落の約39%)、メーター制は42集落(約17%)、定額制とメーター制の併用は31集落(約13%)、無料と回答した集落は40集落(約17%)確認できた。

水道料金について尋ねた結果、定額制の1か月分の水道料金は無料である40集落を除いたうえで、1世帯当たり500円以下との回答が33件(定額制のみと回答した集落の約38%)、500~1000円以下との回答が27件(約31%)であった。また、メーターの従量料金は、20円/m³以下との回答が14件(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。

7.2 集落外部の団体との連携状況と連携意向に関する質問紙調査

(1) 質問紙の回収数

計146の集落に発送し、113の集落より回答を得た。上水道への移行、簡易水道として市が管理とした回答は無効とし、有効回答数は111、有効回収率は約76%であった。集落自らが管理する水供給システムに加えて簡易水道を併用していると回答した集落があったが集落の現状を把握するためにこれらも含めた状態で集計、分析を行った。

(2) 外部団体との連携・協力の状況

平成27年以降に水供給システムの維持管理の作業を外部団体と連携・協力して行ったことがあるか質問したところ、維持管理の作業を連携・協力したことがある集落は23集落(総集落の約21%)、したことがない集落は87集落(約78%)

であった。連携・協力したことがある23集落はどのような経緯で連携・協力することになったのか、複数回答ありで質問をし、最も回答が多かったのは“自分たちの手ではできない専門性の高い技術の必要性があったため”であった。次いで多く回答があったのは“行政が主体となり声をかけてくれたから”と“水供給システムの老朽化のため”であった。

外部団体と連携・協力して行った維持管理の作業内容について、複数の作業内容を提示し質問した結果、回答した23集落より89件の回答があり、作業内容は多岐にわたっていた。最も回答数が多かった作業内容は水質検査の11件(総回答数の約12%)で、次いで多いのが消毒剤の交換・補填の8件(約9%)、機器の修理・部品交換の7件(約8%)であった。また、連携・協力した外部団体は、行政との回答が最も多く11集落であった。次いで民間企業が7集落、NPO法人が3集落であった。外部団体と連携・協力する機会は、平時と回答した集落が最も多く15集落、次いで一時的との回答が6集落、非常時との回答が6集落であった。外部団体と連携・協力して行った作業内容として最も多かった水質検査は行政やNPO法人と、平時および緊急時に連携・協力しており、消毒剤の交換・補填は行政や民間企業と平時に連携・協力をしていることわかった。

また、連携・協力を行っていない集落(87集落)に対して、行っていない理由を複数回答ありで質問したところ168件の回答を得た。結果は、“自分たちが使っている水道は自分たちで管理するべきだと考えているから”とした回答が最も多く69件(総回答数の約41%)、次いで“維持管理に負担を感じておらずその必要性を感じていないから”とした回答が29件(約17%)であった。

(3) 外部団体からの支援の利用意向について

維持管理に関しての外部団体からのA~Hの架空の支援策について、それぞれ該当する施設を有する集落に対して、有償での支援の利用有無、また支援を利用しないと回答した集落に対しては、無償の場合の支援の利用有無を質問した。

- ・支援A(消毒剤の点検・補充代行支援)
- ・支援B(ろ過槽の点検・清掃)
- ・支援C(水源の点検・清掃)
- ・支援D(維持管理に関する講習会や研修会)
- ・支援E(管路の漏水点検・診断)
- ・支援F(断水、水圧低下トラブル対応)
- ・支援G(応急給水)
- ・支援H(施設の改修・更新に向けての料金コンサルティング)

各支援(支援A~支援H)の利用意向としては、

有償の場合は、それぞれ、約 34%、37%、33%、32%、36%、38%、24%、9%であり、無償の場合も含めると(無償の場合を質問していない支援 E を除き)、約 47%、60%、54%、51%、60%、59%、28%であった。八つの架空の支援策のうち、有償の場合には支援 B と支援 E に加え支援 F、無償も含めれば支援 B と支援 F に加え支援 G の利用意向が相対的に高く、ろ過槽の点検・清掃や管路の漏水点検・診断といった平時の対応に加え、断水や水質異常といったトラブル・緊急時の対応に関する支援を求めている集落が多いと言える。断水等の給水停止トラブルを経験してきた集落やろ過槽の点検・清掃に重い負担を感じている集落が多く、小規模な集落ではそれらの対応に苦慮していることが理由と考えられる。

(4) PSM 分析

支援 A から H の支援に対して“利用すると思う”、“おそらく利用すると思う”と回答した集落に対して“あまりに安すぎて支援内容に不安を感じ始める”、“支援内容に不安はないが安いと感じ始める”、“支援を受ける価値はあるが高いと感じ始める”、“あまりにも高いので支援を受ける価値がないと感じる”という 4 段階の価格を尋ねた。また、価格分析手法として PSM 分析を用いて分析を行った。

支援 A～H の支援策の受容価格帯と適正価格帯(最適価格と妥協価格に挟まれる価格帯)について PSM 分析を行った結果、仮に D～H の支援が年に 1 回の頻度だとすると、設定基準となる価格帯が最も高額であったのは、支援 C 水源の点検・清掃(水源が地下水以外の集落対象)で 22,000 から 28,000 (円/1 年・1 集落あたり)、最も低額の価格帯は支援 D 維持管理に関する講習会や研修会の 3,600 から 3,700 (円/1 回・1 集落あたり)であった。また、設定基準となる価格帯が最も広いのは支援 H 施設の改修・更新に向けての水道料金コンサルタントであり、他方、支援 G 応急給水は、適正価格帯の上下限となる最適価格と妥協価格がどちらも同じ価格 9,900 円となり、適正価格が 1 点に決まってしまう幅がない結果となった。

7.3 維持管理および作業負担について

総集落の約 34%が地下水・井戸水を水源として使用しており、そのうち塩素消毒施設を有している集落は 6 割、何らかの検査を行っている集落は 8 割を超える一方で、ろ過施設を有している集落は約 14%と少ないことが分かった。表流水(渓流水)を使用している集落(総集落の約 24%)では、塩素消毒施設を有する集落は 3 割、何らかの検査を行っている集落は 4 割であるのに対し、ろ過施設を有している集落は約 69%と多く、地下水・井戸水を使用している集落との違いが明ら

かとなった。

維持管理で負担が重い作業項目としては、取水設備の管理、ろ過池作業、タンク清掃、薬液補充、断水時や水圧低下時の対応、管路破損事故の対応、検針、集金、(施設までの)移動が挙げられた。負担に感じる作業項目ごとに 1 回あたりの作業負担と 1 年あたりの作業負担について分析した結果、取水設備管理は 1 回あたりの作業時間は短いものの多くの集落が負担の重い作業として回答し、停電や漏水といったトラブル対応や施設などへの移動に多くの時間がかかっていることが把握できた。また負担の重い作業が、作業頻度としては高くないものの 1 年に 1 回あるいは 2-3 回起こり、半数以上のケースで 1 人以上 3 人未満という少人数で対応していることもわかった。

また、水供給システムの管理に少しでも負担を感じている集落は約半数あり、支援団体に協力して欲しい作業として 264 件の回答を得たが、その中でろ過槽の清掃作業と断水時のトラブル対応を挙げた集落が多かった。外部団体からの連携・支援策に関する調査でも、支援策 B「ろ過槽の清掃作業」と支援策 F「断水時のトラブル対応の支援策」を利用すると回答した集落が各支援策の中で最も多く確認できており、それらを裏付ける結果となった。

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、収支の記録については、半数以上の集落で収支の記録を有していることが確認でき、点検や事故・修繕結果の記録状況に比べ多くの集落で記録を有していることが明らかとなった。水道料金については、2 割弱の集落が無料としていた他、約 4 割の集落が定額制と回答し、そのうち約 7 割の集落で 1 世帯当たり 1000 円/月以下の料金であることも把握できた。

7.4 外部団体との連携、支援策について

回答のあった約 8 割の集落が、平成 27 年以降に外部団体と連携・協力したことがないと回答し、大半の集落が自分たちで使っている水道は自分たちで管理すべきと考えていることがわかった。各支援策についても、無償であっても支援を利用しないと回答した集落は、自分たちの手で管理できており支援の必要性を感じないからと回答した集落が多かった。一方で、外部団体と連携・協力したことがないとしながらも、連携してみたいと思ったが外部団体の情報を知らない、何らかの理由でできなかった、とした回答も確認できた。

連携・協力したことがあると回答した集落においては、約 65%の集落が外部団体と平常の時から継続的に連携・協力している作業があると回答しており、非常時においても 2 割を超える集落が

外部団体と連携・協力していることが把握できた。

外部団体からの支援の利用可能性については、全ての支援策に対して有償、無償の場合においても支援を利用すると回答した集落があり、外部団体からの支援のニーズがあることが明らかとなった。最も多く利用すると回答があったのは、B ろ過槽の点検・清掃と、F 断水、水圧低下トラブル対応（ともに対象集落の約 60%）であった。有償の場合、集落側の利用する際の支払金額の価格帯は 3,600 円から 28,000 円であり、この価格帯であるならば外部団体からの支援を利用すると考えられる。

8. 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

8.1 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

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

(1) アセットの帰属

A 町、B 町、C 町の一部、D 町、E 市の水道では、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。一方、C 町の一部、F 市、G 市の水道では、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。

(2) 行政の担当部署と情報収集体制

A 町、B 町、C 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、D 町、E 町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。

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 町、B 町、C 町の一部、D 町、E 市では、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。F 市と G 市では、アセットは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。

(3) その他（地域運営 NPO への管理委託）

B 町では、1 つの簡易水道の管理が地域運営 NPO に委託されている。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、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。

8.2 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（8/2, 8/3 の全 2 回）と管路地図の GIS 化（8/4～部活動の中で継続的に実施）に取り組んだ。本年度は、富良野盆地の中でも芦別岳側の森林に水源を持つ 2 つの水供給システムの水質分析と管路図作成を行った。

(2) 富良野高校の報告会

活動報告の機会として、2 度の高大連携イベント（うち 1 回は例年の活動報告会を兼ねて実施）と、国際交流イベント「Sani-Camp」の計 3 回を設けた。

1) 高大連携イベント「ふらのの水と観光プロジェクト」

札幌国際大学観光学部の学生 16 名と富良野高校科学部員 11 名が参加し、ふらのの水と観光について意見交換をしながら交流を図るイベントで、道総研、富良野高校、札幌国際大の共同開催であった。

2) 国際交流イベント「Sani-camp」

インドネシアの SMAN16 高校、ザンビアのジコランガ（おもに地域の衛生改善の課題に取り組む若者らと子どもたちが参加する活動グループ）、富良野高校科学部の 3 者をオンラインでつなぎ、専門家らの講演ののち、それぞれが水・衛生に関する活動の報告を行い、意見交換を行った。

3) 「ふらのの水インフラ維持と観光まちづくりを考える」

高大連携イベント「ふらのの水と観光プロジェクト」に続く第 2 弾として、札幌国際大学観光学部の大学院生 4 名（うち 1 名はオンライン参加）と富良野高校科学部員 10 名が参加し、ふらのの水インフラ維持と観光まちづくりについて意見交換をしながら交流を図った。本イベントは、例年実施している富良野高校科学部の報告会（富良野のおいしい水を守る活動報告会）を兼ねて開催された。主催は、道総研（厚生労働科研チーム）、富良野高校、札幌国際大の共同開催であった。

(3) 水道利用組合における GIS 活用の試行

令和 2 年度の報告会ののち、フリーソフトを用

いた GIS 管路図の試験利用を開始した水道利用組合に対し、自らデータ追加を行えるよう、ソフトの使用法説明資料提供と、操作方法のレクチャーを行った。新型コロナ感染拡大の影響で、頻回の活用支援が難しい状況が続いているが、引き続き、支援を継続しながら活用に向けた働きかけを続ける。

8.3 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 2～3 年度に実施した調査の対象は、数的に限られたものではあったが、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ったりとかなり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。今後、引き続き調査を展開して、多様な関係性のパターンを把握、整理することが地域水インフラの持続性を高めることにつながるものと思われる。

なお、本調査の対象となった地域自律管理型水道の多くは、給水人口 100 人以下であり、水道法の対象とならないものであった。市町村条例によって一定の自由度を持った運営が可能である点も、行政との役割分担を柔軟に考える上では有利な点と言える。

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。ただし、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。

8.4 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、活動報告の場を広げ、札幌の大学生や海外の高校生および若者との交流の機会を兼ねて実施した。一連の報告・交流の機会が高校生に与えたインパクトを定量的に評価することは難しいが、少なくとも

いずれのイベントにおいても高校生らは積極的に参加している様子が確認された。また、Sani-Camp のフォローアップ活動として撮影された一言コメント動画では、「良い機会になった」「またやりたい」とのコメントが寄せられた。

また、これらの一連の活動がいずれも新聞記事として掲載されたことが一つの成果と言える。これは、一般市民に対する意識啓発に加え、参加した高校生らのモチベーション向上にもつながる可能性がある。

富良野高校科学部による一連の活動は、本年度までで 5 年間継続しており、活動に参加した高校生も、順次、卒業し大学に進学するなどしている。今後はこうした卒業生に対するインタビュー等を行い、本活動の効果や課題について検証することも進めたい。

E. 結論

高齢化及び人口減少等により、全国において水道及び飲料水供給施設等（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。このような水供給維持困難地域を含む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て、技術的な検討、住民・民間等との連携、行政への支援体制等の検討を実施し、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ため、様々な実験や調査、検討を行い、以下のことをとりまとめた。

1. 小規模水供給システム等の水道法の適用を受けない「小規模な水道」の衛生確保対策を行う全国の地方自治体（都道府県、市、特別区）を対象として実施したアンケート調査結果を基に、全国の「小規模な水道」に係る衛生確保対策の実態を把握し、これからの水供給の安全性確保や持続的な維持管理のための課題を整理し、今後の方策を検討する研究を行った。アンケート調査を実施した結果、小規模水供給システムに係る集約的な相談体制や厚生労働省や地方自治体、研究機関との間で共通する情報の共有化や情報提供体制の確立が重要であると考えられた。

2. 小規模水道の課題解決に向けては、施設の統合や補助金の確保だけでなく、近くに水源を確保する自立分散型システムや運搬給水や非飲用水の給水など多様な給水形態の導入が有効である場合があることが明らかとなった。小規模水道が多く存在する過疎地域は、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。

3. 松本市入山辺地区飲料水供給施設の現況と課題について整理した。3地区とも、原水が良好であるため浄水処理施設が導入されておらず、維持管理上の困難さを緩和することに寄与しているとみられるが、ハード整備が困難であるまま、今後とも維持管理の困難さは増大していく。地元に対する人的支援のほか、維持修繕に対する補助金交付が現実的な施策であると考えられる。また、市が単独で上水道整備を行うのは現実的ではない。現在のところ、市側および住民側の双方に強い方針や牽引力があるわけではなく、進展は容易ではないとみられる。

愛知県三河山間地域の現況と課題について整理をした。設楽町における未普及地域の実態は注目される。住民は、上水道に接続する場合、事業費が高額になること、および配水過程での滞留時間が長いことによる水質劣化の可能性を理解し、個別井戸の新設を受け入れている。また、将来、設備が故障した場合には役場が対応してくれるので安心感があり、将来に対する不安感や、役場に対する要望も特にない。これは、他地域において、住民による水源地や浄水処理装置の維持管理を伴う水供給システムの継続が困難あるいは限界に達して役場等による管理を要望している、または上水道接続を要望している事例があるのとは対照的である。設楽町未普及地域の事例も、水供給形態が持続可能な形で成立している好例とみることができ、その条件は以下ようになる。

- ①住民は上水道接続が現実的でないことを理解し、個別井戸の新設を受け入れていること。
- ②水源地や浄水処理装置の維持管理といった住民自ら行うべき作業がなく、水利用の継続性に懸念要素がないこと。
- ③町は、個別井戸の新設を補助するとともに将来の修繕等にも対応するとしており、住民は安心できていること。一方、消毒が行われていないことには課題が残っているとみえるが、住民による継続的な塩素注入を期待するのは現実的ではない。代替法としては、紫外線照射装置の設置が考えられる。ただし、これも必須とまではいえない。飲用水としての微生物的安全確保法としては、實際上、細菌学的水質検査を行って微生物による汚染がないことを確認しつつ飲用を継続することも選択肢といえるだろう。この際、飲用井戸等衛生対策要領が指定する11項目をすべて検査する必要は必ずしもなく、定期検査としては一般細菌と大腸菌だけでも不十分ではないとみられる。

小規模水供給施設に設置された膜ろ過装置について、その維持管理費の高さが負担になっている事業体は少なくない。豊根村猪古里浄水場の場合、配水先が5戸10人であることから負担感が特に大きいとみられる。この先、いかなる条件、いかなる時期に別の供給形態への移行が意思決定されるのか、興味あるところである。供給形態と

しては井戸の設置が検討されている。この場合、安定水源が見出されるなら、配水管は敷設されているので、個別井戸ではなく共同井戸を設置するのが好都合といえる。もちろん、安定水源が、既設配水管に接続できる場所に存在することなどが条件となる。

普及率は豊根村が99.71%であるのをはじめとして、おしなべて高普及率となっている。豊根村では、村内に集落は点在しているものの、各集落は比較的まとまっており、水道施設を普及させやすかったことが考えられる。この高普及率は、例えば、依然として60%台である自治体が国内に存在することを考えると驚異的であるともいえる。奈良県十津川村では、居住地域のコンパクト化を施策として進めており、水道インフラとしては、10戸程度（10～15人程度）が集まればろ過装置の設置が可能になるという。（ただし、コンパクト化のインセンティブは社会インフラ維持管理の効率性ではなく、災害リスクの回避。）この見方が正しいなら、豊根村をはじめとする本地域では、コンパクトな集落が、緩やかにかつ自然に形成されてきたといえるかもしれない。

4. 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ことから、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を行った。

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て、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。

上記の小規模水供給施設の原水を対象に、NGSを用いて種レベルまでの分類解像度を持たせた細菌の一斉検出に取り組んだ。その結果、合計で22属37種の病原細菌が検出された。検出された全ての病原種を対象としたリスク評価を行い、浄水処理に要求される除去・不活化能について考察した。

5. 住民の維持管理上の負担とならない小規模水供給施設向け表流水取水装置の事例、および過去の経験を踏まえて技術的に適切に設計された施設例を見出し、普及が望まれると指摘した。

砂ろ過と膜ろ過を含む種々の除濁処理法による濁質除去能を比較し、この結果、配水管内環境管理からみた必要十分な除濁処理プロセスを選択可能とした。

6. 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、2020年8月から現在まで累計27回にわたる採水・分析を実施した結果、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（27回中19回、陽性率70%）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（27回中7回、超過率26%）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、大腸菌群、一般細菌、従属栄養細菌）で濃度が低下し、特に大腸菌は試験期間を通じて100mL中に不検出を維持した。

3) 本研究で採用したUV-LED装置による不活化率は、最大値として大腸菌は1.5log以上、大腸菌群は3.2log以上であった。一方、一般細菌の不活化率は最大値2.8log、中央値1.4log、最小値0.5log、また従属栄養細菌の不活化率は最大値2.2log、中央値1.3log、最小値0.2logであった。

4) UV-LED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）の全ての項目について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。今後は、引き続き集落規模での実証試験を継続し、季節変動や性能の経時劣化を追跡する。また、実証試験終了後に装置内の汚損等を調査し、実装時のメンテナンスに資する知見の獲得を目指す。さらに、紫外線消毒の有効性だけでなく実装を見据えた課題や対策も併せて示すことを、本研究の最終目標とする。

7. 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、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とした質問紙調査を行った。

質問紙調査の結果からは、集落にとって負担が重いと感じられている維持管理作業は設備の点検・清掃、薬液補充、検針・集金などの作業であることが確認できた。また、頻度は多くないものの停電や漏水といったトラブル対応に多くの時間がかかっていることが明らかとなった。また、塩素消毒施設の有無や水質検査についての水源による違いや、水道料金体系について把握することができた。外部団体との連携状況については、連携協力していない集落が約8割となったが、連携してみたいと思ったが情報を知らず行動できなかったあるいは会計に余裕がないからと回答した集落を確認できた。すでに連携協力している集落の約6割が平常の時から継続的に、行政や民間団体・NPO法人と連携協力しており作業内容は多

岐にわたっていることが把握できた。支援策に対しては、有償の場合約2割から4割、無償の場合概ね4割から6割の集落が支援を利用する意向を持っていることと、支援ごとの適正価格帯を把握できた。

今後は、本調査による結果を基礎資料とし、集落住民の負担軽減と維持管理の持続を達成する方策を検討したい。例えば、本研究で把握された支援に対するニーズや価格帯を活用して、支援を行う側であるNPO法人や民間企業へのヒアリングを行うなど、技術面及び運営面の課題や実現可能性を検討することを試みたい。

8. 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。

ケーススタディについては、令和2年度の成果に2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。行政の人員、財源ともに縮小されていく中、地域にとっても行政にとっても無理のない、身の丈に合った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、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つつ、活動報告の場を広げ、札幌の大学生や海外の高校生および若者との交流の機会を兼ねて実施した。高校生らの積極的な参加が見られ、参加の様子は地元新聞に取り上げられた。市民の意識啓発とともに高校生のモチベーション向上につながる流れを作ることができた。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

(1) 論文発表 (査読付き)

渡邊真也, 小熊久美子. 紫外線照射が緑膿菌のバイオフィーム形成に及ぼす影響. 土木学会論文集 G (環境), Vol. 77, No. 7, III_93-102. 2021

Oguma K, Rattanakul S. UV inactivation of viruses in water. its potential to mitigate current and future threats of viral infectious diseases, Japanese Journal of Applied Physics, 60, 11, 110502, 2021 <https://doi.org/10.35848/1347-4065/ac2b4f>

伊藤禎彦, 堀さやか. 水道料金値上げに対する市民の容認度増大に係る要因分析, 土木学会論文集 G, Vol. 77, No. 4, 132-143. 2021.

中西智宏, 亀子雄大, 周心怡, 小坂浩司, 伊藤禎彦, 藤井宏明. 配水管網における水道水の着色ポテンシャルからみた浄水中微粒子濃度の制御目標, 土木学会論文集 G(環境) (環境工学研究論文集 第 58 巻), Vol. 77, No. 7, III_311-III_319, 2021.

増田貴則, 堤晴彩, 浅見真理. 小規模集落が管理する水供給システムの維持管理負担の実態および外部団体との連携・支援に関する調査, 土木学会論文集 G(環境), Vol. 77, No. 7, pp. III_51-III_59, 2021.

2. 学会発表

浅見真理, 山口岳夫, 今城麗. 小規模水道・水供給システムの類型化と水質管理の最適化に関する検討. 令和 3 年度全国会議 (水道研究発表会). pp. 100-101, 2022

上島功裕, 澤田知之, 峯村篤, 安達吉夫, 島崎大, 浅見真理. 上向流式緩速ろ過の濁度及び大腸菌除去特性に関する研究. 令和 3 年度全国会議 (水道研究発表会). pp. 294-295, 2022

浅見真理. 国内外における小規模水道の現状と取組み. 水環境学会シンポジウム. 2021. 9. 14 オンライン.

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, 2021. 12

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, 2021. 12

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, 2021. 12

Zeng J, Nakanishi T, Itoh S. Estimation of

Required Reduction of Pathogenic Bacteria Using QMRA in Small-scale Water Supply Systems, Water and Environment Technology Conference, WET2021-online PROGRAM AND ABSTRACT, p. 12, 2021. 8

曾潔, 原彩斗, 久保拓也, 中西智宏, 伊藤禎彦. 病原細菌種の網羅的検出に基づいた小規模水供給施設における定量的微生物リスク評価, 第 56 回日本水環境学会年会講演集, p. 119, 2022. 3.

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, 2022. 3.

周心怡, 中西智宏, 越後信哉, 伊藤禎彦. A scenario analysis of controlling manganese accumulation in chlorinated drinking water distribution systems, 第 55 回日本水環境学会年会講演集, p. 27, 2021. 3

桂美月, 中西智宏, 越後信哉, 伊藤禎彦. 配水管内環境の制御を目的とした砂ろ過と膜ろ過の濁質除去能とその多様化に関する基礎研究, 第 55 回日本水環境学会年会講演集, p. 172, 2021. 3

小熊久美子, 紫外線処理に関する最新の動向と小規模施設への適用について, 神奈川県央地域及び県西地域「水道事業の広域化等に関する検討会」, 2022. 1. 19. (招待講演)

Oguma K. Application of UV-LEDs for sustainable water treatment and supply. Pacific Chemistry (Pacifichem) 2021, オンライン, 2021. 12. 20. (招待講演)

小熊久美子, 遠隔地でも持続可能な小規模分散型水処理の提案と実証, 東大水フォーラム公開シンポジウム「持続可能な社会と水」, オンライン, 2021. 12. 8 (招待講演)

渡邊真也, 小熊久美子, 紫外線照射が緑膿菌のバイオフィーム形成に及ぼす影響, 第 58 回環境工学研究フォーラム, オンライン, 2021. 11. 16.

小熊久美子, 分散型水処理としての紫外線消毒の実証, 第 24 回日本水環境学会シンポジウム, オンライン, 2021. 9. 14. (招待講演)

小熊久美子, 紫外 LED による消毒技術の動向と展望, 日本防菌防黴学会第 48 回年次大会, オンライン, 2021. 9. 8. (招待講演)

Oguma K. UV disinfection for decentralized water supply systems in remote areas and communities, Canada and Japan Joint Research Meeting on Small Water Supply

- Systems, 2021. 6. 23.
- 小熊久美子, UV-LED を利用した水処理技術, 第 1 回フotonテクノロジー技術部会 Web 講演会, 2021. 6. 21. (招待講演)
- 小熊久美子, 紫外 LED による水の消毒, 電気学会パワー光源システム技術動向調査専門委員会, オンライン, 2021. 4. 28. (招待講演)
- Oguma K. UV-LEDs for water disinfection. The forefront of research and applications, The International Conference on UV LED Technologies & Applications (ICULTA) 2021, オンライン, 2021. 4. 19. (招待講演)
- 堤晴彩, 増田貴則, 浅見真理, 小規模集落が維持管理する水供給システムの持続可能なあり方—外部団体からの支援の実現可能性に関する調査研究—, 令和 3 年度全国会議(水道研究発表会)講演集. pp.104-105, 2022.
- 牛島健(2021) 北海道に見られる地域自律管理型水道の持続可能性, 第 24 回日本水環境学会シンポジウム, 2021.09.14, Online.
3. その他
- (1) 著書
- 伊藤禎彦. 上水道の仕組みと展望, 水環境の事典(朝倉書店)(共著), 第 II 部 水環境を巡る知と技術の進化と展望 II-4-1 水質保全の仕組み, pp. 240-243, 公益社団法人 日本水環境学会 編集, 2021.
- 伊藤禎彦. 下水処理水の飲用再利用とリスク管理の考え方, 水環境の事典(朝倉書店)(共著), 第 III 部 広がる水環境の知と技術 III-4 持続可能な都市代謝系としての水システム, pp. 412-415, 公益社団法人 日本水環境学会 編集, 2021.
- (2) 総説・解説
- Miyoshi T, Miura T, Asami M. Recent contributions of the National Institute of Public Health to drinking water quality management in Japan. Journal of the National Institute of Public Health, 2022;71(1). 55-65.
- 浅見真理. 専用水道の衛生管理. 公衆衛生情報. 2022;52(4):16-19.
- 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, 小規模水供給シリーズ~実状と課題, 今後の展望について~, 水道, Vol. 66, No. 4, pp.10-19, 2021. 7
- 伊藤禎彦. 緊急用浄水装置に求められるコンセプトづくり, 水道人エッセイ集「それぞれの 3. 11, あの日から私は」, 名古屋大学 NUSS 教育研究ファイルサービス共有(PDF), 2021. 3. 11
- 伊藤禎彦. 巻頭言 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, 水道, p. 3, 2021. 5
- (3) 講演等
- 浅見真理. 水道・環境のリスク管理. 水質検査精度管理研修会. 2021. 5. 21
- 浅見真理. 日本の小規模水道の現状と今後の展望. わくわくネット. 2021. 7. 11
- 浅見真理. 簡易水道協会ヒアリング参加. 2021. 8. 30
- 浅見真理. 水道における健康危機管理. 神奈川県立医療福祉大学. 2021. 9. 23
- 浅見真理. 国内外における小規模水道の現状と取り組み. 九州ブロック水道事業実務担当者専門研修会. 2022. 9. 29 オンライン(熊本県)
- 浅見真理. 「塩素消毒百年」の意義と安全を支える日本の水道水質管理. 水道産業新聞. 2021. 10. 22
- 浅見真理. 原点に立ち返る水質管理. 日本水道新聞. 2021. 10. 22
- 浅見真理. 小規模水供給システムの現状と今後の展望. 日本水環境学会産官学協力委員会・水環境懇話会. 2022. 11. 24.
- 浅見真理. 国内外における小規模水道の現状と取り組み. 長野県水道研修会. 2021. 12. 16
- 浅見真理. 新興感染症パンデミック時の保健医療と環境衛生管理のかかわり. 第 80 回日本公衆衛生学会市民公開シンポジウム「プラスチックのガバナンス. 感染症制御のための衛生環境管理と資源循環」. 2021. 12. 23
- 浅見真理. 基調講演 水道と公衆衛生と COVID-19 の関係性について. 第 14 回日本-カンボジア上下水道セミナー. 2022. 1. 27 北九州市国際会議場・オンライン
- 浅見真理. 専用水道の安全管理と水道事業者の留意点. 課題を追うチェンジ上下水道. 水道産業新聞. Vol. 71. 2022. 2. 21
- 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, ダクタイル鉄管協会セミナー, 一般社団法人日本ダクタイル鉄管協会主催, 松本商工会議所(長野県松本市), 2021. 11. 1
- 伊藤禎彦. 上水道をめぐる諸課題と研究ニーズ, 土木学会第 58 回環境工学研究フォーラム 水供給システム招待講演, オンライン開催, 2021. 11. 16
- 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
- 中西智宏. 高解像度の遺伝子解析手法を用いた琵琶湖・淀川水系における病原細菌の一斉検出,

(公財)琵琶湖・淀川水質保全機構 令和3年度
水質保全研究助成成果報告会、Zoom 開催、
2022.3.4

増田貴則, 水道未普及地域の小規模水供給システム
の維持管理 ―集落外との連携協働の可能性
について―, 水道, 67(1), p. p. 22-33, 2022.

牛島健. 北海道における住民と連携した地域水道
維持管理体制づくり (小規模水供給シリーズ～
実情と課題、今後の展望について～), 機関誌
『水道』, 2021;66(3):5-12

牛島健. 農村地域の生活を支える小規模水インフ
ラの実態と支援方策, (センターゼミナール
Part1), センターレポート (北海道建築指導セ
ンター), 2021;51(1):2-5

牛島健. 北海道に見られる地域自律管理型水道の
持続可能性, 第24回日本水環境学会シンポジ
ウム, 2021.9.14. Online.

「富良野の水 ブランド化を 高校科学部員ら

多彩なアイデア」, 北海道新聞(富良野版),
2022年3月1日(記事掲載)

「「水」から考える富良野観光 高校生、札幌国際
大生らアイデア発表」, 北海道新聞(富良野
版), 2021. 12. 23. (記事掲載)

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